



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL  
INSENERITEADUSKOND  
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

**TEHNOLOOGILISTE VAHEAEGADE KAVANDAMINE  
EESTI RAUDTEE INFRASTRUKTUURI  
INVESTEERIMISPROGRAMMI ELLUVIIMISEL**

**RAIL POSSESSION PLANNING UNDER  
IMPLEMENTATION OF THE PROGRAM OF  
INFRASTRUCTURE INVESTMENT FOR ESTONIAN  
RAILWAY**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Tarvi Viisalu

Üliõpilaskood: 192185EALM

Juhendaja: Ott Koppel, PhD

Tallinn, 2022

## **AUTORIDEKLARATSIOON**

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

/kuupäev digiallkirjas/

Autor: Tarvi Viisalu

/allkirjastatud digitaalselt/

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

/kuupäev digiallkirjas/

Juhendaja: Ott Koppel

/allkirjastatud digitaalselt/

Kaitsmisele lubatud

/kuupäev digiallkirjas/

Kaitsmiskomisjoni esimees: Jelizaveta Janno

/allkirjastatud digitaalselt/

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, **Tarvi Viisalu** (sünnikuupäev: 13.02.1978)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose **Tehnoloogiliste vaheaegade kavandamine Eesti Raudtee infrastruktuuri investeerimisprogrammi elluviimisel,**

mille juhendaja on **Ott Koppel,**

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

---

*<sup>1</sup>Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

/allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas/

# LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

**Üliõpilane:** Tarvi Viisalu, 192185EALM

Õppekava, peeriala: EALM02/18 Logistika, liikuvuskorraldus

Juhendaja: Ott Koppel, Tallinna Tehnikaülikooli mehaanika ja tööstustehnika instituut, ott.koppel@taltech.ee

## Lõputöö teema:

**Tehnoloogiliste vaheaegade kavandamine Eesti Raudtee infrastruktuuri investeerimisprogrammi elluviimisel**

**Rail possession planning under implementation of the program of infrastructure investment for Estonian Railway**

## Lõputöö põhieesmärgid:

Välja selgitada Eesti oludele kohandatud lahendus, kuidas Eesti raudteevõrgul kavandada tehnoloogilisi vaheaegu optimaalselt ning rongiliiklust võimalikult vähe takistades

## Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Materjali kogumine erinevate meetodikate kohta, uurimismeetodi valik	13.05.21
2.	Teoreetilise materjali kogumine ja valmimine	09.07.21
3.	Ekspertintervjuude läbiviimine	29.10.21
4.	Metoodilise töö kirjeldamine	13.12.21
5.	Järelduste ja ettepanekute koostamine	27.12.21
6.	Magistritöö vormistamine	31.12.21

**Töö keel:** eesti

**Lõputöö esitamise tähtaeg:** 03.01.2022. a

**Üliõpilane:** Tarvi Viisalu

/allkirjastatud digitaalselt/

**Juhendaja:** Ott Koppel

/allkirjastatud digitaalselt/

**Programmijuht:** Jelizaveta Janno

/allkirjastatud digitaalselt/

# SISUKORD

EESSÕNA.....	7
SISSEJUHATUS.....	8
1. TEHNOLOOGILISED VAHEAJAD RAUDTEEHOIUTÖÖDEL.....	10
1.1. Raudteehoid raudteesüsteemis .....	10
1.2. Tehnoloogilised vaheajad .....	12
1.3. Tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine .....	14
1.4. Varasemad uuringud Eestis ja Euroopas.....	18
1.5. Raudteehoiu planeerimise ja ajastamise probleemid .....	20
2. LÄHTEÜLESANNE .....	24
2.1. AS Eesti Raudtee .....	24
2.2. Investeeringiprogramm .....	28
2.3. Probleemi struktureerimine .....	32
2.4. Uurimisküsimused .....	36
3. METOODIKA .....	39
3.1. Uurimisstrateegia.....	39
3.2. Andmeallikad.....	40
3.3. Modelleerimine .....	42
3.4. Poolstruktureeritud intervjuud .....	46
4. ANALÜÜS JA SÜNTEES.....	49
4.1. Intervjuude tulemused .....	49
4.2. Sekundaarandmete analüüs .....	51
4.3. Kasutustasu modelleerimise tulemused.....	55
4.4. Eesti oludesse kohandatud lahendus .....	58
4.5. Järeldused ja ettepanekud .....	60
KOKKUVÕTE.....	64
SUMMARY .....	66
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU .....	68
LISAD .....	72

Lisa 1. Tehnoloogiliste vaheaegade andmed 2020 .....	72
Lisa 2. Tehnoloogiliste vaheaegade andmed 2021 8 kuud .....	73
Lisa 3. Tehnoloogiliste vaheaegade tühistamise põhjused 2020 .....	74
Lisa 4. Saamata jäänud infrastruktuuri kasutustasu raudteehoiutöödel 2021 ....	75
Lisa 5. Tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsessi voog .....	76
Lisa 6. Tehnoloogilise vaheaja tellimise protsessi voog .....	77
Lisa 7. Tehnoloogiliste vaheaegade aastaplaan 2021 .....	78

# EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema on Tehnoloogiliste vaheaegade kavandamine Eesti Raudtee infrastruktuuri investeerimisprogrammi elluviimisel.

Uurimisprobleemiks oli, et kuigi on otsustatud mahuka investeerimisprogrammi elluviimine AS Eesti Raudtee infrastruktuuril, ei ole teada, kas ja kuidas investeeringutega seotud raudteehoiutööd mahutada liiklusgraafikusse. Magistritöö eesmärk oli välja selgitada Eesti oludele kohandatud lahendus, kuidas Eesti raudteevõrgul kavandada raudteehoiuks vajalikke tehnoloogilisi vaheaegu optimaalselt ja rongiliiklust võimalikult vähe takistades.

Lõputöö uurimisstrateegia oli juhtumiuuring, mis seisnes AS Eesti Raudtee kui Eesti suurima avaliku raudtee majandaja andmete analüüsis ja tulemuste hindamises, kas ja kuidas mahutada ambitsioonika ajakavaga investeeringute elluviimiseks vajaminevad raudteehoiutööd liiklusgraafikusse. Esitati mudel ja meetod, kuidas planeerida integreeritult raudteehoiutöid ja liiklusgraafikut. Samuti esitati ettepanekud, mida lahenduse rakendamiseks peaksid Eesti raudteesüsteemi osalised oma tegevustes muutma ja mida täiendama.

Lõputöö võib olla kasulik nii Eesti raudteesektori praktikutele kui ka teadlastele, kes soovivad selles huvitavas ja väljakutsuvas valdkonnas astuda täiendavaid samme.

Võtmesõnad: raudteeinfrastruktuur, investeeringud, tehnoloogilised vaheajad, liiklusgraafik, raudteehoiutööde planeerimine, magistritööd.

# SISSEJUHATUS

Kiirelt muutavas maailmas on kogu transpordisektor liikumas jätkusuutlikuma majandamise poole. Raudteetransport pakub suurt veomahtu ja suhteliselt madalat keskkonnamõju, kuid samas hästi toimiv raudteesüsteem eeldab tänapäevaste tehniliste allsüsteemide kasutuselevõttu ja nende laitmatut korrasolekut [34].

Vabariigi Valitsuse poolt on saanud rahastusotsuse mitmed suurprojektid, mis kuuluvad oma olemuselt kvaliteedistsenaariumisse ehk panustavad avaliku raudtee olemasoleva teenusekvaliteedi parendamisse [7]. AS Eesti Raudtee jaoks tähendab see, et strateegiliste eesmärkide saavutamiseks investeeritakse tema majandada olevasse avalikku raudteesse lähima kuue aasta jooksul ligi 700 miljonit eurot [3]. Lisaks ehitatakse alates 2022. aastast AS Eesti Raudtee infrastruktuur ümber Ülemiste ja Muuga raudteejaamades ning Ülemiste - Lagedi ja Lagedi - Muuga raudteelõikudel seoses Rail Baltic terminali ning raudtee rajamisega.

Investeeringiprogrammiga seotud raudteehoiutööd toimuvad tehnoloogilistes vaheaegades (nn akendes), mis vähendavad liiklusgraafikus rongide liikumiste arvu. Seega raudteehoiutööde märkimisväärne kasv ja samaaegselt riigipoolne ootus raudteevedude suurenemiseks muudavad raudteehoiu planeerimise ja liiklusgraafiku koostamise probleemid Eestis järjest kriitilisemaks ning väljakutset nõudvamaks.

Autor sõnastab käesoleva magistr töö probleemi, et kuigi on otsustatud mahuka investeeringiprogrammi elluviimine AS Eesti Raudtee infrastruktuuril, ei ole teada, kas ja kuidas ettenähtud ajaperioodil kõik investeeringutega seotud raudteehoiutööd mahutada liiklusgraafikusse.

Uurimisprobleemist lähtuvalt on lõputöö eesmärk välja selgitada Eesti oludele kohandatud lahendus, kuidas Eesti raudteevõrgul kavandada tehnoloogilisi vaheaegu optimaalselt ning rongiliiklust võimalikult vähe takistades.

Antud magistr töö peamised uurimisküsimused on järgnevad:

1. Milline on olemasolev raudteehoiutöödeks vajalike tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise protsess Eestis?
2. Millised on prioriteetsed kitsaskohad tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku kavandamise protsessis?



3. Milliseid optimeerimismeetodeid kasutatakse tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku planeerimisel?
4. Mida on vaja teha optimeerimismeetodite juurutamiseks Eestis?

Raudteehoiu ja liiklusgraafiku ühise planeerimise teemadel pole Eestis uurimistööd varem tehtud, samuti on ka mujal maailmas sellealast teematikat kajastatud vähe. Ajalooliselt on liiklusgraafiku koostamist käsitatud eelkõige rongiliiklusest lähtuvalt ning raudteehoiutööd on samal ajal jäänud tagaplaanile. Viimast vaatamata sellele, et raudteehoiu näol on rahaliselt tegemist märkimisväärsete summadega. Sellist traditsioonilist lähenemist, kus liiklusgraafiku koostamine on ülimuslik teetööde suhtes, praktiseeritakse tänaseni ka Eestis.

Magistritöö on jaotatud neljaks osaks. Esimeses peatükis tehakse teoreetiline ülevaade raudteehoiust raudteesüsteemis, tehnoloogilistest vaheaegadest ja nende planeerimisest. Tutvustatakse käesoleva uurimistöö teemaga seotud eelnevaid uuringuid Eestis ning teistes riikides. Samuti käsitatakse kontseptuaalset raamistikku, raudteesüsteemi elementide tihedat vastastikust sõltuvust ja eripärasid.

Töö teises osas iseloomustatakse Eesti suurima avaliku raudtee majandaja näitel raudteehoiu tehnoloogiliste vaheaegade kavandamise protsessi, tutvustatakse investeerimisprogrammi ja sellega kaasnevaid uusi probleeme ning püstitatakse uurimisülesanded. Lõputöö kolmandas osas esitab autor uurimistöös kasutatud uurimisstrateegiat ja -meetodeid. Lõputöö viimases, neljandas osas esitab autor läbi viidud intervjuude tulemused, tehnoloogilisi vaheaegu kirjeldava statistika, infrastruktuuri kasutustasu kulutundlikkuse näited ning annab probleemi uurimisküsimustele vastused. Tulemustele tuginedes teeb autor järeldused ja ettepanekud, pakkudes välja lahenduse, mis aitaks Eesti raudteevõrgul arendada ja tõhustada raudteehoiuks vajalike tehnoloogiliste vaheaegade kavandamist ning mida tuleb teha väljapakutud muudatuste elluviimiseks.

Autori arvates võib uurimistöö aidata raudteesüsteemi osalistel paremini mõista seost raudteehoiutööde kuluefektiivsuse ja raudteeinfrastruktuurile läbilaskevõime eraldamise vahel. Autor leiab, et lõputöö võib aidata kaasa jõupingutustele, kuidas arendada ja tõhustada raudteeinfrastruktuuri majandamist. Samuti on autor seisukohal, et uurimistöö võimaldab parandada raudtee majandaja – raudteehoiu töövõtja, ja raudteeveo-ettevõtja koostööd infrastruktuuri arendusprojektide elluviimisel.

# **1. TEHNOLOOGILISED VAHEAJAD**

## **RAUDTEEHOIUTÖÖDEL**

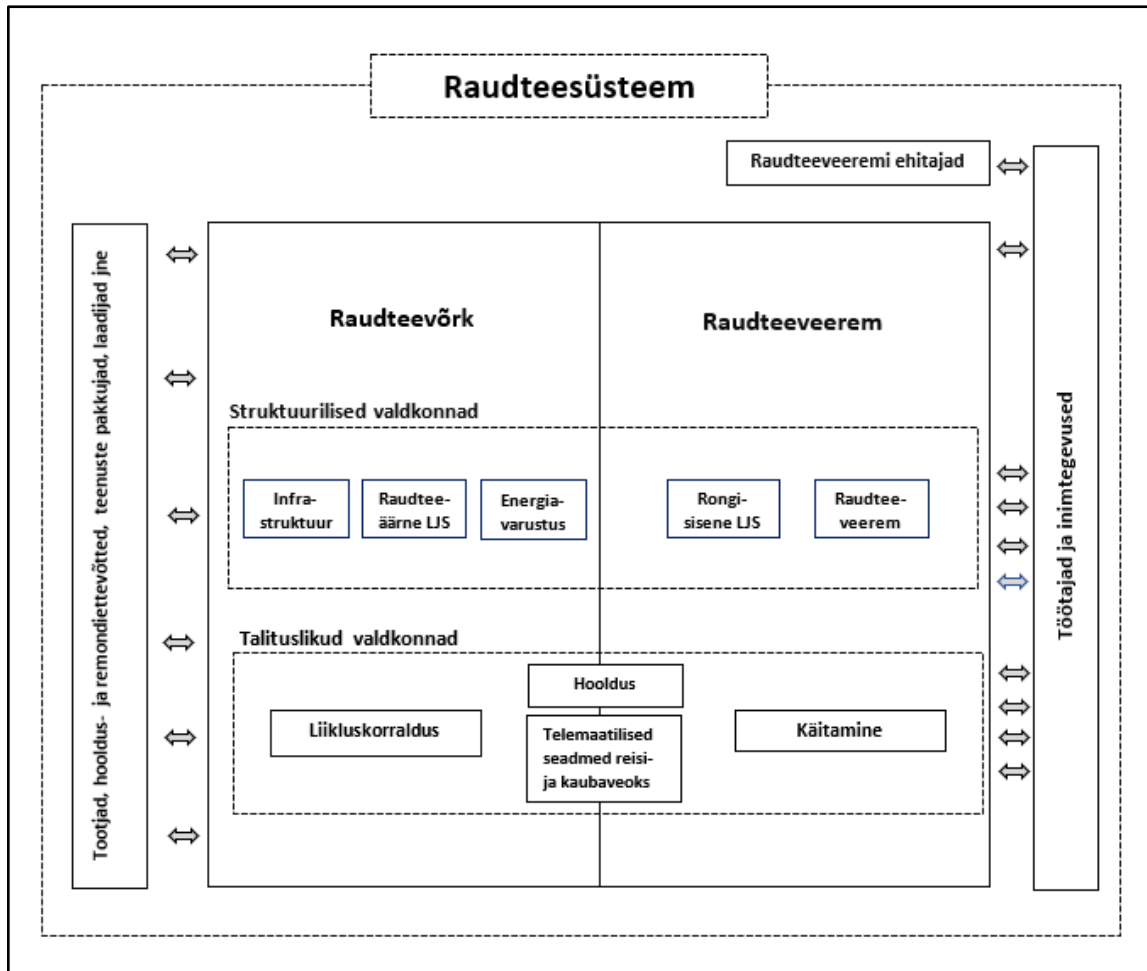
### **1.1. Raudteehoid raudteesüsteemis**

Avalikul raudteel rongide liikumise kavandamisel eeldab liiklusgraafiku põhistruktuur, et infrastruktuur on terve ja heas seisukorras. See on siiski teoreetiline eeldus. Praktikas tuleb raudteed hooldada raudteeohutust tagavana töökorras hoidmiseks või arendada olemasoleva teenusekvaliteedi parendamiseks.

Raudteeseaduse kohaselt on „raudteehoid raudtee talitlust tagav tegevus, mis seisneb raudtee arengu kavandamises, ehituses, remondis ja hoolduses ja mille eesmärk on säästliku ja ohutu liikluse tagamine, raudtee kasutajatele vajalike tingimuste loomine ja keskkonnakahjustuste vältimine“ [42].

Raudteehoid hõlmab raudteesüsteemi erinevate allsüsteemide ja elementide hooldust ning uuendamist. Joonisel 1 toob autor välja, et raudteesüsteemi elementideks on raudteevõrk ja -veerem ning süsteemi võib jaotada struktuurilisteks ja talitluslikeks allsüsteemideks. Struktuurilise allsüsteemi elementide hulka kuuluvad raudteeinfrastruktuur, energiavarustus, raudteeäärne kontroll ja signaalimine, rongisisene kontroll ja signaalimine ning raudteeveerem. Talitluslikeks allsüsteemideks on liikluskorraldamine ja käitamine, hooldus ning telemaatilised seadmed reisijate- ja kaubaveo jaoks [15].

Kindlasti on raudteesüsteemi eripäraks, et kõik allsüsteemid ja elemendid on tihedalt vastastikusel sõltuvuses, seda nii omavahel kui ka raudteeinfrastruktuuri kasutava raudteeveeremiga. Ühe allsüsteemi häire mõjutab teiste toimimist. Seega on raudteehoid hädavajalik raudteesüsteemi toimimise, maksimaalse läbilaskevõime ja raudtee eeliste hoidmiseks ning saavutamiseks.



Joonis 1. Raudteesüsteem

Raudteehoiutööd võib jagada järgmiselt [10]:

- väikesed tööd: raudtee järelevalve ja teised tööd, mida saab läbi viia käsitsi või väikemehhanismidega;
- süsteemne raudteehoid: mahukamad tööd, mida tehakse rasketehnikat kasutades ja mis vajavad ette planeerimist.

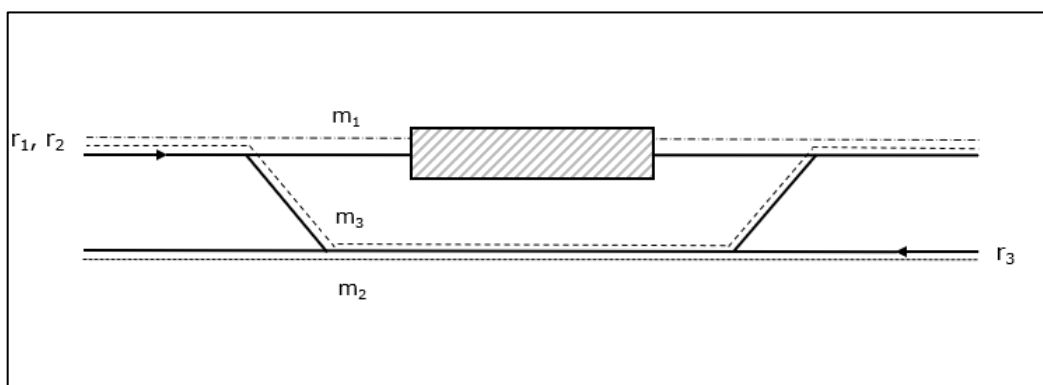
Seega planeerimise vaatest võib raudteehoiu tegevusi kategoriseerida sõltuvalt sellest, kui palju need raudteefrastruktuuri läbilaskevõimet võtavad ja kui pikalt neid ette kavandada saab. Ideaalis tuleks rongiliiklust oluliselt mõjutavad tegevused (nõuavad pikaajalist liikluse katkestust) kavandada pikalt ette. Samas tegevused, mis vajavad ajaliselt lühikest liikluse katkestust, saab kavandada hilisemates etappides. Konfliktiolukorrad tekivad juhul, kui tegevused nõuavad pikka rongiliikluse katkestust, aga kavandamise aeg on lühike. Üldjuhul raudteehoiu tegevused planeeritakse läbilaskevõime jaotamise protsessis [16].

## 1.2. Tehnoloogilised vaheajad

Käesoleva lõputöö uurimisobjektiks on tehnoloogilised vaheajad (nn aknad) ja nende planeerimise protsess, milleta raudteeinfrastruktuuri uuendusprojekte pole võimalik ellu viia.

Raudteerajatiste ja -seadmete remondi- ning ehitustöid tuleb teha liiklus- ja tööohutuse nõudeid täites, üldjuhul liiklusgraafikut häirimata ning jaamavahet rongiliikluseks sulgemata. Remondi- ja ehitustööde tegemiseks tuleb liiklusgraafikus vajadusel ette näha tehnoloogilised vaheajad vastavalt raudteeinfrastruktuuri majandaja kehtestatud korrale ning rongiliikluse korraldamisel arvestada nendest töödest põhjustatud kiiruspiiranguid [42].

Seega raudteel võidakse hooldus- ja ehitustöid teha erinevates tingimustes, kas rongiliikluseks täielikult suletud raudteeosal või rongidele kehtestatud kiiruspiirangutega oludes. Kõiki raudteehoiutöid, mida tehakse raudtee ehitusgabariidis, selle kohal või rööbasteed kandvates konstruktsioonides, kavandatud tegevus võib ohustada rööbaste ja/või raudteerajatiste seisukorda või kui on võimalik tehnika ja nende osade sattumine raudtee ehitusgabariiti, tuleb teha tehnoloogilises vaheajas. Tehnoloogiline vaheaeg peaks tagama, et rongiliikluseks suletud alale ei sõida ükski rong (v.a töörongid) - tavaliselt on selleks alaks jaamavahe, raudteejaam tervikuna või osad rööbasteed jaamas.



Joonis 2. Raudteevõrgu osa tehnoloogilise vaheajaga [52]

Joonisel 2 on esitatud näide raudteevõrgu osast, mis koosneb kahest omavahel pöörmatega ühendatud rööbasteest ja seal tuleks tehnoloogilise vaheaja tõttu teha rongide liikumise ümberplaneerimine. Ülemisel rööbasteel liiguvad rongid  $r_1$  ja  $r_2$  sõidavad tavapärases olukorras mööda matka  $m_1$ . Alumisel raudteel olev rong  $r_3$  sõidab

rongiga  $r_1$  samaaegselt mööda matka  $m_2$ . Harjumuspärast rongide liikumist takistab tehnoloogiline vaheaeg (varjutatud ala), mis on kavas ülemisel raudteel seoses raudteehoiutöödega ja seetõttu on rongide  $r_1$  ja  $r_2$  jaoks planeeritud alternatiivne matk  $m_3$ .

Budai-Balke kirjeldab kolme tehnoloogilise vaheaja kategooriat [10]:

- öine tehnoloogiline vaheaeg – on ajavahemik sõiduplaanis viimase ja hommikul esimese reisirongi liikumiste vahel;
- pühapäeva ja nädalavahetuse tehnoloogiline vaheaeg – töid tehakse nädalvahetusel või pühapäeval;
- päevane tehnoloogiline vaheaeg – töödeks eraldatakse ajavahemik päevasel ajal, millega kaasnevad rongiliikluse häired, eriti reisirongide puhul.

Mitmerajalistel raudteelõikudel peab üldjuhul täiendavalt arvestama sellega, et tehnoloogilise vaheajaga kaasnevad piirangud kõrvalteedele, seda peamiselt seal kehtestatavate kiiruspiirangutena, ehk möödasõitvad rongid saavad tööpiirkonnas liikuda märkimisväärselt väiksema kiirusega. Võrreldes tehnoloogilise vaheaja enda pikkusega, tuleb rongidele kiiruspiirangud kehtestada üldjuhul pikemaks perioodiks, ulatudes päevadest kuni nädalateni. Siinkohal peab autor oluliseks märkida, et kõik kiiruste piiramised, mis mõjutavad rongide liiklusgraafikus püsimist, tuleb kommunikeerida ja eelnevalt läbi rääkida raudteeveo-ettevõtjatega.

Lõputöö alapeatükis 1.1 autor tõi välja, et raudteesüsteemi kõik allsüsteemid ja elemendid on tihedalt vastastikusel sõltuvuses. See on ka põhjus, miks tehnoloogilise vaheaja jaoks ei piisa, kui on teada ainult töö asukoht, vaid selgitatud peavad olema ka kõik mõjutatud allsüsteemid ja elemendid. Ideaalses olukorras peab raudteehoiu töövõtja arvestama ainult nende objektide/komponentidega, millele ta juurdepääsu ja aega vajab. Kuid raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja planeerimise protsess peab tagama raudteesüsteemi kõikide allsüsteemide ja komponentidega arvestamise, samuti piirangutega, mida tuleb rakendada kõrvalteedel või külgnevates jaamades. Järgmises alapeatükis annab autor ülevaate planeerimise põhimõtetest.

### 1.3. Tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine

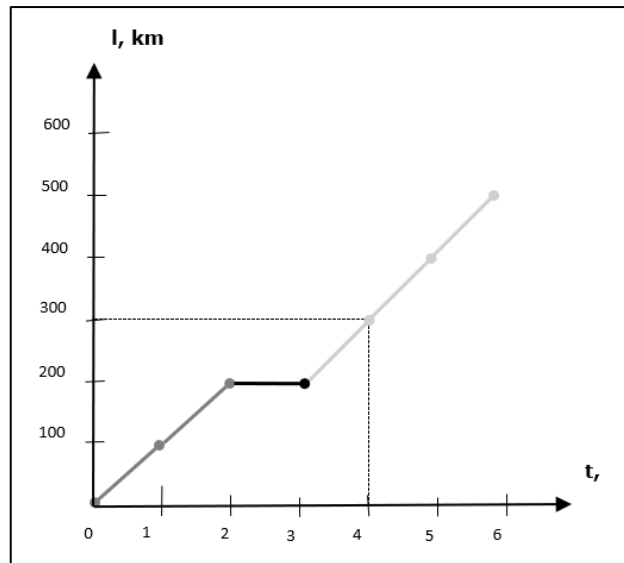
Rongiliiklust korraldatakse 24-tunnilise arvestusega ja rongiliikluse korraldamise aluseks on liiklusgraafik, mis ühendab kõikide raudteefrastruktuuri majandamise ja muude raudteetranspordialal tegutsevate ettevõtjate tööd.

