

# PROJEKTEERIMIS- JA AUTORIJÄRELEVALVETEENUSED UUE TALLINN-RAPLA RAUDTEELIINI EHTAMISEKS

## VIIMANE DOKUMENT – VÄÄRTUSTEHNOLLOOGIA PROJEKTI PRIORITEETNE LÕIK 3 MUUGA- SOODEVAHE MÜRATÕKKED



Co-financed by the European Union  
Connecting Europe Facility

*Ainuvastutus käesoleva väljaande eest lasub autoril.  
Euroopa Liit ei vastuta selles sisalduva teabe mistahes kasutamise eest.*

Kuupäev: 17. oktoober 2023




Dokument: RBDTD-EE-DS2-DPS3\_IDO\_ZZZZ-ZZ\_ZZZZ\_RP\_ENV-AK\_VE\_00001\_003



**Projekti nimi:** Projekteerimis- ja autorijärelevanteenused uue Tallinn-Rapla raudteeliini ehitamiseks

**Dokumendi nimetus:** RBDTD-EE-DS2-DPS3\_IDO\_ZZZZ-ZZ\_ZZZZ\_RP\_ENV-AK\_VE\_00001\_003

Ver.:	Kuupäev:	Dokumendi staatus:	Koostanud	Kontrollitud	Heaks kiitnud	Vastu võtnud
1	30.04.2020	Esitatud	Mario Torices	Jorge Bernabeu	Enrique Rico	
2	28.07.2021	Esitatud	Mario Torices	Jorge Bernabeu	Enrique Rico	
2	17.10.2023	Esitatud	Mario Torices	Jorge Bernabeu	Enrique Rico	

	Allkirjad:					
--	------------	--	---	---	---	--

## SISUKORD

1.	SISSEJUHATUS .....	4
1.1	ÜLEVAADE .....	4
1.2	LÜHENDID JA AKRONÜÜMID .....	5
1.3	SELGITUSED JA DEFINITSIOONID .....	5
1.4	STANDARDID .....	6
1.5	VIITEDOKUMENDID .....	7
2.	TEHNIKA TASE .....	8
2.1	VARASEM KOGEMUS .....	8
2.2	MÜRAHEITMETE MUDELID .....	10
2.3	MÜRATÕKETE TÜPOLOOGIAD .....	12
2.4	PROJEKTEERIMISPÕHIMÕTTED .....	16
3.	METOODIKA .....	19
3.1	VÄLJATÖÖTATUD PROTSEDUUR .....	19
3.2	ARVUTUSMUDELID .....	19
3.3	MITMES PROJEKTEERIMISJUHISES TOODUD NÕUDED JA MÄRKUSED .....	27
3.4	LIIKLUSANDMED .....	30
3.5	KAVANDATAVAD TÕKKED .....	34
4.	MULTIKRITEERIUMI ANALÜÜS .....	45
4.1	METOODIKA .....	45
4.2	1. SAMM: KRITERIUMIRÜHMAD JA RÜHMAS KRITERIUMITE KOGUMI MÄÄRATLEMINE .....	45
4.3	2. SAMM: KÕIKIDE KRITERIUMITE JAOKS ASJAKOHASTE INDIKAATORITE VÕI MÕÕDIKUTE KINDLAKSMÄÄRAMINE .....	45
4.4	3. SAMM: INDIKAATORI KAALUMISE SÜSTEEMI VÄLJATÖÖTAMINE .....	47
4.5	4. SAMM: KASULIKKUSE ARVUTUSED (NÄITAJATELE HINNETE ANDMINE) .....	48
4.6	5. SAMM: VÕRDLEMINE JA KOGUHINNE .....	51
4.7	MULTIKRITEERIUMI ANALÜÜSI JÄRELDUSED .....	52
5.	VAJALIKUD MÜRATÕKKED .....	54
5.1	ALTERNATIIVI 1B MÜRATÕKKED .....	54
5.2	TÜÜPILINE RISTLÕIGE .....	55
6.	MAJANDUSLIK ANALÜÜS .....	56
7.	JÄRELDUSED .....	57

## **LISAD**

LISA I – TUNDLIKE TSOONIDE LOETELU

LISA II – SRMII JA CNOSSOSE EKVIVALENTSUS

LISA III – 1520 mm RAUDTEELIINI LIIKLUSTIHEDUSE PROGNOOS MÜRAUURINGU  
TEOSTAMISEKS

LISA IV – MÜRAKAARTIDE ARVUTUSED

## **JOONISED**

Joonis 1. Rongist põhjustatud müraallikate asukoht (Kephalopoulos et al., 2012) .....	11
Joonis 2. Tüüp: erinevat tüüpi traaversid ja näide mürasummutuse ennustusest.....	15
Joonis 3. Tüüp: erinevat tüüpi portaalid või konksud, mis vähendavad tunneli avausest tulenevat müra .....	15
Joonis 4. Tüüp: madala kõrgusega tõke – 1 neeldumispind (kõrgus 1,0 m) .....	16
Joonis 5. Tüüp: resonaatorsüsteemide prototüübid .....	16
Joonis 6. Koormuste normväärtused $q_{lk}$ rööbasteega paralleelselt olevate vertikaalsete pindade korral .....	18
Joonis 7. CNOSSOS ja SRM meetodite võrdlus (Vergeod ja Van Leeuwen, 2018) .....	26
Joonis 8. Multikriteeriumi analüüsi sammud.....	45
Joonis 9. Tüüpiline ristlõige koos müratõketega.....	55

## **TABELID**

Table 1. Iga mudeli puhul arvestatavad tegurid (Van Leeuwen, 2000).....	11
Table 2. Maastikukategooriad ja maastiku parameetrid .....	17
Table 3. Arvutusparameetrid.....	27
Table 4. Lubatud müratase .....	29
Table 5. Rongi tüüp .....	32
Table 6. Rööbastee tüüp .....	32
Table 7. Rongide kasutatavad ajavahemikud .....	32
Table 8. Raudteeliikluse andmed (2046).....	32
Table 9. 1520 mm raudtee alates piketist 0+000–8+600.....	33
Table 10. 1520 mm raudtee alates piketist 8+600.....	33
Table 11. Maanteeliikluse andmed .....	34
Table 12. Kriteeriumid ja kaalud .....	47
Table 13. Kriteeriumite piirväärtuste avaldis .....	48
Table 14. Kvalitatiivsete hindamiskriteeriumite kaalud .....	49
Table 15. Kriteeriumite piirväärtuste avaldis .....	49
Table 16. CAPEXi kriteeriumi hinne.....	49

Table 17. Keskkonnaintegratsiooni kriteeriumi hinne .....	49
Table 18. Geomeetria kriteeriumi hinne .....	50
Table 19. Müra neeldumise kriteeriumi hinne .....	50
Table 20. Müra vähendamise kriteeriumi hinne.....	51
Table 21. OPEXi kriteeriumi hinne .....	51
Table 22. Hinne kokku .....	52
Table 23. Kaalutlused müratõkete tüübi pakkumiseks .....	53
Table 24. Alternatiivi 1b müratõkked.....	54
Table 25. Iga alternatiivi hinnanguline maksumus.....	56

# 1. SISSEJUHATUS

## 1.1 ÜLEVAADE

Käesolev dokument moodustab uue Tallinn-Rapla raudteeliini projekteerimise projekti prioriteetse lõigu 3 (DPS3) müratökete väärtustehnoloogia. Käesoleva projekti prioriteetne lõik on umbes 12 km pikk. See algab piketis km 04+100 ja lõpeb eelprojekti kohaselt lõigu 9A piketis km 16+150.

Käesoleva aruande eesmärgiks on määratleda valitud alternatiivi puhul kasutatavad tehnilised lahendused, et täita projekti prioriteetsetes lõigues müranõudeid ja hinnata nende majanduslikku mõju. Sellest tulenevalt on vajalik täpsustada valitud alternatiivi 1b tehnilise lahenduse asukoht ja omadused (tüpoloogia, geomeetria, omadused ja hind).

Käesolevas aruandes on välja toodud kõige tavalisem tehniline lahendus ja vajadus selle rakendamiseks. Kõige levinuma ja efektiivsema tehnilise lahendusena tuuakse välja müratõkked. Selle lahenduse rakendamise vajadust analüüsitakse kohalike müranõuete ja müraennustusmudeli tulemuste võrdluse abil, millega genereeritakse mürakaardid ja mis näitavad mürasurve taset erinevates punktides, võttes arvesse raudteeliikluse omadusi.

Seejärel esitame valitud trassi telgjoone alternatiivi mürauringu läbiviimiseks müraennustusmudeli ning kohalikud müranõuded. Välja on pakutud neli müratökete tüpoloogiat, millest üks on multikriteeriumi analüüsi põhjal teistest parem ja seetõttu pakutud standardlahenduseks.

Lõpuks koostatakse majanduslik analüüs, mis näitab trassi telgjoone valitud alternatiivi 1b mürameetmete majanduslikku mõju.

Müraennustusmudeliks on valitud SMRII. CNOSSOSe mudeli kaalumise tõttu on kaasatud parandustegur, mis tagab, et projektlahendus vastab mõlema meetodi nõuetele. Moodulpaneelid (kas metallist sandwich-paneelid või taaskasutatud plastist paneelid) on multikriteeriumi analüüsi järel valitud paremaks lahenduseks, mis võimaldab täita müranõudeid nii majanduslike, keskkonnavalaste kui tehniliste kriteeriumite kohaselt.

Lõpuks näitab valitud alternatiivi mürauring ekvivalentse helirõhutaseme saavutamiseks vajalike müratökete asukohta ja geomeetriat. Valitud alternatiiv 1b vajab kaheksat müratõketega lõiku, mille kogupikkus on 4170 m.



## 1.2 LÜHENDID JA AKRONÜÜMID

AHP	Analüütiline hierarhiaprotsess
AR-INTERIM-CM	Ajutise müra arvutusmeetodite kohandamine ja muutmine strateegilise kaardistamise eesmärgil
CNOSSOS-EU	Euroopa ühised müra hindamise meetodid ( <i>Common Noise Assessment Methods in Europe</i> )
KMH	Keskkonnamõju hinnang
EN	Euroopa standard
GRC	Klaasraudbetoon
HSR	Kiirraudtee
HSL	Kiirliin
MCA	Multikriteeriumi analüüs
NMT	Põhjamaade rongimüra ennustusmeetod
N/A	Ei kohaldata
SRMII	Madalmaade riiklik arvutusmeetod

## 1.3 SELGITUSED JA DEFINITSIOONID

Heli	Tervele inimesele kuuldav õhus esinevate osakeste helivibratsioon
Sagedus	Õhuosakese vibratsioonitsükli arv sekundis (Hz = herts). Sagedusspekter on pilt, mis näitab heli energiat igal erineval sagedusel või kõikidel sagedustel konkreetses sagedusribas. Kuuldava heli sagedus on umbes 16 kuni 16 000 Hz. Sellest vahemikust madalamat sagedust nimetatakse infraheliks ja üle selle ultraheliks.
Müra	Müra on soovimatu heli üldine väljend.
Keskkonnamüra	Maantee-, raudtee- ja lennuliikluse ning tööstusobjektide üksik- või kombineeritud müra
Müratase	Kindlast heliallikast kiirgava või konkreetses kohas vastuvõetud energia indikaator. Mürataset väljendatakse logaritmilisel skaalal (detsibellides - dB). Noorte tervete inimeste kuulmisläveks on müratase 0 dB. Tavaliselt on helirõhu normväärtuseks $2 \cdot 10^{-5}$ paskalit.
Detsibell (dB)	Detsibell on logaritmiline skaala. Seda võib väljendada mitme kaalutud segaduse kõveraga. Seda skaalat kasutatakse muu hulgas helirõhutasemete (ref $2 \cdot 10^{-5}$ Pa) ja helivõimsuse tasemete (ref 10–9 W) korral.

A-korrigeerimine	A-korrigeeritud helitase dB (A) võtab arvesse inimese kuulmisreaktsiooni ja seda kasutatakse keskkonnamüra mõõtmiseks. (Inimese kõrv reageerib erineva sagedusega helidele erinevalt. Kõrv „kuuleb“ antud taseme kõrgema sagedusega heli valjemana kui sama taseme madala sagedusega heli.).
Leq	Ekvivalentne müratase: see on indeks, mis kirjeldab pidevaid helitasemeid. See indeks sisaldab sama palju helienergiat kui ajutine müratase mõõteperioodi jooksul. See parameeter nõuab de väärtuse hindamiseks mõõtmiskoha täiendavaid andmeid.
Möödasõidumüra tase	Terve möödasõidu ekvivalentne tase
Maksimaalne müratase	Mürataseme kõrgeim väärtus konkreetsel perioodil, kui müratase on erineva tugevusega
Kokkupuute tase	Ldeni aasta keskmine väärtus (päev-õhtu-öö Leq), mõõdetuna või hinnatuna väljas fassaadi ees kindlal kõrgusel. Kuna kokkupuute on seotud ainult otsese heliga, tuleb mõõdetud tasemest lahutada 3 dB, kuna see oleks tüüpiline fassaadilt tagasi peegelduv heli.

#### 1.4 STANDARDID

EVS-EN 16272-1:2012	Raudteealased rakendused. Rööbastee. Müratõkked ja nendega seotud heli õhus levimist mõjutavad seadmed. Katsemeetod akustilise jõudluse määramiseks. Sisemised omadused. Heli neeldumine laboris hajutatud helivälja tingimustes
EVS-EN 16272-2:2012	Raudteealased rakendused. Rööbastee. Müratõkked ja nendega seotud heli õhus levimist mõjutavad seadmed. Katsemeetod akustilise jõudluse määramiseks. Sisemised omadused. Õhus leviva heli isolatsioon laboris hajutatud helivälja tingimustes
EVS-EN 16727-1:2018	Raudteealased rakendused. Rööbastee. Müratõkked ja nendega seotud heli õhus levimist mõjutavad seadmed. Mitteakustiline jõudlus. Osa 1: Mehaaniline jõudlus staatiliste koormuste korral. Arvutamine ja katsemeetodid
EVS-EN 16727-2-1:2018	Raudteealased rakendused. Rööbastee. Müratõkked ja nendega seotud heli õhus levimist mõjutavad seadmed. Mitteakustiline jõudlus. Osa 2-1: Mehaaniline jõudlus mööduvatest rongidest tingitud dünaamiliste koormuste korral. Katsemeetodid
EVS-EN 16727-2-2:2016	Raudteealased rakendused. Rööbastee. Müratõkked ja nendega seotud heli õhus levimist mõjutavad seadmed. Mitteakustiline jõudlus. Osa 2-2: Mehaaniline jõudlus mööduvatest rongidest tingitud dünaamiliste koormuste korral. Arvutusmeetod

EVS-EN 16727-3:2017	Raudteealased rakendused. Rööbastee. Müratökked ja nendega seotud heli õhus levimist mõjutavad seadmed. Mitteamustiline jõudlus. Osa 3: Üldised ohutus- ja keskkonnanõuded
EVS-EN 1793-1:2017	Katsemeetod akustilise jõudluse määramiseks. Osa 1: Heli neeldumise sisemised omadused
EVS-EN 1793-2:2018	Katsemeetod akustilise jõudluse määramiseks. Osa 2: Õhus leviva heli isolatsiooni sisemised omadused hajutatud helivälja tingimustes
EVS-EN 1794-1:2018	Mehaanilise jõudluse ja stabiilsuse nõuded staatiliste koormuste korral (tuulekoormus ja staatiline koormus, omakaal, kivide mõju, ohutus kokkupõrgetel, dünaamiline koormus lumekoristusest)
EVS-EN 1794-2:2011	Üldised ohutus- ja keskkonnanõuded (võsatulekahjukindlus, purunemisomadused, keskkonnakaitse, evakuaatsioonivõimalused hädaolukorras, valguse peegeldus, läbipaistvus)
EN 1991-1-4	Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 1-4: Üldkoormused. Tuulekoormus
EN 1991-2	Eurokoodeks 1: Ehituskonstruksioonide koormused. Osa 2: Sildade liikluskoormused

## 1.5 VIITEDOKUMENDID

- Craven, N., Oerti, J., Poisson, F., Flekenstein, M., Goecmen, F., Perkin, E., & Craven, N. (2016). *Railway noise in Europe - State of the art report – UIC*
- Iuell, B. (2003). *Wildlife and Traffic-a European handbook for identifying conflicts and designing solutions*. In The XXIIInd PIARC World Road CongressWorld Road Association-PIARC
- Kephalopoulos, S., Paviotti, M., & Anfosso-Lédée, F. (2012). *Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU)*
- Kotzen, B., & English, C. (2014). *Environmental noise barriers: a guide to their acoustic and visual design*. CRC Press
- Meßsysteme, W. (Software G. & C. (2003). *Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping Final Report Part A. Measurement, 1–144*
- Ringheim, M., & Nielsen, H. L. (1997). *Railway Traffic Noise: The Nordic Prediction Method (No. 524)*. Nordic Council of Ministers
- Vanhooreweder, B., Marcocci, S., & De Leo, A. (2017). *State of the Art in Managing Road Traffic Noise: Noise Barriers (No. Technical Report 2017-02)*
- Van Leeuwen, H. J. (2000). *Railway noise prediction models: A comparison. Journal of Sound and Vibration, 231(3), 975-987*
- Vergoed, T., & van Leeuwen, H. J. (2018). *Evaluation and Validation of the CNOSSOS calculation method in the Netherlands*

## 2. TEHNIKA TASE

### 2.1 VARASEM KOGEMUS

Euroopa standardid määratlevad müranõuded, millele erinevat tüüpi müraallikad peavad tundlike hoonete juures või tundlikel aladel vastama. Kuigi uute tehnoloogiasaavutuste abil on suudetud veeremi tekitatavat müra viimastel aastatel vähendada, müratase siiski suureneb pidevalt uute raudteeliinide suurte jõudlusparameetrite tõttu (Craven et al., 2016).

Teatatud on paljudest kiirliikluse tekitatavast mürast põhjustatud keskkonnamõjudest erinevat tüüpi veeremi, erinevat tüüpi löikude ja erinevate allikate ja vastuvõtjate suhteliste asukohtade osas. Müratõrjemeetmed on aga olnud põhimõtteliselt samad:

- akustiliste tõkete (nii müra neelavate kui poolneelavate paneelide) rajamine;
- maastiku muutmine raudteeliini läheduses;
- materjalide asetamine mitmele pinnale, mis suurendavad heli neeldumist müraallika lähedal (kiirrong);
- juurdepääsuvaladel linnadesse raudteeliinile maa-aluste/kaetud löikude projekteerimine või rongi kiiruse vähendamine, et muuhulgas võimalikult palju minimeerida müratõkete kasutamist.

