



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOO
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**RAIL BALTICU PÕHITRASSI KORIDORIS ERINEVATE
RISTETE ANALÜÜS JA UURING**

**ANALYSIS AND STUDY OF DIFFERENT INTERSECTIONS
IN THE CORRIDOR OF THE MAIN ROUTE
OF RAIL BALTIC
MAGISTRITÖÖ**

Üliõpilane: Eero Sonberg

Üliõpilaskood 183265

Juhendaja: Arto Lille

Tallinn 2020

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.

"....." 2020

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2020

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."2020 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Eero Sonberg, Sünd. 12.04.1995

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „RAIL BALTICU PÕHITRASSI KORIDORIS ERINEVATE RISTETE ANALÜÜS JA UURING“,
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Arto Lille,

(juhendaja nimi)

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.

¹Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Eero Sonberg

Õppekava, peeriala: Hooned ja rajatised . 183265EAXM

Juhendaja(d): Arto Lille, õppejõud, +372 5154421

Konsultant: Jaan Sonberg, juhatuse liige -OÜ Polarwerk, +372 53484966,
jaan@polarwerk.ee

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Rail Balticu põhitrassi koridoris erinevate ristete analüüs ja uuring.

(inglise keeles) Analysis and study of different intersections in the corridor of the main route of Rail Baltic

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida Rail Balticu põhitrassi koridoris erinevaid ristumisi
2. Uurida/analüüsida võimalikke sobivaid lahendusi
3. Pakkuda välja võimalikest lahendustest üks võimalik alternatiivne lahendus

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kaardistada ära kõikvõimalikud ristumiskohad	20.01
2.	Teha kohapealne vaatlus ja leida võimalikud ristumiskohad, kus on võimalik pakkuda välja alternatiivsed lahendused	14.02
3.	Analüüsida alternatiivseid lahendusi ja teha järeldus	25.03

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 29. mai 2020.a

Üliõpilane: Eero Sonberg ".....".....2020.a
/allkiri/

Juhendaja: Arto Lille ".....".....2020.a
/allkiri/

Konsultant: Jaan Sonberg ".....".....2020.a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....2020.a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	6
SISSEJUHATUS	7
1 RAIL BALTICU RAUDTEE PÕHITRASSI KORIDOR	9
2 NÕUDED RAIL BALTICU RAUDTEELE.....	11
3 PEALISEHITUSE ERINEVUS RAJATISTEL.....	13
4 RAUDTEE PEALISEHITUSE NÕUDED VIADUKTI ALL	16
5 NÕUDED RAUDTEE PEALISEHITUSE KONSTRUKTSIOONILE	18
6 ANALÜÜSITAVAD RISTUMISED	22
6.1 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Sihi teega	23
6.2 Rail Balticu raudteetrassi ristumine kohaliku Kivitee kergliiklusteega	32
6.3 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Aasu teega.....	41
6.4 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Kurtna teega	48
KOKKUVÕTE	57
SUMMARY	59
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	61

EESSÕNA

Magistritöö teema sai valitud juhendaja Arto Lille soovitusel. Põhilised magistritöö andmed on kogutud Rail Baltic eelprojektist. Magistritöö valmimisel abistasid nõuannetega põhiliselt juhendaja ja projekteerimisettevõtted Reaalprojekt OÜ ning Estkonsult OÜ.

Võtmesõnad: Rail Baltic, raudtee, viaduktid, sillad, magistritöö

SISSEJUHATUS

Rail Baltic on Eestit, Lätit ja Leedut ühendav 1435 millimeetrise rööpmelaiusega raudteeühendus. Rail Balticu projekti kavandamise eesmärgiks on pakkuda kiiret ja turvalist elektrifitseeritud raudteeühendust, luues ühenduse Balti riikide ja Euroopa raudteevõrgu vahel. Rail Balticu projekt on Eestis väga aktuaalne teema, mille ehitusfaasi algus oli 2019. aastal ning eeldatavalt algab liiklus uuel raudteel 2026. aastal. Rail Balticu raudteetrass hakkab kulgema Tallinnast Leedu-Poola piirini. Eestit läbiva raudteetrassi kogupikkuseks on ligikaudu 213 kilomeetrit.

Hetkel on Rail Balticu projekt eelprojekti staadiumis, mis tähendab, et paljud ristumised võivad veel muutuda, asukoha või siis lahenduse poolelt. Asukoha valikul on võetud arvesse keskkonna strateegilise mõju hindamise analüüsi, asukohta elamute suhtes, trassi tehnilist sobivust, muinsuskaitsealuste ja kaitsealuste liikide elupaikade suhtes. Kuna Rail Balticu raudtee ehitatakse kiirraudtee nõuete järgi, mis tähendab, et raudtee pikiprofiilis järsud muutused on välistatud ja plaanis suunamuutused minimaalsed, peab raudtee läbima risti maanteid, kohalike teid, mistõttu tuleb leida võimalused, kuidas lahendada raudtee ristumine nii, et see ei mõjutaks liigselt kohalikku elu ning oleks ka majanduslikult kui ka tehniliselt sobiv.

Rail Balticu projekti üldiseks eesmärgiks on planeerida võimalikult otsekulgev trass kiire rongiühenduse loomiseks. Kavandatavate/ümberehitatavate teede kaudu tagatakse teedevõrgu üldine sidusus ja juurdepääsud majapidamistele ning kinnistutele. Eesmärgiks seati leida trassi koridori asukoht selliselt, et loodava raudtee rajamine oleks tehniliselt teostatav ja majanduslikult tasuv ning raudteest tulenevad mõjud ja häiringud oleksid minimaalsed nii kohalikele elanikele kui ka seal asuvatele põllumajandusettevõtetele.

Käesoleva töö raames eesmärgiks on leida Rail Balticu raudteetrassil olevad need ristumiskohad, kus on võimalik pakkuda välja töö teostaja poolt alternatiivsed võimalikud lahendused koos erinevate variantide võrdlusega.

Töö teoreetilises osas, mis annab ülevaate Rail Balticu põhitrassi koridorist ja nõuetest Rail Balticu raudteele, toob töö teostaja välja eelprojekti esitatud üldised nõuded raudteeviaduktidele ja sildadele ning lisaks soovitusel, milliseid kinnitusi, rööpaid ja liipreid võiks kasutada raudteeviaduktide/sildade pealisehitusel. Magistritöö uurimuslikus osas viiakse läbi töö teostaja poolne analüüs kolme Rail Balticu raudteetrassi lõigul olevate ristumiste kohta. Analüüsis on võetud arvesse asukohta, võimalikku alternatiivset lahendust ning mõju kohalikule elanikkonnale. Analüüsitavateks ristumiskohtadeks on valitud Aasu tee, Kivi tee, Sihi tee ja Kurtna tee, sest nendes kohtades oli võimalik pakkuda alternatiivseid variante, mis ei mõjutaks liialt kohalike elanike teekonna pikenedamist või kui viadukti lähedal asusid põllumassiivid,

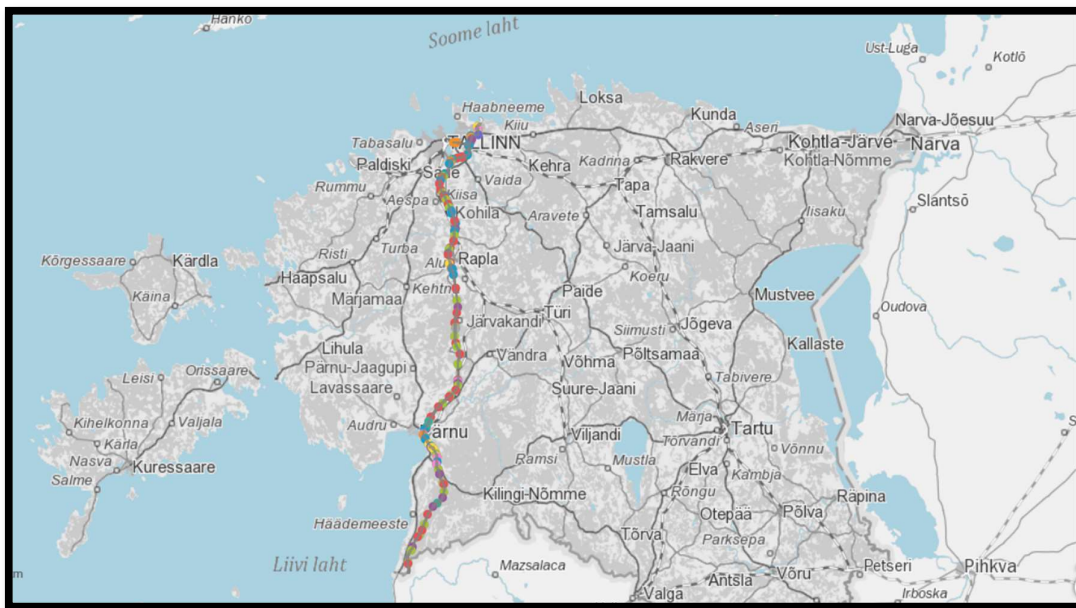
mille tulemusel tuli leida lahendus, mis ei takistaks ka tulevikus põllutehnikal pääsemast raudteelt ühelt poolt teisele.

Töö tulemuseks esitatakse ettepanekud võimalike alternatiivsete variantide leidmiseks, lahendamaks teede ristumist Rail Balticu raudtee trassikoridoriga. Analüüsi järgselt ettepanekute osas võetakse arvesse kohalike elanike võimalust liikuda oluliselt nende tavapärasest teekonda pikendamata ja põllumajandusega tegelevate ettevõtete põllutehnika gabariidi mõõtmeid, et tagada neile probleemideta liikumine raudteed ühelt poolt teisele poole.

1 RAIL BALTICU RAUDTEE PÕHITRASSI KORIDOR

Rail Balticu projekti eesmärk on rajada rahvusvaheliselt kiire, turvaline ja keskkonnasõbralik raudteeühendus, mis ühendab Eesti Kesk- ja Lääne-Euroopa ning naaberriikidega.

Joonis 1.1 näitab Eestit läbiva Rail Balticu raudtee trassikoridori, mis läbib kolme maakonda ja on pandud paika maakonnaplaneeringutega. Maakonnaplaneeringutega planeeritakse uut Rail Balticu raudteeliini mitut kohalikku omavalitsust läbiva joonehitisena. Kavandatav raudtee läbib Eestit põhja-lõuna suunalisena, kulgeb läbi Harju, Rapla ja Pärnu maakonna Riia suunal. [1]



Joonis 1.1 Eestit läbiv Rail Balticu trassikoridor [1]

Trassikoridori laius on 350 meetrit, aga suuremates asustustes 150 meetrit. Raudteetrass tagab reisirongidele liikumiskiiruse kuni 240 km/h (projektkiirus 249 km/h), kaubarongide kiiruseks on arvestatud kuni 120 km/h. Praeguse Eestis kasutusel oleva rööpmelaiuse 1520/1524 mm raudtee üheks erinevuseks Rail Balticu raudteega on piirkiirus, mis on projekteeritud või konstrueeritud piirkiirusele kuni 140 km/h. Rail Balticu raudtee üheks suurimaks eeliseks on samatasandiliste ristumiste/ületuskohtade puudumine ja raudtee piiramine osaliselt aedadega, et takistada inimeste ja loomade viibimist raudteel, mis tõstab oluliselt raudteega seotud ohutust. Rail Balticu raudtee on planeeritud tekitama vähem müra ja vibratsiooni kui olemasolev raudtee Eestis, sest kasutatakse kokku keevitatud rööpaid ja kergemaid ronge. [2] [3]

Maakonnaplaneeringud jagunevad kolmeks: Harjumaa, Raplammaa, Pärnumaa. Raudtee trassikoridori kogupikkus ligikaudu 213 kilomeetrit. Raudtee trassikoridori välja-

töötamisel võeti arvesse peamiselt asukohta elamute suhtes, kaitsealade ja kaitsealuste liikide elupaikade suhtes, trassi tehnilist sobivust ja maksumust. Rail Balticu maakonnaplaneeringutel võeti arvesse ka keskkonna strateegilise mõju analüüsi ja uuringute tulemusi. Keskkonna strateegilise mõju analüüsi eesmärk on kiirraudtee rajamisega kaasneva keskkonnamõju hindamine ning hinnatavate alternatiivide väljatoomine ja võimalike negatiivsete mõjude leevendamiste kavandamine, et kiirraudtee trassikoridori valimisel oleks negatiivne mõju keskkonnale minimaalne. [1]

Töö teostaja arvates on Rail Balticu raudteeühendus väga vajalik, et muuta reisimine riikide vahel mugavamaks, kiiremaks ja ohutumaks. Rail Balticu projektil on märkimisväärne osa majanduse edenemise kiirendajana, sest projekti ehitusfaasis luuakse mitmeid uusi ametikohti ning projekt panustab riigi SKP-sse erinevate otsete, kaudsete ja infrastruktuuri investeringutest tulenevate tegurite kaudu. Kavandamise ja ehituse faasis pakub Rail Balticu projekt tuge töökohtade loomisel, eriti ehitusvaldkonnas, elavdades arenevat tööhõivemaastikku. Samuti avarduvad töötamise võimalused, eriti Rail Balticu liini ümbruses, laiendades oluliselt töölkäimise ja kodukoha vahelisi distantse. Uus raudtee toetab majanduse arengut ka oma tegutsemisfaasis, suurendades ettevõtete ligipääsu Baltikumi turgudele ja võimendades kaubanduskonkurentsi, mis omakorda muudab piirkonna välisinvesteeringutele atraktiivsemaks. Rail Balticu projektiplaan on osa kavandatavast Euroopa Liidu TEN-T Põhjamere–Balti koridorist, mis seob Euroopa suurimaid sadamaid Rotterdami, Hamburgi ja Antwerpenit läbi Hollandi, Belgia, Saksamaa ja Poola kolme Balti riigiga, ulatudes edasi Soome lahe kaubateede kaudu Soome. Rail Balticu projekt integreerib nii Eesti kui ka Baltikumi Euroopa raudteesüsteemi, mis tõstab riigi kaubandusvõimekust ja loob ligipääsu uutele eksporditurgudele. Suunates nii reisijate- kui ka kaubaveod maanteilt raudteele, aitab Rail Balticu projekt mastaabisäästu kaudu oluliselt alandada ka kliimamuutustest tulenevaid majanduslikke mõjusid, teehoolduskulusid ja mürasaastet. [1]

Vastavalt planeerimisseadusele tuleb joonehitise trassi koridori asukohta määramisel kaaluda mitut võimalikku asukohta, mille planeerimisel tuleb arvesse võtta nii baastegureid kui ka trassi geomeetriaõudeid. Trassi koridori asukohavaliku baastegurid on Natura 2000 alad, elamud jm hooned, kalmistud, looduskaitsealused objektid koos kaitsevööndiga ja kultuurimälestised koos kaitsevööndiga ja kehtestatud detailplaneeringutega kaetud alad. Selle alusel saab hiljem alternatiivide valikul tugineda ka võrdlusmetoodikas nendele mõjutatavatele (baas)teguritele. [4] [2]

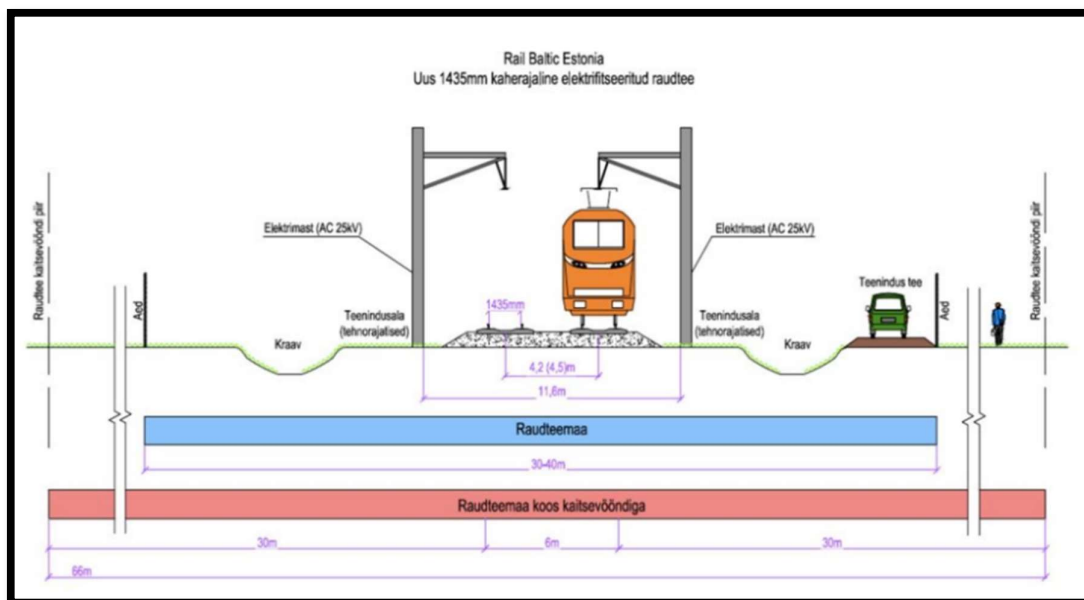
2 NÕUDED RAIL BALTICU RAUDTEELE

Nõuded tehnilise teostatavuse osas kirjeldavad raudtee ja raudteeinfrastruktuuri planeerimise eripära. Rail Balticu infrastruktuuri nõuded on reguleeritud dokumendis „INF KTK”, mis käsitleb miinimum nõudmisi esitatud Euroopas ehitatavale raudteele, vastavalt liikluse liigile ja sellele nõutavaid parameetreid. Parameetriteks on teljekoormus, kiirusnõuded, rongi pikkus ja gabariit. [5] [2]

Raudtee peab olema projekteeritud teljekoormusele kuni 22,5 t ja samatasandi lõikumine ning loomade ja inimeste ligipääs raudteele peab olema välistatud. [2]

Joonis 2.1 näitab, et projekteeritava raudtee kaitsevöönd koos raudteemaaga peab olema kogupikkuses vähemalt 66 meetrit. Raudtee kaitsevööndis on keelatud ohustada liiklust ja takistada nähtavust raudteel. Raudtee kaitsevööndi alasse ei tohi rajada hooneid ega rajatisi ilma Tehnilise Järelevalve Ameti või raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja eelneva kirjaliku nõusolekuta. Kõikvõimalikud protsessid raudtee kaitsevööndis võivad toimuda ainult vastava raudteeinfrastruktuuri-ettevõtja või raudtee muu omaniku või valdaja eelneval kirjalikul nõusolekul.