Vastavalt raudteeseadusele on „liiklusgraafik raudteefrastruktuuri-ettevõtja koostatud dokument, mis määrab rongide ja muu raudteeveeremi kõik kavandatud liikumised ning kus on kajastatud raudteeveo-ettevõtjatele eraldatud läbilaskevõimeosad, samuti tehnoloogilised vaheajad raudteerajatiste jooksva remondi ja hooldamise korraldamiseks“ [42].

Raudteefrastruktuuri-ettevõtja koostatud ja konkreetseks perioodiks kehtestatud liiklusgraafik ühendab raudteesüsteemi osaliste töö. Liiklusgraafik peab tagama:

- reisijate- ja kaubaveo nõutava mahu;
- rongide liikluskorralduse ja -ohutuse;
- raudteeliinide läbilaskevõime ning jaamade efektiivseima kasutamise;
- raudteeveeremi meeskondadele kehtestatud tööajast kinnipidamise;
- raudteehoiutööde tegemise.

Liiklusgraafik on rongiliikluse protsessi graafiline väljendus ristkoordinaatses koordinaatsüsteemis, kus X-telg on ajatelg ja Y-telg vahemaatelg (vt joonis 3). Rongi liikumist eraldi punktide vahel väljendatakse funktsiooniga  $Y = kX + b$ , rong on arvestatud põhipunktina. Liiklusgraafiku järgimine ja konfliktide ennetamine peab olema kõigi rongiliikluse ja tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisega seotud osaliste peamiseks ülesandeks. Liiklusgraafik koostatakse spetsiaalsel suuremahulisel ruudustikul. Erinevate punktide vahelised kaugused on paigutatud vertikaalselt ja aeg horisontaalteljel.



Joonis 3. Liiklusgraafik kui rongiliikluse protsessi graafiline väljendus

Raudteede käitamisel eristatakse kolme tüüpi rongide liiklusgraafikuid, mis on koos lühikirjeldusega esitatud tabelis 1.

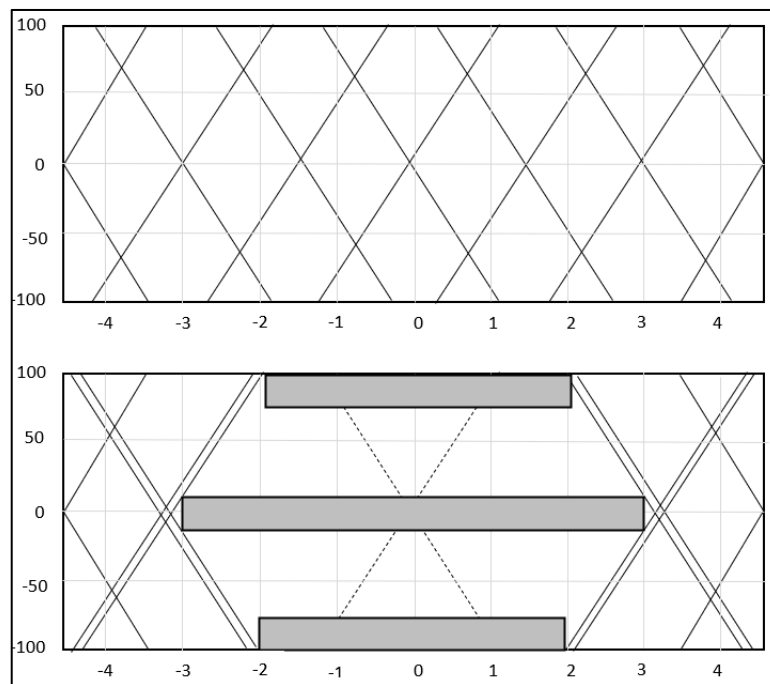
Tabel 1. Rongide liiklusgraafikute tüübid

Tüüp	Kirjeldus
Normatiivgraafik	Kehtestatakse üks kord kalendriaastas, alates detsembrikuu teisest pühapäevast ja kehtivusega üks aasta korrigeerimisega suve- ja talveajale
Variantgraafik	Töötatakse välja raudteevõrgu osade jaoks, kuhu on vajalik eraldada tehnoloogilised vaheajad raudteehoiutöödeks või eriülesanneteks (näiteks erirongi läbilaskmine), mis mõjutavad rongide läbilaskmise tingimusi ja mahtu rongipaarides
Tegelik liiklusgraafik	Liikluskorraldaja täidab reaajas tühja liiklusgraafiku vormi vastavalt tema juhtimisel oleval raudteelõigul liikuvale raudteeveeremile

Mõnikord, kui tehnoloogilise vaheaja kestvus on piisavalt lühike, saab selle planeerida rongiliikluse vabale ajale. Näiteks, kui raudteejaamade A ja B vahel öisel ajal ronge kuue tunni jooksul ei liigu, just sinna vahemikku. Kui aga raudteevõrgul on rongide sagedus suur, peab tehnoloogilise vaheaja eraldamiseks tegema muudatused liiklusgraafikus ehk koostama variantgraafikud.

Joonisel 4 esitab autor kirjanduse põhjal [28] näite liiklusgraafiku lahendusest, kus üks nõutud rongipaar on käigust ära jäetud (katkendjooned) ja kahe rongipaari väljumisi on kohendatud umbes 1,6 tundi, mõjutades omakorda veel kahte rongipaari umbes 0,2 tundi, mis annab kogu väljumiste reguleerimiseks umbes 3,6 tundi mõlemas suunas.

Joonise x-teljel on aeg ja y-teljel kaugus ning hallid riskülikud tähistavad tehnoloogilisi vaheaegasid.



Joonis 4. Liiklusgraafik tehnoloogilise vaheajaga (all) ja ilma (üleval) [28]

Liiklusgraafikul on reisirongidele olulised erinevused võrreldes kaubarongidega. Reisirongide liiklusgraafikus on üksikasjalikud väljumisajad minutites ja need sõltuvad päeva osast, marsruudist, sagedusest ja aastaajast. Kaubarongide jaoks on tähtsamal kohal kogu teekond ja manöövrivite tegemine sõlmjaamades [37].

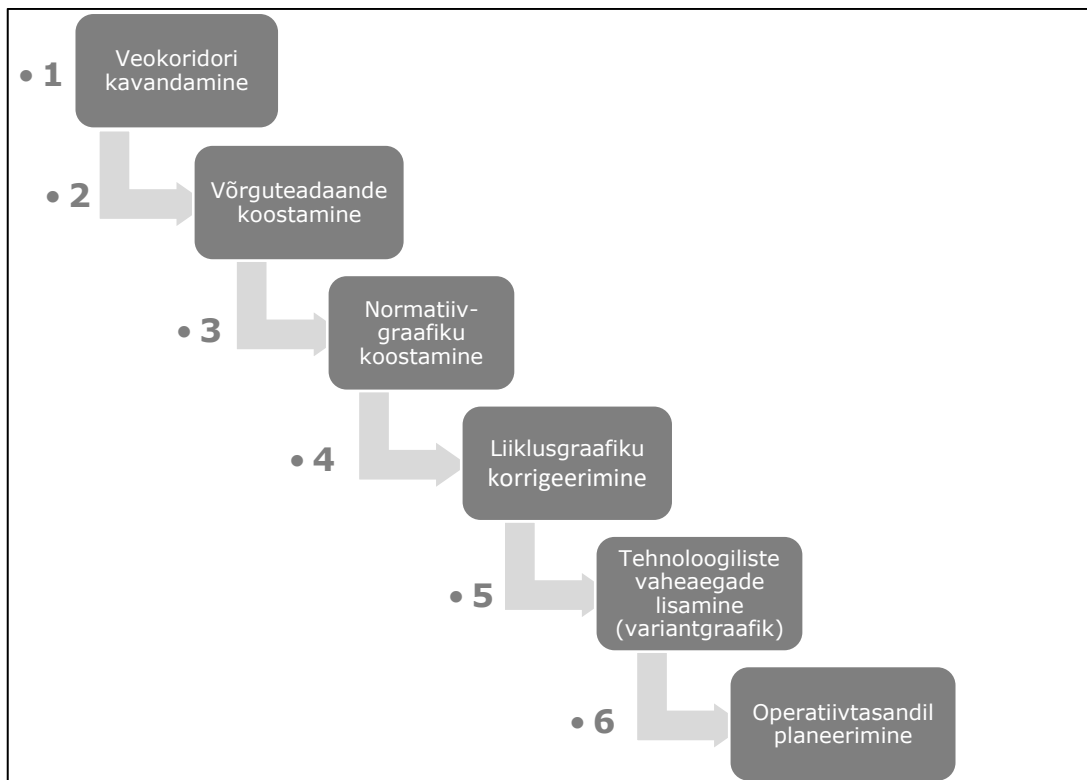
Raudteevõrgu läbilaskevõime on napp ja kallid ressurss, mida tuleb kasutada parimal võimalikul viisil [21]. Euroopa Liidu raudteedel kehtestatud läbilaskevõime eraldamise põhimõtetest tulenevalt peab liikmesriikides rongide ja tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise protsess koosnema järgmistest sammudest [33; 40; 48]:

- 1) veokoridori kavandamine, kus rahvusvaheliste kaubarongide liinid pannakse paika ja koordineeritakse suurte tehnoloogiliste vaheaegadega;
- 2) raudteevõrgu teadaande koostamine ja avaldamine, mis sisaldab kõik olulised (töömahukad ja seetõttu pikaajalised) tehnoloogilised vaheajad, millega raudteeveo-ettevõtjad peavad arvestama;
- 3) aasta liiklusgraafiku (normatiivgraafiku) koostamine, kus pannakse paika rongide liinid koos tehnoloogiliste vaheaegadega;



- 4) liiklusgraafiku läbivaatamine ja korrigeerimine, kus tehakse lõplikud parandused ning korrigeerimised rongiliinide ja tehnoloogiliste vaheaegade vahel;
- 5) lisatakse väiksemate tööde tehnoloogilised vaheajad rongidest vabadele aegadele, sh koostatakse variantgraafik;
- 6) operatiivtasandil planeerimine ja kontroll, kus raudteeliikluse juhtimise eest vastutav üksus täidab tegelikku liiklusgraafikut ja teeb operatiivsed täpsustused, lisab eelnevalt planeerimata tehnoloogilised vaheajad ning kontrollib kõiki tegevusi (st rongide liikumisi ja raudteehoiutöid) raudteeinfrastruktuuril.

Autor koostas joonise 5, kus koondülevaatenäitab rongide ja tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise protsessi kuute sammu.



Joonis 5. Rongide ja tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine

Viis esimest sammu moodustavad läbilaskevõime jaotamise protsessi, viimane neist on operatiivtegevus. Esimeses kuni neljandas sammus lahendatakse osalejate soovid ja nõudlus, viiendas sammus käsitatakse ainult vaba/jaotama läbilaskevõimet planeeritud tööde jaoks. Ootamatult tekkinud hädavajalikud tööd, näiteks õnnetusjuhtumi tagajärgede likvideerimine, võivad vajada suuremat planeerimist viiendas ja kuuendas sammus.

Raudteehoiuks kasutatavad tehnoloogilised vaheajad vähendavad läbilaskevõimet ja seetõttu kipuvad raudteede valdajad eelistama rongidele infrastruktuuri kasutusse andmist ning vähendavad hooldus- ja ehitustööde eelarveid [41].

Raudteehoiutöödeks vajalikku tehnoloogilist vaheaega võib võtta kui eraldiseisvat rongi, mis vähendab liiklusgraafikus kavandatud rongide liikumiste arvu [1]. Seetõttu on autor seisukohal, et tehnoloogilised vaheajad tuleks kujundada nii, et raudtee ehitus- või remonttööde tegevused ja rongide liikumised on koordineeritult ning tasakaalustatult kavandatud. See ei ole triviaalne probleem mitmel põhjusel. Esiteks tehnoloogilise vaheajaga läbilaskevõime piiramine avaldub raudteevõrgu liiklusgraafiku kavandamisel. Samaaegselt pikendavad tehnoloogilised vaheajad sageli rongiliinil sõiduaega ja võimalike häirete tõenäosust. Kirjanduses [27; 30] on väljendatud arvamust, et lisaks peaks tehnoloogiliste vaheaegade muster arvestama olemasolevate raudteehoiu ressurssidega (näiteks personal, eritehnika ja -vahendid). Kasutusmäär sõltub teguritest nagu tehnoloogilise vaheaja pikkus ja ajakava, töö- ja puhkeaja regulatsioonist, töökoha asukohast ja juurdepääsust jne. Majanduslikust vaatest peaks tehnoloogilise vaheaja kasulikkus ületama kulusid (sh loobumiskulu) ja piiranguid, mida sellega põhjustatakse mingil ajaperioodil rongiliiklusele.

## **1.4. Varasemad uuringud Eestis ja Euroopas**

Käesolevas alapeatükis vaatleb autor sarnaseid teemasid käsitlevaid uurimistöid ja võrdleb neid oma lõputöö huvipakkuvate seisukohtade ning probleemidega. Lisaks toob autor välja ja kirjeldab peamisi planeerimis- ning ajastamisprobleeme, klassifitseerides need strateegilisteks, taktikalisteks või talitluslikeks.

Esimesena tuleb autoril konstateerida, et raudteehoiutööde tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise teemadel pole uurimistöid Eestis tehtud. Rongiliikluse fookusest lähtuvalt on Tallinna Tehnikakõrgkooli üliõpilane S. Jerjomenko vaadelnud raudtee rekonstrueerimise mõju liiklusgraafikule Pääsküla – Keila liini näitel. Mainitud töös on uuritud, kuidas uue teise peatee ehitamine Pääsküla – Blokkpost km 89 ja Valingu – Keila jaamavahedele suurendab läbilaskevõimet Pääsküla – Keila raudteelõigul [22].

Käesoleva lõputöö autor selgitas välja, et Euroopa Nõukogu ja Komisjoni tasemel tehnoloogiliste vaheaegade temaatikat praktiliselt ei käsitleta, sh direktiivides, määrustes ja koostalitluse tehnilisteks kirjeldustes. Teemat on kajastatud ainult kaudsel kujul kui raudteehoiutöödest ja kaubaveekoridoride raskustest leida sobilikku aega raudteeinfrastruktuuri hooldamiseks ja arendamiseks. Näiteks ühtse Euroopa raudteepiirkonna loomise direktiiv (Eesti raudteeseadusesse üle võetud nõuded § 108 lõige 8 ja § 80) annab kõigest üldise suunise, et raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjad võiksid raudteehoidu hästi planeerida ning tõhustada tehnoloogilise vaheaegade eraldamist [55]. Samuti ei tegele läbilaskevõime ja tehnoloogiliste vaheaegadega Euroopa Liidu Raudteeamet, neile pole nende tegevust reguleeriva määrusega vastavat kohustust antud. Euroopa Liidu poolt on raudteeturu avamisel pandud suur rõhk raudteevedudele ja -veeremile (ühtne ohutustunnistus, ühtne veeremi autoriseerimine, hooldusüksustele kehtivad ühtsed nõuded jne). Seega raudteehoiutööde planeerimist Euroopa Liidu tasandil ei ole detailselt käsitletud, viimast vaatamata sellele, et üleeuroopaliselt on valdavalt kasutusel mudel, kus eraldiseisvad ettevõtted teostavad raudteehoidu ja sõltuvad muuhulgas tehnoloogiliste vaheaegade eraldamisel märkimisväärselt raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja läbilaskevõime eraldamise protsessist.

Kirjanduses [45] on väljendatud arvamust, et maailmas on ennekõike avaldatud raudteehoiutööde tehnoloogia, inseneritöö, töökindluse, varade ja hoolduse korralduse uurimistöid. Aga kui teemaks on raudteeinfrastruktuuri raudteehoiutööde planeerimine ja ajastamine üheaegselt liiklusgraafiku koostamisega, siis selle kohta on avaldatud uurimistöid vähe.

T. Liden tegi 2015. a spetsiaalselt uurimuse, et selgitada välja, kui palju on läbi viidud raudteehoiu temaatilisi uurimusi. Ta leidis ainult 60 viidet (millest alla kümne oli avaldatud enne 2005. aastat), kus on kasutatud raudteeinfrastruktuuri hooldamise planeerimisprobleemide lahendamiseks matemaatilisi meetodeid ja optimeerimist, ning nimetas ka mitu olulist probleemi, mida pole veel üldse käsitatud [31].

Käesoleva lõputöö autor tuvastas teaduslike materjalidega tutvumisel, et süvauuritud probleem on raudteeinfrastruktuuri järelevalve, ennetava hoolduse ja uuendusmeetmete kavandamine, mis mõõdavad hooldustööde mahtu raudteeinfrastruktuuril, kus on suur liikluskoormus. Raudteevaldkonnas on üsna palju uuritud konkreetseid allsüsteemi komponente/hooldustoiminguid, näiteks ballast/toppimine, rööpad/lihvimine ja elektrienergia toide/asendamine. Nendes töodes on välja töötatud infrastruktuuri järelevalve, hoolduse ja uuendamise põhimõtted, jättes aga tähelepanuta, kuidas üksikasjalikult raudteehoiutööde ajakava ja rongiliinide kavandamise vastastikune mõju

tuleks lahendada. Teised uurijad on püstitanud sageli oma uurimistööde eesmärgiks, kuidas vähendada allsüsteemide ja raudteerajatiste elukaare kulusid ja/või suurendada ohutust ning töökindlust.

Klassikaline A. Higgins 1998. a uurimistöö esitab probleemi, kuidas ajastada hooldustöid ja nende edastamist töömeeskondadele ühel raudteeliinil ja seda etteantud liiklusgraafikuga. Eesmärgiks oli leida eeldatavate häirete kaalutud summa (rongide hiline mine poolleiolevate tööde tõttu ja viivitused töödes rongide hiline mine tõttu) ning prioriteetsed lõpetamise tähtajad (et võimalikult paljud rongid saaks sõita parimatel liinidel) [18]. Lõputöö autori leitud kirjandusest oli see üks vähene näide meetmest, kuidas ühendada raudteehoid ja rongiliiklus.

Mõned autorid on uurinud probleemi, kuidas operatiivselt lisada olemasolevasse liiklusgraafikusse piiratud arv tehnoloogilisi vaheaegasid, tehes selleks vähimaid muudatusi rongide liikumises. Eesmärgiks oli luua eelkõige otsuste toetamise mudelid reaalajas toimivate juhtimiskeskuste tarbeks üheteelistel liinidel [51].

J. Eliassoni ja M. Börjessoni uurimistöös on käsitatud raudteeinvesteeringute hindamisel kasutatud erinevate liiklusgraafikute eelduste olulisust. Kasutati koos läbilaskevõimega üldist transpordi modelleerimise raamistikku ja reisiaja valemeid, et näidata, kuidas erinevad liiklusgraafikud mõjutavad tasuvusanalüüsi uuringuid [13].

## **1.5. Raudteehoiu planeerimise ja ajastamise probleemid**

Uurimustööde läbitöötamisel tuvastas lõputöö autor raudteehoiu peamised planeerimis- ja ajastamisprobleemid, klassifitseerides viimased strateegilisteks, taktikalisteks ja talitluslikeks [32; 45].

### **Strateegilised probleemid**

Raudteehoiu ulatus. Esmane ja fundamentaalne probleem on kehtestada raudteeinfrastruktuuri kvaliteeditasemed koos korrashoiu ja arendamise põhimõtetega, sh strateegiliselt otsustada, kui hea raudteeinfrastruktuur olema peab, ja meetodid, kuidas seda saavutatakse. See on raudteehoiutööde vajaduse selgitamine ja nende määratlemine raudteevõrgul, arvestades liiklusmahtu, ohutust, töökindlust,

majanduslikku aspekti jne. Läbilaskevõime ja teenuse tase peab olema tagatud, samuti raudteetaristu seisukorra halvenemise prognoosid.

Töövõtulepingute vorm. Raudtee valdaja jaotab raudteehoiu mitmete lepinguliste partnerite vahel, osad on raudteeinfrastruktuuri-ülesed, osad piirkondlikud, mõned hooldusliigi põhised. Kuidas need lepingud on kujundatud, mõjutavad kulusid, kvaliteeti ja tõhusust pikemas ajavaates. Varieeruvateks faktoriteks on: a) geograafiline ulatus, b) lepingu pikkus ja hoolduse sisu, c) vorm ehk üksikasjalikud spetsifikatsioonid, ülesandele orienteeritud mahud või funktsionaalsed nõuded, hangete menetlus, d) tingimused, sh majandus, fikseeritud/muutuv hinnakujundus, stiimulid, näitajad ja statistika.

Hooldusressursside mõõtmine ja lokaliseerimine. Piisava teenustaseme tagamiseks (sh reageerimise aeg, tööde keskmine aeg), tuleb hooldusressursse tõhusalt mõõta ja lokaliseerida. See on eelkõige iga töövõtja lahendada, kuid mõnikord on vaja ressursse kasutada ühiselt, või kui kasutatakse raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja keskladu, siis muutub ressursside planeerimine ühiseks mureks.

### **Taktikalised probleemid**

Tehnoloogiliste vaheaegade ajastamine on koordineerimise fookuspunkt liiklusgraafiku kavandamisel ja selle juures on omakorda mitu alaprobleemi.

Põhiakende kavandamine. Millal iganes on tehnoloogiline vaheaeg ja rongiliin konfliktis või mõjutavad üksteist, planeerimise lahendus on kriitilise tähtsusega ohutusele, töökindlusele ja tõhususele ning seda nii raudteeveo-ettevõtjatele kui ka raudteehoiu töövõtjale. Seega raudteeinfrastruktuuri hooldamisel, remondil ja ehitamisel on tehnoloogiliste vaheaegade kavandamine võtmeprobleem, kuna: a) nad mõjutavad oluliselt läbilaskevõimet, b) piiravad tööde kavandamist põhjustades lisakulusid, c) on juhitavad veokoridori kavandamisest kuni liiklusgraafiku läbivaatamise ja korrigeerimiseni.

Regulaarsete tehnoloogiliste vaheaegade kavandamine. Selle asemel, et iga elementaarse hooldustegevuse jaoks mitte kavandada väiksemaid tehnoloogilisi vaheaegu võimalikult hilja, võib-olla kasulik ette kavandada raudteeinfrastruktuuri igale lõigule piisava intervalli ja suurusega rongidest vabad ajavahemikud (mustrid). Seejärel saab nendesse ajavahemikesse koordineeritult kavandada erinevaid tegevusi, läbilaskevõime jaotamine on vähem koormatum ja rongiliikluse olukord paremini prognoositav. Selliste tehnoloogiliste vaheaegade mustrite kavandamisel tuleb arvestada

raudteehoiutööde mahuga, rööbasteede jaotuse, töö tundide, raudteeliikluse ja teiste tehnoloogiliste vaheaegade kooskõlastamise, operatiivsete piirangutega.

Tehnoloogilise vaheaja ja töö koordineerimine. Tehnoloogilist vaheaega on võimalik koordineerida mitmel viisil, näiteks tehnoloogiliste vaheaegade sünkroniseerimine aegadega, kui rööbasteel puudub rongiliiklus, või väiksemate tööde tegemine suuremateks töödeks eraldatud tehnoloogiliste vaheaegade varjus. Sarnane lähenemisviis on tööde sisu kooskõlastamine, et minimeerida tehnoloogiliste vaheaegade kestvust ja kulusid. Näideteks saab tuua projektide kombineerimise, tehnoloogilise vaheaja kasutamine kahe või enama töö eesmärgil jms.

Liiklusgraafiku kokkusurumine. Tehnoloogiliste vaheaegade varajase planeerimise asemel koostatakse liiklusgraafik selliselt, kus on taotluslikult sisse jäetud rongidest vabad ajavahemikud – kas nõuete/piirangutena või eraldi maksimeerimise eesmärgil. Neid rongidest vabu ajavahemikke saab hiljem kasutada hooldustööde planeerimisel. See lähenemine käsitleb tavapärasel liiklusgraafiku koostamisel raudteehoidu alaprobleemina/täiendusena.

### **Talituslikud probleemid**

Raudteehoiu projekti planeerimine. Konkreetse raudteehoiu projekti läbiviimiseks on vaja kavandada mitmed detailseid tegevuskavad ja koordineerida tehnika, töötajate ja materjalide kasutust. Planeerijad peavad leidma sobivad ajavahemikud, korraldama transpordi, saama vajalikud load, dokumenteerima tööpiirkonna iseärasused jne.

Töö ja ressursside kavandamine. Ohutus ja seisukorra järelevalve peavad olema erineva perioodilisusega tagatud üle kogu raudteeinfrastruktuuri. Võimalusel tuleb kontrolltoiminguid teha koordineeritult teiste hooldustegevustega. Järelevalve ja diagnostikaseadmete mõõtmiste tulemusel tuvastatakse hulgaliselt parandus- ja teisi väiksemaid hooldustöid. Samas omakorda ollakse siis probleemi ees, kuidas valida iga toimingu tegemiseks õige aeg, kuidas ühendada ülesanded tervikuks ja anda hooldusmeeskondale täitmiseks.

Rööbasteede kasutamise planeerimine. Raudteejaamades on vaja rööbasteede kasutamise plaani, seda nii raudteeveo-ettevõtjatele kui ka raudteehoiu töövõtjatele, kes peavad teadma, millal rööbasteede on rongidest vaba raudteehoiu tegemiseks. Kui teed pole õigeaegselt vabastatud, siis kaasneb sellega täiendav manöövr töö, mis vähendavad tööde tegemiseks aega või hilinemisi.

