

Ratakatkojen Lean elementtien hyödyntäminen infrarakentamisessa

Ville Suorsa

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2019

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

SUORSA VILLE

Ratakatkojen lean-elementtien hyödyntäminen infrarakentamisessa

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 1 sivua
Toukokuu 2019

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii YIT Rakennus Oy, joka on yksi valtion rataverkolla toimivista rakennusurakoitsijoista. Opinnäytetyössä tarkasteltiin ratakatkoja ja pyrittiin löytämään niistä lean-toimintatapoja, joita pystyttäisi hyödyntämään infrarakentamisessa. Tavoitteena oli tehostaa infrarakentamisen toimintatapoja alati kiristyvässä kilpailussa urakoitsijoiden kesken lean toimintastrategian näkökulmasta.

Opinnäytetyössä selvitetään lean-ajattelun syntyhistoriaa sekä sen kehitysvaiheita. Työssä selvitetään lean-mallisen ajattelutavan peruseräkkeet ja selvennetään sen tärkeimpiä tavoitteita. Työn lean-osion jälkeen pyritään löytämään leanin ja ratakatkojen toiminta- ja ajattelutavoista yhtäläisyyksiä, jotta pystytään vertailemaan näitä keskenään. Vertailun jälkeen pohditaan, kuinka ratakatkojen lean-elementtejä pystytään hyödyntämään infrarakentamisessa ja onko niiden hyödyntäminen järkevää.

Työtä varten aineistoa kerättiin työmailta haastatteluilla, sekä työharjoitteluiden lomassa havainnoimalla. Havainnointia tehtiin erilaisilla radanrakennustyömailla, jotka ajoittuivat toukokuun 2017 ja maaliskuun 2019 väliselle ajalle. Haastatteluja tehtiin kolme kappaletta, joista kaksi oli henkilöhaastatteluja ja yksi sähköpostihaastattelu.

Työssä keskityttiin vain rataan kohdistuviin maanrakennustöihin, eikä työssä käsitelty sähkörata- tai turvalaitetöitä kuin käsitte pohjaisesti. Rajauksen tarkoituksena oli yhtäläistä vertailutulokset rautatierakentamisen ja normaalin infrarakentamisen kesken.

Opinnäytetyön tärkeimpinä tuloksina voidaan pitää ratakatkojen kokonaiskuvan tehostomuutta, monien työvaiheiden ollessa ylimääräisiä verrattuna infrarakentamiseen. Ratakatkotyyppinen työskentely aiheuttaa monenlaisia erilaisia hukkia, jotka eivät ole lean-ajattelun näkökulmasta tehokkaita. Kuitenkin nämä hukkatelijät ovat pakollisia, mikäli ratakatkoja suoritetaan nykyisellä mallilla.

Asiasanat: ratakatko, liikennekatko, rautatierakentaminen, lean, infrarakentaminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

SUORSA, VILLE:
Utilization of Lean Elements of Rail Shutdowns in Civil Engineering

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 1 pages
May 2019

The thesis was commissioned by YIT Construction Ltd, which is one of the contractors working on state owned railway network. The purpose of this thesis was to look at the path breaks and find the best ways to utilize them in infrastructure construction. The aim was to improve the way in which infrastructure construction works in an ever-tightening competition from the point of view of the contractor's operational strategy.

The theory section explores the history of lean thinking and its developmental stages. The thesis explains the basic principles of lean-style thinking and explains its main goals. After the Lean section, a discussion is given on potential similarities in the way Lean and track shutdowns work and think a way to compare them. After comparison, an analysis is offered on how the lean elements of the track shutdown can be utilized in infrastructure construction and whether their utilization is sensible.

Interviews were used as a data collection method, as well as observation of worksites alongside internship. The observation was carried out on various track construction sites, which took place between May 2017 and March 2019. Three interviews were conducted and carried out as personal and e-mail interviews.

In this study, railway construction was examined only from the viewpoint of construction work on the track, not on the electrified track, or on the safety devices. The purpose of this elimination was to equalize the comparison results between railway construction and normal infrastructure construction.

The most important observation in this study was that the overall process of track shutdown can be considered ineffective, as many stages of work are unnecessary when compared to normal infrastructure construction. Track shutdown work involves a wide variety of wastes that are not effective from the lean point of view. However, these waste factors are mandatory if track shutdowns are performed with the current model.

Key words: rail shutdown, shutdown, rail construction, lean, civil engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LEAN	8
	2.1 Leanin historia	8
	2.2 Leanin periaatteet	8
	2.3 Lean infrarakentamisessa	11
	2.4 Leanin käsitteitä	11
	2.4.1 Hukka	11
	2.5 Tehokkuuden eri olomuodot	12
	2.5.1 Resurssitehokkuus	12
	2.5.2 Virtaustehokkuus	13
	2.5.3 Keskinäiset vaikutukset	13
3	RAUTATIERAKENTAMINEN	16
	3.1 Rautatierakentaminen	16
	3.1.1 Päällys- ja alusrakenne	16
	3.1.2 Oheisrakenteet	17
	3.2 Rautatiealueella työskentely	18
	3.3 Vaadittavat pätevyudet	21
	3.3.1 Peruskoulutukset	21
	3.3.2 Rautatieturvallisuuteen olennaisesti vaikuttavien tehtävien pätevyyskoulutukset	22
	3.3.3 Työpätevyyskoulutukset	22
	3.3.4 Muut pätevyudet	23
	3.4 Ratatekniset ohjeet	23
4	RATAKATKOJEN TOTEUTUS	24
	4.1 Ratakatko	24
	4.2 Jännitekatko	25
	4.3 Suunnitelmat	25
	4.3.1 Ratatyölupiin vaadittavat suunnitelmat	25
	4.3.2 Ratatyölupiin vaaditut suunnitelmat ja ilmoitukset	26
	4.3.3 Työsuunnitelmat	26
	4.4 Liikennekatkojen tehokkuus	27
	4.5 Kustannustehokkuus	27
5	RATAKATKOJEN LEAN-ELEMENTIT	28
	5.1 Tilaajan arvot	28
	5.2 Hukka	28
	5.3 Virtaustehokkuus	29

5.3.1 Virtaustehokkuuden hyödyt ja haitat.....	30
5.4 Resurssitehokkuus.....	30
5.4.1 Resurssitehokkuuden hyödyt ja haitat.....	30
5.5 Lean-elementit	31
5.5.1 Ennen ratakatkoa	31
5.5.2 Ratakatkon aikana.....	31
5.5.3 Ratakatkon jälkeen.....	32
5.6 Yhteenveto.....	32
6 LEAN-ELEMENTIT INFRARAKENTAMISESSA.....	33
6.1 Ratakatkon ja infrarakentamisen erot.....	33
6.2 Lean-elementit	35
6.3 Lean-elementtien soveltaminen infrarakentamisessa	36
7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	38
LÄHTEET.....	39
LIITTEET	40
Liite 1. Ratatyön suojauslittuma Liikennevirasto 2016, Sähkörataohjeet	
40	

ERITYISSANASTO

Ajolanka	Ajojohtimen alempi osajohdin, josta veturin virroitin ottaa tehoa
Alusrakenne	Radan rakenneosaa, johon kuuluu välikerros, eristyskerros, mahdolliset routasuojaukset sekä pohjanvahvistukset
ATU	Aukean tilan ulottuma
Baliisi	Junankulun valvontalaite
EV-sora	Yhdistetty eristys- ja välikerrossora
JETI-järjestelmä	Järjestelmä, jossa ylläpidetään reaaliajassa ratatöihin ja junan kuljettamiseen liittyviä tietoja
KV	Kiskon alapinnan taso
Lean	Johtamisstrategia, joka keskittyy arvoa tuottamattomien toimintojen poistamiseen
Päälysrakenne	Radan rakenneosaa, johon kuuluu tukikerros, pölkyt, kiskot ja vaihteet
Ratakatko	Rautatieliikenteen katko, jonka aikana junaliikennettä ei sallita kyseiselle rataosalle
RATO	Ratatekniset ohjeet
Resurssitehokkuus	Pyrkimys resurssien maksimaaliseen hyödyntämiseen
RSU	Ratatyön suojaulottuma
RT-ilmoitus	Ratatyöilmoitus
RTV	Ratatyöstävastaava
RUMA-sovellus	Ratatyöryhmien paikantamissovellus
TURO	Radanpidon turvallisuusohjeet
Virtaustehokkuus	Tuotteen läpimenoajan lyhentäminen

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää ratakatkoista löytyviä Lean-elementtejä ja etsiä käyttökohteita niille normaalista infrarakentamisesta. Työ toimii selvityksenä infrarakentamisen tehokkuuden lisäämiseksi, koska toimeksiantajalla on alati tarve oman toiminnan kehittämiseen jatkuvasti kiristyvässä ja muuttuvassa toimintaympäristössä.

Lean on tunnettu termi tuotantolaitoksissa, mutta rakennusalalle sen tuleminen on alkanut suuremmin vasta vähän aikaa sitten. Lean on hyväksi havaittu toimintatapa kulujen karsimiseksi sekä työvaiheiden nopeuttamiseksi, koska sillä pyritään vähentämään hukkaa ja arvoa tuottamatonta työtä.

Lean-elementtien tutkiminen aloitettiin tutustumalla Leanin toimintatapoihin ja tutkimalla mitä samanlaisia piirteitä Lean-ajattelulla sekä ratakatkoilla on. Lean-elementtien löytämiseen hyödynnettiin apuna vertailua ratakatkoissa ja katukohteissa tehtävän massanvaihdon työvaiheiden välillä. Näiden vertailulla pystyttiin löytämään konkreettisia esimerkkejä, joita pystytään jatkossa integroimaan infrarakentamiseen sopiviksi.

Rautateillä tehtävissä liikennekatkoissa tapahtuvaa työtä pidetään yleisesti tehokkaana, jonka toteutus vaatii hyvää suunnittelua ja aikatauluttamista. Ratakatkoissa tapahtuvan työn ajaksi liikenne pysäytetään, jonka johdosta aikataulussa pysyminen on erityisen tärkeää. Töiden suorittaminen toteutetaan ajankohtana, jolloin junaliikenne on pienimmillään ja haitta rautatieliikenteelle olisi mahdollisimman vähäistä.

Työn tuloksista pystytään havaitsemaan, kuinka ratakatkoissa tehtävä työ on tehokasta. Kun tarkastellaan ratakatkoa kokonaisuutena ja verrataan sitä infrakohteissa tehtyyn työhön, huomataankin työvaiheiden määrän olevan ratakatkoissa huomattavasti suurempi ja kustannuksia aiheuttavia materiaalien käsittelyitä olevan paljon.

2 LEAN

2.1 Leanin historia

Lean on alun perin tuotettu Toyotan autotehtaiden tuotantoympäristöön, ja sen silloinen nimi olikin Toyota Production System eli TPS. TPS:n isänäkin pidetty Taiichi Ohno kehitti tuotantojärjestelmää Toyotalle lähes 60 vuotta, hylkäämällä mittakaavaedut ja suurtuotannon sekä esittämällä virtauksen olevan avainasemassa tuottavuuteen. (Modig & Åhlstöm, 2018,79.)

Howell (1999) totesi tutkimuksessaan, kuinka Ohno havaitsi hukkaa Yhdysvaltaisten kilpailijoiden autotuotannossa. Autotuotannossa suosittiin suuria varastoja ja tämä tuotti ongelmia siinä, että virheiden paljastuminen vei paljon aikaa. Vialliset auton osat aiheuttivat turhaa työtä tuotantolinjan osissa, sekä heikensi tuotteen arvoa asiakkaan näkökulmasta.

