



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Atte Murto-Koivisto

# Artic-raatiovaunujen kuukausihuolto- prosessin kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

18.11.2019

Tekijä Otsikko	Atte Murto-Koivisto Artic-raitiovaunujen kuukausihuolto-prosessin kehittäminen
Sivumäärä Aika	29 sivua + 1 liite 18.11.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Energia- ja ympäristötekniikka
Ohjaajat	Kunnossapitopäällikkö Riku Helanne Lehtori Pekka Salonen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli kehittää Transtech Oy:n raitiovaunujen kuukausihuolto-prosessia Lean-menetelmillä. Lisäksi tavoitteena oli luoda vakioitu toimintamalli kuukausihuolto-prosessista sekä lisätä huoltohenkilöstön tietämystä Lean-periaatteista ja -menetelmistä. Insinöörityön oli tarkoitus toimia pilottiprojektina Transtech Oy:n huoltotoiminnan jatkuvan parantamisen kulttuurin edistämiseksi.</p> <p>Huolto-prosessin kehittäminen aloitettiin pilottiprojektiin osallistuneiden henkilöiden Lean-koulutuksella. Kuukausihuolto-prosessin työvaiheiden osuudet läpimenoajasta kartoitettiin nykytilanteen kartoitusmittauksessa. Tämän pohjalta laadittiin arvovirtakartoitus, jossa selvitettiin prosessin arvoa tuottavat ja arvoa tuottamattomat vaiheet. Arvoa tuottamattomien vaiheiden osuutta läpimenoa pyrittiin vähentämään laatimalla vakioitu toimintamalli kuukausihuolto-prosessista sekä suunnitteleamalla arvoa tuottamattomia vaiheita eliminoivia toimenpiteitä. Suunnitellut toimenpiteet sisälsivät pitkän ja lyhyen aikavälin muutoksia. Uutta toimintamallia pilotoitiin kuukausihuollossa ja pilotista toteutettiin kartoitusmittaus.</p> <p>Uuden toimintamallin kartoitusmittauksen tuloksia verrattiin nykytilanteen kartoitusmittauksen tuloksiin. Arvoa tuottavan työn osuus oli kasvanut n. 13 % sekä lyhentänyt käytettyä työaika n. 53 % ja nopeuttanut läpimenoaika n. 51 %. Tuloksissa oli huomioitu kesken-eräisten kehystoimenpiteiden arvioituja vaikutuksia niiden toteuduttua.</p> <p>Pilottiprojektin kokemukset osoittivat Lean-kehitysmenetelmien soveltuvan hyvin raitiovaunujen huoltotoimintaan. Huoltohenkilöstö oli motivoitunut kehittämään prosesseja ja toimintatapoja sekä oppimaan Lean-menetelmistä ja -periaatteista. Jatkuvan parantamisen kulttuurin ylläpitämiseksi on tärkeää jatkaa henkilöstön kouluttamista Lean-ajattelumalliin sekä jatkaa prosessien kehittämistä pilottiprojektin jälkeenkin.</p>	
Avainsanat	Lean, kunnossapidon kehittäminen, arvovirtakartoitus, Artic-raitiovaunu

Author Title	Atte Murto-Koivisto Development of the Monthly Maintenance Process of Artic Trams
Number of Pages Date	29 pages + 1 appendix 18 November 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical and Production Engineering
Specialisation option	Energy and Environmental Engineering
Instructors	Riku Helanne, Maintenance Manager Pekka Salonen, Senior Lecturer
<p>This thesis was commissioned by Transtech Oy. The objective of this Bachelor's thesis was to improve the monthly maintenance process of Artic trams by applying Lean principles. The objective was to create a standardized procedure for the monthly maintenance process and to increase knowledge of Lean principles and methods among the personnel. This thesis was intended to serve as a pilot project to promote the culture of continuous improvement in the company.</p> <p>The development of the maintenance process began with training about Lean. The training was intended for the personnel who participated in the pilot project. The baseline of the maintenance procedure was examined and the duration of all work steps were clocked. Phases were defined as value adding or non-value adding followed by composition of Value Stream Map. (VSM) The objective was to cut the percentage of non-value adding phases by planning actions that reduced time used in non-value adding steps and creating standardized procedure. Planned actions included short-term and long-term changes. The new standardized procedure was piloted and all work steps were clocked.</p> <p>Results of the new procedure and baseline procedure were compared. It was discovered that the percentage of value adding steps had grown approx. 13 %. Overall working hours spent on the process were reduced approx. 53 % and lead time had shortened 51 %. The results included estimations of benefits that uncompleted planned actions would provide in the future.</p> <p>The pilot project indicated that Lean principles can be adapted in to maintenance processes of trams as development methodology. The personnel was motivated to improve processes and procedures, and also to learn about Lean principles and methods. However, to maintain and promote the culture of continuous improvement it is important to continue with the Lean education of the personnel and to apply piloted methods on other processes as well.</p>	
Keywords	Lean, Development of Maintenance, Value Steam Map, Artic Tram

## Sisällys

Lyhenteet	1
1 Johdanto	2
1.1 Insinööriyön tavoitteet	2
1.2 Transtech Oy	2
1.3 Helsingin kunnossapitoyksikkö	2
1.4 Artic-raitiovaunu	3
2 Kunnossapidon nykytilanne	6
2.1 Huoltotoiminnan kuvaus	6
2.2 Huolto- ja korjaustoimenpiteiden kategoriat	7
2.3 Huolto-ohjeen mukaiset tarkistus- ja huoltotoimenpiteet	9
2.4 Tehokkuusmatriisi	10
2.5 Kunnossapidon sijoittuminen tehokkuusmatriisiin	11
3 Pilottiprojektin aloittaminen	13
3.1 Insinööriyön suunnittelu	13
3.2 Lean-koulutus henkilöstölle	14
3.3 Kuukausihuollon nykytilanteen arvovirtakartointus	14
3.4 Tulosten läpikäynti ja arvovirtakartan laatiminen	16
3.5 Analyysi nykytilanteen arvovirtakartoituksesta	17
4 Uuden toimintamallin suunnittelu ja toteutus	22
4.1 Tahtotila-työpaja	22
4.2 Suunnitellut toimenpiteet	23
4.3 Uuden toimintamallin luominen	23
4.4 Uuden toimintamallin pilotointi	24
5 Pilottiprojektin tulokset	25
5.1 Tulosten vertailu	25
5.2 Lean-kehittämisen mahdollisuudet tulevaisuudessa	27
6 Yhteenveto	28
Lähteet	29

Liite. Liikennekelpoisuusehdot

## Lyhenteet

HKL	Helsingin kaupungin liikennelaitos on kunnallinen liikelaitos ja osa Helsingin kaupunkia. HKL omistaa Helsingin raitiotiet, metroradat ja metroasemat sekä raitiovaunut ja metrojunat.
HSL	Helsingin seudun liikenne on kuntayhtymä, joka vastaa Helsingin seudun joukkoliikennejärjestelmästä. Kuntayhtymän jäsenkuntia ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Kerava, Sipoo, Tuusula, Kirkkonummi ja Siuntio.
VSM	Value Stream Mapping eli arvovirtakartoitus on Lean-menetelmä, jolla tarkasteltavan prosessin vaiheet luokitellaan asiakasarvoa tuottaviksi tai asiakasarvoa tuottamattomiksi vaiheiksi.
5S	Lean-menetelmä, jolla järjestelmällisesti pyritään lisäämään työympäristön järjestystä ja siisteyttä. 5S sisältää viisi toimenpidettä, jotka ovat suomeksi käännettynä lajittele, järjestä, puhdista, standardoi ja ylläpidä.

## 1 Johdanto

### 1.1 Insinööriyön tavoitteet

Insinööriyön tavoitteena oli kehittää Lean-menetelmillä raitiovaunujen kuukausittain suoritettavan huollon prosessia pilottiprojektina. Pilottiprojektin tavoitteena oli vakioida kuukausihuollossa toteutettavat toimenpiteet, laatia kuukausihuolto-prosessista arvovirtaketju nykytilanteen kartoituksen pohjalta sekä luoda prosessista tavoitetila, johon pyrittiin kehystoimenpiteillä. Insinööriyön aikana oli tavoitteena toteuttaa nopean aikataulun kehystoimenpiteitä. Tavoitteena oli myös analysoida kuinka pilottiprojektissa saavutettua kokemusta ja kehittämisen mallia voidaan soveltaa huollon muissa toiminnoissa ja prosesseissa.

### 1.2 Transtech Oy

Transtech Oy on suomalainen kiskokalustotoimittaja ja konepajatuotteiden sopimusvalmistaja, joka on erikoistunut kaksikerroksisten matkustajavaunujen ja matalalattiaraitiovaunujen valmistamiseen. Transtech Oy:n päätoimipisteet ovat Otamäen vaunuja valmistava tehdas, Oulun suunnitteluyksikkö sekä Helsingin kunnossapitoyksikkö. Tampereen kaupunki tilasi Transtech Oy:ltä 19 uutta Artic-vaunua, jonka lisäksi kauppa sisältää myös option 46 vaunun toimittamiseksi. Kauppa sisältää myös vaunujen kunnossapidon, minkä myötä kunnossapitotoiminta laajenee myös Tampereelle. Liikennöinnin Tampereella on määrä alkaa vuoden 2021 aikana (1). Helsingissä Transtech on laatinut aiesopimuksen HKL:n kanssa 29:stä kahteen suuntaan liikennöivästä pikaraitiovaunusta, joiden on määrä liikennöidä vuonna 2024 valmistuvalla Raide-Jokeri –linjalla (2).

Vuonna 2015 Transtech Oy:n osake-enemmistö siirtyi tšekkiläiselle Škoda Transportati-onille, jonka myötä brändi tunnetaan nykyään Škoda Transtechinä tai pelkkänä Škodana. Kaupparekisterissä yrityksen virallinen nimi insinööriyön aikana oli yhä Transtech Oy, joten työssä yrityksen nimenä käytetään kaupparekisterin mukaista virallista nimeä.