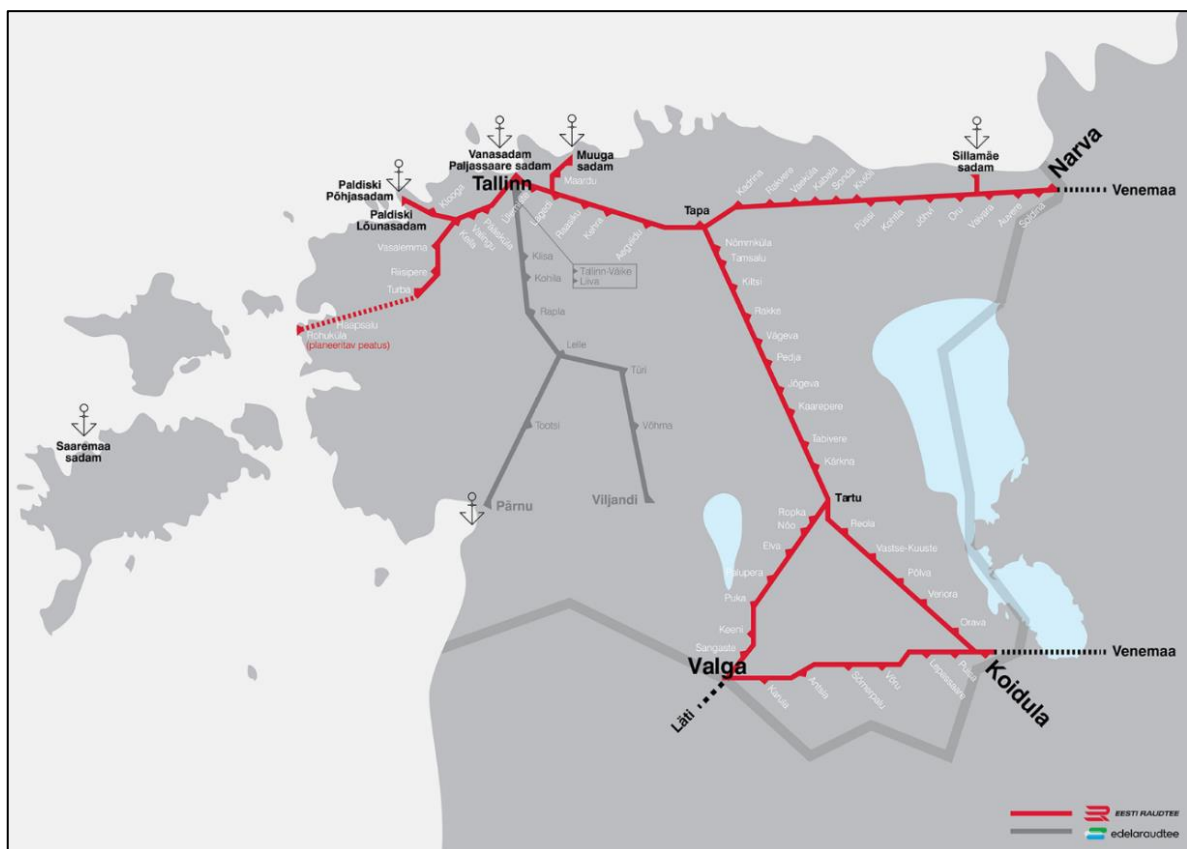
Kokkuvõttes tuvastas autor, et raudteehoiutööde ja raudteeliikluse integreeritud planeerimine on laiem probleem, mis on omane ka Eesti raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjatele. Järgnevalt struktureerib autor probleemi AS Eesti Raudtee kui Eesti suurima raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja jaoks.

## 2. LÄHTEÜLESANNE

### 2.1. AS Eesti Raudtee

Eesti Vabariigile kuuluv äriühing AS Eesti Raudtee tegutseb põhikirja alusel, vastavalt millele on ettevõtte põhitegevusalaks tema valduses oleva raudteefrastruktuuri (vt joonis 6) majandamine, sh avaliku raudtee kasutusse andmise korraldamine, raudteefrastruktuuri või selle osa ehitamine, remont ja hooldamine. Samuti on ta partneriks naaberriikide raudteedele piiriüleste küsimuste lahendamisel ja standardite kokkuleppimisel [7].

Vastavalt raudteeseadusele on ettevõtte „põhiülesanded rongiliinide kättesaadavuse määramine ja hindamine, rongiliinide eraldamine, otsuste tegemine rongiliinide eraldamise ja raudteefrastruktuuri kasutustasude kohta ning kasutustasude [...] kogumine [...] kindlaks määratud korra alusel“ [4].

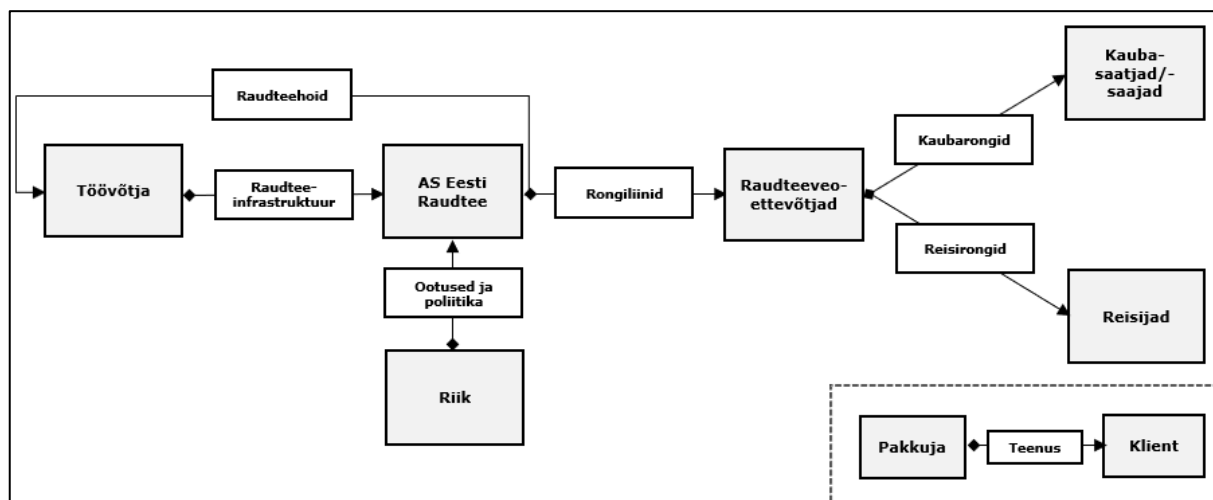


Joonis 6. Avalikud raudteed Eestis [3]



AS Eesti Raudtee eraldab rongiliinid, millised tagavad raudteeveo-ettevõtjate rongidele sõitmise punktist A punkti B ja nende käigushoidmise konfliktideta teiste rongidega. Ohutus rongide vahel tagatakse liiklusjuhtimise süsteemide ning juhtimiskeskuse ning raudteejaamade liikluskorraldajate kaudu. Rongiliinid planeeritakse normatiivliiklusgraafikus, milles ennetavalt välditakse, et rongid ei segaks üksteise liikumist ja ei tekitaks hilinemisi.

Rongiliinid kavandatakse lähtuvalt raudteeinfrastruktuuri seisukorrast ja kui viimane ei taga vajalikku liikumiskiirust, hakkavad rongiliinid üksteist segama. Hilinemiste ja ebausaldusväärsete rongiliinide vältimiseks tuleb raudteeinfrastruktuuri hooldada ning teenusekvaliteedi parendamiseks uuendada ehk kokkuvõtvalt teostada raudteehoidu. Seetõttu AS Eesti Raudtee raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjana planeerib raudteehoiutööde jaoks tehnoloogilised vaheajad ja need planeeritakse rongidest vabade ajavahemikena, millal raudteed ei saa kasutada. Joonisel 7 on autor andnud ülevaate AS Eesti Raudtee klientidest, teenustest ja töövõtjatest.



Joonis 7. Pakkuja, teenus ja klient Eesti raudteetranspordis

Teenuse osutajad on AS Eesti Raudtee töövõtjad, kes teostavad vastavalt riigihanke tulemustele raudteehoidu, et raudteeinfrastruktuur oleks hoitud heas seisukorras ja arendatud. Kui raudteevõrk toimib probleemideta, saab AS Eesti Raudtee eraldada usaldusväärseid rongiliine oma klientidele (raudteeveo-ettevõtjad). Reisijatevedu teostava raudteeveo-ettevõtja klientideks on reisijad, kaubavedu osutava raudteeveo-ettevõtja klientideks on kaubasaatjad/-saajad, kelle agendiks on reeglina ekspedeerijad. Mõlemad pakuvad oma klientidele liiklusgraafiku sõiduplaani järgi liikuvaid ronge.

Reisijatevedu teostavad raudtee-ettevõtjad üldjuhul võtavad tarvitusele abinõud tehnoloogiliste vaheaegadega reisijatele tekitatud ebamugavuste vähendamise eesmärgil. Tavaliselt on lahenduseks rongiliini osaline või täielikult asendamine bussidega [35].

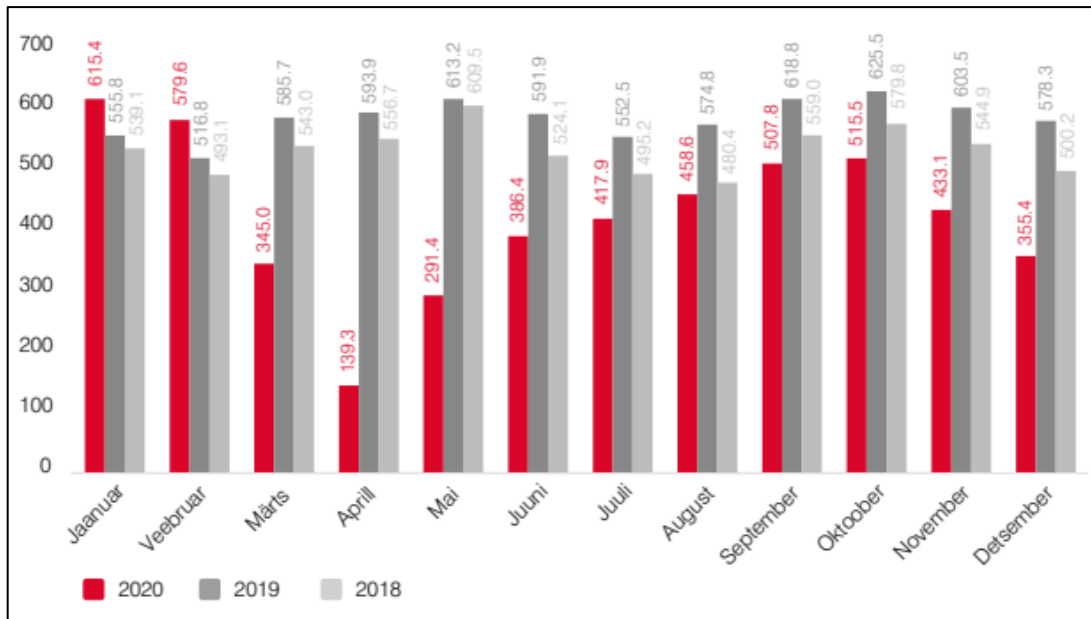
Tabelis 2 on autor toonud AS Eesti Raudtee avalikuks kasutamiseks määratud raudteeinfrastruktuuri viis peamist klienti ehk raudteeveo-ettevõtjat. Kaubaveo-ettevõtjaid on tegelikult küll rohkem (17), kuid tabelis on toodud need, keda raudteehoiutöödega seotud tehnoloogilised vaheajad mõjutavad kõige enam. Ülejäänud kaubaveo-ettevõtjad tegelevad eelkõige suuremates raudteejaamades vagunite vedamisega jaamast teistele liituvatele (mitteavalikele) raudteedele.

Tabel 2. AS Eesti Raudtee kliendid [3]

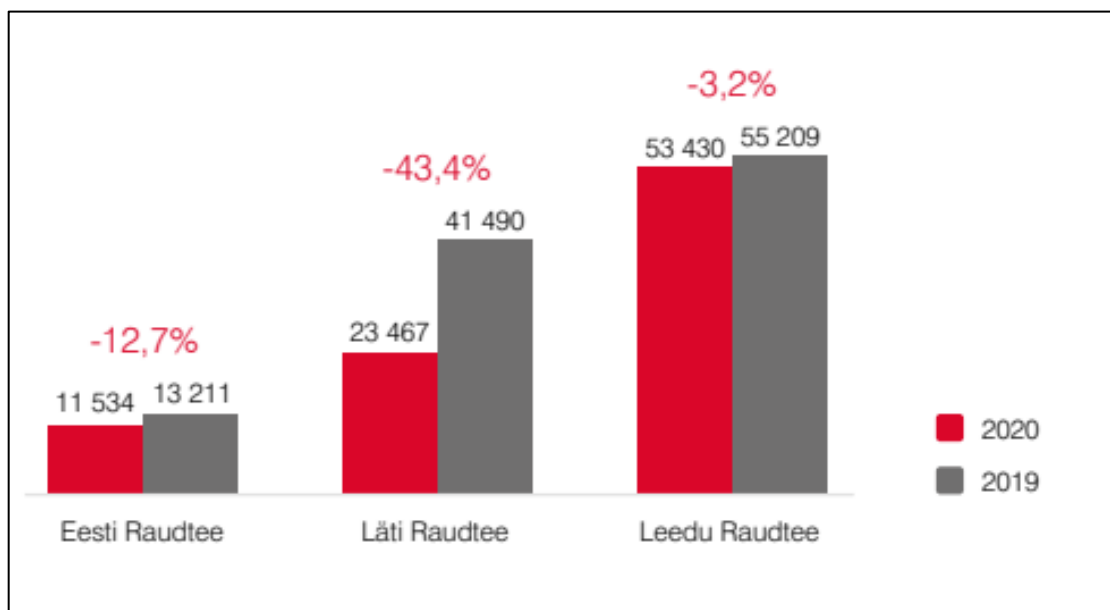
<b>Reisijateveo-ettevõtjad</b>	<b>Kaubaveo-ettevõtjad</b>
AS Eesti Liinirongid (100%)	AS Operail (turuosa 92%)
AS Pasažieru vilciens (Läti)	AS Enefit Power (turuosa 8%)
	AS GoRail (turuosa alla 1%)

AS Eesti Raudtee on jätkanud rahvusvahelise reisirongi korraldamist Tallinn-Peterburi-Moskva liinil, mida teenindab Venemaa Raudteede tütarfirma FPK ja kus veduriteenust osutab AS GoRail. Liini tegevus on peatatud alates 20. märtsist 2020 kroonviiruse SARS-CoV-2 leviku tõttu [3].

AS Eesti Raudtee infrastruktuuril veeti 2020. aastal 5 miljonit reisijat (-28% võrreldes eelmise aastaga). Rahvusvahelise Tallinn-Peterburi-Moskva reisirongiga sõitis 20 000 reisijat (-82%). Kaupu veeti 11,5 miljonit tonni, seejuures veomahud on võrreldes 2019. aastaga vähenenud kõikides Balti riikides (vt joonised 8 ja 9) [3].



Joonis 8. Kohalik reisijatevedu Eesti Raudtee infrastruktuuril, tuhat reisijat [3]



Joonis 9. Kaubaveomahud Balti riikide raudteedel, tuhat tonni [3]

Kõrgem reisijate- ja kaubaveo tase toob kaasa suurema rongide liikumise raudteevõrgul. Autor on seisukohal, et kroonviiruse SARS-CoV-2 levik ja piiravad meetmed mõjutasid reisirongide liikumist ja tõid ajutiselt kaasa rongide arvu ja ka reisijate vähenemise 2019. ja 2020. aastal. Arvestades üle-Euroopalist transpordipoliitikat ja raudteetranspordi eelistamist [34; 46] leiab autor, et reisirongide koguliikumine Eestis on tulevikus kasvava trendiga.

AS Eesti Raudtee infrastruktuur hõlmab 2020. aasta seisuga [3]:

- 1214 km raudteid, sh elektrifitseeritud 225 km;
- 61 raudteejaama;
- 129 reisijate ooteplatvormi;
- 150 raudteeülesõidu- ja 144 raudteeülekäigukohta.

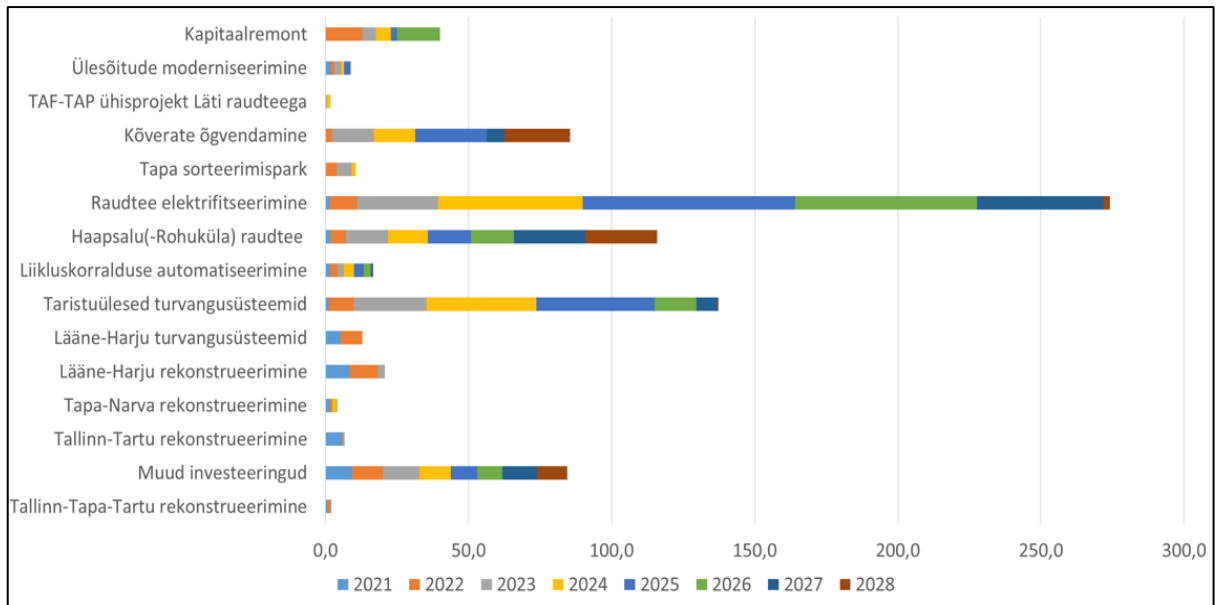
AS Eesti Raudtee on arvestanud raudteeinfrastruktuuri allsüsteemide ja komponentide (rööbastee, reisijate rajatised, liiklusjuhtimise süsteemid) kasulikuks elueaks 20-30 aastat, erandina käsitatakse teerajatisi (sillad, viaduktid, truubid), mille kasulik eluiga on pikem (kuni 50 aastat). Üldistavalt iseloomustab raudteeinfrastruktuuri seisukorda järgnev [7]:

- kiirus 120 km/h reisirongidele ja 80 km/h kaubarongidele on võimalik ligikaudu 84% peateede pikkusest;
- elektrifitseeritud raudtee kogupikkusest on täielikult uuendatud 37%;
- raudteeülesõidukohtadest on 70% heas korras, signalisatsiooniga on varustatud 76%;
- raudteerajatistest (sillad, viaduktid, truubid) on 25% heas korras;
- rongide liiklusjuhtimissüsteemid on amortiseerunud 89% ulatuses raudtee pikkusest.

Avaliku raudteeinfrastruktuuri kvaliteeditaseme säilitamiseks ja AS Eesti Raudtee teenusekvaliteedi oluliseks parendamiseks on saanud rahastusotsuse mitmed suurprojektid ning autor annab nendest ülevaate järgmises alapeatükis.

## **2.2. Investeeringiprogramm**

AS Eesti Raudtee omaniku ootustele tuginevate strateegiliste eesmärkide saavutamiseks on otsustatud investeerida aastatel 2021-2028 ettevõtte valduses olevasse avalikku raudteeinfrastruktuuri ligi 700 miljonit eurot [6].

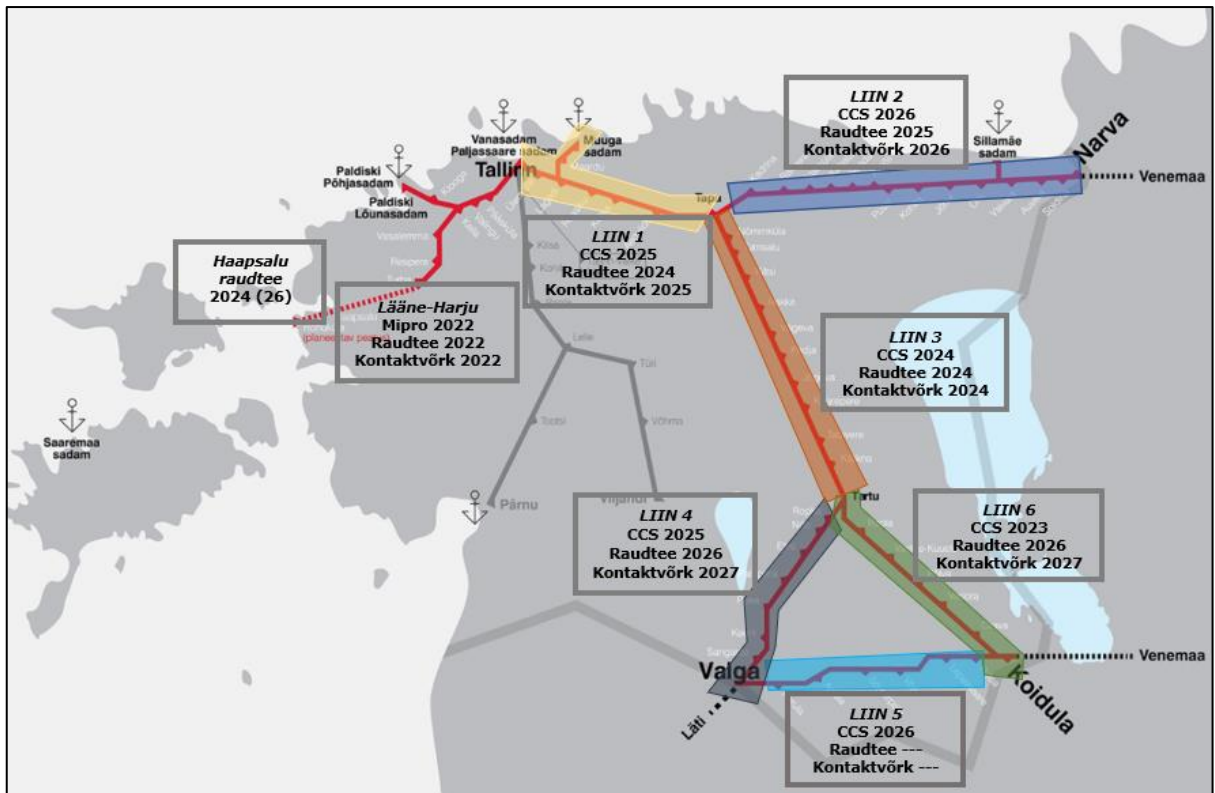


Joonis 10. Eesti Raudtee investeeringud projektide kaupa 2021-2028, miljonites eurodes

Joonisel 10 näitab autor investeeringuid projektide kaupa (miljonites eurodes) ja nagu näha võib, on need eelkõige suunatud liikluskorralduse protsesside digitaliseerimisele ja automatiseerimisele, liiklusjuhtimissüsteemide moderniseerimisele, Lääne-Harju suunalise raudtee läbilaskevõime suurendamisele, kiiruse tõstmisele ning elektrifitseerimisele.

Seega investeerimisprogrammi elluviimisega uuendatakse raudteesüsteemi nii struktuurilisi kui ka talitluslike valdkondade allsüsteeme, mida autor kirjeldas detailsemalt alapeatükis 1.1. Tehnoloogiliste vaheaegade eraldamist eeldavad eelkõige struktuuriliste valdkondade allsüsteemid: raudteeinfrastruktuur, energiavarustus ning raudteeäärne kontroll ja signaalimine.

Raudtee rekonstrueerimistööd on oluline osa AS Eesti Raudtee igapäevategevusest. 2020. aastal jätkas AS Eesti Raudtee Euroopa Liidu struktuurivahendite toetusel investeerimist raudteeinfrastruktuuri. Kokku investeeriti 2020. aastal 32,0 miljonit eurot [3]. Siinkohal märgib autor, et järgnevatel aastatel suurenevad investeeringud aasta kohta enam kui kolm korda. Arvestades, et ettevõtte raudteevõrk koosneb 1214 km rööbastest, investeeritakse keskmiselt 576 tuhat eurot raudtee kilomeetri kohta.



Joonis 11. Projektid raudteeliinide kaupa 2021-2027

Allikas: [3], täiendatud autori poolt

Joonisel 10 toodud investeerimisprojektide elluviimiseks on võrreldes hetkeolukorraga vajalik teha märkimisväärselt enam raudteehoiutöid, mida on võimalik teha ainult tehnoloogilistes vaheaegades. Seejuures mitmed tööd on mahukad ja eeldavad pikkade tehnoloogiliste vaheaegade eraldamist. Siinkohal peab autor oluliseks märkida, et kõik peamised investeerimisprogrammi projektid jagatakse raudteeliinide kaupa etappideks (vt joonis 11). Seega kaetakse AS Eesti Raudtee raudteefrastruktuur järgmise seitsme aasta jooksul üle-Eesti pidevalt rongiliiklust häirivate ja läbilaskevõimet vähendavate raudteehoiutöödega.

Olukorra muudab keerulisemaks asjaolu, et erinevate mahukate investeerimisprojektide ajaline raamistik on väga lühike ja nende ehitustöid on vaja teha samaaegselt (vt joonis 12). Täiendavalt hakatakse alates 2022. aastast ehitama AS Eesti Raudtee infrastruktuuri ümber Ülemiste ja Muuga raudteejaamades ning Ülemiste - Lagedi ja Lagedi - Muuga raudteelõikudel seoses Rail Baltic reisiterminali ning raudtee rajamisega.