Raudteemaa on mõeldud raudtee ja raudteeinfrastruktuuri hoonete ja rajatiste hooldamiseks ja teenindamiseks. Raudteemaa laiuks on 30–40 meetrit. Raudteemaa on üldjuhul eraldatud aiaga, mille sisse jääb ka raudtee hooldamiseks mõeldud teenindusteed. [6] [2]



Joonis 2.1 Rail Balticu raudtee üldine ristlõige [4]

Töö teostaja arvates on suurimaks probleemiks see, et siiani hetkel kasutusel olev raudteesüsteem (standardse rööpmelaiusega 1520/1524 mm) mandri-Euroopa standarditega (rööpmelaius 1435 mm) ühildamatu või majanduslikult kulukas. Probleem tuleneb raudtee hooldamisel ja rajamisel kasutatavast tehnikast. Rööpmelaiuse erinevus nõuab erinevaid instrumente tee hoolduseks. Seega paljud raudteega tegelevad ettevõtted peavad tegema lisakulutused ning investeeringud tehnikapargi uuendamisel või ümbermuutmisel.

Projekti planeeringuga määratletakse Rail Balticu raudtee trassi koridori asukoht ning reserveeritakse maa-ala, et võimaldada raudtee rajamine. Et tagada raudtee ehitamiseks vajaliku maa-ala olemasolu ning raudtee ehitamisest tingitud teedevõrgu ümberehitamise võimalikkus, tuleb raudtee trassikoridor hoida ehitistest vabana ning trassi koridori ja kavandatud teedevõrgu (planeeringulahendust kajastavatel joonistel tähistatud kui planeeritav/ümberehitatav tee) asukohtadega arvestada uute üld- ja/või detailplaneeringute koostamisel. Rail Balticu raudtee trassikoridoris ei või olla samatasandilisi lõikumisi, mis tähendab, et maanteed, kõrvalteed, juurdepääsuteed ja kergliiklusteed tuleb lahendada eritasandiliste ristumistena. [3] [2]

3 PEALISEHITUSE ERINEVUS RAJATISTEL

Raudteesillad ja -viaduktid jagunevad pealisehituselt ballastiga ja ballastita konstruktsiooniks. Tekiplaadid on kas avatud või kinnised. Avatud tekiplaadiga raudteesild on näidatud Joonis 3.1 ja kinnise tekiplaadiga Joonis 3.2. Avatud tekiplaadiga silla eeliseks on odavad ehituskulud ning avatud drenaaž. Avatud tekiplaadiga silla rajamisel asulates ja linnades, tuleb sillale ehitada lisaks aluskatte, mis kaitseb maanteed alla kukkuvate kivide või osakeste eest. Kinnise tekiplaadi konstruktsiooniga raudteesild ehitatakse üldjuhul ballastiga ja rööpad on paigaldatud betoonliipritele või puitliipritele. [7]



Joonis 3.1 Avatud tekiplaadiga raudteesild [8]



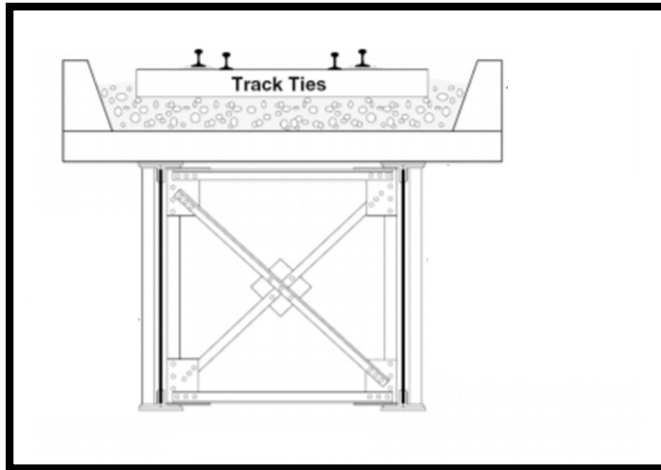
Joonis 3.2 Kinnise tekiplaadi struktuuriga raudteesild [9]

Maantee- ja raudteeviaduktide konstruktsioon on projekteeritud kestma 100 aastat. Samas 1520/1524mm rööpmelaiuse korral on sildeehituse eluiga 50 aastat. Raudteesilla konstruktsioon peab vastu pidama kordades rohkem pikisuunalist koormust kui tüüpiline maanteeõidukitel. Raudteesildadel ja -viaduktidel kasutatakse kontaktnurgikuid (vt Joonis 3.3). Kontaktnurgikute peamine ülesanne on rongi maha sõitmisel hoida veeremit raudteel, et hoida ära suuremate kahjustuste tekkimisest pealisehitusele ja anda lisajäikus pealiskonstruktsioonile. Veeremi suurim lubatud teljekoormus rööpmelaiuse 1435 mm korral 22,5 t ja 1520/1524 mm puhul 35 t.[2]



Joonis 3.3 Kontaktnurgikud Lachlani jõge ületaval raudteesillal [10]

Eestis ehitatud raudteesillad ja -viaduktid on enamjaolt ballastiga. Sildade ning viaduktide pikkused on enamjaolt 15-25 meetrit. Ballastiga sild on teostuselt lihtsam, hooldus- ja ehituskuludelt soodsam ning müra neeldumisvõime on kõrgem. Ballastiga sillal olevad rööpad on tavaliselt asetatud puidust või betoonist liipritele. [8]



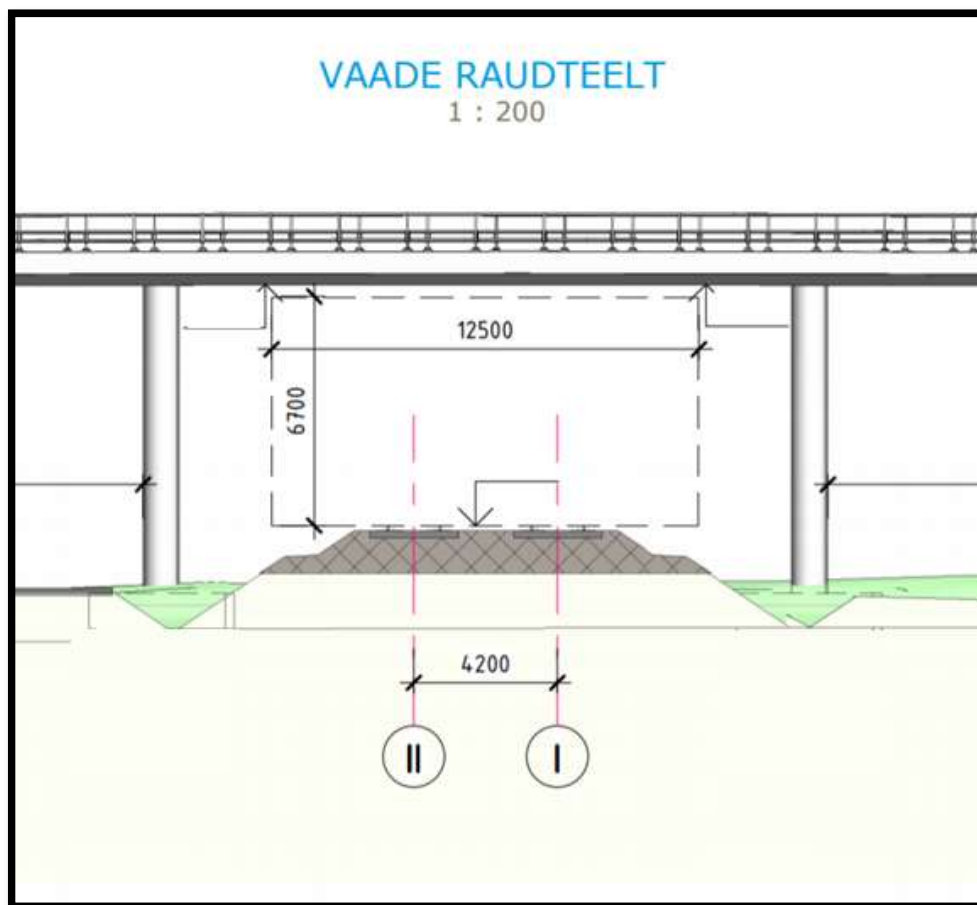
Joonis 3.4 Ballastiga raudteeviadukti ristlõige [7]

Ballastita silla ja viadukti raudtee pealisehituse eeliseks on konstruktsiooni vastupidavus ning pikem eluiga, ehk 20-25 aastat rohkem kui ballastiga sillal. Ballastita silla eeliseks on ka väiksem hoolduskulu, võrreldes ballastiga teel. Miinuseks ballastita sillal on kallis ehitusmaksumus. [8] [2]

Võttes arvesse Rail Balticu raudtee sildade/viaduktide keskmisi pikkuseid ja juurdepääsetavust, on otstarbekas ehitada võimalusel raudteesillad kinnise tekiplaadi struktuuriga ning kasutada betoonliipreid, mis on asetatud killustikust ballast alusele. Arvesse tuleks võtta ka silla asukohta, rongiliiklusest tekkivaid koormusi ja geoloogilise uuringuid.

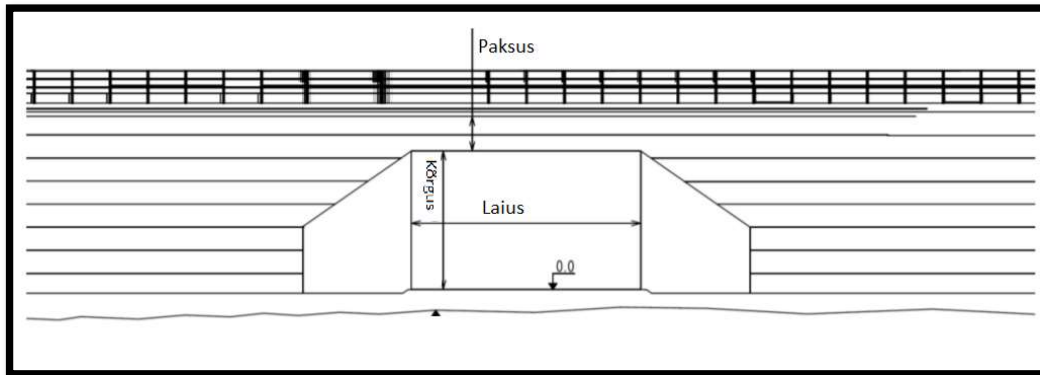
4 RAUDTEE PEALISEHITUSE NÕUDED VIADUKTI ALL

Rail Balticu silla või viadukti projekteerimisel on arvestatud raudteeliikluse koormuste kohaselt EVS-EN 1991-2:2004 ja EVS-EN 1990/A1 standarditega. Veeremi suurim lubatud teljekoormus on 22,5t. Tee pealisehitiseks on projekteeritud raudteerööpad massiga ≥ 60 kg/m, elastse kinnitusega raudbetoonist liiprid ja killustikballast. Liiprite telgede vahekaugus on 60 cm. Liiprid epüüriga 1667 tk/km. Killustikballastikihi paksus peab liiprite all rööpateljel olema vähemalt 35 cm. Ballastiprisma õlg peab olema vähemalt 45 cm. Välisrööpa suurim lubatud kõrgendus 160 mm. Joonis 4.1 on toodud välja gabariidi mõõdud kui raudtee ehitatakse viadukti alt läbi. [3]

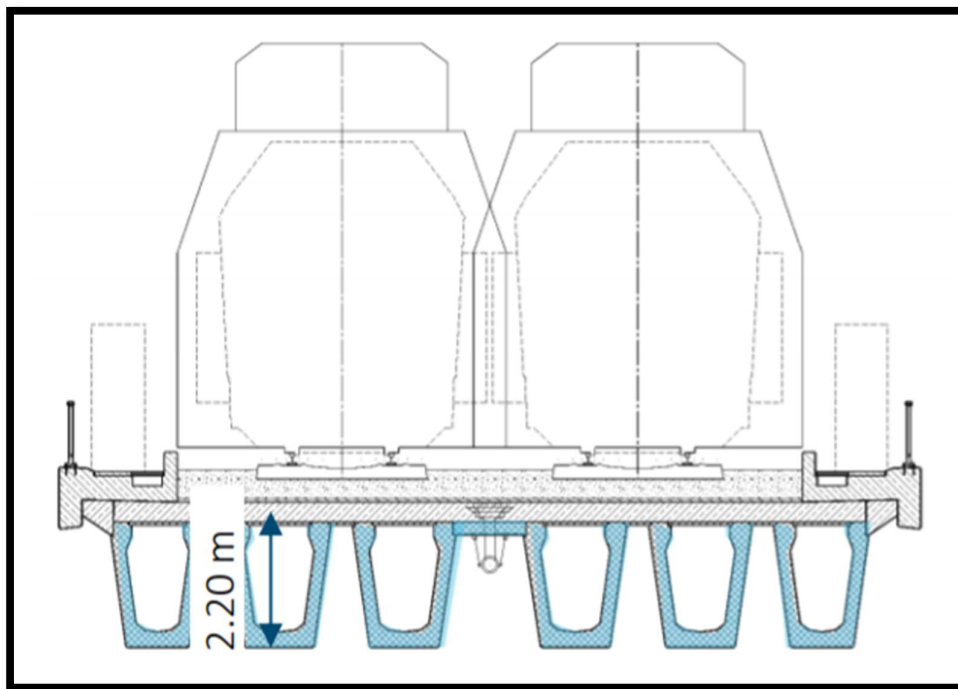


Joonis 4.1 Raudtee gabariidi mõõdud viadukti all

Viadukti all on tagatud 12,5 m laiusele raudteele kõrgusgabariit 6,7 m. Raudteeviadukti korral peab olema tagatud vähemalt 4.5 m kõrgusgabariit ja horisontaalne ava laius vähemalt 5 meetrit. Nõutav minimaalne tekiplaadi konstruktsiooni paksus vähemalt 1.5 m (vt Joonis 4.2). [3]



Joonis 4.2 Raudteeviadukti alune [3]

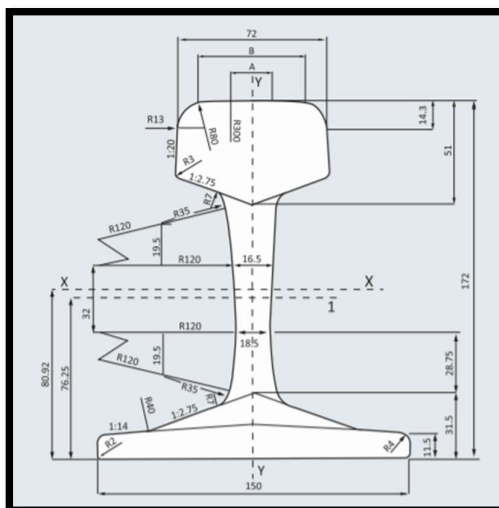


Joonis 4.3 Standartne läbilõige U-talaga raudteeviadukt [3]

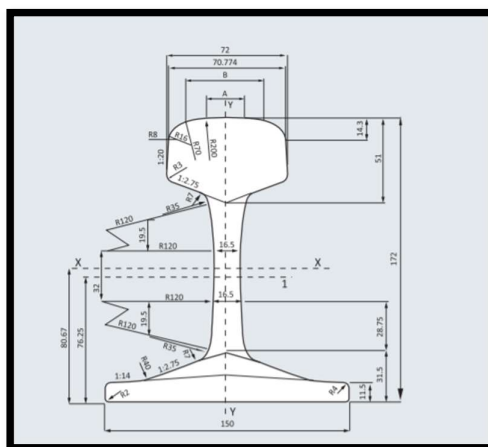
Sildade ja viaduktide kontseptsioon peab olema lihtne ning ilma keerulise kujunduseta, et olla oma lahenduselt ökonoomne. Raudteeviadukti korral peab muldkeha ja pealisehituse alumise serva vahel olema vähemalt 2 meetrit mis on näidatud Joonis 4.3, et tagada probleemideta ja mugav ligipääs viadukti hooldamiseks. [3]

5 NÕUDED RAUDTEE PEALISEHITUSE KONSTRUKTSIOONILE

Vastavalt Rail Balticu raudtee pealiskonstruktsiooni nõuetele, peavad rööpad olema projekteeritud massiga ≥ 60 kg/m ja rööpa terase kõvadus ≥ 350 HBW ja tõmbetugevus ≥ 1175 MPa. Rööpad peavad vastama standardile EN 13674-1:2011. Esitatud joonistel Joonis 5.1 ja Joonis 5.2 on toodud rööpa tüübid, mis vastavad esitatud nõuetele ja mida võib kasutada Rail Balticu projektis raudtee pealiskonstruktsiooni ehituses. [5] [11]



Joonis 5.1 Rööpa tüüp UIC 60E1 [11]



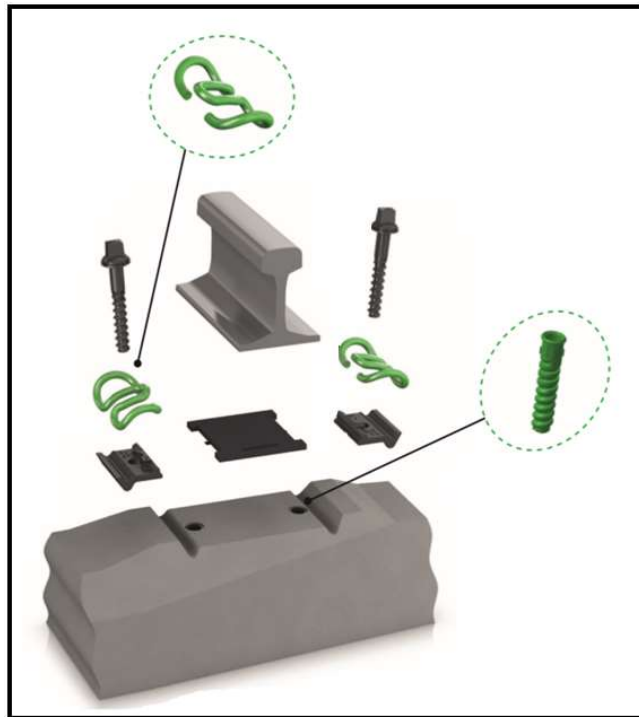
Joonis 5.2 Rööpa tüüp UIC 60E2 [11]