### 1.3 Helsingin kunnossapitoyksikkö

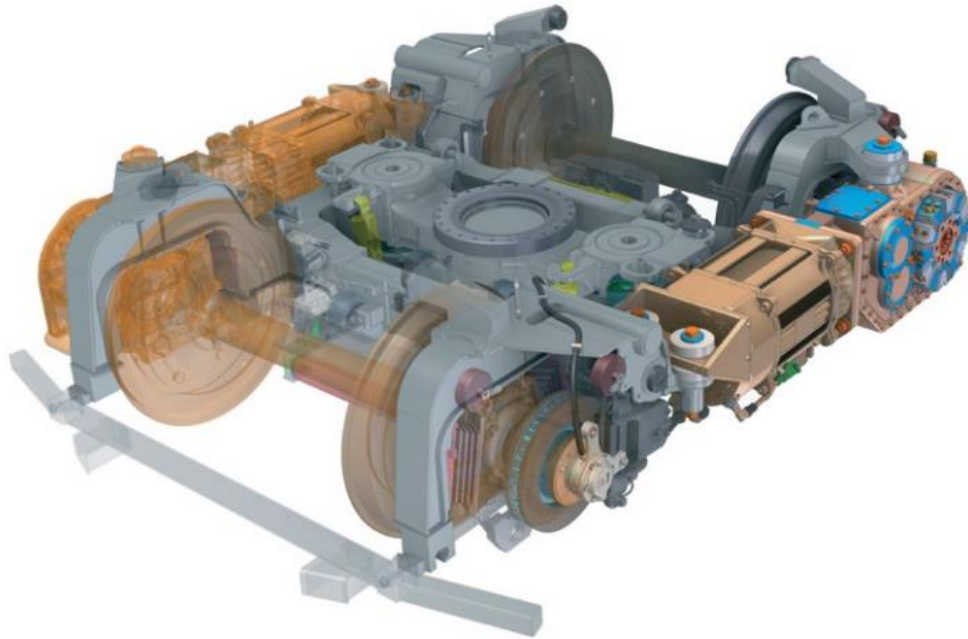
Insinööriyössä välittömät kehystoimenpiteet keskittyivät Transtech Oy:n Helsingin raitiovaunujen kunnossapidon toimintaan. Huolto- ja kunnossapitotyöt suoritetaan ensisijaisesti Helsingin Koskelan ja Vallilan raitiovaunuvarikoilla, joissa insinööriyön laatimi-

sen aikana syksyllä 2019 työskenteli yhteensä noin 50 henkilöä mukaan lukien huolto-asetajat, logistiikkatyöntekijät sekä toimihenkilöt. Raitiovaunujen kunnossapidon lisäksi Transtechillä oli Helsingissä myös kunnossapitotoimintaa VR:n Ilmalan junavarikolla.

Transtechin raitiovaunujen kunnossapidon merkittävin asiakas oli Helsingin kaupungin liikennelaitos eli HKL. Transtech Oy ja HKL solmivat vuonna 2010 sopimuksen 40 Artic-matalalattiaraitiovaunun toimittamisesta Helsinkiin. Sopimus sisältää option 90 raitiovaunun toimittamisesta (3). Syyskuussa 2019 raitiovaunuja oli toimitettu yhteensä 68. Transtech toimii Helsingin varikoilla HKL:n omistamissa ja hallinnoimissa tiloissa, mikä voi käytännössä vaikuttaa esimerkiksi Transtechin käytössä olevien huoltoraiteiden määrään. Transtech vastaa takuuajana vaunujen määräaikaishuolloista sekä virhevastuun mukaisista takuuhuolloista. HKL vuorostaan vastaa vaunujen muista huolloista, kuten onnettomuuksista tai ilkeistä johtuneista vaurioista sekä takuuajan jälkeisistä määräaikaishuolloista.

#### 1.4 Artic-raitiovaunu

Artic-matalalattiaraitiovaunujen suunnittelu aloitettiin Helsingin uusien raitiovaunujen kilpailutuksen myötä. Vaunut on suunniteltu vastaamaan Suomen haastaviin ilmasto-olosuhteisiin, toimimaan ongelmitta Helsingin haastavassa raitiotieverkossa sekä edustamaan muotoilunsa ja värityksensä puolesta Helsingin raitiovaunujen historiaa. Liukkaita olosuhteita varten vaunut on varustettu muun muassa prosessoriohjatulla luistonestojärjestelmällä sekä automaattisella hiekoituksella. Sujuvan liikennöinnin mäkisessä ja kaarteisessa rataverkostossa mahdollistaa joka suuntaan joustava nivelrakenne sekä kääntyvät telit (kuva 1) (4).



*Kuva 1: Articin teli (4, s. 30)*

Suunnittelun tavoitteena on ollut matkustusmukavuuden lisäksi turvallisuus, hyvä huollettavuus ja energiatehokkuus. Vaunun matkustus- ja liikenneturvallisuutta on edistetty muun muassa kiinnittämällä huomiota sisustan materiaali- ja värivalintoihin, jotka esimerkiksi ehkäisevät liukastumisia ja edesauttavat näkörajoitteisten liikkumista vaunussa. Vaunun keulan muotoilussa on kiinnitetty huomiota jalankulkijoiden turvallisuuteen muotoilemalla keula siten, että kolaritilanteessa jalankulkija ei kaadu vaunun alle vaan horjahtaa puskurin päälle (kuva 2). Huoltojen helpottamiseksi ja korjausaikojen lyhentämiseksi vaunun sisä- ja ulkopaneelit sekä teli- ja sähkökomponenttien osat ovat nopeasti avattavissa ja kiinnitettävissä liiman sijasta pikakiinnittimillä. Energiatehokkuutta parantavat moderni sähkökäyttö ja jarruenergian talteenottojärjestelmä (4).





*Kuva 2: Puskurin muotoilu ehkäisee vaunun alle kaatumista (4, s. 16.)*

## 2 Kunnossapidon nykytilanne

### 2.1 Huoltotoiminnan kuvaus

Raitiovaunuliikenne on tärkeä osa Helsingin kaupungin julkisen liikenteen infrastruktuuria. Vuonna 2018 raitiotieliikenteellä oli Suomessa 61,5 miljoonaa matkustajaa (5). Liikennemäärien odotetaan kasvavan Helsingissä ja sen lähialueilla merkittävästi lähitulevaisuudessa, minkä myötä Helsingin seudun liikenne eli HSL korostaa vuonna 2015 julkaistussa Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelmassaan kävelyn ja pyöräilyn ohella joukkoliikenteen merkitystä vastaamaan väestönkasvusta syntyviä haasteita (6).

Kasvat liikenne- ja matkustajamäärät edellyttävät kunnossapidolta jatkuvaa teknisen toimintavarmuuden korkean tason ylläpitämistä. Kunnossapidon toiminnan laadun keskeisin mittari on raitiovaunujen käytettävyyden seuranta. Tämä käytännössä tarkoittaa, että vaunuissa ei saa olla vikoja, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai muuta merkittävää haittaa. Jos edellä mainitut vaatimukset eivät täyty, vaunu otetaan pois liikenteestä, mikä vuorostaan alentaa kaluston käytettävyydä prosenttia.

Koskelan varikolla vaunuja huolletaan kolmessa vuorossa vuoden jokaisena päivänä. Vaunut ajetaan linjaliikenteestä varikolle, jossa niille suoritetaan tyyppisesti illan ja yön aikana ennakkohuoltoja, tarkastuksia sekä pieniä vikahuoltoja ennen vaunujen siirtämistä säilytykseen yön ajaksi. Jos vaunussa havaitaan kriittisiä vikoja, niin vaunua ei vapauteta liikenteeseen ennen kuin viat on korjattu. Liikennekelpoisuutta rajoittavat viat määritetään HKL:n raitioliikenteen toimintaohjeessa (liite 1). Vallilan varikolla pääasiassa suoritetaan päivävuorossa suuritöisiä määräaikaishuoltoja, muutostöitä tai korjauksia, joissa vaunu vedetään pois liikenteestä useammaksi vuorokaudeksi.

Huoltoasentajat työskentelevät yleensä kolmen tai neljän asentajan ryhmissä. Ryhmät ovat ammattitaitoisia, ja ne toimivat itseohjautuvasti. Ryhmän päivittäistä toimintaa johtaa ryhmään nimetty ryhmänjohtaja. Asentajat vastaanottavat työnjohton laatiman huoltosuunnitelman perusteella työtehtäviä, ja töiden valmistuttua ne kuitataan toiminnanohjausjärjestelmään. Ilmenneet viat ja keskeneräiset työvaiheet kirjataan päivittäisjohtamisen valkotaululle, josta työnjohto voi seurata kokonaistilannetta nopeasti. Ongelmatilanteissa asentajat ovat yhteydessä työnjohtoon, teknisiin asiantuntijoihin tai muihin toimihenkilöihin.

## 2.2 Huolto- ja korjaustoimenpiteiden kategoriat

Suoritettavat huolto- ja korjaustyöt jakautuvat kahteen pääkategoriaan: suunniteltuihin huoltoihin (kuva 3) sekä vikahuoltoihin (kuva 4).

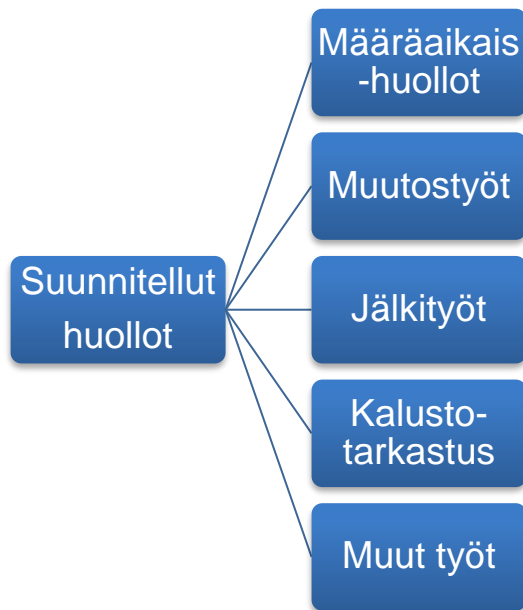
Suunniteltuihin huoltoihin sisältyvät kaikki ennakoitua huolto-, muutos- ja tarkastustoimenpiteet.

*Määräaikaishuolto* on ajomäärän perusteella tiettyjen ajokilometrimäärien välein suoritettava ennakkohuolto. Kilometrimäärien on todettu toteutuvan tietyillä aikaväleillä, minkä johdosta huollot on nimetty kuukausi- tai vuosihuoltoina. Huolto-ohjelman mukaisia määräaikaishuoltoja ovat 1-, 2-, 3-, 6-, 12-, 24-kuukausihuollot, joissa myöhemmin suoritettava huolto aina sisältää myös aikaisempien kuukausien huoltotoimenpiteet.