Lisaks viitavad enamikes eeluuringutes pärast kiirraudteeliini poolt keskkonnale avaldatava akustilise mõju prognoosimist müratõrjelahenduse kohta tehtud järeldused müratõkete kasutamisele. Peamised omadused, mida müratõrjelahenduste kavandamisel arvesse võtta, on kokku võetud järgmistes punktides.

- Kuju, geomeetria ja suhteline asend allika ja vastuvõtja suhtes (kaetud küsimused: paksus, tuulekoormus, visuaalne mõju ja mõju elusloodusele jne)
- Materjali mass väljendatuna ühikus [ $\text{kg/m}^2$ ] ja pinna terviklikkus, mis on seotud müra vähendamisega (kaetud küsimused: omakaal, tsentriväline koormus jne)
- Lõigu tüüp (viadukt, kaldtee, tunneliava jne)
- Ohutusprobleemid (löögikindlus, tulekindlus, vundamendid/kinnitused jne)
- Hooldus (vastupidavus, remonditööd jne)
- Igas projektis nõutavad konkreetset omadused (muuhulgas poolläbipaistvad materjalid, painutamine, akustiline neeldumine)

Lisaks vastavad müratõkked tavaliselt järgmistele omadustele:

- kõrgused:
  - tavaliselt seab see müratõkete maksimaalseks kõrguseks 4,0 m, sest kõrgemate tõkete rajamisega kaasnevad konstruktiivsed probleemid. Seda kõrgust on ületatud ainult vajaduse korral, suurendades müratõkke kõrgust, et täita kõiki asjakohaseid müra-eeskirju;
  - viadukti puhul on müratõkke maksimaalne kõrgus 2,0. Seda kõrgust ei ületata mingi juhul, sest arvesse tuleb võtta ülekoormust ja konstruktsiooni stabiilsust.

- objekt:
  - müraennustus tõstab esile parema asukoha, kus ekraan võiks olla tõhusam, st võimalikult rööbastee lähedal, järgides samal ajal ohutusstandardeid (antud juhul jääb konstruktsioonielemendi asukoht kontaktvõrgu tugimastide taha);
  - olenevalt maastikust võib müratõkete kõige tõhusam asukoht olla raudteeliinist eemal (nt süvendi kliirensi pikiprofiili tõusu üleminek languseks);
  - müratõkete projekteerimisel võetakse arvesse avariiväljapääse. Projekteerimisel tuleb avariiväljapääsude tiheduse väljaselgitamiseks arvestada ohtlike lõikude ja käitamisvajadustega. Konservatiivselt tuleks üle 1000 m pikkuste tõkete puhul rajada avariiväljapääsud iga 500 m järele, et avarii- ja hooldustööde puhuks oleks juurdepääs mõlemale poole tõket (Vanhooreweder et al., 2017). Avariiväljapääsud koosnevad tavaliselt kattuvate piiretega vahedest. See juhik on võetud standardist EN-1794-2, milles viidatakse tunnelite direktiivile. Mõningaid müratõke ohutusaspekte käsitletakse nende sarnasuse tõttu nagu tunnelite puhul: rööbastee ümber asuval pikal müratõkkel võivad olla samasugused piirangud, mis tunnelite puhul. Tunnelis on ventilatsioon aga keerulisem kui müratõkete avatud rööbastee puhul. Seega on see kaalutus tehtud konservatiivselt.
- Tüübid:
  - **monteeritavad betoonpaneelid:** monteeritavad betoonpaneelid kui poorse betoonkattega (erineva tekstuuriga) kandeelementid suudavad pakkuda sobivat helineelduvust. Neid monteeritavaid mooduleid saab kokku panna erinevates 1 kuni 4 m kõrgustes kombinatsioonides ja neid saab kombineerida läbipaistvate elementidega nagu polükarbonaattõkked, et vähendada tõkke visuaalset mõju ja kaalu. Nende paneelide variandiks on GRC (klaasraudbetoon) moodulid, millel on sarnane kirjeldus;
  - **metallist sandwich-paneelid:** metallist sandwich-paneelid saab rajada kogu raudteeliinile, kuid tavaliselt rajatakse need peatuste ja elurajoonide lähedusse, kus heli neeldumise vajadus on palju olulisem, või viaduktidesse, kus on olulised kergekaalulised lahendused. Neid paneele saab kombineerida läbipaistvate elementidega nagu polükarbonaattõkked, et vähendada tõkke visuaalset mõju ja kaalu;
  - **PMMA paneelid:** need paneelid sobivad eriti hästi läbipaistvateks müratõketeks elamupiirkondade ümbrusesse, et vähendada nende visuaalset mõju ning nende väiksema kaalu tõttu ka viaduktiga lõikudesse. Erilist tähelepanu tuleb pöörata lindude lendamisele (tõkke läbipaistvad osad peavad olema eelnevalt kaetud vastavalt COST 341 „Elupaikade killustatus transpordinfrastruktuuri, metsloomade ja liikluse seisukohast“ projektlahendustele).

## 2.2 MÜRAHEITMETE MUDELID

Kõik riigid on aastakümnete jooksul hallanud raudteeliiklusest põhjustatud müraheitmeid oma enda müramõõtmiste põhjal ja oma ennustusmodelite väljatöötamisega, mis vastavad nende konkreetsetele vajadustele.

Kõik need mudelid on koostatud erinevatest akustiliste küsimuste vaatenurkadest ja enamik riike on kehtestanud oma ennustusstandardit mõjutavad eeskirjad, mis ei pruugi ühtida teiste riikide omadega.

Iga riiklik ennustusmudel püüab aga saavutada sarnaseid eesmärke. Selleks eesmärgiks on jõuda raudteeinfrastruktuuri ümbruses müratekke/-leviku usaldusväärse kirjelduseni.

Muuhulgas on Euroopas välja töötatud müraennustusmudelid vähemalt Austrias (Önorm S5011/ÖAL28), Taanis (Beregning af støj fra jernbaner), Prantsusmaal (NMPB/Mitra-Fer), Saksamaal (Schall 03), Hollandis (SRMII), Norras/Rootsis (NMT), Šveitsis (Semibel), Ühendkuningriigis (AEL/CRN).

Viimase 20 aasta jooksul on Euroopa Liit teinud suuri jõupingutusi ühtse ennustusmudeli standardiseerimiseks ja ühtlustamiseks, mis võimaldaks standardiseerida Euroopa elanikkonda mõjutava müra uuringuid. Selleks on tehtud mitmeid algatusi, näiteks projektid HARMONIOSE või INTERIM, millega on lõpuks jõutud CNOSSOSE ennustusmodelite väljatöötamiseni, nagu neid praegu nimetatakse.

### 2.2.1 PEAMISED SISENDID MÜRA MODELLEERIMISEKS

Ennustusmudelitel on lihtne struktuur, mis võimaldab saada tundlikes vastuvõtjates eeldatavad helirõhutasemed. Esimene tingimus on seotud müraallikaga ja teine tingimus leviku kaalutlusega.

$$L_p = L_W + \sum \Delta_{Propagation\ consideration} \quad (1)$$

Esimene tingimus: see kirjeldab kõiki olulisi tegureid, mis on seotud allika asukohaga või müraheitmete arvutamisega, sõltuvalt muuhulgas rongi tüübist, müraallika asukohast, selle käitamiskiirusest, rööbastee tüübist.

$$L_{W,total} = E_{miss\ unit} + \Delta_{speed} + \Delta_{track} + \Delta_{bridge} + \Delta_{misc} + \Delta_{directivity} + f(n^{veh}, speed) \quad (2)$$

Teine erinevus mudelite vahel seisneb selles, kuidas müraallikat arvestatakse. Rööbasteed võib vaadelda kui pidevat liiniallikat või liiniallika võib jagada segmentideks. Neid rööbasteesegmente esindavad akustiliselt eraldi hinnatud punktallikad.

Allpool (Table 1) on kokkuvõtlikult toodud, kuidas neid tegureid mudelites arvestatakse.

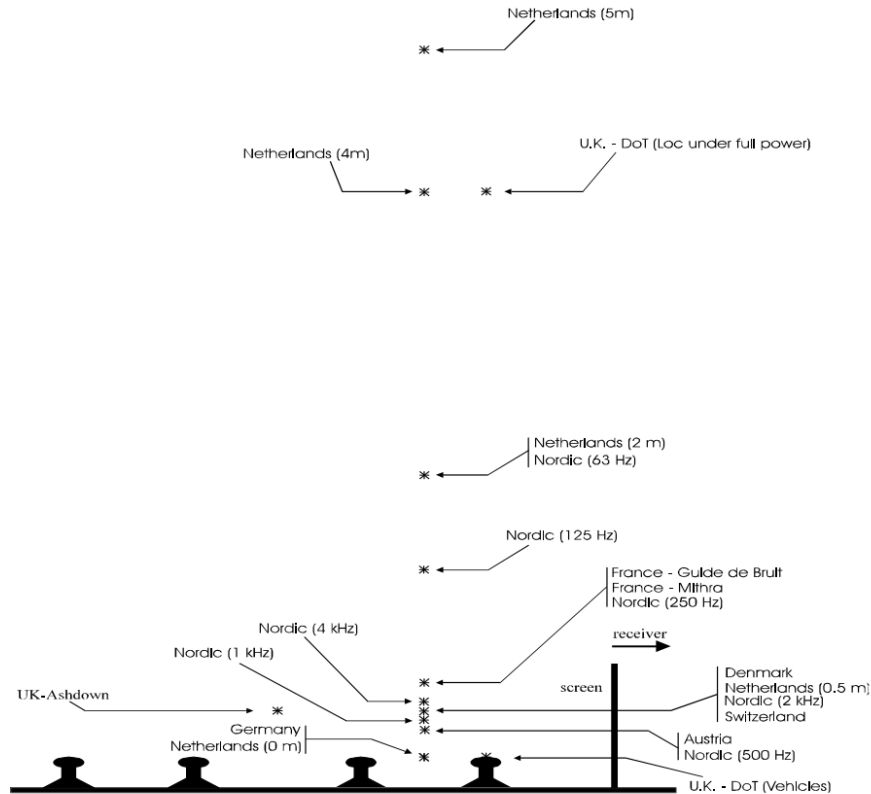
	Sagedus / dB(A)	Allika tüüp	Võrdlusrööbastee liiprid	C <sub>kiirus</sub>	C <sub>rööbastee</sub>	C <sub>sild</sub>	C <sub>DI,hor</sub>	C <sub>DI,ver</sub>	Segmendi seisund
Austria	Mõlemad	Punkt	Puit/betoon	Jah	Ei	Jah	Jah	Jah	$l_{segment} < d/3$
Taani	dB (A)	Liin	Puit/betoon	Jah	Jah	Ei	Ei	Ei	N/A (liin)
Prantsusmaa – GdB	dB (A)	Vahel	Pole kirjeldatud	Jah	Ei	Jah	Ei	Jah	N/A (liin)
Saksamaa	dB (A)	Punkt	Puit	Jah	Ei	Jah	Jah	Jah	$d/100 \leq l_{segment} \leq d/2$
Holland	Mõlemad	Punkt	Betoon	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	5°
Põhjamaad	Mõlemad	Punkt	Puit/betoon	Jah	Jah	Jah	Ei	Ei	$l_{segment} < d/2$
Šveits	dB (A)	Punkt	Puit/betoon	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	9°
Ühendkuningriik – DoT	dB (A)	Liin	Puit/betoon	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	N/A (liin)

Table 1. Iga mudeli puhul arvestatavad tegurid (Van Leeuwen, 2000)

Teine ainus erinevus ennustumudelitel vahel seisneb selles, kuhu mudel rongist põhjustatud müraallikad paigutab.

Need allika asukohad võib jagada nelja rühma (Joonis 1):

- esimene rühm esindab rööpa ja ratta kontakti ja on seega paigutatud rööpapea kõrgusele;
- teine rühm asub telje kõrgusel ja on seega paigutatud rööpapeast 0,5 meetrit kõrgemale
- kolmas rühm on paigutatud rööpapeast 0,8 meetri kõrgemale;
- neljas rühm on paigutatud rööpapeast üsna kaugemale, näiteks 2 meetri kaugusele.



Joonis 1. Rongist põhjustatud müraallikate asukoht (Kephalopoulos et al., 2012)

Teine tingimus: see kirjeldab tegureid, mis aitavad kaasa heli sumbumisele või võimendamisele müra levimise ajal. Need parandustegurid võiks kokku võtta järgmiselt:  $\Delta_{geo}$  (geomeetiline levimine),  $\Delta_{air}$  (õhus neeldumine),  $\Delta_{grnd}$  (maas neeldumine),  $\Delta_{bar}$  (vaba välja difraktsioon),  $\Delta_{refl}$  (peegeldused),  $\Delta_{met}$  (meteoroloogilised mõjud).

Geomeetrilise leviku ja õhus neeldumise tegurid näitavad müra sumbumise tavalisi mustreid tavalistes vahemikes.

Maapinda sumbumise tegureid kirjeldatakse peamiselt Parkingi ja Scholesi (1965) uuringutele tuginedes minimaalsete nüanssidega Taani või Mithra mudelites.

Ekraani sumbumine põhineb otseselt helitee pikkuse erinevusel ja Maekawa/Fresneli teoorial, välja arvatud Taani mudeli puhul. Mudelite kontseptuaalsed erinevused on tingimused, mille alusel arvutatakse ekraani sumbumine ja valitakse kasutatavad valemid. Nende mudelite puhul leitakse tundlik erinevus, eriti olukorras, kus ekraanid asuvad müra neelaval maapinnal.

Austria, Saksamaa, ISO, Mithra ja Holland kasutavad helirõhutaseme suurenemise kirjeldamiseks peegeldustegurit. Taani, Ashdowni ja DoT mudelid kasutavad pidevalt

mürataseme suurenemist ja Põhjamaade mudelis on kaugusest sõltuv peegeldussumbumine. Ülejäänud kaks mudelit peegeldust arvesse ei võta.

Austria, ISO, Hollandi ja Põhjamaade mudelid teevad arvutused allatuule tingimustes (soodsad tingimused müra levimiseks madalal kõrgusel maapinnast). Holland ja ISO kasutavad meteoroloogilist korrigeerimist, võttes arvesse nii soodsaid kui ebasoodsaid ilmastikutingimusi ning kasutavad sama valemit.

### 2.2.2 EUROOPA KONSOLIDEERITUD MÜRAMUDELID

2009. aastal otsustas Euroopa Komisjon töötada välja CNOSSOS-EU (Common NOise aSSessment MethOdS) mudeli maantee-, raudtee-, õhuliikluse ja tööstusmüra kaardistamiseks. Sellest ajast kuni praeguseni on Euroopa tööühmad töötanud eesmärgi saavutamise ja selle meetodilise raamistiku kirjeldamise nimel, mis on välja töötatud Euroopas müra strateegilisel kaardistamisel kasutatava CNOSSOS-EU protsessi arendusetapis (etapp A). See põhines tiptasemel teaduslikel, tehnilistel ja praktilistel teadmistel keskkonnamüra hindamisest Euroopas, võttes samal ajal arvesse Euroopa riikides perioodilise strateegilise müra kaardistamise käigus kantud kulude koormust.

Euroopa Komisjon töötas CNOSSOS-EU välja 2009–2012. aastatel koostöös Euroopa Keskkonnaagentuuri, Maailma Terviseorganisatsiooni Euroopa Regionaalbüroo, Euroopa Lennuohutusameti ja ELi liikmesriikide poolt nimetatud ekspertidega. Lisaks ühise müra meetodilise raamistiku väljatöötamisele on CNOSSOS-EU protsess aidanud kaasa dialoogile asjaomaste sidusrühmade vahel ning võimaldanud neil eesseisvate väljakutsete ületamiseks pidada sidet ja teha oma tegevusi sünergiliselt ühises koostööraamistikus. Hiljuti kehtestas Euroopa Liidu direktiiv 2015/996 ühised müra hindamise meetodid vastavalt Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivile 2002/49/EÜ.

Raudteeliikluse puhul nõuavad need mudelid igas riigis teatud lisauuringuid, et tagada riikliku veeremi- ja infrastruktuurielementide vastavus mudeli globaalsetele parameetritele. Need uuringud oleksid viidud läbi projekti etapis B alates 2015. aastast kuni praeguseni.

## 2.3 MÜRATÖKETE TÜPOLOOGIAD

Nagu eelnevates lõikudes kirjeldatud, piirduvad transpordinfrastruktuuriga seotud müratõrjesüsteemid elementide nagu tõkete või ekraanide rajamisega, et vältida õhus leviva müra levikut müraallikast vastuvõtjasse. Samuti on võimalik muuta müra levimisteel olevate pindade viimistlust, andes neile akustilised neeldumisomadused, mis võimaldavad vähendada heli levikut ja seeläbi mõjutatavat ala.

Selle probleemi seisukohast ei ole nende seadmete tehnoloogiline areng viimastel aastakümnetel olnud märkimisväärne, välja arvatud mõned erandid. Peamised uuringud on keskendunud erinevate materjalide kasutamisele, et parandada jäätmematerjalide taaskasutamist, jäätmete vähendamist, vastupidavust, jätkusuutlikkust jne (Kotzen & English, 2014).



Olemas on veel teine uurimissuund, mille eesmärgiks on paremate materjalide väljatöötamise asemel geometria muutmine, võttes arvesse servaeefekte ja resonantsnähtusi ning püüdes kontrollida heli difraktsiooni ja murdumist, et suurendada müratõkke taha jäävat varjuala. See uurimissuund püüab kohandada müratõrjelahendust, et vähendada konkreetset sagedusriba vastavalt müraallika häirimissagedustele.

Oluline on arvestada, et müratõrjesüsteemide uurimine ja väljatöötamine on tihedalt seotud müraallikate arenguga. Raudteeinfrastruktuuri puhul koosneb raudteeliiklus erinevat tüüpi veeremist vastavalt raudteeliini konkreetsele kasutusotstarbele, nii et teatud müratõrjelahenduste areng on seotud seda tüüpi rongida ja liiklustingimustega.

Selles mõttes on kaubaveol tekkiv müra tugevalt seotud mootorimüra ning rööpa ja ratta kontaktist tingitud müraga, samas kui kiirrongide müraallikas on kõrgemal, suurendades aerodünaamiliste mõjude tähtsust võrreldes mootorimüra või rööpa ja ratta kontaktist tingitud müraga. See nähtus on eriti oluline raudteeliinidel, kus kiirus ületab 300 km/h ja on seega üks peamisi müraallikaid. Seetõttu tuleks müratõkked projekteerida suuremate mõõtmetega, et saavutada sama tõhusus, mis on saavutatud väiksemal kiirusel sõitvate rongide puhul.