Uusi ajattelutapa kumpuaa Japanin taloudellisesta tilanteesta toisen maailmansodan jälkeen, kun toimiakseen yrityksen tuli toimia tehokkaasti, jotta se pystyisi selviytymään. Kilpailutehokkuutensa saavuttamiseksi Toyota pyrki parantamaan tuotantoaan resurssien niukkuudesta huolimatta, niukinta oli seuraavista resursseista; raaka-aineista, taloudellisista resursseista, tilasta sekä teknologiasta ja koneista. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

Ohnon tavoitteena oli tuottaa autoja asiakkaan tarpeisiin ilman turhaa välivarastointia, tämä vaati tuotantolinjalta nopeaa koordinoitukykyä virheiden ilmetessä. Hän piti virheitä hyvänä asiana tuotannossa ja niihin puututtiin välittömästi pysäyttämällä koko tuotantolinja, eikä tuotantolinjaa käynnistetty ennen kuin ongelma oli ratkaistu. Tästä johtuen tuotantolinjasta poistui virhe kerrallaan, täten tuotanto saatiin tasaiseksi ja virtaustehokkaaksi. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

2.2 Leanin periaatteet

Leanista on useita määritelmiä, mutta ei ole olemassa tarkkaa määritystä mitä Lean oikeasti on. Useasti Leanista kertovassa kirjallisuudessa keskitytään liiksi

työkaluihin, joita Lean tarjoaa, eikä niinkään ymmärretä Lean toiminnan syvällisiä tavoitteita. Liian useasti myös ajatellaan, että kaikki luodut hyvät asiat olisivat Leania. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

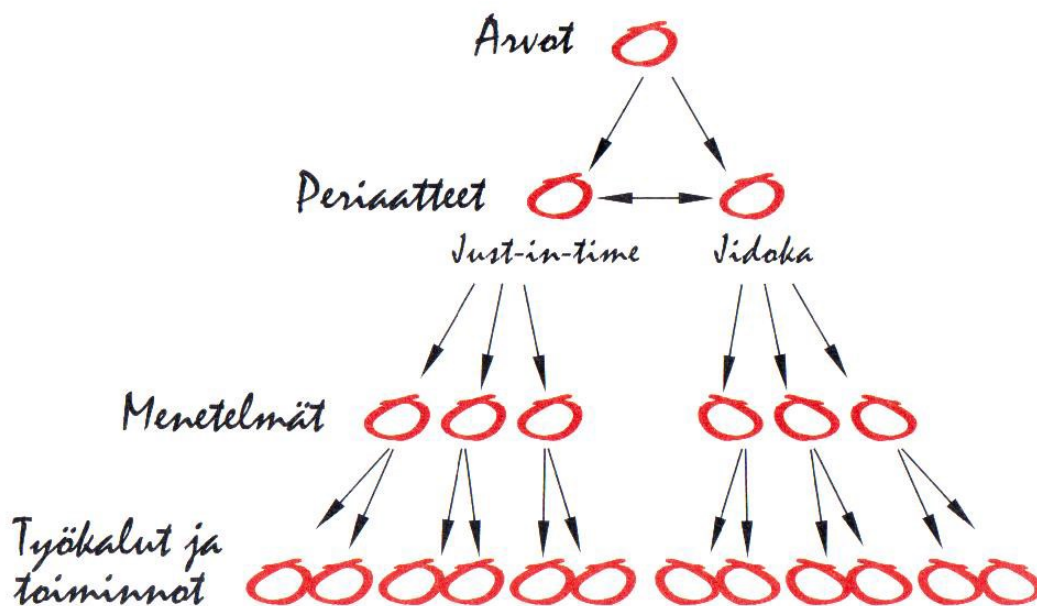
Leanin kerrotaan koostuvan karkeasti viidestä eri vaiheesta (Modig & Åhlstöm, 2018.):

1. Määrittely, tuotteen arvoa asiakkaalle lisäävät tekijät
2. Tunnista jokaisen tuotteen arvoa lisäävät virrat
3. Kehitä arvo virtaamaan keskeytyksettä ja häiriöttä
4. Tuota vain asioita, jotka lisäävät arvoa asiakkaalle
5. Loputtoman täydellisyyden tavoittelu

Tarkasteltaessa tarkemmin tuotantostrategian teoriaa Toyotan kannalta, on asiat huomattavasti monimutkaisempia. Länsimainen kirjallisuus jättää helposti olennaisia osia pois Leanista. TPS korostaa merkittävästi tuotantostrategian onnistumisessa johtamista ja henkilöstön asennoitumista ja motivoitumista, tästä johtuen tuotantostrategian tulee koskettaa kaikkia yrityksen toimijoita. Yhtäkkiä Leanista tulee hyvin laaja, kun pohditaan muita osia kuin tuotannon tehokkuuteen liittyviä tekijöitä. (Modig & Åhlstöm, 2018).

Jotta tuotantojärjestelmä pystytään integroimaan yritykseen, tulee sen kiinnittää paljon huomiota henkilöstöön ja pyrkiä minimoimaan muutosvastarintaa uutta kokeilua kohtaan. Lean-periaatteen mukaan tuotannon muuttamisen tarpeet tulisi huomata tuotannossa toimivien yksilöiden toimesta, tällä pyritään kannustamaan kaikkia tiimityöhön ja muutokseen. (Modig & Åhlstöm, 2018).

Leanin toimintastrategian toteuttamiskeinoja on paljon, mutta yleensä ne voidaan jakaa neljään pääpiirteeseen (KUVA 1).



KUVA 1. Leanin toimintastrategia voidaan jakaa neljään pääpiirteeseen (Modig & Åhlstöm, 2018, 138).

Arvot kertovat, millainen organisaation on oltava, yleensä nämä kerrotaan jo yrityksen toimintasuunnitelmassa. Periaatteet määrittävät, miten organisaation tulee ajatella. Periaatteet on jaettu kahteen eri osioon, jotka ovat Just-in-time ja Jidoka. Just-in-time tarkoittaa virtauksen luomista, eli juuri sen toimittamista mitä asiakas haluaa, kuinka paljon hän sitä haluaa ja milloin hän sitä haluaa. Jidoka on Just-in-timen täydentävä osapuoli, joka luo yksinkertaiset edellytykset edellä mainituille periaatteille. (Modig & Åhlstöm, 2018, 132-133.)

Menetelmät määrittävät ne keinot, joilla saadaan yrityksen toimintastrategia toimivaksi, se voi olla esimerkiksi standardisointi tai muut työkalut virtauksen mahdollistamiseksi. Viimeisenä neljästä pääpiirteestä on työkalut ja toiminnot, jotka toteuttavat menetelmän. Kun lähdetään kulkemaan pyramidia kumpaankin suuntaan tahansa, kaikki pyramidin osat linkittyvät toisiinsa rakentaen toimivan kokonaisuuden, joka osoittaa näin pienienkin osasten tärkeyden. (Modig & Åhlstöm, 2018, 136, 139.)

2.3 Lean infrarakentamisessa

Leanin haasteet infrarakentamisessa muodostuvat varmasti huonosta toistettavuudesta, maassa olevien rakenteiden heikosta paikannettavuudesta, sekä maaperän olosuhteiden muuttumisesta. Vaikka maaperää tutkittaisiinkin runsaasti ennen kuin pystytään alkamaan töihin, silti löytyy yllätyksiä kuten vanhoja käytöstä poistettuja rakenteita, kiviä, kalliota ja muuta mikä hidastaa ja hankaloittaa työtä.

Rakennusalalle yleisestikin perinteisiä haasteita ovat lisäksi pirstaloituneet toimitukset, lyhytjänteinen yhteistyö, hintakilpailu, jossa ei oteta huomioon laatu tai aikataulutekijöitä, huono suunnitteluprosessi sekä riskien hallinnoimisen kyvyttömyys. Nämä johtavat usein alilaatuun, kustannuksien ylittämiseen ja näiden johdosta aikataulun pettämiseen. Leanin tuomisella rakennusalalle pyritäänkin ratkaisemaan näitä ongelmakohtia. Suuria kehitysaskelia täytyy tehdä projektin eri osapuolten yhteistyössä, lisäksi runsaasti parannettavaa löytyy, kun tarkastellaan rakentamisen tuotantoketjuja leanin tarjoamien työkalujen avulla.

2.4 Leanin käsitteitä

Lean-prosessi kattaa koko tuotantoketjun ja siihen liittyvät materiaalit, tehtävät ja valmiit tuotteet, jotka vaaditaan tuloksen aikaansaamiseksi. Lean perustuu arvovirran optimointiin raaka-aineesta tuotteeksi. Prosessiin vaikuttaa useita eri tekijöitä, mutta yleisimmät näistä ovat arvo ja hukka, näiden kahden tekijän lisäksi tulee pystyä erottamaan resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden ero sekä niiden välinen suhde. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

2.4.1 Hukka

Lean-toimintastrategia ei pohjaudu vain materiaalihukkaan, vaan siinä hukalla tarkoitetaan kaikkea mikä ei tuota yritykselle arvoa, sekä tuhlaa resursseja. Hukkaa pystytään karsimaan erilaisilla toimintatavan muutoksilla, jotka yrityksen tulee huomioida optimoidessaan toimintajärjestelmää käyttöönotettavaksi. Taulukossa 1 on pyritty havainnollistamaan, kuinka hukkaa pystytään minimoimaan.

TAULUKKO 1. Hukan eri muodot (Merikallio & Haapasalo 2009, 12)

Hukan kategoriat	Esimerkkejä
Varasto	Vähennä eräkokoa, vähennä läpimenoaikaa, synkronoi tuotantovaiheet sekä lisää kapasiteettia piikkien hallitsemiseksi
Liike	Yhdistä eri vaiheita ja poista etsiminen
Virheet	Laatustandardit, standardi dokumentointi, standardi työ, virhemahdollisuuksien eliminointi
Prosessointi	Suunnittele työ/osa komponenttien/työvaiheiden minimoimiseksi sekä yksinkertaistamiseksi, standardi työ
Ylituotanto	Vähennä eräkokoa, vähennä asetusajoja, vähennä alussa syntyvien virheiden määrää ja yksinkertaista prosessia
Odottaminen	Synkronoi tuotantovaiheet, yhdistä töitä, tasoita työmäärät, kouluta työntekijät, visuaaliset jonot
Kuljettaminen	Synkronoi tuotantovaiheet, yhdistä töitä, tasoita työmäärät, kouluta työntekijät ja varastoi käyttöpaikalle
Informaatio	Tee informaatiosta helposti ymmärrettävää, ohjaa visuaalisesti sekä varmista datan tarkkuus

2.5 Tehokkuuden eri olomuodot

Lean käsittelee pohjimmiltaan kahta erilaista virtausta, resurssitehokkuutta sekä virtaustehokkuutta. Jotta yritys pystyy toimimaan, tulee sen pystyä hallitsemaan molempia: niin tuottamaan tuotetta asiakkaalle kuin myös resurssien tehokasta käyttöä. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

2.5.1 Resurssitehokkuus

Länsimaalainen tuotanto ja palvelut painottavat resurssitehokkuutta ja täten ne ovat helposti sisäistettävissä. Resurssituotannossa työtä suorittavat laitteet ja ihmiset pyritään pitämään työllistettyinä koko ajan eli resurssitehokkuus olisi tällöin 100%. Resurssitehokkuuden hyödyntämistä pyritään käyttämään varsinkin suurissa tuotantolaitoksissa, missä käyttökulut ovat suuret. Esimerkkinä voitaisi käyttää infra-alalta kaivinkonetta tarkasteltaessa yhden työpäivän työsuoritetta. Jos

kaivinkoneen laskutusaika jolta työntekijälle maksetaan palkka on 8 tuntia, mutta kaivinkone tekee tuottavaa työtä vain 5 tuntia päivässä, on tällöin resurssitehokkuus: $\frac{\text{tuottava työ}}{\text{maksettava aika}} = \frac{5 \text{ tuntia}}{8 \text{ tuntia}} = 62,5\%$. Yleisesti ottaen infrarakentaminen perustuu resurssitehokkuuteen, sillä tilattu työ pyritään tekemään mahdollisimman minimaalisilla resursseilla. Täten pystytään varmasti hyödyntämään resurssit tehokkaasti eikä joutoaikaa ole. Resurssien maksimaalinen hyödyntäminen aiheuttaa kohdassa 2.3 esitettyjä vaikeuksia. Yleensä ongelma ei ole pelkästään työtä suorittavassa portaassa vaan tätä pystytään tarkastelemaan koko organisaation tasolla. Jos organisaatiossa on ns. tyhjäkäyntiä 37,5% ajasta voidaan kuvitella millainen kuluerä tämä 37,5% on.