*Muutostyö* on suunniteltu korjaava toimenpide, kun havaitaan jossain vaunun osassa rakenteellinen virhe tai ongelma. Tällöin alkuperäistä rakennetta muutetaan. Usein muutostyön tarve ilmenee usein toistuvana tyyppivikana.

*Jälkityöt* ovat vaunun valmistusvaiheessa syystä tai toisesta suorittamatta jääneitä työvaiheita. Jos suorittamatta jäänyt työvaihe ei ole merkittävä käytettävyyden tai turvallisuuden suhteen, niin se voidaan suorittaa normaalin huollon ohessa. Toisinaan jos työvaihe edellyttää suurta työmäärää tai erikoisosaamista, niin Otamäen tehtaalta saapuu henkilöstöä Helsinkiin suorittamaan kyseiset työvaiheet.

*Kalustotarkastus eli fleet check* on tarkastus, joka suoritetaan nopealla aikataululla kaluston kaikille vaunuille. Usein kalustotarkastus suoritetaan, jos epäillään, että jokin ilmennyt merkittävä ongelma voi koskea useita vaunuja tai jopa koko kalustoa. Jos ilmennyt ongelma voi aiheuttaa riskejä turvallisuudelle, suoritetaan tarkistus ensi tilassa. Muussa tapauksessa tarkastukset usein suoritetaan noin 2 vuorokauden kuluessa.

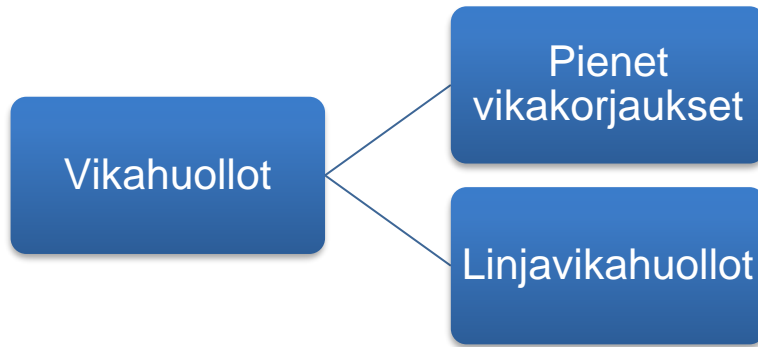


Kuva 3: Suunnitellut huollot ja sen alakategoriat

Vikahuoltoihin sisältyvät kaikki odottamattomien vikojen korjaukset. Tyypillisesti odottamattomat viat löytyvät loppukäyttäjien havaintojen perusteella tai suunnitellun huollon tarkastuksen yhteydessä.

*Pienet vikakorjaukset* ovat pienten vaurioiden korjaamista tai puutteiden täyttämistä. Tyypillisesti suunniteltujen huoltojen yhteydessä korjataan myös ennakkoon ilmoitettuja pieniä vikoja tai huollon yhteydessä havaittuja vikoja.

*Linjavikahuolto*a vaativat viat ovat vaunun toiminnan tai turvallisuuden kannalta kriittisiä vikoja, jolloin vaunu ei täytä liikennekelpoisuuden ehtoja. Vian luonteesta riippuen vaunu poistetaan liikenteestä välittömästi ja toimitetaan varikolla huoltoon, tai jos vaunua ei voida operoida, niin vikaa huolletaan kentällä.



Kuva 4: Vikahuollot ja sen alakategoriat

### 2.3 Huolto-ohjeen mukaiset tarkistus- ja huoltotoimenpiteet

Kuukausihuollon huolto-ohjeen mukaiset huolto- ja tarkistustoimenpiteet voidaan jakaa kolmeen helposti käsitettävään kategoriaan: vaunun katolla, vaunun sisällä ja vaunun alla suoritettaviin huoltotoimenpiteisiin.

*Vaunun katolla* suoritettavia huoltotoimenpiteitä ovat virroitimen hiilikiskojen tarkistus ja paksuuden mittaus, matkustamon raitisilmasuodattimen vaihtaminen ja ohjaamon tuloilmasuodattimen vaihto sekä matkustamokoneikon jäähdytinjärjestelmän nesteiden lisäys. Huoltoraiteella on kattotyöskentelyn mahdollistava työtaso.

*Vaunun sisällä* suoritettavia huoltotoimenpiteitä ovat akuston kuormitettavuuden tarkastus kiskojarulla, kuljettajan istuimen ominaisuuksien tarkistus, videovalvonta- ja informaatiolaitteiden silmämääräinen tarkastus, vaunun perässä sijaitsevan apuajopöydän tarkistaminen sekä laipanvoitelukoneikon tarkastus ja voiteluaineen lisääminen.

*Vaunun alla* suoritettavat toimenpiteet jakautuvat kahteen suurempaan kokonaisuuteen: telin rungon ja sen osien tarkastukseen sekä pyörien mittaukseen. Telin tarkastus sisältää pääasiallisesti komponenttien visuaalista kunnon tarkastusta, hydraulinesteiden määrän tarkastusta sekä mahdollisten vuotojen havainnointia. Pyörien mittauksessa käytetään erikoisvalmisteista optista mittauslaitetta, jonka mitaamat arvot raportoidaan erikseen HKL:n tietojärjestelmiin (kuva 5). Huoltoraiteella on vaunun alla työskentelyn mahdollistava huoltomonttu.

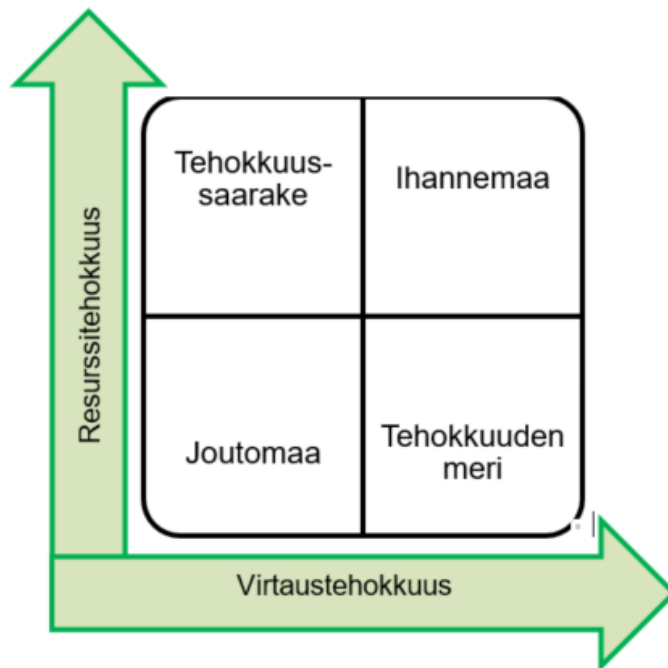


*Kuva 5: Pyörän mittaamisessa käytettävä optinen mittauslaite*

## 2.4 Tehokkuusmatriisi

Tehokkuusmatriisilla (kuva 6) havainnoidaan organisaation toiminnan resurssi- ja virtaustehokkuuden suhdetta. Ihannetilanteessa organisaatio kykenisi toteuttamaan samanaikaisesti täydellistä resurssi- sekä virtaustehokkuutta. Tällöin organisaatio sijoittuisi matriisiin aivan oikeaan yläkulmaan. Tämä tarkoittaisi tilannetta, jossa yritys hyödyntäisi sataprosenttisesti resurssejaan sekä täyttäisi asiakkaan tarpeet optimaalisesti. Tällöin henkilöstö- sekä materiaaliresursseja olisi aina tismalleen oikea määrä, oikeassa paikassa, oikeaan aikaan ja ne olisivat täydellisen osaavia ja sopivia tehtävään. Samanaikaisesti myös asiakkaan palvelu olisi täydellisen joustavaa ja luotettavaa. Käytännössä tämä ei ole mahdollista, sillä esimerkiksi laitteet vikaantuvat, työntekijät sairastuvat sekä asiakkaan tarpeita on mahdotonta ennakoida rajattomasti. Sen lisäksi resurssi- ja virtaustehokkuus usein kumoavat toisiansa, sillä esimerkiksi virtaustehokkuuden yhtenä

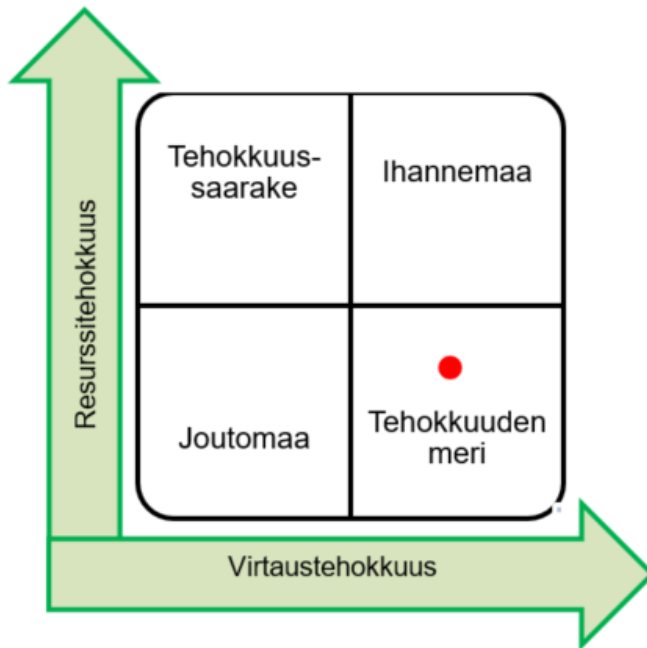
mittarina pidetään toimitusaikaa. Lyhyt toimitusaika ja nopea asiakkaan tarpeeseen reagointi edellyttävät puskurissa olevia resursseja. Sijoittumisen matriisissa määrittää yrityksen toimintastrategia. Jos tavoitellaan korkeaa laatua, niin painopiste on virtaustehokkuuden puolella. Jos tavoitteena on minimoida kustannuksia, niin painopiste on resurssitehokkuudessa. (8, s. 108.)