Teised uuringuid ja tehnoloogia arengut stimuleerivad mõjud võivad olla kiirrongide möödumisest tingitud (impulsiivse rõhu tekitatud) müratõkkele avalduvad aerodünaamilised koormused ja sama veeremi poolt tekitatud suvelaine mõju tunnelites. Sellistele probleemidele vastavad tehnoloogilised lahendused ei ole aga enamjaolt veel piisavalt välja töötatud. Need täiustatud lahendused kujutavad endast ainulaadseid süsteeme, mis on pigem prototüübid kui valmislahendused. Levinud praktika kasutab raudteeliini poolt tekitatava müra vähendamiseks sageli tavapäraseid lahendusi, kuid mitte vastavalt akustikanõuetele (ohutus, hind, usaldus selle tõhususe vastu jne).

### 2.3.1 MATERJALID

Müratõkete ehitamisel kasutatavate materjalide osas tehtud edusammud vastavad müratõkke konkreetse asukoha erinevatele nõuetele ja vajadustele. Antud juhul eristame akustilisi isolatsioonisüsteeme ja akustilisi neeldumissüsteeme.

Igal juhul võib mõlemasse kategooriasse lisada ühe müratõkkesüsteemi, nt taimse või gabioonide müratõrjelahenduse puhul.

#### **Müra vähendamine – heliisolatsioon**

Levinud materjalid, mida vahelepanemise teel müra leviku tõkestamiseks kasutatakse, on materjalid, mille kaal ruutmeetri kohta jääb vahemikku  $>12 \text{ kg/m}^2$  (polükarbonaat) kuni  $>160 \text{ kg/m}^2$  (8monteeritavaad betoonmoodulid) või  $\sim 18 \text{ kg/m}^2$  (metallist sandwich-paneelid) ja  $>25 \text{ kg/m}^2$  (individuaalsed haljastõkked). Arvestades nii Eesti kui teiste Euroopa riikide tavapärasest praktikast, peaks müra vähendamise indeks olema standardi EVS-EN 1793-2:2018 või tehniliselt samaväärse standardi kohaselt vähemalt klass B3 ( $\Rightarrow 24 \text{ dB}$ ). Olemas on ka kõrgem klass, kuid B3 on hea toimivuse jaoks piisav.

Peamised müratõkete ehitamises kasutatavad materjalid on järgmised:

- monteeritav betoonpaneel;
- metallist sandwich-paneel;
- polükarbonaat;
- PMMA (akrüül);
- klaas;

- puit;
- taimestik;
- GRC;
- tellised/pinnas;
- gabioonid;
- taaskasutatud plast.

### **Müra neeldumine – peegelduste vähendamine**

Tavalised materjalid, mida kasutatakse müra levimisteede läheduses olevatel pindadel, peaksid tagama kõrge neeldumisastme, eelistatavalt neeldumisteguriga üle 0,7, kuid sõltuvalt asjaoludest ja töödeldava pinnase ulatusest võib materjal olla efektiivne lahendus ka helineeldumisteguritega vahemikus 0,4–0,5 või alla selle.

Arvestades nii Eesti kui teiste Euroopa riikide tavapärasest praktikast, peaksid müratökked olema standardi EVS-EN 1793-1:2017 või tehniliselt samaväärse standardi kohaselt vähemalt klass A3 (8 kuni 11). Olemas on kaks kõrgemat klassi, kuid A3 on hea toimivuse jaoks piisav.

Peamised müratökete ehitamises kasutatavad materjalid on järgmised:

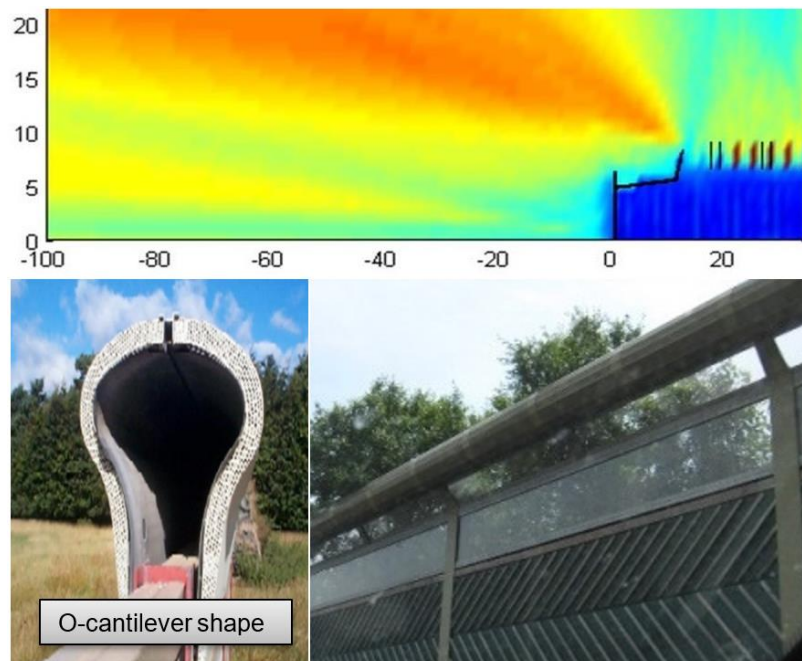
- mineraalvill;
- polüestervill;
- perforeeritud tellised/resonaatorid;
- taimestik;
- gabioonid;
- granuleeritud kumm;
- paagutatud klaas.

#### **2.3.2 GEOMEETRIAD**

Müratõrjelahenduste akustilise toimivuse tagamiseks geomeetria muutmisega seotud tehnoloogilised arengud võib rühmitada nelja kategooriasse, mis vastavad erinevatele heli levimisega seotud nähtustele.

Peamised kategooriad, mis on seotud müratökete geomeetria muutustega, võiks rühmitada järgmiselt:

- Traavers



Joonis 2. Tüüp: erinevat tüüpi traaversid ja näide mürasummutuse ennustusest

- Lükandkatused ja portaalid



Joonis 3. Tüüp: erinevat tüüpi portaalid või konksud, mis vähendavad tunneli avausest tulenevat müra

- Madala kõrgusega tõkked



Joonis 4. Tüüp: madala kõrgusega tõke – 1 neeldumispind (kõrgus 1,0 m)

- Resonaatorid



Joonis 5. Tüüp: resonaatorsüsteemide prototüübid

## 2.4 PROJEKTEERIMISPÕHIMÕTTED

### 2.4.1 TUULEKOORMUSED

Müratõkete konstruktsiooni standardiseerimine sõltub koormustest, mille järgi need tuleb projekteerida, ja nende rajamiskohtade ristlõike erinevatest võimalikest geometriatest.

Konstruktsiooni osas on kõige määravamaks teguriks erinevad geotehnilised omadused lõigus, mis nõuavad vundamentidele erinevaid lahendusi. Vundamentide konstruktsiooni mõjutavad ka müratõkete erinevad asendid, näiteks muldkeha peal või kaevise läheduses, sest need erinevad ristlõiked määravad kindlaks vundamenti sügavuse, et leida lubatud surve tõttu minimaalne nõutav ala. Müratõkete vundamentide sügavust võivad mõjutada ka muud rööbastee kõrval olevad elemendid, näiteks drenaaž, mis piiravad kasutatavat pinda.

Müratõkked tuleb projekteerida nii, et need peavad vastu kahele nendele avalduvale koormusele – mööduvatest rongidest tingitud tuulekoormusele ja aerodünaamilisele koormusele, mis võivad olla samaaegsed. Need koormused sõltuvad erinevatest teguritest nagu geomeetiline konfiguratsioon, asukoht ja ümbrus, mistõttu ei ole võimalik määrata nende koormuste esindusväärtust lõigu täispikkuses, et kõiki müratõkkeid standardiseerida. Mõnesid nendest varieeruvatest teguritest, mis neid koormusi mõjutavad, esitatakse nii, nagu need on määratletud Eurokoodeksis.

## Tuulekoormus

Tuulekoormus on määratletud Eurokoodeksi 1 osas 1-4 kui pinnale avalduv surve, mis sõltub mitmest tegurist. Mõned neist võivad olla standardiseeritud, peamiselt need, mis sõltuvad rajatise tüübist ja kujust, sest need on kogu lõigu ulatuses muutumatud, kuid teised sõltuvad asukohast ja ümbruse omadustest, mistõttu ei saa neid standardiseerida.

Rajatisele või konstruktsioonielemendile avalduva tuulejõu  $F_w$  võib määrata otse järgmise avaldise abil:

$$F_w = c_s c_d * c_f * q_p(Z_e) * A_{ref} \quad (3)$$

kus:

$c_s c_d$  on struktuurne tegur;

$c_f$  on rajatise või konstruktsioonielemendi jõukoefitsient;

$q_p(Z_e)$  on tippkiirusel rõhk võrdluskõrgusel ( $Z_e$ );

$A_{ref}$  on rajatise või konstruktsioonielemendi võrdlusala.

Tippkiirusel rõhk on muutuja, millel on kõige rohkem tegureid, mis sõltuvad asukohast ja ümbrusest:

- tuule põhikiirus – seotud rajatise asukohaga;
- kõrgus üle maastiku pinna;
- maastiku ebatasasus, mille tulemuseks on järgmised kategooriad (Table 2):

	Maastiku kategooria	$Z_0$	$Z_{min}$
0	Meri või merele avatud rannikupiirkond	0,003	1
I	Järved või vähese taimestiku ja ilma takistusteta lame ja horisontaalne ala	0,01	1
II	Madala taimestikuga ala, näiteks rohu ja isoleeritud takistustega (puud, hooned), kus vahekaugus on vähemalt 20 takistuse kõrgust	0,05	2
III	Regulaarse taimkatte või hoonetega või isoleeritud takistustega ala, kus vahekaugus on maksimaalselt 20 takistuse kõrgust (näiteks külad, äärelinna maastik, püsimets)	0,3	5
IV	Ala, kus vähemalt 15% pinnast katavad hooned ja nende keskmine kõrgus ületab 15 m	1,0	10

Table 2. Maastikukategooriad ja maastiku parameetrid

- turbulentsi intensiivsus. Turbulentsi intensiivsus  $I_v(z)$  on määratletud kõrgusel  $z$  kui turbulentsi standardhälve jagatuna keskmise tuulekiirusega;
- orograafia koefitsient. Kui tuulekiirus suureneb orograafia (nt mägi, künkad jne) tõttu rohkem kui 5%, tuleb selle mõjusid arvesse võtta orograafiategurit kasutades  $c_o$ .

## Mööduvast rongist põhjustatud aerodünaamiline koormus

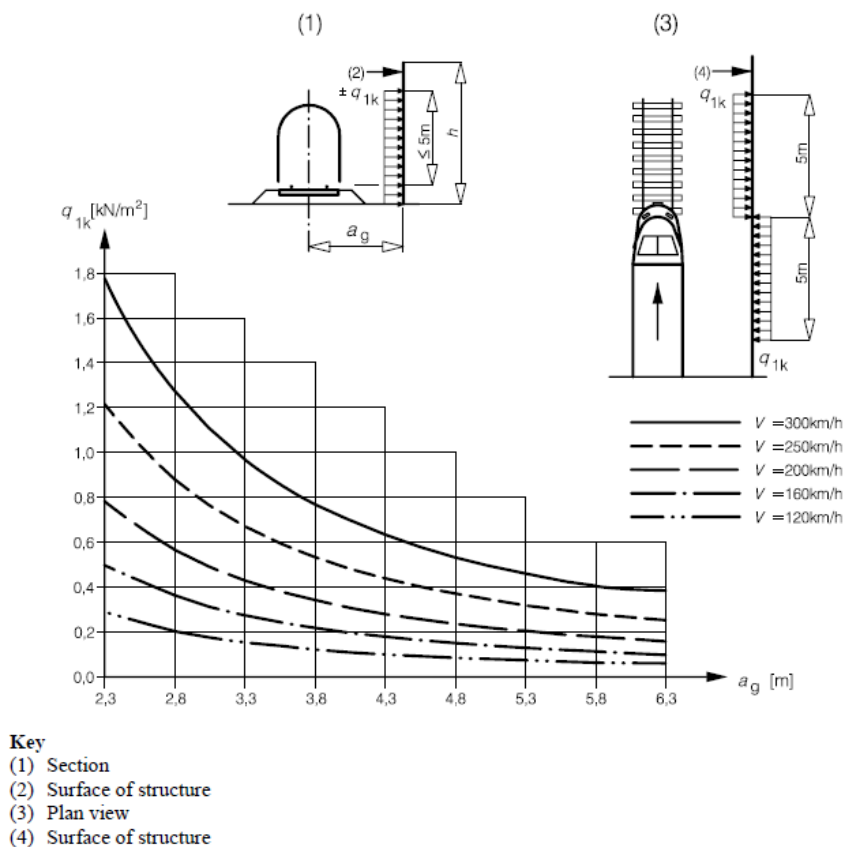
Mööduvast rongist tingitud aerodünaamiline toime on määratletud Eurokoodeksi 1 osa 2 lõikes 6.6 järgmiselt. See koormus nagu ka tuulekoormus sõltub teguritest, milledest mõned on võimalik standardiseerida, peamiselt need, mis sõltuvad rajatise tüübist ja kujust, sest need on kogu lõigu ulatuses muutumatud, kuid teised sõltuvad asukohast ja ümbruse omadustest ja seetõttu ei saa neid standardiseerida.

Mööduvatest rongidest tingitud aerodünaamiliste koormustega tuleb raudteega külgnevate rajatiste projekteerimisel arvestada.

Raudteeliikluse möödumine põhjustab rööbastee läheduses asuvale mistahes rajatisele liikuva vahelduva rõhu ja imemise laine. Selle koormuse ulatus sõltub peamiselt:

- rongi kiiruse ruudust;
- rongi aerodünaamilisest kujust;
- ehitise kujust;
- rajatise asukohast, eelkõige sõiduki ja rajatise vahelisest kaugusest.

Järgmisel graafikul on näidatud, kuidas müratõkke kõrgus ja kaugus rööbasteest, samuti rongi kiirus mõjutab nende avalduvat aerodünaamilist rõhku. Graafikul (Joonis 6) on näidatud, millises suunas rõhk sõltuvalt rongi asendist mõjub.



Joonis 6. Koormuste normväärtused  $q_{1k}$  rööbasteega paralleelselt olevate vertikaalsete pindade korral

### 3. METOODIKA

#### 3.1 VÄLJATÖÖTATUD PROTSEDUUR

Nagu varem mainitud, analüüsitakse vajadust müratökete järele kohalike müranõuete ja müraennustusmudeli tulemuste võrdlemise abil. Seetõttu määratletakse kõigepealt kasutatav müraennustusmudel ja kohalikud müranõuded. Seejärel uuritakse järgmise skeemi abil vajadust müratõkke järele:

1. **Tundlike hoonete ja piirkondade tuvastamine:** piirkondade tuvastamine, mida raudteemüra võib mõjutada (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Nendeks peetakse olemasolevaid ehitisi ja potentsiaalseid elamupiirkondi (arvestades maakasutust) kogu potentsiaalselt mõjutatud tsoonis asuva pinnaga (300 m välimise rööbastee keskjoonest mõlemal pool raudteed).
2. **Kolme alternatiivi kaalumine:** trassi telgjoone alternatiivide hindamiseks müramõju seisukohast hinnatakse eelprojekti, alternatiivi 1 ja alternatiivi 2.
3. **Müramudeli prognoos iga alternatiivi jaoks:** iga alternatiivi jaoks koostatakse müramudel, võttes arvesse raudtee- ja maanteeliikluse sisendit, geomeetriat, orograafiat, materjale ja muid omadusi.
4. **Müra mõju hindamine:** eelnevalt koostatud mudeli abil määratakse tundlikele hoonetele ja piirkondadele avalduv mürasurvetase.
5. **Potentsiaalsed vajalikud müratõkked:** koostatakse tekitatavate helirõhutasemete ja kohalike müranõuete võrdlus. Selle künnise ületamisel võetakse kasutusele müra leevendamise lahendus (müratõkked), kuni müratase vastab nõuetele. Lõpuks määratakse igal trassi telgjoonel vajalikud müratõkked.

#### 3.2 ARVUTUSMUDELID

Eelmise keskkonnamõju hindamise väljatöötamise ajal kasutati NTM müra hindamise mudelit. Nagu eespool selgitatud, on CNOSSOS-EU eesmärk muuhulgas olla sarnane ülemaailmsele ja võrdlusmudelile. Selle koostamisel on arvestatud erinevate Euroopa mudelite peamisi kaalutlusi. Selle mudeli puhul tuleb siiski kohandada riikliku veeremi ja taristuelemente selle standardparameetritega ja Eesti valitsus ei ole vastavate kohalike uuringute tulemusi veel avaldanud. Sellest tulenevalt võib mudeli täpsus Eesti lõikudes olla madalam kui teistes riikides, kus need parameetrid juba kehtivad. Seetõttu rakendatakse ebatäpsuse vältimiseks SRMII ennustusmudelit, mida EL endiselt soovib kasutada.

Nagu Tim Vergoed (2018) on avaldanud, näitab CNOSSOSe mudel tavaliselt kõrgemaid müraga kokkupuutumise tasemeid kui SRMII, seega tehakse müratökete arvutused konservatiivsemal viisil. Seetõttu kasutatakse müra ennustamise meetodikas korrigeerivat tegurit, mis võimaldab võtta arvesse SRMII ja CNOSSOSe vahelisi erinevusi. Seega on võimalik tagada, et projektlahendus vastab mõlema meetodi nõuetele, kui Eesti valitsus avaldab pärast projekti väljatöötamist kohaliku teabe. (Lisa II – SRMII ja CNOSSOSe ekvivalentsus)

Sarnase lähenemisviisi ja nende meetodite ühilduvuse tutvustamiseks on allpool esitatud selle põhimõtted. Esiteks tutvustatakse juba kasutatud meetodit. Seejärel kirjeldatakse kasutatavat meetodit, CNOSSOSe peamisi põhimõtteid ning SRMII ja CNOSSOSe vahelist korrigeerivat tegurit.

### 3.2.1 PÕHJAMAAD RONGIMÜRA ENNUSTUSMEETOD (NTM)

#### **Kokkuvõte**

Eelmises etapis kasutati müra hindamiseks Põhjamaade rongimüra ennustusmeetodit (NMT). Kasutatud versioon valmis 1996. aastal ja põhines Norras, Rootsis, Soomes, Taanis ja teistes riikides pärast esimese versiooni avaldamist tehtud töö. Seda meetodit saab kasutada raudteede ja muud tüüpi rööbasteede transiidisüsteemide läheduses asuva välismüra taseme arvutamiseks ( Ringheim ja Nielsen, 1997) .

#### **Põhiprintsiibid**

Teatud vastuvõtja asukohas saadud müratasemed sõltuvad kolmest peamisest tegurist:

- allikas (liiklus, ratta/rööpa hooldustööd ja töötingimused);
- topograafia;
- vastuvõtja asukoht.

Põhjamaade ennustusmeetod sisaldab võimalust korrigeerida selle ja muude mõjude lähtetasemeid, kui need muutuvad kättesaadavaks. Meetodis sisalduv lähtetaseme andmebaas põhineb Põhjamaades läbi viidud üsna suurest hulgast mõõtmistest saadud energia keskmistel tasemetel.