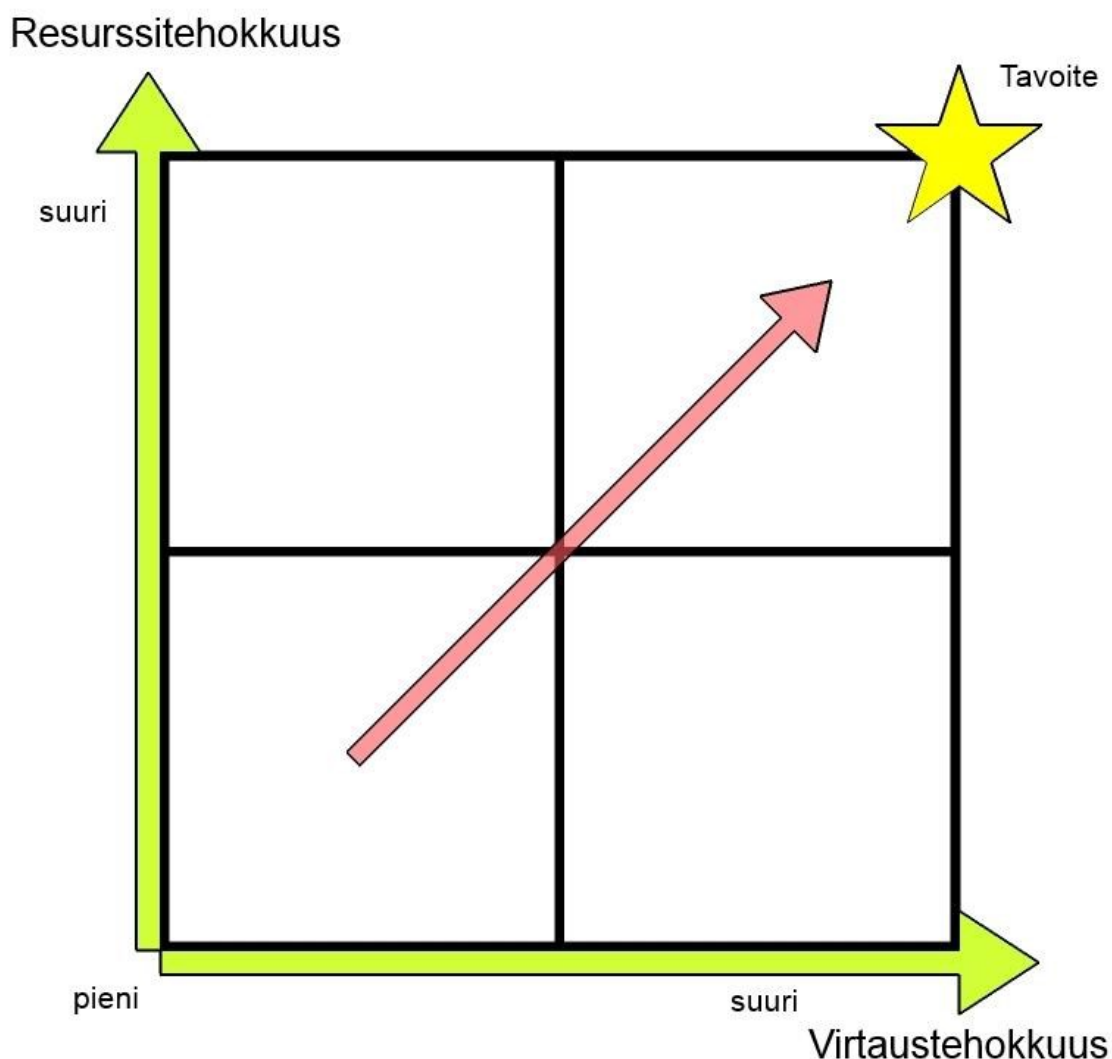
2.5.2 Virtaustehokkuus

Virtaustehokkuus puolestaan kuvaa tuotteen läpimenoaikaa, sen tilauksesta luovutukseen. Tästä esimerkkinä voidaan käyttää infrakohdetta, jossa tilaajana toimii julkishallinto ja urakoitsijana yritys. Jotta toiminta olisi virtaustehokasta tulee tarkastella tilaajan asettamia aikatauluvelvoitteita tarkemmin sekä mitoittaa resurssit sen mukaan. Mikäli pyritään mahdollisimman hyvään virtaustehokkuuteen, tulee resursseja olla ylimääräisenä paikkaamaan esimerkiksi sairastunutta työntekijää. Täten virtaus on tasaista ja hallittavissa eikä tuotantoketjuun tule vaihteluita.

2.5.3 Keskinäiset vaikutukset

Näiden kahden tehokkuuden keskinäistä vaikutusta yrityksen tulisi pyrkiä tasapainottamaan. (KUVA 2). Organisaatioissa, varsinkin Länsimaisissa panostetaan helposti liikaa resurssitehokkuuteen, jolloin tilaajan tarve jää helposti taka-alalle eikä tule tyydytetyksi. Lean pyrkii ratkaisemaan tämän tilanteen tilaajan eduksi tuomalla organisaatiota lähemmäksi oikeaa reunaa, mikä lisää virtaustehokkuutta. Useasti virtaustehokkuuden lisääminen tuottaa lisää arvoa, mikä näkyy resurssien nopeassa vapautumisessa sekä asiakkaan tyytyväisyytenä. Kun asiakkaan tarve on saatu tyydytettyä nopeammassa aikataulussa kuin kilpailijat, on tämä mahdollisesti valmis maksamaan ylimääräistä. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

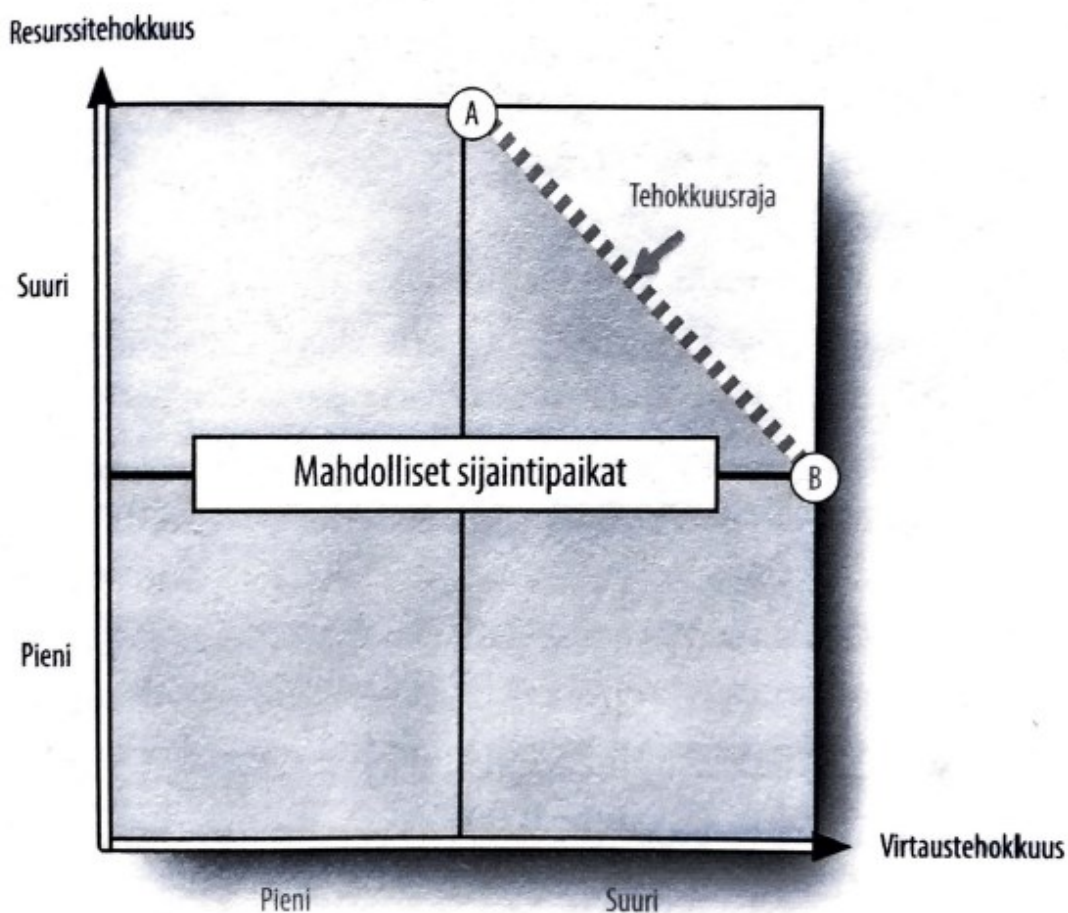
Virtaustehokkuuden ylikorostaminen voi taas syödä toiminnan kannattavuutta, joten virtaustehokkuuden ja resurssitehokkuuden väliltä tulisi löytää kultainen keskitie. Kuvassa 2 oikeassa yläkulmassa oleva tähti osoittaa mihin yrityksen tulisi pyrkiä toiminnassaan, jotta se olisi mahdollisimman tehokas molemmilla osa-alueilla. Tähdän saavuttaminen tarkoittaa resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden huippua. (Modig & Åhlstöm, 2018.)



Kuva 2. Resurssi- ja virtaustehokkuuden suhde. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

Tavoiteltavaa tähteä pidetään kuitenkin saavuttamattomissa olevana; jotta molempien tehokkuuksien maksimaaliseen hyödyntämiseen päästäisi, täytyisi kaikkien resurssien olla täysin muunneltavissa työtehtävästä toiseen sekä tarjonnan täytyisi olla täysin luotettavaa. Organisaatiolla tulisi olla koko ajan ennakointimahdollisuus, kun tuotetta tai palvelua tuotetaan. Tämä tarkoittaa organisaatiossa kaiken toimimista tarkalleen, koneet eivät saa rikkoutua, ihmiset eivät saa tehdä

virheitä, tuotteiden täytyy olla koko ajan sataprosenttista laatua. Tällainen ihan-
netilanne ei kuitenkaan ole mahdollista ja kaikki vaihtelut asettavat grafiikkaan
tehokkuusrajan (KUVA 4).