Kuva 6: Tehokkuusmatriisi

## 2.5 Kunnossapidon sijoittuminen tehokkuusmatriisiin

Teollisuuden kunnossapitotoiminnoille on tyypillistä, että ne sijoittuvat tehokkuusmatriisissa selkeästi oikealle virtaustehokkuuden puolelle. Raitiovaunujen huoltotoiminta ei poikkea tästä, sillä raitiovaunujen käytettävyyssprosentti on toimintaa ohjaava mittari. Toisin sanoen toimintastrategiassa selkeänä painoarvona on asiakastyytyvyyden, luotettavuuden sekä joustavuuden ylläpitäminen. Tehokkuusmatriisissa kuvataan raitiovaunujen huoltotoiminnan yhtä mahdollista sijaintia punaisella pisteellä (kuva 7).



Kuva 7: Toiminnan mahdollinen sijoittuminen merkittynä punaisella pisteellä tehokkuusmatriisissa



### 3 Pilottiprojektin aloittaminen

#### 3.1 Insinööriyön suunnittelu

Insinööriyö aloitettiin tapaamisella oppilaitoksen edustajan, työn tilaajan edustajan sekä työn suorittajan kesken. Tapaamisessa keskusteltiin osapuolten vastuista, insinööriyön aiheen laajuudesta sekä työn suorittamisen aikatauluista. Alustavien suunnitelmien laatimisen jälkeen järjestettiin tapaaminen huoltohenkilökuntaa edustavan luottamusmiehen kanssa. Tapaamisessa keskusteltiin hyvässä hengessä insinööriyön luonteesta ja siitä, kuinka sen toteuttaminen tulee vaikuttamaan työntekijöihin. Huoltohenkilökunnan edustajan hyväksynnällä aloitettiin pilottiprojektin konkreettinen suunnittelu ja henkilökunnalle asiasta tiedottaminen. Lean-periaatteilla suoritettavasta toiminnan kehittämisen projektista tiedotettiin yhtiön sisäiseen verkkoon laaditussa tiedotteessa sekä huoltoasentajille suunnattujen aamupalavereiden yhteydessä.

Työn onnistumisen turvaamiseksi päätettiin pilottiprojektiin ottaa mukaan Lean-asiiantuntija. Aluksi tutkittiin mahdollisuutta löytää asiantuntija organisaation sisältä, mutta haasteeksi muodostui asiantuntijan ja projektin aikataulujen yhteensopimattomuus. Tällöin päädyttiin pyytämään tarjousta Lean-valmentajasta kahdelta konsultointiyritykseltä. Toisen konsulttiyrityksen tarjous hyväksyttiin ja projekti käynnistettiin. Pilotin aloitustapaaminen sovittiin ja Lean-valmentaja tutustutettiin kunnossapidon toimintaan. Aloitustapaamisessa sovittiin projektin eri vaiheiden toteutuksesta sekä viimeisteltiin projektin aikataulu (taulukko 1).

*Taulukko 1: Insinööriyön aikataulu*

1	Insinööriyön aloitustapaaminen	9.9.2019
2	Keskustelu huoltohenkilökunnan luottamusmiehen kanssa	11.9.2019
3	Lean-pilotin aloitustapaaminen	4.10.2019
4	Lean-koulutus henkilökunnalle	14.10.2019
5	Kuukausihuollon nykytilan kartoitusmittaus	15.10.2019
6	Arvovirtakartoitustyöpaja	22.10.2019
7	Uuden toimintamallin luominen	23.10.2019
8	Kartoitusmittaus uutta toimintamallia käyttäen	11.11.2019

Lean-kehittämisen pilottivaiheeseen valittiin ryhmä, joka koostui neljästä huoltoasentajasta. Valittu ryhmä osallistui kaikkiin koulutuksiin, kehityspalaverihin ja kartoituksiin.

### 3.2 Lean-koulutus henkilöstölle

Ensimmäiseen henkilöstölle suunnattuun Lean-periaatteita käsittelevään koulutukseen osallistui henkilöitä eri toimenkuvista, kuten päälliköitä, tuotannosuunnittelija, varastonhoitaja sekä pilottivaiheeseen osallistuvat huoltoasentajat. Alkuperäisessä suunnitelmassa koulutukseen oli tavoitteena saada asentajia useista eri ryhmistä, mutta vuoromallin ja huoltovarmuuden ylläpitämisen luomien haasteiden myötä päädyttiin pilottivaiheen koulutuksessa pitäytyä asentajissa, jotka osallistuvat myös pilottiprojektin muihin vaiheisiin. Koulutukseen varattiin erillinen neuvotteluhuone toiselta toimipisteeltä, jotta turhilta keskeytyksiltä vältyttäisiin.

Koulutuksen sisällöstä ja esittämisestä vastasi konsulttiyrityksen Lean-valmentaja ja koulutuksen kesto oli noin neljä tuntia. Koulutuksessa käsiteltiin Lean-filosofian ja -periaatteiden yleisiä käsitteitä, kuten mikä on arvoa tuottavaa työtä ja mikä on hukkatyötä sekä mitkä ovat niiden yleisimpiä ilmenemisen muotoja, mistä arvovirta koostuu, mitä on jatkuva parantaminen sekä resurssi- ja virtaustehokkuuden käsitteet. Koulutukseen olisi ollut hyvä varata kahdeksan tuntia aiheen laajuudesta johtuen.

Koulutuksen alussa osallistujilta kysyttiin, millaisia odotuksia heillä oli tulevilta Lean-periaatteilla toteutettavilta kehitystoimenpiteiltä. Asia herätti osallistujien kesken paljon keskustelua. Asentajat toivoivat muun muassa kehitystä työkalujen helpompaan löytymiseen, kehitysideoiden käsittelyprosessia, jotta ideat eivät vain jäisi leijumaan, ohjeita huoltotöiden priorisointiin sekä selkeämpiä raportointityökaluja, jotta muistin varassa työskentely vähenisi. Toimihenkilötehtävissä työskenteleviltä osallistujilla toiveena oli saavuttaa työvaiheiden vakioinnin kautta helpompaa ennustettavuutta, jonka myötä huoltosuunnitelmaa ja päivittäisjohtamista voidaan suorittaa järjestelmällisemmin.

### 3.3 Kuukausihuollon nykytilanteen arvovirtakartoitus

*Value Stream Mapping (VSM)* eli arvovirtakartoitus on yksi yleisimmin käytetyistä Lean-menetelmistä. Arvovirtakartoituksessa kartoitetaan tarkasteltavan prosessin arvoketjua ja siinä esiintyviä arvoa tuottavia ja arvoa tuottamattomia eli hukkavaiheita. Arvotyypit jakautuvat kolmeen kategoriaan: *Arvoa tuottava vaihe*, joka tuottaa prosessin asiakkaalle lisäarvoa. *Aputoimi*, joka on arvoa tuottamaton työvaihe, mutta se on pakollinen arvoa tuottavan vaiheen toteuttamiseksi. *Arvoa tuottamaton eli hukka*, joka on turha vaihe, joka ei tuota prosessin asiakkaalle lisäarvoa. Usein prosesseista tunnistetaan kahdeksan hukkatyyppiä, jotka ovat *ylituotanto*, *odottelu*, *tarpeeton kuljettelu*, *ylikäsitteily*

*tai virheellinen käsittely, tarpeettomat varastot, tarpeeton liikkuminen, viat ja työntekijöiden luovuuden käyttämättä jättäminen. (9, s. 29.)*

Nykytilanteen kartoitus aloitettiin iltapäivällä ennen raitiovaunun saapumista liikenteestä noin kahden tunnin koulutuksella Lean-työkaluista ja niiden toimintaperiaatteista. Tarvemmin koulutuksessa perehdyttiin arvovirtakartoitukseen ja 5S:ään. 5S on Lean-menetelmä, jolla työympäristön järjestystä ja siisteyttä pyritään järjestelmällisesti parantamaan viidellä toimenpiteellä, jotka ovat suomeksi käännettynä lajittele, järjestä, puhdista, standardoi ja ylläpidä. Lean-teorian lisäksi käsiteltiin suoritettavan kartoituksen tavoitteet ja toimintaohjeet. Ohjeistuksessa korostettiin, että kartoituksen tavoitteena oli saada mahdollisimman aito kuva kuukausihuollon nykytilanteesta ja siitä, kuinka huollot käytännössä suoritetaan.

Kuukausihuollon suorittamiseen yleensä osallistuu kahdesta neljään asentajaa riippuen esimerkiksi kaluston huollon kokonaistilanteesta, huoltoryhmän koosta ja huollettavan vaunun ennakkoon saaduista vikatiedoista. Nykytilanteen kartoituksessa huoltoon osallistui kolme asentajaa, joista jokaiselle määritettiin seuraaja, joka kirjasi huoltoprosessin osa-alueiden kestot minuutin tarkkuudella mittauspöytäkirjaan. Seuraajat kirjasivat pöytäkirjaan lyhyetkin huolloista poikkeavat vaiheet, kuten odottelun, työkalujen noutamisen, ongelmien selvittämisen ja työpisteiden välisen kävelyn. Ennen kartoituksen suorittamista oli pöytäkirjan oheen lisätty lista todennäköisistä työvaiheista, joiden odotettiin helpottavan työvaiheiden kirjaamista.

