



Olga Volkova

KIIRUSE MUUTMISE MÕJU RAUDTEE LÄBILASKEVÕIMELE TALLINN-TARTU LIINI NÄITEL

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

Raudteetranspordi tehnoloogia ja liikluskorraldus õppekava

Juhendaja: Rita Ojala

Tallinn 2023

Mina/Olga Volkova, tõendan/tõendame, et lõputöö on minu/meie kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Konfidentsiaalse teabe tahtmatu avaldamise vältimiseks on kõik esitatud tabelites toodud summad ligikaudsed.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Rita Ojala /allkirjastatud digitaalselt/

Lõputöö on kaitsmisele lubatud logistikainstituudi direktori korraldusega nr 1-14/120 kuupäev 28.12.2022

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Olga Volkova

sünnikuupäev: 01.06.1977

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

KIIRUSE MUUTMISE MÕJU RAUDTEE LÄBILASKEVÕIMELE TALLINN-TARTU LIINI NÄIDEL

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas 04.01.2023 /digiallkirjastatud/

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	4
1. EESTI RAUDTEE OLEMASOLEV OLUKORD.....	5
2. REISIRONGID	8
2.1. Olemasolevate ja uute rongide tehnilised parameetrid	8
2.2. Reisirongide sõiduaegade arvutus Tallinn – Tartu liinil	10
2.2.1. Kiiruskatsed Stadler Flirt rongidega	10
2.2.2. Vajaminevad pidurdus- ja kiirendusvahemaad	11
2.2.3. Stadler Flirt rongide kiiruskatsete tulemus	13
3. PROJEKTID MIDA MÕJUTAB KIIRUSE TÕSTMINE KUNI 160 KM/H.....	14
3.1. Liiikluskorralduse automatiseerimise projekt	14
3.2. Turvangusüsteemide moderniseerimine.....	15
3.3. Raudtee elektrifitseerimise projekt Tapa – Tartu lõigul.....	16
3.4. Aegviidu – Tapa ehitus- ja kapitaalremonditööde projekt	18
3.5. Tapa - Tartu raudteetrassi õgvendamise projekt	19
3.5.1. Kiirusel 141-160 km/h raudteede paigutamise tehnilised nõuded	21
3.5.2. Raudtee pealisehituse nõuded	21
3.5.3. Tallinn-Tartu raudtee 160 km/h õgvendamise projektlahendus.....	22
3.5.4. Raudtee trassialternatiivid ja õgvendused Tallinn – Tartu liinil	22
3.5.5. Raudteetrassi õgvendamisega seonduvad järgnevad tööd:	23
4. LÄBILASKEVÕIME.....	25
4.1. Läbilaskevõime arvestamine kiiruse tõstmisel kuni 160 km/h	30
5. TEISE PEATEE EHITAMISE TAPA – TARTU LIINIL MAKSUMUS	32
5.1. Elektrifitseerimise maksumuse andmed teiste projektide näitel	32
KOKKUVÕTE.....	34
SUMMARY	35
VIIDATUD ALLIKAD.....	36
LISAD	40

SISSEJUHATUS

AS Eesti Raudtee (edaspidi Eesti Raudtee) raudteede kogupikkus 1219 km seal hulgas elektrifitseeritud raudteelõigud 132,15 km. Kontaktvõrgu nimipingeks on 3 kV alalisvoolu. Toitvad veoalajaamad ühendavad Elektrilevi OÜ 35 kV (Järve, Keila) ja Elering AS-i 110 kV (Raasiku) toitevõrku. Hetkel kasutab elektrifitseeritud raudtee kontaktliini AS Eesti Liinirongid. Ühistransporditeenuse osutamiseks kasutatakse Stadler Flirt elektriveeremit. Nimivõimsus 2000 kW kiirendusel kuni 2600 kW, koosneb kolme ja neljavagunitest rongidest. Vajadusel moodustatakse kahest rongist koosneva koosseisu kasutamine.

Eesti Raudtee on muutunud kaubaraudteest reisijate veole suunatud raudteeks. Arendus projektid peegeldavad selgelt seda, et rongiliikluses on olulised kiirused. Kiiruste tõstmine põhiliinidel kuni 160 km/h on plaanis ellu viia elektrifitseerimise Tallinn – Tapa – Narva, Tapa – Tartu, Tartu – Koidula, Tartu – Valga lõikudel. mis võimaldaks elektrirongide abil lühendada sõidu aegsid Eesti suuremate keskuste Tallinn – Tartu ja aitaks ka lahendada keskkonna probleeme. Liiklusjuhtimise süsteemi uuendamise projekt, mis peab lahendama vananenud seadmete probleemi ja võimaldaks kiirust tõsta [1]

Raudtee võimsuse määrab läbilaskevõime ja kandevõime. Läbilaskevõime on rongipaaride arv n ööpäevas (kaheteeliste liinide puhul rongide arv mõlemas suunas). Kandevõime määrab raudtee kaubaveo läbilaskevõime. See on veoste kaal tonnides, mida raudteel võib teatud ajaühikus (tavaliselt aasta) igas suunas vedada.

Kiiresti muutuv olukord Euroopas sunnib projekti investeeringutesse suhtumist muutma. Lõputöö eesmärk on uurida lahendusi, mis aitaksid arendada raudteed ja võimaldaks läbilaskevõimet suurendada kiiruse tõstmise abil kuni 160 km/h.

Selles töös uuritakse, kuidas mõjub Tapa- Tartu liini läbilaskevõimele kiiruse tõstmine nimetatud lõigul ning kuidas mõjutavad seda liikluskorralduse automatiseerimine, elektrifitseerimise ja õgvendamise Tapa- Tartu liinil projektid infrastruktuuri arendamise nimel raudteel. Tehakse teise peatee Tapa-Tartu liini ehitamise arvestusliku maksumuse ülevaade Aegviidu –Tapa kapitaalremondi, elektrifitseerimise ja turvanguüsteemide moderniseerimise projektide andmete alusel.

1. EESTI RAUDTEE OLEMASOLEV OLUKORD

2022 aasta lõpu seisuga on Tallinn – Tartu liinil 18 raudtee jaama, 27 peatust, 40 ooteplatvormi ja raudtee peateedel 267,5 km, 40 ülesõidukohta [2].

Tallinn – Aegviidu on automaatblokeeringuga kaheteeline lõik, mõlemad peateed on elektrifitseeritud. Aegviidust -Tapani kaheteeline elektrifitseerimata automaatblokeering. Tapalt – Tartuni üheteeline elektrifitseerimata automaatblokeering.

I ja II kategooria raudteeülesõidukohad varustatud on automaatse foorisignalisatsiooni ja tõkkepuudega.

III kategooria raudteeülesõidukohad on varustatud automaatse foorisignalisatsiooniga. [3]

Reisijate arv on kasvanud pea kõikidel liinidel.

Võrreldes 2021 a. on suurim reisijate arvu kasv Tallinna-Tartu ekspress liinil (+64%), Tallinna-Tartu liinil (+38%) [4].

Investeeritakse liikluskorralduse automatiseerimisse kogumaksumusega on 18,4 miljonit eurot ning töid alustati 2020. aasta suvel [5];

Turvangusüsteemide moderniseerimise investeerimiskava on koostatud aastani 2030. Aastatel 2020-2024 on planeeritud uuendada turvangusüsteem kuuel lõigul ning 50 jaamas [5];

Tapa – Tartu raudtee rekonstrueerimise 24,2 mln eurot maksmisega 2015 II kvartal – 2023 IV kvartal projektidele [5];

„Avaliku raudteefrastruukturi arendamist suunav tegevuskava 2021-2028“ andmete alusel, mis on kinnitatud Vabariigi Valitsuse poolt, määratakse kvaliteeditaseme säilitamiseks investeeringud ja kvaliteedi parendamisele suunatud arendusprojektid ning nähakse ette raudteefrastruukturi-ettevõtjate jätkusuutlik rahastamine (Tabel 1).

Tegevuskava lähtub ühendusvõimaluste tagamise ning regionaalse tasakaalustatuse toetamise põhimõttest. Eksisteerib ootus, et rongiliiklus oleks kiirem kui maanteetransport. Olulisemate oodatavate muutuste transpordisektoris on arengukava aastaks 2035 saavutatud tulemusena kirjeldatud, et olemasolevas reisirongiliikluse areaalis on suurendatud ühenduskiirusi ja väljumiste

arvu, tänu millele on rongiliiklus vähendanud aegruumilisi vahemaid ning on Tallinna ja teiste linnade vahelisel reisimisel eelistatud liikumisviis.

Tabel 1. AS Eesti Raudtee investeerimisprojektid perioodil 2021–2028 (mln eurot) [6]

Projekt/finantseerimisallikas	2021	2022	2023	2024 -2028	KOKKU
Tapa–Tartu raudtee rekonstrueerimine (ÜF ¹ ja omavahendid)	0,9	0,9	0,3	0,0	2,1
Tallinn–Tartu raudtee renoveerimine ja kiiruse tõstmine EV ²	6,0	0,3	0,5	0,0	6,8
Raudtee elektrifitseerimine (ÜF 2021–27, EV ja oma- ja laenuvahendid)	1,5	9,7	28,2	234,8	274,2
Liiklusjuhtimissüsteemide uuendamine, liikluskorralduse automatiseerimine (oma- ja laenuvahendid)	2,8	11,4	27,4	112,4	154,0

„Tallinn–Tartu raudtee renoveerimine ja kiiruse tõstmine. Projekti tulemusena võimaldatakse 42 % Tallinn–Tapa–Tartu raudteeliini kogupikkusest reisirongidele kiirus 135 km/h. Välja ehitatud kiirust 135 km/h võimaldav uus sild üle Emajõe. 11 kilomeetril renoveeritakse rööbasteed (Tabivere jaama peatee ja Tabivere–Kärkna jaamavahe). 24 raudteeülesõidukohal teostatakse tööd, mis võimaldavad reisirongi kiirust 135 km/h ja suurendavad ohutust. Tööde käigus teostatakse ülesõitude tõkkepuudega varustamine ja lähenemispiirkondade pikkuste ümberarvestamine vastavalt kiirusele 135 km/h järgmistel raudteeülesõidukohtadel: Tuulevälja, Kulli, Aruküla, Raasiku, Parila, Kehra, Ülejõe, Vikipalu, Mustjõe, Aegviidu, Jäneda, Lehtse, Tamsalu, Nõmme (Kiltsi-Rakke), Räistvere, Rakke, Edru, Vägeva, Selli, Tooma, Kõola „ [6].

¹ EL Ühtekuuluvusfond võimaldab anda rahalist toetust keskkonna ja üleeuroopaliste transpordivõrkudega seotud projektide elluviimiseks, et edendada säästvat arengut [47]

² Riigieelarve – riigi finantsplaan, milles kajastatakse mida riik eelarveaastal plaanib koguda, saada toetusena, vahendada ja kasutada [48]

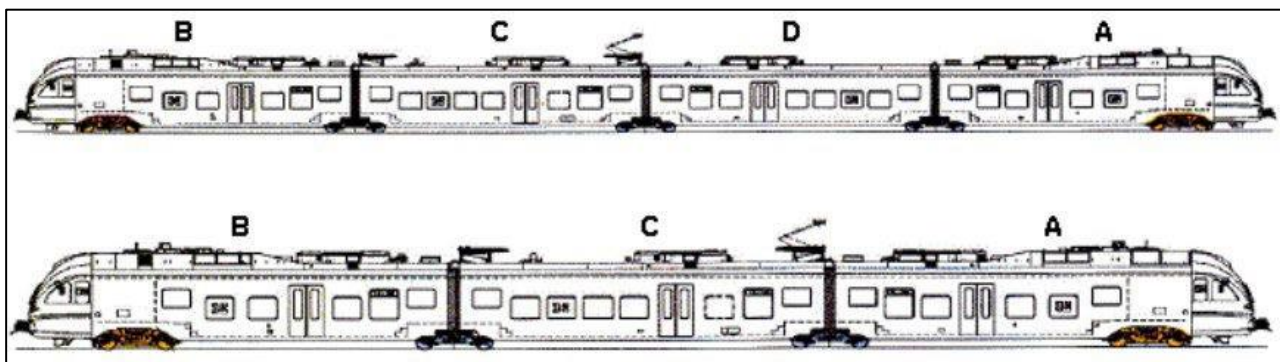
Tabel 2. Reisirongide suurimad lubatud kiirused Tallinn - Tartu liinil [7]

Raudteelõik	Olemasolev kiirus, km/h	Kiirus (peale õgvendamist), km/h
Tallinn-Ülemiste	100	160
Ülemiste-Lagedi	135	160
Lagedi-Tapa	120	160
Tapa-Tamsalu	135	160
Tamsalu-Pedja	100	160
Pedja - Kaarepere	135	160
Kaarepere -Tartu	100	160

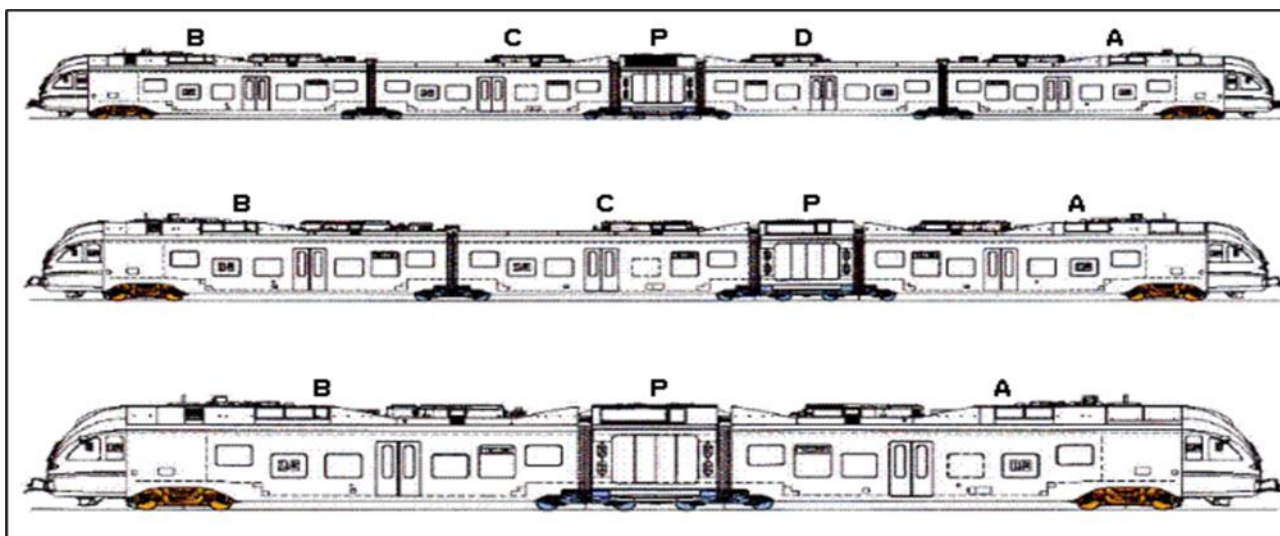
2. REISIRONGID

2.1. Olemasolevate ja uute rongide tehnilised parameetrid

Elroni veeremipargis kokku on 38 rongi, millest 18 elektrirongi ja 20 diislrongi. Elektrirongid on kolme- ja neljavagunilised (joonis 1) ning diislrongid on kahe-, kolme- ja neljavagunilised (joonis 3).