Seda meetodit saab kasutada individuaalset mööduvate rongide pideva ekvivalentse helirõhutaseme  $L_{eqT}$  ja maksimaalse helirõhutaseme  $L_{max}$  arvutamiseks. See hõlmab ainult õhus levivat müra ja seda saab kasutada igat tüüpi raudteega seotud sõidukite jaoks.

NMT-s kirjeldatakse müraallikaid (kogu liiklus või individuaalsed rongid) helivõimsuse taseme abil rööpmeühiku kohta, et arvutada ekvivalentne helirõhutase  $L_{eqT}$  ja rongi pikkuse ühiku kohta  $L_{max}$ . Rööbastee ja rong jagunevad elementideks ja neid käsitletakse punktallikatena. Punktallikale määratakse rööpapea kohal asuv kõrgus, mis sõltub sagedusest.

Peamiste heli levimise mõjud on kauguse, õhus neeldumise, maapinna ja ekraanide mõjud. Kõik arvutused tehakse oktaaviribades 63–4000 Hz, iga müraallika elemendi kohta kordamööda. Mitmete müraallika elementide panus lisatakse vastuvõtja positsioonis.

### 3.2.2 SRMII

#### **Kokkuvõte**

Pärast Euroopa Parlamendi ja nõukogu 25. juuni 2002. aasta direktiivi 2002/49/EÜ avaldamist andis Madalmaade ministeerium välja uue Madalmaade raudteearvutusmeetodi ja järgnevalt on seda ajakohastatud 2006., 2009. ja 2012. aastal. Euroopa Liit soovib kasutada SRMIId, mis põhineb Madalmaade raudteearvutusmeetodil (Meßsysteme, 2003).

2003. aastal avaldatud dokumenti „Ajutiste müraarvestusmeetodite kohandamine ja muutmine strateegilise müra kaardistamise eesmärgil” (Adaptation and revision of the interim noise computation methods for the purpose of strategic noise mapping AR-INTERIM-CM)) tuntakse kui Madalmaade müraheite mudelit ja seda saab kasutada kõigis Euroopa liikmesriikides järgmistel põhjustel.

- Vaikeandmebaas sisaldab piisavalt suurt hulka näiteid Madalmaade ja mitte-Madalmaade veeremi kohta Madalmaade rööbasteedel, et toimida kasuliku juhisenäiteid riiklike



müraheitkoguste andmete kohandamisel või rongide määramisel olemasolevatesse klassidesse.

- Müraheite mudel ei ole piiratud ainult Madalmaade riiklike parameetritega. Tegelikult võimaldab sellega kaasnev mõõtmismeetod tõhusalt igal ELi liikmesriigil arvutada oma andmeid olemasoleva Madalmaade müraheitmemudelit kasutades.
- Vaikeandmebaasi saab ja tuleb asendada täpsemate riiklike andmetega. Üleeuroopalise andmebaasi loomine eeldaks kõigi liikmesriikide vastutavate asutuste ja erarongioperaatorite koostööd. Riikide veeremi ja raudtee erinevused ning kummagi kohta kättesaadav teave on praegu liikmesriigiti väga erinevad ja jäävad tõenäoliselt erinevaks.

Lisaks muudeti müraheite mudelit, et võimaldada mitte-Madalmaade veeremi lisamine mitte-Madalmaade rööbasteedele.

### **Põhiprintsiibid**

SRMII arvutab ekvivalentse mürataseme ja selle kasutamist soovitatakse müra strateegiliseks kaardistamiseks. Helivõimsuse taseme nõuetekohaseks määramiseks on Madalmaade raudteeliikluse müra kohustuslik arvutuskava kohaselt vaja olukorra kirjeldust, mis peab sisaldama järgmist:

- takistused nagu hooned või müratõkked;
- vastuvõtjad;
- rööbastee tüüp;
- mööduvate rongide arv ja tüüp;
- rongide sõidukiirus;
- pidurdustoimingud;
- heli summutavad pinnad;
- osake rööbastee ja vaateleja vahelise maapinnast, mis summutab heli;
- muud pinnad.

### **Arvutusprotseduur**

#### Rongide kui müraallikate modelleerimine

Esiteks määratleb SRM II joonallika. Heliheidet kirjeldatakse kui oktaavriba (keskribasagedused 63–8000 Hz) helivõimsuse tase  $L_E$  detsibellides. Kui rööbastee, veeremi või sõidutingimuste omadused sõltuvad asukohast rööbasteel, määratletakse erinevad sirged rööbastee lõigud nende välimiste punktide asendi järgi.

Teiseks klassifitseeritakse SRM II mudelis raudteeveeremid mitmesse kategooriasse. Enne ekvivalentse pideva helirõhutaseme arvutamist jagatakse kõik sõidukid, mis kasutavad kindlaksmääratud raudteeliini ja järgivad asjakohaseid teenindusjuhiseid, kümnesse raudteesõiduki kategooriasse. Neid eristatakse peamiselt käitursüsteemi ja rattapidurisüsteemi järgi.

Üks element mistahes kategooriast määrab heliheite. Veetavate rongide puhul

käsitletakse vedureid ja vaguneid eraldi elementidena. Integreeritud rongide puhul tuleks ühendatud seksioone käsitleda ühe elemendina.

Vastasel juhul määratakse heiteväärtused oktaavriba kohta viie erineva heliallika kõrguse jaoks: rööpapea tasemel, 0,5 m rööpapeast kõrgemal, 2 m rööpapeast kõrgemal, 4 m rööpapeast kõrgemal ja 5 m rööpapeast kõrgemal. Kõigil rongikategooriatel ei ole siiski igal kõrgusel domineerivat heidet. Täpsemalt öeldes on kiirrongidel olulised müraallika tasemed suurematel

kõrgustel. Väiksema kiirusega sõidukite korral saab heiteväärtused suurematel kõrgustel seada nulliks.

Pealegi kasutatakse heiteväärtuse määramiseks heliallika taseme kohta raudteesõidukite kategooriaid. Heitete on samaaegselt standardiseeritud, sõltuvalt rööbastee tüübist ja raudteerööbaste seisukorrast.

#### Allika helivõimsuse tasemed

Igasuguse sõidukikategooria ja rööbastee tüübi kombinatsiooni korral sõltub SWL sõiduki kiirusest oktaavriba kohta:

$$F_{c,t} = a_c + b_c * \log_{10}(V_c) + 10 * \log_{10}(Q_c) + C_{tr,c,t} \quad (4)$$

Kus:

- $v$  on sõiduki kiirus;
- $Q$  on sõidukite voog tunnis;
- $C_{tr}$  on rööbastee korrektsioon;
- $c$  on sõidukikategooria indeks;
- $t$  on rööbastee tüübi indeks;
- $a_c$  ja  $b_c$  on heitmete standardväärtused vastavas kategoorias.

Pärast erinevate rongikategooriate heitkoguste iseloomustamist arvutatakse

kogu raudteeliini heitkogus, võttes arvesse erinevate rongikategooriate möödasõitu (arvestades, et kõigil rongikategooriatel ei ole heliallikaid igas kõrguses) ja erinevate tingimuste läbimist (pidurdamine või mittepidurdamine).

$$L_{E,i}^h = 10 * \log\left(\sum_{c=1}^n 10^{E_{nb,i,c}^h/10} + \sum_{c=1}^n 10^{E_{br,i,c}^h/10}\right) \quad (5)$$

kus  $h = as$  (0 m),  $bs$  (0,5 m), 2 m, 4 m ja 5 m ning iga rongikategooria heide erinevatel kõrgustel.

Oluline on märkida, et eeldatavasti määratakse iga lõigu heitkoguste väärtus ja müraallikate arv määratletakse vastuvõtupunkti asukoha funktsioonina.

Vastasel juhul arvutatakse ekvivalentne helitase  $L_{Aeq}$  dB (A) järgmiselt:

$$L_{Aeq} = 10 * \log\left(\sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10}\right) \quad (6)$$

kus  $\Delta L_{eq,i,j,n}$  määrab sektori (indeksikood  $j$ ) ja lähtepunkti (indeksikood  $n$ ) panuse oktaavribas (indeksikood  $i$ ).

$\Delta L_{eq,i,j,n}$  sisaldab järgmisi väärtusi:

$$\Delta L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58.6 \quad (7)$$

kus:

- $L_E$  heitkoguse väärtus allika tüübi ja oktaaviriba kohta;
- $\Delta L_{GU}$  sumbumine vahemaa tõttu;
- $\Delta L_{OD}$  sumbumine levimise tõttu;

- $\Delta L_{SW}$  varjestamisefekt, kui see on olemas;
- $\Delta L_R$  peegeldustest tingitud sumbumine, kui see on olemas.

mida selgitatakse järgmises punktis.

### Heli levimine

Nagu punktis 2.2.1 selgitatud, on ennustusmudelitel termin tegurite kohta, mis aitavad helirõhutaset levimise ajal summutada või suurendada. SRM II sisaldab ülaltoodud tegureid ja need määratakse järgmiselt.

- Sumbumine vahemaa tõttu

Geomeetrilise levimisteguri arvutamiseks on vaja järgmisi andmeid:

- $r$  kaugus allikast vastuvõtjani, mõõdetuna piki kõige lühemat ühendusjoont [m];
- $v$  sektori piirkonna ja lähtejoone lõigu vaheline nurk [kraadides];
- $\varphi$  sektori avanemisnurk [kraadides].

Arvutamine  $\Delta L_{GU}$  toimub järgmiselt:

$$\Delta L_{GU} = 10 * \text{Log} \frac{\varphi * \sin v}{r} \quad (8)$$

- Sumbumine levimise tõttu  $\Delta L_{OD}$

Sumbumised edastusteel  $\Delta L_{OD}$  koosnevad järgmistest teguritest:

$$\Delta L_{OD} = DL + DB + CM \quad (9)$$

kus

- DL sumbumine õhus. DL arvutamiseks on vaja teada allika ja vastuvõtja vahelist kaugust, mõõdetuna mööda kõige lühemat ühendusjoont [m].
- DB sumbumine maapinnas. Maapinnas sumbumise DB määramisel jagatakse horisontaalselt mõõdetud kaugus allika ja vastuvõtupunkti vahel (sümbol  $r_0$ ) kolmeks alaks: lähteala, hindamisala ja keskmine ala. Lähteala pikkus on 15 m ja hindamisala pikkus 70 m. Allika ja vastuvõtupunkti vahelise kauguse  $r_0$  järelejäänud osa moodustab keskmine ala.
- CM meteoroloogiline parandustegur. Meetod eeldab, et heli levimiseks on soodsad meteoroloogilised tingimused. Kuna neid tingimusi ei esine püsivalt, rakendatakse meteoroloogilist korrigeerimist järgmiselt:

$$C_{met} = [C_0 \left(1 - 10 \frac{h_s + h_r}{d_p}\right); 0] \quad (10)$$

- $h_s$  on müraallika kõrgus allika piirkonna maapinna keskmise kõrguse suhtes;
- $h_r$  on vastuvõtja kõrgus vastuvõtja piirkonna maapinna keskmise kõrguse suhtes;
- $d_p$  on horisontaalne allika ja vastuvõtja vahemaa;
- $C_0$  on konstant, mis sõltub meteoroloogilisest statistikast.



- Sumbumistegur varjestamise korral

Kui sektori sees leiduvatel objektidel on vähemalt vaatenurk, mis vastab asjaomase sektori avanemisnurgale, ja kui eeldatakse, et need objektid häirivad heli edastamist, võetakse arvesse sumbumistegurit  $\Delta L_{SW}$  koos vähendatud maapinnas sumbumisega. Muutuva kujuga objekti põhjustatud sumbumise arvutamise valem sisaldab kahte tegurit. Esimene tegur kirjeldab varjestamist samaväärse idealiseeritud tõkke abil (õhuke, vertikaalne tasapind). Teine tegur on oluline ainult siis, kui profiil erineb idealiseeritud tõkke omast. Profiil määratletakse summutava objekti sektoritasandi ristlõikena. Objekti summutamisvõime on võrdne samaväärse barjääri summutamisvõimega, millest on lahutatud profiilist sõltuv parandustegur  $C_p$ . Kui sektoris on mitu summutavat objekti, võetakse arvesse ainult see objekt, mis teiste puudumisel põhjustaks kõige tugevamat summutamist.

- Tasemete vähenemine peegelduste tagajärjel

Pegeldustest põhjustatud neeldumisest tuleneva taseme vähenemise arvutamiseks on vaja järgmisi andmeid:

- $N_{ref}$ : peegelduste arv lähtepunkti ja vastuvõtupunkti vahel [-]
- peegeldava objekti tüüp.

### 3.2.3 CNOSSOS-EU MUDEL

Ehkki Euroopa üldiseid arvutusmeetodid (Common Noise Assessment Methods in Europe - COSSOS-EU) ei kasutata mürasennustusmudelina on nende sisu ja ulatuse selgitamiseks esitatud allpool nende peamised printsiibid.

#### **Kokkuvõte**

Üldkokkuvõttes koosneb CNOSSOS-EU metoodilise raamistiku tuum järgmisest (Kephelopoulos jt, 2012):

- kvaliteediraamistik, mis kirjeldab CNOSSOS-EU eesmärke ja nõudeid;
- maanteeliiklust, raudteeliiklust, tööstusliku mürasallika heiteid ja müra levikut kirjeldavad osad;
- osa, mis kirjeldab õhusõiduki müra ennustamiseks valitud metoodikat ja sellega seotud andmebaasi;
- metoodika hoone fassaadidele vastuvõtjapunktide määramiseks ning elanike andmete sidumiseks fassaadidel olevate vastuvõtjapunktidega;
- CNOSSOS-EU pädeva kasutamise juhendi ulatus ja kontseptsioon, mis tuleks täielikult välja töötada CNOSSOS-EU rakendusetapis (B-etapp).

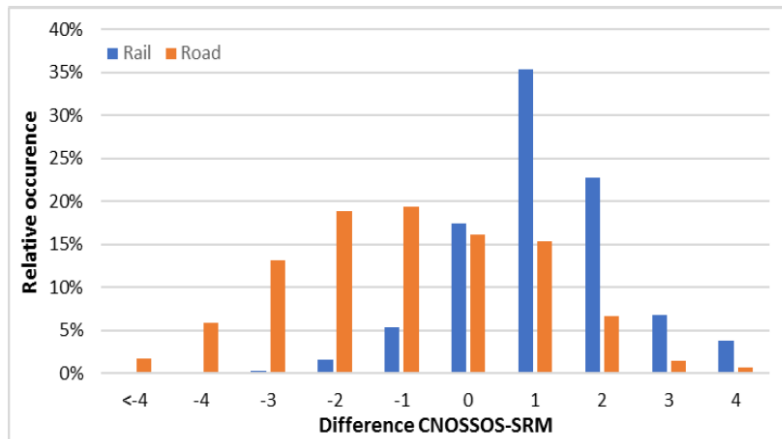
#### **Põhiprintsiibid**

See meetod väljendab punktallika tugevust eranditult suunalise helivõimsuse taseme abil  $L_{W,0,dir}$  sagedusriba kohta konkreetses suunas ruumis. Kaasatud on kõik asjakohased parameetrid, mis määratlevad allika tugevuse, sealhulgas horisontaalne ja vertikaalne suunalisus, kui see on kohaldatav. Meetod sisaldab põhjalikke selgitusi peamiste kaalutluste ja kontseptsioonide kohta, millel see põhineb.

### 3.2.4 PARANDUSTEGUR

Nagu varem mainitud, näitab CNOSSOS tavaliselt kõrgemat raudteeliikluse mürataset kui SRM II, seega annab see konservatiivsema tulemuse kui SRM II. Tim Vergeod (2018) viis läbi uuringu, mida esitleti 2018. aasta rahvusvahelisel konverentsil (Kreeta), kus võrreldi SRM II arvutusmeetodit ja CNOSSOS't nn „geluidsregister“-ist saadud andmetega. See andmekogu sisaldab maanteede ja raudteede asjakohast akustilist teavet. Sellesse andmekogusse kuuluvad ka arvutuspunktid, mis asuvad üksteisest 100 m kaugusel ning (raudteest) maanteedest 50 m kaugusel. Kokku arvutati ja võrreldi 120 000 punkti.

Selle võrdluse põhjal arvatakse, et raudteeliikluse korral oli CNOSSOS'e arvutus keskmiselt 1,5 dB võrra kõrgem kui SRM II-l 1,6 dB standardhälbega. Teisest küljest oli CNOSSOS'e arvutus maanteeliikluse korral 0,8 dB madalam kui SRM standardhälbega 1,8 dB Joonis 7.



Joonis 7. CNOSSOS ja SRM meetodite võrdlus (Vergeod ja Van Leeuwen, 2018)

Seetõttu kasutatakse müra ennustamise meetodikas parandustegurit, mis võimaldab võtta arvesse SRMII ja CNOSSOS vahelisi erinevusi. Konservatiivsuse huvides suureneb see korrigeeriv tegur SRMII ennustusmudeli tulemusel 2 dB võrra, seega katab see 90% juhtumiuuringutest. Sarnast teavet on selle teema kohta kogutud müraennustuse tarkvara tootjatelt.

Seega on võimalik tagada, et projektlahendus vastab mõlema meetodi nõuetele, kui Eesti valitsus avaldab pärast projekti väljatöötamist kohaliku teabe.

Seda küsimust arutati Riias 24.10.2019. a toimunud mürateemalisel seminaril.

### 3.2.5 ARVUTUSMUDELIGA SEOTUD HÜPOTEES

Müra modelleerimine viidi läbi spetsiaalse tarkvara SoundPLAN 7.4 abil. Raudteeliikluse arvutus tehakse SRMII abil ja arvesse võetakse parandustegurit. Arvutusmeetod on kooskõlas keskkonnamüra direktiiviga 2002/49/EÜ.