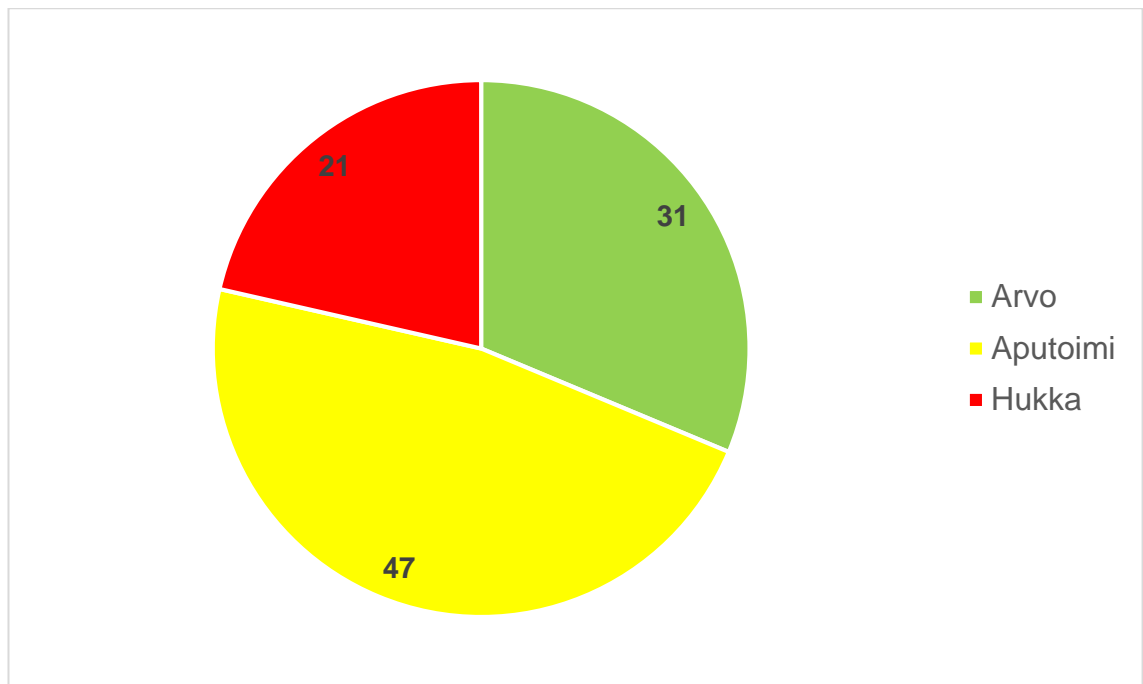
Raitiovaunun saavuttua varikolle alkoi huollon suorittaminen. Huoltoasentajat jakoivat keskenään työt ja aloittivat työn suorittamisen. Työt jaettiin kolmeen työmäärällisesti jotakuinkin yhtä suureen osaan. Asentaja A suoritti vaunun katolla ja sisällä olevat työvaiheet, asentaja B suoritti vaunun pyörien mittaukset ja asentaja C suoritti vaunun alla olevien telien tarkastukset. Pian töiden aloituksen jälkeen huomattiin, että mittauspöytäkirja ei sellaisenaan toiminut ihanteellisesti. Merkintöjen laatiminen käsin kirjoittaen minuutti minuutilta oli haastava toteuttaa. Tästä johtuen seuraajien mittaustulosten kesken syntyi vaihtelua, koska jokainen kirjasi ajat hieman eri tavoin. Vaunun huolto saatiin suoritettua ilman poikkeuksellisia keskeytyksiä, mutta tarkastuksien yhteydessä vaunusta havaittiin keskimääräistä kuukausihuoltoa enemmän vikoja tai muita puutteita. Vikojen suuresta määrästä huolimatta kaikki havaitut kriittiset viat saatiin korjattua huollon yhteydessä. Huoltotöiden valmistuttua kukin asentaja raportoi itse toiminnanohjausjärjestelmään suorittamiensa huollon työvaiheiden tilan, havainnot sekä arvot.



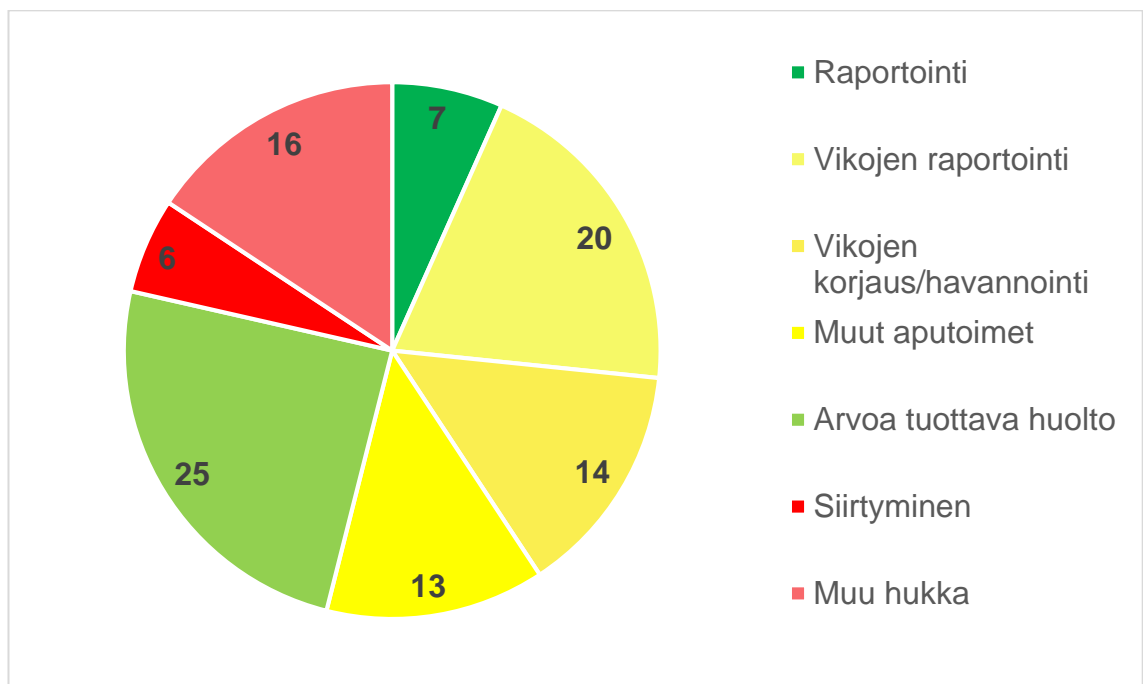
Arvoketjua laatiessa keskustelua herätti eri arvotyyppien välisen rajan määrittely. Etenkin vikoja koskeneet työvaiheet jakoivat mielipiteitä, että kuuluvatko ne arvoa tuottaviin vai aputoimiin. Pilottiprojektin alussa tarkasteltavaksi prosessiksi valittiin kuukausihuolto. Tämän pohjalta kaikki toimenpiteet, jotka eivät sisälly kuukausihuollon huolto-ohjeeseen, ovat ei arvoa tuottavia vaiheita. Täten kaikki vian korjaukset määritettiin aputoimiksi, vaikka kunnossapitotoiminnan kokonaiskuvassa ne välttämättömiä ovatkin.

### 3.5 Analyysi nykytilanteen arvovirtakartoituksesta

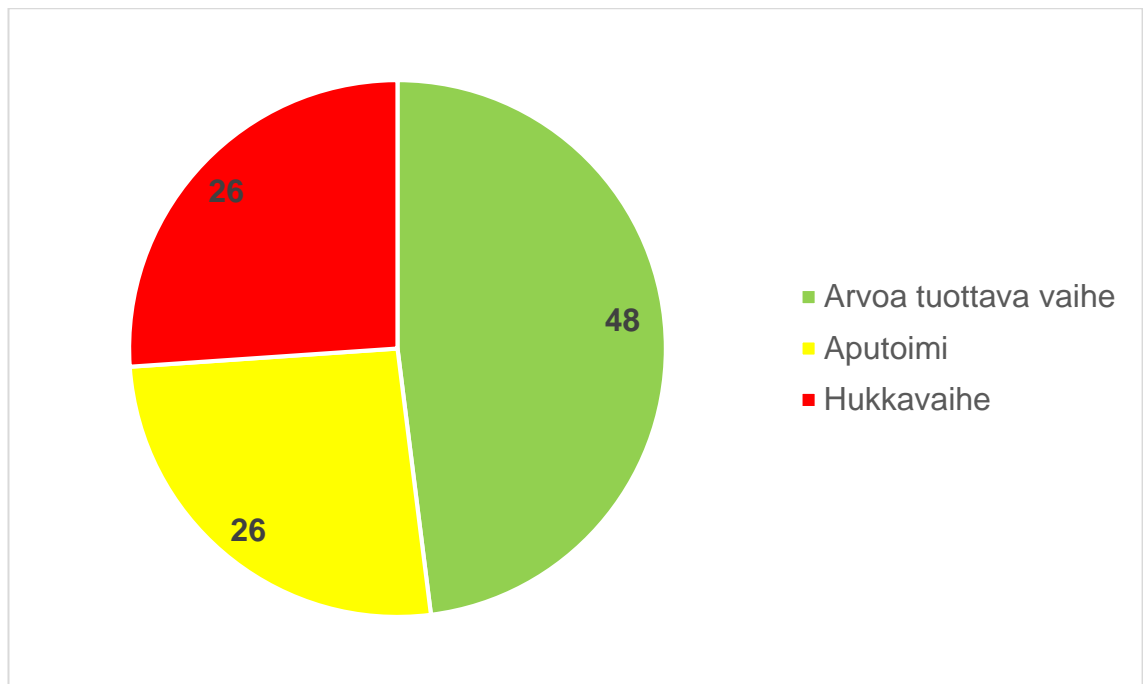
Luodun arvovirtakuvauksen ja mittausten pohjalta kuukausihuollon nykytilanteen eri arvotyyppien prosenttiosuuden voitiin laskea. Kuva 9 esittää, kuinka aputoimien osuus oli lähes puolet kuukausihuollon läpimenoajasta. Aputoimien suuri osuus selittyy suurelta osin vikojen havainnoinnista, vikojen korjaamisesta, vikojen dokumentoinnista sekä vikojen raportoinnista. Kuvasta 10 voidaan laskea huollossa ilmenneiden vikojen suoran vaikutuksen olevan läpimenoaikaan noin 34 prosenttiyksikköä. Huollossa ilmenevien huolto-ohjelmaan kuulumattomien vikojen lukumäärä ja niiden korjauksiin vaadittu aika ovat muuttujia, jotka on rajattu pilottiprojektissa tarkasteltavan prosessin ulkopuolelle, koska kuukausihuoltoprosessin onnistunut vakiointi edellyttää mittausten toistettavuutta. Kuva 11 esittää nykytilanteen kartoitukseen pohjautuvien arvotyyppien jakaumaa, kun vikojen vaikutuksia läpimenoaikaan ei huomioida. Tällöin arvoa tuottavan työn osuus oli noin puolet huollon läpimenoajasta.