Rail Baltic raudtee nõuded rööpakinnitustele

Rööpakinnitused peavad vastu pidama raja nihkumist põhjustavale 7 kN pikijõule ja kolme miljoni mõjutsükli järel ei tohi olla vähenenud ankurdusmõju rohkem kui 20% ja vertikaalne jäikus rohkem kui 25%. Näidatud joonistel Joonis 5.3 ja Joonis 5.4 on toodud välja kinnitused, mis vastavad esitatud nõuetele ja on sobivad kasutamiseks pealisehituse konstruktsiooni ehitusel. [5]

Rööpakinnituskomplekt W21

Rööpakinnitus komplekt W21 on näidatud Joonis 5.3. Seda rööpakinnitust on lihtne paigaldada ja käsitleda, nagu ka Pandrol FE (vt Joonis 5.4) kinnitust. Suurim eelis W21 kinnitusel on see, et kinnitus ei ole otseselt "betooniga" ühendatud. Seega, kui on vajadust mõnda kinnitusosa vahetada, juhul kui klamber või kinnitusosa on deformeerunud, saab teha seda ilma, et peaks liiprit vahetama uue vastu. Kinnituse negatiivseteks pooleks võib lugeda töökiirust objektil – teesõrestike koostamine, inventar rööbaste vahetamine pikkrööbaste vastu ja neutraliseerimine. Nimetatud tegevusi saab teha ainult vastavate spetsiaalsete mehhanismidega. [12]



Joonis 5.3 Rööpakinnitus süsteem W21 [12]

Rööpakinnituskomplekt Pandrol FE

Rööpakinnituskomplekti Pandrol FE (vt Joonis 5.4) on lihtne paigaldada. Suurim eelis võrreldes W21 kinnitusega, on töökiirus ja mitmete kinnitusosade puudumine. Lisaks saab antud kinnitust paigaldada mehhanismiga ja ilma mehhanismideta ehk siis k.a spetsiaalsete "käsivõtmetega". Suurimaks keerukuseks on kinnituse "ankur", mis on betooni sees – s.t kui väljaulatuvad kinnituse "kõrvad" peaksid deformeeruma või viga saama, peab liipri välja vahetama uue vastu. [13]



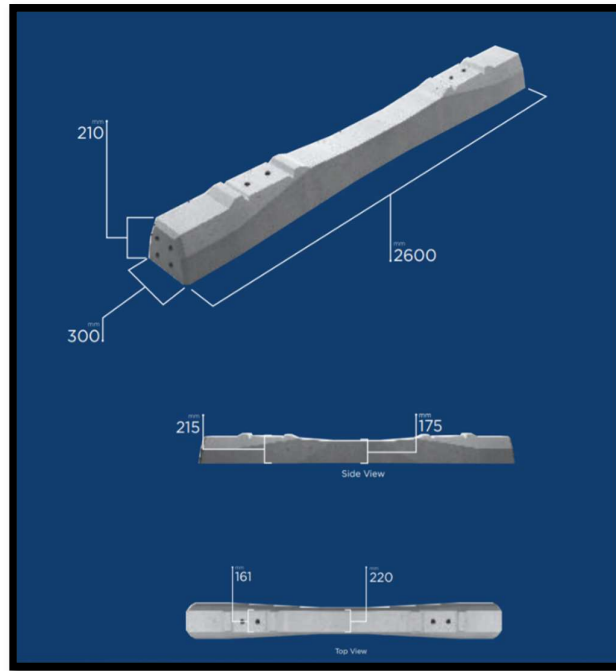
Joonis 5.4 Rööpakinnitus süsteem Pandrol FE [13]

Töö koostaja arvates, võiks pealisehituse konstruktsiooni liipri kinnitusena kasutada Pandrol FE tüüpi kinnitust, sest võttes arvesse Rail Balticu raudtee kogumahtu, on antud kinnitusel mitmeid eeliseid, nagu töökiirus ja paigalduslihtsus.

Esitatud nõuded liipritele

Eeltingestatud raudbetoonist liiprid peavad vastama standardi EN 13230 nõuetele. Joonis 5.5 on toodud vastavale nõuetele sobiv betoonliiper B70, mis sobib Pandrol FE kinnitusele (joonisel näidatud mõõdud on millimeetrites). Betoonliiper B70 on projekteeritud järgmistele tehnilistele nõuetele [14] [15]:

- peab vastu teljekoormusele kuni 25t;
- projekteeritud rongikiirusele kuni 300km/h;
- sobib rööpatüübile UIC 60E1 ja UIC 60E2;
- sobib rööpmelaiusele 1435mm;
- liipri kaal 294,5 kg (ilma kinnitusteta).

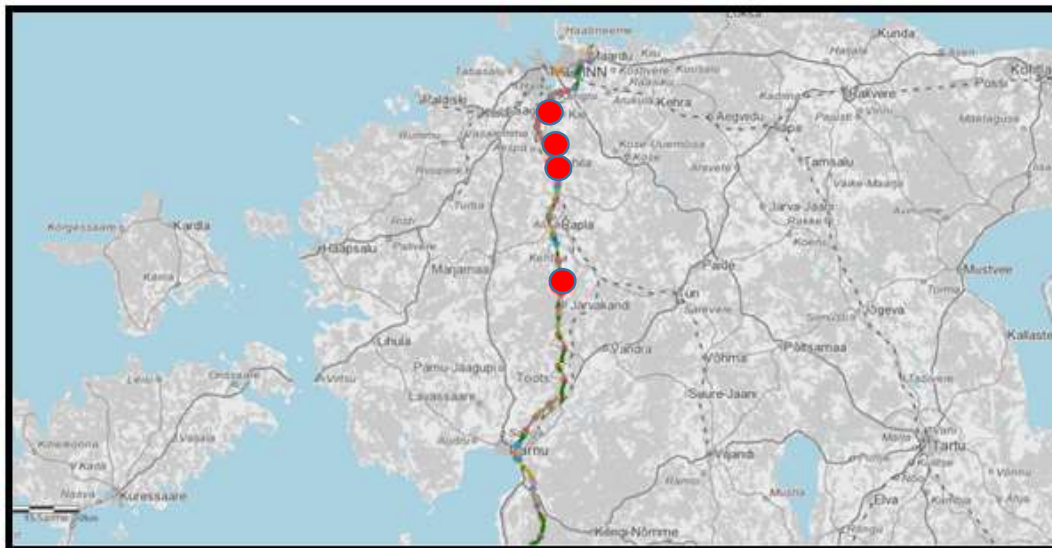


Joonis 5.5 Raudbetoonist liiper B70 [15]

Rail Balticu ehitamisel mõjutab raudtee pealiskonstruktsiooni valikut hetkel eelkõige ajalised ressursid ning rööbastee materjalide kogumahu saadavust. Antud juhul on rööbastee kogumaht suur, mis tähendab, et töö teostaja arvates on sobivaim kasutada Pandrol FE tüüpi kinnitusi.

6 ANALÜÜSITAVAD RISTUMISED

Eelprojekti andmetel on Eestit läbiva Rail Balticu raudtee trassikoridoris hetkeseisuga 24 ökodukti, 38 raudteesilda, 29 raudteeviadukti ja 38 maanteeviadukti. Analüüsi on võetud ristumiskohad, kus oli võimalik töö autoril pakkuda välja võimalikke alternatiivseid variante. Analüüsi järgsete ettepanekute osas võetakse arvesse kohalike elanike võimalust liikuda nende tavapärast teekonda oluliselt pikendamata ja põllumajandusega tegelevate ettevõtete põllutehnika gabariidi mõõtmeid, et tagada neile probleemideta raudtee ületamine. Analüüsi eesmärk on enne tööprojekti valmimist pakkuda välja võimalikud alternatiivsed variandid, mis võtaks arvesse erinevaid aspekte, nagu tehniline sobivus, majanduslikult soodsaim lahendus ning minimaalne mõju kohalikule elule. [1]



Joonis 6.1 Analüüsitavad ristumised [1]

Analüüsist jäeti välja raudteesillad, sest nendes kohtades oli vältimatu, et raudtee tuleb ehitada oja või jõe peale. Ökoduktid jäeti samuti välja, sest loomadele mõeldud ületuskohad oleks majanduslikult kahjulik viia raudtee alt läbi. Ulukitele mõeldud altpääsu puhul, tuleks soovituslikult tagada kõrgusgabariit kuni 10 meetrit mis omakorda tähendaks mõnes kohas muldkeha kõrguse drastilist muutust. Analüüsitavad ristumised on toodud välja Joonis 6.1 (tähistatud punaste ringidega).

6.1 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Sihi teega

Tegemist on juurdepääsu teega kinnistute juurde mis asub Rapla maakonnas. Eelprojekti andmetel on plaanitud rajada Rail Balticu raudtee trassi ristumisel Sihi teega raudteeviadukt. Viadukti pikitelg asub plaanil sirgel ja pikiprofiilis -0,5‰ kaldega lõigul. Viadukt on üheavaline (ava pikkus 9,0 m), kasuliku laiusega 11,5 m ja kogupikkusega 14,0 m. Raudteeviadukti asukoht on näidatud Joonis 6.2 ja on tähistatud punase ringiga. Kohapeal teostatud vaatluse tulemusel selgus, et suure tõenäosusega ei ole tegemist kergliiklusteega, vaid juurdepääsu teega (vt Joonis 6.3) kinnistute juurde (vt Joonis 6.2 märgitud musta värvi ringiga). Kergliiklustee on eraldi ettenähtud tee või tee osa, mis on asjakohaste liiklusmärkidega tähistatud. Kergliiklustee on mõeldud jalgsi, jalgratta, rulluisude jne, mitte mootorsõidukutega liiklemiseks. Võttes arvesse eelnimetatut, ei ole töö teostaja arvates kohapeal vaatluse tulemusel tegemist antud kohas kergliiklusteega. [16]



Joonis 6.2 Raudteeviadukt üle juurdepääsutee [1]

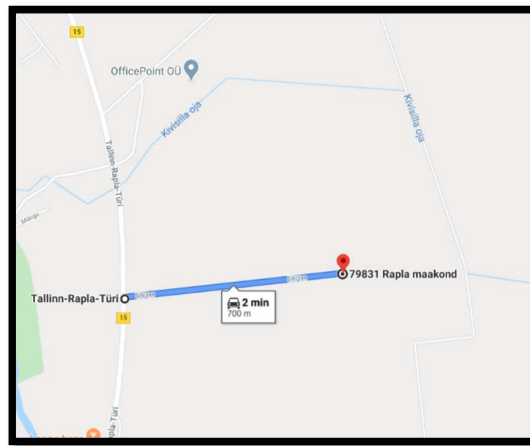


Joonis 6.3 Juurdepääsu tee kinnistuteni [Erakogu]

Antud juurdepääsul tuleks arvestada eelkõige kohalike elanike teekonna muutust projekti elluviimisel. Magistritöö koostaja arvates on lahendusi mitu, tagamaks elanikele liiklemise Rail Balticu raudtee trassikoridori ristumisel. Järgnevalt on toodud välja hetkeolukorra ülevaade ning autori seisukoht võimalikest lahendustest.

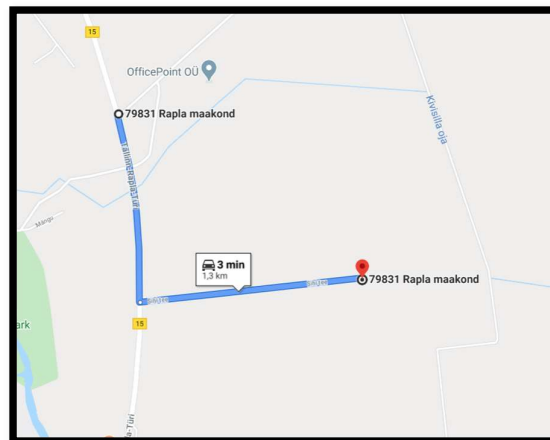
Hetkeolukord

Kui võtta aluseks Google Mapi teekonna arvutamise kalkulatsioonid, siis hetkel kulub kohalikel elanikel elukohta jõudmiseks juurdepääsuteed kasutades ligikaudu 2 minutit ja teekonnapikkus 700 meetrit (võttes arvesse juurdepääsutee lõpp ja mahaõidu algus, kui ei kasutata variandina muud teed kohale jõudmiseks) ning kui tullakse Türi-Rapla-Tallinna suunalt (vt Joonis 6.4).



Joonis 6.4 Türi-Rapla-Tallinn esimene võimalik mahaõit elukohta [17]

Kui kohalikud elanikud peaksid tulema Tallinn-Rapla-Türi suunalt ja ei kasutaks kohale jõudmiseks teist võimalikku kohalikku teed (vt Joonis 6.5), siis nende teekonna pikkus oleks 1.3 kilomeetrit ja aega kuluks ligikaudu 3 minutit.

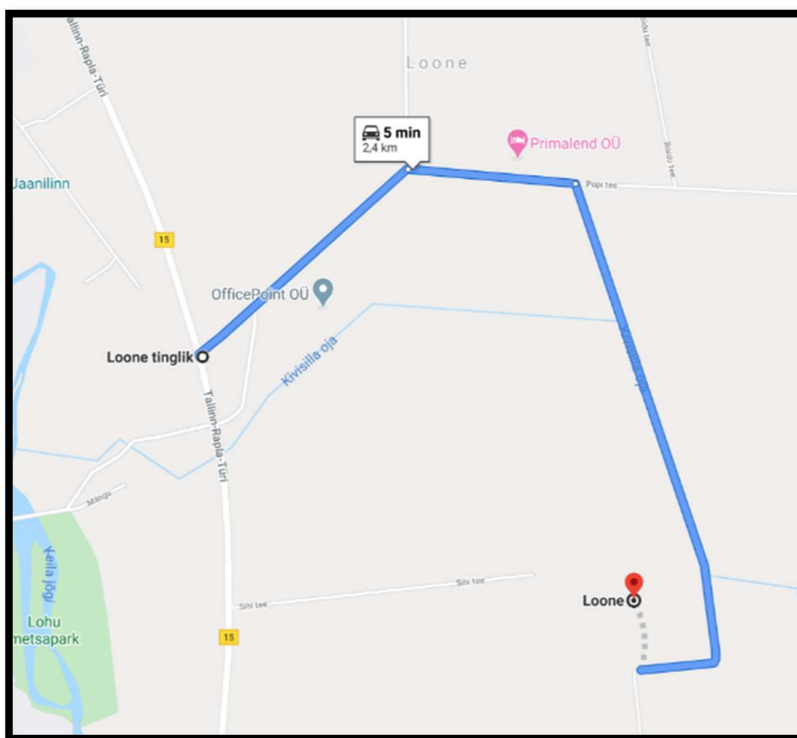


Joonis 6.5 Tallinn-Türi-Rapla esimene võimalik mahaõit elukohta [17]

Variant A

Töö teostaja analüüsib võrdlusena, kui palju suureneks kohalejõudmise aeg ja teekonna pikkus, kui kohalikud elanikud kasutaksid kohalejõudmiseks võimaliku variandina teist kohalikku teed. Võrdlusesse on võetud Tallinn-Türi-Rapla suunaline maantee ja sellelt tulenevad mahasõidud ning kõrvalteed.

Kui kohalikud elanikud peaksid tulema Tallinn-Türi-Rapla suunalt, et jõuda elukohta (vt Joonis 6.6), näitavad Google Mapsi arvutused, et nende teekonna pikkus on ligikaudu 2.4 kilomeetrit, mis tähendaks, et inimeste kohalejõudmise teekond pikeneks selle variandi puhul: 2.4 km (vt Joonis 6.6) – 1.3 km (vt Joonis 6.5) = 1.1 kilomeetrit. Ajaliselt kuluks kohalesõiduks: 5 min (vt Joonis 6.6) – 3 min (vt Joonis 6.5) = 2 minutit rohkem aega.



Joonis 6.6 Võimalik lahendus Tallinn-Türi-Rapla suunalt tulemisel [17]

Kui kohalikud elanikud peaksid tulema Rapla-Türi-Tallinn suunalt, et jõuda elukohta (vt Joonis 6.7), näitavad Google Maps'i arvutused, et nende teekonna pikkus on ligikaudu 2.6 kilomeetrit, mis tähendaks, et nende kohalejõudmise teekond pikeneb selle variandi puhul 2.6 km (vt Joonis 6.7) – 0.7 km (vt Joonis 6.4) = 1.9 kilomeetrit. Ajaliselt kuluks 4 min (vt Joonis 6.6) – 2 min (vt Joonis 6.5) = 2 minutit rohkem aega.



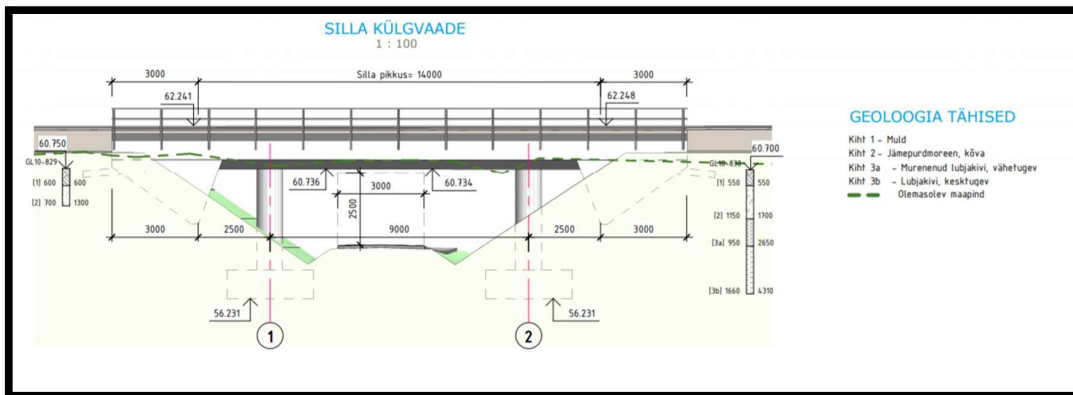
Joonis 6.7 Võimalik variant Türi-Rapla-Tallinn suunalt tulemisel [17]

Võrdluse tulemusel on näha, et kohale jõudmise alternatiivsed võimalused ei pikenda märgatavalt kohalike elanike elukohta jõudmist, kui nad kasutaksid hetkel olemasoleva juurdepääsutee asemel võimaliku variandina teist kohalikku teed. Kui võtta arvesse Google Mapi pakutava teekonna arvutamise kalkulatsioone, suureneks võimaliku teise kohaliku tee kasutamisel kohalejõudmise teekond ajaliselt 2-3 minutit ja teekonna pikkus suureneks maksimaalselt 2 kilomeetrit. Võttes arvesse võrdluste tulemusi ja teekonna pikenede alternatiivse variandi korral, võiks töö teostaja arvates võimalusel jätta ehitamata antud Rail Baltic raudtee trassi ristumise kohta planeeritav raudteeviadukt ja suunata kohalikud elanikud sõitma mööda alternatiivset teed. Kui plaanijärgselt ei ole võimalust maad raudtee ehituseks omandada ja seeläbi suunata kohalikke alternatiivset teed kasutama, siis järgnevalt toob töö teostaja välja ristumise kohta viadukti alternatiivsed variandid.