Joonis 1. Stadler FLIRT elektrirongide skeem [8]



Joonis 2. Stadler FLIRT diislrongide skeem

Stadler Flirt 3-vagunilise elektri- ja diislrongi tehniliste andmete võrdlus Škoda kahesüsteemse 3-vagunilise elektrirongiga on toodud tabelis (Tabel 3)

Tabel 3. 3-vaguniliste Stadler Flirt elektri- (EMU) ja diiselrongi (DMU) ning Škoda kaheüsteemse elektrirongi tehniliste andmete võrdlus [9], [10], [11].

Tootja	Stadler Flirt		Škoda Vagonka AS
3-vaguniline	EMU	DMU	kaheüsteemne EMU
Istekohti	196	161	272
Seisukohti	160	154	347
Brutokaal, t	130	148	180,4
Pikkus, m	57,7	59,9	83,18
Laius, mm	3500	3500	3430
Maksimaalne kiirus, km/h	160	160	160
Kiirendus, m/s ²	1,2	0,85	1,01

Uued Škoda rongid hakkavad sõitma Tallinna - Tartu lõigul 2024. lõpus. Tšehhi ettevõtte Škoda Vagonka A.S toodab esialgu kuus kaheüsteemset elektrirongi maksumusega 56,2 miljonit eurot, tulevikus planeeritakse tellida veel 10 rongi [12].

Škoda Vagonka rongide puhul on hetkel olemas ainult arvestatavad teoreetilised andmed, mille puhul faktilised andmed ei ole teada, kuna katsed uutele rongidele ei ole veel läbi viidud.

Tabel 4. Škoda Vagonka A.S. rongi 0 kuni 160 km/h dünaamika [13]

Rong	Kiirendus, m/s ²	Aeg, s	Teepikkus, m
Škoda	1.01	40,4	1795.56

Uutel 3-vagunilistel rongidel kiirendus onn 1,01 m/s²am, kui võrrelda Stadler Flirt- iga, kus kiirendus 1.2 m/s² Uute rongide maksimaalne kiirus on 160 km/h nagu ka olemasolevatel Stadler Flirt rongidelgi ja kiirendus 1.01 m/s² olemasolevatele maksimaalse kiiruse saavutamine on võimalik pikema aja jooksul. Kui Tallinn-Tapa liinil kiiruse tõstmise võimalus ei ole aktuaalne peatuste tihenduse tõttu, siis Tapa-Tartu liinil võimaldab kiiruse tõstmine sõiduaega lühendada.

2.2. Reisirongide sõiduaegade arvutus Tallinn – Tartu liinil

Olemasolev olukord:

Sõiduaegade arvutuses on arvestatud -Ülemiste, Tapa, Tamsalu ja Jõgeva jaamades seisuaajaga 1min. Tabelis (Tabel 5) esitatud kaks sõiduaja variandi, juhul kui Tapa-Tartu liinil kapitaalremondi raames jäetakse raudteed õgvendamata või õgvendatakse.

Tabel 5.Sõiduaegade arvutuse tulemused [14]

Alternatiiv	1. Olemasolev	2. Õgvendatud
Tallinn-Ülemiste [min]	9	9
Ülemiste-Tapa [min]	37	30
Tapa-Tamsalu [min]	10	8,5
Tamsalu-Jõgeva [min]	25	21
Jõgeva-Tartu [min]	26	21,5
Tallinn-Tartu kokku	1h47min	1h30min

Juhul kui raudteetrassi ei õgvendata, siis võimalik sõiduaeg on 1 h 47 min (sõiduaja variant 1 Lisa 3). Trassi õgvenduste tegemine planeeritakse Nõmmküla ja Tabivere jaamade ning Tammsalu - Kiltsi, Rakke – Vägeva, Vägeva – Pedja, Jõgeva - Karepere, Tabivere - Kärkna, jaamavahede kapitalremondi raames aastatel 2023-2024.

2.2.1. Kiiruskatsed Stadler Flirt rongidega

Enne Stadler Flirt rongide liinile saatmist, viidi läbi kiiruse katsed [15], mille tulemused on tabelis (Tabel 6)

Katsed viidi läbi Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti, Eesti Raudtee AS-i, Elelektriraudtee AS-i ja Stadler Bussing AG eel koostöös.

Rööbastee jaoks on maksimaalne lubatav põikkalde vajak reisirongidel 150 mm, katse ajal vajakuga 165 mm, kontrollarvutuses põikkalde (c) ja põikkalde vajaku (cd) suhe:

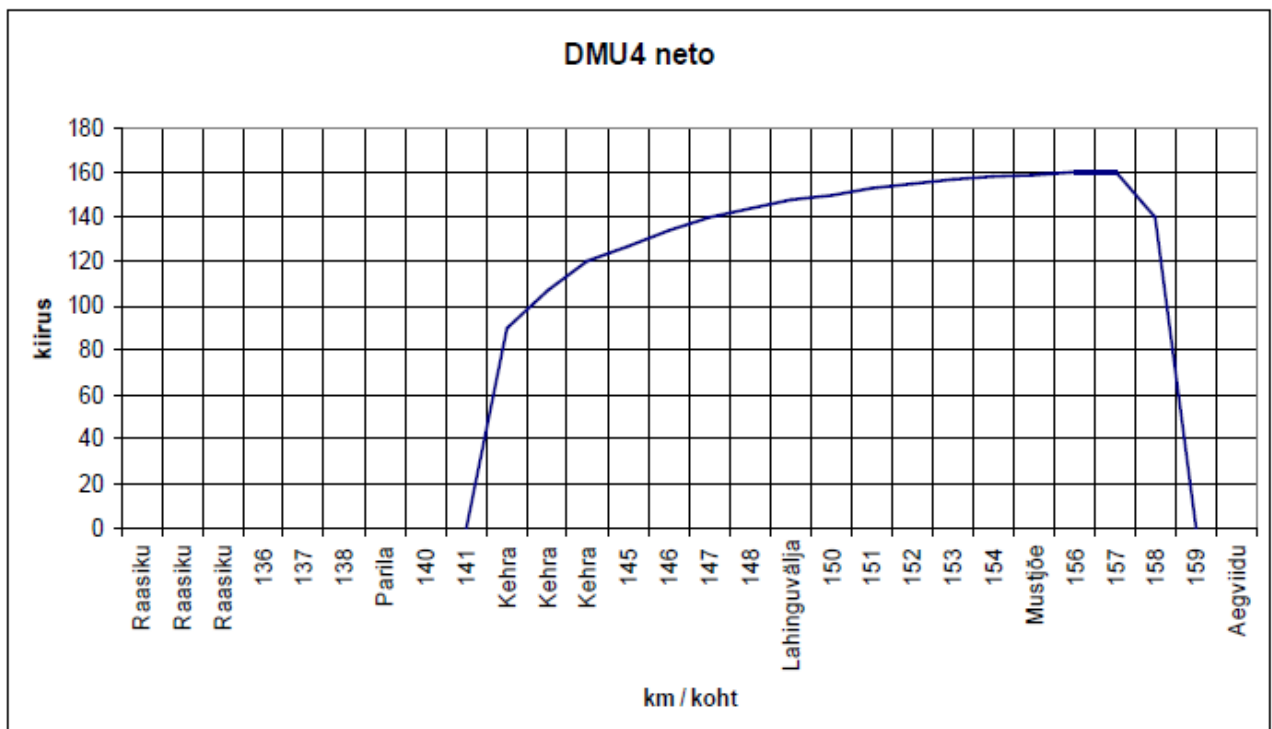
$$cd = \frac{b0}{g} \times \frac{v^2}{R} - c, \quad (1)$$

kus c – põikkalle;

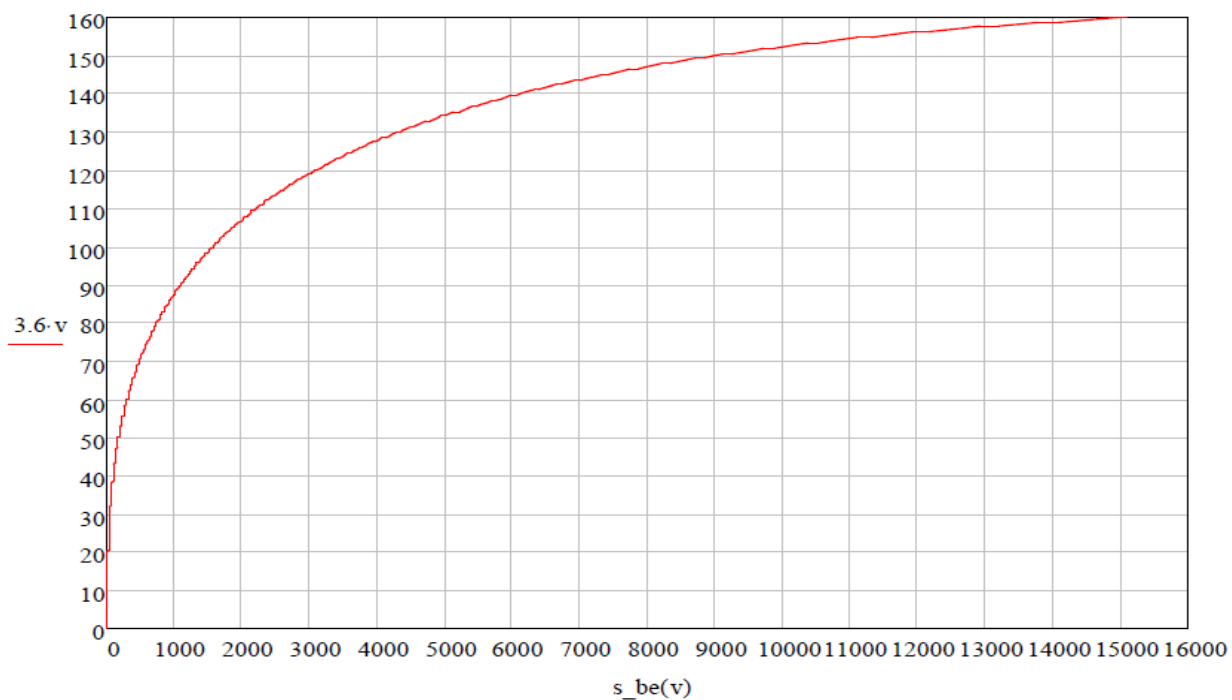
cd – põikkalde vajaku suhe.

2.2.2. Vajaminevad pidurdus- ja kiirendusvahemaad

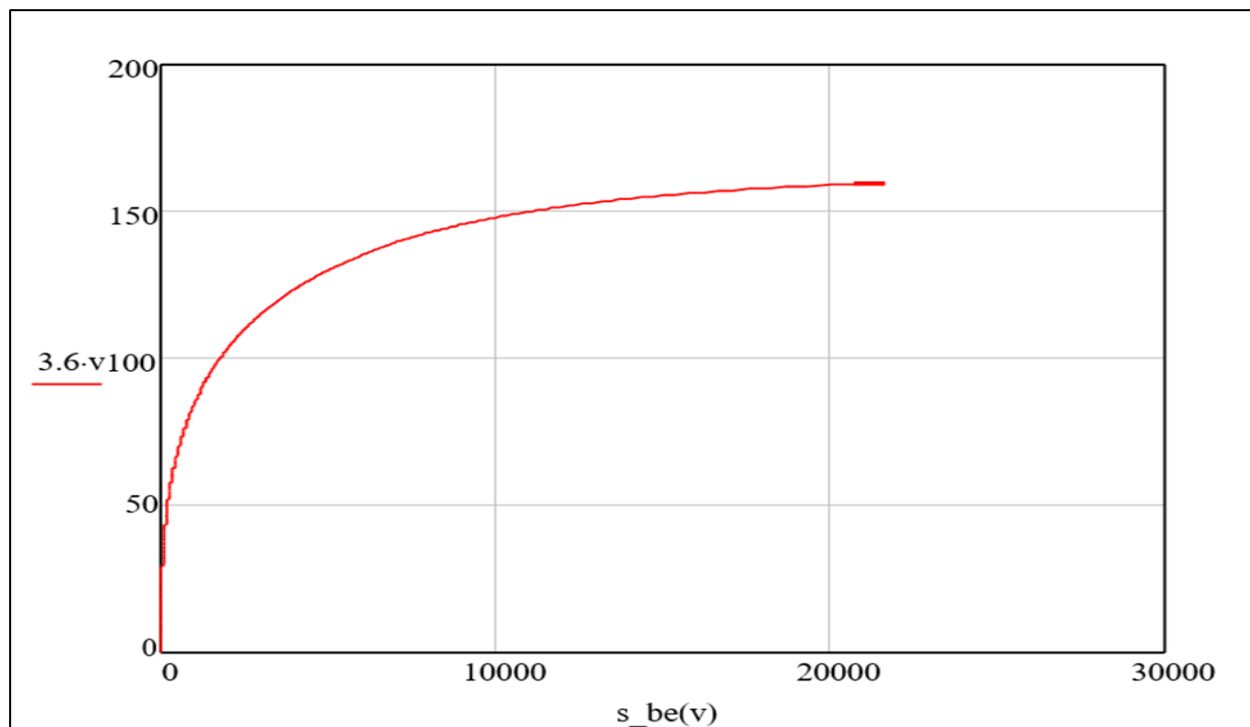
Lubatud maksimaalne sõidukiirus arvutatakse iga kurvi jaoks eelnimetatud andmete abil. Rongide kiirendusel 0 kuni 160 km/h maksimaalne pidurdusmaa ligikaudu 1000 m. Katsesõidu 4-vaguniliste diiselrongi (edaspidi DMU) simulatsioon (Joonis 3) on toodud Raasiku- Aegviidu raudtee lõigu näitel. Veeremi kiiruse dünaamika andmed on toodud (Lisa 5). 4-vagunilise EMU rongi kiirendamiseks 0-160 km/h vajaminev vahemaa (tühikoormusel 142,1t ning teljekoormus 17,3 t) on 3700 m (Joonis 10) ning bruto (161,1t teljekoormus 18,5t), kiirendamiseks 0-160 km/h vajaminev vahemaa tühikoormusel on 4400 m (Joonis 11).



Joonis 3. 4-vagunilise Stadler Flirt diiselrongi katsesõidu graafik [15]



Joonis 4. DMU 4 (taara 159,1 t, teljekoormus: 15,4 t) vajaminev vahemaa tühikoormusel on 15300 m [15].



Joonis 5. DMU 4 (bruto174,5 t, teljekoormus: 16,5 t) [15]

„4-vagunilise DMU rongi kiirenduseks 0-160 km/h vajaminev vahemaa kogumahutavuse tingimustes on 22000 m. Brutokoormusega DMU4 kiirenduseks 120 km/h kiiruseni 160 km/h on minimaalne vajaminev vahemaa 18,4 km“ [15].