Kuva 9: Kuukausihuoltoprosessin arvotyyppien prosenttiosuudet läpimenoajasta

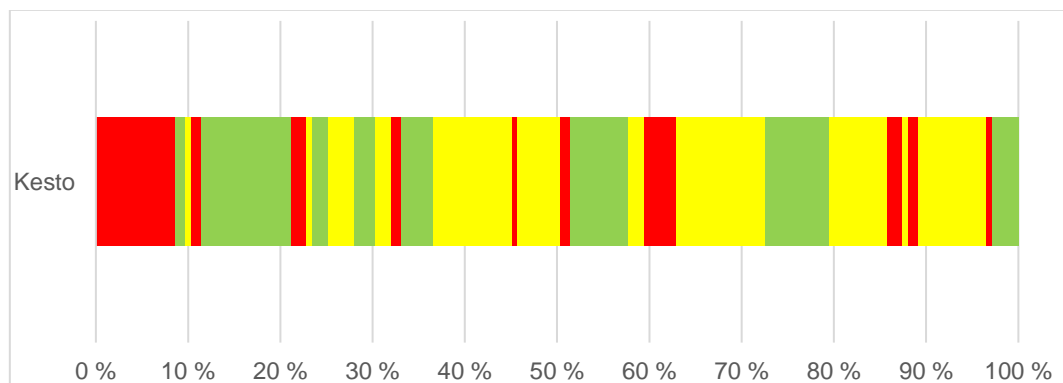


Kuva 10: Nykytilanteen kartoituksessa ilmenneiden työvaiheiden prosenttiosuudet läpimenoajasta



Kuva 11: Arvotyypien prosentiosuudet läpimenoajasta, kun vikojen vaikutusta läpimenoaikaan ei huomioida

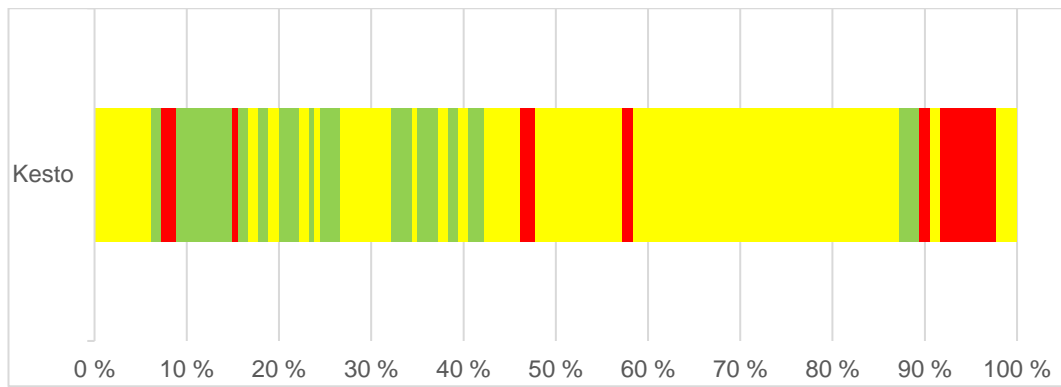
Kuva 12 esittää vaunun katolla ja sisällä työskennelleen asentaja A:n työvaiheiden arvotyypien sijoittumista aikajanalla. Tämän lisäksi hän osallistui myös muualla ilmenneiden vikojen korjaamiseen. Merkittävimmät huolto-ohjelmasta poikkeavat arvoa tuottamattomat vaiheet olivat myöhästyneen vaunun odottaminen sekä siirtymät toimiston ja huoltohallin välillä. Työkalujen tai varaosien noutamisesta aiheutuneet hukkavaiheet olivat vähäiset. Aputoimenpiteistä merkittävimmät olivat ilmenneiden vikojen selvittäminen, korjaus ja raportointi. Mainitsemisen arvoinen aputoimenpide oli myös huollon toteutuksesta ja vikakorjauksista keskustelu kollegan kanssa.



Kuva 12: Asentaja A:n suorittamien työvaiheiden arvotyypit sijoitettuna aikajanalle. Arvoa tuottava työvaihe kuvataan vihreällä, aputoimenpide keltaisella ja arvoa tuottamaton eli hukka punaisella.







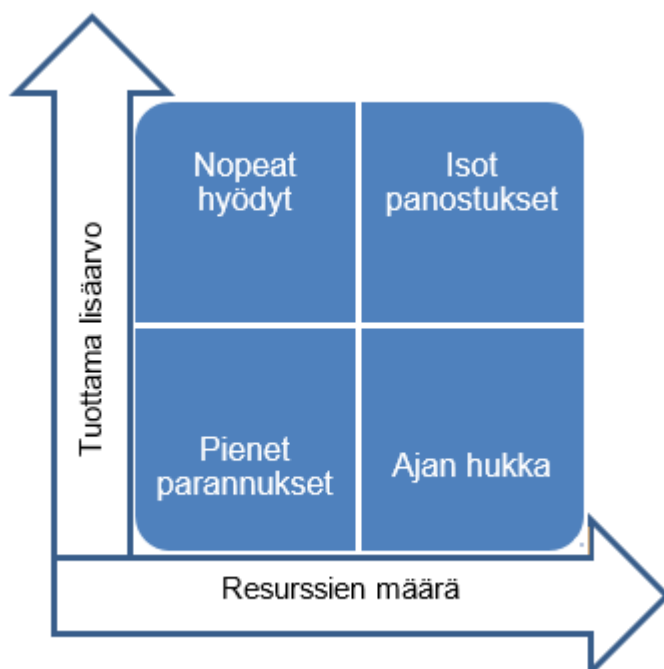
Kuva 14: Asentaja C:n suorittamien työvaiheiden arvotyypit sijoitettuna aikajanalle. Arvoa tuottava työvaihe kuvataan vihreällä, aputoimenpide keltaisella ja arvoa tuottamaton eli hukka punaisella.

## 4 Uuden toimintamallin suunnittelu ja toteutus

### 4.1 Tahtotila-työpaja

Tahtotila-työpajan tavoitteena oli vakioida kuukausihuolto prosessin toimintamalli, minkä pohjalta tulevaisuudessa toteutettavat kuukausihuollot suoritetaan. Työpajassa pilotti- projektiin osallistuneet asentajat suunnittelivat uuden toimintamallin muodostamalla siitä uuden arvovirtakuvauksen. Uudessa toimintamallissa huomioitiin alkuperäisen tilanteen kartoituksessa ilmenneet ongelmat ja niiden välttämiseksi suunniteltiin uusia toimintata- poja sekä toimenpiteitä. Työpajan kesto oli noin kahdeksan tuntia.

Tahtotila-työpajassa ideoitiin kaksitoista toimenpidettä huolto prosessin läpimenoajan nopeuttamiseksi sekä työvaiheiden helpottamiseksi. Toimenpiteet jakautuivat välittö- miin, nopeisiin ja pitkän tähtäimen toimenpiteisiin. Toimenpiteiden kategoriat määritettiin sijoittamalla niiden tuottama lisäarvo ja niiden toteuttamiseen vaadittavat resurssit prio- risointimatriisiin (kuva 15). Pilottiprojektissa keskityttiin välittömiin ja nopeisiin toimenpi- teisiin, jotka sijoittuivat priorisointimatriisissa vasempaan reunaan, mutta myös pitkän tähtäimen toimenpiteille nimettiin vastuuhenkilöt, jotka vastasivat toimenpiteiden arvioin- nista sekä mahdollisesta toteuttamisesta.



Kuva 15: Priorisointimatriisi

## 4.2 Suunnitellut toimenpiteet

Pilottiprojektissa toteutettavat toimenpiteet valikoitiin nykytilanteen kartoituksessa ilmeneiden ongelmien perusteella. Kaksi merkittävintä arvoa tuottamatonta työvaihetta olivat pyörien mittauksessa syntyneet ongelmat sekä raportointien eri vaiheet.

Pyörien mittauksen työvaihetta kehitettiin muuttamalla mittalaitteen mittauspöytäkirjan pohjaa vastaamaan HKL:n raportointijärjestelmän sarakkeita. Tämän muutoksen tavoitteena on mahdollistaa mittaustietojen digitaalinen siirto suoraan raportille. Nykytilanteessa mittauservat luettiin mittauslaitteelta ja syötettiin manuaalisesti raportille. Mittaustulosten virheiden vähentämiseksi ja tasalaatuisuuden lisäämiseksi laadittiin myös ohjeet pyörien puhdistamiselle. Huonosti puhdistetut pyörät lisäävät pyörien halkaisijaa optisella mittauslaitteella mitatessa.

Vikahavaintojen ja -korjauksien sekä huoltovaiheiden raportointeihin kului läpimenoajasta nykytilanteessa yhteensä n. 27 %. Välittömästi toteutettavaksi toimenpiteeksi suunniteltiin raportointipiste huoltoraiteiden läheisyyteen. Raportointipisteelle järjestetään kaksi tietokonetta, joista toisella on pääsy Transtechin sisäisiin toiminnanohjaus- ja dokumentaatiojärjestelmiin ja toisella on pääsy HKL:n raportointijärjestelmiin. Tämän muutoksen tavoitteena oli helpottaa vikojen välitöntä raportointia sekä vähentää toimistorakennuksen ja huoltohallin välistä kävelyä. Pitkän tähtäimen suunnitelmana oli luoda mobiilisovellus, joka mahdollistaa raporttien kirjaamisen ja havaintojen kuvaamisen suoraan toiminnanohjausjärjestelmään esimerkiksi tablettitietokoneella.

Muita suunniteltuja kehitystoimenpiteitä olivat muun muassa toiminnanohjausjärjestelmässä hierarkian vähentäminen, virroittimen asennustyökalujen kartoittaminen ja niille merkityn työkalupisteen määrittäminen, huollossa vaihdettavien suodattimien alikokoonpanon suunnittelu sekä erään työvaiheen huolto-ohjeeseen lisäämisen arviointi ja selvittäminen. Näillä toimenpiteillä on vaikutusta laajemmin sidosryhmiin, ja ne pääasiassa edellyttävät tarkempaa tarkastelua ennen niiden toteuttamista.

## 4.3 Uuden toimintamallin luominen

Työpajassa luotiin uusi vakioitu toimintamalli, jossa oletettiin, että suunnitellut kehitystoimenpiteet on jo toteutettu. Uudessa toimintamallissa vakioitiin huoltoprosessiin osallistuvan kolme asentajaa. Jokaiselle asentajalle oli määritetty tietyt huoltotoimenpiteet toteutettavaksi tietyssä järjestyksessä. Vakioinnin tavoitteena oli lisätä työn turvallisuutta

ja tasalaatuisuutta sekä vähentää turhaa liikkumista, päällekkäisiä työvaiheita ja epäselvyyttä huollon etenemisestä. Toimintamalliin lisättiin myös lyhyet tiimipalaverit ennen vaunun saapumista huoltoon sekä huollon suorittamisen jälkeen. Alkupalaverissa jaetaan kunkin asentajan rooli kyseisessä huollossa sekä käsitellään esitiedot vaunun tilanteesta kuten esimerkiksi käyttäjiltä saadut vikatiedot ja -havainnot. Loppupalaverissa varmistetaan, että kaikki suunnitellut työvaiheet on toteutettu ja keskustellaan havaituista vioista ja huollon yleisestä onnistumisesta.