Arvutamisel võeti arvesse järgmisi arvutuslikke andmeid:

- kavandatud rööbastee kõrgus ja lõigud;
- projekteeritud raudteeobjektide 3D-murdjooni raudtee maatükil ja olemasoleval maastikul väljaspool raudtee maatükki hinnati Maa-ameti andmete abil (kõrgus, hooned, veekogud, teed jne);

- mudelis arvestatakse viadukke ja tunnelid. Nende teede müramudel on NMPB96. Järgmisi teid peetakse müraallikateks:

Tee nr	Tee nimi (lõik)	PK
1	Tallinn-Narva mnt (9-11)	6+050
11	Tallinna Ringtee (2-3)	8+650

- 3D-müra modelleerimise arvutused;
- müratasemed arvutatakse maapinnast 2 m kõrgusel;
- uuringuala on 300 m mõlemal pool raudteed (möödetuna lähima rööbastee keskjoonest);
- mudeli müra leevendusmeetmete varasemaks kaalutluseks oli 5 x 5 m, kuid nüüd on see 2 x 2 m;
- müra arvutamise aasta: 2046;
- mürasummutusklass B3 ja müra neeldumisklass A3 on tavalised müratõkke toimivusomadused ELis. Teatud juhtudel, kui müra vähendamise või neeldumise vajadus on madal või kõrgem, võib mõne müratõkke puhul pakkuda välja teised klassid. Seda täpsustatakse edasistes etappides.
- muud Table 3 toodud parameetrid:

<b>Peegelduskord</b>	
Linnapiirkond	3
Muu	2
Maastiku difraktsioon	kaalutakse
<b>Maapinna helineeldusomadus (G)</b>	
Vaikimisi	1
Ballastiga rööbasteel	1
Teed, pargid, veetiigid	0
Hooned	0,2
<b>Meteoroloogilised tingimused</b>	
Cmet	ISO 9613-2
Neeldumine õhus	ISO 9613-2
C0(d/e/n)	(2/1,5/0)
Temp (°C)	10
HR (%)	70
Soodsad tingimused (d/e/n)	(50%/75%/100%)

Table 3. Arvutusparameetrid

### 3.3 MITMES PROJEKTEERIMISJUHISES TOODUD NÕUDED JA MÄRKUSED

Keskkonnamüra tasemed on Eestis reguleeritud järgmiste õigusaktidega, müratõkke enda kohta puudub konkreetne dokument, kuid need dokumendid peavad olema projekti aluseks:

- välisõhu kaitse seadus;
- rahvatervise seadus;
- keskkonnaministri 3. oktoobri 2016. aasta määrus nr 32;
- sotsiaalministri 4. märtsi 2002. a määrus nr 42 "Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid";
- keskkonnaministri 16.12.2016 määrus nr 71 "Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid";
- sotsiaalministri 29. juuni 2005. a määrus nr 87 „Välisõhu strateegilise mürakaardi ja välisõhus leviva müra vähendamise tegevuskava sisule esitatavad miinimumnõuded”.

Välisõhus leviv müra on välisõhu kaitse seaduse tähenduses inimtegevusest põhjustatud ning välisõhus leviv soovimatu ja kahjulik heli, mille tekitavad paiksed või liikuvad saasteallikad.

Eesti keskkonnamüra regulatsioon jagab mürataseme kriteeriumid/standardid kaheks:

- müra piirväärtus – kõrgeim talutav müratase. Piirväärtuse ületamine põhjustab olulist keskkonnahäiringut ja selle vähendamiseks tuleb võtta meetmeid;
- müra sihtväärtus – kõrgeim talutav müratase uue eriplaneeringuga aladel.

Mürakategooriad määratakse kindlaks vastavalt maakasutuse põhieesmärgile järgmiselt:

- I kategooria: puhkealad;
- II kategooria: haridus, tervishoid, sotsiaalhoolekanne, elamud ja haljasalad;
- III kategooria: segakasutus/tsentraalsed alad;
- IV kategooria: avalike hoonete alad;
- V kategooria: tootmisalad;
- VI kategooria: liiklusalad.

Eesti riiklikud keskkonnas leviva müra normtasemed on kehtestatud keskkonnaministri 16.12.2016 määruses nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“.

Eesti riiklikud müranäitajad on  $L_d$  ja  $L_n$ , mis kirjeldavad keskmist ekvivalentset mürataset päevasel ajal (7.00–23.00) ja öösel (23.00–7.00). Näitaja  $L_d$  sisaldab öhtust perioodi (19.00–23.00), mis sisaldab täiendavalt 5 dB, nii et selle tingimuse rõhutamiseks nimetatakse seda  $L_{de}$ .



Kategooria	Kellaeg	Lubatud liikluse müra tase		
		Piirväärtus	Piirväärtus (maantee/rööbastee kõrval oleva hoone fassaadil)	Sihtväärtus
I	päev ( $L_{de}$ )	55		50
	öö ( $L_n$ )	50		40
II	päev ( $L_{de}$ )	60	65	55
	öö ( $L_n$ )	55	60	50
III	päev ( $L_{de}$ )	65	70	60
	öö ( $L_n$ )	55	60	50
IV	päev ( $L_{de}$ )	65	70	60
	öö ( $L_n$ )	55	60	50

Table 4. Lubatud müratase

DPS1 projekti eesmärgiks on täita sihtväärtuse nõuet (II kategooria alade puhul  $L_d = 55$  dB ja  $L_n = 50$  dB).

Maksimaalse müra (mitteekvivalentse) seisukohast kehtestatakse see määrus järgmised väärtused. Need väärtused on sarnased teistes riikides kehtestatud raudteeinfrastruktuuridele kohaldatavate müra piirnormidega.

- $L_{maxFday}$ : 85 dBA
- $L_{maxFovernight}$ : 75 dBA

Maailma Terviseorganisatsioon soovib vähendada raudteeliikluse tekitatud müra isegi alla riiklike müra normtasemete. Näiteks soovivad nad vähendada raudteeliiklust öösel ( $L_{night}$ ) alla 44 dB. Mürataseme vähendamine alla nende väärtuste tähendaks siiski tõsisemate müra leevendavate meetmete kaalumist ja tooks kaasa suuremad müra leevendamise kulud. Pealegi on Eesti piirmäärade võrdlusest teiste riikide piirmääradega tõdetud, et kohalikud nõuded on juba ranged. Sellest tulenevalt kavandatakse projekt nii, et see vastaks kohalikele nõuetele.

Samuti on eelmistes projektietappides kirjeldatud mõningaid müratõkke projekteerimisega seotud juhiseid. Need küsimused on kokku võetud järgmiselt:

- Prioriseerida tuleks muldkeha lähedale paigutatavaid mürakaitseid (akustilised tõkked); kui kulud ei ole mõistlikud või kui see on tehniliselt teostamatu, soovitakse hoone fassaadide akustilist isolatsiooni parandada.
- Kui tehnilisest sõidueesmärgist piisab, ilma keskkonnaprobleemideta ja materjalide ülejäägi korral tuleks välja pakkuda mullakünkad.
- Ehitistel või piiratud ala korral on ette nähtud õhemad akustilised tõkked.
- Ballasti kindlustamise seadmeteks, mille kõrgus on üldjuhul alla ühe meetri, peaksid linnapiirkonnas müra vähendamiseks olema seinad, mitte tühimikega metallvõrelemendid.

Müratõkked on rööbastee ääres paiknevad suured elemendid, mis võivad arhitektuurilisest ja maastikukujunduse seisukohast tekitada negatiivset mõju. Sellist mõtlemist järgides peaks eriti tundlikes linnapiirkondades kavandatud müratõkkes olema esteetiline komponent, mis võimaldab müratõket ümbritsevasse keskkonda integreerida. Igal juhul peab müratõkke projekteerimisel arvestama suuremal või vähemal määral muid täiendavaid aspekte:

- helineeldusomadused;
- ohutus (sõiduki sissesõit);
- ilmastikukindlus;
- kemikaalikindlus (sool, õlid või tavalised kemikaalid);
- vandalismi- ja grafitikindlus (eriti linnapiirkondades);
- metsloomade integreerimine ja kaitse (kokkupõrge, ületusrajad jne).

Projekteerimisjuhised soovivad kasutada „rohelist“ müratõkke konstruktsiooni, mis vastab kohalikule keskkonnale, taaskasutades võimalusel väljakaevatud pinnast, eesmärgiga ühendada mürakaitsemeetmed taimkatte istutamisega (ainult taimkatte istutamine müratõrjemeetmena ei ole lubatud) ja tõkkematerjalina taaskasutatud plasti kasutamisega.

### 3.4 LIIKLUSANDMED

Projekti kavandamisel tuleb arvestada opereerimiskavas kehtestatud töö- ja hooldusparameetritega. Need parameetrid on kehtestatud kogu Rail Baltica raudteekoridori kohta, kuid selles kokkuvõttes on toodud ainult need nõuded, mis mõjutavad selle projekti projekteerimislõigu objekti.

Mõned kõige olulisemad müra modelleerimise sisendid pärinevad sellest dokumendist ja mõjutavad otseselt müratõkke projekti. Sellepärast antakse kokkuvõtte dokumendist võetud peamistest aspektidest.

Esiteks saab liinil olla kolme liiki liiklust: pikamaa-reisijatevedu (HST jt), piirkondlik reisijateveo ja kaubavedu. See tähendab, et müratõkked peaksid arvestama eri tüüpi helide, suunamuutrite ja müraallikate kõrgustega.

Sõitvate rongide jaotus (sõiduplaanid) ööpäevaringselt ja peamiselt öösel mõjutab oluliselt tundlike piirkondade vajadust mürakaitse järele.

Konvoide pikkus varieerub piirkondlikest reisijateveoteenustest kaubarongideni. Mida suurem on rong, seda suurem peaks olema müratõke (pikemaagegne kokkupuude müraga):

- Öine rong: 280,1 m
- Piirkondlikud reisirongid: 90 m
- Kiirrong: 187,4 m
- Kaubarongid: 74 telge puistlastiga rongile (233,98 m) ja 96 telge ühendveorongile (556,96 m)

Sarnaseid kaalutlusi võiks välja tuua ka töökiiruse puhul: mida suurem on kiirus, seda suurem peaks müratõke olema. Kiirrongi sõidukiiruse piirmääraks on 234 km/h, võttes arvesse ERTMSi kiiruse mõõtmiseks vajalikku varu, rongi asukoha täpsust ja sekkumiskiirust juhi hoiatamiseks ning avariipidurdamiseks lubatud kiiruse ületamise korral.

- Öine rong: 160 km/h
- Piirkondlikud reisirongid: 200 km/h
- Kiirrong: 250 km/h
- Kaubarongid: 100 km/h puistlastiga rongil ja 120 km h ühendveorongil

Müraennustamise arvutuste jaoks saadi rongitüüpide omadused opereerimiskavast, vastavalt ametlikule kirjale ref. 6.3/20, mis on saadud RBRilt 17.07.2019. Selle juhendi kohaselt tuleb välja tuua, et kaubarongide pikkused on tulevaste rongide erinevaid pikkusi arvesse võttes keskmised. Selle eelduse kohaselt on müra mõju hindamiseks mõeldud vagunite arv tegelikkusele üsna lähedal.

Teine erinõue, mis võib müratõkke konstruktsiooni mõjutada, on maksimaalne pööramiseks kiirus 100 km/h hargneval teel ja 250 km/h põhiteel (kui müra mõjutab pöörde läheduses olevaid alasid).

Lisaks kogutakse vastutava asutuse palvel andmeid teiste olemasolevate RB koridorist erinevate müraallikate kohta.

#### 3.4.1 OPEREERIMISKAVAGA SEOTUD HÜPOTEES

Raudteerongide mürataseme arvutamisel hinnati järgmisi aspekte:

- maksimaalne pikkus ja kiirus saadi opereerimiskavast:
  - Reisirong:
    - Öine rong: 280,1 m
    - Piirkondlikud reisirongid: 90 m
    - Kiirrong: 187,4 m
  - Kaubarongid: 74 telge puistlastiga rongile (233,98 m) ja 96 telge ühendveorongile (556,96 m)
  - Rongi kiirused:
    - Öine rong: 160 km/h
    - Piirkondlikud reisirongid: 200 km/h
    - Kiirrong: 250 km/h
    - Kaubarongid: 100 km/h puistlastiga rongil ja 120 km h ühendveorongil
- liikluse tihedus päeval, õhtul ja öösel vastavalt rongikategoriale müra arvutamise aastal 2046;
- keskmine kauba- ja reisirongivagunite arv;
- igapäevane liiklus jaotati tööperioodil ühtlaselt: reisijad (06.00–00.00), kaubavedu (07.00–05.00);
- rongi pidurdussüsteemi tüüp (Table 5);
- rööbasteede parameetrid (Table 6).

Arvutamisel kasutatud rongitüübid Table 5:

Rongi tüüp		
Kaubaveod – 4. kategooria	Piduriplokkidega kaubarongid	Igat tüüpi malmpiduritega kaubarongid
Piirkondlik – 8. kategooria	Ketaspiduritega pikamaarongid	Ketaspiduritega kaasaegsed ja tipptasemel elektrilised reisirongid (ka kahekorruselised rongid)
Kiirrong – 9. kategooria	Ketaste ja pidurdusplokkidega pidurdatavad kiirrongid	Ketaste ja turvistega pidurdatavad kiirrongid

Table 5. Rongi tüüp

Arvutamisel kasutatud rööbastee tüübid Table 6:

Rööbastee tüüp	
Rööbastee tüüp	Üksik või topelt betoonliipriga ballastkiht
Rööbastee katkestused	Liitekohtadeta rööpad

Table 6. Rööbastee tüüp

Rongide kasutatavad ajavahemikud Table 7 :

Rongi tüüp	Tööaeg
Reisirongid	18 tundi (06.00–00.00)
Kaubarongid	22 tundi (07.00–05.00)

Table 7. Rongide kasutatavad ajavahemikud

Andmed saadi kliendilt (viitenumber: 6.3/20, 17.07.2019) ja opereerimiskava aruandest (joonis 53; tabel 71; tabel 87 ja tabel 127). (Table 8):

Rongi tüüp	Rongipaaride arv, ühikud			Kiirus, km/h	Pikkus, m	Vagunite arv, ühikud
	07.00–19.00	19.00–23.00	23.00–07.00			
Ühendvedude rong	7,1	2,4	3,5	120	557	20
Puistlastiga rong	1,6	0,5	1,1	100	234	18

Table 8. Raudteeliikluse andmed (2046)

### 3.4.2 TEISTE MÜRAALLIKATEGA SEOTUD HÜPOTEES

#### 3.4.2.1 Olemasolev 1520 mm raudteeliin

19.05 Rail Balticale saadetud kirja kohaselt on pärast vastutavate asutustega konsulteerimist, konsultandi poolt teostatud potentsiaalsete kasvustsenaariumide analüüsi ja Rail Balticale ettepaneku esitamist määratud kindlaks 1520 mm raudtee olemasoleva ja tulevased liiklusandmed. See analüüs on toodud lisan III.

Selle tulemusena on müra modelleerimisel arvestatud järgmiste liiklusandmetega:

- 1520 mm raudtee alates piketist 0+000–8+600 (kaks rööbasteed, mõlemas suunas samad andmed):

Rongi klass					
Tüüp	Sõidukite arv			v (km/h)	pidurdamine (%)
	Päev	Õhtu	Õö		
C04	344	129	172	80	0,0

Table 9. 1520 mm raudtee alates piketist 0+000–8+600

- Seejärel hargneb 1520 mm raudtee alates piketist 8+600 kaheks – sama arv ronge mõlemas suunas.

Rongi klass					
Tüüp	Sõidukite arv			v (km/h)	pidurdamine (%)
	Päev	Õhtu	Õö		
C04	172	65	86	80	0,0

Table 10. 1520 mm raudtee alates piketist 8+600

- Lisaks olen olemasoleva 1520 mm raudtee olemasolevate kauba- ja reisirongidele mõeldud rööbasteede ristmikule lisanud reisirongid Tallinn-Tartu suunal:

Rongi klass					
Tüüp	Sõidukite arv			v (km/h)	pidurdamine (%)
	Päev	Õhtu	Õö		
C08	272	64	32	90	0,0
C04	344	129	172	80	0,0

#### 3.4.2.2 Olemasolevad teed

Vaadeldavad teed ja nende liiklusandmed on kokkuvõtlikult toodud järgmises tabelis:

Maantee	2040+ liiklus [autod/24 h]	kerge liiklus [%]	intensiivne liiklus [%]	kiirus [km/h]
Tallinn-Narva maantee	34140	92	8	90
Põhjaranna tee	9270	79	21	70

Maantee	2040+ liiklus [autod/24 h]	kerge liiklus [%]	intensiivne liiklus [%]	kiirus [km/h]
Maardu tee	4530	92	8	50
Vana-Narva maantee	6200	86	14	50
Loo-Loovälja tee	1020	93	7	70
Saha-Loo tee	9030	89	11	50

Table 11. Maanteeliikluse andmed

### 3.5 KAVANDATAVAD TÖKKED

Püüdes mõista müratõkke olulisust Euroopas, võime kirjeldada kõige enam kasutatavat leevendusmeetet. Vaid seitsmes põhivõrgus (EL) on rajatud 3000 km müratõkkeid keskmise kõrgusega 2 kuni 3 meetrit. Järgneva 10 aasta jooksul rajatakse eeldatavasti veel 500 km tõkkeid. Need arvud rõhutavad müratõkete tähtsust raudteemüra eest kaitsmisel.

Müratõkkeid kasutatakse paljudel juhtudel, nii uue raudteeinfrastruktuuri rajamisel, olulisel määral muudetud infrastruktuuri korral kui olemasolevates olukordades müra summutamiseks. Kuna domineeriv müraallikas (ratta ja rööpa kontaktpind) on madalal kiirusel sõitva rongi (kaubarong ja mitte kiirreisirong) puhul rööbasteele lähedal, on müratõkked väga tõhusad, kui vastuvõtja asukoht on varjutsoonis (st vastuvõtja ja allika vahel puudub otsevaade). Teine müraallikas on seotud kiirrongi aerodünaamiliste mõjudega maapinnast kõrgemal (umbes 3–4 m).

Enamik raudteeliinide läheduses asuvaid müratõkkeid on 1 kuni 4 meetri kõrgused, kuid erandjuhtudel püstitatakse väga kõrgeid (kuni 10 meetrit) tõkkeid. Tõkke tõhususe võtmeparameetrik on geomeetria, st tõkke ülemise serva asukoht allika asukoha suhtes.

Oluliseks mõjaks on heli peegeldumine tõkke ja rongivaguni kere vahel, mis võib saavutatavat müra vähenemist mõjutada. Seda niinimetatud kanjoniefekti saab vältida voodriga, millel on rööbastee poole jääval tõkkeküljel suur neeldumiskoeffitsient. Alternatiivselt võib müratõkke rajada kaldu, et suunata peegeldused taeva poole (tõkked on tahapoole kaldu) või ballasti poole (tõkke on rööbastee poole kaldu). Kaldasend valitakse läbipaistvate tõkete puhul, mis ei saavuta rööbastee poole jääval küljel helineelduvust.

Hästi projekteeritud ja paigutatud tõkked võivad olla tõhusad, kui sumbumine vastuvõtja fassaadil on 10 dB(A) või rohkem (kui tõkke blokeerib hästi vaatevälja müraallika ja vastuvõtja vahel).

Elanike seisukohast häirivad tõkked sageli nende visuaalset kvaliteeti. Kui kinni tuleb pidada rangetest müra piirangutest, kipuvad elanikud planeerimismenetlustes vaidlustama tõkke rajamist pooldavaid argumente ja võivad nõuda alternatiivseid lahendusi Keskkonnaaspekti arvestades võiks keskkonda integreeritud müratõkke projekteerimine vähendada elurajoonides raudteeinfrastruktuuriga seotud negatiivset ettekujutust ja pahameelt.