2.2.3. Stadler Flirt rongide kiiruskatsete tulemus

Katsetusteks kasutatud profiili analüüsi andmete alusel on nähtav, et Raasiku-Aegvidu lõigul profiili parameetrid võimaldavad saavutada kiirust suuremat kui 160 km/h ning katsed viidi läbi edukalt. Katse tulemused on toodud (**Lisa 7**)

Tabel 6. Stadler Flirt rongide dünaamika [15]

Rong	Kiirendus kuni	Aeg	Teepikkus
EMU 3 netto	160 km/h	93 s	2900 m
EMU 4 netto ³	160 km/h	114 s	3650 m
DMU 2 netto ⁴	160 km/h	231 s	7640 m
DMU 3 netto ⁵	160 km/h	306 s	10345 m
DMU 4 netto ⁶	160 km/h	435 s	15255 m

Läbiviidud uuringud näitasid, et Tallinn-Tartu kiirrongide sõiduaja vähendamiseks on vajalik teostada raudteetaristul järgmised tegevused:

- rööbasteede geomeetria viimine vastavusse piirkiiruse suurendamisest tulenevate nõuetega ning raudteetrassi õgvendamine;
- raudteeohutuse hindamine ning ohutusega seonduvad ehitustööd;
- elektrifitseerimata raudtee elektrifitseerimine vahelduvvoolu pingele 25 kV;
- raudtee turvanguautomaatika uuendamine, mis vastab suurendatud projektkiirusele;
- raudteejaamade ning ooteplatvormide viimine vastavusse suurendatud projektkiirusega.

³ 142,7 t teljekoormus 17,3 t

⁴ 116,4 t teljekoormus 15,4 t

⁵ 136,4 t teljekoormus 15,4 t

⁶ 159,1 t teljekoormus 15,4 t

3. PROJEKTID, MIDA MÕJUTAB KIIRUSE TÕSTMINE KUNI 160 KM/H

3.1. Liikluskorralduse automatiseerimise projekt

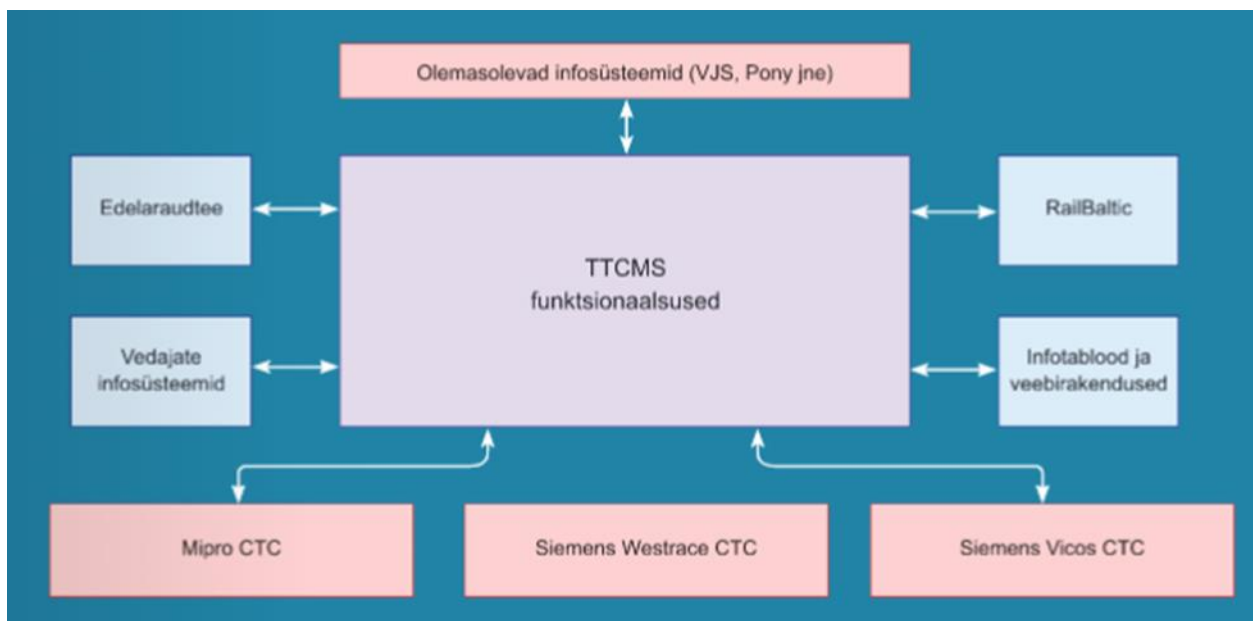
Liikluskorralduse automatiseerimise projekt (edaspidi TTCMS). Eesti Raudtee tehnoloogiliste protsesside analüüsi abil ja naaberraudteede kogemuste näitel, tehti tehniline kirjeldus, arvestades ettevõtte vajaduste, kogemuse, olemasolevate tehnoloogiate ning võimalustega. Seejärel toimus riigihange, mille võitjaks sai Hispaania ettevõtte - Indra Sistemas S.A., mis on spetsialiseerunud muu hulgas komplekssetele digitaalsetele raudteelahendustele.

TTCMS võimaldab maksimaalselt automatiseerida liiklusgraafiku väljatöötamise protsessi ning lihtsustab rongide sõiduaegade arvutamist, rongide ristumiste planeerimist ja näitab potentsiaalsed konfliktid olukorrad liikluses või ebakõlad liiklusgraafikus.

„Rongiliiklus algab liiklusgraafiku koostamisest, sellega tegeleb rongiliikluse planeerimise osakond. Nii liiklusgraafiku koostamine kui selle parandamine erinevate „akende“ tarbeks on keeruline ja töömahukas protsess, mida praegu tehakse praktiliselt käsitsi ning selle kvaliteet on tagatud tänu töötajate pikaajalisele kogemusele“ [16]

Tulevikus on liiklusgraafik juba süsteemis ja rongidispetšer peab valima aktuaalse liiklusgraafiku. Seejärel võtab liikluskorraldussüsteem kontrollib sobivust infrastruktuuri mudeliga ning, kui ebakõlad puuduvad, korraldab liiklust automaatsel režiimil. See tähendab, et rongide vastuvõtmised ja väljumised tulevad süsteemi poolt. Rongidispetšerid saavad lahendada liiklusalaseid probleeme enne nende toimumist. Süsteem ise pakub lahendusestenaariumi, rongidispetšer peab valima sobiva variandi. See muudab oluliselt rongidispetšeri töö iseloomu – pideva sündmuste registreerimise asemel hakkab ta süsteemi töö jälgijaks. Rongidispetšer sekkub ainult nendes olukordades, kus inimese tähelepanu või sekkumine on vajalikud.

Planeerimis ning liikluskorraldusega seotud andmed asuvad ühtses süsteemis, siis nende töötlemine muutub lihtsamaks ka liiklusgraafiku analüütikutele. Selleks, et väljatöötamis ja liikluskorraldus süsteem töötaks ja tooks liikluskorralduse inimestele kasu, peab see olema liidestatud nii dispetšertsentralisatsiooni (Siemens, Mipro) kui ka vedude jälgimise süsteemiga (edaspidi VJS) või juhtumite ja hoiatuste haldamise süsteemiga Pony (Joonis 6. TTCMS liidestamise skeem). Läbi nende süsteemide saab luua reaalsed ühendused rongidega [16].



Joonis 6. TTCMS liidestamise skeem [16]

3.2. Turvangusüsteemide moderniseerimine

CCS – juhtkäskude ja signaalimise alastsüsteem (*Control-Command Signalling*),

Turvangusüsteemide moderniseerimise projekti eesmärk on asendada liinidel vanad releepõhised blokeerimisüsteemid kahepoolsete mikroprotsessoripõhiste SIL 4 blokeerimissüsteemidega ning tagada nende hooldustööd, tugiteenused ja elutsükkel 25 aastaks.

Tallinn - Tapa liinil vajavad moderniseerimist 505 pöörangut, Ülemiste 125, Lagedi 18, Raasiku – 14, Kehra – 20, Aegviidu – 15, Tapa - 95 pöörangut. Tapa – Tartu liinil vajavad moderniseerimist 140 pöörangut [17].

Tallinn – Tartu renoveerimine ja kiiruse tõstmise maksumus (Eesti Vabariigi poolt ja omavahendid) – 11,2 miljonit eurot 2018 aasta andmetel 2019 – 2024, 2019 aasta andmetel 2019 – 2024 13,7 miljonit eurot [18], 2022 a. andmetel investeerimiskava on pikendatud kuni 2030 aastani ja maksumus 115 miljonit eurot [19].

Pöörmete elektersoojendusega varustatud pöörmeid 381 (32% pöörmete koguhulgast). Osa kasutusel olevatest elektersoojenduse süsteemidest (45% elektersoojendusega varustatud pöörmete koguhulgast [18].

3.3. Raudtee elektrifitseerimise projekt Tapa – Tartu lõigul

Elektrifitseerimise projekti raames on vaja esitada andmed veolajaamade ja autotrafopunktide projekteerimise ja ehitamise nõuded, teostada ehitusgeodeetilised ja geoloogilised uurimistööd ehitustööd, hoonete ja rajatiste vundamentide, välisviimistluse, sisustuse, kaablitrasside ja maanduskontuuride kohta. [20]

Jaamade elektritsentralisatsioon (ETs) võimaldab kontaktvõrgu elektrifitseerimist 25kV AC⁷ pingele.

olemasolevad 25Hz jaamade rööbasahelad on 25kV pingega kokku ning täiendavalt on vaja välja ehitada veovoolu (AC) kanaliseerimise süsteem.

AS Eesti Raudtee teeb vahemikus 2019 – 2024 ulatuslikku CCS-süsteemide moderniseerimist võtab arvesse Tallinn-Tartu liinil järgmist:

- kontaktvõrgu projekteerimisel projekteerida samas mahus perspektiivne foorisignalisatsioon jaamadesse ja jaamavahedesse;
- pakkub välja 25kV AC süsteemiga koostoimeks sobivad rongituvastussüsteemid, mis võimaldaksid jälgida ühtlasi ka rööbaste korrasolekut ning avastada rööpamurde.

Arvestati, et elektrifitseeritavatel lõikudel tuleb täiendavalt välja ehitada veovoolu (AC) kanaliseerimise süsteem. Projekteerimisel arvestada:

- ERTMS L1⁸ süsteemi nõuetega selliselt, et on võimalik kasutada class B rongikaitse ALSN-süsteemi.
- Foorimastide asukoha valikul - fooride teenindamiseks vajaliku teenindusruumiga 25kV liini läheduses.
- Eestis valitsevate kliimatiliste oludega näha ette keskkonnamõjudele vastupidavad materjalid konstruktsioonides.
- hoolduseks vajalike raudteeäärsete ligipääsuvõimalustega.

Tuua ülesõidukohtadel välja meetmed, mis väldivad raskeveokite sattumise kontaktvõrgu ohtlikusse lähedusse (vahekaugusnõude täitmise tagamine). Kontaktvõrgu sektsioonide vaheline eraldustsoon ei tohi jääda foori ette, kuhu vajadusel veduri pantograaf asetub, vaid see tuleb projekteerida foori

⁷ AC (*alternating current*) vahelduvvoolul 25 kV, 50 Hz põhinev elektriraudtee toitesüsteem [50].

⁸ ERTMS L1- Euroopa rongijuhtimissüsteem „tase 1. hõlmab rongi liikumise pidevat järelevalvet (st pardaarvuti jälgib pidevalt suurimat lubatud kiirust ja arvutab pidurduskõvera kuni liikumisõiguse lõpuni), samal ajal kui rongi ja raudteeäärsete seadmete vahel toimub pidev side, tavaliselt Eurobaliside kaudu“ [49].

järele selliselt, et foori tagant liikuma hakkaval veduril piisab kiirust eraldustsooni läbimiseks vabakäigul. Võrrelda olemasolevate isoleerlukkude omadusi 25kV süsteemi isoleerlukkudele esitatavate nõuetega. Võtta kasutusele meetmed, mis väldivad kontaktvõrgus vahelduvvoolu poolt indutseeritavate voolude kahjuliku mõju DC⁹ ja AC kontaktvõrgu lähestikusel paralleelsel paiknemisel.

Kontaktvõrgu projekteerimise faasis arvestati elektrivarustuse toitepunktide ja liinide võimekuse dimensioneerimisel muuhulgas elektritarbimisega mis tuleneb:

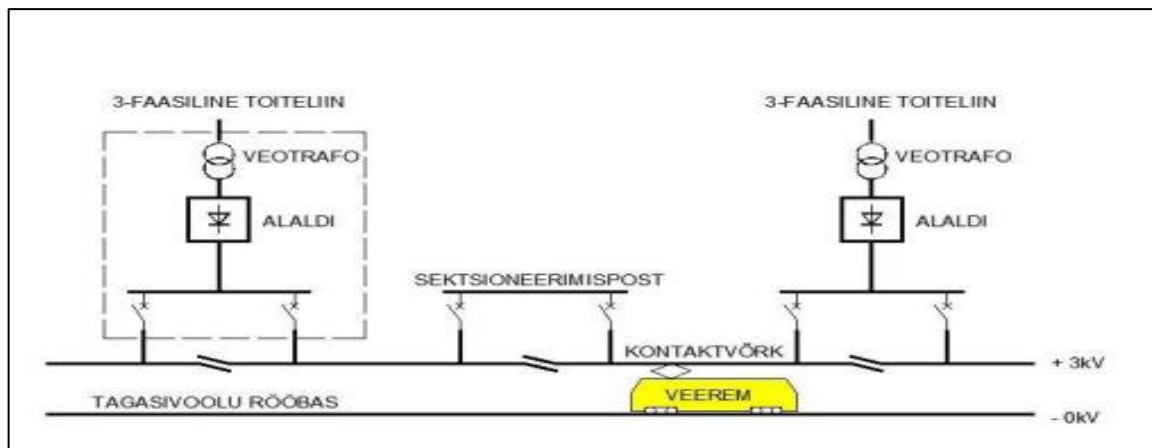
- liini optimaalse liiklusgraafiku tihedusest reisirongidele lisaks võimalikest elektriveol toimivatest kaubarongidest jaamadesse rajatava CCS-süsteemi elektritarbimisest (seadmeruumid koos sisekliima süsteemidega;
- foorid ja pöörangud lähtuvalt Euroopa suurtootjate avalikule raudteele mõeldud toodete ja süsteemide keskmistest näitajatest;
- olla valmis tellijale analüüsi alusinformatsiooni esitama jaamadevahelisse rajatava CCS-süsteemi elektritarbimisest veeremi mootorivõimsusele lisaks vagunite kütteks kasutatava elektrienergia vajadusest.