#### 4.4 Uuden toimintamallin pilotointi

Toimintamallin pilotoinnissa testattiin tahtotila-työpajassa luodun uuden toimintamallin toimivuutta käytännössä toteuttamalla vastaavanlainen mittaus kuin nykytilannetta kartoittaessa. Pilotointiin osallistuivat samat kolme asentajaa kuin nykytilanteen kartoituksessakin, ja he pääsääntöisesti suorittivat samat työvaiheet kuin aikaisemmassakin mittauksessa. Pilottiprojektin nopeasta aikataulusta johtuen suunniteltujen kehitystoimenpiteiden toteuttaminen oli yhä kesken, joten toimintamallin pilotoinnissa jouduttiin osittain olettamaan niiden tuottamia vaikutuksia.

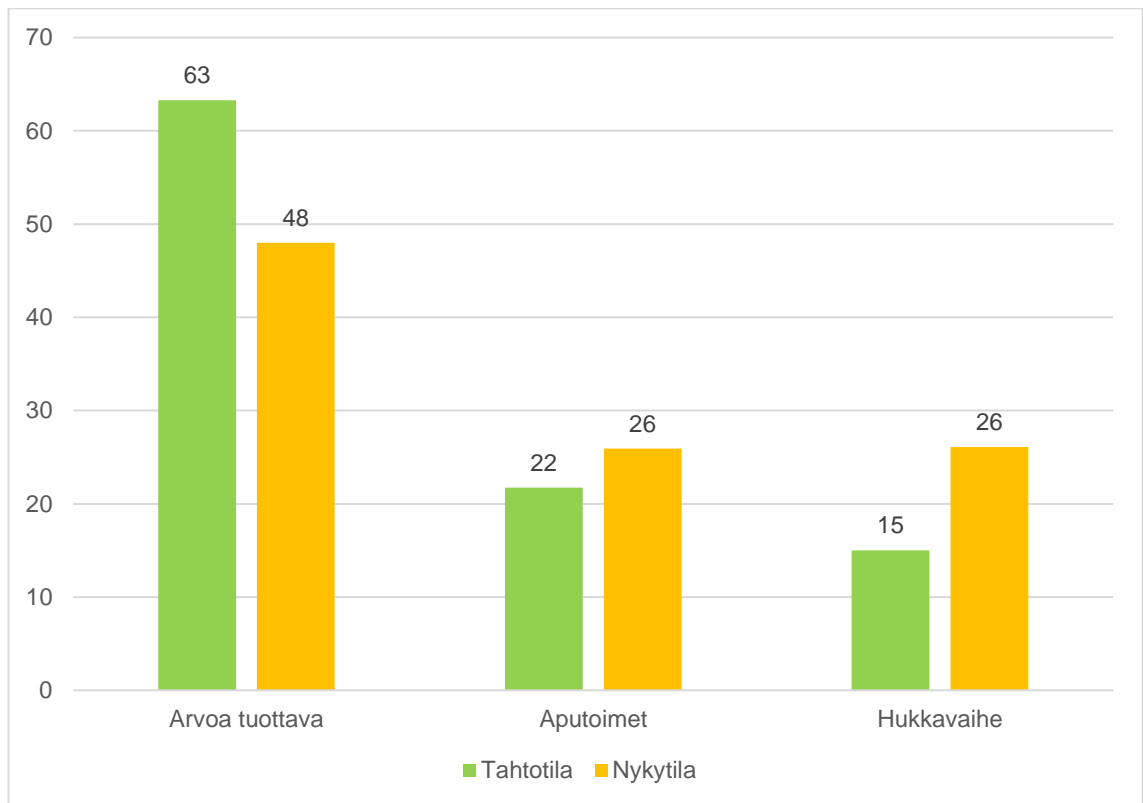
Kuukausihuollon pilotointi aloitettiin lyhyellä kertauksella pilotoinnin tavoitteista sekä kehitystoimenpiteiden tilanteesta. Kartoituksen mittauspöytäkirjasta tehtiin yksinkertaisempi ja kirjaajan tarpeita paremmin palveleva versio. Huolto-prosessi käynnistettiin ryhmänjohtajan johtamalla aloituspalaverilla, jossa roolit jaettiin. Huollettavan vaunun vikojen lukumäärän odotettiin olevan huomattavasti vähäisempi kuin nykytilanteen kartoituksessa, koska vaunu oli uudempi. Huollon suorittaminen päästiin aloittamaan aikataulun mukaisesti. Uuden toimintamallin pilotointi onnistui suurelta osin suunnitelman mukaisesti lukuun ottamatta pyörien mittausta. Työvaihe kesti todellisuudessa n. 36 % pidempään kuin oli arvioitu. Tämä aiheutti yhden työvaiheen siirron toiselle asentajalle. Muita poikkeamia toimintamallista olivat työkaluseinästä puuttuvan työkalun etsiminen ja hiekoitusjärjestelmän etäyhteyden ongelma. Kehitystoimenpiteiden keskeneräisyydestä johtuen raportointi jouduttiin toteuttamaan alkuperäisellä menetelmällä, jolloin tavoiteltuja hyötyjä ei voitu todellisuudessa saavuttaa. Raportointiin kulunut aika mitattiin, mutta tuloksissa sen osuus vähennettiin vastaamaan arviota, joka saavutettaisiin kehitystoimenpiteiden jälkeen. Huolto-ohjelman mukaiset työvaiheet suoritettiin suunnitelman mukaisesti ennen vikakorjauksiin siirtymistä. Havaittujen vikojen ja niiden korjaamiseen vaaditun ajan vaihtelevuudesta johtuen niitä ei huomioida kuukausihuolto-prosessin läpimenoaikaan.

## 5 Pilottiprojektin tulokset

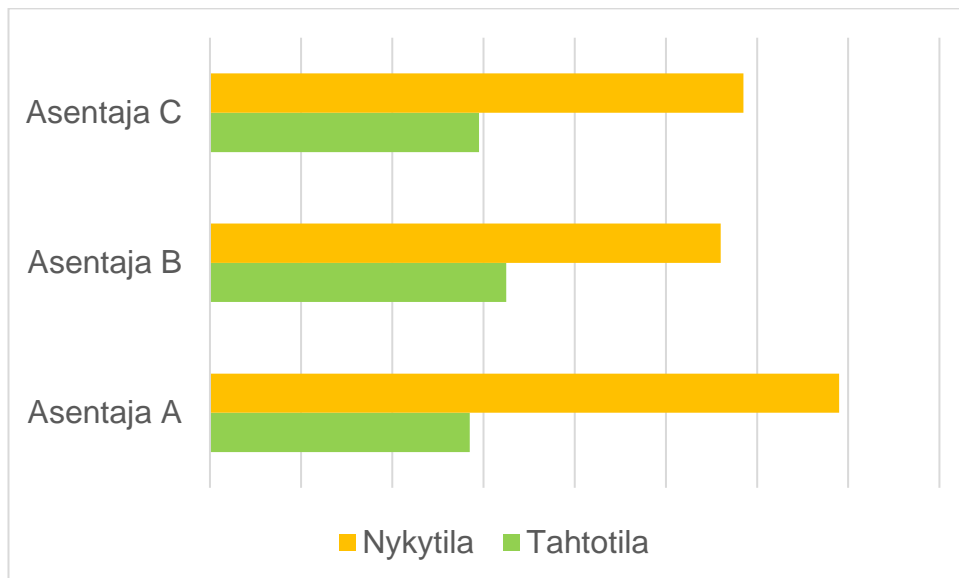
### 5.1 Tulosten vertailu

Uuden toimintamallin pilotointia voitiin pitää tuloksien osalta onnistuneena, mutta kehitystoimenpiteiden osalta vain osittain onnistuneena. Uusi toimintamalli ja suunnitellut toimenpiteet lisäsivät arvoa tuottavan työn osuutta kuukausihuollossa n. 13 % sekä lyhensivät käytettyä työaikaa n. 53 % ja nopeuttivat läpimenoaikaa n. 51 %. Epävarmuutta tuloksiin aiheutti muutoksessa keskeisessä roolissa olevien kehitystoimenpiteiden keskeneräisyys.

Kuva 16 vertaa arvotyyppien prosentiosuuksia uuden toimintamallin mittausten ja nykytilanteen mittausten välillä. Vertailutuloksista on poistettu vikojen havainnoinnista, korjaamisesta sekä raportoinnista aiheutuneet vaikutukset, koska vakioidun kuukausihuollon toimintamallin saavuttamiseksi vikoja tulee käsitellä omana prosessinaan. Kehitystoimenpiteiden keskeneräisyydestä johtuen tahtotilaan kuluneesta ajasta on vähennetty nykyisen kankean raportointikäytännön tuottamaa aikaa vastaamaan tahtotila-työpaikassa suunniteltua nopeamman mobiiliversion tuottamaa vaikutusta. Mobiiliversion tuottamat hyödyt perustuvat arvioihin ja voivat sisältää virheellisiä oletuksia. Kuva 17 esittää huollon läpimenoajan muutosta asentajakohtaisesti nykytilanteen ja tahtotilan kartoituksissa. Työn suorittaminen nopeutui tahtotilassa huomattavasti jokaisen asentajan osalta.



Kuva 16: Arvotyypien prosenttiosuuksien vertailu tahtotilassa ja nykytilassa



Kuva 17: Huollon läpimenoajan muutos asentajakohtaisesti

## 5.2 Lean-kehittämisen mahdollisuudet tulevaisuudessa

Transtechin Helsingin huoltotoiminta tarjoaa suosiollisen perustan toiminnan kehittämiseen Lean-menetelmillä. Pilottiprojektia toteuttaessa huoltohenkilöstö ja esimiestason henkilöt osoittivat yhteistä halua ja kiinnostusta kehittää huoltotoimintaa ja sen myötä yrityksen kannattavuutta. Henkilöstö oli jo ennen insinööriyön aloitusta toteuttanut osin useita Lean-periaatteiden mukaisia uudistuksia, kuten työkaluseinien 5S:n mukaista järjestämistä ja merkitsemistä sekä 2-laatikko varastojärjestelmää. Toteutetut muutokset olivat tosin yksittäisten työntekijöiden toteuttamia ja muutoksia oli toteutettu yksittäisille työpisteille. Jo saavutettujen hyötyjen ylläpitäminen ja tulevaisuudessa lisähyötyjen saavuttaminen edellyttävät kuitenkin koko henkilöstön sitouttamista kehitystoimintaan, parannusten järjestelmällistä toteuttamista sekä toteutettujen muutosten valvontaa päivitysjohdattamisella. Jatkuvan parantamisen kulttuurin luomiseksi on tärkeää jatkaa henkilöstön kouluttamista Lean-ajattelumalliin ja -menetelmiin.