Projekti nimetus	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Lääne-Harju raudtee kapitaalremont ja liiklusjuhtimise moderniseerimine								
Rail Baltic ehitustööd Eesti Raudtee raudteemaal								
Tapa sorteerimisjaama taastamine								
Tallinn-Tapa-Tartu ja Tapa-Narva raudtee renoveerimine ning õgvendamine								
Infrastruktuuriülene liiklusjuhtimise moderniseerimine								
Liikluskorralduse protsesside digitaliseerimine ja automatiseerimine								
Raudteeületuskohtade moderniseerimine								
Raudtee elektrifitseerimine								
Haapsalu (Rohuküla) raudtee ehitamine (2 etappi)								

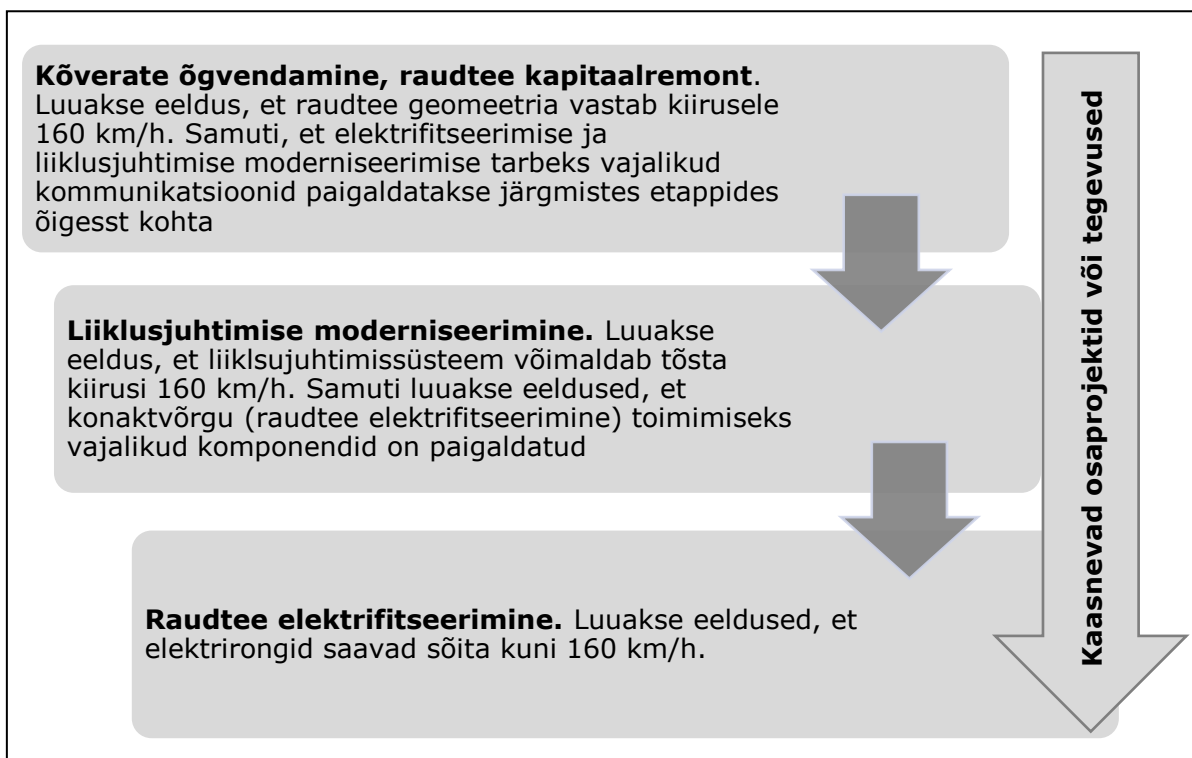
Projekteerimine
  Ehitamine

Joonis 12. AS Eesti Raudtee investeerimisprojektide ajaline raamistik

Allikas: koostatud autori poolt Eesti Raudtee andmetel

Üleriigilises planeeringus Eesti 2030+ [54] on sätestatud, et reisirongiliiklus on ainus riigisisene liikumisviis, mille abil on tulevikus võimalik vähendada märkimisväärselt aegruumilisi vahemaid ning reisirongiliikluse kiirus, sagedus ja kasutusmugavus peavad kasvama kõikides Eesti jaoks tähtsates suundades. Ühtlasi näevad nii üleriigiline planeering kui transpordi ja liikuvuse arengukava ette, et tulevikus tuleb rongide maksimaalselt lubatud piirkiirust suurendada kuni 160 km/h Tallinn-Narva-Peterburi, Tallinn-Tartu-Pihkva ja Tartu-Valga-Riia raudteeliinidel [34]. Arengukava elluviimisel soovitakse vähendada transpordisektori kasvuhoonegaaside heidet, energiatarvet ja välisõhusaasteaineid, nähes olulise vahendina kaubavedude suunamist maanteelt raudteele ja merele [46].

Joonisel 13 toob autor välja kiiruse tõstmisega kuni 160 km/h haakuvate mahukamate investeerimisprojektide ja allsüsteemide vastastikuse seotuse, seda nii omavahel kui ka raudteeinfrastruktuuri kasutava raudteeveeremiga.



Joonis 13. Teekaart kiiruseni 160 km/h jõudmiseks ja seosed allsüsteemide ning investeerimisprojektidega

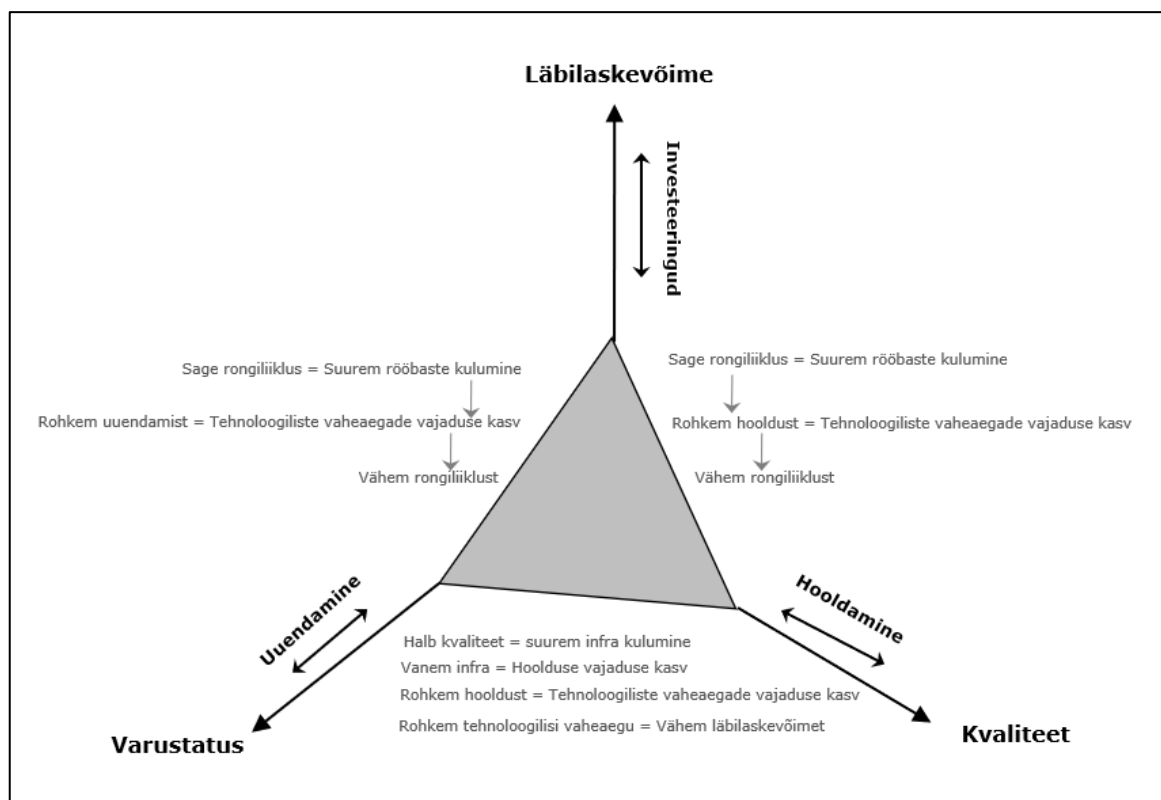
Arvestades alapeatükis 2.2 esitatut, on ilmselge, et investeerimisprogrammi projektide elluviimisega seondvalt raudteehoiutööde tehnoloogiliste vaheaegade vajaduse hulk aasta kohta on märkimisväärselt suurenenas. Kusjuures lõputöö koostamise hetkel ei ole teada nende täpne arv ja ajakava. Seega on ette teada, et tehnoloogiliste vaheaegadega kaasnevad planeerimise ja ajastamise ning liiklusgraafiku koostamise probleemid, samuti olulised häired rongiliikluses. Sellest tulenevalt peab autor vajalikuks tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise ja liiklusgraafiku koostamise protsessis identifitseerida kriitilised kohad, mida saaks edasi põhjalikumalt uurida ja analüüsida.

### 2.3. Probleemi struktureerimine

Läbilaskevõime hindamine on intensiivse kasutusega raudteevõrkude jaoks hädavajalik. Stabiilse planeerimise ja toimimise tagamiseks on vaja hinnata läbilaskevõime täituvust ja teha kindlaks võimalikud raudteeinfrastruktuuri kasutamise kitsaskohad [8].



Eelpool kirjeldatu põhjal on näha, et AS Eesti Raudtee infrastruktuuril on aasta-aastalt sõitnud üha enam reisironge. Selle võimaldamiseks on olnud vajalik hoida raudteeinfrastruktuuri korras ja lähiajal on algamas teenusekvaliteedi parendamise eesmärgil märkimisväärses ulatuses selle uuendamine, mistõttu omakorda tuleb rööbasteid ajutiselt sulgeda regulaarsetele rongidele. Kõik see on hädavajalik raudteesüsteemi toimimise, maksimaalse läbilaskevõime ja raudtee eeliste hoidmiseks ning saavutamiseks (vt joonis 14).



Joonis 14. Läbilaskevõime, kvaliteedi ja varustatuse vaheline seos [49]

Esimeses peatükis näitas autor, et raudteel tehtavad tööd tuleb planeerida rongiliikluse vabale ajale, st neid tuleb teha tehnoloogilises vaheajas. Sellel ajal on AS Eesti Raudtee raudteeinfrastruktuuri osad raudteehoidu tegeva töövõtja kasutuses. ASis Eesti Raudtee toimub suuremate raudteehoiutööde tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine sarnaselt alapeatükis 1.3 kirjeldatud rongide ja tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise protsessi sammudele. Suuremate raudteehoiutööde, mille kestvus ületab 6 tundi (Lääne-Harju raudteelõigul 4 tundi) planeerimiseks tuleb töövõtjatel esitada planeerimistaotlus hiljemalt kalendriaastale eelnevaks 15. detsembriks.

Väiksemate tööde tehnoloogilised vaheajad eraldatakse tellimuste alusel, kuid kinni tuleb pidada tellimuse esitamisele seatud tähtaegadest: a) rahvusvahelise reisirongiliikluse

katkestamisega mitte hiljem kui 90 kalendripäeva, b) riigisisese reisirongiliikluse katkestamisega mitte hiljem kui 45 kalendripäeva ja c) kaubarongiliikluse katkestamisega 25 kalendripäeva enne tehnoloogilise vaheaja algust.

Täpselt samasugune tellimus tuleb esitada kõikide kalendriaastaks planeeritud (taotletud) ja aastaplaani lülitatud tehnoloogiliste vaheaegade kohta. Seejärel korraldab AS Eesti Raudtee koostöös ettevõttesiseste ja -väliste osalistega tehnoloogiliste vaheaegade kooskõlastamise raudteeveo-ettevõtjatega. Kooskõlastamise tulemusena selgub lõplik tehnoloogiliste vaheaegade arv, nendega seotud rööbasteed ja kestvus. Tehnoloogilise vaheaja taotlemise ja tellimise protsesside illustreerimiseks autor koostas protsessi voodiagrammid, mis on näidatud vastavalt lisades 5 ja 6. Tehnoloogiliste vaheaegade aastaplaani väljavõtte Tallinn-Balti – Keila – Paldiski/Turba raudteelõigu kohta on toodud lisas 7.

Tehnoloogilise vaheaja taotluseks ja tellimiseks ning liiklusgraafiku väljatöötamiseks vajaminevad põhiaandmed on järgmised [5]:

- mis tuleb rongiliikluseks sulgeda: jaamavahe, jaamateed, pöörangud jms;
- tingimused rongiliikluse korraldamiseks;
- töörongide paiknemine enne, pärast ja tehnoloogilise vaheaja ajal;
- töörongide liikumised töötamiseks ja tagasi ning teele saatmise järjekord;
- kiiruspiirangud enne ja pärast tehnoloogilist vaheaega.

Käesoleva ajani on AS Eesti Raudtee raudteevõrgul planeeritud tehnoloogilisi vaheaegu töövõtjate nõudmisel ehk tellimuste alusel katse-eksitusmeetodil. Üldjuhul esitavad töövõtjad need tellimused nii hilja kui võimalik. Tabelis 3 näidatud 2020. ja 2021. aasta suurenenud tehnoloogiliste vaheaegade nõudlus on juba põhjustanud AS Eesti Raudtee ja AS Eesti Liinirongid vahel vaidlusi. Arvestades, et aastas on 365 päeva, siis variantgraafikute arv iseloomustab muudatuste, kooskõlastuste jm administratiivsete tegevuste mahtu, mis kaasneb viimasel hetkel tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisega.

Tabel 3. Tehnoloogilised vaheajad ja variantgraafikud

<b>Näitaja</b>	<b>2020</b>	<b>2021 8 kuud</b>
Tehnoloogiliste vaheaegade arv	1 647	831
Variantgraafikute arv	296	269

Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee andmetel

Tehnoloogiliste vaheaegade kavandamine on kriitilise tähtsusega pikaajaline planeerimisprobleem, kuna see paneb aluse nii rongide liikumisele kui ka raudteehoiutöödele. See peab põhinema mõistliku perioodi peale ette teada olevale raudteehoiutööde ja rongiliikluse nõudlusele. Seda arvestades on investeerimisprogrammi elluviimisel tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisprobleemi riskiteguriteks katse-eksitusmeetodil kavandamine ja tehnoloogiliste vaheaegade arv.

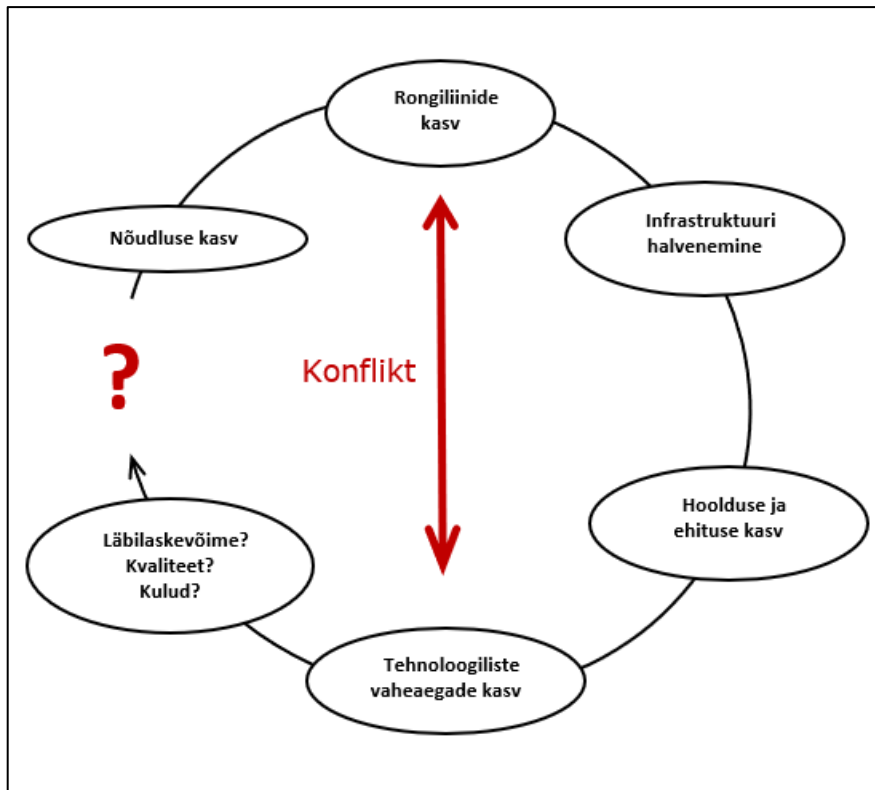
Raudteesüsteemile omase keerukusega kaasneb tehnoloogiliste vaheaegadega seonduvalt kõrge informatsiooni määramatus. Praktikas on raudteehoiu toimingud väga ebakindlad ja sagedaste häirete ning katkestustega. Raudteehoiutöid on võimalik jagada erinevateks alategevusteks, millistel igapähe on oma nõuded ja need tegevused on üksteisega tegemise järjekorras või prioriteedi poolest seotud.

Ennetavate ja prognoosivate raudteehoiutööde planeerimine ning ajastamine raudteevõrgul on keeruline, kuna tuleb arvestada paljude piirangutega, sealhulgas ohutusreeglite, rongiliikluse häirete ja tehnoloogilise vaheaja pikkusega [10]. Rongiliiklus tuleb sulgeda kuni raudteehoiutöö tegevus on lõpetatud. Ohutusnõuded sätestavad raudteelõigu vabastamise ajad ühe rongi möödumise ja vastupidises suunas liikuva rongi saatmiseks [1]. Liiklushäirete tekkimisel puuduvad raudteel ümbersuunamise võimalused, rongid segavad paratamatult eelnevalt planeeritud raudteehoiutöid [18].

Raudteefrastruktuuri uuendamise projektide elluviimisega seonduvalt suureneb järgneval viiel aastal tehnoloogiliste vaheaegade eraldamise vajadus hüppeliselt ja vaidlused raudteeveo-ettevõtjatega on järjest enam süvenemas. Tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisel on kaks põhiprobleemi: selgitada välja tööde tegemiseks vajaminevad ajavahemikud, ja kuidas need võimalikult hästi ehk rongiliiklust minimaalselt häirivalt paigutada liiklusgraafikusse. Kõik see hõlmab tehnoloogiliste vaheaegade taotlemist ja tellimist ning heakskiidu saamist raudteefrastruktuuri-ettevõtjalt (vt läbilaskevõime eraldamise protsess).

## 2.4. Uurimisküsimused

Käesoleva uurimistöö probleemiks on, et kuigi on otsustatud mahuka investeerimisprogrammi elluviimine AS Eesti Raudtee infrastruktuuril, ei ole teada, kas ja kuidas ettenähtud ajaperioodil kõik investeeringutega seotud raudteehoiutööd mahutada liiklusgraafikusse. Raudteeinfrastruktuuri hooldamine ja arendamine on hästitoimiva raudteesüsteemi loomiseks ülioluline. Kirjanduses märgitakse [26; 30], et raudteehoid koosneb suurest hulgast erinevatest tegevustest, mis nõuavad märkimisväärseid ressursse ja suurt eelarvet. Raudteehoiutööde tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliinide liiklusgraafikusse kavandamisel tekib konflikt, kuna mõlemad tegevused välistavad üksteist (vt ka joonis 15).



Joonis 15. Raudteehoiu ja läbilaskevõime tehniline vastastikune seos [20]

Planeerimiskonflikt on kriitiline raudteelõikudel, kus on intensiivne rongide liikumissagedus ja/või ööpäevaringne rongiliiklus – eriti olukorras, kus nii rongiliikluse nõudlus kui ka raudteehoiutöödega seonduvalt tehnoloogiliste vaheaegade vajadus on kasvava trendiga [2]. Autor leiab, et nii on see ka AS Eesti Raudtee raudteeinfrastruktuuril, kus liiguvad nii reisi- kui ka kaubarongid, reisivõime üha

suurema nõudluse tõttu on kaubarongid sunnitud sõitma öösel, jättes raudteehoiutöödeks järjest vähem võimalusi nii päeval kui ka öösel. Lisandub raudteeturu dereguleerimine, mille üldine eesmärk on raudteevaldkonna avamine konkurentsiks. Raudteehoiu tegemisel on see suund toonud kaasa töövõtjatelt teenuse sisseostmise, mis riigihangete ja lepinguliste suhetega on planeerimise omakorda muutnud keerukamaks.

Teenuse sisseostmisel on eeliseid, nagu kulude ja personali vähendamine. Samas sellel on ka negatiivsed mõjud, nagu näiteks kontrolli puudumine, kõrged tehingukulud ja väiksem paindlikkus [53]. Autor arvab, et kõik need tegurid – raudteehoiutööde ja rongiliikluse suurenev maht ning vastastikune seos, organisatsioonilised aspektid – eeldavad järjest tõhusamat ja läbimõeldumat planeerimist ning samuti edasisi sellealaseid uuringuid.

Oma töös keskendub autor raudteehoiu ja liiklusgraafiku kavandamise koordineeritud protsessidele ning tegevustele. Seega on autor vähem huvitatud sellest, kuidas konkreetselt mingisugust raudteehoiutööd tehakse. Viimane on iseenesest eraldiseisvana oluline teema uurimiseks, sh sisaldades tõhusat projektide planeerimist, lean-juhtimise põhitehnikate kasutamist tööde korraldamisel, tööde automatiseerimist, ressursside planeerimist jne. Samuti ei uuri autor, kuidas prognoosida tulevasi raudteehoiutöid.

Selle asemel lähtub autor (teatud ebamäärasusega) ette teada raudteehoiutöödest, ja püstitab eesmärgi välja selgitada, kuidas Eesti raudteevõrgul kavandada tehnoloogilisi vaheaegu optimaalselt ning rongiliiklust võimalikult vähe takistades. Üldiselt planeeritakse mõlemad samas protsessi etapis. Samas tekib sageli olukord, kus ühte tüüpi tegevused on vaja sobitada minimaalsete mõjutustega juba eelnevalt kavandatud tegevuste tehnoloogiliste vaheaegadesse või võimalikult palju arvestades tulevasi võimalikke vajadusi, olgu selleks raudteehoid või rongiliiklus.

Tänapäeval on võimalik kasutada erinevaid optimeerimise lahendusi. Kahjuks on üks suur puudus, mis takistab lahenduste loomist praktikas: peaaegu alati esinevad mingisugused häired, sisendandmete muutused, häired, viivitused või muud ettenägematud sündmused [17].

Tulenevalt tutvustatud probleemist ja selle kontekstist sõnastas autor käesoleva lõputöö uurimisküsimused, mis seostatult magistritöö osadega on esitatud tabelis 4. Autori peamine eeldus on, et nii raudteehoid kui ka raudteeliiklus tuleks planeerida koos ja seda võimalikult efektiivselt. Kuigi avaliku raudteeinfrastruktuuri valdaja põhieesmärk on oma

valduses oleva raudtee kasutada andmine raudteeveo-ettevõtjatele, ei pruugi raudteeliiklus alati olla prioriteetne raudteehoiu ees. Neid mõlemat on vaja ja on üksteisest sõltuvad – ilma raudteehoiutöödeta raudteeliiklus muutub ühel hetkel võimatuks, raudteeliikluse puudumisel pole mõtet teha raudteehoidu. Seega on ülesandeks leida tasakaal, mis peab kajastuma planeerimis- ja kavandamisprotsessis.

Tabel 4. Uurimisküsimused ja nende seosed magistritööde osadega

<b>Küsimus</b>	<b>Töö osa</b>
1. Milline on olemasolev tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise protsess Eestis?	Peatükk 1 ja 2 ning alapeatükk 4.1
2. Mis on prioriteetsed kitsaskohad tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku kavandamise protsessis?	Alapeatükid 2.3 kuni 2.4 ning 4.1 kuni 4.2
3. Milliseid optimeerimismeetodeid kasutatakse tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku planeerimisel?	Alapeatükid 1.3 kuni 1.5
4. Mida on vaja teha optimeerimismeetodite juurutamiseks Eestis?	Alapeatükid 4.3 kuni 4.4

Järgmises peatükis tutvustab autor oma uurimistöö metoodikat ja selgitab empiiriliste andmete kogumist.

## 3. METOODIKA

### 3.1. Uurimisstrateegia

Plaaniline ja eesmärgipärane uurimustöö on etappidest koosnev protsess. Sellesse kuuluvad teemasse sisseelamine ja kava koostamine, uurimuse tegemine ja uurimisraporti koostamine [19].

Uurimisstrateegiana kasutas autor juhtumiuuringut. Viimane on ühe või mitme analoogilise juhtumi põhjalik uurimine tema loomulikus keskkonnas. Uurimisülesanded on tihedalt seotud uurimistöös püstitatud probleemidega, nendest lähtudes võtab see sihikule mingi probleemi kõrvaldamise [24, 25]. Antud lõputöö läbiv meetod on juhtumianalüüs, mis seisneb AS Eesti Raudtee kui Eesti suurima avaliku raudtee majandaja näitel tehnoloogiliste vaheaegade kavandamise iseloomustamises ja andmete uurimises.

Autor ühendas või kombineeris kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid uurimistehnikaid, meetodeid, lähenemisviise või kontseptsioone üheks uuringuks. Sellise strateegia eelist saab illustreerida, kuidas sõjaväeüksused navigeerivad ja kasutavad sihtmärgi täpse asukoha määramiseks mitut võrdluspunkti. Samamoodi, kogudes ühe ja sama uuringu kohta erinevat tüüpi andmeid, suurendatakse andmete täpsust. Kokkuvõtvalt näitab autor lõputöös kasutatud andmekogumismeetodeid tabelis 5.

Tabel 5. Ülevaade uurimistöös kasutatud meetoditest

Vahend	Kvalitatiivne (mõistmine)	Kvantitatiivne (kinnitamine)	Andmete allikas
Osalusvaatlus (koosolekud ja arutelud)	Tegevuste põhimõtetest arusaamine	-	Otsustajad, planeerijad, koordineerijad
Poolstruktureeritud intervjuud		-	
Metaanalüüs	Protsessidest arusaamine	Statistiliste andmete ja kulutundlikkuse analüüs	Protsessid, andmebaasid, kirjandus

Magistritöö autor alustas uurimist kirjanduse ja tehnoloogiliste vaheaegade eraldamise tegevuste läbitöötamisega tuvastamaks probleemi. Ta osales tehnoloogiliste vaheaegade taotlemisega seotud koosolekutel, kus osalesid ka Eesti Raudtee teised, raudteehoiu

töövõtja ja raudteeveo-ettevõtja esindajad. Eesmärgiks oli mõista tehnoloogilise vaheaja ja raudteele juurdepääsu vastastikust mõju tegelikkuses. Kui probleem ja eesmärk olid sõnastatud, viis autor läbi intervjuud ja kogus empiirilisi andmeid. Tabelis 6 tuuakse autori poolt täidetud ülesanded ja andmeallikad, millest ta edasises uurimistöös lähtus.