Pöörmesoojenduste poolt tarbitava elektrienergia projekteerimisel tuleb lähtuda vähemalt Eestis kehtivatest normdokumentidest ja õigusest asjakohastest Euroopa direktiividest, määrustest ja regulatsioonidest 1520-1524mm rööpmelaiusele kohalduvas ulatuses (TSI¹⁰ ja ENE TSI¹¹) Euroopa direktiiv 2001/16/EÜ üleeuroopalise tavaraudteevõrgustiku koostalitlusvõime kohta sätestab veeremite mürapiiRID järgmistes kategooriates: pidev müra, käivitusmüra, müra möödumine ja sisemine müra. Praegu ei pea Eestis, Lätis ja Leedus nendest mürapiiRIDest kinni pidama, kuna nendes riikides teostatakse mõõtmisi, mille tulemusena vaadatakse üle koostalitluse tehniline kirjeldus (TSI) kasutatava veeremi eripäradest tulenevatest nõuetest [21].

⁹ DC –(*direct current*) madalpingelised alalisvoolul põhinevad süsteemid 3 kV [50]

¹⁰ TSI - koostalitluse tehniline kirjeldus

¹¹ ENE TSI - koostalitlusvõime energia tehniline kirjeldus



Joonis 7. Eestis kasutusel oleva kontaktvõrgu ehituse skeem [22]

Alalisvoolu kontaktvõrgu põhikomponendid:

- veotrafo- alaldi grupp veoalajaamades
- kontaktliin (kontaktvõrk)
- tagasivoolu süsteem [22]

Raudteega ristuvad kontaktvõrku õhuliinid tuleb asendada maakaablitega.

3.4. Aegviidu – Tapa ehitus- ja kapitaalremonditööde projekt

Kapitaalremonti eesmärk pealisehituse 100% vahetus, kolme õgvenduse rajamine, sh uue muldkeha ehitamine, „Nelijärve II peatee äärse olemasoleva ooteplatvormi lammutamine ning uue ooteplatvormi ehitamine, Soodla jõe sildtruubi (km 175,590) remont ning 7 sildtruubi rekonstrueerimine terastoru-truupideks. Nimetatud tööd loovad eelduse Tallinn-Tapa raudteeliinil reisirongide liikumiskiiruse tõstmiseks kuni 160 km/h“ [23].

Kapitaalremondi raames ehitati välja 3100 m pikkune ohutuspiirdeaed Tapa vallas ja Lehtse alevikus. Projekti eesmärk on inimeste ohutuse suurendamine, takistades nende ligipääsu raudteele selleks mitte ettenähtud kohtades.

Side- ja turvängusüsteemi liinide ümberlülitus on tehakse pärast uue trassi väljaehitamist.

Kapitaalremont Aegviidu- Tapa lõigul kestab kuni 2024 aastani, maksumusega liigikaudu 8 miljonit eurot [24]

Kapitaalremondi raames kasutatud ehitusmaterjalid: mikrotorusüsteemid, kiudoptilised kaablid muhvid ja muud põhimaterjalid peavad olema valmistatud oodatava elueaga vähemalt 30 aastat [23].

Paigaldatud mikrotoru ja optiliste kaablite tehnilised nõudmised ja spetsifikatsioonid peavad vastama rahvusvahelisele (IEC 60794¹²) ja Eesti standartidele (EVS – EN 60794 – 5:2016¹³)

Teostatavate Aegviidu – Tapa jaamavahe kapitaalremondi raames tööde maht on esitatud (Lisa 2)

Seoses kapitaalremonditöödega toimub liiklus Aegviidu – Tapa kaheteelisel jaamavahel ühe tee kaudu ning läbilaskevõime väheneb 50% võrra.

Töid alustatakse II peateest, rongiliiklus toimub I peatee kaudu. Aegviidu – Tapa liiklus paaris suunas toimub ajutise poolautomaatblokeeringu järgi, Tapa – Aegviidu jaamadevaheline liiklus paaritus suunas automaatblokeeringu järgi [25].

Tapa – Aegviidu jaamavahe läbilaskevõime kapitaalremondi perioodil on 33 paari reisironge ajavahemikul 06.30 kuni 23.00 ning 15 paari kaubaronge ajavahemikul 23.00 kuni 06.30.

3.5. Tapa - Tartu raudteetrassi õgvendamise projekt

Selleks, et oleks võimalik tõsta kiirus kuni 160 km/h Tapa – Tartu raudteelõigu rekonstrueerimise projekti raames tuleb õgvendada raudteekõverikke,. Selleks on vajalik teostada rööbasteede geomeetria ümberehitus. Ehitustööd Tapa – Tartu liinil planeeritakse viia ellu 2023-2024 a.

Aluseks on võetud Soome Vabariigi normdokumendid. Põhjuseks Soome rööbasteede konstruktsiooni ja raudteeveeremi sarnasus Eesti rööbasteede konstruktsiooni ja raudteeveeremiga ja kasutuses olev rongikiirus 160 km/h.

Tabel 7.Raudtee plaanikõveriku geomeetrilised parameetrid [14]

Parameeter	Ühik	Soovituslik väärtus	Piirväärtus
Välisrööpa kõrgendus D	mm	80	150
Välisrööpa kõrgendusvaegus I	mm	50	130
Välisrööpa kõrgenduse tõusukiirus dD/dt	mm/s	28	35

¹² Kehtib kiudoptiliste kaablite kohta, mis on ette nähtud kasutamiseks telekommunikatsiooniseadmete ja kaablitele, mis sisaldavad nii elektrijuhtmete kombinatsiooni kui ka optiliste kiudude [52].

¹³ määrab kindlaks nõuded kaitstud mikrokanalite kiudoptiliste kaablite ja mikrokanalite paigaldamiseks väljas ja/või siseruumides [51].

Parameeter	Ühik	Soovituslik väärtus	Piirväärtus
Välisrööpa kõrgendusvaeguse tõusukiirus dI/dt	mm/s	49	73
Sirgete elementide pikkus	m	-	V/2
Ringikõverate pikkus	m	-	V/4
Välisrööpa kõrgendus ülesõitudel	mm		60
Välisrööpa kõrgendus platvormide ääres	mm	60	100

Tabel 8. Raudtee geometria projekteerimisparameetrid (RATO 2) [14]

Parameeter	Ühik	Soovituslik plaanikõverik	Piirväärtustega plaanikõverik
Ringikõveriku raadius R	m	2600	1190
Välisrööpa kõrgendus D	mm	80	140
Välisrööpa kõrgenduse tõus dD/ds	mm/m	0,5	0,75
Siirdekõveriku pikkus Lr	m	160	190

Õgvenduste projekteerimisel kasutatakse lähtetasemenähtude soovituslike väärtusi. Kui soovituslike väärtuste kasutamine tooks võrreldes piirväärtustega kaasa märkimisväärseid ehitusmaksumuse suurenemisi, ehituskestuse pikendamist või keskkonnamõjusid, siis kasutatakse piirväärtuseid. Kui soovituslike väärtuseid ei ole võimalik järgida, kasutatakse antud olukorras võimalikke parimaid projekteerimisparameetreid.

Raudtee pealisehitise ja hooldustöödega seonduvaid tegevusi planeeritakse ka väljaspool õgvendatavaid piirkondi. Vajalik tegevus on järgnev: Tapa, Jõgeva ning Tartu valdadel integreerimine õgvendatud raudteetrassi käimasolevatesse üldplaneeringutesse.

Rööbastee toppimise teostamisel tehakse ülesõidu- ja ülekäigukatete ning muude teeseadmete ajutine demonteerimine ning tagasi paigaldamine. Rööbastee toppimine siirdekõverate pikendamise ja välisrööpa kõrgenduse suurendamise eesmärgil, rööbastee põiksuunaline nihe kuni 300mm. Plaanikõverike parameetrid tuleb viia vastavusse RATO 2 nõuetega. Raudtee muldkeha laiendamine

ning teerajatiste ümberehitus planeeritakse vahetada välja pöörmad. Ülekäigud ja ülesõidud viiakse kahetasandiliseks seal kus on võimalik. ooteplatvormile telemaatilised rakendused ja raudtee maa-ala piiramine Tuleb tagada turvaautomaatika vastavus nõuetele seoses kiiruse tõstmisega. On vajalik arvutuslike sõiduaegade realiseerimiseks kui raudtee elektrifitseeritakse vahelduvvoolu kontaktvõrguga 25 kV 50 Hz.

3.5.1. Kiirusel 141-160 km/h raudteede paigutamise tehnilised nõuded

Raudtee ehitamisel peavad kõik tegevused/tulemused vastata kehtivatele nõuetele. Raudteeliini ehitamisel või rekonstrueerimisel muldkeha pealmine laius peab olema vähemalt 7,6 m lai üheteelisel ja 11,7 m lai kaheteelisel liinil. Sirge teeosa muldkeha pealmine laius peab olema vähemalt 6,6 m lai üheteelisel liinil ja vähemalt 10,7 m lai kaheteelisel liinil. Teepeenra laius peab olema vähemalt 0,5 m mõlemal pool rööbasteed.

„Tee telgede vahe peab olema:

- raudteeliini ehitamisel sirgel teeosal – 4300 mm;
- olemasolevatel liinidel – 4100 mm;
- muude teede vahel vähemalt 10 000 mm;
- peatee ja muu tee telgedevahe peab olema vähemalt 5100 mm“ [26]

3.5.2. Raudtee pealisehituse nõuded

Seoses Tallinn - Tartu raudteelõigul kiiruse tõstmisega kuni 160 km on tähtis teemajanduse ehitise kvaliteedikontroll ja et kasutatavad ehitusmaterjalid on nõuetele vastavuses jälgimine, pöörmade kontroll veeti üks kord nädalas teemõõduvagoniga ja pealisehituse kulumise kontroll defektoskoopiaseadmega kord kahe kuu tagant [26]. Reisijate ooteplatvormide on vajalik varustada telemaatiliste rakendustega, et hoiatada ooteplatvormil viibijalt mööduvast rongist [26]. Lubatud suurima kiirusega kuni 160 km/h peavad jaamateed olema varustatud veduri automaatsignalisatsiooni teeseadmetega.

Automaatblokeeringuga raudteeliinil:

- neljanäidulise signalisatsiooniga automaatblokeering;
- kolmenäidulise signalisatsiooniga automaatblokeering, mis tagab rongi automaatse peatumise vahetult keelava signaali ees (ETCS1¹⁴ kasutamisel) [26].

¹⁴ ETCS1 - Euroopa rongijuhtimissüsteem.

3.5.3. Tallinn-Tartu raudtee 160 km/h õgvendamise projektlahendus

Eesmärk raudteetrassi õgvenduste plaanigeomeetria projekteerimise esitamine.

Arvutatakse välja saavutatav Tallinn - Tartu ekspressrongide sõiduaeg – peatustega Tallinnas, Kitsekülas, Ülemistel, Tapal, Tamsalus, Jõgevas.

Arvutada välja raudtee geomeetriaga seotud ehitustööde hinnanguline maksumus;

Eesmärgiks on analüüsida ning projekteerida lahendus rööbasteede geomeetriaga seonduvate tööde teostamiseks, välja arvatud jaamade ümberehitus.

Raudtee muldkeha laiendamine ning teerajatiste ümberehitus, juhul kui see on vajalik tulenevalt rööbastee asukoha muutusest plaanil, on vaja vahetada välja pöörmad ja paigaldada neile liikuv riströöpa südamik.

3.5.4. Raudtee trassialternatiivid ja õgvendused Tallinn – Tartu liinil

Trassialternatiivid ja õgvendused ettenähtud lisas (Lisa 3)

Trassialternatiiv 1: olemasolev raudteetrass ilma õgvendusteta;

Trassialternatiiv 2: optimeeritult õgvendatud raudteetrass;

Trassialternatiiv 3: maksimaalselt õgvendatud raudteetrass

Trassialternatiivide 2 ja 3 korral lüheneb raudteetrassi - 503 m

Raudteetrassi lühenemine ei avalda mõju rongide liiklusgraafikule ega raudtee ehitus- või hooldusmaksumusele.

Õgvendused A1 – A3 on eesmärgiga tõsta kiirust 160 km/h

Õgvendus A1 (Ülemiste-Lagedi) - on vajalik teostada üks raudteetrassi õgvendus. Kavandatava Rail Baltica 1435mm raudteetrassi tõttu on õgvendamise võimalused piiratud ning plaanikõveriku raadius 1300 m.

Õgvendus A2 (Lagedi) - on vajalik pikendada siirdekõverikke ning tõsta välisrööpa kõrgendus 140 mm-ni, ehitada ümber olemasolev peateede vaheline reisijate ooteplatvorm sirgele teosale, ehitada ümber olemasolev jalakäijate tunnel või rajada täiendav tunnel uuele asukohale.

Õgvendus A3 (Aruküla) - on vajalik õgvendada raudteetrass, ehitada ümber 2 reisijate ooteplatvormi, ehitada ümber autotee ning paigaldada ümber raudteeülesõidu kate;

Õgvendus A4 (Kehra) - peateedel mitu plaanikõverikku, mis piiravad kiirust 120 km/h-le ning peatee II plaanikõverikud vajavad õgvendamist koos seonduva pöörme, ülesõidukatete ja kontaktvõrgu ümberpaigaldamisega.

Õgvendus A5 (Aegviidu) – Eesmärk tõsta kiirust kuni 140 km/h ning on vaja teostada plaanikõveriku õgvendamine kuni R1300. Looduskaitsealasid raskendavad maantee ja ülesõidu. Ümberehitus ehitustööde suurest maksumusest ei ole soovitatav.

Õgvendus A7 (Nelijärve-Jäneda) - soovituslik raadius R2600 ning vajalik võõrandada maatulundusmaad.

Õgvendus B3 (Nõmmküla) - Eesmärk tõsta kiirust kuni 160 km/h, tagada sirge teelõik pöörmete kohal on vajalik plaanikõverik asendada 2 eri plaanikõverikuga peateel. Paigutada ümber 2 olemasolevat pööret põiksuunas tulenevalt peatee põiksuunalist nihkest ning kõrvalteed 2 ja 3 ehitada ümber.

Õgvendus C5 (Vägeva) - Eesmärk tõsta kiirust kuni 160 km/h, soovitatud kõrvaldada üks plaanikõverik.

Õgvendus D5 (Kaarepere) - Selleks, et tõsta kiirus kuni 160km/h, on eelnevalt tarvis teostada järgmised tööd: Plaanikõveriku pinnase toppimine. Selleks, et pikendada siirdekõverikke on tarvis vähendada ringkõveriku raadiust ning tõsta välimise rööpa kõrgust kuni 60 mm-ni. Kui need muudatused on tehtud tuleb teostada ka ooteplatvormi ühe serva ümberehitus. Ülesõiduks sobiva geomeetria tagamine toob kaasa kõrvalteede tihendamise, vajaduse pikendada peateed ning sirgel lõigul pöörmete paigalduse. Ülekäigu lahti- ja kokku monteerimine ja jalgteed katte paigalduse.

Õgvendus D6 (Kaarepere-Tabivere) soovitatud vahemikus km+m 394+200 – 402+000 uue raudteetrassi kasutuselevõtmine 7,8 km pikkusel lõigul. Toob kaasa kõrgepingeliini ümberehituse ning ühe ülesõidu ümberpaigutamise.