Pilottiprojektista saadut positiiviset tulokset osoittivat arvovirtakartoituksen ja muiden Lean-menetelmien toimivuuden kehitystyökaluina raitiovaunujen huoltotoiminnassa. Osa uudesta toimintamallista ja siinä saavutetuista hyödyistä voidaan viedä sellaisenaan myös muihin kuukausihuoltoihin, sillä ne sisältävät samoja työvaiheita. Tärkeää kuitenkin olisi tarkastella jokaista määräaikaishuoltoprosessia omana kokonaisuutenaan ja viedä pilottiprojektista opittuja menetelmiä räätälöitynä käytäntöön myös niissä. Huoltoprosessien lisäksi jatkuvaa parantamista voidaan soveltaa myös asiantuntijoiden, esimiesten ja muiden toimihenkilöiden työskentelyprosesseissa. Ajoittain haasteita muodosti yrityksen eri toimipisteiden heikko keskinäinen kommunikaatio ja siitä johtuvat katkokset tiedonkulussa. Huoltotoiminnan laajentuessa Tampereen raitiovaunuihin sekä Helsingin Raide-Jokeriin voidaan nykyisessä huoltotoiminnassa toimivaksi todettuja toimintatapoja viedä suoraan käytäntöön.

Lean-filosofiaa noudattaessa on ehdottoman tärkeää, ettei toiminnan kehittämistä ajatella projektina vaan jatkuvan parantamisen kulttuurina, jossa tavoitellaan täydellisyyttä, mutta ymmärretään, ettei sitä voida ikinä saavuttaa.

Vaikka Lean-ajattelutavan jonkinlaisen version omaksumisesta saadut vaikuttavat hyödyt ovat yleisiä, ne eivät ole juuri koskaan pysyviä. Miksi ei? Koska työkalut ja kertaluonteiset tapahtumat eivät juurruta johtamistapaa, jota suuren prosessimuutoksen kouluttaminen ja ylläpito olemassa olevassa yrityskulttuurissa edellyttää (10, s. 6.)

## 6 Yhteenveto

Insinööriyössä toteutettiin pilottiprojekti Artic-raatiovaunujen kuukausihuolto prosessin kehittämiseksi. Kehittämisessä seurattiin Lean-ajattelumallia. Tavoitteena oli luoda kuukausihuolto prosessista vakioitu toimintamalli, tutustuttaa henkilöstöä Lean-ajatteluun ja -menetelmiin sekä lyhentää huolto prosessin läpimenoaikaa.

Työssä toteutettiin kuukausihuollon kehittämisen pilottiprojekti. Projekti aloitettiin Lean-koulutuksella henkilöstölle, minkä jälkeen suoritettiin nykytilanteen kartoitusmittaus. Mittauksessa kirjattiin prosessissa ilmenneet vaiheet asentajakohtaisesti minuutti minuuttilta. Mittausten perusteella nykytilanteesta laadittiin arvovirtakartta, jossa määritettiin tuottavatko työvaiheet arvoa vai ovatko ne hukkaa. Nykytilanteen arvovirtakartan pohjalta laadittiin tahtotila-työpajassa suunnitelma uudesta toimintamallista, jossa eliminoidaan nykytilassa ilmenneitä hukkavaiheita. Hukan vähentämiseksi luotiin lista toteutettavista kehitystoimenpiteistä tavoitteen saavuttamiseksi. Uusi toimintamalli pilotoitiin ja siitä toteutettiin uusi kartoitusmittaus.

Uuden toimintamallin mittaustulosten valossa pilottiprojektia voidaan pitää onnistuneena. Arvoa tuottavan työn osuus kasvoi 13 %, käytetty työaika vähentyi n. 53 % ja läpimenoaika nopeutui n. 51 %. Suunniteltujen toimenpiteiden toteuttaminen jäi osin keskeneräiseksi, joten saatuja mittaustuloksia ei voida todeta varmuudella paikkansa pitäviksi. Tavoitteista saavutettiin vakioitun kuukausihuolto prosessin toimintamallin luominen, läpimenoajan nopeuttaminen sekä osan henkilöstöä tutustuttaminen Lean-ajattelumalliin.

Pilottiprojektin aikana huolto prosessista ilmeni ongelmakohtia, jotka vaikeuttivat ja hidastivat huoltotöiden suorittamista. Osa ongelmista ratkesi keskustelun tai ohjeistuksen myötä ja osalle ongelmista kehitettiin korjaavia kehitystoimenpiteitä. Raportoinnin osuus läpimenoajasta oli merkittävä, mutta sen eri osia ei tarkasteltu projektin aikana. Raportoinnin jakamisella pienempiin osa-alueisiin olisi voitu saavuttaa välittömiä lisäparannuksia läpimenoaikaan.

Jatkuvan toiminnan parantamista voidaan jatkaa suorittamalla nykytilanteen arvovirtakartoitus myös muista huolto prosesseista. Arvovirtakartoituksien pohjalta voitaisiin toteuttaa uudet toimintamallit kustakin huollosta. Pilottiprojektin oppeja voidaan helposti soveltaa muihin määräaikaishuoltoihin, mutta myös osin esimerkiksi muutostöihin ja viikkorajauksiin.



## Lähteet

- 1 Transtech. 2017. Škoda Transportation Group toimittaa uusia raitiovaunujen Tampereelle. Verkkodokumentti. [https://www.transtech.fi/index.php?id=243&archive=&cat\\_ids=&news\\_id=52/](https://www.transtech.fi/index.php?id=243&archive=&cat_ids=&news_id=52/). Luettu 10.10.2019.
- 2 Transtech. 2016. HKL hankkii 20 uutta Artic-vaunua ja 29 pikaratikkaa Trans-  
techilta. Verkkodokumentti. [https://www.transtech.fi/index.php?id=243&archive=&cat\\_ids=&news\\_id=50/](https://www.transtech.fi/index.php?id=243&archive=&cat_ids=&news_id=50/). Luettu 10.10.2019.
- 3 Yle. 2010. Helsinki ostaa uudet raitiovaunut kotimaiselta Transtechiltä. Verkkodokumentti. <https://yle.fi/uutiset/3-5680442/>. Luettu 10.10.2019.
- 4 Transtech & HKL. Helsingin uusi raitiovaunu. Verkkodokumentti. <https://www.raitio.org/wp-content/uploads/2018/04/esite.pdf/>. Luettu 31.10.2019.
- 5 Tilastokeskus. 2018. Suomi lukuina. Verkkodokumentti. [https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk\\_liikenne.html/](https://www.tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_liikenne.html/) Luettu 14.11.2019.
- 6 HSL. 2015. Helsingin seudun liikennejärjestelmäsuunnitelma HLJ 2015. Verkkodokumentti. [https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/2015-03-03-hlj\\_2015-raportti.pdf/](https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/2015-03-03-hlj_2015-raportti.pdf/). Luettu 10.10.2019.
- 7 HKL. 2018. Raitiliikenteen toimintaohje RTO 3: Liikennöinti. Sisäinen toimintaohje.
- 8 Mådig, Niklas and Åhlström, Pär. 2013 This is Lean. Tukholma: Rheologica Publishing.
- 9 Liker, Jeffrey K. 2013. Toyotan tapaan. Helsinki: Readme.fi.
- 10 Liker, Jeffrey K. ja Convis, Gary L. 2012. Toyotan tapa Lean-johtamiseen. Helsinki: Readme.fi.

## Liikennekelpoisuusehdot



HELSINGIN KAUPUNKI  
LIKENNELIIKELAITOS  
Liikennöntietyksikkö / RTO 3

TOIMINTAOHJE

9/63

1.1.2018

## 5 Raitiovaunun liikennekelpoisuus

## 5.1 Liikennekelpoisuusehdot

	Ei liikenteeseen	Pysädytään + selvitetään. Tarvittaessa tyhjentyminen ja hinaus, jos ei saada muuten hallittua	Vaihtoon mahdollisimman pian (tai korjaus linjalla)	Vaihtoon kun kalustoa (tai korjaus linjalla)
1	X			
2	X			
3	X			
4	X	X		
5	X	X		
6	X	X		
7	X	X		
8	X (täydennettävä)	X jos myös varahiekat loppu		
9	X (linjalikenne)		X	
10	X (ilman matkustajia mahdollista varayhteydellä)	X jos ei varayhteyttä	X ps varayhteys	
11	X	X		
12	X (pois lukien NRV, MLNRV)	X		
13	X (NRV, MLNRV)	X (NRV, MLNRV)		
14	X	X		
15	X	X		
16	(vaihtoon mahdoll. pian)		X	
17	X	X		
18	(vaihtoon kun kalustoa)			X
19	X	X		
20				X
21	X	X		
22	X		X	
23	X	X		
24	X		X	
25				X
26	X (NRV, MLNRV ja MLRV)	X (NRV, MLNRV ja MLRV)	X (ARTIC)	
27	X	X		
28	X	X		
29	X	X ARTIC A-luokka	X ARTIC B-luokka	X ARTIC C-luokka
30	X (pl. siirtoajo)		X	
31	X (pl. siirtoajo)		X	
32	X (pl. siirtoajo)		X	
33	X (pl. siirtoajo)		X	
34	X (pl. siirtoajo)	X		
35	X (pl. siirtoajo)	X		
36	X (pl. siirtoajo)		X	
37	X (pl. siirtoajo)		X	
38	X (pl. siirtoajo)			X
39	X		X	
40	X (pl. siirtoajo)	X		
41	X (pl. siirtoajo)		X	
42	X (pl. siirtoajo)		X	

Kuva 18: RTO3 Liikennekelpoisuusehdot vuonna 2018 (7, s.9)