Tabel 6. Uurimisülesanded

<b>Ülesanded</b>	<b>Andmeallikad</b>
Läbilaskevõime protsessiga, sh tehnoloogiliste vaheaegade seotud mõistete ja tegevuste kirjeldamine Eesti raudteevõrgul	Intervjuud ja dokumendid
Tehnoloogiliste vaheaegade probleemide kirjeldamine	Intervjuud ja andmebaasid
Tehnoloogiliste vaheaegade andmete uurimine ja analüüs	Tehnoloogiliste vaheaegade plaanid, andmebaasid
Infrastruktuuri kasutamise tasu mudeli koostamine ja tehnoloogiliste vaheaegade tõttu saamata jäänud infrastruktuuri kasutustasu väljaselgitamine	Andmebaasid, kirjandus

Lõputöö esimeses peatükis alustati probleemi tuvastamist teoreetilise ülevaatega. Teises peatükis iseloomustati AS Eesti Raudtee protsesside ja arengusuundade alusel tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliinide kavandamist. Autor koostas läbilaskevõime eraldamise üldise ja tehnoloogiliste vaheaegade taotlemise protsessi kirjeldused, et mõista, kuidas need protsessid toimivad. Samuti struktureeriti uurimisprobleem ja püstitati uurimisülesanded. Sellele järgnevad poolstruktureeritud intervjuude kaudu, kehtivatest dokumentidest ja andmebaasidest informatsiooni kogumine. Andmeanalüüs hõlmab statistiliste andmete kirjeldavat ja kulutundlikkuse analüüsi.

### **3.2. Andmeallikad**

Autor kasutab oma lõputöös nii esmaseid kui ka sekundaarseid (teiseseid) andmeid. Kõigepealt viiakse läbi esmaste andmete kogumine ja analüüs. Autor soovib saada vastuseid järgmistele küsimustele.

- Millised on tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise protsessis osalejad ja sellega seotud AS Eesti Raudtee struktuuriüksused?
- Millised on peamised kitsaskohad tänases protsessis?
- Milliseid parendusettepanekuid pakuvad protsessi osalejad?



Küsimustele vastamiseks töötas autor läbi raudteevaldkonna Euroopa Liidu ja rahvuslikud õigusaktid, teoreetilise materjali ning avaliku raudtee valdaja raudteeinfrastruktuuri kasutada andmise protsessi juhendid. Esmase andmete põhjal selgitatakse raamistik, piirangud, protsessi osalised ja tegevuste ulatus. Sellise lähenemisega saadakse võrdlusmaterjal ja intervjuude käigus kinnitused või vastuväited sarnaste probleemide olemasolule Eesti raudteesüsteemis.

Uurimistöö põhineb paljuski intervjuudel. Selleks, et saada ülevaade raudteehoiu tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse planeerimise hetkepraktikast, viis autor läbi intervjuud planeerijate, koordineerijate, tehniliste ekspertide ja juhtidega, kes on seotud raudteehoiuga ning liiklusgraafiku koostamisega Eesti raudteesüsteemis. Intervjueerimise eesmärk oli saada selgus ja määratleda, milliste planeerimise protsessi tegevuste ja teguritega nad kokku puutuvad. Sealhulgas, mis on täna ja saavad edaspidi olema kitsaskohad investeringutega seotud raudteehoiutööde liiklusgraafikuse mahutamisel ning mis oleksid võimalikud lahendused. Intervjuud aitavad täpsustada protsessi osaliste vajadusi ja annavad sisendi võimalikeks protsessi tegevuste parendamiseks.

Intervjuude eelis teiste andmekogumismeetodite ees on paindlikkus, need annavad võimaluse andmekogumist vastavalt olukorrale ja vastajale reguleerida. Intervjuus võib näiteks varieerida käsitatavate teemade järjekorda. Valik intervjuu kasuks tehakse tavaliselt järgmistel põhjustel [24]:

- soovitakse rõhutada, et uurimisolukorras tuleb inimesele anda võimalus väljendada ennast võimalikult vabalt;
- teemaks on vähe uuritud, tundmatu või spetsiifiline valdkond;
- tulemused soovitakse paigutada laiemasse konteksti;
- kui on teada, et uurimise teema kohta on oodata palju erinevaid vastuseid;
- soovitakse saadud vastuseid täpsustada;
- soovitakse saada põhjalikku teavet;
- uuritakse raskeid või tundlikke teemasid.

Autor valis tehnikaks poolstruktureeritud intervjuu. See tähendab, et intervjueeritavalt küsitakse küsimused, kuid vastajale ei anta valikuvariante ega teda ei suunata. Poolstruktureeritud intervjuu käigus on võimalik olulisi sisuliselt tähtsaid detaile täpsustavate küsimustega teada saada ja vastaja kogemusi paremini mõista [18]. Poolstruktureeritud intervjuu kasutamise kasuks otsustas autor eelkõige sellepärast, et

raudteehoiu tehnoloogiliste vaheaegade kavandamise teemat ei ole Eestis uuritud ja tegemist on spetsiifilise valdkonnaga. Samuti põhjusel, et siiani praktiseeritakse Eestis rongide liiklusgraafiku koostamist lähtuvalt rongiliikluse fookusest ning raudteehoiutööd on seejuures pigem jäänud tagaplaanile, mistõttu oli juba eelnevalt oodata erinevaid ja vastakaid vastuseid.

Sekundaarandmestikuna kasutati infosüsteemidesse talletatud andmeid, mida autor analüüsis Microsoft Excel'i abil. AS-is Eesti Raudtee tehnoloogiliste vaheaegade andmetega seotud peamised infosüsteemid on ERP (Microsoft Dynamics 365), vagunite jälgimise süsteem (VJS) ning juhtumite registreerimise ja menetlemise keskkond Pony. Oluline on märkida, et tehnoloogiliste vaheaegade andmeid AS-is Eesti Raudtee on kogutud lühikest aega, kuid neid ei ole siiani analüüsitud ja kasutatud otseselt autori lõputöö uurimisprobleemi eesmärgil.

### **3.3. Modelleerimine**

#### **Protsesside modelleerimine**

Avaliku sektori organisatsioonidele on protsessipõhise juhtimismudeli juurutamiseks, protsessikaardistuse läbiviimiseks ning ettevõtte töö korrastamiseks ja parendamiseks välja töötatud juhend „Avaliku sektori äriprotsessid. Protsessianalüüsi käsiraamat“. Antud juhend sisaldab metoodikaid, mis on hinnatud parimateks protsessipõhisest juhtimisest lähtuvalt. Juhendi hinnangul muudab protsessipõhine juhtimine ettevõtteid läbipaistvamaks, võimaldab välja töötada toimiva tulemuslikkuse mõõtmise süsteemi ning parandab kulude ja ressursikasutuse jälgimise võimekust [14].

Protsesside lihtsustamisel ja tuleviku protsesside loomisel lähtutakse kulusäästliku (*lean*) juhtimisfilosoofia põhimõtetest, mille eesmärk on saavutada vähemaga rohkem ehk tuvastada protsessidest ebaefektiivsed toimingud ja need kõrvaldada [36]. Protsesside kirjeldamisel kasutas autor vabavaralist modelleerimisvahendit Bizagi Process Modeler. Viimast seetõttu, et selles kasutatav BPMN notatsioon on Eestis laialdaselt kasutuses.

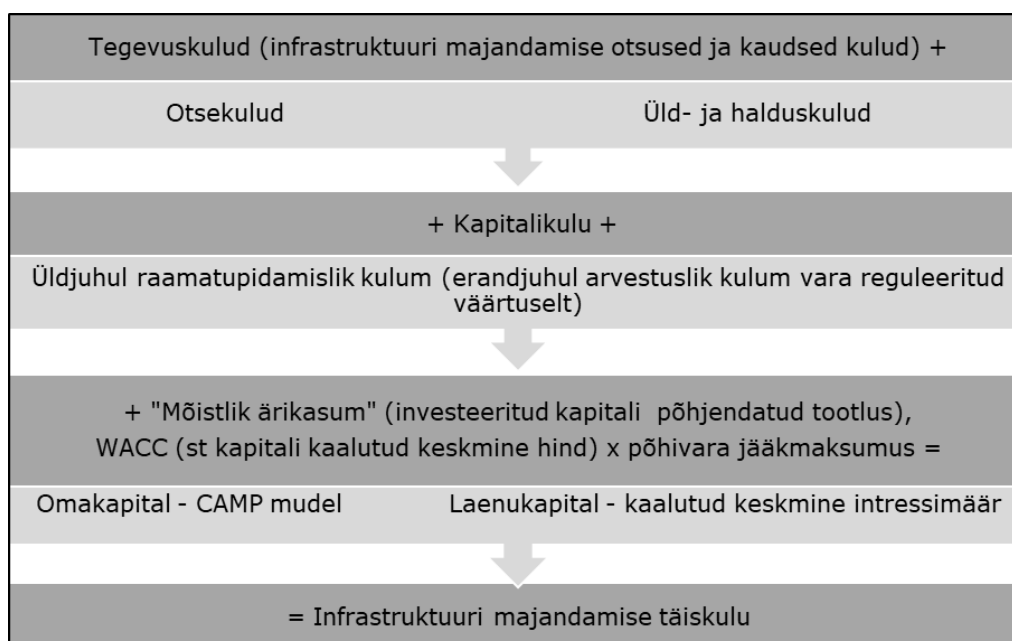
BPMN (*Business Process Modeling Notation*) on äriprotsesside modelleerimise notatsioon. BPMN kasutab ainult ühte tüüpi diagrammi – äriprotsessi diagrammi. BPMNi diagrammi on kujundatud lihtsa ja arusaadavana, samas võimaldades modelleerida keerukaid äriprotsesse. BPMNi loomisel oli üheks põhieesmärgiks luua standard, mis võimaldab

äripoole kasutajatel mõista protsessijooniseid. See võimaldab luua visandeid protsessist, et töötajad saaksid jooniste põhjal protsessid juurutada [39].

### **Loobumiskulu (saamatajäänud raudteeinfrastruktuuri kasutustasu) modelleerimine**

Raudteeveoteenuse osutamiseks on raudteeveo-ettevõtjal õigus raudteeinfrastruktuuri kasutustasu, kasutusaja ja muude kasutustingimuste osas diskrimineerimata kasutada avalikku raudteed [42]. Raudteeinfrastruktuuri kasutamiseks sõlmib raudteeveo-ettevõtja lepingu ning tasub infrastruktuuri-ettevõtjale Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti poolt määratud raudteeinfrastruktuuri kasutamise tasu ja kasutustasu lisatasusid [23].

Raudteeinfrastruktuuri kasutamise tasu arvutamist reguleerib majandus- ja kommunikatsiooniministramäärusega kinnitatud meetodika [43]. Viimase kohaselt võib raudteeinfrastruktuuri kasutamise tasu juurdepääsu tagavate põhiteenuste (minimaalse juurdepääsupaketi) eest katta raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja otse- ning üld- ja halduskulud, samuti põhivara kulumi ja põhivara põhjendatud tootluse (nn mõistliku ärikasumi) [43]. Joonisel 16 on kujutatud raudteeinfrastruktuuri kasutustasu kujunemise üldskeem (hinnalagi). Euroopa Liidu direktiivi 2012/34 kohaselt aga ei tohi infrastruktuuri kasutustasu takistada turulepääsu raudteeveo-ettevõtjatel, kes suudavad tagada vähemalt muutuvate otsekulude (nn otseste kulude) tasumise, mis moodustavad hinnaläve. Kelle maksevõime on suurem, neile on võimalik rakendada kasutustasu lisatasusid.



Joonis 16. Raudteeinfrastruktuuri kasutamise tasu kujunemine Eestis [47]

Infrastruktuuri kasutustasu ühikukulude leidmisel on kulukäituriks rongide käibe (rongikilomeetrites) ja veeremi töö (bruto tonnkilomeetrites) koondfunktsioon raudteelõikudel, millele eraldatakse läbilaskevõime osa. Läbilaskevõime osa rongikilomeetrites ja bruto tonnkilomeetrites saab väljendada alljärgnevate valemitega:

$$\text{Läbilaskevõimeosa rongikilomeetrites} = \text{lõigu pikkus} \times \text{rongide arv} \quad (1)$$

$$\text{Läbilaskevõimeosa bruto tonnkilomeetrites} = \text{keskmise rongikaal} \times \text{rongikilomeetrid} \quad (2)$$

Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti 20. novembri 2020 otsusega nr 1-7/20-045-TI määratud AS Eesti Raudtee raudteeinfrastruktuuri kasutustasu ja kasutustasu lisatasu määrad reisirongidele liiklusgraafikuperioodil 2020/2021 on toodud tabelis 7.

Tabel 7. Raudteeinfrastruktuuri kasutustasud ja kasutustasu lisatasud liiklusgraafiku-perioodil 2020/2021, eurodes

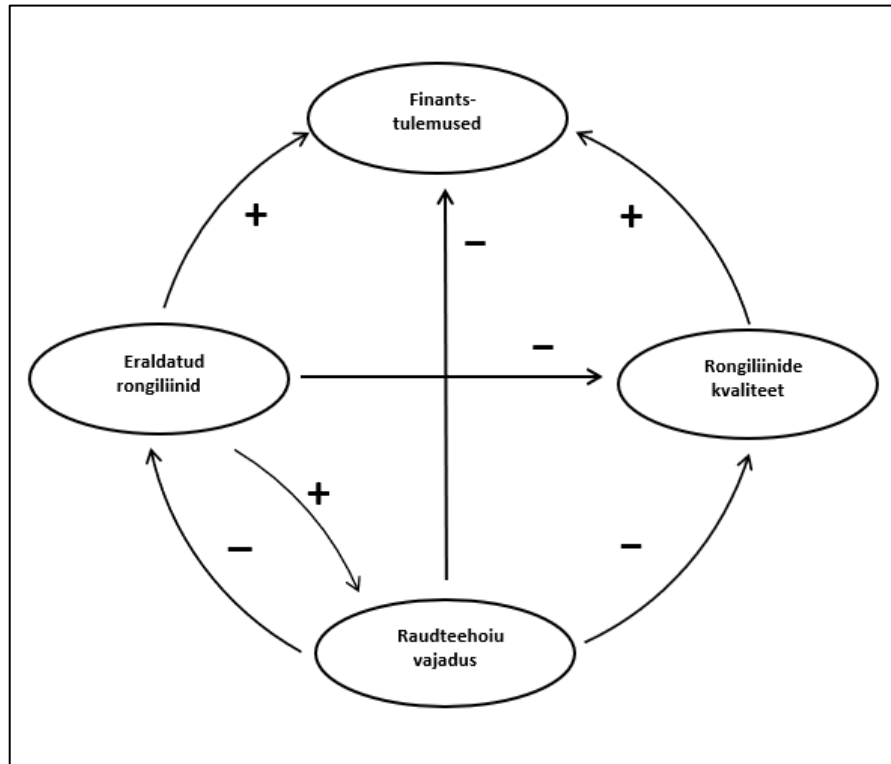
Näitaja	Rongikilomeeter	Bruto tonnkilomeeter
Põhiteenuse kasutustasu	0,52	0,00155
Lisatasu siseriiklikule reisijateveole	1,57	0,00287
Kokku	2,09	0,00442

Teades kasutustasu määrasid on raudteelõigu infrastruktuuri kasutamise tasu ühe rongi kohta väljendatav alloleva valemiga.

$$\text{Kasutatud raudteelõigu infrastruktuuri kasutustasu} = 2,09 \times \text{läbilaskevõimeosa rongikilomeetrites} + 0,00442 \times \text{läbilaskevõimeosa bruto tonnkilomeetrites} \quad (3)$$

Käesoleva magistritöö alapeatükis 1.3 tõi autor välja, et raudteehoiuks kasutatavad tehnoloogilised vaheajad vähendavad läbilaskevõimet. Seda seetõttu, et neid võib võtta kui eraldiseisvaid ronge, mis vähendavad liiklusgraafikus kavandatud rongide liikumiste arvu. Seega AS Eesti Raudtee kui avaliku raudteed majandava raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja jaoks tähendab iga käigust ära jäetud rong saamata jäänud raudteeinfrastruktuuri kasutamise tasu ehk loobumiskulu. Sellest tulenevalt on autoril oluline olemasolevate sekundaarsete andmete alusel selgitada, analüüsida ja võrrelda, kui palju tehnoloogiliste vaheaegade tõttu ronge käigust ära jääb ja kui palju seepärast

jääb infrastruktuuri kasutamise tasu saamata. Raudteehoiu ja läbilaskevõime vastastikuse majandusliku seose illustreerimiseks koostas autor kirjanduse andmetel joonise 17.



Joonis 17. Raudteehoiu ja läbilaskevõime vastastikune majanduslik seos [20]

Arvestades seda, et kaubarongide jaoks on liikumisel tähtsamal kohal teekonna läbimine ja manöövrите tegemine sõlmjaamades, mitte niivõrd kohalejõudmise ajaline täpsus, siis otsustas autor teha analüüsi ainult reisirongide andmete näitel.

Analüüsiks valis autor raudteehoiutööde perioodi aprill-november 2021. a ning sel ajal AS Eesti Raudtee infrastruktuurile suuremate raudteehoiutöödega seonduvalt järgmised kolm kriitilisemat raudteelõiku.

- Raudteelõik nr 1: Jõgeva-Tartu, aprill-august 2021. a uue Emajõe raudteesilla ehitustöödega seotud tehnoloogiliste vaheaegade mõju.
- Raudteelõik nr 2: Tallinn-Ülemiste, september-november 2021. a Kitseküla piirkonnas uue peatee rajamise ja Balti jaamas liiklusjuhtimissüsteemi uuendamisega seotud tehnoloogiliste vaheaegade mõju.
- Raudteelõik nr 3: Tallinn-Keila, aprill-august 2021. a Tallinnas Paldiski mnt viadukti laiendamise ja raudtee kapitaalremondi ning Tallinn-Balti jaamas pöörangute vahetusega seotud tehnoloogiliste vaheaegade mõju.

Eeltoodust esimene raudteelõik on seotud alapeatükis 2.2 nimetatud Tallinn-Tartu-Pihkva raudteeliinil maksimaalselt lubatud piirkiiruse suuerendamisega kuni 160 km/h ning teine ja kolmas lõik Lääne-Harju raudtee kapitaalremondi ja liiklusjuhtimise moderniseerimisega.

AS Eesti Raudtee andmebaasi nädalapäevade andmete põhjal kogus autor kokku kolme raudteelõigu kohta lähteandmed, koondas need ja esitab kokkuvõtlikult tabelis 8.

Tabel 8. Lähteandmed saamata jäänud kasutustasu arvutamiseks

<b>Raudteelõik</b>	<b>Pikkus, km</b>	<b>Rongi keskm. kaal</b>	<b>Käigust jäetud rongide arv</b>	<b>Käiku määratud rongide arv</b>
Jõgeva-Tartu	47,77	153,9	31	3
Tallinn-Ülemiste	6,45	149,8	3 089	216
Tallinn-Keila	26,69	141,3	205	0

Autor eeldab, et investeerimisprogrammi elluviimise ajal raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja kaotab tuludes, mis väljendub tehnoloogiliste vaheaegade tõttu läbilaskevõime kaotuses reisivole. Autor lähtub optimumi (miinimum, kuid mitte null) leidmisest, et minimeerida tühistatud ja osaliselt kasutatud tehnoloogilisi vaheaegasid.

### **3.4. Poolstruktureeritud intervjuud**

Autori koostatud tabelis 9 on toodud intervjuueeritavate ametikoht, nende roll ja kogemus. Üks osaleja kaheksast otsustas intervjuus mitte osaleda. Enamus intervjuueeritavate tööandjaks on AS Eesti Raudtee, kuid olulisemate raudteehoiu töövõtjate ja raudteeveo-ettevõtjate esindajatega said intervjuud samuti läbi viidud. Uuringus osalenud seitsmest eksperdist kaks olid naised ja viis mehed.

Parema üksteisemõistmise eesmärgil olid intervjuud iga eksperdiga eraldiseisvalt kas silmast silma või videokõne kaudu [56]. Enne intervjuud sai kõikide osalistega telefoni teel ühendust võetud, selgitatud intervjuu eesmärki ja ühtlasi lepitud kokku konkreetne intervjuu aeg. Esialgu oli intervjuude kestvuseks planeeritud kuni 1 h, kuid tegelikkuses venisid need 1,5 kuni 2 h pikkusteks. Autor viis intervjuud läbi juulis, novembris ja detsembris 2021.

Tabel 9. Intervjueeritavad, ametikoht, roll, kogemus

<b>Intervjuu nr</b>	<b>Ametikoht</b>	<b>Roll</b>	<b>Kogemus (aastat)</b>
Intervjuu 1	Teenistuse direktori asetäitja	Liikluse korraldamine (Eesti Raudtee)	27
Intervjuu 2	Osakonna juhataja	Rongiliikluse planeerimine (Eesti Raudtee)	8
Intervjuu 3	Grupijuht	Remondi- ja ehitustööde tehnoloogia (Eesti Raudtee)	17
Intervjuu 4	Osakonna juhataja	Teejärelevalve (Eesti Raudtee)	24
Intervjuu 5	Projektijuht	Raudteehoiutööde kavandamine (töövõtja)	7
Intervjuu 6	Juhatus liige	Raudteehoiutööde korraldamine (töövõtja)	12
Intervjuu 7	Osakonna juhataja	Vedude korraldamine (raudteeveo-ettevõtja)	9
Intervjuu 8	Valdkonnajuht	Raudteeohutus (raudteeveo-ettevõtja)	2

Poolstruktureeritud intervjuud andsid palju teavet. Intervjuud algasid autori lõputöö teema, probleemi ja eesmärgi tutvustamisest. Kohtumistel puudus ankeetküsimustik, kuid autori magistritöö peamistest uurimisküsimustest lähtuvalt oli fookus järgmistel teemadel:

- milliste protsesside ja tegevustega tehnoloogilise vaheaegsid ning rongiliiklust käesoleval ajal planeeritakse;
- kui palju ja millise kestvusega tehnoloogilisi vaheaegsid on taotletud ning eraldatud;
- mis on prioriteetsed kitsaskohad tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisel;
- kas ja kuidas lähiaastatel investeeringutega seotud raudteehoiutööd mahutada liiklusgraafikusse;
- kuidas planeerida tehnoloogilisi vaheaegsid ja rongiliiklust koos;
- millised on mõjud ja kulud;
- parandusettepanekud.

Intervjueeritavate valikul lähtus autor sellest, et esindatud oleksid raudteefrastruktuuri-ettevõtja, raudteehoiuga tegeleva töövõtja ja raudteeveo-ettevõtja võtmeametikohad, kes tegelevad tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse planeerimisega.

Intervjuutulemuste analüüsiks kasutas autor kodeerimist. Teoreetilise kodeerimise puhul lähtub uurija enam uurimishuvist, kodeerides informatsiooni teema, teemagruppide raames või läbiva teema esilekerkimisel. Seetõttu on protsess tugevasti analüüsija poolt juhitud, pakkudes pigem üldiselt vähem kirjeldavat analüüsi, kuid seevastu detailsemat analüüsi mõne andmestikus sisalduva ning uurimishuvi seisukohast oluliseks peetava aspekti osas [9].



## 4. ANALÜÜS JA SÜNTEES

### 4.1. Intervjuude tulemused

Järgnevalt esitab autor tabelis 10 kokkuvõtlikult intervjuude tulemused. Need põhinevad autori märkmetel.