Õgvendused D8 ja D9 (Tabivere-Kärkna) vaja teostada 2 õgvendust väljaspool raudtee kinnistu piire ning nõuab maatulundusmaade võõrandamist, ühe ülesõidu ümberpaigutamist [14]

3.5.5. Raudteetrassi õgvendamisega seonduvad järgnevad tööd:

Raudteetrassi õgvendamine, lähtuvalt projektkiirusest 160 km/h, kokku 28 kohas, mis tähendab eeldatavat ajakulu planeerimisega, projekteerimisega ning ehitusega seotud tegevustele kuni 4 aastat

ning raudtee geomeetriaga seonduvate ehitustööde orienteeruvat maksumust 47 MLN EUR. Tulemuseks on esialgu Tallinnast – Tartuni sõiduaeg 1 h 36 min;

Vajalik on väljaspool raudteemaad teostada 3 õgvendust kogupikkusega 12 km.

Arvestades, et raudteetrassi õgvendamine selle elektrifitseerimisele järgneva 50 aasta jooksul seondub väga suure ümberehituse maksumusega, siis on käesoleva töö soovitus õgvendada koheselt raudteetrass projektkiirusele 160 km/h, arvestades tulevikukindla projektkiirusega kuni 200 km/h lõikudel, kus see on võimalik.

Juhul, kui raudteetrassi ei õgvendata enne selle elektrifitseerimist, on järgnevas 50 aastaks piiratud võimalused võrreldes tänasega märkimisväärselt suurendada Tallinn-Tartu raudteel sõidukiirusi. Arvestades trende Euroopas sõidukiiruste suurendamisega raudteedel, ei oleks see otsus otstarbekas ning seaks tulevikuks märkimisväärsed piirangud siseriikliku raudteetranspordi arendamiseks Eestis [14].

4. LÄBILASKEVÕIME

Praegune olukord läbilaskevõimete kohta on nähtav tabelites (Tabel 10; Tabel 11; Tabel 12) Teise peatee ehitamine võimaldab reisi- ja kaubarongide läbilaskevõimet tõsta kahekordselt. Kiirusel 160 km/h arvestatav läbilaskevõime umbes 75 rongipaari ööpäevas. Viimastel aastatel kaubaveo mahud suuresti langenud aga reisijate veomaht on tõusnud (Lisa 1) Septembri kuu 2022 a. seisuga Elroni rongidega tehti reisijate poolt 5,3 miljonit sõitu. Tallinn – Tartu liinil reisijate arvu kasv suurenenud 42% [27]

Läbilaskevõime mõiste alla arvatakse rongide liiklusgraafiku koostamist kindla ajavahemiku jooksul raudteeinfrastruktuuris. Läbilaskevõime jaotamise organisatsioon on raudteeinfrastruktuuriettevõtja TTJA¹⁵ või mõni muu juriidiline isik, kellel on luba läbilaskevõime jaotuse korraldamiseks. Aeg mis kuulub ühe rongi käigushoidmiseks siht- ja saatepunkti vahel on rongiliini läbilaskevõime osa. AS Eesti Raudtee korraldab raudteeinfrastruktuuri kasutamist läbilaskevõime jaotamise teel, eraldades raudteeveoettevõtjatele läbilaskevõimeosasid rongiliinina või sihtotstarbeliste ühekordsete läbilaskevõimeosadena. [28]

„Jaotamisele pandava läbilaskevõime maht on siht- ja saatejaamade vahelisel raudteeliigul läbilastavate rongide suurim võimalik koguarv, mille arvutamisel on arvesse võetud raudteeliikluse tehnoloogilised kitsendused, milleks on raudteel kehtestatud kiirused, rongi kiirendusele ja pidurdusele kuluv aeg, tehnoloogilised aknad, raudteeliiklushälbed ja muu selline ning millest lahutatakse kehtivate raudteeinfrastruktuuri kasutamise lepingutega hõlmatud läbilaskevõimeosad“ [28, p. §83].

Raudteeinfrastruktuuriettevõtja igaks liiklusgraafikuperioodiks läbilaskevõime jaotamise esitab taotluse, mitte hiljemalt kui 9 kuud enne vastava liiklusgraafikuperioodi algust ja avalikustab raudteevõrgustiku teadaandes [28, p. §85]

Eesti Raudtee teeb oma läbilaskevõime jaotamise otsused teatavaks hiljemalt 7 kuud peale liiklusperioodi algust ning avalikustab liiklusgraafiku kavandi oma kodulehel kaks kuud enne liiklusgraafikuperioodi algust.

Eesti Raudtee raudteeinfrastruktuuri jaotamisele pandav läbilaskevõime maht ja selle arvutamise aluseks olevad andmed liiklusgraafikuperioodiks on esitatakse võrgustiku teadaandes.

¹⁵ Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet

Sõlmitakse infrastruktuuri kasutamiselepingud, kus kinnitatakse reisijate-ja kaubaveoteenuse osutamiseks raudteeinfrastruktuuril vedajale eraldatud läbilaskevõimeosad rongiliinidena [29]. Läbilaskevõimeosad liiklusgraafikus (rongipaare ööpäevas) 2021/2022 infrastruktuuri kasutuslepingute järgi ettenähtud (Tabel 10).

Raudteelõigu läbilaskevõime määrab sellel raudteelõigul asuv suurima läbimisajaga jaamavahe. Arvestusliku suurima läbilaskevõime arvutamine toimub läbilaskevõime arvestamise meetoodika järgi [30]:

Läbilaskevõime (N) arvestamisel rongipaaridena võetakse aluseks rongipaari poolt suurim jaamavahe läbimise aeg:

$$T = t' + t'' + 2t_s + t_p + t_h \quad (2)$$

kus t' –raudteelõigul rongipaari poolt jaamavahe läbimiseks kuluv pikim aega paaritul suunal;

t'' –raudteelõigul rongipaari poolt jaamavahe läbimiseks kuluv pikim aega paarissuunal;

t_s –rongide vahetusintervall jaamas;

t_p –rongi kiirendusaeg pidurdamisel;

t_h –rongi kiirendusaeg hoovõtul

ja arvestuslik aeg ööpäevas, mille jooksul on võimalik jaamas ronge vastu võtta ja ära saata

$$T_a = (1440 - T_{tehn})L \quad (3)$$

kus T_a – arvestuslik aeg ööpäevas, kui jaam on rongiliiklusele avatud 24 tundi ööpäevas 1440 aeg ööpäevas (minutit)

T_{tehn} – tehnoloogiline vaheaeg,

$T_{tehn} = 60 \text{ min}$

L – on võimaliku liiklushälbe koefitsient,

$L = 0.93$

Seega vastavalt valemile (3) on arvestuslik aeg:

$$T_a = (1440 - 60) * 0,93 = 1283,4 \text{ min} \approx 1284 \text{ min}$$

$$N = \frac{T_a}{T} \quad (4)$$

Valemi (4) järgi saame nüüd arvutada arvestusliku suurima läbilaskevõime Tapa-Tartu raudteelõigu iga jaamavahe jaoks:

$$T_{Tapa - Tammsalu} = 18 + 18 + 2 * 3 + 2 + 2 = 46 \text{ min}$$

$$N_{Tapa - Tammsalu} = \frac{1284}{46} \approx 28 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Tamsalu-Kiltsi} = 14 + 14 + 2 * 3 + 2 + 2 = 38 \text{ min}$$

$$N_{Tamsalu-Kiltsi} = \frac{1284}{38} \approx 34 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Kiltsi-Rakke} = 16 + 16 + 2 * 3 + 2 + 2 = 42 \text{ min}$$

$$N_{Kiltsi-Rakke} = \frac{1284}{42} = 30,80 \approx 31 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Rakke-Vägeva} = 12 + 12 + 2 * 3 + 2 + 2 = 34 \text{ min}$$

$$N_{Rakke-Vägeva} = \frac{1284}{34} = 38,05 \approx 38 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Vägeva-Pedja} = 16 + 16 + 2 * 3 + 2 + 2 = 42 \text{ min}$$

$$N_{Vägeva-Pedja} = \frac{1284}{42} = 30,80 \approx 31 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Pedja-Jõgeva} = 12 + 12 + 2 * 3 + 2 + 2 = 34 \text{ min}$$

$$N_{Pedja-Jõgeva} = \frac{1284}{34} = 38,05 \approx 38 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Jõgeva-Kaarepere} = 16 + 16 + 2 * 3 + 2 + 2 = 42 \text{ min}$$

$$N_{Jõgeva-Kaarepere} = \frac{1284}{42} = 30,80 \approx 31 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Kaarepere-Tabivere} = 18 + 18 + 2 * 3 + 2 + 2 = 46 \text{ min}$$

$$N_{Kaarepere-Tabivere} = \frac{1284}{46} \approx 28 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Tabivere-Kärkna} = 16 + 16 + 2 * 3 + 2 + 2 = 42 \text{ min}$$

$$N_{Tabivere-Kärkna} = \frac{1284}{42} = 30,80 \approx 31 \text{ rongipaari}$$

$$T_{Kärkna-Tartu} = 22 + 22 + 2 * 3 + 2 + 2 = 54 \text{ min}$$

$$N_{Kärkna-Tartu} = \frac{1284}{54} = 23,96 \approx 24 \text{ rongipaari}$$

Tapa - Tartu raudteelõigu läbilaskevõime arvutamisel võetakse aluseks suurima läbimisajaga jaamavahe, milleks on Kärkna-Tartu on jaamavahe. Seega Tapa-Tartu raudteelõigu läbilaskevõime on 24 rongipaari ööpäevas (Tabel 9).

Tabel 9. Tapa-Tartu raudteelõigul asuvate jaamavahede arvestuslik läbilaskevõime [31].

Jaamavahe	Jaamavahede peateel¹⁶, km	Rongipaare
Tapa-Tamsalu	15,102	28
Tamsalu-Kiltsi	8,966	34
Kiltsi-Rakke	11,894	31
Rakke-Vägeva	9,471	38
Vägeva-Pedja	10,029	31
Pedja-Jõgeva	9,355	38
Jõgeva-Kaarepere	12,122	31
Kaarepere- Tabivere	13,669	28
Tabivere - Kärkna	11,735	31
Kärkna - Tartu	10,178	24

Liiklusperioodil 2021/2022 läbilaskevõime jaotamine taotletavate klientide vahel on näidatud (Tabel 10), kus on ettenähtud Tallinn – Tartu liinil näitel, raudtee võrgustiku teadaandes (edaspidi RVT), läbilaskevõime jääk ja jaotamata läbilaskevõime. Raudteevõrgustiku teadaande lisa 2 kohaselt jaotamisele pandav läbilaskevõime on siht- ja saatepunktide vahelistel raudteelõikudel läbilastavate rongide suurim võimalik koguarv ajavahemikus (kella 17.00 kuni järgmise päeva kella 17.00), mille arvutamisel on arvesse võetud raudteeliikluse tehnoloogilised kitsendused“ [29]. Kitsendused vähendavad läbilaskevõime mahtu kiirusepiirangute osas. Põhjendatud juhul Eesti Raudtee võib raudteeliiklust piirata või sulgeda. Eelnevalt kooskõlastab TTJA-ga ja teavitab raudteeveo-ettevõtjaid kes ei saa kasutada eraldatud rongiliine.

Tabel 10. Läbilaskevõime osad liiklusgraafikus (rongipaare ööpäevas) 2021/2022

¹⁶ vahemaa reisiplatvormide telgede vahel

	Läbilaskevõime Lisa 2 RVT 2021/22	AS GoRail 2021/22	AS GoRail 2020/21	AS Eesti Liinirongid 2021/22	AS Eesti Liinirongid 2020/21	Läbilaskevõime jääk	AS Operail 2021/2022	AS Operail 2020/2021	kokku	Jaotamata läbilaskevõime
Tallinn – Ülemiste	67,6	1	1	32	32	34,6	1	0,5	2	58,4
Ülemiste – Lagedi	160	1	1	32	32	127,0	1,5	0,5	2,5	20,7
Tapa - Lagedi	160	1	1	32	32	127,0	6,5	1,5	10,5	22,7
Tapa-Jõgeva	41,6	0	0	11	11	30,6	5,5	1,5	7,5	15,5
Jõgeva – Tartu	41,6	0	0	12	12	29,6	5,5	1,5	7,5	32,6

Lõputöös esitatud andmetel (Tabel 11) on kajastatakse kaubarongide mahu langetamine.

Tabel 11. Rongide läbilaskevõimeosade kasutamine 2022 aastal [32]

Piirkond	2022 a rongipaarides	
	kaubarongid	reisirongid
Tallinn - Ülemiste	1,1	32,0
Lagedi - Ülemiste	0,8	32,0
Tapa - Aegviidu	3,0	15,0
Aegviidu - Kehra	3,0	32,0
Kehra - Lagedi	4,2	32,0
Tartu - Kärkna	3,6	12,0
Kärkna - Jõgeva	3,1	12,0
Jõgeva - Rakke	3,3	11,0
Rakke - Tamsalu	3,3	11,0
Tamsalu - Tapa	3,2	11,0

Jaotamata läbilaskevõime andmete (Tabel 12) alusel on tehtud järeldus, et Tallinn -Tartu lõigul on võimalik reisirongide arvu suurendada .

Tipptund kestab ligikaudu kolm tundi. Tipptunnil ajavahemikus 07.00 kuni 10.00 Tapa - Tartu liinil lastakse läbi 4 rongi see on 0,66 rongipaari tipptunnis, ajavahemikus 05.00 kuni 24.00 – 0,57 rongipaari tunnis. Järeldus läbilaskevõimalused on suuremad kui vajadus.

Tabel 12. Keskmise jaotamata läbilaskevõime 2022 aastal [33]

Raudteelõik	Jaotamata läbilaskevõime, rongipaarides
Ülemiste - Tallinn	49,9
Lagedi - Ülemiste	83
Tapa - Lagedi	77,6
Tartu - Jõgeva	14,7
Jõgeva - Tapa	15,4

4.1. Läbilaskevõime arvestamine kiiruse tõstmisel kuni 160 km/h

Arvestused tehtud ja esitatud (Tabel 6) andmete põhjal Kärkna – Tartu jaamavahe (10,178 km) näitel. 3 vaguniline elektrirong saavutab kiiruse kuni 160 km/h 93 sekundiga ja läbides vahemaa 2900 m, kui arvestada sellega, et kiireduse ja pidurdamise parameetrid on võrdsed, siis arvestatav vahemaa 9302 m.

On kasutatud aja arvutamise valemit:

$$t = \frac{s}{v} \quad (5)$$

Kus s – teepikkus;

v – kiirus

$$t = \frac{10178}{160} = 63,61 \text{ s}$$

$$T_{Kärkna-Tartu} = 93 + 63,61 + 93 = 249,61 \text{ s} = 4,16 \text{ min}$$

Kui kiirusel 120 km/h on võimalik lasta läbi 24 rongipaari ööpäevas, siis kiirusel 160 km on võimalik valemite (4) ja (2) järgi lasta läbi:

$$T = 249,61 + 249,61 + 360 + 93 + 93 = 1045,22 \text{ s} = 17,42 \text{ min}$$

$$T_{Kärkna-Tartu} = \frac{1284}{17,42} = 73,70 \approx 74 \text{ rongipaari ööpäevas}$$

Läbilaskevõime kaheteelisel automaatblokeeringuga liinil arvutatakse valemi (6) järgi [34]:

$$N = \frac{(1440 - T_{\text{tehn}}) \times a_n}{l_p} \quad (6)$$

Kus T_{tehn} – tehnoloogiline vaheaeg, min;

a_n – töökindluse koefitsent;

l_p – arvestatav ajavahemik samasuunaliste rongide vahel.