KUVA 4. Organisaation mahdolliset sijaintipaikat ovat tehokkuusrajan alapuo-
lella. (Modig & Åhlstöm, 2018.)

Organisaatio voi siis päätyä tehokkuusrajan alapuolella mihin tahansa, tämä riip-
puu paljolti alasta, jolla organisaatio vaikuttaa. On ymmärrettävää, että infra-alalla
työskentelyä painotetaan resurssitehokkaaksi, koska julkishallinnon tilaajalle teh-
tävästä työstä ei juurikaan ole mahdollista saada ylimääräistä rahaa, vaikka työ
tulisi suoritetta virtaustehokkaasti. Tässä tapauksessa ainoana hyvänä puo-
lena on, että organisaatio pystyy vapauttamaan resursseja nopeammin kuin nor-
maalissa resurssitehokkaassa työskentelyssä.

3 RAUTATIERAKENTAMINEN

3.1 Rautatierakentaminen

Rautatierakentaminen voidaan jakaa karkeasti viiteen pääryhmään: Päälyysrakenne, alusrakenne, sähköratarakenteet, turvalaitteet sekä oheisrakenteet.

Päälyysrakenne on radan rakenneosa, joka sisältää tukikerroksen ja raiteen. (RATO 3, 2018, 7.)

Alusrakenne sisältää välikerroksen, eristyskerroksen sekä mahdolliset suodatin-kerrokset, routalevyt ja pohjanvahvistusmenetelmät. (RATO 3, 2018, 6.)

Sähköratarakenteet sisältävät kaikki radan sähköistykseen välttämättömät rakenteet, poissulkien turvalaiterakenteet. (Sähkörataohjeet, 2016, 8.)

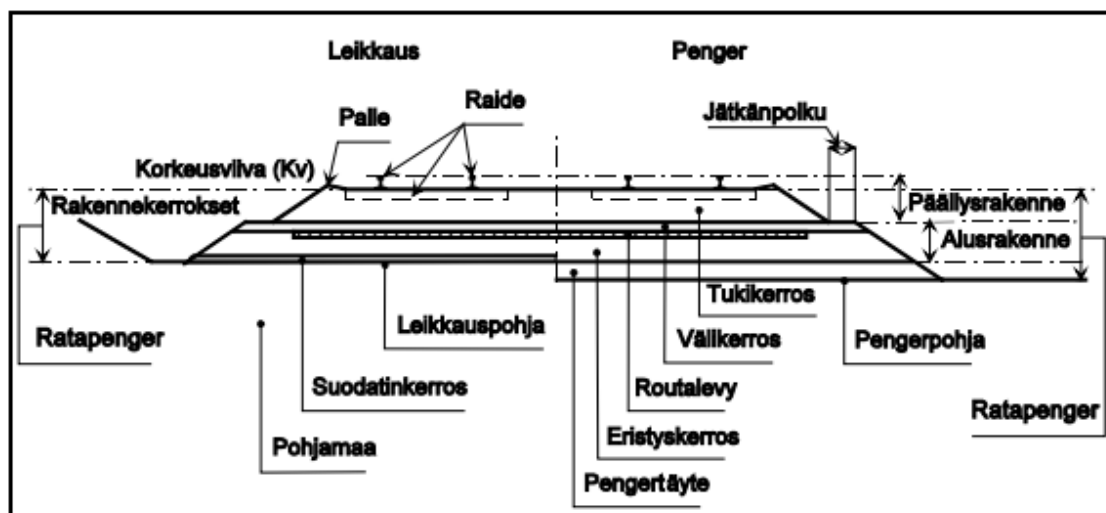
Turvalaitteet sisältävät kaiken raiteilla liikkuvan kaluston seurantaan kytköksissä olevat rakenteet, näiden tarkoituksena on varmistaa kaluston turvallinen liikkuminen muuhun kalustoon ja ympäristöön nähden. (RATO 6, 2018, 19.)

Oheisrakenteisiin luetellaan kuuluvaksi kaikki muut rakenteet, joita rautatiealueella voi sijaita, näitä ovat esimerkiksi laiturit ja meluseinät ja sillat.

3.1.1 Päälyys- ja alusrakenne

Radan päälyysrakenne koostuu raiteesta, vaihteista sekä tukikerroksesta ja palteesta. Päälyysrakenteen tarkoituksena on tukea ja pitää raide paikallaan, sillä liikennekuorma ja raiteen lämpötila pyrkivät siirtämään raidetta. Raide neutralisoidaan rakentamisvaiheessa, mutta tämä ei kuitenkaan estä ääriolosuhteissa syntyvää jännitystä, joka pyrkii siirtämään radan vallitsevissa olosuhteissa pois oikeasta geometriasta. (RATO, 3 2018.)

Alusrakenne muodostaa tasaisen ja kantavan alustan tukikerrokselle ja estää tukikerroksen sekoittumista alla oleviin rakennekerroksiin. Alusrakenne sisältää eristys- ja välikerroksen (EV-kerros), mutta se voi sisältää lisäksi erillisen suodatin-kerroksen ja routalevyt, joilla suojataan raidetta pakkasen aiheuttamilta vaurioilta (KUVA 5). (RATO 3, 2018.)



KUVA 5. Radan rakenneosat nimityksineen (RATO 2, 2018, 8.)

3.1.2 Oheisrakenteet

Oheisrakenteet sisältävät kaiken muun mitä rautatiealueella sijaitsee, näitä ovat esimerkiksi asemat, laiturit, opasteet, sillat ja tukimuurit. Rautatieympäristön monipuolisuuden havainnollistaa kuva 6, josta käy ilmi kuinka paljon rakenteita kyseiseen ympäristöön kuuluu.



KUVA 6. Rautatieympäristöön liittyviä rakenteita (RATO 1, 2018, 7.)

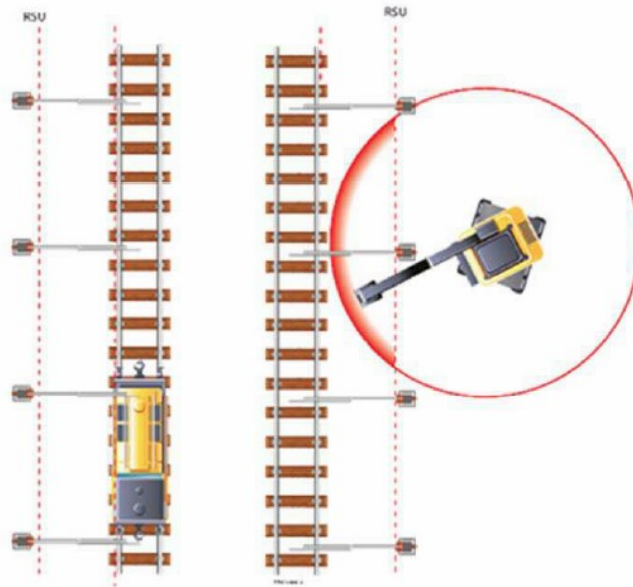
3.2 Rautatiealueella työskentely

Ratatyö valtion rataverkolla on hyvin säänneltyä, tämä tarkoittaa sitä, että ratatyöt jaetaan luokkiin, jotka määrittelevät liikenteenohjauksen tason. Jos ratatyö aiheuttaa liikennöinnin keskeyttämisen tai estää turvalaitoksen toiminnan asetinlaite- tai kauko-ohjaustasolla ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueella tarvitaan tähän ratatyölupa liikenteenohjaukselta. Ensimmäisen luokan liikenteenohjauksen alueeseen luetaan julkinen rataverkko, jossa suurin osa ratatöistäkin tehdään. Toisen luokan alueella RTV (ratatyöstävastaava) suojaa ratatyöalueen liikennöinniltä ja on itsenäisesti vastuussa ratatyöstä ja sen suojaamisesta. Toisen luokan liikenteenohjausalueeseen kuuluu yksityiset ratapihat sekä raiteet. Työ on uudella rakennettavalla raiteella ratatyötä silloin, kun siltä pystytään liikkumaan käytössä olevalle liikennöidylle raiteelle liikkuvalla kalustolla tai ratatyökoneella. (TURO, 2018, 48.)

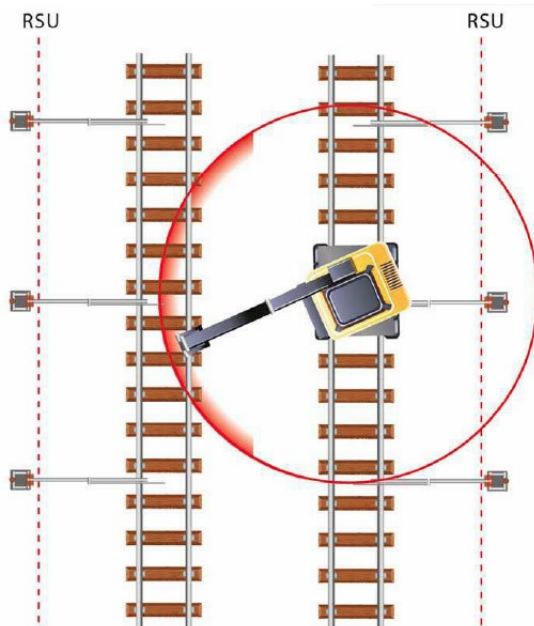
TURO:n sivuilla 48 ja 49 luokitellaan ratatyöksi seuraavat työt:

- työt, jotka vaikuttavat raiteen liikennöintiin ja estävät sen,
- työt, jotka vaikuttavat radan rakenteisiin ja laitteisiin estäen liikennöinnin,
- työt, jotka tehdään koneellisesti siten, että liikkuva kalusto, työkone tai sen osa on raiteen RSU:ssa edes hetkellisesti, kuva 7.
- työt, jotka tehdään raiteella koneellisesti siten, että liikkuva kalusto, työkone tai sen osa ulottuu viereisen raiteen RSU:an edes hetkellisesti, kuva 8.
- työt, jotka kohdistuvat käytössä olevaan turvalaitokseen tai vaikuttavat liikenteen turvaamiseen asetinlaite- ja kauko-ohjaustasolla,
- jännitekatkon edellyttämä työmaadoitusten asettaminen ja poistaminen,
- räjäytys- ja louhintatyöt silloin, kun vaara-alue ulottuu raiteen RSU:n sisäpuolelle ja liikennöinti sekä muut ratatyöt pitää keskeyttää,
- työt, jotka tehdään työkoneella tai ajoneuvolla matkustajalaiturilla, kun työ estää liikennöinnin,
- huoltotasoristeyksen ja laituripolun ylittäminen ajoneuvolla tai työkoneella, kun ylitys liittyy ratatyöhön tai matkustajalaiturilla tehtävään työhön, joka liittyy radanpitoon,
- tasoristeyksen ylittäminen tela-alustaisella työkoneella, kun se liittyy ratatyöhön,

- työt, jotka sisältävät baliisien asennusta, käyttöönottamista, paljastamista, peittämistä tai poistamista,
- työt, jotka koskevat nopeusrajoituksen asettamista, muuttamista tai poistamista,
- työt, jotka sisältävät radan merkkien asennusta, käyttöön ottamista, paljastamista, peittämistä tai poistamista, jos kyseistä työtä ei voi tehdä turvamiehen turvaamana,
- jalkaisin työskenneltäessä raiteen RSU:ssa, kun raiteen suurin työaikainen nopeus on yli 140 km/h, eikä käytössä ole RATSUa. RATSUa automaattisesti käytettäessä raiteen suurin sallittu nopeus saa olla enintään 160 km/h.
- työt, jotka Liikennevirasto on ohjeistanut tehtäväksi liikenteenohjauksen antamalla luvalla ratatyöhön, kuten työskentely silloilla, tunneleissa tai muissa paikoissa, joissa ei ole riittävää väistö- tai näkemäaluetta tai raiteen alitustyö, kun risteämäluvassa niin edellytetään,
- työt, jotka edellyttävät liikennöinnin keskeyttämistä työ- tai rautatieturvallisuuden takia, kuten nelikopterin lennättäminen alle 10 metrin korkeudessa RSU:n sisäpuolella,
- työt, jotka muutoin olisivat rautatiealueella tehtävää muuta työtä, mutta Liikenneviraston tai urakoitsijan tekemän riskienarvioinnin mukaan työ edellyttää liikenteenohjauksen antamaa lupaa ratatyöhön ja
- rautateiden erikoiskuljetukset, joihin liittyy ratarakenteiden tilapäistä purkamista, siirtämistä tai jännitekatkon edellyttämä työmaadoitus.