Planeeritav raudteeviadukti konstruktsioon

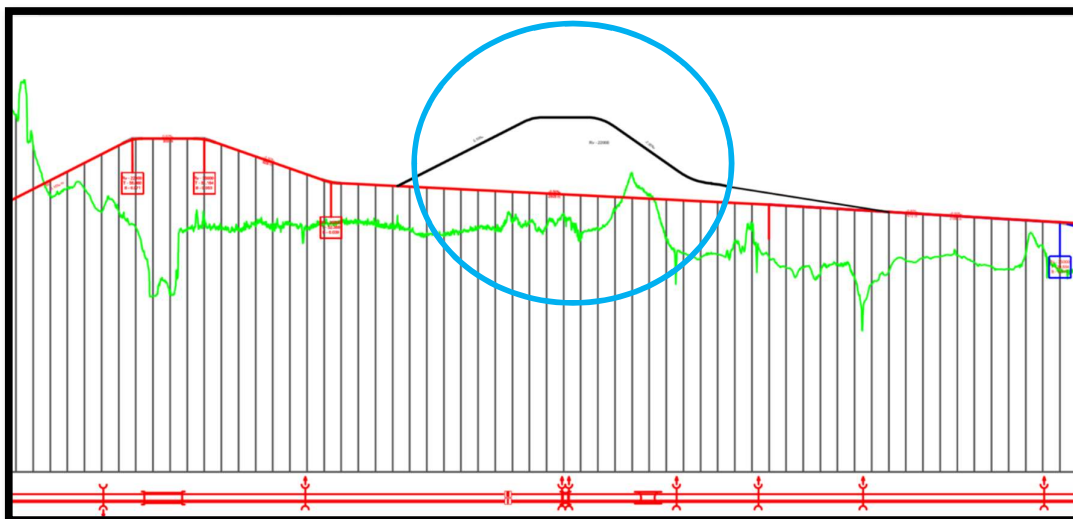
Eelprojekti andmetel on viadukti projekteerimisel arvestatud raudteeliikluse koormustega vastavalt EVS-EN 1991-2:2004 ja EVS-EN 1990/A1. Tekiplaat on monoliitsest raudbetoonist plaat. Ristlõikes on tekiplaat 800 mm kõrge plaat, ristlõike kõrgus äärtes kahaneb. Tekiplaat ulatub viadukti pikisuunas 2,5 m üle äärmiste sammaste. Tala otsa on valatud betoonplokk, millele toetub pealesõiduplaad ja mille külge kinnituvad külgtiivad. Telgedel 1 ja 2 on kaks tekiplaadiga ja taldmikega jäigalt

liidetud sammast, moodustades jääkade sõlmedega raamkonstruktsiooni. Projekteerija valis vundamendiks lubjakivile toetuvad jaotusvundamendid. Kavandatav raudteeviadukt on näidatud Joonis 6.8, millelt on näha viadukti mõõtmeid mõõtkavas 1:100 koos geoloogia tähistega. Hetkel on eelprojektis planeeritud kavandada kergliiklustee süvendisse, et raudteeviadukti ehitamisel ei muutuks muldkeha kõrgus ülemäära suureks. [16]



Joonis 6.8 Kavandatava raudteeviadukti külgvaade [16]

Pikiprofiili võimalik muutus raudteeviadukti (vt Joonis 5.2) ehitamisel Rail Baltica raudtee trassi ristumisel juurdepääsu teega on lisatud töö teostaja poolt programmiga AutoCAD ja toodud välja Joonis 6.9 (tähistatud sinise ringiga). Töö koostaja on valinud analüüsi raudteeviadukti (vt Joonis 6.11) ning juurdepääsutee omavaheliseks gabariidi kõrguseks 4,5 meetrit, pikikalde tõusuks +5.00 ‰ ja langus -7.00 ‰ ning horisontaalkõvera raadiuseks 22 000 m. [16]



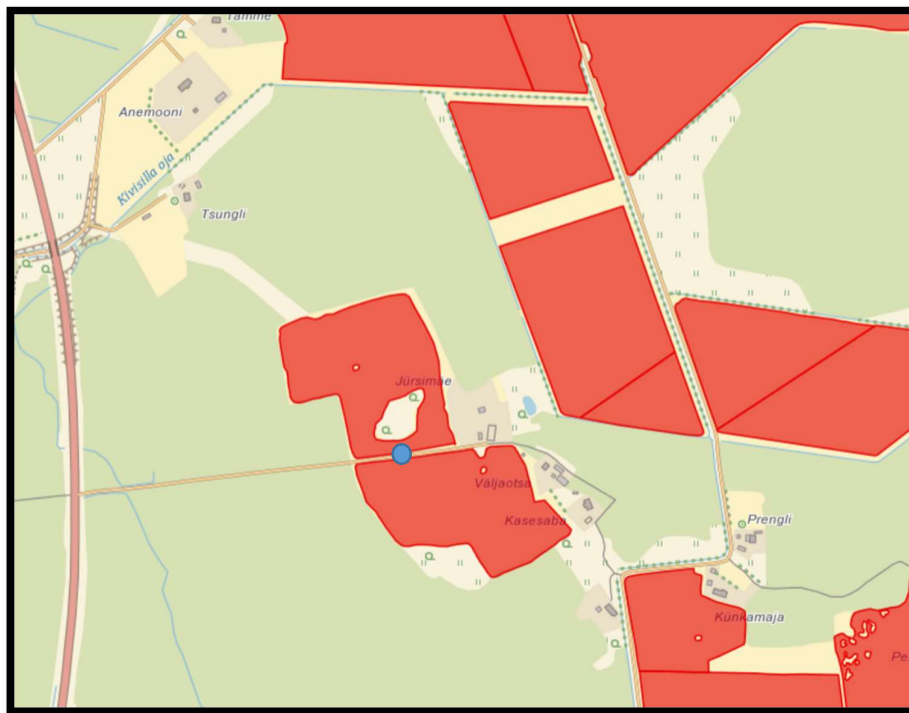
Joonis 6.9 Pikiprofiili muutus raudteeviadukti ehitamisel [18]

Raudteeviadukti üldised betoonelementide mahtude hinnad on toodud välja Tabel 1. Tabel on koostatud eelprojektis esitatud materjalide mahtude alusel. Materjalide hinnad on töö koostaja võtnud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast (ilma käibemaksuta). Tabel 1 esitatud hindadel puuduvad betooni transpordi ja pumpamise hinnad. [19]

Tabel 1 Eelprojektis kavandatava raudteeviadukti betoonelementide hinnad

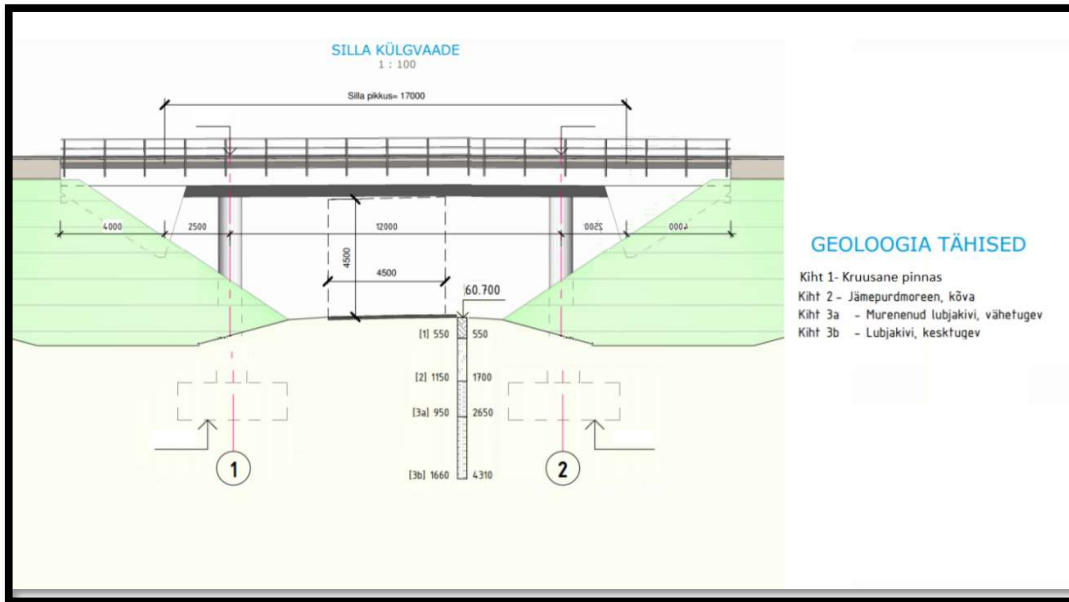
Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib ja pealesõiduplaad	m3	575	75.6	43470
Raudbetoonist sambad	m3	575	53.8	30935
Raudbetoonist tekiplaat	m3	575	118.2	67965
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	140	2800
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa(km-ta)				215170.00

Arvestades, et ka pärast raudtee rajamist oleks kohalikel põllumeestel võimalus saada teisele poole raudteed põllutehnikaga on võetud põllumajanduse registreite ja informiooni ameti lehelt andmed põllumassiivide kohta (vt Joonis 6.10).



Joonis 6.10 Põllumassiivid seisuga 2019.aastal [20]

Joonis 6.11 on töö teostaja poolt valitud sobivate parameetritega raudteeviadukt, mis võiks olla kui üks võimalik alternatiivne lahendus Rail Balticu ristumisel Sihi teega. Viadukti kasulik kõrgus on võetud 4.5 meetrit, sest hetkel planeeritav Rail Baltic raudeetrass poolitab sealse põllumaa kaheks. Lähtuvalt põllumassiividest on töö teostaja valinud Joonis 6.11 näidatud gabariidi mõõdud raudteeviadukti all olevale juurdepääsu teele. Joonis 6.11 raudteeviadukti pikiprofiili muutus on näidatud Joonis 6.9.



Joonis 6.11 Raudteeviadukti külgvaade [21]

Raudteeviadukti üldised betonelementide mahtude hinnad on toodud välja Tabel 2. Materjalide hinnad on töö koostaja võtnud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast. Näidatud hindadel puuduvad betooni transpordi ja pumpamise hinnad. [19]

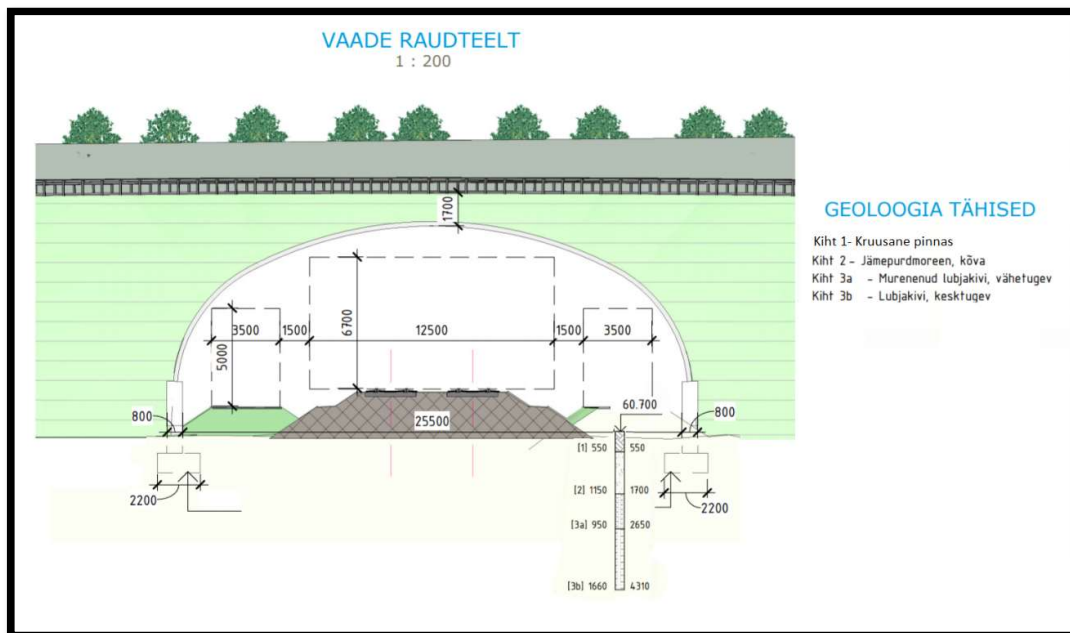
Tabel 2 Raudteeviadukti üldine kululoend [21]

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib ja pealesõiduplaad	m3	575	75.7	43527.5
Raudbetoonist sambad	m3	575	43.9	25242.5
Raudbetoonist tekiplaat	m3	575	133.6	76820
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	152	3040
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				218630.00

Kui võrrelda Tabel 1 ja Tabel 2 esitatud raudteeviaduktide kululoendite kogusummasid, on näha, et Joonis 6.8 olev raudteeviadukt on ligi 20% soodsam kui Joonis 6.11 näidatud raudteeviadukt. Joonis 6.8 näidatud raudteeviadukti eeliseks on kõrge muldkeha puudumine, kuna kergliiklustee on eelprojektis kavandatud süvendisse. Töö teostaja arvates võiks võimalusel projekteerida antud Rail Balticu trassi ristumiskohta Joonis 6.11 näidatud raudteeviadukt, sest see tagab ka võimaluse põllumeestel pääseda põllutehnikaga teisele poole raudteed.

Variant B

Võimaliku alternatiivse variandina võiks töö teostaja arvates Joonis 6.2 näidatud Rail Balticu raudteetrassi ristumise kohta ehitada ühe potentsiaalse lahendusena Joonis 6.12 näidatud terastorutunneli-tüüpi viadukt. Terastorutunneli eeliseks antud ristumiskohas on lihtsam paigaldus, ning mis kõige tähtsam, kui võrrelda antud lahendust Joonis 6.11 raudteeviaduktiga, siis pakutav lahendus ei muuda raudtee pikiprofiili. Terastorutunneli puhul saavad kohalikud elanikud sõita üle terastorutunneli, mis tähendab, et kui põllumehed otsustavad uuendada põllutehnikat, mille kõrgusgabariidi mõõdud on keskmisest kõrgemad (ehk 2–5 meetrit), siis ei teki probleeme, kui näiteks rajada selle lahenduse asemel hoopis Joonis 6.8 või Joonis 6.11 näidatud võimalikud lahendused.



Joonis 6.12 Terastorutunnel [22]

Terastorutunneli ehituseks vajalike betoonelementide mahtude hinnad on toodud välja Tabel 3. Tabel 3 on koostatud töö koostaja poolt arvatud võimaliku terastorutunneli

mõõtude ja eelprojektis esitatud materjalide mahtude alusel. Materjalide hinnad on töö koostaja võtnud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast (ilma käibemaksuta). Tabel 3 esitatud hindadel puuduvad betooni transpordi ja pumpamise hinnad. [19]

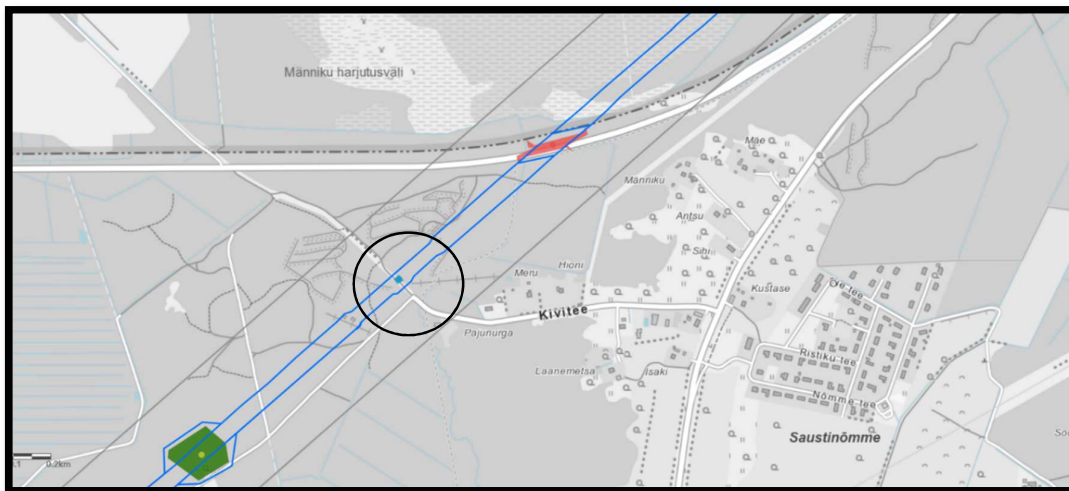
Tabel 3 Terastorutunneli üldine kululoend [22]

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Taldmik	m3	575	188.1	108157.5
Sein	m3	575	252	144900
Teraskaar	objekt	700000	1	700000
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	910	18200
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				1041257.5

Eespool välja toodud võimalike erinevate variantide vahel võiks töö teostaja arvates kaaluda antud Rail Balticu raudtee trassi ristumiskohta kahte võimalikku lahendust – Joonis 6.11 ja Joonis 6.12 näidatud viaduktide tüüpe. Joonis 6.8 näidatud lahendus võib tekitada tulevikus kohalikele võimalikke põllumajandusega seotud mehhanismidele läbimiseks probleeme. Seetõttu hinnatakse parimaks lahenduseks antud ristumiskohta Joonis 6.12 näidatud terastorutunnel, mis ei sea kõrgusgabariidile piire. Kui on võimalus antud ristumisel maa omandada, siis võib kaaluda ühe variandina ka Joonis 6.7 näidatud lahendust, kus kohalikud elanikud suunatakse elukohta jõudmiseks alternatiivset teed mööda.