Läbilaskevõime kaheteelisel automaatblokeeringuga liinil kui raudtee on elektrifitseeritud:

$$N_{Kärkna-Tartu} = \frac{(1440-60) \times 0,96}{5} = 264,96 \approx 265 \text{ rongipaari ööpäevas.}$$

Läbilaskevõime kaheteelisel automaatblokeeringuga liinil kui teed on elektrifitseerimata:

$$N_{Kärkna-Tartu} = \frac{(1440-60) \times 0,95}{5} = 262,2 \approx 262 \text{ rongipaari ööpäevas.}$$

5. TEISE PEATEE EHITAMISE TAPA – TARTU LIINIL MAKSUMUS

Lõputööraames tehtud võrdlusanalüüs eelmiste suurte projektide andmete alusel (Tabel 14) Arvestatud on ühe kilomeetri hind, et uurida maksumust juhul kui ehitatakse teine peatee Tapa- Tartu liinil. Arvestades sellega, et peale õgvendamist Tapa – Tartu liin 112 km minimaalne maksumus ilma käibemaksuta (km) ja reserv summata näidatud (Tabel 13). Konfidentsiaalse teabe tahtmatu avaldamise vältimiseks on kõik esitatud tabelites toodud summad ligikaudsed.

Tabel 13. Teise peatee ehitamise maksumuse analüüs

	j/km hind eurodes km- ta	Tapa – Tartu liin (õgvendatud), eurodes km-ta
Uue tee ehitamine/ paigaldamine	1200 000,00 [35]	134 400 000,00
elektrifitseerimine	580 000,00 [36]	64 960 000,00
CCS turvanguseadmed [37]	81 482 [38]	9125980,00
kokku	1 861 482	208 485 984,00

5.1. Elektrifitseerimise maksumuse andmed teiste projektide näitel

Tabel 14. Arvestatavad andmed

Projekt	1 km hind, euro	Projekti maksumus, euro
Aegviidu- Tartu	580 000 [36]	64960000
Riisipere -Turba	210 000 [36]	59 500
Keila-Pääsküla 2 peatee [39]	290 000 [36]	2080200
Risti -Turba [40]	64 970	124013
Ellamaa-Turba raudtee [41]	24 519	122130
Aegviidu – Tapa jaamavahe kapitaalremont	422 286	47296048
Keskmine arvestatav summa	265296	19 097 065

2022 aastal ehitamiseks kasutatavate materjalide hinnatõus ja inflatsioon kasvas rohkem kui 20%. Sellises majanduslikus olukorras II peatee ehitamine ei ole kasumlik.

Tabel 15. Raudteel kasutavate materjalide hinnavõrdlus, % [42]

Materjal	Hinna muutus 2021 aastal, %	Hinna muutus 2022 aastal, %
Männiliiper, tk	10	63
Graniitkillustik, tonn	1	62
Rööbas 60E1, tonn	18	43
Riströöbas R65 1/11, tk	9	33
R50 ja R65 pöörmeosad, tk	106	85

KOKKUVÕTE

Selles töös on uuritud, kuidas mõjub Tapa- Tartu liinil läbilaskevõimele kiiruse tõstmine nimetatud lõigul ning kuidas mõjutavad seda liikluskorralduse automatiseerimine, elektrifitseerimise ja õgvendamise projektid infrastruktuuri arendamise nimel. Tehtud teise peatee Tapa-Tartu liini ehitamise arvestusliku maksumuse ülevaade Aegviidu –Tapa kapitaalremondi, elektrifitseerimise ja turvangusüsteemide moderniseerimise projektide andmete alusel.

Lõputöö raames on tutvutud käimasolevate projektidega Eesti Raudteel kapitaal remondi töödega Aegviidu-Tapa lõigul reisirongide kiiruste tõstmiseks kuni 160 km/h ja raudtee elektrifitseerimise projektiga Aegviidu-Tartu lõigul.

Läbilaskevõime parandamiseks kaaluti võimalust rajada Tapa-Tartu lõigule teine peatee. Arvesse võetakse kiiruse suurendamise mõju läbilaskevõimele. Tapa – Tartu lõigul on veel üks elektrifitseerimata peatee. Diplomitöö raames uuritakse, millised on võimalused Tapa-Tartu lõigul läbilaskevõime suurendamiseks. Peale õgvendamist Tapa Tartu liinil läbilaskevõime on 74 rongipaari, läbilaskevõime kaheteelisel automaatblokeeringuga liinil kui raudtee on elektrifitseeritud on 265 rongipaari ning juhul kui elektrifitseerimata raudtee on 262 rongipaari.

Teise elektrifitseeritud peatee Tapa – Tartu lõigu ehitamise maksumus ligikaudu: 208 485 985,00 euro (Tabel 13) ning elektrifitseerimata teise peatee maksumusligikaudu 143525984,00 euro (Tabel 13).

Olemasolevas olukorras ehitamiseks kasutatavate materjalide maksumuse tõusus 30-40% ning inflatsioon vähemalt 20 % näitavad teise peatee ehitamise ebakasumlikkust.

Materjali uurimise tulemusena praeguses majandusolukorras, kus hinnad tõusevad, kaubaveomahud vähenevad ja on toimumas ümberorienteerumine reisijateveole, selgus, et Tapa – Tartu raudteelõigule ei ole otstarbekas ehitada teist peateed. Tapa – Tartu peatee õgvendamine mõjub läbilaskevõime suurenemisele, kiiruse tõstmisel kuni 160 km/h on piisav ilma teist peateed rajamata.

SUMMARY

Within the framework of the these is it has been n this work, it has been studied how increasing the speed on the Tapa- Tartu line affects the capacity on the mentioned section and how it is affected by the automation of traffic control, electrification and straightening projects with the purpose of infrastructure development. An overview of the estimated cost of the construction of the second main road Tapa- Tartu line was made based on the data of the Aegviidu-Tapa overhaul, electrification and modernization of security systems projects.

In this work we have familiarised ourselves with the ongoing projects of the Estonian Railways, capital repair works on the Aegviidu-Tapa section to increase passenger train speeds up to 160 km/h and the railway electrification project on the Tapa- Tartu section.

In order to improve the traffic capacity the possibility of building another main road on the Tapa- Tartu section was considered. The effect of increasing speed on throughput is taken into account. There is another non-electrified main road on the Tapa- Tartu section. As part of the diploma thesis, what are the possibilities to increase the throughput on the Tapa- Tartu section.

The cost of the construction of the second electrified main road Tapa- Tartu section is approximately: 208 485 985,00 euros (Tabel 13) and the cost of the non-electrified second main road is approximately 143525984,00 euros (Tabel 13).

In the current situation, the increase in the cost of materials used for construction by 30-40% and inflation at least 20% show the unprofitability of building the second main road.

As a result of the study of the material, in the current economic situation, while prices are rising, freight volumes are decreasing and there is a reorientation towards passenger transport, it became clear that it is not practical to build another main road on the Tapa- Tartu railway section. Straightening the Tapa - Tartu main road has the effect of increasing the capacity, increasing the speed up to 160 km/h is sufficient without building another main road.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] AS Eesti Raudtee, „Infopäev 2021,“ 14 10 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://youtu.be/99Qq331JMjA>.
- [2] AS Eesti Raudtee, EVR Profiilid, Tallinn: AS Eesti Raudtee sisedokument, 2022.
- [3] Majandus- ja taristuministri määrus nr 71, „Raudtee tehnokasutuseeskiri,“ 09 11 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/111112020008>. [Kasutatud 14 11 2022].
- [4] AS Eesti Liinirongid, „Elronist,“ 20 06 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://elron.ee/>. [Kasutatud 28 11 2022].
- [5] AS Eesti Raudtee, „käimasolevad projektid,“ AS Eesti Raudtee, 30 03 2015. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evr.ee/et/projektid>. [Kasutatud 28 11 2022].
- [6] Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, „Avaliku raudteeinfrastruktuuri arendamist suunav tegevuskava aastateks 2021–2028,“ [Võrgumaterjal]. Available: www.mkm.ee. [Kasutatud 10 12 2022].
- [7] AS Eesti Raudtee, „Rongide sõidukiirused, Lisa 1 Rongide lubatav sõidukiirus,“ 21 12 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evr.ee/arikliendile#eeskirjad-ja-tasud>. [Kasutatud 11 12 2022].
- [8] D. Knjazev, „STADLER FLIRT ELEKTRIRONG,“ 01 07 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <https://elron.ee/elronist/elroni-rongid>. [Kasutatud 27 11 2022].
- [9] Elron, „Rongide tehnilised andmed,“ 01 07 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <https://elron.ee/elronist/elroni-rongid>. [Kasutatud 27 11 2022].
- [10] E. Jaroševitš, „uued rongid,“ Tallinn, 2022.
- [11] I. Varlamov, „uued rongid,“ Tallinn, 2022.
- [12] B. Oja, „Elroni uued rongid ehitab Škoda,“ ERR, 29 10 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.err.ee/>. [Kasutatud 29 11 2022].
- [13] Kalku+/-, „kiirendus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.kalkulaator.ee/>. [Kasutatud 25 10 2022].
- [14] RAIL, ESTCONSULT, Tallinn- Tartu raudtee 160 km/h, Tallinn: ESTCONSULT RAIL, 2020.
- [15] Elektriraudtee Infrastruktuuri AS, „Uute Flirt Eesti elektri- ja diselrongide katsetuste plaani LISA katsed kiirustel kuni 176 km/h,“ 20 06 2012. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 22 09 2022].

- [16] „Kuidas kulgeb liikluse automaatiseerimise ehk TTCMS projekt?“, *Raudselt koos*, kd. 46, nr AS Eesti Raudtee sisedokument, p. 42, 2021.
- [17] AS Eesti Raudtee sisedokument, „AS Eesti Raudtee taristu CCS-süsteemide moderniseerimise plaan“, Tallinn, 2018.
- [18] Riigiteataja, „Avaliku raudteefrastruktuuri arendamist suunav tegevuskava aastateks 2019–2024“, 26 02 2019. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee>. [Kasutatud 12 2022].
- [19] AS Eesti Raudtee, „Projektid“, 2022. [Võrgumaterjal]. Available: www.evr.ee. [Kasutatud 22 12 2022].
- [20] AS Eesti Raudtee, „Aegviidu-Tapa-Tartu raudtee elektrifitseerimine ja kontaktvõrgusüsteemi käitamine“, 11 11 2022. [Võrgumaterjal]. Available: www.riigihanked.riik.ee. [Kasutatud 26 12 2022].
- [21] AS Eesti Raudtee, 14 12 2018. [Võrgumaterjal]. Available: AS Eesti Raudtee sisedokument. [Kasutatud 25 09 2022].
- [22] AS Eesti Raudtee, „Ettekanne Raudtee elektrivõrgud“, 15 10 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ees.ee/>. [Kasutatud 15 09 2022].
- [23] AS Eesti Raudtee, „Aegviidu-Tapa jaamavahe raudteetööd“, 21 07 2022. [Võrgumaterjal]. Available: AS Eesti Raudtee sisedokument. [Kasutatud 30 10 2022].
- [24] Postimees, „Esmaspäevast algab Aegviidu–Tapa raudteelõigu kapitaalremont“, 11 08 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.postimees.ee/7582113/esmaspaevast-algab-aegviidu-tapa-raudteeloigu-kapitaalremont>. [Kasutatud 2022 12 29].
- [25] AS Eesti Raudtee, „Manöövrijuhi töökorralduse juhend“, 23 03 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evr.ee/files/Rongiliikluse-ja-man----vrit-----ohutu-korraldamise-juhend-juh-otsus-576-5-23-03-21.pdf>. [Kasutatud 31 12 2022].
- [26] Riigiteataja, „Majandus- ja taristuministri“, 09 11 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.riigiteataja.ee/aktiisa/1091/2202/0007/MKM_m71_lisa2.pdf. [Kasutatud 08 09 2022].
- [27] AS Eesti Liinirongid, „elronist“, 21 10 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://elron.ee>. [Kasutatud 04 11 2022].
- [28] „Raudteeseadus“, 28 10 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/>. [Kasutatud 04 11 2022].

- [29] AS Eesti Raudtee, „Raudteevõrgustiku teadaanne 2022/2023 liiklusperioodiks, 11.12.2022 kuni 09.12.2023,“ 21 12 2021. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.evr.ee/files/AS-EESTI-RAUDTEE-RAUDTEEV--RGUSTIKU-TEADAANNE.pdf>. [Kasutatud 04 11 2022].
- [30] R. Ojala, „EDELARAUDTEE INFRASTRUKTUURI AS LIIKLUSGRAAFIK 2015/2016 PERIOODIKS JA SELLE ALTERNATIIVID,“ Tallinn, 2022.
- [31] AS Eesti Raudtee, „Ärikliendile Lisa 5.2.13.1 - Andmed läbilaskevõime rongkilomeetrite arvutamiseks,“ 20 01 2022. [Võrgumaterjal]. Available: www.evr.ee. [Kasutatud 10 12 2022].
- [32] AS Eesti Raudtee, „Läbilaskevõime 2022,“ Tallinn, AS Eesti Raudtee sisedokument.
- [33] AS Eesti Raudtee, „Jaotamata läbilaskevõime 2022,“ 2022. [Võrgumaterjal]. Available: www.evr.ee. [Kasutatud 11 12 2022].
- [34] Минтранс России, „Методика определения пропускной и провозной способностей инфраструктуры железнодорожного транспорта общего пользования,“ 18 07 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293735/4293735733.htm>. [Kasutatud 30 12 2022].
- [35] I. Reipõld, Interviewee, *Ehitusmaksumus*. [Intervjuu]. 7 11 2022.
- [36] S. Andrejev, Interviewee, *Elektrifitseerimise Tapa - Tartu, Riisipere - Turba ning Keila - Pääsküla liinidel maksumus*. [Intervjuu]. 18 11 2022.
- [37] K. Andreitsuk, Interviewee, *CCS Lisa4*. [Intervjuu]. 16 11 2022.
- [38] AS Eesti Raudtee, „CCS jaamades ja vahejaamades,“ 11 06 2020. [Võrgumaterjal]. Available: AS Eesti Raudtee sisedokument. [Kasutatud 16 11 2022].
- [39] AS Eesti Raudtee, „Keila - Pääsküla 2 peatee elektrifitseerimine,“ 07 12 2021. [Võrgumaterjal]. Available: AS Eesti Raudtee sisedokument. [Kasutatud 24 12 2022].
- [40] AS Eesti Raudtee, „Risti - Turba,“ 27 07 2021. [Võrgumaterjal]. Available: AS Eesti Raudtee sisedokument. [Kasutatud 24 12 2022].
- [41] AS Eesti Raudtee, „Ellamaa - Turba raudtee,“ 21 10 2020. [Võrgumaterjal]. Available: AS Eesti Raudtee sisedokument. [Kasutatud 24 12 2022].
- [42] AS Eesti Raudtee, „EESTI RAUDTEE INFOPÄEV 2022 EST,“ 16 09 2022. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=j6AFSfVUmNo>. [Kasutatud 31 12 2022].
- [43] AS Eesti Raudtee, „Tehniliste tingimuste taotlus Aegviidu-Tapa-Tartu liinil õhuliinide asendamiseks maakaablitega,“ Tallinn, 2022.
- [44] AS Eesti Raudtee, „Ettekanne,“ Tallinn, 2022.