Müratõkke projekteerimisel tuleb arvestada erinevate aspektidega. Näiteks on mõnede uute rongide konstruktsiooni puhul paigaldatud lisaseadmed (isegi diiselmootor) vagunite katusele. Selline konstruktsioon või kiirusega üle 200 km/h sõitev kiirrong mõjutab oma aerodünaamiliste müraallikatega oluliselt müratõkete tõhusust, mis tuleb sellisel juhul rajada kõrgemana, et neil oleks sama mõju nagu tavapärasema veeremikonstruktsiooni puhul. Sellest tulenevalt arvestab müraennustusmudel (SRMII) nii müraheitetasemeid kui suunamismustrit.

Üldise projekti prioriteetse lõigu standardse müratõkke valimiseks pakutakse välja nelja tüüpi müratõkkeid. Seejärel võrreldakse neid multikriteeriumi analüüsiga. Laotud biotõkked, gabioonid ja moodulpaneelid (metallist ja taaskasutatud plastist tõkke) on seotud säästva lähenemisviisiga.

Edasistes etappides, kus viiakse läbi üksikasjalik analüüs, võidakse kaaluda muid konkreetseid lahendusi. See leiab aset rööbastee amortisaatorite puhul.

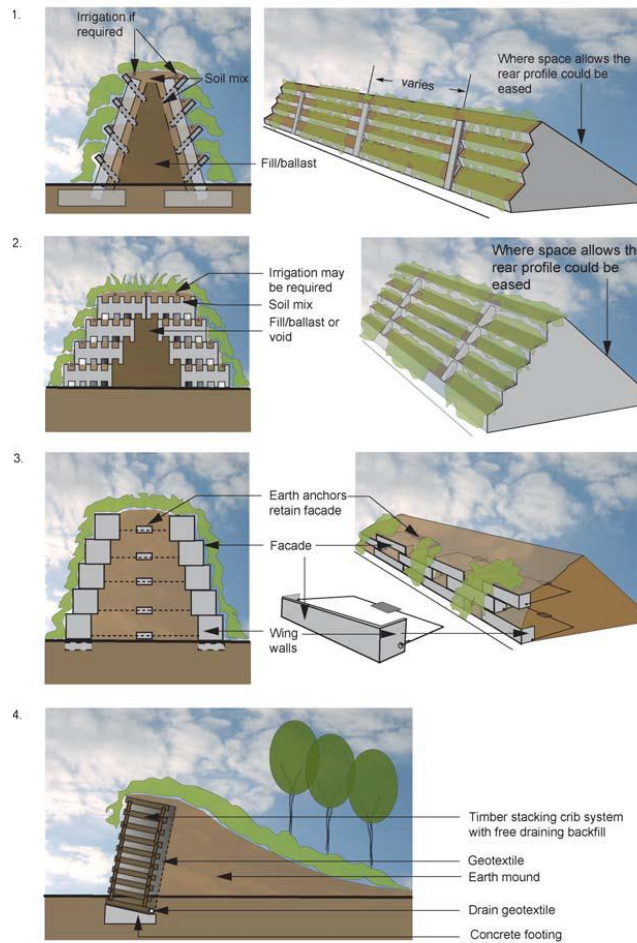
Lisaks hinnatud müratõketele oli ka teisi müratõkkeid, näiteks ringlussevõetud materjalist betoontõkked. Need jäeti siiski kõrvale, sest need esindavad sama süsteemi mis moodultõkked, kuid nendel on puudusi. Muuhulgas kaal ja paksus, mis nõuavad vundamendi ja pealisehitise suurendamist, samuti lisatööd paigaldusprobleemide lahendamiseks (abiseadmed, viaduktid).

### 3.5.1 ALTERNATIIV 1

#### Laotud biotõke

TÜÜP: biotõkked			
<b>Materjalid</b>		<b>Geomeetria</b>	
<b>Väliskülg</b>	Monteeritavad laotud elemendid	<b>Kõrgus</b>	2,0 kuni 5,0 m
		<b>Sügavus</b>	Muutuv suuruse järgi
<b>Täide</b>	Ballast ja pinnas, kuhu saab istutada taimed	<b>Mooduli pikkus</b>	Muutuv
<b>Rajatis</b>	Monteeritavad üksteise peale laotud elemendid		
<b>Kuju</b>	Trapetsikujuline lõik		
<b>Asukoht</b>	Rongile võimalikult lähedal. Tavaliselt raja keskjoonest 6,0 m kaugusel ja eespool.		
<b>Tuulekoormus</b>	Vundamenti pole vaja, kuid lisakonstruktsioon võib olla suurte müratõkete jaoks kasulik		
<b>Akustilised omadused</b>		<b>Hind sõltub kõrgusest üle ToR</b>	
<b>Atenuatt.</b>	>24 dB (vähemalt klass B3)		Muutuv
<b>Neeldumine</b>	Sõltub südamiküü tüübist ja (>0,4) (klass A2)	<b>Standard</b>	Täielik sõltuvus geomeetriast ja täitematerjali saadavusest. Hinnang: 190–325 €/m <sup>2</sup>
		<b>Viadukt</b>	N/A
<b>Üksikasjad</b>			

Interlocking systems utilising concrete/timber panels and supports with earth planting troughs and pockets

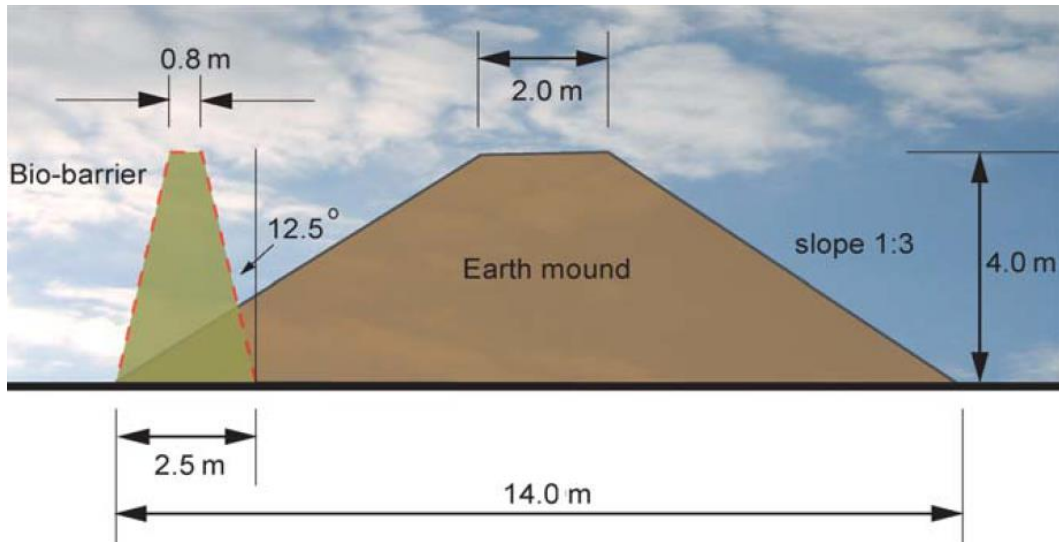


Note: In many situations the planting medium will tend to dry out when there is little rainfall or in relation to wind and rain direction. Supplementary irrigation may then be required. Interlocking systems can be double sided or earth mounded on one side.



### Tehniline kirjeldus

Laotud tõke on sõna otseses mõttes üksteise peale laotud monteeritavast elementidest sein. Enamik on alumises osas laiemad ja mida kõrgemaks sein läheb, seda vähem on ühikuid igas kihis. Varasemalt ehitati tõkkeid monteeritavaid betoontorusid kasutades, mis sisaldasid ballasti ja pinnast, kuhu peale sai istutada taimestiku. Nendest arenesid välja mitmed erinevad laotavad pinnast kinni hoidvad süsteemid. Nende tõkete üldine välimus sõltub taimestiku iseloomust ja hooldamisest. Samuti on välja töötatud terase ladumissüsteem. See hõlmab tsingitud terasraami, mille külge riputatakse kerged pinnasega täidetud kaetud terasest taskud. Nendesse taskutesse istutatakse sobivad taimeliigid. Vajalik võib olla niisutussüsteem. Elemendi põhi on 5 m kõrguse puhul umbes 1,6 m lai. Müratõkke pinnad on vertikaali suhtes 10° nurga all.



### Täiendavad mitteakustilised omadused

- **Kaal:** > Sõltub täitematerjalidest ja seina kõrgusest
- **Vastupidavus:** suurepärase
- **Paine:** ei
- **Tulekahju:** suurepärase jõudlus
- **Mõju elusloodusele:** ei

3.5.2 ALTERNATIIV 2

**Gabioonid**

<b>TÜÜP: GABIOONID</b>			
<b>Materjalid</b>		<b>Geomeetria</b>	
<b>Väliskülg</b>	Kivi ja tsingitud võrk	<b>Kõrgus</b>	kuni 6,0 m (soovitatav) ja alus
		<b>Sügavus</b>	Aluspind sõltub kõrgusest. ( $B=0,5*(1+H)$ )
<b>Täide</b>	Kivi või pinnas	<b>Mooduli pikkus</b>	Kuni 4000 mm (soovitatav)
<b>Rajatis</b>	Rajatist pole vaja		
<b>Kuju</b>	Kuup- või ristkülikukujulised moodulid		
<b>Asukoht</b>	Rongile võimalikult lähedal. Tavaliselt 5,5–6,0 m kaugusel rööbastee keskjoonest.		
<b>Tuulekoormus</b>	Võimalik tuulekoormus vastavalt Eurokoodeksi ankurdamisele, vundamentidele ja aerodünaamikale		
<b>Akustilised omadused</b>		<b>Hind sõltub kõrgusest üle ToR</b>	
<b>Atenuatt.</b>	>24 dB (klass B3 või B4)		
<b>Neeldumine</b>	See sõltub täitematerjali kivi suurusest (>0,35) (klass A2)	<b>Standard</b>	Täielik sõltuvus geomeetriast, täitematerjali kivi mahust ja ehitusplatsist. Hinnang: 140–275 €/m <sup>2</sup>
		<b>Viadukt</b>	N/A
<b>Üksikasjad</b>			
<b>Tarnijad</b>			
Maccaferri		Abianchini	
<b>Tehniline kirjeldus</b>			
<p>Gabioon koosneb ristkülikukujulisest prismaatilisest kuusnurksest topelt- või kolmekordselt keerutatud traatvõrgust kastist, mis on valmsitatud tugevdatud tsingitud traadist. Gabioonid on täidetud kivikillustikuga või muu sarnase materjaliga, mille saab hankida töö tegemise lähedusest.</p>			

Seda tüüp lahendus eripärad: puudub vajadus vundamendi järele, maapinnaga kohandatav, drenaaž, mitteoskustööjõud ja gabioonid toimivad raskusjõu põhjal.



#### Täiendavad mitteakustilised omadused

- **Kaal:** > Sõltub täitematerjalidest ja seina kõrgusest
- **Löögikindlus:** suurepärase jõudlus
- **Vastupidavus:** hea/väga hea
- **Paine:** ei
- **Tulekahju:** suurepärase jõudlus
- **Mõju elusloodusele:** ei

3.5.3 ALTERNATIIV 3.1

**Metallist Sandwich-paneel**

TÜÜP: METALLIST SANDWICH-PANEEL			
<b>Materjalid</b>		<b>Geomeetria</b>	
<b>Väliskülg</b>	Lakitud tsingitud terasplekk	<b>Kõrgus</b>	kuni 4,0 m (soovitav)
		<b>Sügavus</b>	50–100 mm
<b>Täide</b>	Mineraalvill või polüestervill	<b>Mooduli pikkus</b>	Kuni 5000 mm. (Erinevate tarnijate puhul erinev)
<b>Rajatis</b>	Tavaliselt metalli-/betoonsambad HEB-UPN		
<b>Kuju</b>	Ristkülikukujulised moodulid. Võimalusena harjal erineva kujuga elemendid (T, Y, O, U).		
<b>Asukoht</b>	Rongile võimalikult lähedal. Tavaliselt 4,5–5,0 m kaugusel rööbastee keskjoonest.		
<b>Tuulekoormus</b>	Võimalik tuulekoormus vastavalt Eurokoodeksi ankurdamisele, vundamentidele ja aerodünaamikale		
<b>Akustilised omadused</b>		<b>Hind sõltub kõrgusest üle ToR</b>	
<b>Atenuatt.</b>	>24 dB (klass B3)		2 m kuni 4 m
<b>Neeldumine</b>	Perforeeritud esipind (>0,7) (klass A3)	<b>Standard</b>	180–250 €/m <sup>2</sup>
	Perforeeritud esipind puudub (0,15) (klassita)	<b>Viadukt</b>	110–200 €/m <sup>2</sup>
<b>Üksikasjad</b>			



#### Tarnijad

ISOVER - ACH	PANACOR
INSAMETAL	ASEBAL

#### Tehniline kirjeldus

Müratõkete elementide akustilised omadused saavutatakse 0,8 mm paksusest lakitud tsingitud terasplekist valmistatud metallist sandwich-paneelidega. See element tuleb täita heli neelava materjaliga nagu mineraalvill või sellega tehniliselt samaväärne materjal paksusega 80–100 kg/m<sup>3</sup>, mis on kapseldatud klaaskiudkoesse, et vältida kiudude kaotamist (rongi poole jääv paneeli külg peab olema neeldumisomaduste tagamiseks perforeeritud). Selle paneeli hinnanguline kaal peab jääma vahemikku 18–22 kg/m<sup>2</sup> ja paksus vahemikku 50–100 mm.

Standardi EN-10142/91 kohaselt on standardlahendus tsingitud teras FTP-02G, mille kuumtsinkimise väärtused on 270 g/m<sup>2</sup> ja 40 mikronit, mõeldud paigaldamiseks välistingimustesse, värv vastavalt projektile.

Külgmine kate müratõkke sulgemiseks: valmistatud polüpropüleenist, mis on valmistatud termoplastse vormimise teel. Neopreenprofiilid paremaks tihendamiseks koos konstruktsiooniprofiiliga HEB-UPN.





#### Täiendavad mitteakustilised omadused

- Kaal: 15–21 [kg/m<sup>2</sup>]
- Löögikindlus: väga hea jõudlus
- Vastupidavus: hea (suured paneelid vajavad tulevikus rohkem hooldust kui väiksemad)
- Paine: ei
- Tulekahju: väga hea jõudlus
- Mõju elusloodusele: ei



3.5.4 ALTERNATIIV 3.2

**Taaskasutatud plastist tõkked**

<b>TÜÜP: TAASKASUTATUD PLASTIST TÕKKED</b>			
<b>Materjalid</b>		<b>Geomeetria</b>	
<b>Väliskülg</b>	Kiudtugevdatud taaskasutatud plast	<b>Kõrgus</b>	kuni 4,0 m (soovitav)
		<b>Paksus</b>	45 mm
<b>Täide</b>	Mineraalvill või polüestervill	<b>Mooduli pikkus</b>	Kuni 3000 mm. (Erinevate tarnijate puhul erinev)
<b>Rajatis</b>	Paneele toetavad tsingitud teraspostid		
<b>Kuju</b>	Ristkülikukujulised moodulid		
<b>Asukoht</b>	Rongile võimalikult lähedal. Tavaliselt 4,5–5,0 m kaugusel rööbastee keskjoonest.		
<b>Tuulekoormus</b>	Võimalik tuulekoormus vastavalt Eurokoodeksi ankurdamisele, vundamentidele ja aerodünaamikale		
<b>Akustilised omadused</b>		<b>Hind sõltub kõrgusest üle ToR</b>	
<b>Atenuatt.</b>	>24 dB (klass B3)		2 m kuni 4 m
<b>Neeldumine</b>	DLA >16 dB(A) (klass A5)	<b>Standard</b>	180–250 €/m <sup>2</sup>
<b>Üksikasjad</b>			
 			

<b>Tarnijad</b>	
GRAMM BARRIER SYSTEMS	PROCTER CONTRACTS
<b>Tehniline kirjeldus</b>	
<p>Taaskasutatud plastist müratõkked on valmistatud ülitugevast tugevdatud polümeerist, mis välistab täielikult puidu kasutamise koos selle konstruktsioonist tulenevate probleemidega. Süsteemid koosnevad väga vastupidavatest jäikadest paneelidest, mis ei kõverdu ega kahane, on mädanemiskindlad ja vastupidavad agressiivsele keskkonnale ja ühenditele nagu soolapritsmed ja õlid, ilma et paneelid vajaksid kasutusaja jooksul täiendavat pinnatöötlust.</p> <p>Tavaliselt on keskkonnamüratõkkesüsteemides kasutatavad ehitusmaterjalid erakordselt vastupidavad, tagades aastatepikkuse hooldusvaba töö ilma täiendava töötlemiseta. Suure tihedusega komposiitpinnad koos suure tihedusega mineraalsete täitepaneelidega tagavad kogu tõkke pikkuses ühtlaselt kõrge akustilise jõudluse. Need komposiitmaterjalid ei kõverdu ega kahane, tagades tõkke akustilise tiheduse.</p>	
<b>Täiendavad mitteakustilised omadused</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Löögikindlus: väga hea jõudlus</b></li><li>• <b>Vastupidavus: hea (suured paneelid vajavad tulevikus rohkem hooldust kui väiksemad)</b></li><li>• <b>Paine: ei</b></li><li>• <b>Tulekahju: väga hea jõudlus</b></li><li>• <b>Mõju elusloodusele: ei</b></li></ul>	

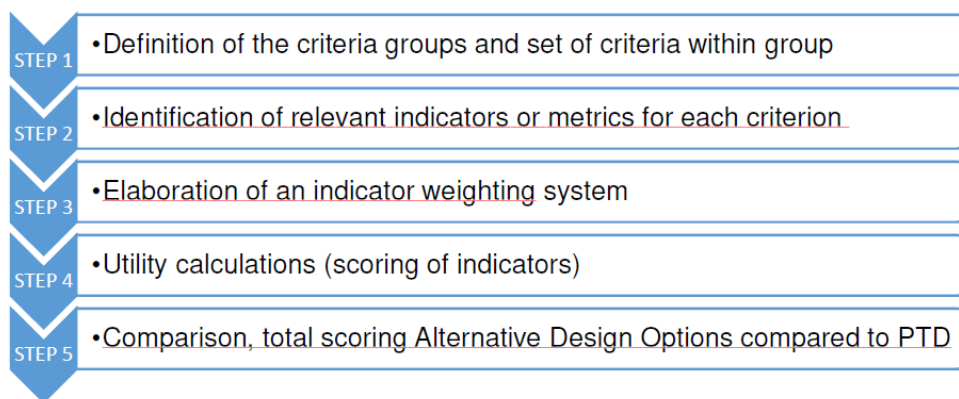


## 4. MULTIKRITEERIUMI ANALÜÜS

### 4.1 METOODIKA

Multikriteeriumi analüüs (MKA) on kogum algoritme, mida kasutatakse erinevate kriteeriumite ja nende suhteliste kaalude põhjal alternatiivide valimiseks. MKAs määratletakse soovitud eesmärgid ja määratakse kindlaks vastavad omadused või indikaatorid. Multikriteeriumi analüüsi kasutatakse laialdaselt transpordinfrastruktuuri projektides kõige sobivama lahenduse valimiseks.