KUVA 7. Työ lasketaan ratatyöksi, kun työkonetta työskentelee RSU:n sisäpuolella edes hetkellisesti, tällöin liikennöinti tulee keskeyttää lähimmällä raiteella. (TURO , 2018, 26.)



KUVA 8. Työ on ratatyötä, kun työskennellään raiteen RSU:n sisäpuolella, työkonetta liikkeet ylettyvät myös viereisen raiteen RSU:an, joten liikennöinti keskeytetään molemmilta raiteilta. (TURO, 2018, 27.)

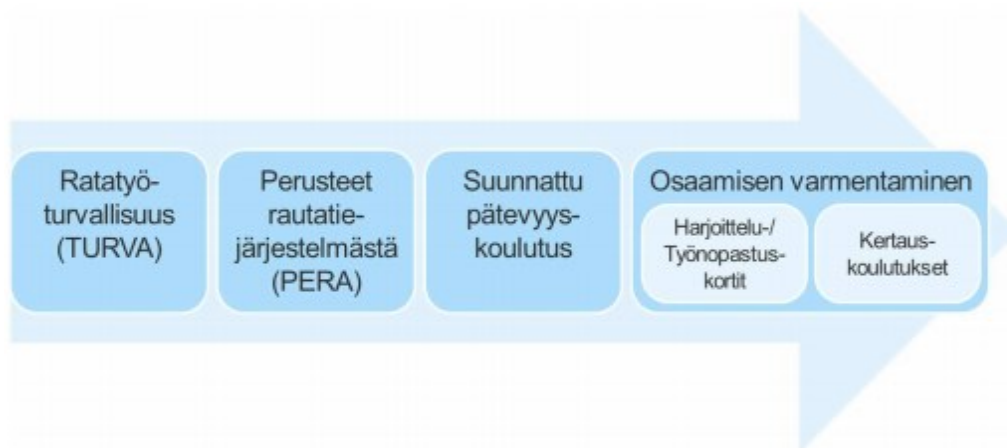
Ratatyöt pyritään tekemään aina ennakkoon suunniteltuna ratatyönä, poikkeuksena ovat kiireelliset ratatyöt, esimerkiksi lumityöt, onnettomuudet sekä vauriot.

Ratatöiden ennakkosuunnitelmassa tulee selväksi seuraavat asiat; ratatyön sijainti, työn sisältö, käytettävä kalusto, työraot, työaika, tärkeät yhteystiedot sekä täytykö liikennöinti keskeyttää. Tämän ennakkosuunnitelman perusteella liikenteenohjaaja laatii ennakoilmoituksen. (TURO, 2018, 56,57.)

Ratatöistä tulee aina laatia ratatyöilmoitus (RT-ilmoitus) ratatyöurakoitsijoiden mobiilialustaan (RUMA). RT-ilmoituksen tarkoituksena on kuvata ja dokumentoida työ liikenteenohjaajalle, tällä tavalla liikenteenohjaaja saa tarvittavat tiedot ratatyöstä sen liikenteenhallintaa ja suojausta varten.

3.3 Vaadittavat pätevydet

Väylävirasto on asettanut tehtäväkohtaisia vähimmäis- koulutus- ja osaamisvaatimuksia valtion rataverkolla toimimiseen varmistakseen toiminnan turvallisuuden. Kussakin pätevydessä on esitetty vaadittava ammattitaito sekä tehtäväkohtaisen osaamisen osoittamistavat. Koulutusmalli on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Väyläviraston koulutusmalli.

3.3.1 Peruskoulutukset

Rautatiejärjestelmää koskevat peruskoulutukset vaaditaan kaikilta rautatiealueella työskenteleviltä, poissulkien tavarantoimittajat sekä vierailijat, sillä ehdolla että heidät perehdytetään rautatiealueella työskentelyyn sekä heidän toimintaansa valvoo pätevyiden omaava henkilö. Väyläviraston peruskoulutuksia ovat:

- Ratatyöturvallisuuspätevyys (TURVA)

- Perusteet rautatiejärjestelmästä (PERA) (Valtion rataverkon osaamis- ja pätevyysvaatimukset, 2018, 15.)

3.3.2 Rautatieturvallisuuden olennaisesti vaikuttavien tehtävien pätevyyskoulutukset

Suunnatun pätevyyden koulutuksia, jotka vaikuttavat olennaisesti rautatieturvallisuuteen ovat:

- Turvamies
- Ratatyöstävastaava
- Liikenteenohjaaja
- Ratapihaliikenteenohjaaja (Valtion rataverkon osaamis- ja pätevyysvaatimukset, 2018, 15.)

3.3.3 Työpätevyyskoulutukset

Suunnatun työpätevyyden koulutusohjelmia vaaditaan henkilöiltä, jotka suorittavat tiettyjä töitä rautatiealueella, esimerkiksi päällysrakennepätevä henkilö tarkastaa ratakatkon jälkeen raiteen liikennöitävyyden ja antaa luvan luovuttaa raiteen liikenteelle. Väyläviraston koulutusohjelmat työpätevyyksistä ovat seuraavat:

- Päällysrakennepätevyys
- Taito- ja maarakennuspätevyys
- Turvalaiteasentajanpätevyys
- Turvalaitetarkastajapätevyys
- Hitsauspätevyys
- Hitsausmestariapätevyys
- Ultraäänitarkastajapätevyys
- Ratatyökoneenkuljettajapätevyys
- Pelastus- ja raivaustyöntekijä (Valtion rataverkon osaamis- ja pätevyysvaatimukset, 2018, 15.)

3.3.4 Muut pätevyudet

Rautatiejärjestelmässä toimiville eri ammattiryhmille on tarjolla myös lyhytkestoisia koulutuksia, koulutussisällöt räätälöidään eri ammattiryhmille osaamisvaatimusten ja -tarpeiden mukaisesti. Tällaiset koulutukset voi olla mm. RATO:n ja uusiin järjestelmiin liittyviä. (Valtion rataverkon osaamis- ja pätevyysvaatimukset, 2018, 16.)

3.4 Ratatekniset ohjeet

Väyläviraston Ratateknisistä ohjeista (RATO) saadaan tarvittavat tiedot rataverkoon kuuluvan radan ja ratalaitteiden suunnittelua, rakentamista, tarkastusta ja kunnossapitoa varten (Kuva 10). RATO:n tai Väyläviraston kohdekohtaisesti erikseen hyväksymiä rakenteita tai laitteita saa ainoastaan käyttää valtion rataverkolla. Ratateknisiä ohjeita on noudatettava kaikessa ratoihin liittyvissä rakenteissa ja laitteissa. (RATO 1, 2018, 6.)

Ratatekniset ohjeet (RATO)			
RATO 1 Yleiset perusteet		LO 31/2018	30.8.2018
- Liite 1: Ratatekniset ohjeet: Termit ja määritelmät			
RATO 2 Radan geometria		LO 3/2010	8.4.2010
RATO 3 Radan rakenne		LO 13/2018	26.3.2018
RATO 4 Vaihteet		LO 22/2012	17.12.2012
RATO 5 Sähköistetty rata		LO 23/2018	11.6.2018
RATO 6 Turvalaitteet		LO 7/2014	10.3.2014
- Muutokset edelliseen RATO 6:een			
- Signalling systems			
- Turvalaitteipiirrosmerkit	dwg	pdf	15.3.2014
- Keskitetyn vaihteen ulkolaitteista saatavat tilatiedot			1.3.2018
RATO 7 Rautatieliikennepaikat		LO 13/2011	14.9.2011
- Muutokset edelliseen RATO 7:ään			
RATO 8 Rautatiesillat		LO 43/2013	16.12.2013
RATO 9 Tasoristeykset			1.6.2004
- Muutokset RATO:n osaan 9			23.4.2012
RATO 10 Junien kulunvalvonta JKV		LO 8/2014	4.3.2014
- Muutokset edelliseen RATO 10:een			
RATO 11 Radan päällysrakenne			15.8.2002
RATO 12 Päällysrakennehitsaus			1.4.1998
RATO 13 Radan tarkastus			27.9.2004
RATO 14 Vaihteiden tarkastus ja kunnossapito		LO 14/2016	12.4.2016
RATO 15 Radan kunnossapito			29.12.2000
RATO 16 Väylät ja laiturit		LO 43/2017	21.12.2017
- Laiturien kunnossapitosäännöt ja henkilökunnan pätevyysvaatimukset			18.6.2010
RATO 17 Radan merkit		LO 8/2016	7.4.2016
- Radan merkkien ja merkintöjen selitykset		LO 19/2016	13.5.2016
RATO 18 Rautatietunnelit		LO 19/2018	14.6.2018
- Rautatietunneleiden tarkastuslomakkeet	lomake (pdf)		
RATO 19 Jatkuvakiskoraiteet ja -vaihteet			15.8.1998
RATO 20 Ympäristö ja rautatiealueet		LO 18/2012	17.12.2012
- RATO 20 Kunnossapidon tiivistelmä			
RATO 21 Liikkuva kalusto		LO 21/2012	17.12.2010

KUVA 10. Luettelo ratateknisistä ohjeista, sekä niiden numerosta ja voimaantuloapäivistä.

4 RATAKATKOJEN TOTEUTUS

4.1 Ratakatko

Ratakatko, tai toiselta nimeltään liikennekatko on työn tilaajan järjestämä mahdollisuus työskennellä ratatyön suojaulottuman sisällä ilman rautatieliikenteestä aiheutuvaa haittaa. Liikennekatkot pyritään järjestämään mahdollisuuksien mukaan viikonloppuisin tai pyhäpäivinä, sillä matkustajaliikenteelle aiheutuva häiriö on tällöin mahdollisimman pieni. Liikennekatkojen pituus vaihtelee paljolti työn vaativuuden ja laajuuden mukaan, mutta yleisimmät katkot ovat 5-24 tunnin mittaisia. Tässä ajassa työ tulee saada suoritettua siten, että raide on liikennöitävässä kunnossa jälleen katkon loputtua. Esimerkiksi ratakatkoissa tehtävät sillan siirrot, tai uuden raiteen yhdistäminen vanhaan olemassa olevaan raiteeseen vaativat huomattavasti pitemmän katkon, kuin rikkoutuneen kiskon vaihtotyö. Rakennuslehden artikkelissa (2012) annetaan esimerkki massiivisesta Helsingin kalasatamassa tunkkaamalla siirretystä metro sillasta, jonka pituus on 130 metriä ja tunkattava matka 17,5 metriä. Tämä sillan siirto vaati yhdeksän päivän työraon. Muita liikennekatkoissa tehtäviä töitä ovat esimerkiksi massanvaihdot sekä vaihteiden ja rumpujen vaihtotyöt. Liikennekatkossa tehtävä työ tulee suunnitella, niin että kaikki katkon aikana tehtävät työt tulevat tehdyksi, sillä katkoja ei ole saatavilla lisää.