- [45] Riigiteataja, „4,“ 23 03 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/>. [Kasutatud 29 10 2022].
- [46] AS Eesti Raudtee, „CCS süsteemide uuendamine Eesti Raudtee Taristul,“ 04 11 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://riigihanked.riik.ee/>. [Kasutatud 26 11 2022].
- [47] „Ühtekuuluvusfond,“ Riigimetsa Majandamise Keskus, 10 12 2014. [Võrgumaterjal]. Available: www.rmkk.ee. [Kasutatud 25 12 2022].
- [48] Riigi Teataja, „Riigieelarve seadus,“ 19 02 2014. [Võrgumaterjal]. Available: www.riigiteataja.ee. [Kasutatud 25 12 2022].
- [49] European Commission, „Mobility and Transport,“ 11 2020. [Võrgumaterjal]. Available: https://transport-ec-europa-eu.translate.google.com/transport-modes/rail/ertms/how-does-it-work/etcs-levels-and-modes_en?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=et&_x_tr_hl=et&_x_tr_pto=sc. [Kasutatud 30 12 2022].
- [50] T. K. T. S. I. P. Jako Kilter, „Elektriraudtee ja selle mõjud elektrisüsteeme talitlusele,“ 2015. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.elering.ee/sites/default/files/attachments/Elektriraudtee_ja_selle_mojud_elektris_usteemi_talitlusele_1.pdf. [Kasutatud 30 12 2022].
- [51] Eesti Standardimis- ja akrediteerimiskeskus, „Kiudoptilised kaablid. Osa 5: Sektsioonide spetsifikatsioon. Mikrokanali kaabeldus puhumisega paigaldamiseks,“ 03 01 2017. [Võrgumaterjal]. Available: https://www-evs-ee.translate.google.com/en/evs-en-60794-5-2016?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=et&_x_tr_hl=et&_x_tr_pto=sc. [Kasutatud 30 12 2022].
- [52] iTeh Standarts, "IEC 60794-1-310:2022," 26 04 2022. [Online]. Available: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/fe8b3a2e-d756-4e21-a99b-89de9ff8df7d/iec-60794-1-310-2022>. [Accessed 30 12 2022].
- [53] AS Eesti Raudtee, „Ettekanne Raudtee elektrivorgud,“ 15 10 2020. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.eees.ee/>. [Kasutatud 15 09 2022].
- [54] AS Eesti Raudtee, „Lisa 2.4.7 - Rongide lubatavad sõidukiirused,“ 21 12 2021. [Võrgumaterjal]. Available: www.evr.ee. [Kasutatud 11 12 2022].

LISAD

Lisa 1. Majandustulemused (2016-2021 aastatel)

Lisa 2. Aegviidu – Tapa jaamavahe kapitaalremondi-, projekteerimis- ja ehitustööde teostamine

Lisa 3. Tabel 16. Õgvendused [12]

Lisa 4. Ristuvad liinid

Lisa 5. Sõiduaegade arvutus koostatud, lähtuvalt Stadler FLIRT 4-vagunilise elektrirongi dünaamikast, mis on edastatud AS Eesti Liinirongid poolt.

Lisa 6. Vajaminevad pidurdus- ja kiirendusvahemaad

Lisa 7. Tabel 18. Profiili Raasiku-Kehra-Aegviidu analüüs

Lisa 8. Diiselrongide sõiduaaja analüüs [34]

Lisa 9. Tallinn- Tartu liinil diiselrongide sõiduaeg jaamavahede kaupa (paaris suund)

Lisa 10. Tallinn- Tartu liinil diiselrongide sõiduaeg jaamavahede kaupa (paaritu suund)

Lisa 1. Majandustulemused (2016-2021 aastatel) [21]

Tulemus	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Kohalike vedude maht, miljonit tonni	2,9	3,2	2,8	2,1	1,3	1,8
Rahvusvaheliste vedude maht, miljonit tonni	9,6	9,2	10,8	11,1	10,2	10,9
Kohalike reisijate arv, miljonit reisijat	5,8	6,2	6,4	7,0	5,0	5,2
Rahvusvaheliste reisijate arv, miljonit reisijat	0,10	0,11	0,11	0,11	0,02	0

Lisa 2. Aegviidu – Tapa jaamavahe kapitaalremondi-, projekteerimis- ja ehitustööde teostamine [23]

Jrk nr	Tööde kirjeldus	Leping	
		Mõõtühik	Maht
1	ÜLDISED TINGIMUSED		
1.1	Teostusjooniste vormistamine	m	31600,00
2	MAA-ALA JA MULLATÖÖD		
2.1	Raadamine ja võsa eemaldamine	m ²	50000,00
2.2	Maa-ala planeerimine	m ²	356000,00
2.3	Lammutusööd (platvormid ja ehitised)	m ³	500,00
2.4	Ballasti ja jääkpinnase kaevetööd	m ³	140000,00
2.5	Ballasti ja jääkpinnase vedu ehitusplatsil 5 km	m ³	16000,00
2.6	Ballasti ja jääkpinnase ehitusplatsilt äravedu ettenäidatud kohta 15 km	m ³	16000,00
2.7	Geovõrgu paigaldamine	m ²	140000,00
2.8	Geosünteedi paigaldus tõmbetugevus on 130 kN/m	m ²	30000,00
2.9	Aluspinna kontrollimine ja tihendamine	m ²	222000,00
2.10	Uute kraavide kaevamine	m	14000,00
2.11	0,5 meetrise läbimõõduga truubitorude paigaldamine	m	70,00
2.12	0,4 meetrise läbimõõduga truubitorude paigaldamine	m	80,00
2.13	0,315/0,272 meetrise läbimõõduga truubitorude paigaldamine	m	10,00
2.14	160/138 läbimõõduga дренаazi ehitus	m	110,00
2.15	400/315 дренаazi kaevude ehitus	m	40,00
2.16	Uue muldkeha ehitus, materjali filtratsioonimoodul peab olema vähemalt 0,5 m/ööp.	m ³	65000,00
2.17	Killustik - liivakihi ehitus 30 cm	m ³	15000,00
2.18	Geokärje paigaldus	m ²	5000,00
2.19	Uue piirdeaia ehitus	m	3500,00
2.20	uue jalgvärava paigaldus	tk	2,00
2.21	uue autovärava paigaldus	tk	6,00
3	RAUDTEETÖÖD		
3.1	Olemasoleva raudtee demonteerimine	m	28800,00

Jrk nr	Tööde kirjeldus	Leping	
		Mõõtühik	Maht
3.2	Ballastiprisma ehitus	m	29500,00
3.3	Ballastkillustiku paigaldus sillale	m ³	50,00
3.4	Graanitkillustiku frakts 32/64 mm tarne	m ³	90000,00
3.5	Tee paigaldamine	m	28800,00
3.6	Isoleerluku paigaldus pikkrööpasse	komplekt	50,00
3.7	Puitliiprite vahetus	tk	40,00
3.8	Raudtee nihutamine eemalduseta	m/teed	1730,00
3.9	Uue raudtee toppimine	m/teed	29500,00
3.10	Olemasoleva raudtee toppimine	m/teed	200,00
3.11	Pikkrööpa paigaldus (s.h keevitus ja neutraliseerimine)	m/teed	28800,00
3.12	Pikkrööpa keevitus ja neutraliseerimine	m/teed	2200,00
3.13	Olemasoleva pikkrööpa transport Tapa jaama	m	22000,00
3.14	Olemasoleva pikkrööpa transport Vägeva jaama	m	1800,00
3.15	Olemasoleva pikkrööpa transport Keeni jaama	m	1800,00
3.16	Olemasoleva pikkrööpa transport Nõo jaama	m	1800,00
3.17	Olemasoleva pikkrööpa transport Riisipere-Vasalemma jaamavahele	m	13000,00
3.18	Olemasoleva pikkrööpa transport Rakvere jaama	m	9000,00
3.19	Olemasoleva pikkrööpa transport Ülemiste - Blokkpost jaamavahele	m	8000,00
3.20	Pakendatud kasutuselolnud puitliiprite transport kesklattu	tk	16000,00
3.21	Kasutuselolnud puitliiprite transport Tapa jaama	tk	1300,00
3.22	Kasutuselolnud puitliiprite transport Rakvere jaama	tk	250,00
3.23	Kasutuselolnud puitliiprite transport Raasiku jaama	tk	250,00
3.24	Kasutuselolnud puitliiprite transport Narva jaama	tk	250,00
3.25	Kasutuselolnud puitliiprite transport Tartu jaama	tk	7000,00
3.26	Kasutuselolnud puitliiprite transport Ülemiste jaama	tk	1000,00
3.27	Kasutuselolnud puitliiprite transport Muuga jaama	tk	1800,00
3.28	Kilomeetripost	tk	17,00
3.29	Piketipost	tk	157,00
3.30	Vilemärk	tk	26,00

Jrk nr	Tööde kirjeldus	Leping	
		Mõõtühik	Maht
3.31	Kurvi marker	tk	56,00
4	KAABLITÖÖD		
4.1	110 mm diameetriga reservtorude paigaldus raudtee alla	m	120,00
4.2	Olemasolevate kaablite kaitsmine poolitatava toruga 450 N	m	40,00
4.3	Olemasolevate kaablite töötsoonist väljaviimine, kaitsmine ja uute paigaldus (sh projekteerimine) (vastavalt TK punktiile 3.3.1 kirjeldusele)	komplekt	1,00
4.4	Mastfoori B ringi tõstmine seoses õgvendusega	tk	1,00
5	ÜLESÕIDU- JA ÜLEKÄIGUTÖÖD		
5.1	Olemasoleva asfaltkatte väljakaevamine ja edasine käitlemine	m ²	400,00
5.2	Olemasoleva aluskihi väljakaevamine ja edasine käitlemine	m ²	400,00
5.3	Uue killustikaluse paigaldamine, kihi paksus 250 mm	m ²	400,00
5.4	Asfaltkihi paigaldamine (7 cm AC 16 surf + 8 cm AC 32 base)	m ²	400,00
5.5	Sõidutee peenarde ehitus killustikust	m ²	36,00
5.6	Raudtee ülesõidukoha paigaldamine	tk	4,00
5.7	Betoonist ülesõidukohtade maksumus	m	36,00
5.8	Raudtee ülekäigukoha paigaldamine	tk	6,00
5.9	Betoonist ülekäigukoha maksumus	tk	6,00
5.10	Ülesõiduplaatide demontaaž ja tagasipanemine garantiitoppimistööde tarbeks	komplekt	5,00
5.11	Ülekäiguplaatide demontaaž ja tagasipanemine garantiitoppimistööde tarbeks	komplekt	6,00
5.12	Sõiduteegabariidi uute plastikpostide paigaldus koos vanade postide utiliseerimisega	tk	24,00
5.13	Jäneda ülesõidu valgustuse väljaehitamine	komplekt	1,00
Kokku		-	

Lisa 3. Tabel 16. Õgvendused [14]

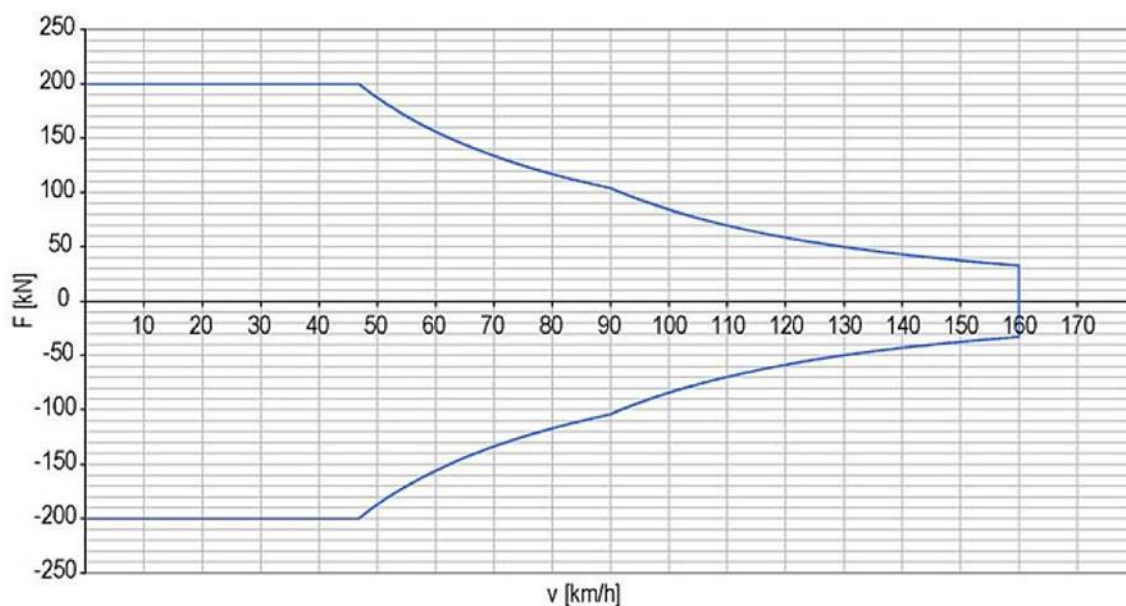
Õgvendus	Trassialternatiiv 1	Trassialternatiiv 2	Trassialternatiiv 3
A1	-	x	x
A2	-	x	x
A3	-	-	x
A4	-	x	x
A5	-	-	x
A6	-	x	x
A7	-	x	x
A8	-	x	x
B1	-	x	x
B2	-	x	x
B3	-	x	x
B4	-	x	x
C1	-	x	x
C2	-	x	x
C3	-	x	x
C4	-	x	x
C5	-	x	x
C6	-	x	x
D1	-	x	x
D2	-	x	x
D3	-	x	x
D4	-	x	x
D5	-	x	x
D6	-	x	x
D7	-	x	x
D8	-	x	x
D9	-	x	x