Multikriteeriumi analüüs on kogum projekti hindamise meetodeid, mida kasutatakse valiku tegemise alustamiseks mitme kriteeriumi tasakaalustamise teel. Analüüs koosneb järgmistest sammudest:



Joonis 8. Multikriteeriumi analüüsi sammud

### 4.2 1. SAMM: KRITERIUMIRÜHMAD JA RÜHMAS KRITERIUMITE KOGUMI MÄÄRATLEMINE

Määratletakse kriteeriumid, mille alusel antakse igale alternatiivile madalam või kõrgem hinnang. Rail Baltica projekti eesmärkide saavutamise tagamiseks määratletakse keskkonnaalaste, tehniliste ja majanduslike aspektide seisukohast kolm kriteeriumirühma.

Valiti järgmised rühmad ja kriteeriumid:

- Tehniline ja projekti teostamine: CAPEX
- Infrastruktuuriettevõtja perspektiiv: OPEX
- Välismõjud: keskkonnaintegratsioon, geomeetria, müra neeldumine ja müra vähendamine

### 4.3 2. SAMM: KÕIKIDE KRITERIUMITE JAOKS ASJAKOHASTE INDIKAATORITE VÕI MÕÕDIKUTE KINDLAKSMÄÄRAMINE

Pärast erinevate MKAs kasutatavate kriteeriumite (6) määratlemist tuleb igale kriteeriumile määrata indikaator, et neid oleks võimalik mõõta. Iga alternatiivi tuleb hinnata iga näitaja puhul. Hindamised on kas kvalitatiivsed (põhinevad hindaja hinnangul) või kvantitatiivsed (põhinevad arvandmetel). Kõikide kriteeriumite indikaatorid või mõõdikud on toodud alljärgnevalt.

#### Tehniline ja projekti teostamine

- CAPEX (C1): EUR/m<sup>2</sup>



### Infrastruktuuriettevõtja perspektiiv

- OPEX: kvalitatiivne hinnang. Seda ei hinnata rahaliselt, vaid vastavalt hooldusvajadusele.

### Välismõjud

- Keskkonnaintegratsioon: kvalitatiivne hinnang. Parema keskkonnaintegratsioon on seotud liigse materjali, ringlussevõetud materjali kasutamise, väiksema materjali koguse ja väiksema visuaalse mõjuga.
- Geomeetria: kvalitatiivne hinnang. See näitaja viitab müratõkke suurusele (kõrgusele, paksusele ja kaugusele rööbasteest), mis on vajalik sama müravähendustaseme tagamiseks ning müratõkke rajamiseks vajalikule maa-alale. Rööbasteest kaugemal asuv tõke peab olema kõrgem.
- Müra neeldumine: mõõtmata koefitsient, mis on seotud müra neeldumisega, mis võib tagada müratõkke (vältitud peegeldus sisepinnal).
- Müra vähendamine: dB. Võimalik müra vähendamine, mis on sõltuvalt materjalidest saavutatav.

## 4.4 3. SAMM: INDIKAATORI KAALUMISE SÜSTEEMI VÄLJATÖÖTAMINE

Määratletud on iga kriteeriumi kaalud. Iga kriteeriumi kaalu eesmärgiks on selle iseloomustamine sõltuvalt selle tähtsusest teiste kriteeriumide hulgas.

Eelnev hindamine tuleb teostada ühtlustatud (homogeensel) skaalal. Nii saame igale indikaatorile väärtused, mille saab liita ja siis alternatiivide võrdlemisel kasutada.

Võttes arvesse kolme eelnevalt kirjeldatud sammu võtab järgnev tabel kokku kohaldatavad kriteeriumirühmad, kriteeriumid, indikaatorid ja nende kaalu.

#	Kriteeriumirühm	Kriteeriumid	Indikaator	Kaal (%)
C1	Tehniline ja projekti teostamine	Esialgne maksumus (CAPEX)	€/m	20
C6	Infrastruktuuriettevõtja perspektiiv	Hooldus (OPEX)	Hooldusvajadused	12
C2	Välismõjud: inimeste tervis, ühiskond ja keskkonnamõju	Keskkonnaintegratsioon	Liigne ja/või taaskasutatud materjal, materjali maht, visuaalne mõju	20
C3		Geomeetria	Maksimaalne kõrgus	20
C4		Müra neeldumine	Mõõtmata	15
C5		Müra vähendamine	dB	13

Table 12. Kriteeriumid ja kaalud

Tuleb märkida, et müratõkke loomuomased parameetrid nagu müra neeldumine või müra vähendamine ei ole prioriteetsuse järjekorras esikohal, sest CAPEX või keskkonnaintegratsioon on suurema kaaluga.

Teisest küljest võiks müra vähendamist seletada järgmiselt: kaalutavate müratõkete materjali potentsiaalne akustiline toimivus on suurem kui analüüsitud müratõkke jaoks nõutav minimaalne akustiline toimivus. Seetõttu on müratõkke taga peaaegu samasugune müra, kui tõke on valmistatud sandwich-paneelidest või betoonseintest (sama suurusega), sest müra levib difraktsioonimõjude ja mittelineaarsete teekondade tõttu ümber müratõkke, mitte ei läbi seda. Õhukesed müratõkked on aga tundlikud nende pindades olevate tühimike või defektide suhtes ja seetõttu ka oma jõudluses. Seetõttu arvestatakse seda kriteeriumit multikriteeriumi analüüsis, aga väiksema kaaluga.

Müra neelduvuse osas võib anda samasuguse kirjelduse: analüüsitud müratõkked tagavad eesmärgi saavutamiseks piisavad jõudlustasemed ja pärast selle miinimumnõude saavutamist ei ole vastuvõtjate juures eeldatav lõplik müra enam nii oluline. Mõned neist võivad aga mõnes kriitilises kohas anda suurema müra neeldumise väärtuse kui teised. Seetõttu arvestatakse seda kriteeriumit multikriteeriumi analüüsis, aga väiksema kaaluga.

Väga oluliseks tehniliseks kriteeriumiks on aga geomeetria. Maatüki piirangute tõttu on müratõkete rajamiseks kasutatav ruum piiratud. Mugav ja teatud juhtudel on kohustuslik kasutada võimalikult õhukest müratõket. Kui müratõke on laiem, tuleb see rajada rööbasteest kaugemale ja sellest tulenevalt peab see olema suurem, mis suurendab ka maksumust. Seetõttu on geomeetrial suurem kaal kui müra vähendamisel või müra neeldumisel – see on võtmekriteerium.

Teisest küljest on müratõkete puhul CAPEX tavaliselt palju suurem kui OPEX, mistõttu tuleb seda aspekti multikriteeriumi analüüsis rõhutada. Lisaks on keskkonnaintegratsioon jätkusuutliku arengu tähtsuse tõttu, mis on olemas kogu projektis, oluline kriteerium.

Sellest tulenevalt on müratõkke valimisel kõige olulisemad kriteeriumid CAPEX, keskkonnaintegratsioon ja geomeetria. Lisaks on kriteeriumiteks, millega tuleb arvestada, müra neeldumine, müra vähendamine ja OPEX.

Vastasel juhul tuleb selgitada, et kriteeriumite arv on sama mis selle prioriteetsus ja see ei ole seotud lisas 4 „Rail Baltica väärtustehnoloogia meetodika“ toodud kriteeriumite arvuga. Table 12 toodud kaalud viitavad ülaltoodu põhjal iga kriteeriumi normaliseeritud kaalule, mistõttu on kõikide kriteeriumite kaal kokku 100.

#### 4.5 4. SAMM: KASULIKKUSE ARVUTUSED (NÄITAJATELE HINNETE ANDMINE)

Lisale 4 (Tehniline kirjeldus) on välja pakutud alternatiivne lahendus. Peamine põhjus on, et lisas 4 toodud meetodika toob kaasa suured erinevused alternatiivide vahel, sest ebasoodsam alternatiiv saab alati hindeks 0 punkti. Selle meetodi puhul karistavad CAPEX ja OPEX (mis kumbki annab 100 punktist 32) kõige kallimaid alternatiive, kuigi erinevused kalliduselt teise alternatiiviga on minimaalsed. Leiame, et hinde andmiseks proportsionaalse skaala kasutusele võtmine oleks käesoleval juhul palju objektiivsem, eriti kui võrreldakse nelja alternatiivi (tõenäolisemalt kõige kehvem) ja kehtestatud on palju kriteeriume, milles kõik alternatiivid saavutavad samad väärtused.

Kvantitatiivse hindamise korral arvutatakse hinded maksimaalse kaalu põhjal ning vaadeldakse kõige kõrgemaid ja madalamaid väärtusi või need määrab kindlaks ekspert.

Kriteeriumite maksimaalne kaal	w
Maksimaalne väärtus	mv
Madalaim väärtus	lv

Table 13. Kriteeriumite piirväärtuste avaldis

Valem, kui suurim väärtus saab kõige suurema hinde: **hinne = (a/mv) \*w**, kus (a) on asjakohane väärtus

Valem, kui madalaim väärtus saab kõige suurema hinde: **hinne = (lv/a) \*w**, kus (a) on asjakohane väärtus

Mittemõõdetavate kriteeriumite korral kasutatakse kvalitatiivset hinnangut (halvast=1 kuni väga heani=5)

Väärtus	Kvaliteedihinnang
---------	-------------------

1	Halb
2	Nõrk
3	Keskmine
4	Hea
5	Väga hea

Table 14. Kvalitatiivsete hindamiskriteeriumite kaalud

Kriteeriumite maksimaalne kaal	w
Maksimaalne väärtus	mv
Madalaim väärtus	lv

Table 15. Kriteeriumite piirväärtuste avaldis

Eesmärgiks on „väga hea“: **hinne = (a/mv) \* w**

Koguväärtus saadakse eelmiste väärtuste liitmisel.

Selle protseduuri kohaselt on iga kriteeriumi eest saadud hinne näidatud allpool:

### CAPEX

Alternatiivid	Väärtus (€/m <sup>2</sup> )	Hinne
Laotud biotõke	325	12,3
Gabioonid	275	14,5
Metallist	200	20
Taaskasutatud plast	250	16

Table 16. CAPEXi kriteeriumi hinne

Ootuspäraselt sai CAPEXi kriteeriumi kohaselt kõige kõrgema hinde (20/20) metallist sandwich-paneel. Taaskasutatud plastist müratõkked on nende kallima hinna tõttu teisel kohal (16/20), samuti said madalama hinde (14,5/20) gabioonid. Kõige madalama hinde (12,3/20) said laotud biotõkked.

### Keskkonnaintegratsioon

Alternatiivid	Väärtus	Hinne
Laotud biotõke	5	20
Gabioonid	4	16
Metallist	2	8
Taaskasutatud plast	3	12

Table 17. Keskkonnaintegratsiooni kriteeriumi hinne

Keskkonnaintegratsiooni kriteeriumi kohaselt said kõige kõrgema hinde (20/20) laotud biotõkked. Teise kõige parema hinde (16/20) said gabioonid, millele järgnevad taaskasutatud plastist tõkked (12/20). Kõige madalama hinde (8/20) said metallist sandwich-paneelid.

Laotud biotõkked annavad võimaluse kasutada monteeritavate betoonelementide sees üleliigset materjali, mistõttu on need keskkonna seisukohast kõige soovitatavamad. Gabioonid on metallmoodulite sees spetsiaalset killustikku sisaldavad elemendid, mis tähendab, et nende puhul on materjali olemasolul võimalik kasutada looduslikke materjale. Taaskasutatud plastist müratõketes võib kasutada eelnevalt töödeldud plasti, mistõttu panustavad need kasutusest

kõrvaldatud plasti koguse vähendamisse. Metallist sandwich-paneel on müratõkke tüüp, mis kasutab vähem materjali, kuid mis on keskkonna seisukohast vähem soovitatav.

### Geomeetria

Alternatiivid	Väärtus	Hinne
Laotud biotõke	1	4
Gabioonid	2	8
Metallist	5	20
Taaskasutatud plast	5	20

Table 18. Geomeetria kriteeriumi hinne

Geomeetria kohaselt said kõige kõrgema hinne (20/20) metallist sandwich-paneel ja taaskasutatud platist müratõkked. Nendest väiksema hinne (8/20) said gabioonid ja kõige väiksema hinne (4/20) said laotud biotõkked.

Metallist sandwich-paneeli ja taaskasutatud plastist müratõkete kuju on sarnane. Need suudavad tagada mürasummutustaseme kõige väiksema võimaliku paksuse juures ja rööbasteele kõige lähemal, mis tähendab kõige väiksema kõrgusega. Gabioonide ja laotud biotõkete paksus peab aga olema palju suurem ja need on rööbasteest kaugemal, mis tähendab, et need peavad olema kõrgemad, et tagada sama mürasummutustase kui metallist sandwich-paneelid ja taaskasutatud plastist müratõkked, samuti kasutavad need suuremat maa-ala.

### Müra neeldumine

Alternatiivid	Väärtus	Hinne
Laotud biotõke	3	9
Gabioonid	2	6
Metallist	5	15
Taaskasutatud plast	5	15

Table 19. Müra neeldumise kriteeriumi hinne

Müra neeldumise kohaselt said kõige kõrgema hinne (15/15) metallist sandwich-paneel ja taaskasutatud platist müratõkked. Nendest väiksema hinne (9/15) said laotud biotõkked ja kõige väiksema hinne (6/15) said gabioonid.

Metallist sandwich-paneel ja taaskasutatud plastist müratõkked suudavad anda sarnase müraneeldumiskoeffitsiendi (>A4). Laotud biotõkked annavad tavaliselt madalama müraneeldumiskoeffitsiendi (>A2) ja need sõltuvad olulisel määral südamiküübist. Gabioonid annavad sageli kõige madalama müraneeldumiskoeffitsiendi (>A2) ja on seotud ka täite kivide suurusega.

## Müra vähendamine

Alternatiivid	Väärtus	Hinne
Laotud biotöke	5	13
Gabioonid	5	13
Metallist	3	7,8
Taaskasutatud plast	3	7,8

Table 20. Müra vähendamise kriteeriumi hinne

Müra vähendamise kohaselt said kõige kõrgema hinde (13/13) laotud biotökked ja gabioonid. Nendest väiksema hinde (7,8/13) said metallist sandwich-paneel ja taaskasutatud plastist müratökked.

Laotud biotökked ja gabioonid suudavad anda sarnase müra vähendamise (>24 dB), samuti suudavad seda teha metallist sandwich-paneel ja taaskasutatud plastist müratökked (>24 dB). Kõik tökked suudavad täita tavapärase müra summutamise nõude. Tavaliselt suudavad laotud biotökked ja gabioonid aga anda velgi suuremad müra vähendamise väärtused, mistõttu hinnati neid kõrgemalt.

## OPEX

Alternatiivid	Väärtus	Hinne
Laotud biotöke	4	9,6
Gabioonid	5	12
Metallist	3	7,2
Taaskasutatud plast	3	7,2

Table 21. OPEXi kriteeriumi hinne

OPEXi kohaselt said kõige kõrgema hinde (12/12) hinded. Teise kõige kõrgema hinde (9,6/12) said laotud biotökked. Kõige väiksema hinde (7,2/12) said taaskasutatud plastist müratökked ja metallist sandwich-paneelid. OPEXit on hinnatud mitte rahalise väärtuse järgi, vaid hooldusvajadust arvestades. Õigesti rajatud gabioonid ja laotud biotökked vajavad vähem hooldust kui taaskasutatud plastist müratökked ja metallist sandwich-paneelid. Tavaliselt vajavad need rohkem hooldust mõne paneeli vahetamise ja pindade puhastamise tõttu.

## 4.6 5. SAMM: VÖRDLEMINE JA KOGUHINNE

Hinnete võrdlus vastavalt punktile 4.4:

Kriteeriumid	Laotud biotöke	Gabioonid	Metallist	Taaskasutatud plast
CAPEX	12,3	14,5	20	16
Keskkonnaintegratsioon	20	16	8	12
Geomeetria	4	8	20	20
Müra neeldumine	9	6	15	15
Müra vähendamine	13	13	7,8	7,8
OPEX	9,6	12	7,2	7,2
Kokku	<b>67,9</b>	<b>69,5</b>	<b>78</b>	<b>78</b>

Table 22. Hinne kokku

#### 4.7 MULTIKRITEERIUMI ANALÜÜSI JÄRELDUSED

Multikriteeriumi analüüsi järelduseks on leida üldise metoodika põhjal kogu projekti osas teostatav müratõrjelahendus, võttes arvesse globaalseid omadusi, mis võivad mõjutada väärtustehnoloogia müratõkke valikut, sealhulgas:

- trassi telgjoone võimaluste kaalumise;
- mõjutatavad tundlikud kogukonnad ja piirkonnad;
- igale konkreetsele asukohale müra vähendamise ja visuaalse tõkestamise eesmärkide määramine;
- olemasoleva projekti piirangute arvesse võtmine.

Kuus valitud kriteeriumit esindavad peamisi aspekte, mida tuleb müratõkke tüübi valimisel arvesse võtta. Lisaks esindab nende hierarhia projekti prioriteete. Iga kriteeriumi puhul on olemas üks alternatiiv, mis on soodsam kui teised.

Esiolguks kulusid, geomeetriat ja müra neeldumist arvesse võttes on kõige soodsamaks lahenduseks müramoodulpaneelid (metallist sandwich-paneelid ja taaskasutatud plastist müratõkked). Teisest küljest on biotõkked ja gabioonid keskkonnaintegratsiooni, müra vähendamise ja hoolduse seisukohast paremaks lahenduseks. **Arvestades kõiki valitud kriteeriume ja nende tähtsust, on projektis kõige paremaks müratõkete lahenduseks moodulpaneelid** (metallist sandwich-paneelid ja taaskasutatud plastist müratõkked).

Sellest tulenevalt on modulaarsetel sandwich-paneelidel järgmised peamised eelised (vastavalt kogu projekti kaalutlustele):

- kaugus müratõkke kõige lähema punkti ja rööbastee vahel võimaldab suurendada müra vähendamise jõudlust ilma kõrgust muutmata;
- minimaalne maa-ala kasutus;
- universaalsed müratõrjelahendused: rajamine hoonetele väga lähedale, viaduktile, vaiaseinale või kuhjatislõikudesse vähendab müratõkke alternatiive;
- lisaks ei olnud väärtustehnoloogia etapis taaskasutatava pinnase kohta täpset teavet.