6.2 Rail Balticu raudteetrassi ristumine kohaliku Kivitee kergliiklusteega

Raudteeviadukt paikneb Rail Balticu raudteetrassi lõigul ning ületab 4,0 m laiust kergliiklusteed, mis on tähistatud Joonis 6.13 musta ringiga. Viadukti pikitelg asub plaanil sirgel ja pikiprofiilis -0,05 % kaldega lõigul. Viadukt on üheavaline (ava pikkus 10,0 m), kasuliku laiusega 11,5 m ja kogupikkusega 15,0 m. Viadukti all on teele garanteeritud kõrgusgabariit 2,8 m. Hetkel kasutavad kohalikud antud teed (vt Joonis 6.14) ka otseteena mahasõiduna põhimaanteelt nr 11 jõudmiseks Nõmmekülla. [23]



Joonis 6.13 Raudteeviadukti asukoht Rail Baltic raudteetrassil [1]

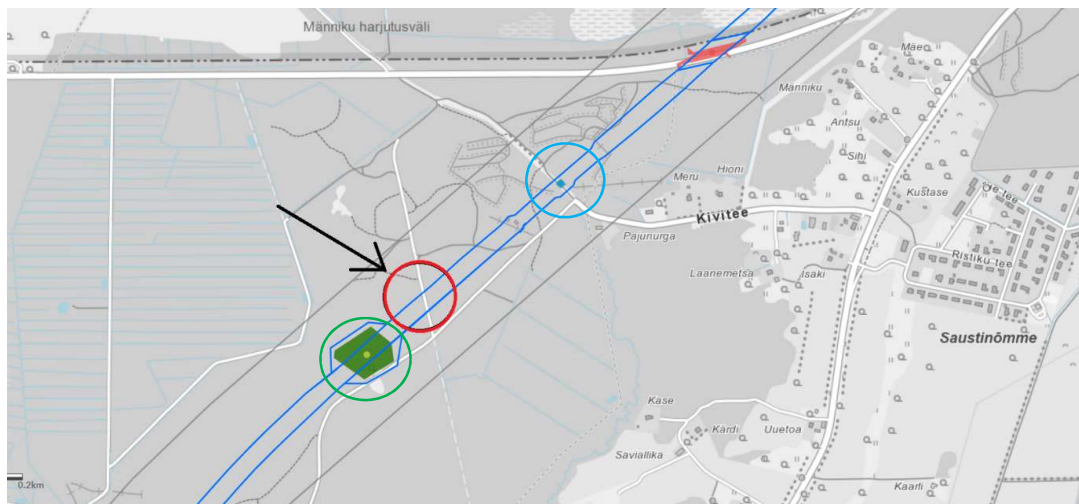


Joonis 6.14 Raudteeviadukti võimalik asukoht [Erakogu]

Kuna tegemist on eelprojekti andmetel kohaliku kergliiklusteega, siis töö teostaja analüüsib võimalikke alternatiivseid lahendusi, kuidas võiks Rail Balticu trassikoridori ristumine lahendada erinevate potentsiaalsete lahendustega.

Variant A

Hetkel on eelprojekti plaanitud rajada ökodukt Joonis 6.15 näidatud rohelise ringiga asukohta. Võimaliku lahendusena toob töö teostaja välja variandi, et võiks võimalusel jätta ehitamata raudteeviadukt 08-BR09 (vt Joonis 6.15 märgitud sinise ringiga) ja selle asemel ökodukt rajada Joonis 6.15 näidatud punase ringiga tähistatud asukohta. Antud lahenduse puhul oleks ökodukti ja kergliiklustee lahendatud ühtse tervikuna, nagu seda on planeeritud teha Kootja tee ristumisel Rail Balticu raudtee trassiga (vt Joonis 6.16). Eelmainitud lahendusel ei peaks rajama lisaks viadukti, mis tähendaks omakorda lisakulutuste ära jäämist ja mida saaks lahendada ka alternatiivsemal viisil. [23]

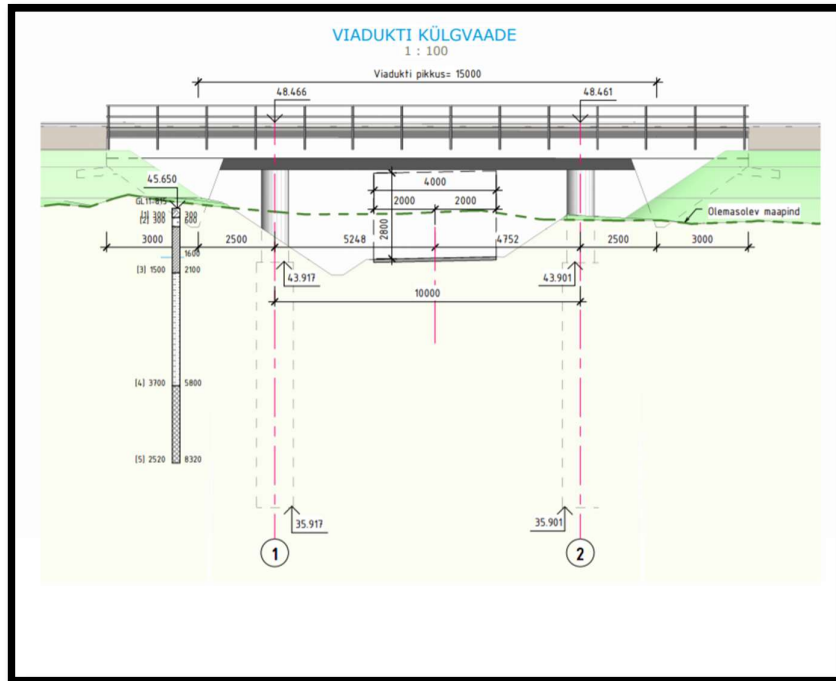


Joonis 6.15 Ökodukti asukoha muutmine [1]



Joonis 6.16 Ökodukti ja kergliikustee kompaktne lahendus

Planeeritav raudteeviadukt on näidatud Joonis 6.17. Viadukti projekteerimisel on arvestatud raudteeliikluse koormustega vastavalt standarditele EVS-EN 1991-2:2004 ja EVS-EN 1990/A1. Klassifitseeritud vertikaalkoormuste saamiseks on kasutatud tegurit $\alpha=1,0$. Vundamendiks on valitud suure ristlõikega kohtvaiad. Vaiad süvistatakse tihedasse jämemõlli. [23]



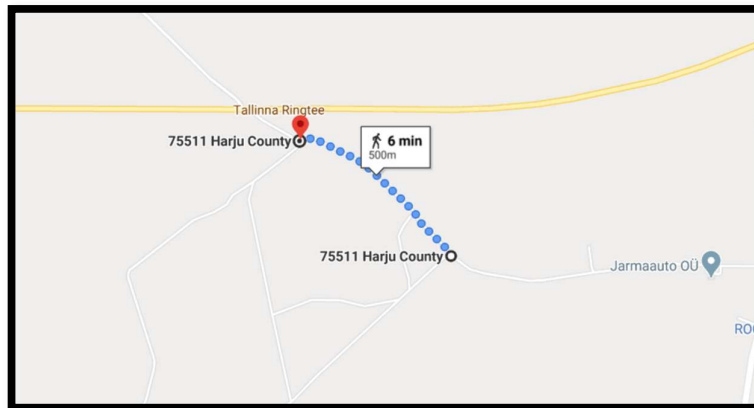
Joonis 6.17 Planeeritava raudteeviadukti külgsuuna [23]

Raudteeviadukti betoonelementide mahtude hinnad on toodud välja Tabel 4. Materjalide hinnad on töö koostaja võtnud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast. Tabel 4 esitatud hindadel puuduvad betooni transpordi ja pumpamise hinnad. [19]

Tabel 4 Raudteeviadukti üldine kululoend

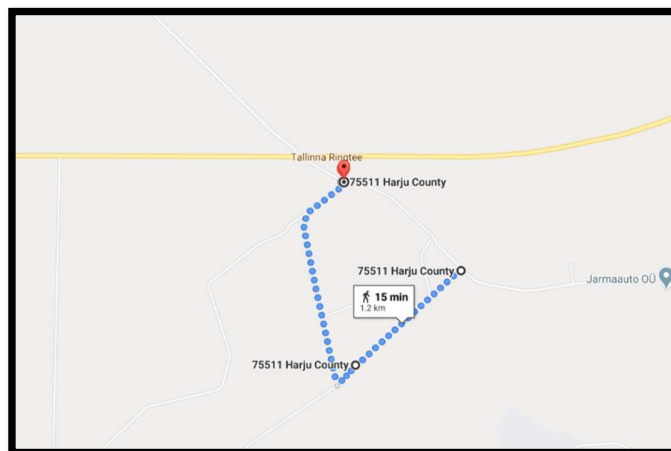
Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib ja pealesõiduplaat	m ³	575	75.7	43527.5
Raudbetoonist sambad	m ³	575	43.9	25242.5
Raudbetoonist tekiplaat	m ³	575	133.6	76820
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m ²	20	147	2940
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				218530.00

Hetkel kasutavad kohalikud elanikud Joonis 6.18 näidatud metsateed jalutamiseks ja otseteena jõudmiseks põhimaanteele nr 11. Töö teostaja on toonud välja Google Mapi kaardirakenduse poolt kalkuleeritud teekonna pikkuse ja ajakulu, kui seda teed peaks läbima jalgsi. Teekonna alguseks on võetud koht, kus saab alguse ka teise (vt Joonis 6.19) võimaliku variandi teekonna algus ja esimese (vt Joonis 6.18) variandi teekonna lõpp. Antud variandi puhul on teekonna pikkuseks 500 meetrit ja selle läbimiseks jalgsi kulub 6 minutit.



Joonis 6.18 Teekonna pikkus raudteeviadukti ehitamisel [17]

Võimaliku alternatiivse variandi teekonnapikkus on toodud välja töö teostaja poolt Joonis 6.19. Alternatiivse variandi puhul kulub teekonna läbimiseks 15 minutit ning teekonna pikkus oleks 1.2 kilomeetrit. Joonis 6.18 näidatud variandi puhul kulub alternatiivse variandi läbimiseks 9 minutit rohkem aega ja teekonnapikkus suureneks 700 meetri võrra. Töö teostaja arvates alternatiivse variandi tulemus ei ole täielik, et seda ei võiks võtta kui võimalikku lahendust antud Rail Baltic raudtee trassi ristumiskohta.



Joonis 6.19 Teekonna pikkus alternatiivse variandi korral [17]

Alternatiivne variant annab võimaluse hoida ära raudteeviadukti ehituse, mistõttu toob töö teostaja välja alternatiivse variandi koos kululoendiga. Alternatiivne variant on näidatud Joonis 6.16, mis annaks võimaluse ületada raudteed loomadel ja kohalikel elanikel samas kohas ning oleks majanduslikult kasulikum.

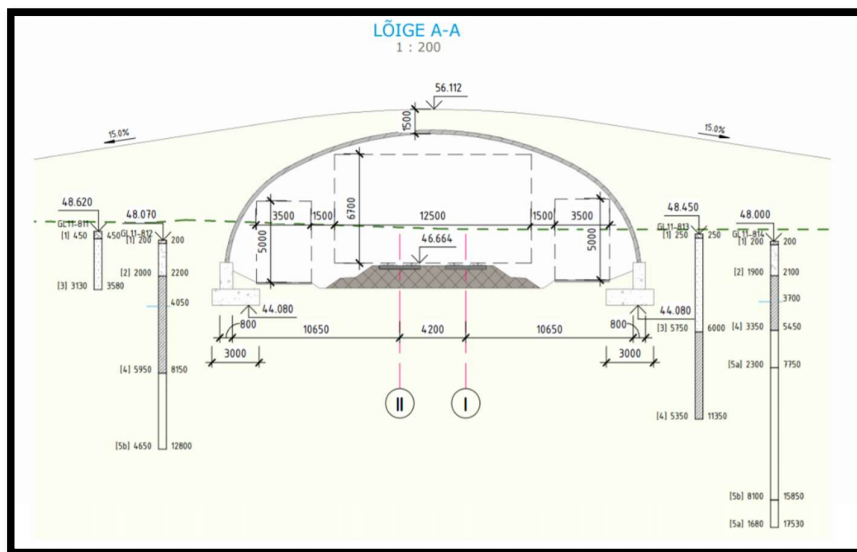
Kavandatav ökodukt (v.t Joonis 6.20 tähistatud rohelise ringiga)

Ökodukt on lahendatud terastorutunnelina. Ökodukti pikitelg kattub raudtee telje sihiga, on plaanil sirge ja ilma pikikaldeta. Ökodukti kogupikkus on 85,0 m. Ristlõikes on ökodukti laius 25,5 m. Tunnelis on raudteele garanteeritud vaba gabariit laiusega 12,5 m ja kõrgusega 6,7 m ning mõlemale poole raudteed on planeeritud hooldustee, mille vaba gabariidi laius on 3,5 m ja kõrgus 5,0 m.

Ökodukti külgvaade on toodud välja Joonis 6.21 ja kululoend on näidatud Tabel 5, mis on koostatud eelprojekti materjalide mahtude alusel. Materjalide hinnad on töö koostaja võtnud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast. Tabel 5 esitatud hindadel puuduvad betooni transpordi ja pumpamise hinnad. [23]

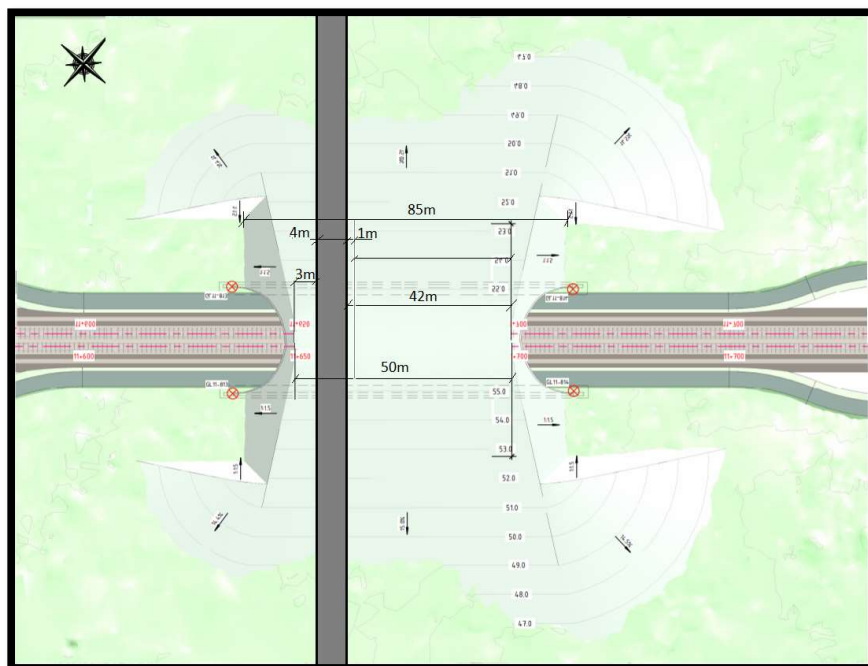
Tabel 5 Ökodukti kululoend

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Taldmik	m3	510	269.7	137547
Sein	m3	209.8	346.1	72611.78
Teraskaar	objekt	700000	1	700000
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	1950	39000
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				1019158.8



Joonis 6.21 Ökodukti planeeritav lahendus [23]

Joonis 6.22 on näidatud üks võimalikest alternatiivsest lahendusest, kuidas võiks välja näha ökodukt koos kergliiklusteega. Joonis 6.21 on koostatud/täiendatud töö koostaja poolt arvutiprogrammiga AutoCAD. Loomadele mõeldud ületusala laius antud lahenduse puhul oleks 42 meetrit ja kergliiklustee laius 4 meetrit.



Joonis 6.22 Kompaktse lahendusena ökodukt ja kergliiklustee

Tabel 6 on toodud välja alternatiivse variandi materjalide mahtude loend. Tabel 6 on koostatud eelprojektis esitatud ökodukti materjalide ning töö koostaja poolt valitud

sobiva kergliiklustee mahtude alusel. Kergliiklustee katend on valitud tihe asfaltbetoon AC 8 surf 70/100 h = 4 cm. Kergliiklustee on ümbritsetud taraga, et tagada ökoduktil segamatu liiklemine inimeste ja ulukite vahel.

Tabel 6 Mahutabel Ökodukti+ kergliiklusteega

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Taldmik	m3	510	269.7	137547
Sein	m3	209.8	346.1	72611.78
Teraskaar	m3	objekt	1	700000
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	1950	39000
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Kergliiklustee	m2	320	8.43	2697.6
Summa (km-ta)				1021856.4

Võrdlusena eelprojektis esitatud lahendust ja alternatiivsed võimalust Rail Balticu trassi ristumise lahendamisel, võiks töö teostaja arvates antud kohas kasutada alternatiivset lahendust, sest see variant on majanduslikult odavam ning teeseisund on parem, kui Joonis 6.14 näidatud eelprojektis kavandatava raudteeviadukti asukoha teeolud. Teeseisundit ja kohapeal olevat olukorda on näha Joonis 6.23 ja Joonis 6.24.