Lisa 4. Ristuvad liinid

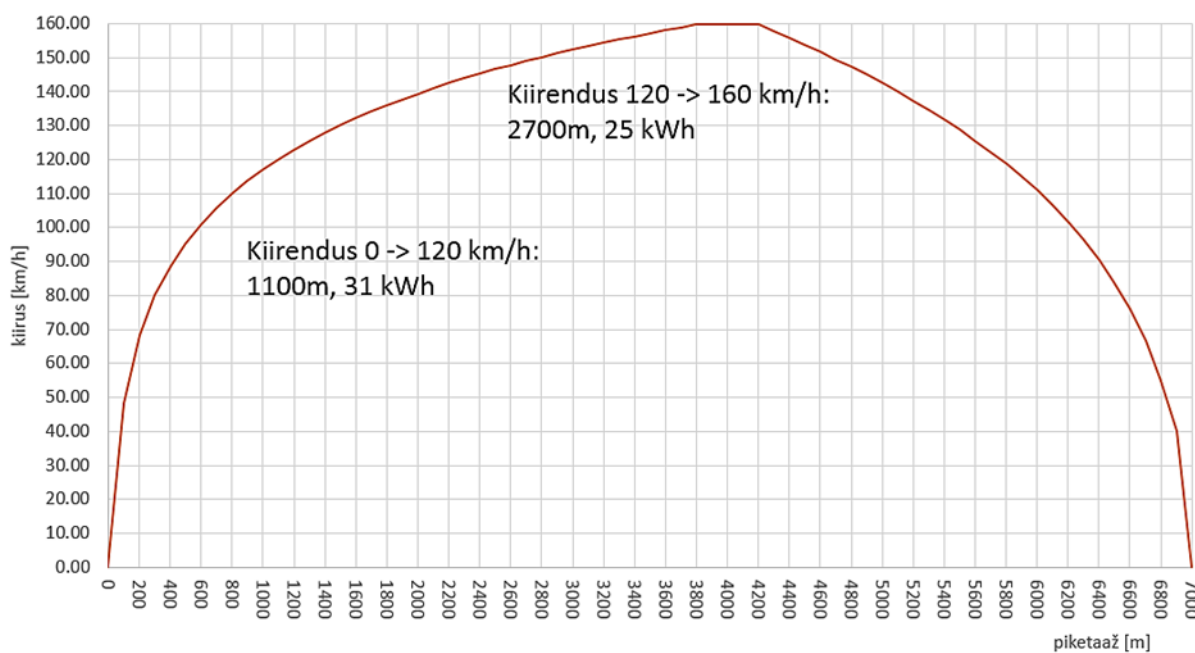
Tabel 17. Ristuvad liinid [43]

Jrk nr	Asukoht	Tüüp	Pinge, kV	km
1	Lehtse	10 kV AB/RL	10	173,04
2	Lehtse ülesõit	valgustusliin	0,4	174,95
3	Tapa	0,4 kV	0,4	315,58
4	Tapa, Hommiku ülesõit	10 kV AB/RL	10	315,95
5	Vägeva ülesõit	10 kV AB/RL	10	358,86
6	Vägeva-Pedja	10 kV AB/RL	10	366,17
7	Pedja ülesõit	valgustusliin	0,4	370,87
8	Kärkna	0,4 kV	0,4	415,78
9	Kärkna ülesõit	0,4 kV	0,4	416,16
10	Kärkna ülesõit	valgustusliin	0,4	416,21
11	Kärkna-Tartu	0,4 kV	0,4	423,20
12	Tiksoja ülesõit	valgustusliin	0,4	423,64
13	Tartu, Näituse ülesõit	0,4 kV + videovalve	0,4	
14	Tartu	0,4 kV	0,4	
15	Tartu	0,4 kV + videovalve	0,4	
16	Tartu	valgustusliin	0,4	
17	Tartu	0,4 kV	0,4	

Lisa 5. Sõiduaegade arvutus koostatud, lähtuvalt Stadler FLIRT 4-vagunilise elektrirongi dünaamikast, mis on edastatud AS Eesti Liinirongid poolt.

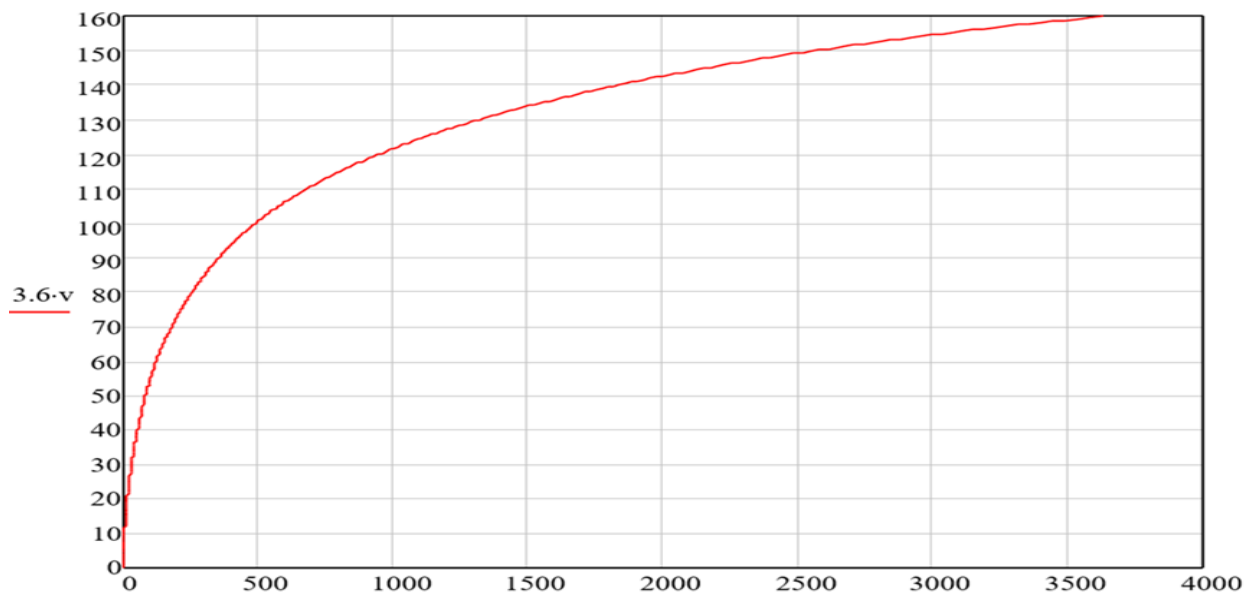


Joonis 8. FLIRT EMU veojõu tunnuskõver [14]

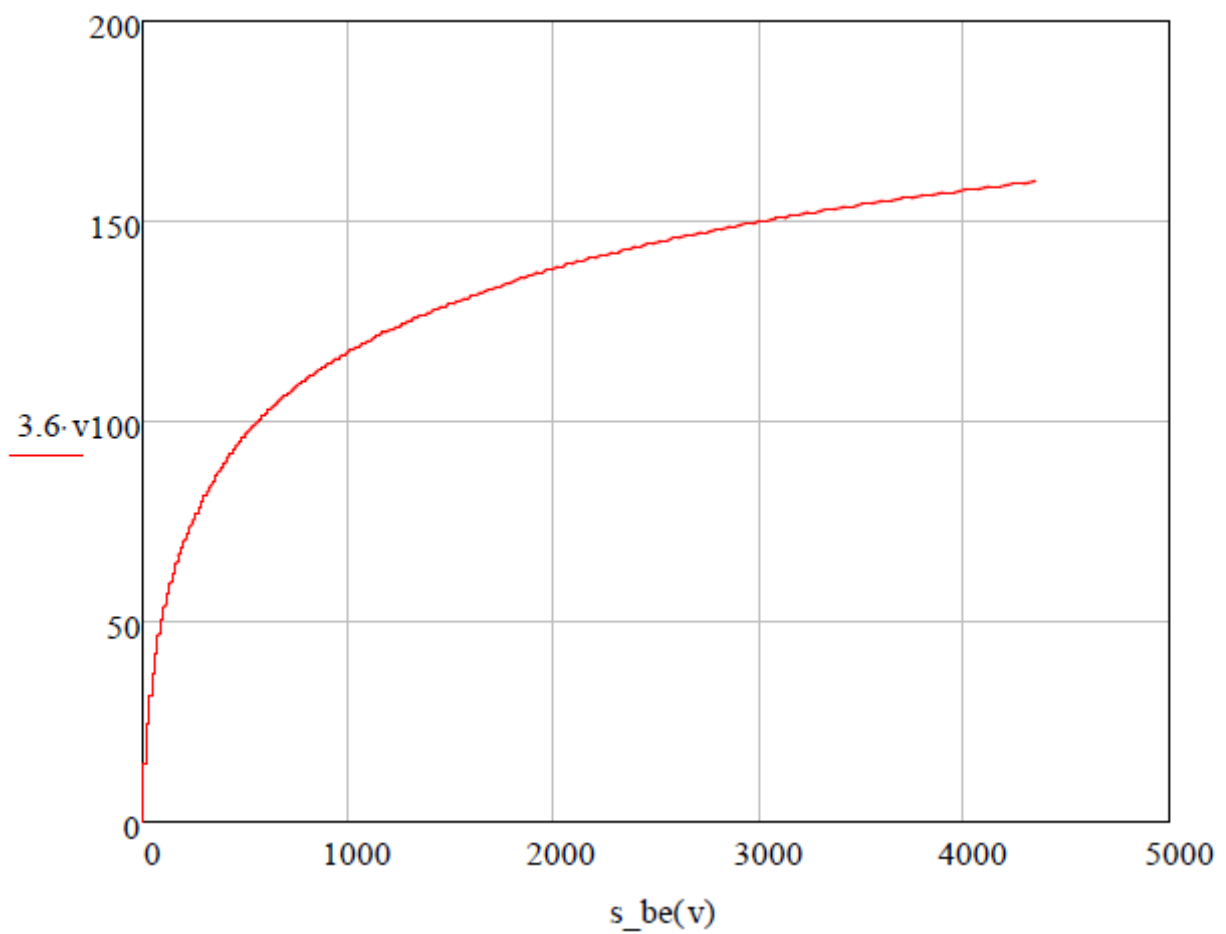


Joonis 9. FLIRT EMU4 kiirendus- ja pidurdusgraafik [11]

Lisa 6. Vajaminevad pidurdus- ja kiirendusvahemaad [15]



Joonis 10. EMU 4 taara (142,1 t, teljekoormus: 17,3 t)



Joonis 11. EMU 4 bruto (161,9 t, teljekoormus: 18,5 t)

Lisa 7. Tabel 18. Profiili Raasiku-Kehra-Aegviidu analüüs [15]

Rööbastee lõik	km	Raadius, R	Põikkalle, mm	Maksimum kiirus
Raasiku -Kehra	139	2150	40	194
	140	2150	40	194
Kehra - Aegviidu	143	2000	30	183
	143	3000	20	224
	144	1800	30	173
	144	1500	30	158
	152	2130	30	188
	154	2130	30	188
	154	3500	20	236
	154	2500	20	199
	154	4000	20	252
	159	3454	1	223
	160	592	100	115

Lisa 8. Diislongide sõiduaaja analüüs [44]

Tartu - Tapa jaamavahel

jaamavahel	2020-2021			2021-2022			jaamavahel	2020-2021			2021-2022		
	paaritu	hoovõtt	pidurdus	paaritu	hoovõtt	pidurdus		paaris	hoovõtt	pidurdus	paaris	hoovõtt	pidurdus
Tartu - Kärkna	17	0	0	17	0	0	Tartu - Kärkna	16	5	0	16	5	0
Kärkna - Tabivere	16	0	4	16	0	4	Kärkna - Tabivere	9	4	4	9	4	4
Tabivere - Kaarepere	21	5	4	21	5	4	Tabivere - Kaarepere	14	3	4	14	3	4
Kaarepere - Jõgeva	15	4	4	15	4	4	Kaarepere - Jõgeva	14	4	4	14	4	4
Jõgeva - Pedja	11	3	4	11	3	4	Jõgeva - Pedja	10	3	3	10	3	3
Pedja - Vägeva	11	5	4	11	5	4	Pedja - Vägeva	9	5	4	9	5	4
Vägeva - Rakke	10	5	4	10	5	4	Vägeva - Rakke	9	5	4	9	5	4
Rakke - Kiltsi	13	4	5	13	4	5	Rakke - Kiltsi	10	7	5	10	7	5
Kiltsi - Tamsalu	14	8	4	14	8	4	Kiltsi - Tamsalu	9	4	4	9	4	4
Tamsalu - Nõmmküla	7	5	4	7	5	4	Tamsalu - Nõmmküla	11	3	5	11	3	5
Nõmmküla - Tapa	13	5	5	13	5	5	Nõmmküla - Tapa	15	6	3	15	6	3
Kokku	148	44	42	148	44	42	Kokku	126	49	40	126	49	40
Kokku sõiduaeg	234			234			Kokku sõiduaeg	215			215		
	0							0					

Lisa 9. Tallinn- Tartu liinil diiselrongide sõiduaeg jaamavahede kaupa (paaris suund) [27]

Tallinn-Tartu	0210	10/330E	12 E	14/332 E	16 E	18/334 E	0214	60/336 E	0216	062 E
Tallinn	06:16	07:45	9.46	12:29	14:13	15:19	16:48	18:02	19:38	20:40
Kitseküla [min]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Ülemiste [min]	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Kehra	19						19		19	
Aegviidu	12						11		12	
Nelijärve	4						5		4	
Jänedä	4						5		6	
Lehtse	6						4		5	
Tapa	7	46	46	47	45	45	5	46	19	45
Tamsalu	11	11	11	12	11	11	12	11	12	11
Kiltsi	5						6		6	
Rakke	5						8		8	
Vägeva	6						7		7	
Pedja	7						7		7	
Jõgeva	7	28	27	28	33	27	8	27	6	27
Kaarepere	9						9		8	
Tabivere	8						11		9	
Kärkna	9						8		8	
Tartu	11	31	31	35	33	26	8	31	9	30
saabumine	08:42	09:49	11.49	14:39	16:17	17:24	19,16	20:05	22:01	22:41
kokku	2h26min	2h4min	2h3min	2h10min	2h4min	2h5min	2h28min	2h3min	2h23min	2h1min

Lisa 10. Tallinn- Tartu liinil diiselrongide sõiduaeg jaamavahede kaupa (paaritu suund) [27]

Tallinn väljumine/ saabumine	0211	331/11 E	13 E	15 E	0213	335/17E	019E	061 E	0215	0337/063	0217
Tartu	06:16	07:51	08:49	10:15	11:57	14:18	15:45	16:37	17:31	18:41	20:07
Kärkna	11				11				9		11
Tabivere	7				7				7		7
Kaarepere	9				9				9		9
Jõgeva	9	30	30	30	7	30	29	31	9	29	9
Pedja	7				7				7		7
Vägeva	7				7				8		7
Rakke	8				8				7		5
Kiltsi	8				9				7		8
Tamsalu	8	29	28	30	7	30	33	29	12	22	7
Tapa	9	11	13	13	11	14	11	13	7	11	13
Lehtse	7				7				7		7
Jänedä	7				6				5		7
Nelijärve	5				5				5		5
Aegviidu	5				6				11		11
Kehra	19				19				19		19
Ülemiste [min]	4	45	45	45	4	45	45	45	4	44	4
Kitseküla [min]	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
saabumine /väljumine	8:44	9:54	10:53	12:20	14:23	16:25	17:51	18:43	19:58	20:47	22:35
Tartu - Tallinn kokku	2h28min	2h03min	2h04min	2h05min	2h26min	2h07min	2h28min	2h6min	2h27min	2h06min	2h28min