Liikennekatkot voivat olla myös totaalikatkoja ja kestää huomattavasti pidempään kuin aikaisemmin mainittu. Esimerkiksi RU1 Järvenpään aseman lisäraidetyömaalla täytyi raideliikenne pysäyttää kokonaan 1. raiteelta, jotta vanha laituripysäyttiin purkamaan, rakentamaan uusi lisäraide ja rakentamaan uusi laituripysäyttiin. Mikään näistä työvaiheista ei olisi ollut mahdollista lyhyissä työkatkoissa ja siksi totaalikatko kesti noin 3,5 kk. Raiteen sulkeminen pitkäksi aikaa oli mahdollista vain, koska työ sijaitsi asemalla ja liikenne pystyttiin ohjaamaan muita raiteita käyttäen.

4.2 Jännitekatko

Jännitekatkolla tarkoitetaan sähkölaitteiston tietyn osan tekemistä jännitteettömäksi, jännitekatkoa ja ratakatkoa ei tule sekoittaa toisiinsa, sillä ratatyö ei välttämättä vaadi jännitekatkoa eikä jännitekatko ratatyölupaa, mikäli pysytään suojaulottuman etäisyydellä jännitteellisistä rakenteista eikä niihin tehdä muutoksia (LIITE 1).

Jännitekatkoa ei esimerkiksi vaadita, kun tehdään sellaisia koneellisia töitä kiskoilta, jotka eivät vaikuta jännitteellisiin rakenteisiin, koska työkoneissa täytyy olla tarkastettu ja toiminnassa oleva nostokorkeuden rajoitin. Tällä nostokorkeuden rajoittimella pystytään ehkäisemään koneen osuminen ajolankoihin edes vahingossa. Mikäli tehdään esimerkiksi massanvaihtoa ratalinjalle, tulee jännitekatko ottaa, sillä massanvaihtoa suorittavilta työkoneilta ei vaadita nostokorkeuden rajoittimia ja on mahdollista, että työkoneen jokin osa osuu jännitteellisiin rakenteisiin.

4.3 Suunnitelmat

4.3.1 Ratatyölupiin vaadittavat suunnitelmat

Koneellisesti tehtävä ratatyö vaatii liikennekatkon kyseiselle rataosuudelle, jolla työtä tehdään. Liikennekatkojen suunnittelu alkaa kapasiteettivarauksella, jossa liikenteenohjaajat sekä rataverkon haltija kokoontuvat neuvottelemaan mahdollisista junien korvaavista reiteistä sekä mahdollisuudesta kuljettaa matkustajia toisilla kulkuvälineillä. Kapasiteettivarauksen suunnittelussa määritellään työlle vaadittu aika ja sopiva ajankohta työn suorittamiselle. Useasti nämä sijoittuvat niihin ajankohtiin, kun matkustajaliikenne on vähimmillään eli viikonlopuille ja juhlapyhille, joka luo haasteita työtä suorittavalle urakoitsijalle kustannusten muodossa (Aaltonen 2019).

4.3.2 Ratatyöluviin vaaditut suunnitelmat ja ilmoitukset

Kapasiteettivaruksen jälkeen ennen ratatyöluviin myöntämistä urakoitsijalta edellytetään:

- Ratatyöluvista laaditaan JETI- järjestelmään ennakoilmoitus noin kolme viikkoa ennen töiden aloitusta, jonka liikennesuunnittelu hyväksyy.
- Urakoitsijan täytyy osallistua viikoittaiseen ratatyöpalaveriin kolme viikkoa ennen ratatyötä, missä käsitellään JETI- ennakoilmoitukset ja yhteensovitetaan työt.
- Hyväksytty RT-ilmoitus tulee lähettää liikenteenohjaukseen, vaikka juuri ennen töiden aloittamista, mutta suositeltavaa on, että ilmoitus lähetetään tarkastettavaksi vähintään vuorokausi ennen töiden aloittamista (Kutuniva 2019).

4.3.3 Työsuunnitelmat

Tilaaajalle ja liikenteenohjaukselle täytyy lähettää työstä suunnitelmat, joista selviää turvallisen työskentelyn, sekä työn aikataulussa pysymisen periaatteet, sekä miten riskeihin ja häiriötilanteisiin ollaan varauduttu.

Urakoitsijan tulee toimittaa seuraavat dokumentit turvallisuuteen sekä työn suoritukseen liittyen:

- Töitä koskevat työ-, laatu- ja turvallisuussuunnitelmat tulee olla hyväksytyinä (LIITE 2).
- Tilaaajan kanssa suoritettu turvallisuuden aloituspalaveri, sekä tilaaajan hyväksymä turvallisuus- ja riskidokumentaatio.
- Mikäli tehdään muutoksia turvalaitteisiin, täytyy tehdä ja hyväksyttää liikenteenohjauksella rautatieliikenteen turvallisuussuunnitelma, joka tulee toimittaa 2-3 viikkoa ennen töitä hyväksyttäväksi. (Kutuniva 2019).

Näiden suunnitelmien lisäksi urakoitsija tekee itselleen hyödylliseksi näkemiään työvaiheen toteutussuunnitelmia, joista selviää myös aikataulu, jolla työ suoritetaan. Aikataulun tulee olla tarpeeksi tarkka, jopa minuuttiaikataulu, josta pystytään selkeästi tarkastelemaan työn suoritusta työvaiheiden aikana ja tekemään

muutoksia, mikäli havaitaan suoritteiden jäävän jälkeen ennakkoon suunnitellusta aikataulusta.

4.4 Liikennekatkojen tehokkuus

Liikennekatkoihin tehtävät suunnitelmat ja strategiat ovat avain työn tehokkuuteen. Siksi näitä suunnitelmia tehdäänkin jo kauan ennen työn varsinaista ajankohtaa, jotta pystytään varmistumaan siitä, että työ tulee tehtyä annetussa ajassa ja urakoitsijan kannalta järkevästi. Töiden suunnittelussa käydään vuoropuhelua aliurakoitsijoiden kesken, jotka ovat keskeisessä asemassa työn suorittamiseen. Vuoropuhelulla pystytään osallistamaan ja sitouttamaan työtä tekevä porras heidän työn tehokkuutensa arvioituihin määriin. Liikennekatkoihin osallistuvalla työvoimalla on suuri merkitys työn onnistumiselle ja siksi työhön pyritään valitsemaan mahdollisimman motivoitunutta ja työlleen omistautunutta työvoimaa. Työvoiman valinnalla on suuri merkitys, sillä tällöin työnjohdolla ja työn suunnittelijoilla on huomattavasti helpompaa saada työ onnistuneesti tehtyä (Aaltonen 2019).

4.5 Kustannustehokkuus

Yliresursointi on yksi liikennekatkojen välttämättömistä paheista, sillä se tuottaa ylimääräisiä kustannuksia työlle. Yliresursointia joudutaan tekemään monesta erisyystä, sillä: pyritään maksimoimaan mahdolliset työsuoritteet ja minimoimaan kaluston rikkoutumisesta, tai työntekijän sairastumisesta aiheutuvat kustannukset. Kuitenkaan nämä kustannukset eivät ole suuria liikennekatkon epäonnistumiseen verrattuna, sillä viivästymissakot ovat useasti suuret, riippuen kuitenkin rataosan vilkkaudesta. Liikennekatkon epäonnistuminen tarkoittaa sakkojen maksamisen lisäksi myös mahdollisia korvauksia kolmansille osapuolille, joille raideliikenne on välttämätöntä, näitä kolmansia osapuolia ovat esimerkiksi satamat ja tehtaajat (Aaltonen 2019).

5 RATAKATKOJEN LEAN-ELEMENTIT

5.1 Tilaajan arvot

Suomessa liikennekatkoja toteutetaan pääsääntöisesti valtion rataverkolla, joka tarkoittaa, että tilaajana on julkinen hankkija. Julkiselle hankkijalle pätee hankintalain mukaiset hankintaperusteet. Tästä johtuen yleisin hankintaperuste on hinta, mutta joissain urakoissa tilaaja voi käyttää hankintamenettelynä myös laadun ja hinnan yhdistelyä. Mikäli tilaaja käyttää myös laatua hankinnassaan, tarkoittaa se urakoitsijan henkilöstön kokemuksen vertailua vastaavissa hankinnoissa (Hinttala 2019).

Yksityisellä rataverkolla tehtävät työt poikkeavat julkisen tilaajan hankinnoista, sillä yksityinen hankkija voi tilata työtä millä hankintaperusteella tahansa. Tämä kuitenkin vaatii sen, ettei hankkeeseen käytetä yli 50% julkista rahaa, jota yksityiset hankkijat pystyvät hakemaan muun muassa valtiolta suurten hankkeiden investointeihin. Kuitenkin yksityisenkin tilaajan hankintaperusteena on yleensä halvin hinta, sillä työsuorite on jokaisella urakoitsijalla sama. Tilaajan arvoiksi voidaan siis luetella halpa hinta, hyvä laatu sekä nopea läpimenoaika. Nämä kolme tekijää ovat niitä, joita urakoitsijoiden tulisi parhaansa mukaan tavoitella (Hinttala 2019).

5.2 Hukka

Liikennekatkoissa esiintyy monenlaista hukkaa, joka ei nosta tuotteen arvoa tilaajan näkökulmasta, mutta on silti pakollista työn onnistumisen kannalta. Liikennekatkojen vaatima suuri määrä ennakkosuunnitelmia ei nosta tuotteen arvoa, vaan tehty työ on ainoastaan merkityksellinen. Tehdyllä työllä tarkoitetaan esimerkiksi massanvaihtoa, sillan siirtoa tai vaihteen vaihtoa. Töiden suunnittelu ei nosta tuotteen arvoa tilaajan näkökulmasta, sillä se aiheuttaa lisäkustannuksia tuotteeseen (Hinttala 2019).

Ennen virallista ratakatkoa esiintyvää hukkaa on myös materiaalien ja työvälineiden siirtely paikalle, jossa työ suoritetaan (Kuva 11). Kuvasta nähdään ratalinjalle

jo valmiiksi tuodut eristelevyt, raidesepeleli sekä EV-sora. Ilman näiden materiaalien olemista oikeissa paikoissaan ratalinjalla ei liikennekatkoa pystytä suorittamaan tehokkaasti aikataulussa. Kuitenkin tehokkaampaa olisi, jos materiaalit saataisi kuljetettua suoraan rakenteeseen, ilman turhaa välivarastointia.



KUVA 11. Liikennekatkon valmistelutöitä, jossa ratalinjalle on tuotu eristelevyt, raidesepeleli sekä EV-sora.