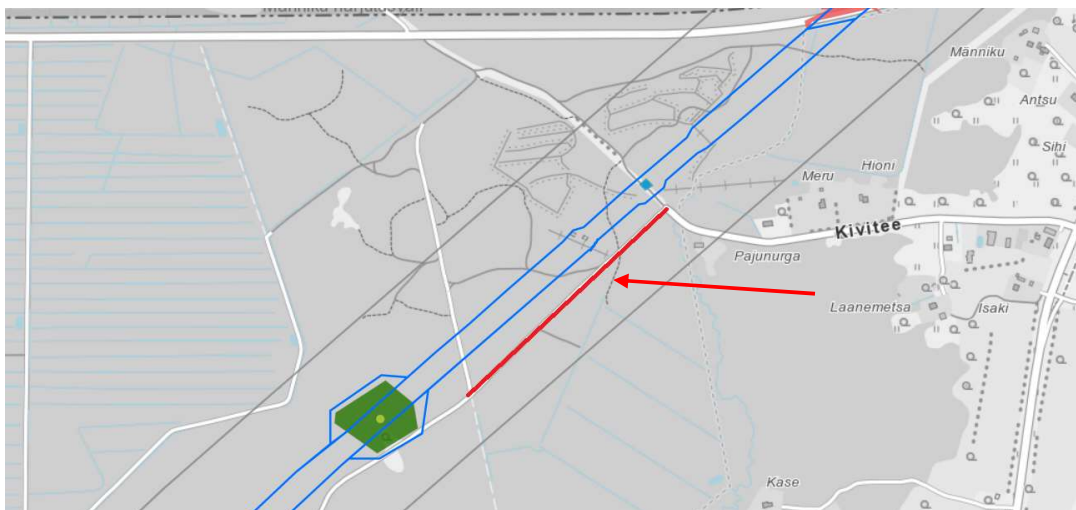


Joonis 6.23 Alternatiivse variandi metsatee [Erakogu]



Joonis 6.24 Alternatiivse variandi metsatee [Erakogu]

Joonis 6.25 on näidatud punase joonega kohalikku pinnatud Kivitee (vt Joonis 6.26) jätku, mis annaks võimaluse Joonis 6.15 näidatud alternatiivse variandi puhul metsateega ühendada ja tulevikus samuti pinnata, et parandada kergliikustee kasutusvõimalusi.



Joonis 6.25 Kohaliku Kivitee jätk (märgitud punase joonega)

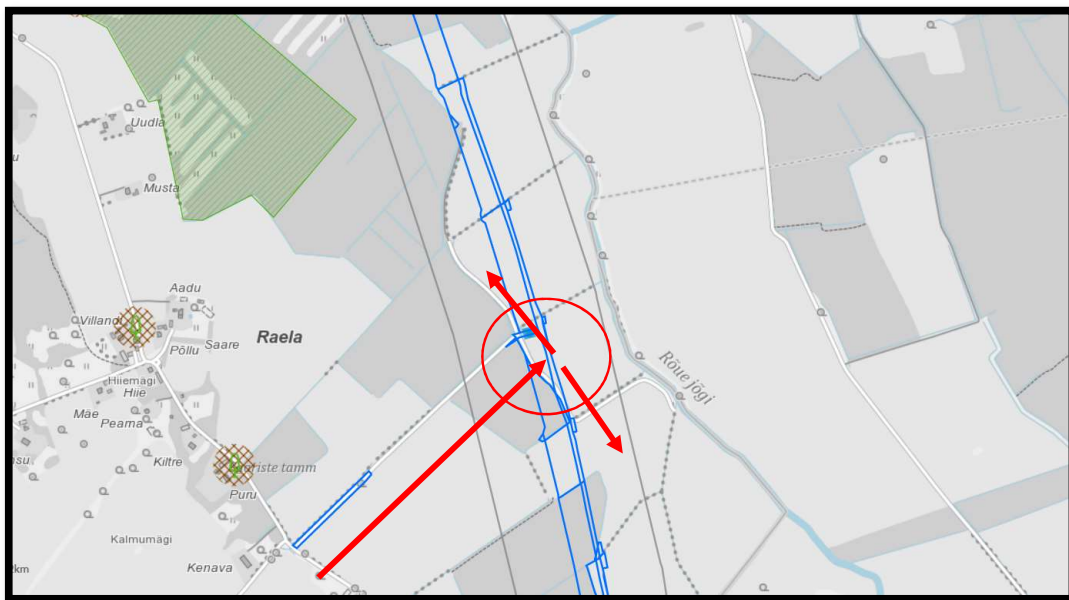


Joonis 6.26 Kohaliku Kivitee jätk

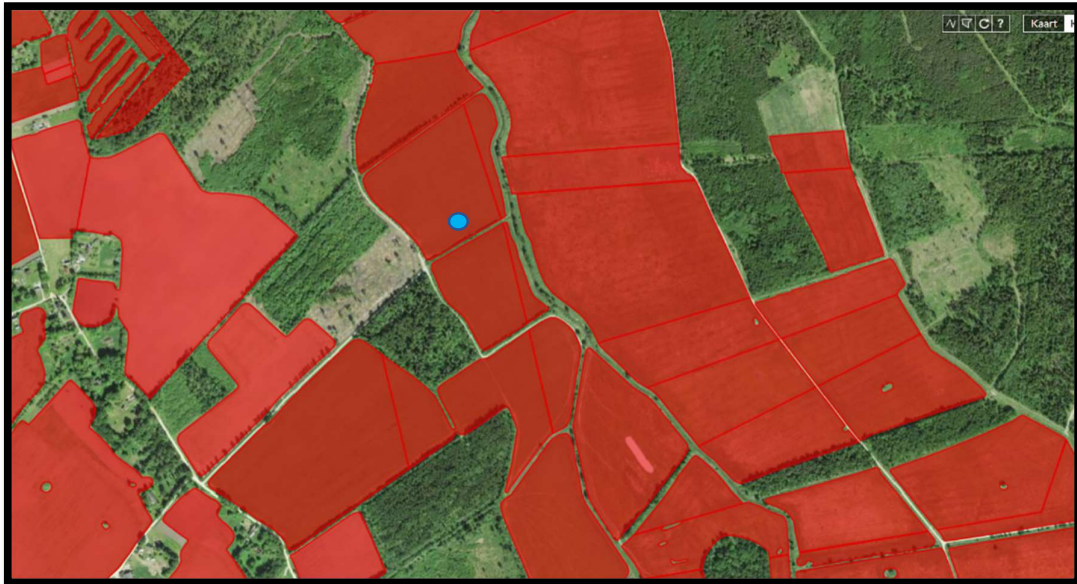
Hetkel on Rail Balticu eelprojekti tähistatud metsatee kui kergliiklustee, kuid Tallinna kaardi andmetel ei ole seal tegemist kergliiklustee, vaid metsateega. Metsatee on samuti ka töö teostaja poolt valitud alternatiivse variandi puhul. Kui võtta aluseks, et tulevikus on plaanitud rajada hetkel olemasoleva metsatee asemel kergliiklustee, siis töö teostaja arvates võiks kaaluda ka alternatiivset varianti, sest selle puhul on teeseisund parem. Arvestades, et planeeritav ökodukt hakkab asuma ca 100m kaugusel (vt Joonis 6.15 märgitud punase ringiga) teeristist ning sellel teel on teelud tunduvalt paremad, siis võidakse hakata ületamiseks kasutama ökodukti, mis omakorda tähendab lisakulutusi ökodukti hooldamisel. Sinna võib tekkida kohalike poolt sisse tallatud kergliiklustee, mis võib kahjustada ökoduktil olevat pinnasekatet, mis omakorda võib mõjutada ulukite ületamist ökoduktil. Vältimaks võimalikku inimtekkelist kergliiklusteed/ületuskohta, võiks töö teostaja arvates võimalusel ökodukti nihutada Joonis 6.15 näidatud punase ringiga asukohta ja rajada kergliiklustee ökodukti peale eraldava taraga, kaitsmaks loomadele mõeldud ületusala. [24]

6.3 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Aasu teega

Raudteeviadukt paikneb Rail Balticu raudteetrassi lõigul ja ületab Joonis 6.27 tähistatud punase ringiga Aasu teed. Viadukti pikitelg asub plaanil kõveral raadiusega 7500 m ja pikiprofiilis tasasel kaldeta lõigul. Viadukt on üheavaline (ava pikkus 14,5 m), kasuliku laiusega 11,5 m ja kogupikkusega 19,5 m. Kohalike sõnul on tegemist juurdepääsuteega põllumaale. Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Ameti kohaselt asuvad antud Rail Balticu trassi ristumise kohas põllumassiivid, mis on näidatud Joonis 6.28. Tegemist on aktiivsete põllumaadega, mida haritakse ja hooldatakse (2019.a seisuga). [20]

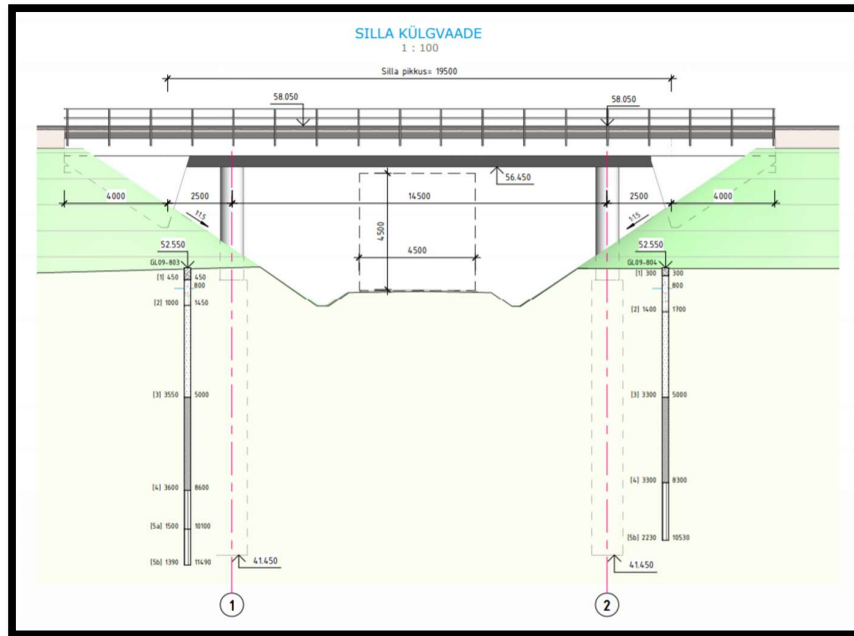


Joonis 6.27 Raudteeviadukt Aasu teel [1]



Joonis 6.28 Põllumajanduse registri ja Informatsiooni Ameti veebikaart põllumassiividest [20]

Eelprojekti andmetel on Rail Balticu raudteetrassi ristumise kohta planeeritud ehitada raudteeviadukt. Raudteeviadukti külgsaade ja mõõtmed on toodud välja Joonis 6.29. Viadukti projekteerimisel on arvestatud raudteeliikluse koormustega vastavalt standarditele EVS-EN 1991-2:2004 ja EVS-EN 1990/A1. Klassifitseeritud vertikaalkoormuste saamiseks on kasutatud tegurit $\alpha=1,0$. Joonis 6.29 on näha, et eelprojekti on projekteeritud kõrgusgabriit viadukti all 4.5 meetrit. Võttes arvesse põllumajandustehnika mõõtmeid, siis töö teostaja arvates tuleks viadukti aluse gabariidi mõõtmeid suurendada või võimalusel ehitada maanteeviadukt antud ristumiskohta. Sellepärast toob töö teostaja välja võimalikud variandid, kuidas antud Rail Balticu raudteetrassi ristumise koht lahendada nii, et ka põllumehed saaksid tulevikus probleemideta ristumiskohta ületada (vt Joonis 6.30). [25]



Joonis 6.29 Raudteeviadukt 06-BR01 [25]



Joonis 6.30 Aasu tee [Erakogu]

Raudteeviadukti kululoend

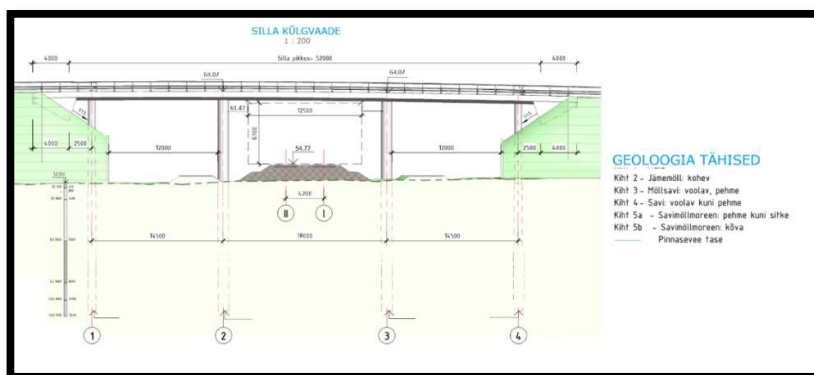
Tabel 7 raudteeviadukti üldine kululoend on koostatud töö teostaja poolt eelprojektis näidatud mahtude alusel. Materjalide hinnad on võetud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast (ilma käibemaksuta). Tabel 7 esitatud hindadel puudub betooni transpordi ja pumpamise hinnad. [19]

Tabel 7 Raudteeviadukti 06-BR01 kululoend

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib ja pealesõiduplaad	m3	575	90.6	52095
Raudbetoonist sambad	m3	575	59.2	34040
Raudbetoonist tekiplaat	m3	575	182.7	105052.5
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	300	6000
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				267187.50

Variant A

Ühe võimaliku lahendusena on raudteeviadukti asemel rajada Aasu tee ristumiskohta maanteeviadukt. Töö teostaja toob välja võimaliku ühe variandi, kuidas võiks ristumine välja näha. Töö teostaja poolt välja valitud sobiva konstruktsiooniga maanteeviadukt on näidatud Joonis 6.31. Maanteeviadukti pikkuseks on 52 meetrit. Viadukt rajatakse kõvale savimõllmoreeni kihile toetuvatele kohtvaiadele koos teenindusteedega. Vaiade rajamissügavused on esialgsed. Mõõtmed joonisel 6.30 on millimeetrites, kõrgusarvud meetrites.

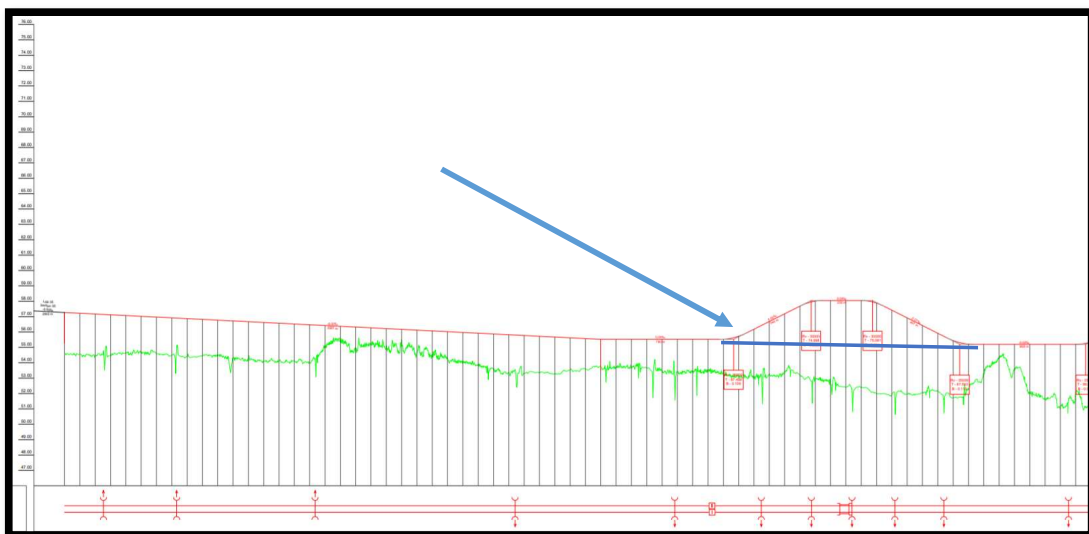


Joonis 6.31 Maanteeviadukt [25]

Maanteeviadukti eeliseks on kõrgusgabariidi puudumine, mis omakorda minimaliseerib tulevikuprobleeme põllumajandustehnikal pääsemiseks üle Rail Balticu raudteetrassi ristumiskoha. Alternatiivse variandi maksumus on toodud välja Tabel 8. Materjalide hinnad on võetud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast (ilma käibemaksuta). Tabel 8 esitatud hindadel puuduvad betooni transpordi ja pumpamise hinnad. Kui võtta võrdluse aluseks raudteeviadukti kululoend (vt Tabel 7) ja maanteeviadukti kululoend (vt Tabel 8) on näha, et raudteeviadukti rajamine on majanduslikult ligi 35% soodsam. Töö teostaja arvates võiks kahe võimaliku variandi vahel valida maanteeviadukti rajamise, sest siis ei muutuks pikiprofiil ülemäära kõrgeks (näidatud Joonis 6.32 sinise joonega).