Tabel 10. Intervjuu tulemuste kokkuvõte

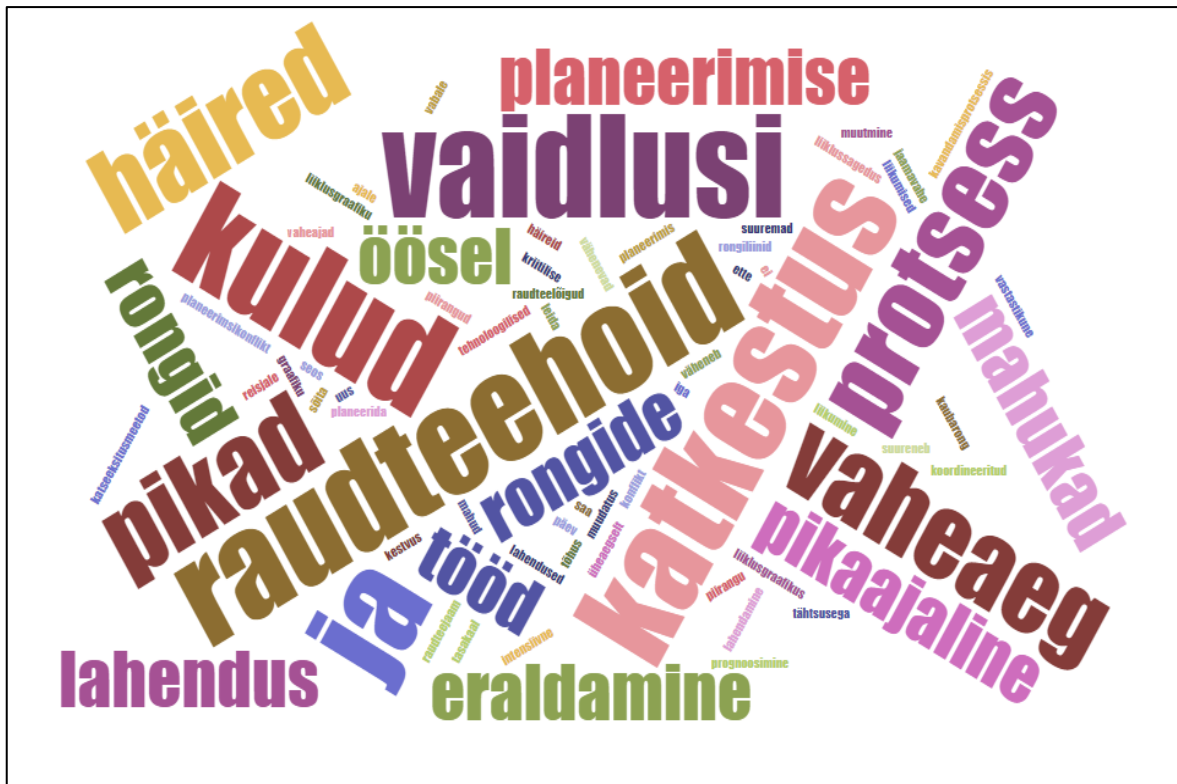
Küsimus	Vastus
Milliste protsesside ja tegevustega tehnoloogilisi vaheaegu ning rongiliiklust käesoleval ajal planeeritakse?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tehnoloogiliste vaheaegade planeerija ja kooskõlastaja on raudteeteinfrastruktuuri-ettevõtja, kes peaks seda tegema õigusaktide, eeskirjade ja juhiste nõuete järgi.</li><li>• Tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku planeerimine on keeruline ning ilma selgete põhimõtete ja juhisteta on protsessi osalistel raske aru saada erinevatest planeerimisotsustest.</li><li>• On raske, sest meil pole antud või kättesaadavad juhised ning need puuduvad, seega igaüks peab ise vaatama, kuidas võimalikult hästi hakkama saab.</li></ul>
Kui palju ja millise kestvusega tehnoloogilisi vaheaegu on taotletud ning eraldatud?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Nõudlus kasvab, siis suureneb surve ka infrastruktuuri-ettevõtja koordineerija rollile. Seda eriti olukorras, kus raudteehoiu ja rongiliinide planeerimise osalistel on halb vastastikune arusaam üksteise vajadustest või nad ei hooli neist.</li><li>• Tehnoloogilistest vaheaegadest pole pääsu, aga samas reisirongidele peab olema tagatud tavapärasel mahus ja ajagraafikus rongide liikumine.</li></ul>
Milliseid süsteeme ja personali kasutatakse?	Tehnoloogiliste vaheaegade planeerijate kui ka liiklusgraafiku koostajate teadmised põhinevad suuresti väljakujunenud praktilistel kogemustel.
Millised on prioriteetsed kitsaskohad tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisel?	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kõige tähtsamat kitsaskohta tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisel on raske välja tuua.</li><li>• Raudteeveo-ettevõtjad leidsid, et planeerimisel peaks primaarne olema rong ja raudteehoiu töövõtjad vastupidi, et rongiliikluses tuleb teha järeleandmisi ja sellega võimaldama tööde tegemist.</li><li>• Kõik pidasid võtmekohaks tehnoloogiliste vaheaegade ning rongiliikluse integreeritud planeerimist.</li><li>• On raske, sest tihti kuigi oled järginud kõiki kehtestatud reegleid, siis lükatakse kõige mõistlikuma lahendusega tehnoloogilise vaheaja taotlus tagasi, sa saad ainult seda öelda, aga midagi ette võtta ei saa.</li><li>• Infotehnoloogiliste lahenduste puudulikkus tuli korduvalt välja</li></ul>

Tabel 10 (järg)

Küsimus	Vastus
Kas ja kuidas lähiaastatel investeringutega seotud raudteehoiutööd mahutada liiklusgraafikusse?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kui me nõustuksime tehnoloogiliste vaheaegade taotlejate kõikide soovidega, peaksime igale rongile tegema igaks päevaks uue sõiduplaani.</li> <li>Optimeerimismeetodid, mis põhinevad stsenaariumite kogumil, võivad olla huvitavad seda tüüpi planeerimisprobleemi lahendamisel.</li> </ul>
Kuidas planeerida tehnoloogilisi vaheaegu ja rongiliiklust koos?	Tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine ja lahenduste leidmine on sama keeruline, nagu seda on läbilaskevõime jagamisel rongiliinide kavandamine, ning vajalik on jätkata uurimistöödega, mis aitavad mõlema planeerimise protsesse parandada ja optimeerida.
Millised on mõjud ja kulud?	Tehnoloogilistes vaheaegades tehtavad tööd peavad olema sedavõrd hästi kavandatud, et pärast rongide sõiduplaanide muutmist ei esineks enam viivitusi ja seetõttu ei peaks sõiduplaane uuesti muutma hakkama.
Millised ettepanekud on muudatusteks?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kui suudetaks juba enne liiklusgraafikus kehtestamist näidata, et teatud raudteehoiutööde korral saab taotleja kindlate tingimuste järgmisel vajalikud tehnoloogilised vaheajad, kannatavad küll raudteeveo-ettevõtjad, kuigi just nemad on tööde valmimise järel tegelikud kasusaajad.</li> <li>Märgiti, et olemas on erinevad tarkvaralised programmid, mis peaksid aitama tehnoloogiliste vaheaegade ja rongide ühist planeerimist ning lahendada selle käigus tekkivad probleemikohad.</li> <li>Vaja on juhiseid/reegleid ja otsuste toetamist, mis parandavad planeerimise protsessis osaliste suutlikkust lahendada ja täita erinevate huvipoolte vajadusi nii praktiliselt kui ka formaalselt.</li> </ul>

Intervjuu küsimuste püstitamisel lähtus autor uurimishuvist ja tugines eelnevalt läbi töötatud teoreetilisele taustale, soovides keskenduda juba alanud ja lähiajal investeerimisprogrammi elluviimisega seonduvalt lisanduvatele raudteehoiu tehnoloogilistele vaheaegadele. Samuti tekkida võivatele probleemidele ja riskidele ning tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku koordineeritud protsesside ning tegevuste olulistele teguritele. Siit tulenevalt oli teabe hankimine teoreetilisele kodeerimisele vastav. Autor kodeeris induktiivsel põhimõttel uurimisprobleemist lähtuvalt olulised kui ka intervjuude käigus muud esile tulnud koodid.

Autor koostas intervjuude koodidel alusel sõnapilve (vt joonis 18). Selle tegemiseks kasutati kvalitatiivse uuringu sõnavara analüüsimiseks mõeldud rakendust Word Cloud ([www.wordclouds.com](http://www.wordclouds.com)). Sõnapilv annab ülevaate läbi viidud intervjuudes enim kasutatud sõnadest, mis haakuvad antud lõputöö uurimisprobleemiga.



Joonis 18. Intervjuude analüüsi sõnapilv

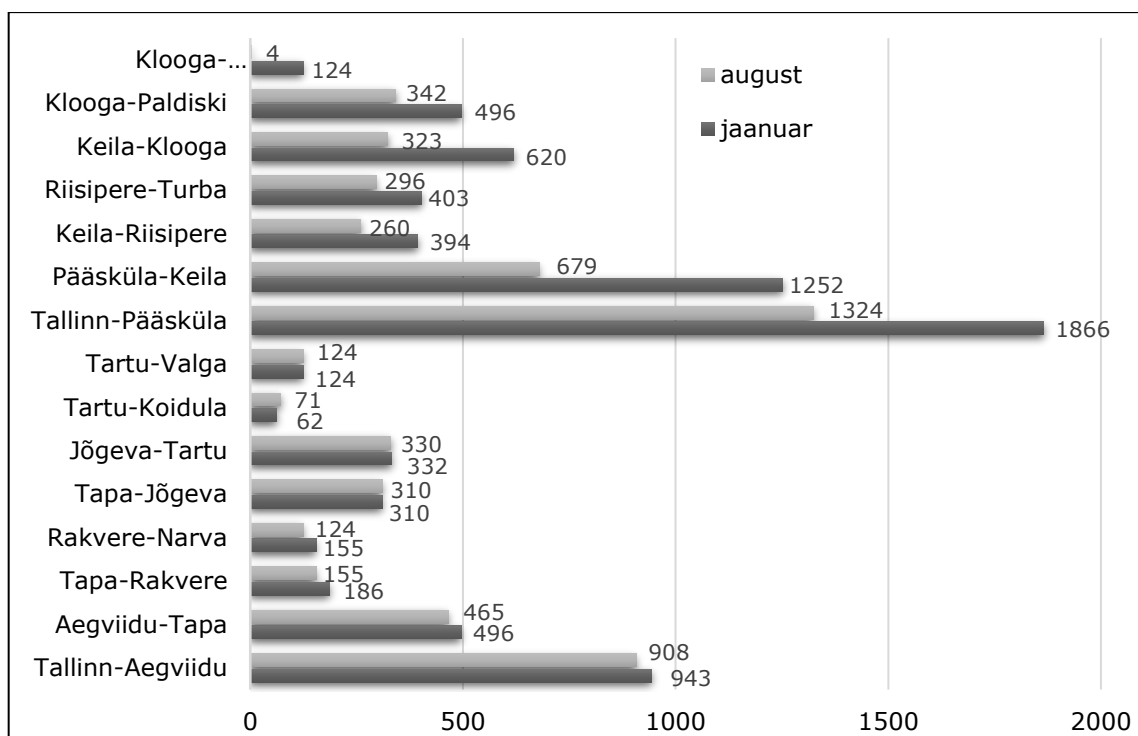
Intervjuude koodid seoti teoreetilise raamistikuga, mille põhjal autor tegi järeldusi. Sõnapilve koodid kinnitasid, et vaidluste, häirete, katkestuste ja kulude minimeerimiseks on kriitilise tähtsusega, et raudteehoiutööd ja rongide liikumised oleksid koordineeritult ning tasakaalustatult kavandatud.

## 4.2. Sekundaarandmete analüüs

Käesolevas alapeatükis esitab autor kogutud andmete kirjeldava statistika graafikute ja tabelitena. Andmete analüüsil võeti aluseks planeeritud ja tegelikud tehnoloogiliste vaheaegade statistilised andmed. Muuhulgas tuuakse esile tehnoloogiliste vaheaegade arv ja kasutamine, tühistamised ja selle põhjused.

Alapeatükis 2.2 kirjeldatud investeerimisprogrammi projektidega seonduvalt on tellitud tehnoloogiliste vaheaegade arv suurenenud juba 2020. aastal, seda peamiselt ainult Lääne-Harju raudtee kapitaalremondi ja liiklusjuhtimissüsteemi moderniseerimise projekti töödega seoses. Joonisel 19 autor toob raudteelõikude kaupa AS Eesti Liinirongid

rongide arvu 2020. aasta jaanuari ja augustikuu võrdluses. Illustratsiooni põhjal näeme, et jaanuaris on rongide arv liikluses kokku olnud 6 516 ja mahukate raudteehoiutööde ajal augustis on see arv kokku 4 962 ehk 1 554 rongi võrra vähem. Seejuures kõige suurem vähenemine on Tallinn-Pääsküla raudteelõigul, mis oli tingitud Lääne-Harju projektiga seotud töödest. Üleüldse on kõige keerulisem tehnoloogiliste vaheaegade eraldamine Balti raudteejaama ja Lääne-Harju suunal, kuna seal on intensiivne rongide liiklussagedus.



Joonis 19. AS Eesti Liinirongid rongide arv jaanuaris ja augustis 2020

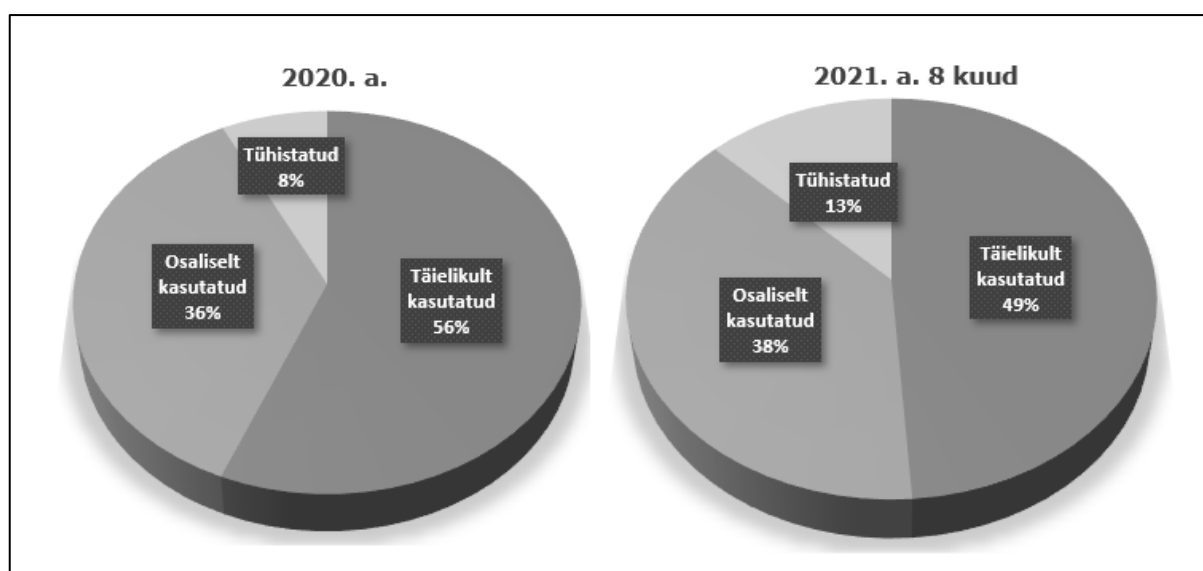
Joonisel näidatud rongide arv ja alapeatüki 2.3 tabelis 3 toodud variantgraafikute arv kinnitavad autori seisukohalt ilmselt intervjuude käigus ning teoreetilises osas kirjanduses toodud väiteid [29], et raudteehoiu nõudluse suurenemisega tekib konflikt. Tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine on tekitanud AS Eesti Raudtee ja AS Eesti Liinirongid vahel vaidlusi, milles reisijate veo-ettevõtja on kinnitanud, et need põhjustavad liiga palju häireid nende klientidele (reisijatele). Vaidlused on lahendatud selliselt, et töid on tehtud rohkemate osade kaupa (mille kestvus on lühem) või töövõtja jaoks ebamugavatel aegadel. Kui töid ei saa osadeks jaotada, siis tuleb liiklusgraafikut muuta ja rongiliinid uuesti planeerida ehk koostada variantliiklusgraafik.

Tehnoloogiliste vaheaegade uurimisel autor koostas 2020. ja 2021. aasta 8 kuu andmetel tabeli 11, milles on võrreldud nende kasutamist.

Tabel 11. Tehnoloogiliste vaheaegade arv ja kasutamine

Näitaja	2020	2021 (8 kuud)
Täielikult kasutatud	962	406
Osaliselt kasutatud	550	320
Tühistatud	112	105
<b>Kokku</b>	<b>1 647</b>	<b>831</b>

Võrdlusest selgub, et 2020. a on AS-It Eesti Raudtee tellitud 1 647 tehnoloogilist vaheaega, millest kasutati 1 512, seega 135 tehnoloogilist vaheaega ehk 8% on jäetud kasutamata, millest omakorda 6% moodustavad töövõtjate ja 2% ettevõtte struktuuriüksuste poolt kasutamata tehnoloogilised vaheajad. Kui neid andmeid võrrelda 2021. a 8 kuu omadega, siis olukord on praktiliselt sama (vt joonis 20).



Joonis 20. Tehnoloogiliste vaheaegade kasutamine 2020 ja 2021 aastal

Allikas: koostatud autori poolt lisas 1 ja 2 toodud andmetel

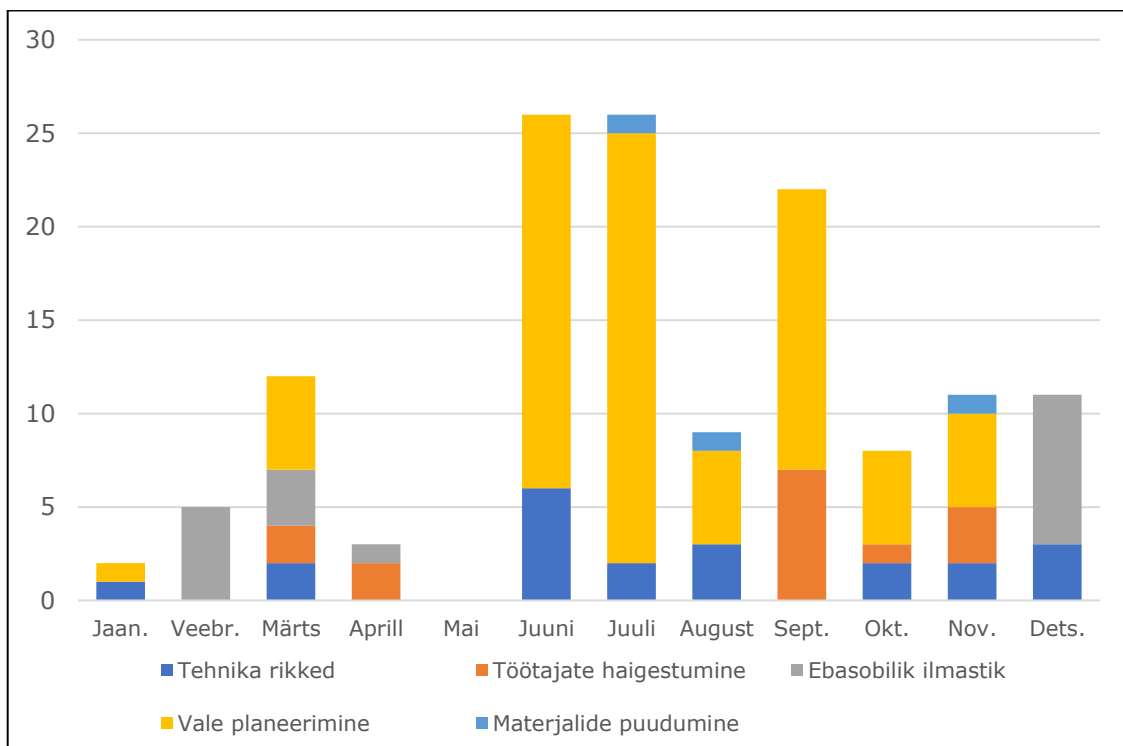
Esitatud kasutamise andmed peegeldavad autori seisukohalt „igaks juhuks“ tehnoloogiliste vaheaegade taotlemist ja tellimist. Autori arvates näitavad need andmed ka hetkel olemasoleva tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise protsessi kriitilist nõrkust.

Kui siia juurde tuua veel asjaolud, et AS Eesti Raudtee raudteevõrgul siiani puudub Euroopa riikides laialdaselt levinud süsteem, kus raudteehoiu töövõtjatele rakenduks „asjatult“ raudteelõigu hõivamise tõttu raudteeveo-ettevõtjatele sanktsioonide maksmise kohustus, siis raudteehoiu töövõtjad tõenäoliselt kasutavad seda võimalust ära. Kõige selle tagajärjeks on ressursi kulutamise planeerimisele (aegade leidmine, kooskõlastamine raudteeveo-ettevõtjatega, variantgraafikute koostamine), mille

tulemust lõpuks ei kasutatagi. Kuna tehnoloogilistest vaheaegadest kasutatakse täielikult ligikaudu 50%, siis autori hinnangul praktikas saaks tõenäoliselt enam kasutada raudteehoiutööde tegemiseks rongiliiklusest vabu aegu ja vältida nädalavahetusi ning rongiliikluse tippaegaid.

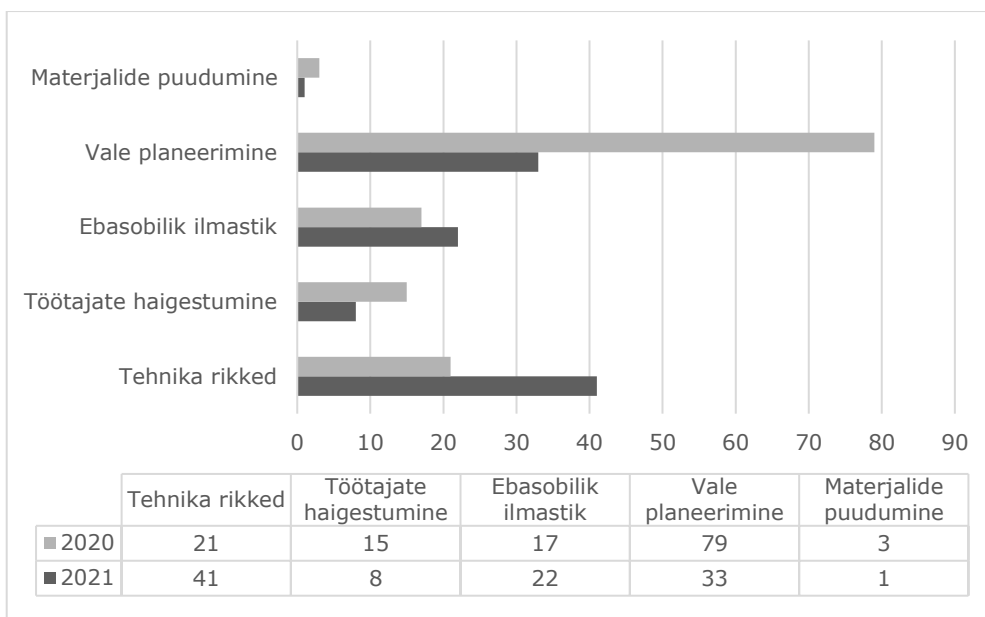
Üheks ebaefektiivsuse ilminguks tehnoloogiliste vaheaegade planeerimisel on, kui see on tellitud konkreetseks ajaperioodiks, kuid tööd lõpetatakse varem, st raudteehoiuks eraldatud ajavahemikus oleks saanud teha rohkem töid ja tegevusi. Joonisel 20 visualiseeritud andmetel esineb olukorda „osaliselt kasutatud“ väga sagedasti ja see viitab selgelt probleemi olemasolule – tehnoloogiline vaheaeg tellitakse ilma, et oleks olemas selge kava tööde läbiviimiseks, sh ressursside kasutamiseks. Autor tõdeb, et analüüsi andmed põhinevad väikesel andmehulgal, kuid ka nende alusel võib juba järeldada, et tehnoloogilisi vaheaegaid tuleks planeerida märkimisväärselt efektiivsemalt säästa nii aega kui ka kulusid.

Joonistelt 21 ja 22 tuleb selgelt välja, et tehnoloogiliste vaheaegade tühistamise peamised põhjused on vale planeerimine ja tehnika rikked.



Joonis 21. Tehnoloogiliste vaheaegade tühistamise põhjused 2020. aastal

Allikas: koostatud autori poolt lisas 3 toodud andmetel



Joonis 22. Tehnoloogiliste vaheaegade tühistamiste võrdlus

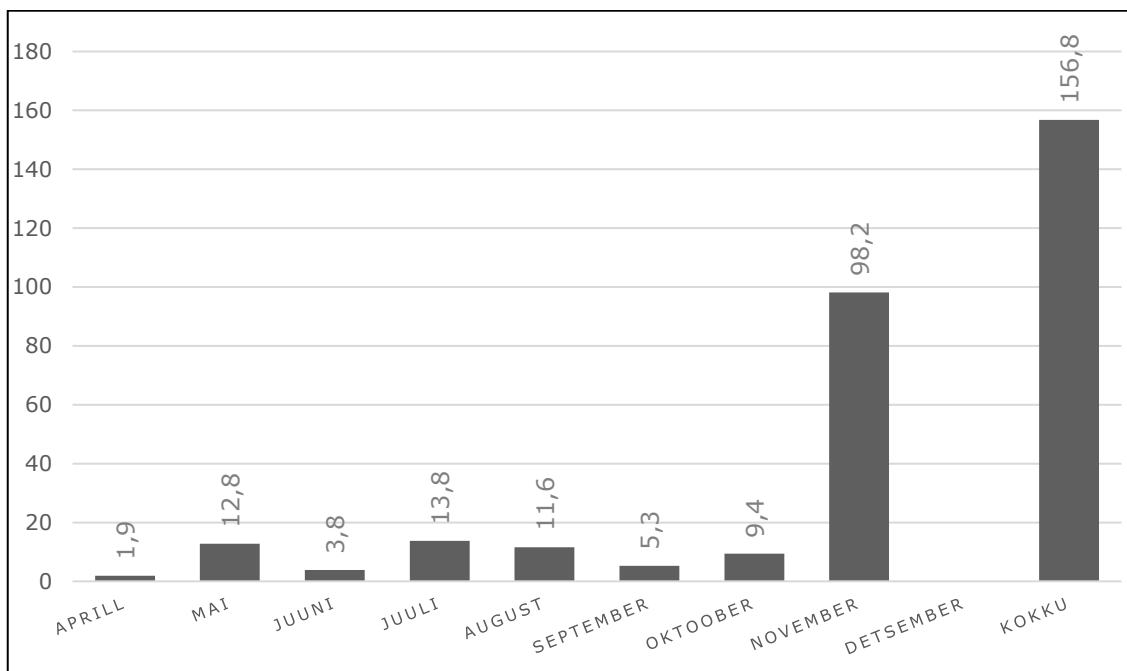
Allikas: koostatud autori poolt lisas 3 toodud andmetel

Autor peab oluliseks märkida, et 2020. a vale planeerimine on seotud asjaoluga, et esialgu kavandati Lääne-Harju raudteelõigul uue liiklusjuhtimisega seotud raudteehoiutööd juuni- ja juulikuusse, kuid töövõtja alustas tegelikult suuremate töödega alles augustis. Ebasobilik ilmastik on seotud talviste oludega, kus miinustemperatuurid või lumi ei võimalda planeeritud töid teha. Intervjuude käigus selgus, et töötajate haigestumise põhjust varasemalt ei ole olnud, kuid see tekkis esmakordselt 2020. a kevadel seoses kroonviiruse SARS-CoV-2 levikuga.

### 4.3. Kasutustasu modelleerimise tulemused

Selles alapeatükis autor rakendab eelnevalt alapeatükis 3.3 kirjeldatud kasutustasu mudeli AS Eesti Raudtee andmetel praktikasse ja esitab analüüsi tulemused. Viimased väljendavad tehnoloogilise vaheaja mõju raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjale saamata jäänud kasutustasu kaudu.

Autor valis juhtumianalüüsiks AS Eesti Raudtee 2021. a raudteehoiutööde perioodi aprill-november ning sel ajavahemikul on raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjal tehnoloogiliste vaheaegadega seonduvalt jäänud saamata kasutustasu kokku 156,8 tuhat eurot (vt joonis 23).