Maa-aineksia siirreltäessä ja välivarastoitaessa esiintyy siinä aina hukkaa, joka aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia rakentamiseen. Välivarastoinnilta on erityisen haastavaa välttyä maastossa mihin ei ole rakennettu huoltoteitä, vaan materiaalien kuljettaminen tapahtuu ainoastaan raiteita pitkin. Materiaalien tuonti suoraan kohteeseen kuljetuskalustolla on myös haastavaa, sillä maaperä ei yleensä ole tarpeeksi kantavaa raskaille ajoneuvoille, vaan joudutaan käyttämään vaikeassa maastossa kulkevaa kalustoa, johon tavara täytyy vielä erikseen kuormata.

5.3 Virtaustehokkuus

Liikennekatkot ovat virtaustehokkuudeltaan erinomaisia, sillä työtä pyritään suorittamaan mahdollisimman paljon lyhyessä ajassa. Täten tuotteen eli tässä tapauksessa työsuorituksen läpimenoaika on minimoitu. Virtaustehokkuuteen vaikuttaa suurelta osin työn suunnittelu ja ennakkotyöt, kuten kaluston ja materiaalin sijoittelu työmaalla oikeaan paikkaan sekä yliresursointi. Yliresursoinnilla pyritään saamaan työstä mahdollisimman virtaustehokasta ja varautumaan resurssien,

kuten työkoneiden rikkoutumiseen tai työntekijän sairastumiseen. Virtaustehokkuutta pyritään painottamaan liikennekatkoissa, koska työvuoroja on vain rajallinen määrä ja lyhytkestoisessa työssä työn aloittaminen ja lopettaminen ovat aina aikaa vieviä tapahtumia.

5.3.1 Virtaustehokkuuden hyödyt ja haitat

Virtaustehokkuudella saavutetaan resurssien nopeampaa vapautumista seuraaviin työvaiheisiin tai työmaihin. Tämä mahdollistaa useampien hankkeiden toteuttamisen samassa ajassa mihin on aikaisemmin mennyt enemmän aikaa. Resurssien vapautuminen kuitenkin tapahtuu työmaiden yliresursoinnin kustannuksella, joka osaltaan aiheuttaa kustannuksia ja voi pilata virtaustehokkuudesta saadut hyödyt.

5.4 Resurssitehokkuus

Vaikka ratakatkoissa tehtävissä töissä on käytössä ylimääräisiä resursseja, pyritään näitä resursseja käyttämään sellaisissa työvaiheissa, joista ne ovat siirrettävissä toiseen työhön tarpeen tullen. Näin saadaan työ etenemään entistä nopeammin ja pienennettyä tuotteen läpimenoaikaa entisestään. Resurssien maksimaalinen hyödyntäminen on yritykselle kannattavaa ja suotavaa sillä ne maksavat vaikka eivät tekisikään työsuoritetta.

5.4.1 Resurssitehokkuuden hyödyt ja haitat

Yleisesti työmailla käytössä oleva toimintatapa on resurssitehokasta, jolloin kaikki resurssit pyritään pitämään työllistettyinä mahdollisimman suurella käyttöasteella. Tämä mahdollistaa kulujen karsimisen ylimääräisistä resursseista, mutta tuo haavoittuvuuden sillä rikkoutuvan työkoneen tai sairastuvan työntekijän paikalle ei ole korvaajaa, vaan työt jäävät helposti tekemättä.

5.5 Lean-elementit

Ratakatkot voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen, jolloin pystytään tarkastelemaan lean-elementtejä eri ratakatkon vaiheissa. Näitä alueita ovat lean-elementit ennen ratakatkoa, ratakatkon aikana ja sen jälkeen. Näistä osa-alueista on helposti havaittavissa erilaisia mahdollisuuksia, joita pystytään tuomaan infra-rakentamiseen.

Ratakatkon ulkopuolella tapahtuvat työt mahdollistavat ratakatkojen aikana tapahtuvan leanin toiminnan, jossa jokainen yksikkö pystyy toteuttamaan vain sille tarkoitettua työtä. Työskentely ratakatkoissa helpottuu näiden avustavien töiden johdosta esimerkiksi, eristemateriaalien vienti jo valmiiksi kohteeseen ennen varsinaista katkoa auttaa välttämään turhaa etsiskelyä ja kuljettamista, joita voidaan kuvitella ratakatkon hukkana. Kuitenkin näiden materiaalien vienti ratalinjalle on kokonaisuutta ajatellen hukka, sillä ne täytyy erikseen siirtää sinne. Tästä johtuen on tärkeää eritellä ratatyöskentelyn eri vaiheet omiksi osa-alueikseen.

5.5.1 Ennen ratakatkoa

Ratakatkoa edeltää suunnitteluvaihe, jossa suunnitellaan koko ratakatkossa tapahtuva toiminta. Suunnittelun tarkoituksena on huomata kaikki mahdolliset ongelmakohdat, joita ratakatkossa voi esiintyä ja niihin ongelmiin pyritään puuttumaan etukäteen. Ennakkoon tapahtuva ongelmiin puuttuminen helpottaa työtä, sillä ongelmatilanteisiin on valmiina ratkaisut eikä niitä tarvitse alkaa pohtimaan enää työn kriittisessä vaiheessa. Suunnitteluvaiheessa käydään suunnitelmat läpi mahdollisimman monen työhön osallistuvan tahon kanssa.

Ennen ratakatkoa tarvittavat materiaalit kuljetetaan väliavarastoihin, työvälineet siirretään tarvittaviin paikkoihin sekä työkonet sijoitellaan oikeisiin paikkoihin, jotta työn aloittaminen veisi mahdollisimman vähän aikaa.

5.5.2 Ratakatkon aikana

Ratakatkojen aikana liikkeen ja ylimääräisen siirtelyn täytyy olla mahdollisimman minimaalista, tästä johtuen resurssien oikea sijoittelu työmaalla on tärkeää, ja on

yksi suurimmista tekijöistä ratakatkojen tehokkuuden kannalta. Katkon aikana pyritään toteuttamaan vain tilaajalle arvoa tuottavaa työsuoritetta ja minimoimaan ylimääräiset työvaiheet.

Ratakatkon aikana huomattavia ongelmatilanteita pyritään ehkäisemään ennakkosuunnittelulla, mutta aina se ei ole mahdollista. Ongelmatilanteisiin puuttuminen on haastavaa katkojen aikana ajan rajallisuudesta johtuen. Mikäli ongelmatilannetta ei pystytä ratkaisemaan täytyy työ keskeyttää ja toteuttaa uudessa katkossa. Tästä aiheutuvat kustannukset ovat kuitenkin suuret, joten ongelmatilanteet pyritään mahdollisuuksien mukaan korjaamaan välittömästi sen havainnoinnin aikana.

5.5.3 Ratakatkon jälkeen

Kaikki työvaiheet, jotka ovat mahdollista tehdä ratakatkojen ulkopuolella pyritään siirtämään sinne. Tällä mahdollistetaan mahdollisimman suuri työteho ratakatkon aikana tehtävälle työlle, sillä ylimääräiset vaiheet on karsittu pois. Useasti katkojen ulkopuolelle jätettäviä töitä ovat turvamiehen turvaamana tehtävät työt, jolloin työkoneita ei tarvitse käyttää rataosalla.

5.6 Yhteenveto

Ratakatkoista löytyviä lean-elementtejä on erilaisia. Kuitenkin tarkasteltaessa pelkkää ratakatkon aikana tapahtuvaa työskentelyä on työsuorite tehty mahdollisimman kapeaksi, jolloin suoritettava työmäärä on pystytty maksimoimaan. Jos taas tarkastellaan ratatyötä kokonaisuudessaan, on työssä paljon ylimääräistä hukkaa, kuten tavarantoimitusten välivarastointia, ylimääräistä liikettä, odottamista ja kuljetamista.

6 LEAN-ELEMENTIT INFRARAKENTAMISESSA

6.1 Ratakatkon ja infrarakentamisen erot

Ratakatkoissa ja infrarakentamisessa on erilaisia työvaiheita ja toimintatapoja, jotka vaikeuttavat niiden keskinäistä vertailua. Kuitenkin samanlaisia työtehtäviä löytyy esimerkiksi massanvaihtotöistä, johon työssä paneudutaan seuraavaksi. Massanvaihtotöitä tarkasteltaessa tarkoituksena on vertailla yhtä pitkän massanvaihtotyön työvaiheita rautateillä ja kadulla.

Ratakatkoa ennen työalueelle on täytynyt tuoda vaihdettavat materiaalit kuten eristys ja välikerrosmateriaalit sekä sepeli. Näiden materiaalien välivarastoinnista johtuva materiaalihukka aiheuttaa merkittäviä kustannuksia ratakatkoyöskenteleyn, sillä niiden kuljetus suoraan kohteeseen on mahdotonta ratakatkojen aikataulun puitteissa. Lisäksi oman haasteensa asettaa radan varteen tulevien huoltoteiden tila sekä niiden huono kunto.

Ratakatkoa edeltävät työvaiheet

1. Työvaiheiden suunnittelu
2. Huoltotien rakentaminen radan varteen (mikäli ei olemassa)
3. Rakennusmateriaalien välivarastointi
4. Raiteen ankkurointi
5. Kiskojen katkaisu

Ratakatkossa tehtävät työvaiheet

1. Raiteen purkaminen
2. Raidesepelin poisto radan sivuun
3. Routaeristysten poisto
4. Eristys ja välikerroksen poisto radan sivuun
5. Suodatinkankaan asentaminen
6. Routaeristysten asentaminen
7. Eristys- ja välikerrosmateriaalin tuominen välivarastosta kohteeseen
8. Eristys- ja välikerrosmateriaalin levitys
9. Eristys- ja välikerrosmateriaalin tiivistäminen kerroksittain
10. Tukikerroksen pohjan tasoittaminen kv -55cm

11. Raidesepelin tuominen välivarastosta kohteeseen
12. Raidesepelin levitys
13. Raidesepelin tasoittaminen ratapölkkyjen alapintaan asti
14. Raiteen asennus
15. Raiteen sepelöinti
16. Raiteen tukeminen
17. Raiteen jälkisepelöinti

Ratakatkon jälkeiset työvaiheet

1. Poistettujen rakennemateriaalien lastaus
2. Poistettujen rakennemateriaalien kuljetus pois
3. Ympäristön palauttaminen alkuperäiseksi

Kadulle tehtävä massanvaihto

1. Työvaiheiden suunnittelu
2. Mahdolliset liikennejärjestelyt
3. Päällysteen poisto ja lastaus
4. Päällysteen kuljetus vastaanottopisteeseen
5. Rakennekerrosten poisto ja lastaus
6. Rakennekerrosmateriaalien vastaanotto kohteeseen
7. Rakennekerrosmateriaalien levitys
8. Rakennekerrosmateriaalien tiivistys kerroksittain
9. Uudelleen päällystäminen

Ratakatkoissa tehtävää työtä pyritään toteuttamaan mahdollisimman suurelta osin ratakatkojen ulkopuolella tehtävänä työnä. Se aiheuttaa työvaiheiden tekemistä moneen kertaan, esimerkiksi kun verrataan ratakatkossa tehtävää massanvaihtoa kadulle tehtävään, huomataan että materiaaleja joudutaan käsittelemään useaan kertaan. Materiaalien käsittely useaan kertaan aiheuttaa kustannuksia niin resursseissa, kuin myös hukkana, sillä välivarastoitua materiaalia ei saada hyödynnettyä samalla käyttöasteella kuin suoraan rakenteeseen kippaamalla.