Tabel 8 Maanteeviadukt 06-BR01 kululoend

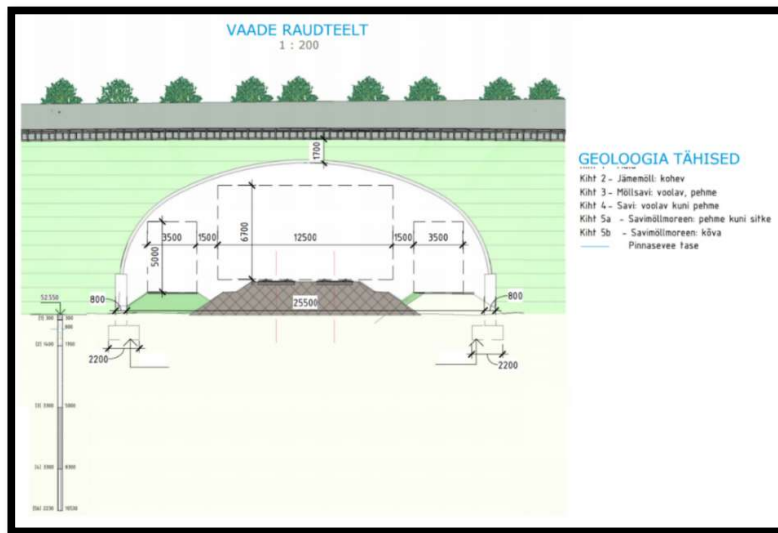
Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib ja pealesõiduplaat	m3	575	55	31625
Raudbetoonist sambad	m3	575	81.4	46805
Raudbetoonist tekiplaat	m3	575	72.4	41630
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	462	9240
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				199300.00



Joonis 6.32 Pikiprofiili muutus maanteeviadukti ehitamisel [18]

Variand B

Alternatiivse variandina analüüsib töö teostaja Rail Balticu trassi ristumisel Aasu teega võimalust ehitada terastorutunneli-tüüpi viadukt. Seda tüüpi viadukti eeliseks on kõrgusgabriidi puudumine ning kui võrrelda maanteeviaduktiga, siis terastorutunneli laius on ligikaudu 50% väiksem. Terastorutunnel koos sobivate parameetritega on toodud välja Joonis 6.33. Terastorutunnel on arvatud liikluskoormuse mudelitele LM1, LM2 ja LM3. LM3 eriveoki kogukaaluks on arvestatud 1200 kN. Tunnelis on tagatud raudteele vaba gabariit laiusega 12,5 m ja kõrgusega 6,7 m ning mõlemale poole raudteed on kavandatud hooldustee, mille vaba gabariidi laius on 3,5 m ja kõrgus 5,0 m. [26]



Joonis 6.33 Terastorutunnel [22]

Terastorutunneli kululoend on toodud välja Tabel 9 ja mahud on arvestatud töö teostaja poolt. Betooni ühiku hinnad on võetud ettevõtte Betoonimeistrid AS hinnakirjast. [19]

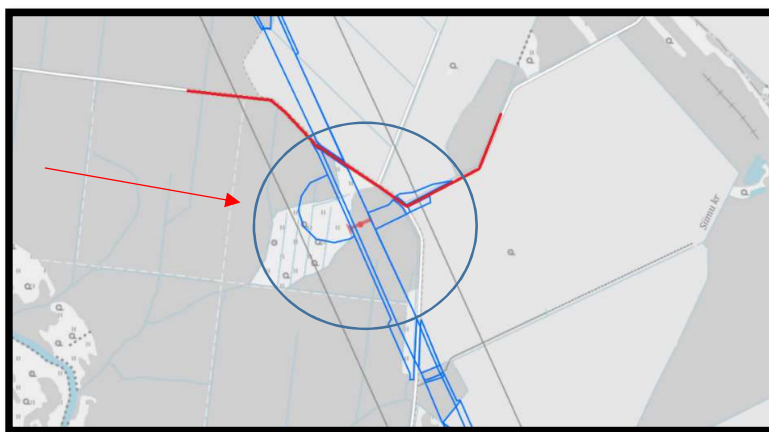
Tabel 9 Terastorutunneli kululoend

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Taldmik	m3	575	269.7	155077.5
Sein	m3	575	346.1	199007.5
Teraskaar	objekt	700000	1	700000
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m2	20	910	18200
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				1142285

Analüüsi tulemus näitab, et üldise kululoendi alusel on kõige soodsam ehitada Aasu tee ristumisel Rail Balticu raudtee trassi koridoriga Joonis 6.29 näidatud raudteeviadukt ja kõige kallim oleks Joonis 6.33 näidatud terastorutunneli-tüüpi viadukt. Kui võtta arvesse pikiprofiili tõttu muldkeha kõrguse muutumine (vt Joonis 6.32), siis kõige ebasoodsam oleks ehitada raudteeviadukt ja kõige parem variant oleks terastorutunnel, mis on maanteeviadukti (vt Joonis 6.31) muldkeha kogusest ligikaudu 30 % väiksem. Kui võtta aluseks asukoht ja seal vajalikke kõrgusgabariidi vajadusi, siis kõige sobivam lahendus antud kohta, oleks variandid, on maanteeviadukt (Joonis 6.31) ja terastorutunnel (Joonis 6.33). Üks võimalik variant oleks ka Joonis 6.29 raudteeviadukti silla alust gabariitkõrgust tõsta, kuid see oleks hetkel ajutine lahendus, arvestades tänapäeva põllutehnika gabariitmõõtmeid. Töö teostaja arvates on kõige sobivam alternatiivne variant Aasu tee Rail Balticu raudtee trassi koridori ristumise kohta terastorutunneli-tüüpi viadukt, kuna selle lahenduse puhul on täitematerjali vajadus väiksem ja puudub kõrgusgabariidi piir, mis ei tekita probleeme tulevikus kohalikele põllutehnikaga pääsemast üle raudtee.

6.4 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Kurtna teega

Eelprojektis planeeritud maanteeviadukt hakkab ületama Rail Balticu raudteetrassi. Viaduktil hakkab kulgema Tagadi tee, mis on näidatud Joonis 6.34 sinise ringiga, mille telg ristub raudtee teljega 90,0 kraadise nurga all. Viadukti pikitelg on plaanil sirge ja asub pikiprofiilis kõrveral raadiusega 1700 m. Viadukt on neljaavaline (13,0+16,0+18,0+14,5 m) ning mille ühes avas hakkab kulgema Kurtna tee, mis on näidatud Joonis 6.35. Viadukti kolmandas avas on tagatud raudteele vaba gabariit laiusega 12,5 m ja kõrgusega 6,7 m. Viadukt on arvatatud liikluskoormuse mudelitele LM1 ning LM3. LM3 eriveoki kogukaaluks on arvestatud 1200 kN. [27]

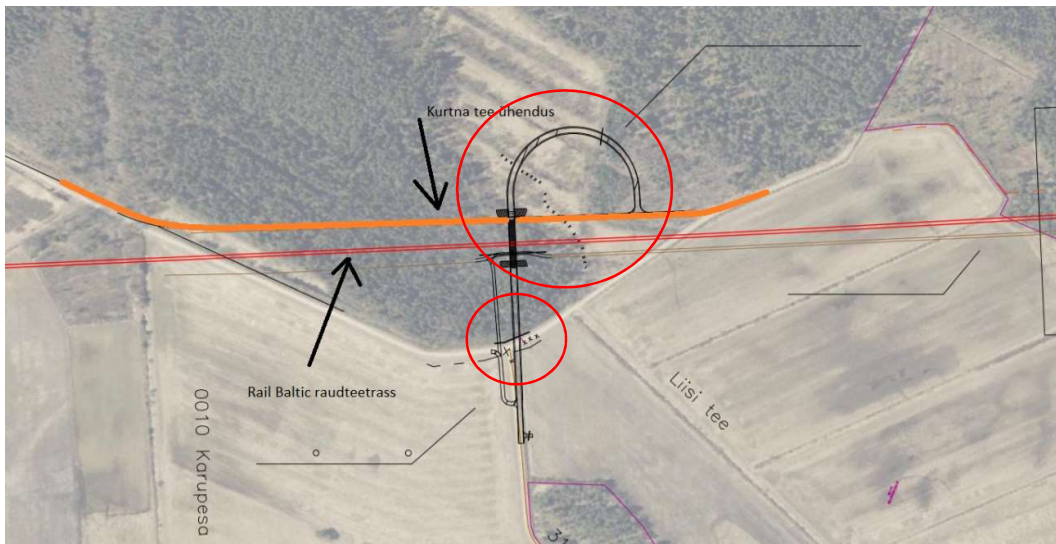


Joonis 6.34 Rail Balticu raudteetrassi ristumine Tagadi teega [1]



Joonis 6.35 Kurtina tee [Erakogu]

Eelprojekti planeeritava maanteeviadukti lahendus on näidatud Joonis 6.36. Joonis 6.36 on näha kuidas on planeeritud lahendada Kurtna tee ja Tagadi tee ühendamine. Eelprojekti andmetel tuleb ehitada ligikaudu 325-meetrine ramp, et Kurtna tee ühendada Tagadi teega. Joonis 6.36 on tähistatud punaste ringidega kohad, mille tulemusel tuleks kasutada metsa- või ümbruskonnamaad, et kasutada võimalikult maksimaalselt olemasolevat Kurtna teed ja minimaliseerida kõrvaloleva looduse kasutuspindala eelprojekti oleva lahenduse puhul. Seetõttu analüüsib töö teostaja kahte alternatiivset varianti koos kululoendite, sobiva viadukti asetuse ja muldkeha koguse võrdlusega, et leida sobivaim variant antud ristumiskohta. [27]

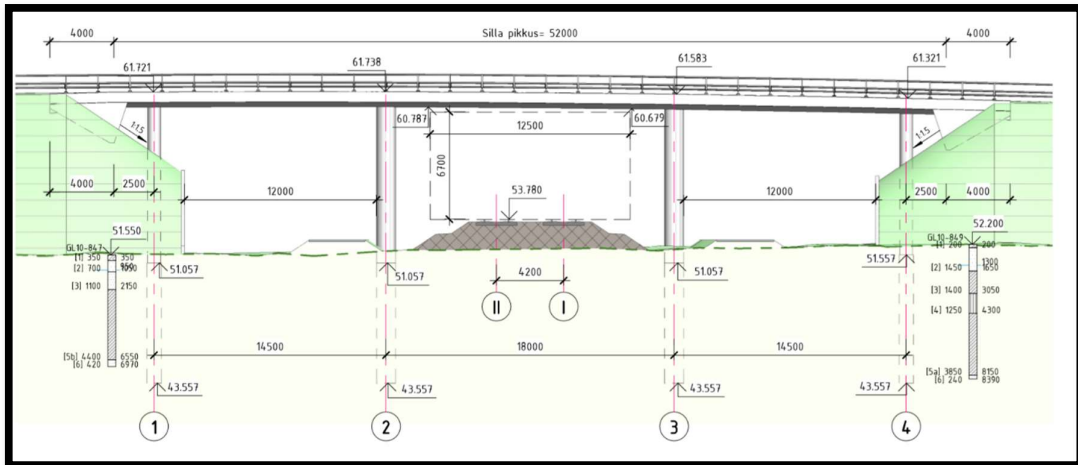


Joonis 6.36 Maanteeviadukti asukoht kaardil [30]

Eelprojekti planeeritud viadukti külgvaade on näidatud Joonis 6.37. Kuna üheks võrdluse aluseks on ka erinevate alternatiivsete variantide kululoendid, siis töö teostaja toob järgnevalt välja eelprojekti esitatud maanteeviadukti kululoendi. Viadukti kululoend on toodud välja Tabel 10. Kululoendi materjalide mahud on võetud eelprojekti. [27]

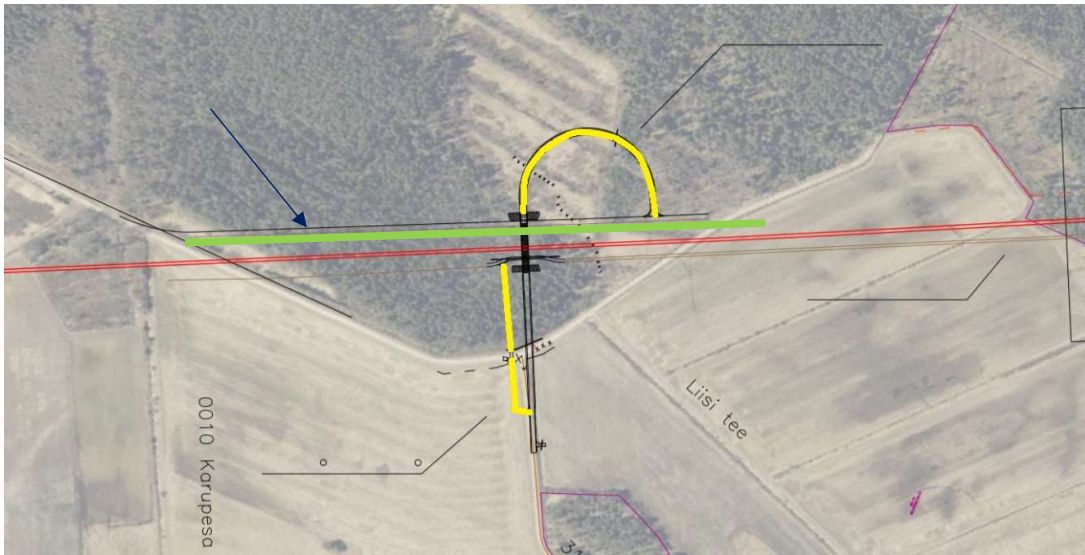
Tabel 10 Eelprojekti maanteeviadukti kululoend [30]

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib ja pealesõiduplaat	m ³	575	55	31625
Raudbetoonist sambad	m ³	575	77.3	44447.5
Raudbetoonist tekiplaat	m ³	575	274.6	157895
Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m ²	20	462	9240
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				313207.50



Joonis 6.37 Maanteeviadukti külgvaade [30]

Joonis 6.38 on näidatud kollase joonega ehitatavad teed, mis tuleks rajada koos viadukti ehitamisega. Viadukti rajamisel tuleks ehitada ligikaudu 3105 m² uut sõiduteed, et tagada liikuvus Tagadi tee ja Kurtina tee vahel. Arvutustest on jäetud välja vältimatu uue tee rajamise mahud ehk Kurtina tee ühendus (Joonis 6.38 tähistatud rohelise joonega), sest see tee jääb alles ka töö teostaja poolt analüüsitava alternatiivse variandi puhul.



Joonis 6.38 Viadukti rajamisel rajatavad lisateed [30]

Eelprojektis planeeritava viadukti muldkeha kogus on ligikaudu 36 533 ühikut. Muldkeha kogus on esitatud ühikutena, kuna arvutustel on arvestatud mahu sisse kogumaht (s.t täitepinna, katend jne) viadukti ehitusel, et anda protsentuaalne võrdlus erinevate variantide vahel. Muldkeha kujutatav kujund koos arvutamisel kasutatud tähistega on näidatud Joonis 6.39. Arvutused on väljatoodud

Tabel 11 ja

Muldkeha maht- Parem pool										
SV	(MK)	(PK)	KV= PK-MK	PKV= (PK1+PK 2)/2	PKS= X*PKV	ÄP= Y*m	KP= (PKS+ ÄP)	L	Sektsioonide maht (PKS+ÄP)*L	
m	m	m	m	m	m2	m2	m2	m	m3	
0	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9	
110	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9	
165	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9	
220	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.	
275	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9	
330	51.0 67	61.74	10.67	Kogumaht kokku m3=						20714.8

Kus SV on sektsioonide vahekaugused,

MK – maapinna kõrgus

PK - projektkõrgus

KV – kõrguste vahe,

PKV – projektkõrguste vahe keskmine,

PKS - keskosa pindala,

ÄP1 ja ÄP2 - äärepindala osad,

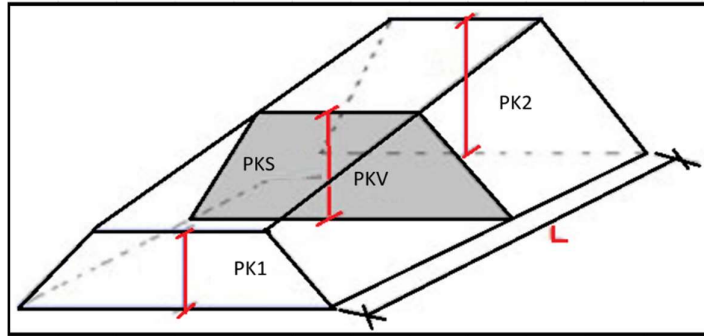
KP - kogupindala,

Y – nõlva kalle,

m - muldkeha kõrgus,

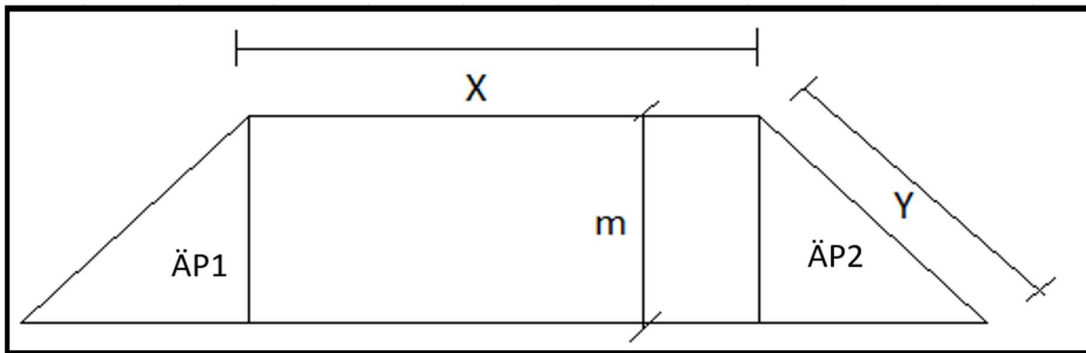
L - sektsiooni pikkused

Tabel 12. [30]

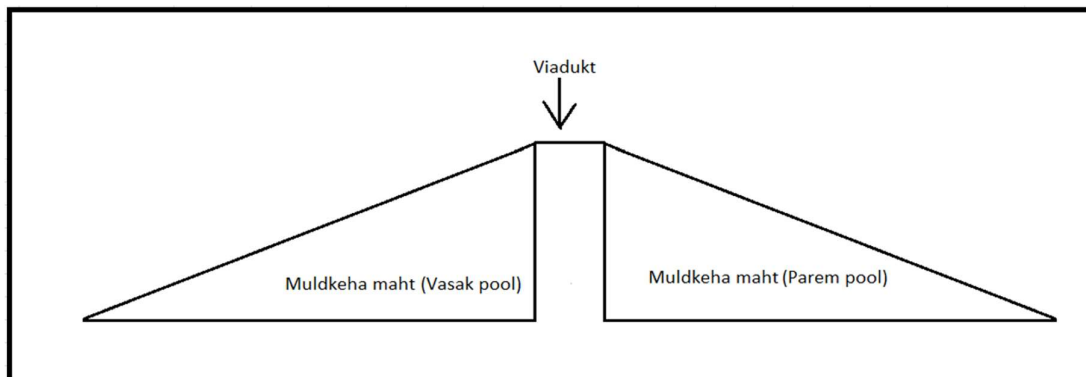


Joonis 6.39 Muldkeha kujutis [Erakogu]

Muldkeha mahu arvutamisel on võetud eelprojektist maapinna kõrguseks 51.067 m ja planeeritava viadukti projektkõrguseks 61.74 m. Viaduktis parempoolse muldkeha osa pikkus on 325 meetrit, mis on jaotatud 55-meetristeks osadeks kaldega 1/1:5 ning vasak muldkeha osa pikkuseks 252 meetrit jaotatuna 42-meetristeks osadeks. Arvutamisel kasutatavate tähiste asukoht muldkehas on väljatoodud Joonis 6.40 ja Joonis 6.41.