Joonis 23. Saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu raudteehoiutöödel 2021. a., tuh. EUR

Allikas: koostatud autori poolt lisas 4 toodud andmetel

Näitamaks tehnoloogiliste vaheaegade erinevaid mõjusid, valis autor infrastruktuurile suuremate raudteehoiutöödega seonduvalt kolm võimalikku kriitilisemat raudteelõiku (juhtumit):

- Jõgeva-Tartu: uue Emajõe raudteesilla ehitustööd aprill-august 2021;
- Tallinn-Ülemiste: Kitsekülas uue peatee ehitamine ja Tallinn-Balti jaamas liiklusjuhtimissüsteemi moderniseerimine september-november 2021;
- Tallinn-Keila: Tallinnas Paldiski mnt raudteeviadukti laiendamine ning Tallinn-Balti jaamas raudtee ehitamine ja pöörangute vahetamine aprill-august 2021.

Tabel 12. Saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu valitud raudteelõikudel

Näitaja	Jõgeva-Tartu	Tallinn-Ülemiste	Tallinn-Keila
Saamata jäänud kasutamise tasu, EUR	3 732	43 277	14 880
Perioodi osakaal	8%	28%	25%

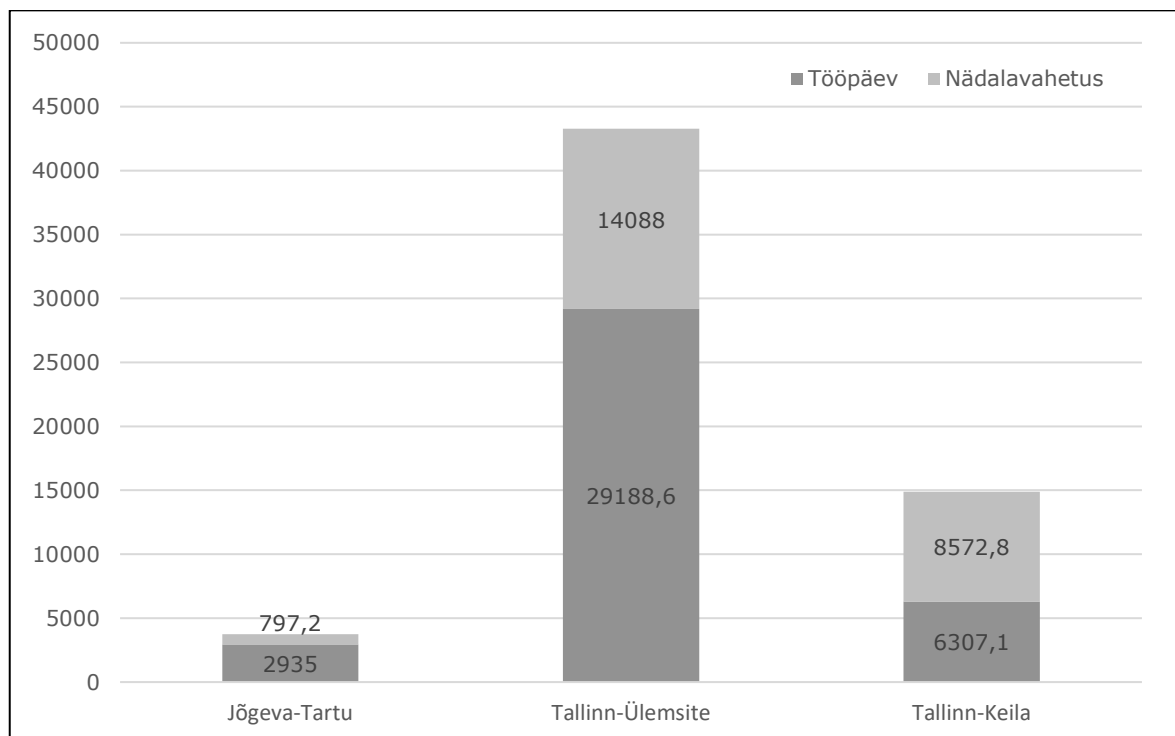
Autori tehtud arvutused ja tulemuste kohta koostatud tabel 12 näitavad, et Jõgeva-Tartu juhtumi korral Emajõe raudteesilla ehitustöödega seonduvalt saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu moodustab ainult 8% joonisel 23 toodud perioodi aprill-



august kogusummast. Viimane on selgitatav sellega, et raudteesild ehitati olemasoleva silla kõrvale, mida sai rongide liikumiseks kasutada, ja seetõttu tehnoloogiliste vaheaegade vajadus oli väiksem. Samal perioodil laiendati Tallinnas Paldiski mnt raudteeviadukti ja Tallinn-Balti jaamas tehti raudtee ehitustöid. Tallinn-Keila juhtumi korral saamata jäänud kasutamise tasu on juba suurem ehk ühtlasi ka selle osakaal perioodis. Tegemist on asukohaga, kus erinevad rööbasteed on omavahel ühendatud pöörmetega ja tänu sellele on võimalik lisada olemasolevasse liiklusgraafikusse piiratud arv tehnoloogilisi vaheaegasid.

Autor tõi alapeatükis 1.4 välja, et sellist probleemi on uurinud Eliasson ja Börjesson. Tallinn-Ülemiste juhtumi puhul saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu on küllaltki suur ja sellega sai kinnitust alapeatükis 2.4 tõstatatu, et planeerimiskonflikt on kriitiline raudteelõikudel, kus on intensiivne rongide liikumissagedus ja samaaegselt tehnoloogiliste vaheaegade nõudlus.

Alapeatükis 1.2 kirjeldatud Budai-Balke kolme tehnoloogilise vaheaja kategooriat silmas pidades tuleb loobumiskulu kaudu välja, et Eesti Raudteel eelistatakse vähegi võimalusel tehnoloogiliste vaheaegade eraldamist tööpäevadel (vt joonis 24). Autori poolt läbiviidud intervjuude tulemustel eelistavad seda varianti ka raudteehoiu töövõtjad tööde kulude kokkuhoiu eesmärgil.



Joonis 24. Saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu tehnoloogilise vaheaja kategooriat arvestades, EUR

Kolme juhtumi tulemused näitavad, et töömahukamate raudtee ehitustööde tehnoloogilised vaheajad toimuvad just nädalavahetustel. Autori poolt uuritud teoreetilise kirjanduse kohaselt Euroopa raudteevõrkude praktika on pigem see, et nädalavahetuse pikaajalistele tehnoloogilistele vaheaegadele eelistatakse rohkem tööpäevade õhtuid, kui ööpäev või terve nädalavahetuse kestvaid.

Seega üks võimalik koht, mille kaudu saab kulusid kokku hoida, on päevasel ajal eraldatud tehnoloogilised vaheajad. Hiljuti kasutati Eesti Raudtee infrastruktuuril keskpäevaseid ca kahetunniseid tehnoloogilisi vaheaegu. Päevasel ajal on tehnoloogilised vaheajad oluliselt odavamad kui öised, kuna puudub tööfrondi valgustamise vajadus ja töötajatele ei pea töötunni eest maksma tavapärasest kõrgemat tasu. Euroopa raudteevõrgu ettevõtete praktika kohaselt on päevaaja tehnoloogilisi vaheaegu otstarbekas rakendada peamiselt madalama rongide intensiivsusega raudteelõikudel. Sarnase tulemuseni jõudis ka lõputöö autor kolme juhtumi analüüsil.

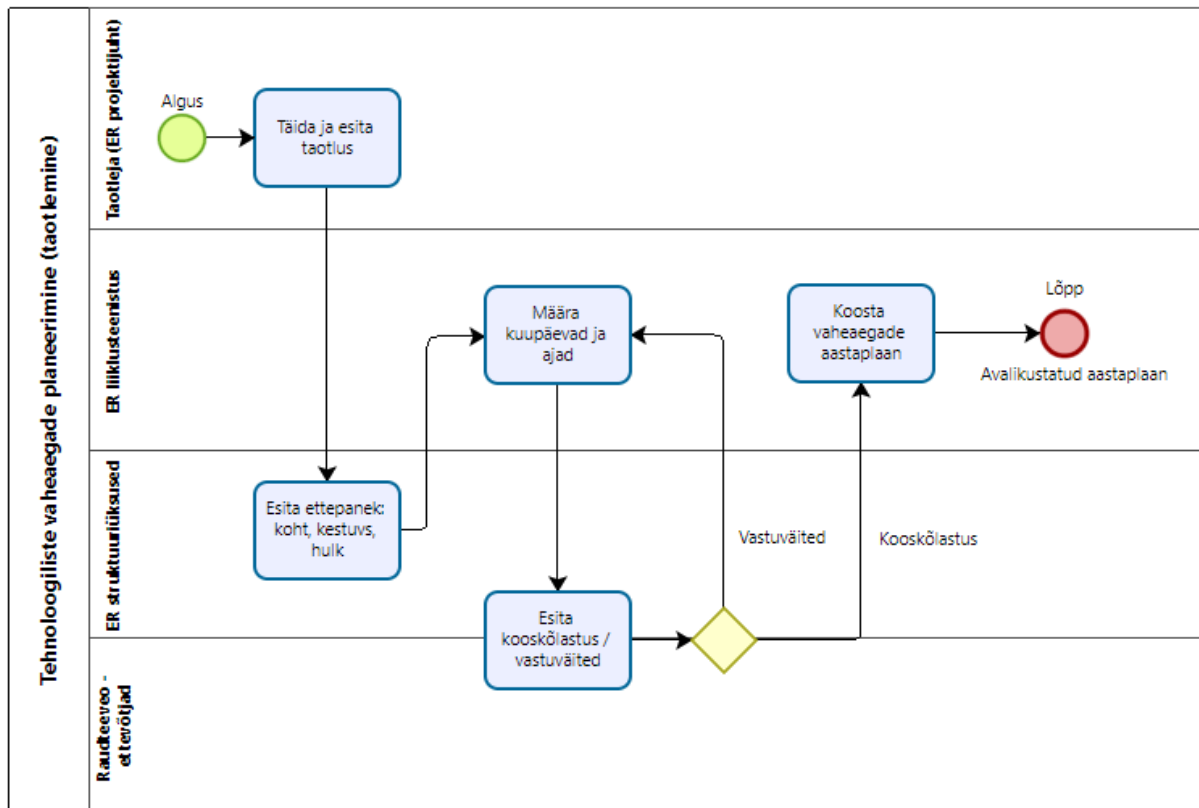
#### **4.4. Eesti oludesse kohandatud lahendus**

Neljanda peatüki eelnevates alapeatükkides esitas autor tulemused, mida lühidalt ja kokkuvõtvalt saab sõnastada järgmise nelja kriitilise punktina:

- raudteehoiu nõudluse suurenemisega tekib raudteesüsteemis konflikt, mistõttu tuleb rongid käigust ära jätta;
- märkimisväärselt kulutatakse ressursi planeerimisele (ebaselge otsustusraamistik), mille tulemust lõpuks ei kasutata või tehakse seda osaliselt;
- mõõdikute ja andmete analüüsi puudumine;
- infrastruktuuri kasutamise tasu jääb saamata.

Tekkinud küsimusele, mida on vaja teha nimetatud kriitiliste punktide kõrvaldamiseks, vastuste otsimisel jõudis autor iga kord olemasoleva tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise protsessi ning selle tegevusteni. Sellest tulenevalt võttis autor seisukoha, et planeerimise protsess on süsteemi kriitiliselt nõrk lüli. Intervjuude ja kirjanduse läbitöötamise põhjal jõudis lõputöö autor järeldusele ja ühtlasi pakub välja lahenduse, et olemasolev tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsess tuleb

pöörata ümber. Pööratud tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsessi voog on näidatud joonisel 25.



Joonis 25. Pööratud tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsessi voog

Kirjanduse ja intervjuude kaudu jõudis autor seisukohale, et tehnoloogilist vaheaega tuleks kavandada projekti planeerimise vaatest. Selline lähenemine ei ole uus, seda praktiseeritakse Euroopa Liidu liikmesriikide raudteevõrkudel laialdaselt. Kirjanduse põhjal sellisel juhul oleks võimalik vähendada tehnoloogiliste vaheaegade arvu või kavandada rohkem raudteehoiutöid.

Pakutud lahenduse korral (vt joonis 25) peab projekti elluviimise eest vastutaja rööbasteel tööde tegemiseks taotlema rongidest vaba ajavahemiku, näidates taotluses asukoha, kestvuse ja eelistatud variandi. Raudteevõrgu struktuurilised valdkonnad esitavad ettepaneku tehnoloogilise vaheaegade konkreetsete asukohtade, pikkuste ja arvu kohta. Eesti Raudtee liikluskorraldus lähtuvalt liiklusgraafikust määrab sobivaimad kuupäevad ja kellaajad ning kooskõlastab need raudteeveo-ettevõtjate ja raudteevõrgu struktuuriliste valdkondadega. Kooskõlastuste saamisel koostab liikluskorraldus tehnoloogiliste vaheaegade aastaplaani. Töövõtulepingute sõlmimisel tellivad raudteehoiu töövõtjad aastaplaani alusel tööde tegemiseks tehnoloogilised vaheajad.

Nagu autor eespool märkis, siis Euroopa Liidu liikmesriikide raudteevõrkudel ei ole tegemist uue lähenemisega, kuid kindlasti seda see on Eestis ja selle juurutamine eeldab tehnoloogiliste vaheaegade ning rongiliikluse nõudluse protsessi osalistelt erinevate tegevuste rakendamist. Viimaseid käsitleb autor järgmises alapeatükis.

## **4.5. Järeldused ja ettepanekud**

Alapeatükis 2.4 autor sõnastas lähtuvalt probleemist ja eesmärgist lõputöö uurimisküsimused. Siinkohal autor kordab neid küsimusi ja esitab igaühe kohta tehtud järeldused ning ettepanekud.

### **1. Milline on olemasolev tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise protsess Eestis?**

Autor selgitas välja, et tehnoloogilistel vaheaegadel on suur mõju liiklusgraafikule, investeerimisprojektide õigeaegselt elluviimisele ja lõppkuludele ning ka saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu kaudu infrastruktuuri-ettevõtjale. Vaatamata sellele, käesoleva ajani raudteeinfrastruktuuri-ettevõttes AS Eesti Raudtee tehnoloogilisi vaheaegasid planeeritakse ja ajastatakse käsitsi, neid tellitakse ja asjaosaliste osapooltega (vt alapeatükis 2.1 toodud joonis 7) jõutakse kokkuleppele vahetult enne raudteehoiutööde alustamist. Kõige selle juures on tehnoloogiliste vaheaegade tellijaks raudteehoiu töövõtja, kes on tööde tegemise perioodil kõige vähem huvitatud rongiliinide säilimise eest.

### **2. Millised on prioriteetsed kitsaskohad tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku kavandamise protsessis?**

Peamisteks kitsaskohtadeks on olemasolevas raudteehoiu ja -liikluse integreeritud planeerimise protsessis ebaselge ja bürokraatlik otsustusraamistik, mõõdikute ja andmete analüüsi puudumine, vähene optimeerimismeetodite tundmine ja infotehnoloogiliste abivahendite kasutamine. Loetletu mõjutab planeerimisega tegelevaid töötjaid igapäevaselt. Kõigil sellel on märkimisväärne mõju liiklusgraafikule ja tekkivatele rongiliikluse häiretele, eraldatud tehnoloogiliste vaheaegade kasutamisele, raudteehoiutööde graafikus püsimisele. Samuti saamata jääb infrastruktuuri kasutamise tasu raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjale.

Olemasolev käsitsi tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku muudatuste planeerimine nõuab kiiret suhtlust. Lõputöö autor tuvastas, et planeerimise protsessi osalised kasutavad selleks mitmeid kommuniqueerimisviise, näiteks telefon, e-mail ja koosolekud. Suhtumine probleemi lahendamisse, usaldus ja koostöö on puudulikud. Autor täheldas, et käesoleval ajal sõltub planeerimine suurel määral mõnedest raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja isikutest. Vajadus on koguda ja kirjeldada need teadmised ning parim praktika protsessiks, et kaitsta end võimaliku teadmiste kao vastu.

### **3. Milliseid optimeerimismeetodeid kasutatakse tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku planeerimisel?**

Uurimise käigus autor leidis järgmised liiklusgraafiku ja tehnoloogiliste vaheaegade planeerimise ning ajastamise optimeerimise kriteeriumid/meetodid:

- rongiliikluse häirete minimeerimine;
- rühmitatud ja paralleelsete raudteehoiutööde tegemise maksimeerimine;
- olemasoleva raudteehoiu- ja liikluse planeerimise protsessi põhimõtteline muutmine, digitaliseerimine/automatiseerimine;
- moodsuse määratlemine ja andmete kogumine ning analüüsimine;
- kõrvalekaldumiste ja viimasel hetkel tühistamiste minimeerimiseks mõjutusmeetmete rakendamine.

Igale kriteeriumile optimaalse lahenduse leidmine ei ole tänaste meetodite abil jätkusuutlik. Esmapilgul võiks eeldada, et püütakse täita kõiki kriteeriume, kuid praktikas keskendub raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja loetus toodust eelkõige esimesele kriteeriumile ehk rongide kavandamisele. Autori uuringu kohaselt ainult väike osa tehnoloogilistest vaheaegadest on planeeritud aasta peale ette ehk enam kui 90% tehnoloogilistest vaheaegades planeeritakse ja ajastatakse operatiivsel tasemel.

### **4. Mida on vaja teha optimeerimismeetodite juurutamiseks Eestis?**

Alapeatükis 4.4 leidis autor, et lahenduseks on olemasoleva tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsessi ümberpööramine. Sellisel juhul kavandaks raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja ise investeerimisprojektide elluviimist ja rongiliinide nõudlust arvestades tehnoloogilised vaheajad aastaplaani ning liiklusgraafikusse. Raudteehoidu tegevad töövõtjad nende alusel juba planeeriksid konkreetsed tööd ja ressursid. See suurendaks tehnoloogiliste vaheaegade järjepidevust, mida toodi välja intervjuude käigus, kui ühte

võtmeteguritest protsessi tõhustamisel ja optimeerimisel. Raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja oleks võimalik paremini ja selgemini jagada läbilaskevõimet raudteehoiutöödeks.

Eesti oludele kohandatud lahenduse juurutamiseks on autori arvates vajalik raudteehoiu ja -liikluse koos planeerimise reeglite ning juhiste väljatöötamine ja avaldamine. Tehnoloogiliste vaheaegade planeerimine võiks olla liiklusgraafiku planeerimise probleemi osa ja see peaks kindlasti olema lisatud raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja otsustusraamistikku. Sellisel juhul on kõikidele osapooltele selgem, mida oodata ja millega nad peavad oma tegevuste kavandamisel arvestama. Samas need juhised ja reeglid peavad olema hästi läbimõeldud, et olukorda leevendust tuua. Konkreetsemalt öeldes, väljakutsed tekivad seal, kus ajalooliselt väljakujunenud praktika vastandub uue olukorra ja nõuetega. Kui lahknevuste põhjust ei mõisteta, siis reegleid lihtsalt ei järgita ja nende hilisem kasulikkuse hindamine muutub keeruliseks.

Prioriteetsete kitsaskohtade taustal autor teeb ettepaneku raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjal koos raudteehoiu töövõtjatega keskenduda üksteise äritegevuse pikemaajalise mõistmise arendamisele. Seda selleks, et leida tehnoloogiliste vaheaegade optimaalsed pikkused ja sagedus, kuna nii saamata jäänud infrastruktuuri kasutamise tasu kui ka raudteehoiutööde kulusid saab vähendada ainult läbi koostöö. Autor peab oluliseks, et raudteehoiu töövõtjad parandavad administratiiv- ja tööprotsesse, teataksid varakult tehnoloogiliste vaheaegade tühistamisest või eraldatud ajavahemiku mitte täismahus kasutamist. Samuti, et töövõtjad peaksid tegema üksteisega koostööd raudteelõikudel, kuhu on tööde tegemiseks eraldatud tehnoloogiline vaheaeg. Sarnasel seisukohal oli oma uurimustöös ka Budai-Balke [11].

Viimasena autor leiab, et nii raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjal kui ka töövõtjatel peaksid kasutusele võtma interaktiivsed ja kiired planeerimise abivahendid. Viimaseks põhineksid mitme eesmärgi optimeerimisel, võimaldades rohkem analüüsida ja välja pakkuda sobivamaid liiklusgraafikuid. See võimaldab tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliinide taotlejatel ning planeerijatel paremini mõista erinevaid planeerimisotsuste kompromisse. Kuidas neid planeerimise tööriistu üles ehitada, on edaspidiste uurimuste teema, sh millised tegurid on otstarbekas piirangutena modelleerida ja millised eesmärkidena.

Tabelis 13 autor toob kokkuvõtvalt ettepanekutena esitatud tegevused, mis võiksid aidata raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjal ja töövõtjal üksteist paremini mõista.

Tabel 13. Osapoolte tegevused üksteise paremaks mõistmiseks

<b>Enne lepingu sõlmimist</b>	<b>Pärast lepingu sõlmimist</b>
<b>Raudteefrastrukturi-ettevõtja</b>	
Tööta välja raudteehoiu ja -liikluse koos planeerimise selged reeglid ning juhised	Rakenda optimeerimise meetodid raudteehoiutööde korraldamisel
Selgita maksimaalselt optimaalsed tehnoloogiliste vaheaegade intervallid	Paku interaktiivseid ja kiireid planeerimise abivahendeid
<b>Töövõtja</b>	
Paku tellijale varakult teavet, milliseid tehnoloogilisi vaheaegasid on vaja	Tee koostööd teiste töövõtjatega ja jaga raudteelõigul eraldatud tehnoloogilisi vaheaegasid võimalusel
Arenda töötehnoloogiat, sh kasuta sobivat tehnikat ja tarku lahendusi	Jaga tehnoloogilise vaheaaja kasutamise andmeid, et edaspidi läbilaskevõimet põhjusega mitte koormata
	Optimeeri tehnoloogiliste vaheaegade kasutamist ja ressursside eraldamist

Autori poolt pakutud ettepanekutena esitatud tervikliku lähenemise eelised kaaluvad ülesse need, mis kaasnevad võib olla tänase paindlikuma olukorraga ja seda eriti komplekses süsteemis nagu seda on raudteesüsteem.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö uurimisprobleemina käsitati asjaolu, et kuigi on otsustatud mahuka investeerimisprogrammi elluviimine AS Eesti Raudtee infrastruktuuril, ei ole teada, kas ja kuidas investeeringutega seotud raudteehoiutööd mahutada liiklusgraafikusse. Uurimisprobleemist lähtuvalt oli lõputöö eesmärgiks välja selgitada Eesti oludele kohandatud lahendus, kuidas Eesti raudteevõrgul kavandada tehnoloogilisi vaheaegasid optimaalselt ning rongiliiklust võimalikult vähe takistades.

Uurimistöös ühendati autori poolt kirjanduse ülevaated, intervjuud, kvantitatiivne ja kvalitatiivne analüüs. Lõputöö esimeses peatükis alustati probleemi tuvastamist teoreetilise ülevaate ja ettevalmistusega. Teises peatükis iseloomustati AS Eesti Raudtee protsesside ja arengusuundade alusel tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliinide kavandamist. Autor koostas läbilaskevõime eraldamise üldise ja tehnoloogiliste vaheaegade taotlemise protsessi kirjeldused, et mõista, kuidas need protsessid toimivad. Samuti struktureeriti uurimisprobleem ja püstitati uurimisülesanded ning sõnastati lõputöö uurimisküsimused.

1. Milline on olemasolev raudteehoiutöödeks vajalike tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise protsess Eestis?
2. Millised on prioriteetsed kitsaskohad tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku kavandamise protsessis?
3. Milliseid optimeerimismeetodeid kasutatakse tehnoloogiliste vaheaegade ja liiklusgraafiku planeerimisel?
4. Mida on vaja teha optimeerimismeetodite juurutamiseks Eestis?

Kolmandas osas keskendus autor uurimustöö läbiviimise meetoditele ja tegi ülevaate modelleerimisest. Sellele järgnes poolstruktureeritud intervjuude kaudu, kehtivatest dokumentidest ja andmebaasidest informatsiooni kogumine. Juhtumi- ja andmeanalüüs hõlmas statistiliste andmete võrdlevat ja kulutundlikkuse analüüsi. Autor määratles kitsaskohad ja leidis lahenduse, kuidas Eesti raudteevõrgul kavandada tehnoloogilisi vaheaegasid optimaalselt ning rongiliiklust võimalikult vähe takistades.



Uurimistöö tulemused neljandas peatükis kinnitasid, et AS Eesti Raudtee investeerimisprogrammi elluviimisega süveneb tehnoloogiliste vaheaegade ja rongiliikluse nõudluse planeerimise konflikt. Ühtepidi peab raudteevõrgul olema tagatud järjest rohkemate rongide liikumine ja teisalt investeringutega kaasnevad tehnoloogilised vaheajad järjest enam piiravad seda. Peamisteks kitsaskohtadeks olemasolevas raudteehoiu ja -liikluse integreeritud planeerimise protsessis on ebaselge ja bürokraatlik otsustusraamistik, vähene optimeerimismeetodite tundmine ja infotehnoloogiliste abivahendite kasutamine. Kõigel sellel on märkimisväärne mõju liiklusgraafikule ja tekkivatele rongiliikluse häiretele, eraldatud tehnoloogiliste vaheaegade kasutamisele, raudteehoiutööde graafikus püsimisele. Samuti jääb infrastruktuuri-ettevõtjal saamata infrastruktuuri kasutustasu.

Autor jõudis järeldusteni ja ühtlasi pakkus Eesti oludele kohandatud lahendusena välja, et tänane olemasolev tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsess tuleb pöörata ümber. Viimane seisneks selles, et raudtee valdaja ise investeerimisprojektide põhised ja liiklusgraafikut arvestades annab ette võimalikud tehnoloogilised vaheajad, koostab aastaplaani ning raudteehoidu tegevad töövõtjad juba selle alusel otsustavad ja kavandavad konkreetsed tööd ja ressursid.