Materiaalien hävikkiä ja uudelleenlastauksia pyritään välttämään monilla eri tavoilla, esimerkiksi raiteesta poistettavia rakennusmateriaaleja pyritään käyttä-

mään mahdollisimman suurelta osin ratapenkan levennyksessä, vastapenkeissä tai huoltoteissä. Kun materiaali käytetään sen poistokohteen läheisyydessä, pystytään silloin välttymään turhilta kuljetuskustannuksilta sekä parantamaan yleisesti ratapenkereen toimivuutta.

6.2 Lean-elementit

Ratakatkoista hyödynnettäviä lean-elementtejä ovat erilaiset minimoivat tekijät, joilla pyritään työn suorittamista ja tehokkuutta parantamaan. Kun verrataan lean-ajattelun hukkia (Taulukko 1) ja ratakatkoissa löytyviä tehokkuustekijöitä pystytään taulukosta poimimaan ne tekijät, joiden ansiosta ratakatkoissa tapahtuva työskentely on tehokasta. Taulukossa 2 on esitelty Merikallion ja Haapasalon hukan kategorioihin pohjautuen ratakatkoissa esiintyvät lean-elementit:

TAULUKKO 2. Ratakatkoissa esiintyvät lean-elementit

Hukan kategoriat	Esimerkkejä
Liike	Ratakatkon aikana liikkeiden tulee olla mahdollisimman minimaaliset ja työvälineiden sekä materiaalien oikeassa paikassa.
Virheet	Virheet ja ongelmatilanteet tulee ottaa huomioon työtä suunniteltaessa ja niihin tulee varautua, jotta reagointi näihin olisi mahdollisimman yksinkertaista ja nopeaa
Prosessointi	Työvaiheiden suunnittelu tulee olla johdonmukaista ja se tulee toteuttaa työn suorittavan henkilöstön läsnä ollessa Työtä suorittaville resursseille tulee antaa mahdollisimman yksinkertaiset työvaiheet, jolloin työ on standardisoitua
Odottaminen	Resurssien lisääminen sellaisiin työvaiheisiin, jotka aiheuttavat pullonkaula ilmiötä.
Kuljettaminen	Ylimääräisten kuljetukset työvaiheista tulee pyrkiä poistamaan
Informaatio	Työn ohjeistus tulee olla selkeää ja yksilöityä, jolloin virheiden määrää pystytään vähentämään

Näillä tekijöillä pystytään vaikuttamaan työn tehokkuuteen ja sujuvuuteen ratakatkoissa ja ne ovat myös sovellettavissa infrarakentamiseen.

6.3 Lean-elementtien soveltaminen infrarakentamisessa

Lean-elementtien hyödyntäminen infrarakentamisessa, kuten ratakatkojen tehokkuuden maksimoinnissa lähtee liikkeelle prosessoinnista. Prosessoinnissa esimiehen rooli tulee erityisesti näkyviin, sillä esimiehen täytyy roolinsa puolesta suunnitella infrarakentamisen työvaiheet selkeästi sekä johdonmukaisesti sekä niin, että työntekijät pystyvät annettujen ohjeiden puitteissa tekemään työnsä. Esimiehen täytyy keskittyä siihen, että työvaiheiden määrittely on mahdollisimman yksinkertaistettua, jotta työ on standardisoitua ja näin työntekijöiden on helpompaa toteuttaa työtehtäviä samaan kaavaan pohjautuen. Työntekijöiden totuudessa standardisoituihin työvaiheisiin, tehostuu heidän työnsä tekeminen huomattavasti; näin prosessointi lean-elementtinä selkeyttää työntekijöiden toimenkuvaa sekä tehtävien kuvaa infrarakentamisessa.

Prosessointiin kytkeytyy infrarakentamisessa vahvasti myös informaatio. Informaation täytyy kulkea esimiehen sekä työntekijän välillä horisontaalisesti sekä vertikaalisesti, jotta lean-elementtejä hyödynnetään kokonaisuudessaan. Tämä tarkoittaa sitä, että informaation tulee kulkea esimieheltä työntekijälle ja toisinpäin sekä informaation tulee kulkea työntekijöiden kesken sekä muiden esimiesten sekä työnjohtajien kesken sujuvasti. Informaatiolla infrarakentamisessa tarkoitetaan kuitenkin erityisesti sitä, että työn ohjeistukset täytyy olla selkeät sekä kommunikoinnin tulee tapahtua yksilöidysti, koska jokainen henkilö ottaa informaatiota vastaan eri tavoilla. Selkeän kommunikoinnin avulla vähennetään infrarakentamisessa virheiden määrää, jossa myös kommunikoinnin horisontaalisuus ja vertikaalisuus korostuvat.

Liike, odottaminen ja kuljettaminen kulkevat käsi kädessä, kun niitä hyödynnetään infrarakentamisessa. Ylimääräistä liikettä tulee pyrkiä vähentämään resurssien oikean sijoittelun avulla. Resurssien oikeaa sijoittelua voidaan peilata suoraan ratakatkoihin, sillä jokaiselle resurssille on annettu oma paikkansa mitä sen tulee hoitaa. Ylimääräisten liikkeiden poistaminen kytkeytyy vahvasti myös ylimääräisten kuljetuksien poistamiseen. Kun ylimääräisiä liikkeitä poistetaan, niin

luonnollisesti myös tarvittavat kuljetukset minimoidaan, esimerkiksi työmaalle saapuvan materiaalin purkupaikkojen sijoittelulla on suuri merkitys työmaan tehokkuuden kasvattamisessa. Odottaminen kytkeytyy infrarakentamisessa usein tällaisiin vaiheisiin, joissa materiaalit tai työvälineet eivät ole saapuneet työmaalle tai ovat väärässä paikassa. Kun pyritään välttämään odottamista, niin pullonkaulailmiö poistuu eli resurssit saadaan sijoitettua virtaustehokkaasti seuraaviin työtehtäviin.

Virheiden minimointi infrarakentamisessa kytkeytyy myös vahvasti työn suunnitteluun. Erilaiset ongelmatilanteet, kuten kaluston rikkoutuminen tai rakenteiden toimimattomuus aiheuttavat suuria ongelmia ajallisesti sekä rahallisesti, jos niitä ei ole pyritty huomioimaan suunnittelussa. Mahdollisia virheitä sekä ongelmakoh-
tia tulee myöskin pohtia virheen sattumisen kannalta, jotta niihin pystytään reagoimaan mahdollisimman nopeasti.

Esimiehen rooli korostuu myös tässä tehtävässä, sillä työntekijöiden luottamus esimieheen vahvistuu, mikäli hän osaa toimia ongelmatilanteissa luontevasti sekä tehokkaasti.

7 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Ratakatkoista löytyvien lean-elementtien vertailu normaaliin infrakohteeseen on haastavaa, sillä rakentamistavat, aikataulut ja vaateet ovat molemmissa erilaisia. Kuitenkin kun tarkastellaan pelkkää ratakatkoissa tehtävää työtä, voidaan ratakatkojen tehokkuudesta löytää hyviä tapoja, joita infrarakentamisessa pystytään soveltaen hyödyntämään.

Ratakatkojen tehokkuus perustuu laajalta osin raskaaseen työsuunnitteluun, josta infrarakentamiseen pystyttäisi ottaa oppia. Raskaan työsuunnittelun tarkkuus helpottaa työmaan aikataulujen tarkkaa noudattamista, sekä helpottaa kaikkien yksiköiden työskentelyä. Työsuunnittelun tarkoituksena on vähentää hukkaa kaikilta osin, jolloin työsuoritteesta saadaan mahdollisimman suuri työteho irti sekä materiaalien turha siirtely jää minimaaliseksi.

Leanin käyttö infrarakentamisessa on nykyisellään vähäistä ja tutkimuksen tarkoituksena onkin etsiä hyviä käytäntöjä Leanin näkökulmasta ratakatkoissa tapahtuvasta työskentelystä. Lean on todettu monissa rakentamisen osa-alueissa hyödylliseksi toimintajärjestelmäksi, sen muuttaessa työmaan henkilöstön sekä toimittajien ajattelutapaa. Leanin on myös tutkittu vähentävän työmailla tapahtuvaa hukkaa, jonka johdosta kustannuksia ja töiden aikatauluja on pystytty parantamaan.

Lean on rakennettu autoteollisuuteen ja sen kautta tilaajaksi valikoituu yksityinen henkilö, infrarakentamisessa tilaajan roolissa toimii taas yleisesti julkinen hankkija. Yksityinen henkilö pystyy tekemään hankintapäätöksen erilaisilla perusteilla kuin julkinen hankkija, sillä yleisesti julkisissa hankinnoissa tuotteen hinta on ratkaisevana tekijänä. Tästä johtuen tuotannon tulee olla mahdollisimman tehokasta eikä resursseja pystytä tuhlaamaan, sillä ne kuluttavat urakan hinnan katetta, eikä se ole ideaali tilanne. Mikäli haluttaisiin infrarakentamisessa, että työ olisi virtaustehokasta, tulisi työn hankintaperusteet muuttua suosimaan hinnan lisäksi muita tuotteen arvoa nostavia tekijöitä, kuten laatua tai työn nopeutta.

LÄHTEET

Aaltonen, V-M. Työpäällikkö. 2019. Haastattelu 21.2.2019. Haastattelija Suorsa, V. Tampere

Hinttala, J. Työpäällikkö. 2019. Haastattelu 28.2.2019. Haastattelija Suorsa, V. Tampere

Howell, Gregory A. 1999. What is Lean construction. Seventh Annual Conference of the International Group for Lean Construction, IGLC-7, Berkeley, USA.

Kutuniva, I. Projektipäällikkö. 2019. Ratakatkoihin liittyvät suunnitelmat. Sähköpostiviesti. Luettu 25.2.2019.

Liikennevirasto 2002. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 11, Radan päällysrakenne. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf4/rato_11_radan_paallysrakenne.pdf. Luettu 1.2.2019

Liikennevirasto, 2016. Sähkörataohjeet. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf. Luettu 20.1.2019.

Liikennevirasto, 2018. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 3, Radan rakenne. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-13_rato3_web.pdf. Luettu 18.1.2019.

Liikennevirasto, 2018. Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6, Turvalaitteet. https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2014-07_rato6_web.pdf. Luettu 20.1.2019.

Liikennevirasto, 2018. Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO). https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2018-07_turo_web.pdf. Luettu 26.1.2019.

Liikennevirasto, 2018. Valtion rataverkon haltijan osaamis- ja pätevyysvaatimukset. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-39_osaamis_patevyysvaatimukset_web.pdf. Luettu 28.1.2019.

Liikennevirasto, 2018. RATO 1 Yleiset perusteet. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-31_rato1_web.pdf. Luettu 28.1.2019.

Merikallio, L. & Haapasalo, H. 2009. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. Espoo: LCI Finland.

Modig Niklas & Åhlström Pär 2018: Tätä on lean, ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Tukholma: Rheologia publishing

Rakennuslehti, 2012. Metrorata katkeaa ja silta siirtyy kalastamassa. <https://www.rakennuslehti.fi/2012/06/metrorata-katkeaa-ja-silta-siirtyy-kalasatamassa/>. 3.2.2018

LIITTEET

Liite 1. Ratatyön suojauslittuma Liikennevirasto 2016, Sähkörataohjeet