Joonis 6.40 Muldkeha rislõige [Erakogu]



Joonis 6.41 Muldkeha külgvaade [Erakogu]

Muldkeha maht- Parem pool

SV	(MK)	(PK)	KV= PK-MK	PKV= (PK1+PK 2)/2	PKS= X*PKV	ÄP= Y*m	KP= (PKS+ ÄP)	L	Sektsioonide maht (PKS+ÄP)*L
m	m	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m ³
0	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9
110	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9
165	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9
220	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.
275	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	55	4142.9
330	51.0 67	61.74	10.67	Kogumaht kokku				m ³ =	20714.8

Tabel 11 Mulkeha Parem poolne osa [30]

Kus SV on sektsioonide vahekaugused,

MK – maapinna kõrgus

PK - projektkõrgus

KV – kõrgustevahe,

PKV – projektkõrguste vahe keskmine,

PKS - keskosa pindala,

ÄP1 ja ÄP2 - äärepindala osad,

KP - kogupindala,

Y – nõlva kalle,

m - muldkeha kõrgus,

L - sektsiooni pikkused

Tabel 12 Muldkeha Vasak poolne osa [30]

Muldkeha maht- Vasak pool									
SV	(MK)	(PK)	KV= PK-MK	PKV= (PK1+PK2) /2	PKS= X*PKV	ÄP= Y*m	KP= (PKS +ÄP)	L	Sektsioonide maht (PKS+ÄP)*L
m	m	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m ³
0	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
84	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
126	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
168	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
210	51.0 67	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7

25	51.0	61.74	10.67	Kogumaht kokku m ³ =	15818.5
2	67				

Nagu tabelitest 11 ja 12 näha, siis muldkeha kogumaht eelprojektis väljatoodud viadukti korral on ligikaudu 36 533 ühikut. Viadukti maksumus kululoendi alusel on 313 207.50 eurot.

Järgnevalt võrreldakse alternatiivset varianti eelprojektis väljatoodud lahendusega. Võrdluse aluseks on võetud kululoend ning muldkeha mahu kogused.

Variant A

Töö teostaja poolt valitud sobiva viadukti paigutus on väljatoodud Joonis 6.42. Alternatiivse lahenduse eesmärk on kasutada maksimaalselt ära olemasolevat Kurtna teed ja samas minimaliseerida metsa kasutust viadukti ehitamisel.



Joonis 6.42 Viadukti paiknemine alternatiivse „Variant A“ korral [30]

Kuna alternatiivse lahenduse korral lõikub raudtee viaduktiga 28 kraadise nurga all, siis viadukt pikeneb ning viadukti kogupikkuseks kujuneks 150 meetrit. Alternatiivse variandi viadukti kululoend on väljatoodud Tabel 13.

Tabel 13 Maanteeviadukti kululoend [30]

Töö nimetus	Ühik	Ühikuhind	Kogus	Maksumus
Geodeetiline märkimine	objekt	5000	1	5000
Vaiatööd	objekt	35000	1	35000
Raudbetoonist tagasein, külgtiib, pealesõiduplaat	m ³	575	55	31625
Raudbetoonist sambad	m ³	575	121.3	69747.5
Raudbetoonist tekiplaat	m ³	575	548.9	315617.5

Hüdroisolatsiooni kaitsekiht, h=50 mm	m ²	20	658	13160
Muud tööd	kompl	30000	1	30000
Summa (km-ta)				500150

Kuna eelprojektis väljatoodud viadukti korral tuleks ehitada ligikaudu 325-meetrine ramp ning alternatiivse variandi korral ramp puudub, mistõttu võrreldakse muldkeha koguseid. Muldkeha koguse arvutamised on toodud välja Tabel 14 ja Tabel 15. Muldkeha pikkuseks on võetud 252 meetrit ja jaotatud 42-meetristeks osadeks.

Tabel 14 Muldkeha Parem pool [30]

Muldkeha maht - Parem pool									
SV	(MK)	(PK)	KV= PK-MK	PKV= (PK1+PK2)/ 2	PKS= X*PKV	ÄP= Y*m	KP= PKS+ÄP	L	Sektsiooni maht (PKS+ÄP)*L
m	m	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m ³
0	51.067	61.7	10.6	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
84	51.067	61.7	10.6	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
126	51.067	61.7	10.6	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
168	51.067	61.7	10.6	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
210	51.067	61.7	10.6	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
252	51.067	61.7	10.6	Kogumaht kokku m ³ =					15818.5

Tabel 15 Muldkeha Vasak pool [30]

Muldkeha maht - Vasak pool									
SV	(MK)	(PK)	KV= PK-MK	PKV= (PK1+PK2)/ 2	PKS= X*PK V	ÄP= Y*m	KP= PKS+Ä P	L	Sektsioonide maht (PKS+ÄP)*L
m	m	m	m	m	m ²	m ²	m ²	m	m ³
0	51.067	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
84	51.067	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
126	51.067	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
168	51.067	61.74	10.67	10.6	74.7	75.9	150.6	42	3163.7

21 0	51.06 7	61.7 4	10.67 3	10.67	74.7	75.9	150.6	42	3163.7
25 2	51.06 7	61.7 4	10.67	Kogumaht kokku m ³ =					15818.5

Nagu tabelitest 14 ja 15 näha, siis muldkeha kogumaht eelprojektis väljatoodud viadukti korral on ligikaudu 31637 ühikut. Viadukti maksumus kululoendi alusel on 394 955 eurot. Võrdlusena eelprojektis väljatoodud lahenduse puhul, on alternatiivse lahenduse muldkeha kogus ligikaudu 13.5 % väiksem ja kululoendi alusel 38 % kallim kui eelprojekti lahendus. Alternatiivse variandi korral paikneb viadukt kasutades maksimaalselt ära olemasolevat Tagadi teed, mis omakorda tähendab, võrrelduna eelprojektis esitatud lahenduse korral, ligikaudu 3105 m² lisatee ehitamise ära jätmist. Töö teostaja arvates võiks võimalusel kaaluda ka alternatiivset varianti, et minimaliseerida kõrvaloleva metsa kasutamist uue viadukti ehitamisel ja kasutada ära maksimaalselt olemasolevat teed.

KOKKUVÕTE

Loodav Rail Balticu projekt panustab kiirese ja moodsasse transpordilahendusse, mis annab olulist väärtust nii siseriiklikult majandusarengu kiirendajana kui ka mugavat, kiiret transpordiühendust reisijate- ja kaubaveoks. Kuna projekt on eelprojekti staadiumis tähendab see, et mitmed ristumislahendused võivad veel muutuda lisauuringute tulemusel.

Antud töös läbiviidud analüüsi tulemusena leiti Rail Balticu raudtee trassikoridoris ristumiskohad, kus võiks alternatiivse lahendusena kasutada teistsugust lahendust - Sihi teel, Kiviteel, Aasu teel ja Kurtna teel. Töös analüüsitud asukohad said valituks, kuna nendes ristumiskohtades Rail Balticu raudteetrassiga oli võimalik pakkuda välja alternatiivseid variante.

Tuginedes Rail Balticu eelprojektist ja selle koostamise staadiumis teadaolevatest andmetest, hinnati trassi koridori alternatiive tehnilise teostatavuse, trassigeomeetria, ehitusmaksumuse ja teekonna pikkusse järgi. Selleks viidi läbi kolme sihtpunkti põhiselt analüüsid ristumiskohtade alternatiivlahenduste leidmisteks. Sellegipoolest on parima alternatiivse variandi tähtsaimaks aluseks selle eesmärgipärasus – loodava Rail Balticu trassi koridori alternatiivi sobivus kiire rongiühenduse loomiseks, arvestades kohalike elanike ja ettevõtete ning looduskeskkonna olulisemate kriteeriumitega. Kuna tegemist on suure projektiga, siis tuleks mitmetele ristumiskohtadele teha täiendavad uuringud ja kaaluda ka mõnes kohas lisa ületuskoha võimaluse tekitamist.

Rail Balticu rongiühenduse loomiseks sobivaima trassi koridori asukoha väljaselgitamiseks nendes kolmes punktis Harju- ja Rapla maakonnas võrreldi trassi koridori asukoha alternatiive ning võrdlemisel selgusid järgmised tulemused:

- Võrdluse tulemusena kujunes eelistatuks Sihi tee punktis terastorutunneli tüüpi maanteeviadukt. Valiku kujundamist toetavateks kriteeriumiteks olid väiksem mõju kohalike elanike ja ettevõtete tegevusele.
- Võrdluse tulemusena kujunes eelistatuks Kivitee tee punktis kompaktse lahendusena ökoduktile rajada kergliiklustee, mis oleks majanduslikult soodsam, kuna ei pea ehitama eraldi raudteeviadukti.
- Võrdluse tulemusena kujunes eelistatuks Aasu tee punktis terastorutunneli-tüüpi maanteeviadukt. Valiku toetavaks kriteeriumiks oli põllumajandusega tegelevatele ettevõtetele sobiva lahenduse pakkumine.
- Võrdluse tulemusena kujunes eelistatuks Kurtna tee ristumises alternatiivne variant. Valiku toetavaks kriteeriumiks oli minimaliseerida metsa kasutuspiindala ja maksimeerida olemasoleva tee kasutust

Alternatiivsete variantide ettepanekud töötati välja võttes arvesse raudtee ja selle toimimiseks rajatava raudtee-infrastruktuuri olemust ja nõudeid ning trassi koridori asukoha võrdlemise etapiks teadaolevate andmete olemasolu. Samuti lähtus töö teostaja põhimõttest, et alternatiivide võrdlemine sihtkoha punktide juures annab sisulise tulemi erinevuste välja joonistumiseks erinevate alternatiivide korral. Lõpptulemusena kujundati erinevate alternatiivide valik kaalumise tulemusel kriteeriumipõhiselt. Baaskriteeriumina peeti silmas kohalike liikumisvõimalusi, ehitisi lähinaabruses, väärtuslikku maad ja miljööd, visuaalseid aspekte ning kriteeriumite lõikes hinnati alternatiivse asukoha valikul kaasneda võivaid muutuseid võrreldes olemasoleva olukorraga. Mida väikesemad olid muutused, seda eelistatum oli alternatiiv valiku kasutamise osas. Tehnilise teostatavuse osas arvestati raudtee ja raudtee ehitamiseks infrastruktuuri planeerimise eripäradega. Seega hinnati alternatiivse valiku teostatavust kavandatava rajatise (viadukt, tunnel, ökodukt), teekonna pikkuse ja ehituse keerukuse ning maksumuse eripärasid arvestades.

Töö teostaja poolseteks ettepanekuteks on teha lisauuringud ja analüüsid, et leida sobivaim lahendus, et negatiivne mõju kohalikele elanikele ja ettevõtetele oleks minimaalne.

SUMMARY

The emerging Rail Baltic project contributes to a fast and modern transport solution, which provides significant value both as an accelerator of domestic economic development as well as a convenient, fast transport connection for passenger and freight transport. The project is at the preliminary stage and this means that many intersection solutions may eventually change after further research.

As a result of the analysis performed in this thesis, the author mapped the intersections of the Rail Baltic rail corridor where a different solution could be proposed as an alternative – those were on Sihi tee, Kivi tee, Aasu tee and Kurtna tee. The locations were chosen because it was possible to offer alternative solutions to Rail Baltic at these intersections.

Based on the degree of generalization of the Rail Baltic preliminary design plan and the data known at the stage of its preparation, the route corridor alternatives were assessed based on technical feasibility, route geometry, construction cost, number of planned facilities, route length, and subsequent maintenance/cost. To this end, analyses based on three destinations were performed to find alternative solutions for intersections. The choice of the preferred route is a discretionary decision which must take into account both the components of the human and natural environment and the technical and economic characteristics. However, the most important basis for choosing the best alternative was its purposefulness - the suitability of the alternative of the Rail Baltic route corridor to create a high-speed train connection, taking into account the local residents and companies and the key criteria of the natural environment. As this is a large-scale project, further studies should be carried out at several intersections and the possibility of creating an additional crossing point should be considered in some places.

In order to determine the location of the most suitable route corridor for the construction of a Rail Baltic train connection at these three points in Harju and Rapla counties, the alternatives for the location of the route corridor were compared and the following results were obtained:

- As a result of the comparison, a steel tube type tunnel road viaduct is preferred at the Sihi tee location. The aspects that supported the selection criteria were the lower impact on local residents and businesses.
- As a result of the comparison, it is preferential to build a light traffic road on the wildlife crossing as a compact solution at the Kivi tee point. It could be economically more advantageous, as it is not necessary to build a separate railway viaduct.

- As a result of the comparison, a steel tube type tunnel road viaduct is preferred at Aasu tee. The criterion supporting the selection was to offer a suitable solution to agricultural holdings.

The proposals were developed taking into account the nature and requirements of the railway and the infrastructure needed for its operation, as well as the availability of data known at the stage of comparing the location of the route corridor. The author also proceeded from the principle that comparing the alternatives at the destination points gives a substantive result for drawing the differences in the case of different alternatives.

Eventually, the selection between different alternatives was based on weighing different criteria. The basic criteria were considered as mobility of locals, buildings in the immediate vicinity, valuable land and surroundings, visual aspects. Over the criteria, the possible changes in the choice of alternative location compared to the current situation were assessed.

The smaller the changes, the more preferred the alternative was in terms of using the option. In terms of technical feasibility, the specificities of railway and infrastructure construction for rail construction were taken into account. Thus, the feasibility of the alternative option was assessed taking into account the specificities of the proposed facility (viaduct, tunnel, wildlife crossing), the length of the itinerary and the complexity and cost of the construction.

The author proposes that additional research and analysis is needed to find the most suitable solution.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Railbaltic, „<http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?webmap=8fd2b744ae3848aeb91cf0813be8b0e9>,” [Võrgumaterjal].
- [2] Dokumendid, „<https://www.railbaltica.org/et/rail-baltica-sajandi-projekt/dokumendikogu/>,” [Võrgumaterjal].
- [3] Nõuded, „<https://www.railbaltica.org/wp-content/uploads/2020/02/Final-Report.pdf>,” [Võrgumaterjal].
- [4] Railbaltica, „<https://rbestonia.ee/>,” [Võrgumaterjal].
- [5] RB-EP-06-RD-D_Explanatory_letter, „https://www.ttja.ee/rbfiles/06/3-RD/DOC/RB-EP-06-RD-D_Explanatory_letter.pdf,” [Võrgumaterjal].
- [6] „https://www.ttja.ee/rbfiles/05/4-BR/DOC/RB-EP-05-BR-C_LISA2/Lisa_2_Draft_Technical_Specification_for_Interoperability.pdf,” [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 25 01 2020].
- [7] „Arema,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.arema.org/files/pubs/pgre/PGChapter8.pdf>.
- [8] R.bridge, „<http://etd.aau.edu.et/bitstream/handle/123456789/2061/Nuruye%20Adane.pdf?sequence=1&isAllowed=y>,” [Võrgumaterjal].
- [9] Railwaybridge, „<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/railway-bridge>,” [Võrgumaterjal].
- [10] Bridgekontakt, „https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Railway_bridge_Lachlan_River_south_of_Cowra_NSW_-_deck_.jpg,” [Võrgumaterjal].
- [11] UIC, „https://www.jindalsteelpower.com/img/media/uploads/rail_brochure.pdf,” [Võrgumaterjal].
- [12] Vossloh, „<https://www.vossloh.com/en/>,” [Võrgumaterjal].
- [13] PandrolFE, „<https://www.pandrol.com/product/fastclip-fe/>,” [Võrgumaterjal].
- [14] „https://www.ttja.ee/rbfiles/05/3-RD/DOC/RB-EP-05-RD-D_Explanatory_letter.pdf,” [Võrgumaterjal].
- [15] B70, „https://www.railone.com/fileadmin/daten/05-presse-medien/downloads/broschueren/en/ConcreteSleepers_2014_EN.pdf,” [Võrgumaterjal].
- [16] 07BR, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/07/4-BR/>,” [Võrgumaterjal].

- [17] GoogleMaps, „<https://www.google.ee/maps>,” [Võrgumaterjal].
- [18] RB-EP-06-BR-BR05-1, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/06/4-BR/PDF/RB-EP-06-BR-BR05-1.pdf>,” [Võrgumaterjal].
- [19] Batoon, „https://betoonimeister.ee/betoon/?gclid=CjwKCAjw7-P1BRA2EiwAXoPWA-EVwM62hkzFeOhxV-NjTepYzDMu559yiA-gzVOZh2E-YApvmb1VxoCcmsQAvD_BwE,” [Võrgumaterjal].
- [20] PRIA, „<https://kls.pria.ee/kaart/>,” [Võrgumaterjal].
- [21] 06-BR04, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/06/4-BR/PDF/RB-EP-06-BR-BR04.pdf>,” [Võrgumaterjal].
- [22] Teraskaarsild, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/05/4-BR/PDF/RB-EP-05-BR-BR01.pdf>,” [Võrgumaterjal].
- [23] Rviadukt, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/08/4-BR/>,” [Võrgumaterjal].
- [24] Kaart, „<http://kaart.tallinn.ee/>,” [Võrgumaterjal].
- [25] RB-EP-06-BR-BR01, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/06/4-BR/PDF/RB-EP-06-BR-BR01.pdf>,” [Võrgumaterjal].
- [26] Tunnel, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/05/>,” [Võrgumaterjal].
- [27] „<https://www.ttja.ee/>,” [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ttja.ee/rbfiles/>.
- [28] Maavaradeanalüüd, „https://rbestonia.ee/wp-content/uploads/2019/12/Rail-Baltica-maavarade-prooviv%C3%B5tud-ja-laborianal%C3%BC%C3%BCs-L%C3%95PPARUANNE-07_0.pdf,” [Võrgumaterjal].
- [29] ConcreteB70, „<https://www.railone.com/products-solutions/long-distance-and-freight-transport/ballasted-track-systems/concrete-sleepers-b70>,” [Võrgumaterjal].
- [30] KurtnaTee, „<https://www.ttja.ee/rbfiles/07/>