Pakutud lahenduse juurutamiseks on raudteeinfrastruktuuri-ettevõtjal vajalik välja töötada raudteehoiu ja -liikluse koos planeerimises selged reeglid ning juhised. Samuti selgitada optimaalsed tehnoloogiliste vaheaegade intervallid, määratleda moodsad ja koostöös töövõtjatega tagada planeerimiseks vajalike andmete kogumine ja analüüs. Raudteehoiu töövõtjatel on vajalik anda sisend, milliseid tehnoloogilisi vaheaegasid nad vajavad. Samuti tuleks neil tõhustada koostööd teiste töövõtjatega ja võimalusel nendega jagada raudteelõigul eraldatud tehnoloogilisi vaheaegasid. Mõlemal osapoolel peaksid käsitsi planeerimise asemel või toetamiseks kasutusele võtma interaktiivsed ja kiired planeerimise abivahendid.

Kokkuvõtvalt jõudis autor seisukohani, et pakutud lahendus koos juurutamiseks vajalike tegevustega võimaldab Eesti raudteevõrgul märkimisväärselt paremini planeerida integreeritult raudteehoiutöid ja liiklusgraafikut. Mis omakorda tagab mahukate investeerimise projektide elluviimise lühikeses ajalisel raamistikus.

## SUMMARY

The subject of this present Master's thesis is Rail possession planning under implementation of the program of infrastructure investment for Estonian Railway.

Research problem of the graduation thesis consists in the fact that despite the decision to implement a large-scale investment program by using the infrastructure of AS Eesti Raudtee, it is unknown, whether and how investment-related railway works will be fitted in the working timetable. Based on the research problem, the purpose of the graduation thesis was to identify a solution adapted to the conditions applicable in Estonia, to explain how to plan possessions for Estonian rail network in an optimal manner and by obstructing train traffic as little as possible.

In this thesis, the author has combined literature reviews, interviews, quantitative and qualitative analysis. The first chapter of the graduation thesis identifies the problem by means of theoretical review and preparation. The second chapter describes planning of possessions and train paths based on the processes and development trends of AS Eesti Raudtee. The author compiled the descriptions of general separation of throughput and process of requesting possessions to understand how these processes function. The chapter also included structuring the research problem and establishing the tasks for research and worded the research questions of the graduation thesis.

1. What is the current process for planning possessions required for railway maintenance works and demand for train traffic in Estonia?
2. Which are the bottlenecks with high priority in the process of planning possessions and working timetable?
3. Which optimisation methods are used when planning process of planning possessions and working timetable?
4. What must be done to implement optimisation methods in Estonia?

That was followed by collecting information from semi-structured interviews, valid documents, and databases. Case and data analysis involved comparative analysis of statistical data and cost sensitivity. The author identified the bottlenecks and attempted to find a solution, how to plan possessions for Estonian rail network in an optimal manner and by obstructing train traffic as little as possible.

The author concluded and suggested, as the solution adapted to Estonian conditions, that current process for requesting possessions should be reversed. In order to do that, the

railway keeper should specify, based on investment projects and in consideration of working timetable, potential possessions, prepare annual plan, and railway maintenance contractors will use that information to plan specific works and resources.

To implement the solution proposed, the railway infrastructure undertaking must establish clear rules and instructions for integrated planning of railway maintenance and traffic. It is also necessary to find out maximum intervals between optimal possessions, determine metrics and, in cooperation with contractors, ensure collection and analysis of data necessary for planning purposes. Railway maintenance contractors have to provide input about the possessions they need. They should also improve cooperation with other contractors and, where possible, share the possessions allocated to them for a railway section. Both parties should introduce interactive and fast planning tools instead of or to support manual planning.

In conclusion, the author established that the solution proposed, along with activities necessary for its implementation, allows Estonian rail network significantly more optimized planning of integrated railway maintenance works and working timetable. That, in turn, ensures realisation of large-scale investment projects within a short timeframe.

## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Albrecht, A. R., Panton, D. M., Lee, D. H. Rescheduling rail networks with maintenance disruptions using problem space search. *Computers and Operations Research*, 40 (2013), 703-712.
- [2] Anderson, V., Peterson, A., Krasemann, J. T. Quantifying railway timetable robustness in critical points. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 3 (2013), 95-110.
- [3] AS Eesti Raudtee majandusaasta aruanne 2020, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.evr.ee/files/Eesti-Raudtee-Aastaruanne-2020.pdf> (17.07.2021).
- [4] AS Eesti Raudtee põhikiri. Kinnitatud ainuaktsionäri 06.05.2021 otsusega nr 107, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: [https://www.evr.ee/images/Files/Eesti\\_Raudtee\\_p%C3%B5hikiri.pdf](https://www.evr.ee/images/Files/Eesti_Raudtee_p%C3%B5hikiri.pdf) (17.07.2021).
- [5] AS Eesti Raudtee taristul akende taotlemise, tellimise ja eraldamise kord, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.evr.ee/files/Protokoll-2019-476-Akende-kord-.pdf>
- [6] AS Eesti Raudtee äriplaan 2019-2024.
- [7] Avaliku raudteefrastruktuuri arendamist suunav tegevuskava aastateks 2019-2024. Vastu võetud 21.02.2019. a – RT III, 26.02.2019, 1.
- [8] Borndörfer, R., Klug, T., Lamorgese, L., Mannino, C., Reuther, M., Schlechte, T. *Handbook of Optimization in the Railway Industry*. International Series in Operations Research & Management Science, Springer International Publishing AG, 201.
- [9] Braun, B., Clarke, V. Using Thematic Analysis in Psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3 (2006), 77-101.
- [10] Budai-Balke, G. *Operations Research Models for Scheduling Railway Infrastructure Maintenance*. Phd Thesis. Erasmus University Rotterdam, 2009.
- [11] Budai, G., Huisman, D., Dekker, R. *Scheduling Preventive Railway Maintenance Activities*. Econometric Institute, Erasmus University Rotterdam, 2004.
- [12] De Jonge, M. *Optimisation of possessions on the railway infrastructure network in the annual time table under the constraints of the corridor book*, University of Twente, 2018.
- [13] Eliasson, J., Börjesson, M. *On timetable assumptions in railway investment appraisal*. Centre for Transport Studies, Royal Institute of Technology, 2013.
- [14] Ernst & Young, Avaliku sektori äriprotsessid Protsessionalüüsi käsiraamat, [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: [https://www.mkm.ee/sites/default/files/protsessianaluusi\\_kasiraamat.pdf](https://www.mkm.ee/sites/default/files/protsessianaluusi_kasiraamat.pdf)
- [15] Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv (EL) 2016/797, 11. mai 2016, Euroopa Liidu raudteesüsteemi koostalitluse kohta, ELT L 138, 26.5.2016, lk 44-101

- [16] Famurewa, S. M. Maintenance analysis and modelling for enhanced railway infrastructure capacity. Doctoral Thesis. Lulea University of Technology, Graphic Production 2015.
- [17] Goerigk, M., Schöbel, A. Recovery to optimality: A new two-stage approach to robustness with an application to aperiodic timetabling. *Computers & Operations Research*, 52 (2014), 1-15.
- [18] Higgins, A. Scheduling of railway track maintenance activities and crews. *Journal of the Operational Research Society* 49 (1998), 1026-1033.
- [19] Hirsijärvi, S., Remes, P. ja Sajavaara, P. Uuri ja kirjuta. *Kirjastus Medicina*, 2005.
- [20] Improverail. Improved tools for railway capacity and access management. Competitive and sustainable growth programme, 2003.
- [21] Jensen, L. M., Schmidt, M., Nielsen, O. A. Determination of infrastructure capacity in railway networks without the need for fixed timetable. *Transportation Research Part C* 119 (2020), 102751.
- [22] Jerjomenko, S. Raudtee rekonstrueerimise mõju liiklusgraafikule Pääsküla – Keila liini näitel, 2019
- [23] Konkurentsiameti analüüs 2020. Konkurentsiolekorrast avalikul raudteel. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: [https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/13.04.20\\_ka\\_raudtee\\_analuus.pdf](https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/13.04.20_ka_raudtee_analuus.pdf) (12.12.2021).
- [24] Kidron, A. Uuri ja käsiraamat, Mondo, 2008
- [25] Laherand, M.-L. Kvalitatiivne uurimisviis, Infotrükk, 2008
- [26] Liden, T. Concurrent planning of railway maintenance windows and train services. *Linköping Studies in Science and Technology. Dissertations*, No 1957. LiU Tryck, Linköping, Sweden, 2018.
- [27] Liden, T. Coordinating maintenance windows and train traffic: a case study. *Public Transp* 12, 261-298 (2020).
- [28] Liden, T., Joborn, M. Dimensioning windows for railway infrastructure maintenance: Cost efficiency versus traffic impact. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 6 (2016), 32-47.
- [29] Liden, T., Joborn, M. An optimization model for integrated planning of railway traffic and network maintenance. *Transportation Research Part C*, 2017, 74, pp. 327-347.
- [30] Liden, T., Kalinowski, T., Waterrer, H. Resource consideration for integrated planning of railway traffic and maintenance windows. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 2018.
- [31] Liden, T. Railway infrastructure maintenance – a survey of planning problems and conducted research. *Transportation Research Procedia*, 10 (2015), 574-583.

- [32] Liden, T. Survey of railway maintenance activities from a planning perspective and literature review concerning the use of mathematical algorithms for solving such planning and scheduling problems. Linköping University, Department of Science and Technology, Communication and Transport Systems, 2014.
- [33] Liden, T. Towards concurrent planning of railway maintenance and train services. Linköping Studies in Science and Technology. Thesis No 1746. Linköping University, 2016.
- [34] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021-2035, Tallinn, 2020.
- [35] Meesit, R., Andrews, J. Optimising rail-replacement bus services during infrastructure possessions. *Infrastructure Asset Management*, 7 (3), 221-238, ICE Publishing, 2019.
- [36] Modig, N., Ahlström, P. See on LEAN. Tõhususe paradoksi lahendamine, Tallinn, Äripäev, 2016.
- [37] Murali, P., Ordonez, F., Dessouky, M. M. (2016). Modelling strategies for effectively routing freight trains through complex networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 70, 197-213.
- [38] Nemani, A. K., Bog, S., Ahuja, R. K. (2010) Solving the Curfew Planning Problem. *Transportation Science*, 44(4), 506-523.
- [39] Object Management Group, Inc, Business Process Model and Notation. [Võrgumaterjal]. Kättesaadav: <https://www.bpmnquickguide.com/view-bpmn-quick-guide/> (20.10.2021).
- [40] Palmqvist, C.-W., Winslott, N. O., Hiselius, L. The planners perspective on train timetable errors in Sweden. *Journal of Advanced Transportation* 2018 (3), 1-17.
- [41] Putallaz, Y., Rivier, R. Strategic maintenance and renewal policy of a railway corridor, taking into account the value of capacity. Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, 2003.
- [42] Raudteeseadus. Vastu võetud 15.10.2020. a – RT I, 30.10.2020, 1.
- [43] Raudteeinfrastruktuuri kasutustasu arvutamise meetodika. Majandus- ja taristuministri määrus nr 64, 28.10.2020 - RT I, 30.10.2020, 37 – jõust. 02.11.2020.
- [44] Raudtee tehnikasutuseeskiri. Majandus- ja taristuministri määrus 09. november 2020. a – RT I, 11.11.2020, 8 – jõust. 14.11.2020.
- [45] Sedghi, M., Kauppila, O., Bergquist, B., Vanhatalo, E., Kulahci, M. A taxonomy of railway track maintenance planning and scheduling: A review and research trends. *Reliability Engineering and System Safety* 215 (2021), 107827.
- [46] Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus, Hendrikson & Ko OÜ, Transpordi ja liikuvuse arengukava 2021-2035 keskkonnamõju strateegilise hindamise aruanne, Tallinn, 2020.

- [47] Suursoo, J. Ekspedeerija käsiraamat. Tallinna Tehnikakõrgkool, 2016.
- [48] Svedberg, V. Towards optimal railway track utilization based on societal benefit. Linköping Studies in Science and Technology. Thesis No 1816. Linköping University, 2018.
- [49] Tzanakakis, K. The railway and its long term behaviour. A handbook for a railway track of high quality. Springer Tracts on Transportation and Traffic. Springer, 2013.
- [50] UIC, Key cost drivers in railway asset management, 2015
- [51] Van Aken, S., Bešinovic, N., Goverde, R. M. P. Solving large-scale train timetable adjustment problems under infrastructure maintenance possessions. *Journal of Rail Transport Planning & Management*, 7 (2017), 141-156.
- [52] Vansteenwegen, P., Dewilde, T., Burggraeve, S., Cattrysse, D. An iterative approach for reducing the impact of infrastructure maintenance on the performance of railway systems. *European Journal of Operational Research*, 252 (2016), 39-53.
- [53] Vatn, J., Steiro, T., Nordskog, A. An overview to Outsourcing – trends and different options. *Innovations for a cost-effective Rail Track*, 2003.
- [54] Üleriigiline planeering Eesti 2030+. Vabariigi Valitsuse 30. augusti 2012. a korraldus nr 368.
- [55] Ühtse Euroopa raudteepiirkonna loomise direktiiv. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2012/34/EL – 21.11.2012.
- [56] Yamur, K., Tretten, P., Karim, R. Improvement of railway performance: a study of Swedish railway infrastructure. *Journal of Modern Transportation*, 24, 22-37 (2016).

## LISAD

### Lisa 1. Tehnoloogiliste vaheaegade andmed 2020

Kuu	Arv	
	Plaan	Tegelik
Jaanuar	48	47
Veebruar	73	68
Märts	128	116
Aprill	107	104
Mai	91	91
Juuni	226	200
Juuli	247	221
August	126	117
September	187	165
Oktoober	181	173
November	150	139
Detsember	83	72
<b>Kokku</b>	<b>1 647</b>	<b>1 513</b>

Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee infosüsteemide andmetel



## Lisa 2. Tehnoloogiliste vaheaegade andmed 2021 8 kuud

Kuu	Arv		Tunnid		Keskmine kestvus tundides	
	Plaan	Tegelik	Plaan	Tegelik	Plaan	Tegelik
<b>Jaanuar</b>	23	23	103,7	89,2	4,5	3,9
<b>Veebruar</b>	25	21	109,5	70,9	4,4	3,4
<b>Märts</b>	65	41	297,3	164,7	4,6	4,0
<b>Aprill</b>	84	75	476,7	369,6	5,7	4,9
<b>Mai</b>	133	123	1 093,5	906,8	8,2	7,4
<b>Juuni</b>	97	86	939,6	797,0	9,7	9,3
<b>Juuli</b>	220	195	2 502,3	209,6	11,4	11,3
<b>August</b>	184	162	1 941,8	1 644,8	10,6	10,2
<b>Kokku</b>	<b>831</b>	<b>726</b>	<b>7 464,4</b>	<b>6 252,6</b>	<b>7,4</b>	<b>6,8</b>

Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee infosüsteemide andmetel

### Lisa 3. Tehnoloogiliste vaheaegade tühistamise põhjused 2020

Põhjus	Jaan.	Veebr.	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dets.	Kokku
Tehnika rikked	1		2			6	2	3		2	2	3	<b>21</b>
Töötajate haigestumine			2	2					7	1	3		<b>15</b>
Töö varem lõpetamine			2										<b>2</b>
Ebasobiv ilmastik		5	3	1								8	<b>17</b>
Vale planeerimine	1		3			20	23	5	15	5	5		<b>77</b>
Materjalide puudumine							1	1			1		<b>3</b>
<b>Kokku</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>9</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>135</b>

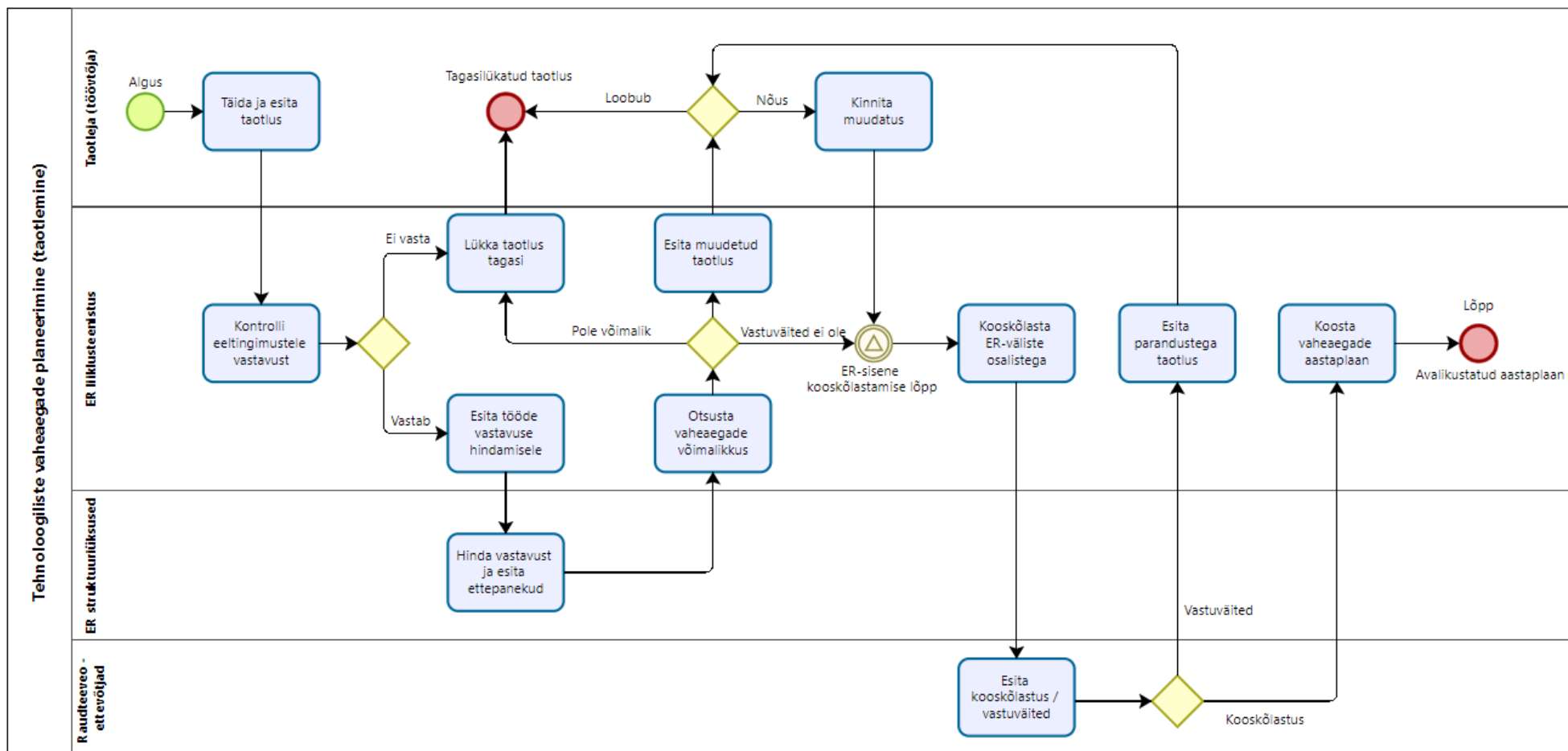
Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee infosüsteemide andmetel

**Lisa 4. Saamata jäänud infrastruktuuri kasutustasu raudteehoiutööde tõttu 2021, eurodes**

Kuu	Läbimata		Minimaalse juurdepääsupaketi tasu		Kasutustasu lisatasu		Kokku
	rongikm	bruto tonnkm	rongikm	bruto tonnkm	rongikm	bruto tonnkm	
<b>Aprill</b>	-694	-97 839	-361	-151	-1 090	-281	<b>-1 883</b>
<b>Mai</b>	-4 607	-717 660	-2 396	-1 112	-7 233	-2 060	<b>-12 800</b>
<b>Juuni</b>	-1 399	-201 392	-728	-312	-2 197	-578	<b>-3 814</b>
<b>Juuli</b>	-5 008	-747 405	-2 604	-1 158	-7 863	-2 145	<b>-13 770</b>
<b>August</b>	-4 352	-558 607	-2 263	-866	-6 832	-1 603	<b>-11 564</b>
<b>September</b>	-1 967	-277 586	-1 023	-430	-3 088	-797	<b>-5 337</b>
<b>Oktoober</b>	-4 179	-155 611	-2 173	-241	-6 561	-447	<b>-9 422</b>
<b>November</b>	-31 888	-7 150 084	-16 582	-11 083	-50 064	-20 521	<b>-98 250</b>
<b>Kokku</b>							<b>-156 841</b>

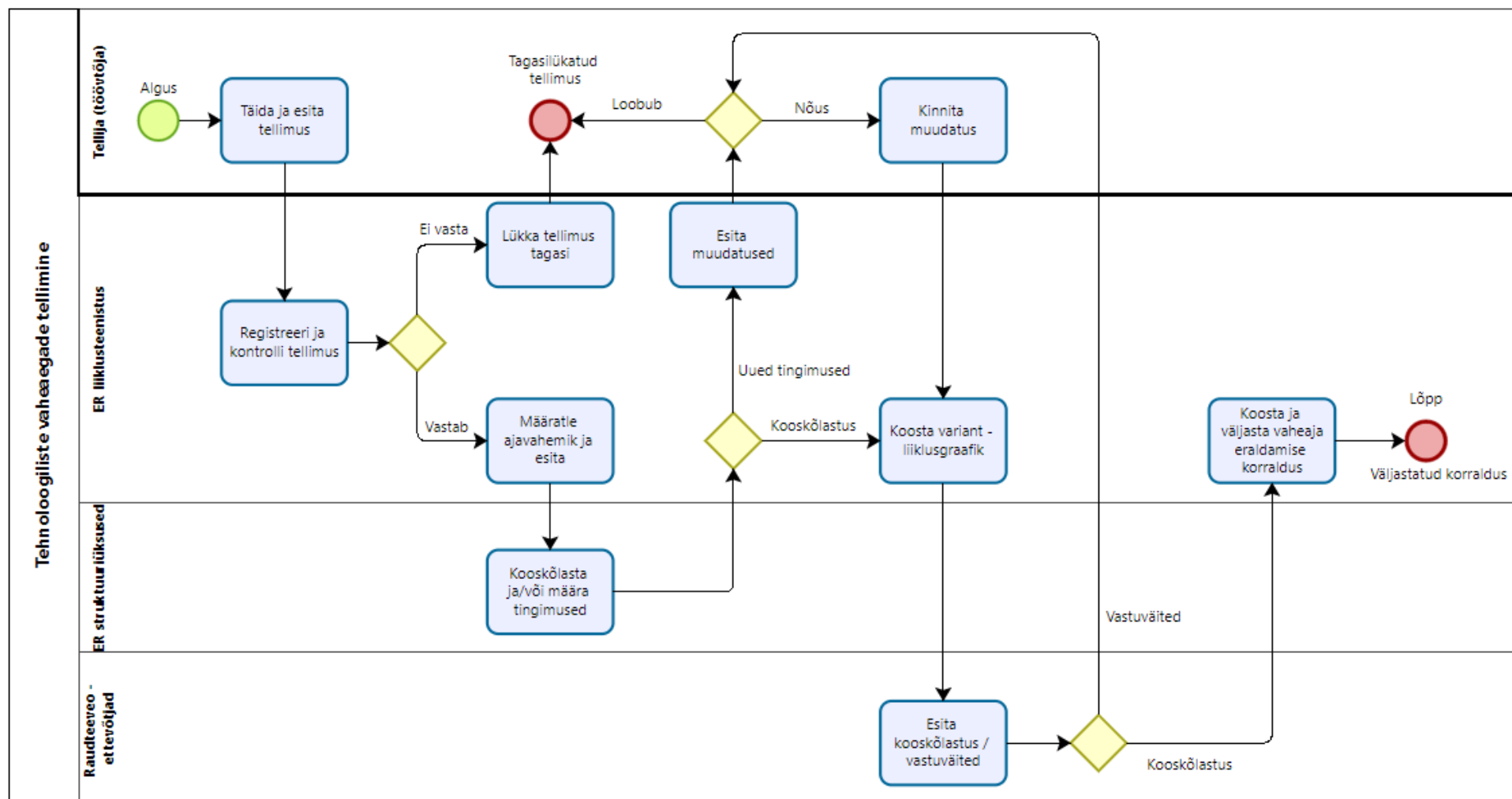
Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee infosüsteemide andmetel

## Lisa 5. Tehnoloogilise vaheaja taotlemise protsessi voog



Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee andmetel

## Lisa 6. Tehnoloogilise vaheaja tellimise protsessi voog



Allikas: koostatud autori poolt AS Eesti Raudtee andmetel

## Lisa 7. Tehnoloogiliste vaheaegade aastaplaan 2021, Tallinn-Balti – Keila – Paldiski/Turba piirkond

AKENDE AASTAPLAAN 2021		AS Eesti Raudtee juhatase 09.03.2021 otsusega nr 574 kinnitatud											
Kooostatud vastavalt taotlustele		<span style="color: red;">—</span> - Leonhard Weis <span style="color: blue;">—</span> - MIPRO <span style="color: grey;">—</span> - hange on planeerimisfaasis <span style="color: blue;">—</span> - Kiirusepiirangud											
TALLINN-BALTI - KEILA - PALDISKI, - TURBA piirkond		28.03.21 suveaeg <span style="float: right;">30.10.21 talveaeg</span>											
	jaanuar	veebruar	märts	aprill	mai	juuni	juuli	august	september	oktoober	november	detsember	
<b>TALLINN - BALTI jaam s.h.</b>													
Paldiski mnt. viadukt													
9 tee													
22 tupiktee (II peatee)													
4 ja 5 teed													
Kõrku ümberehitamine Ülemiste ja Tallinn -Väike suunas;+inglise pöörangud													
Tallinn-Pääsküla LJS ehitamine													
Tallinn-T.Väike LJS ehitamine													
Tallinn-Ülemiste LJS ehitamine													
<b>PÄÄSKÜLA jaam 4 tee (tupiku pikendamine)</b>													
<b>PÄÄSKÜLA - BI/post 89KM (Pääsküla jõe torusilla rekonstrueerimine)</b>													
<b>KEILA - VALINGU (Valingu truubi rekonstrueerimine)</b>													
sinised kuupäevad- õised tööd (E/T; K/N; R/L nädalapäevad) rohelised kuupäevad- päevased tööd punased kuupäevad- ööpäevaringsed tööd													

Allikas: [5]