Individaalseid juhtumeid analüüsitakse edasistes etappides, kus hangitakse nende asukohtade kohta täiendavat ja konkreetset teavet. Seejärel pakutakse konkreetsetesse asukohtadesse välja konkreetne müratõke. Konkreetsete müratõrjelahenduste puhul tuleb arvesse võtta konkreetset asjakohast teavet:

- hinnata tuleb maastiku ja visuaalse mõju nõudeid;
- projekteerida tuleb kohaliku konteksti sobivad lahendused (naabruskond, metsloomad, vaatepiirid jne);
- arvestada tuleb asukoha eripära seoses olemasoleva maatüki ja loodusvaradega.

Seda tüüpi individuaalsed lahendused pakutakse välja järgmiste kaalutluste põhjal:



	KAALUTAV ASJAOLU	HINNATUD
<b>RAJATISTEL</b>	Tuulekoormused Läbipaistvus Lindude kokkupõrge	Kerge kaaluga Lihtsad abirajatised Paigaldamise lihtsus
<b>LINNAPIIRKONNAS</b>	Hooldus Vandalism/läbipaistvuse halvenemine Valgus Linnade jagamine/sotsiaalne jagamine Kõrged hooned Visuaalne mõju	Mitmekesisus (kate, viimistlus) Läbipaistvus (kui elamud asuvad müratõkke lähedal) Väike maakasutus Kultuurikontekst/taaskasutatud materjalid Võimaluse korral kohalikud taimed või taimestik
<b>MAAPIIRKONDADES</b>	Visuaalne ja keskkonnamõju Maakasutus (maatükk)	Visuaalne ja keskkonnaintegratsioon Liigne kasutatav pinnas Kohalikud taimed või taimestik

*Table 23. Kaalutlused müratõkete tüübi pakkumiseks*

Järgige müratõkete valimisel järgmisi üldsoovitusi:

- projekteerige võimaluse korral kõige kulutõhusama müratõkked, et täita müra vähendamise ja ohutuse nõudeid seoses ümbritseva visuaalse esteetikaga;
- võimaluse korral tuleks kaaluda müratõkete isoleerimisel taaskasutatavate materjalide ja väljakaevatud pinnase kasutamist;
- võimaluse korral tuleks kaaluda müratõkete viimistlemisel taimestiku kasutamist.

## 5. VAJALIKUD MÜRATÕKKED

Võrreldes väärtustehnoloogia etapi alternatiiviga tuleb viia läbi müratõkke hindamine, et täita Eesti määrustes kirjeldatud ekvivalentseid müratasemeid.

Müraõhu tulemused näitavad alasid, kus ekvivalentne müratase ületab piirväärtusi, mistõttu võetakse kasutusele müra leevendamise meetmed ja need on toodud lisas III „Ekvivalentne müratase enne ja pärast müra leevendamist (müra arvutamise aasta: 2046)“.

Piirväärtusi ületava mürataseme vähendamiseks lubatud tasemeni on järgmistes lõikudes toodud projekteeritud müra leevendamise meetmed (müratõkked) seoses  $L_{eq}$  nõuetega. Igaüks neist on seotud ühe alternatiiviga ja näitab müratõkete asukohta, rööbastee poole jäävat külge, kaugust rööbastee teljest ning selle kõrgust ja pikkust. Pakutud müratõkked võimaldavad täita igas olukorras nõutavat ekvivalentset müra piirväärtust.

Iga müratõkke nimetus määratakse järgmise numeratsiooni järgi:

- projekteerimislõik – projekti prioriteetne lõik – alternatiivi number – müratõkke number.  
Näide:
  - Valitud alternatiiv 1b, müratõkke 1: EE2-DPS3-1b.1

Üldiselt on iga alternatiivi hinnangulised kogused järgmised:

### 5.1 ALTERNATIIVI 1B MÜRATÕKKED

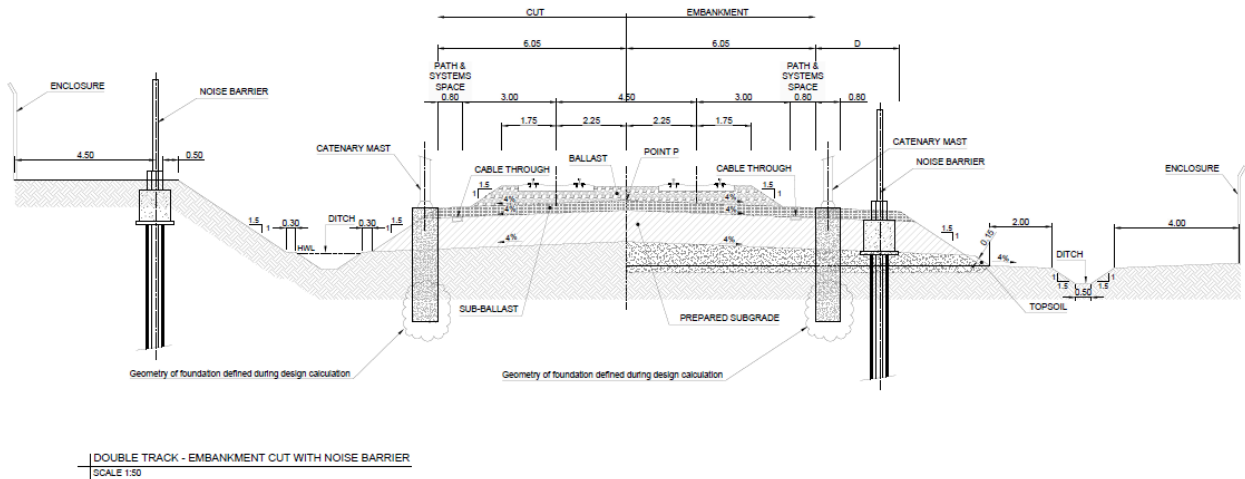
Nimetus	Km	Suund [Tallinn-Pärnu]	Müratõkke pikkus [m]	Üldkõrgus [m]
EE2-DPS3-1b.1	0+000–1+300	Parem	1300	4,5
EE2-DPS3-1b.2	6+380–6+840	Parem	460	4,5
EE2-DPS3-1b.3	6+960–7+460	Parem	500	4,5
EE2-DPS3-1b.4	7+160–7+900	Vasak	740	4,5
EE2-DPS3-1b.5	7+600–7+860	Parem	260	4,5
EE2-DPS3-1b.6	8+710–9+020	Parem	310	3,5
EE2-DPS3-1b.7	8+900–9+200	Vasak	300	3,5
EE2-DPS3-1b.8	0+107–0+407*	Parem	300	4,5
	Kogupikkus		<b>4170</b>	

Märkus\*: 1520 mm raudteeliin

Table 24. Alternatiivi 1b müratõkked

## 5.2 TÜÜPILINE RISTLÕIGE

Müratõkke asukoht ristlõikes sõltub lõigu tüübist, kuhu see on rajatud, ja selle konkreetsetest piirangutest. Tavaliselt rajatakse müratõkke järgmise skeemi järgi (Joonis 9):



Joonis 9. Tüüpiline ristlõige koos müratõketega

Kui müratõkke asub muldkeha lõigus, rajatakse see ballasti alusest kõrgemale. Sama kehtib viadukti puhul.

Kui müratõkke asub süvendi lõigus, rajatakse see süvendi kõrgema külje piiri lähedale (kui sellel on vastav kõrgus). Muudel juhtudel rajatakse müratõkke sarnastesse kohtadesse nagu muldkeha lõikudes.

## 6. MAJANDUSLIK ANALÜÜS

Majandusliku analüüsi esimene meetod võtab arvesse moodulpaneelide ühikuhinda.

Sellest tulenevalt on valitud alternatiivi majanduslik tasakaal punktis 5 „Vajalikud müratõkked“ toodud hinnanguliste koguste põhjal järgmine:

Alternatiiv	Kogupikkus (m)	Üldkõrgus (m)	Hinnanguline kogumaksumus (€)
Alternatiiv 1B	3560	4,50	5 868 512,98 €
	610	3,50	
	420	3,50	

*Table 25. Iga alternatiivi hinnanguline maksumus*

## 7. JÄRELDUSED

Euroopa ja Eesti standardid kehtestavad müraallikate levitatava müra piirväärtused elamutes ja ühiskondlikes hoonetes ning nende ümbruses. Müra mõju peetakse rahvatervise valdkonnas oluliseks teemaks. Vaatamata sellele, et uute tehnoloogiasaavutuste abil on suudetud veeremi tekitatavat müra viimastel aastatel vähendada, müratase siiski suureneb pidevalt uute raudteeliinide suurte jõudlusparameetrite tõttu. Sellest tulenevalt on vajalik müra leevendamise meetmete abil tagada müratase, mis jääks alla kehtestatud piirväärtust.

Mitme juhtumiuuringu puhul täheldatud kogemused rõhutavad seda, et müratõkked on parim ja kõige tavalisem lahendus müra leevendamiseks. Seetõttu tuleb müratõkete abil kontrollida raudtee peamisi müraallikaid, nagu rööbastee lähedal asuvad rööpa-/veomüra allikad ning rongi peal olevate aerodünaamiliste mõjude ja seadmetega seotud müraallikad. Selleks peab projekt haldama põhiparameetreid nagu geomeetria ja nende suhtelist asukohta allika ja vastuvõtja vahel, heli peegeldust tõkke ja rongikoosseisu vahel, keskkonda integreeritavat esteetilist aspekti või ohutust, opereerimist ja struktuuri puudutavaid küsimusi.

Müratõkete projekteerimine on protsess, mis algab raudteede võimaliku müramõju hindamisest, ja spetsiaalse meetodika kasutamisega määratakse kindlaks vastava tõkke geomeetria määratlus ja materjali koostis. Selle protsessi käigus võivad täiendavad esteetilised aspektid, konstruktsiooni toimivuse või toimimisnõuetega seotud täiendavad piirangud lõplikku projekti muuta.

Müratõkete standardlahenduseks kõige sobivaima müratõkete tüübi leidmiseks on välja pakutud neli müratõkete tüüpi, mille osas viidi läbi multikriteeriumi analüüs. Pakutud müratõkked on laotud biotõkked, gabioonid, metallist sandwich-paneelid ja taaskasutatud plastist müratõkked. Multikriteeriumi analüüs võtab arvesse majanduslikke, tehnilisi ja jätkusuutlikkuse kriteeriume. Selle analüüsi tulemusel on kõige sobivamaks tüübiks moodulpaneel (metallist sandwich-paneel või taaskasutatud plastist müratõke). Konkreetsetes olukorras võib aga olla vaja teist tüüpi müratõket. Seda analüüsitakse edasistes etappides.

Müra leevendamise vajadust analüüsitakse kohalike müranõuete ja müraennustusmudeli tulemuste võrdluse abil, millega genereeritakse mürakaardid ja mis näitavad mürasurve taset erinevates punktides, võttes arvesse raudteeliikluse omadusi. Selle saavutamiseks on müraennustusmudeliks valitud SRMII mudel. Kuna kaaluti ka CNOSSOS-EU mudelit, on lisatud paranduskoefitsient, mis võimaldab arvestada nende vahelist erinevust, nii et projektlahendus vastab mõlema meetodi nõuetele.

Iga alternatiivi mürauuring näitab ekvivalentse helirõhutaseme saavutamiseks vajalike müratõkete asukohta ja geomeetria. Alternatiivi 1b puhul on vaja kaheksat müratõkkega lõiku kogupikkusega 4170 m.

## LISAD

## LISA I – TUNDLIKE TSOONIDE LOETELU

Märkused:

“-” – elamuid pole

“0” – raudteerööpad asuvad elamukinnistu piirides

Mõned müratundlikud piirkonnad on toodud „elamualade rühmana“, sest sellesse on koondunud mitmed elamukinnistud. Rööbastee poole jääv külg on toodud suunaga **Tallinnast Pärnusse**.

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
65301:011:0015	Kassikulla tn 2	0+000	9a/16+200	Parem
65301:001:5016	Kassikulla tn 3	0+000	9a/16+100	Parem
65301:011:0600	Kassikulla tn 4	0+000	9a/16+200	Parem
44602:002:1400	Paeseljaku tn 2	0+000	9a/16+400	Parem
44602:002:0043	Paeseljaku tn 3	0+000	9a/16+300	Parem
44602:002:0044	Paeseljaku tn 4	0+000	9a/16+400	Parem
44602:002:0960	Paeseljaku tn 4	0+000	9a/16+400	Parem
44602:002:1230	Paeseljaku tn 5	0+000	9a/16+300	Parem
44602:002:0041	Uus-Muuga pst 24	0+000	9a/16+100	Parem
44602:002:0100	Uus-Muuga pst 33	0+000	9a/16+300	Parem
44601:001:0229	Uus-Muuga pst 35	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0220	Uus-Muuga pst 35a	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0300	Uus-Muuga pst 37	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0310	Uus-Muuga pst 39	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:1190	Uus-Muuga pst 41	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:1340	Uus-Muuga pst 43	0+000	9a/16+100	Parem
44602:001:1880	Uus-Muuga pst 45	0+000	9a/16+100	Parem
44602:001:1850	Uus-Muuga pst 47a	0+000	9a/16+100	Parem
44602:001:1450	Veehoidla tn 14	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:1730	Veehoidla tn 15	0+000	9a/16+400	Parem
44602:001:1530	Veehoidla tn 16	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:1920	Veehoidla tn 17	0+000	9a/16+400	Parem
44602:001:1900	Veehoidla tn 18	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:1840	Veehoidla tn 19	0+000	9a/16+400	Parem
44602:001:0005	Veehoidla tn 20	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0006	Veehoidla tn 22	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0053	Veehoidla tn 23	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0061	Veehoidla tn 24	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0200	Veehoidla tn 25	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0099	Veehoidla tn 26	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0530	Veehoidla tn 27	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0340	Veehoidla tn 29	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0740	Veehoidla tn 30	0+000	9a/16+100	Parem
44602:001:0670	Veehoidla tn 31	0+000	9a/16+200	Parem



Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44602:001:1260	Veehoidla tn 32	0+000	9a/16+100	Parem
44602:001:1560	Veehoidla tn 33	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:1910	Veehoidla tn 35	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0048	Veehoidla tn 37	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0350	Veehoidla tn 39	0+000	9a/16+100	Parem
44601:001:0505	Veehoidla tn 41	0+000	9a/16+100	Parem
44602:001:0430	Uus-Muuga pst 45a	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0930	Ränikivi tn 1	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:0018	Veehoidla tn 10 // Vesiliiva tn 1	0+000	9a/16+200	Parem
44601:001:0506	Paeseljaku tn 7	0+000	9a/16+200	Parem
44602:001:1130	Uus-Muuga pst 31	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0041	Paeseljaku tn 6	0+000	9a/16+300	Parem
44602:001:0710	Veehoidla tn 13	0+000	9a/16+400	Parem
44602:001:0038	Veehoidla tn 28	0+000	9a/16+400	Parem
44602:001:0071	Uus-Muuga pst 35b	0+000	9a/16+400	Parem
65301:011:0158	Kassikulla tn 5	0+100	9a/16+100	Parem
44602:002:0005	Soosalu tn 1	0+100	9a/16+100	Parem
44602:002:0008	Soosalu tn 3	0+100	9a/16+000	Parem
44602:002:0008	Soosalu tn 3	0+100	9a/16+000	Parem
44602:002:0009	Soosalu tn 3a	0+100	9a/16+100	Parem
44602:002:0036	Soosalu tn 3b	0+100	9a/16+000	Parem
44602:002:0046	Soosalu tn 5	0+100	9a/16+000	Parem
44602:002:0310	Uus-Muuga pst 30	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:1510	Veehoidla tn 34	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0033	Veehoidla tn 36	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0033	Veehoidla tn 36	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0056	Veehoidla tn 38	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0115	Veehoidla tn 40	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:0050	Veehoidla tn 43	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0190	Veehoidla tn 45	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0260	Veehoidla tn 47	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:0550	Veehoidla tn 47a	0+100	9a/16+100	Parem
44602:001:0750	Veehoidla tn 49	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:0760	Veehoidla tn 51	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:1100	Veehoidla tn 53	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:0082	Kassikulla tn 7	0+100	9a/16+000	Parem
44602:001:0790	Veehoidla tn 42	0+100	9a/16+100	Parem
24504:002:0500	Laukasoo tn 1	0+200	9a/15+900	Parem
24504:002:0870	Laukasoo tn 10	0+200	9a/16+000	Parem
24504:002:1060	Laukasoo tn 11	0+200	9a/15+900	Parem
24504:002:0335	Laukasoo tn 12	0+200	9a/16+000	Parem
24501:001:0148	Laukasoo tn 13	0+200	9a/15+900	Parem
44604:002:0062	Laukasoo tn 2	0+200	9a/15+900	Parem

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44604:002:0002	Laukasoo tn 2a	0+200	9a/16+000	Parem
44604:002:0036	Laukasoo tn 3	0+200	9a/15+900	Parem
44604:002:0036	Laukasoo tn 3	0+200	9a/15+900	Parem
44604:002:0016	Laukasoo tn 5	0+200	9a/15+900	Parem
44602:002:0300	Laukasoo tn 7	0+200	9a/15+900	Parem
44602:002:1390	Laukasoo tn 8	0+200	9a/16+000	Parem
44602:002:1480	Laukasoo tn 8a	0+200	9a/16+000	Parem
44602:002:1030	Laukasoo tn 9	0+200	9a/15+900	Parem
44602:002:0015	Murumetsa tn 16	0+200	9a/15+900	Parem
44602:002:0340	Murumetsa tn 18	0+200	9a/15+900	Parem
44602:002:0048	Soosalu tn 5a	0+200	9a/16+000	Parem
44602:002:1540	Soosalu tn 7	0+200	9a/16+000	Parem
44602:002:1450	Soosalu tn 7a	0+200	9a/16+000	Parem
44602:002:1500	Uus-Muuga pst 32	0+200	9a/16+000	Parem
44602:002:0780	Uus-Muuga pst 34	0+200	9a/16+000	Parem
44602:001:0330	Uus-Muuga pst 36	0+200	9a/16+000	Parem
44602:001:1000	Uus-Muuga pst 40	0+200	9a/15+900	Parem
44602:001:0003	Uus-Muuga pst 49	0+200	9a/16+000	Parem
44602:001:0063	Uus-Muuga pst 51	0+200	9a/16+000	Parem
44602:001:0016	Uus-Muuga pst 55	0+200	9a/15+900	Parem
44602:001:1550	Veehoidla tn 55	0+200	9a/16+000	Parem
44602:001:0800	Laukasoo tn 14	0+200	9a/16+000	Parem
44602:001:0380	Veehoidla tn 57	0+200	9a/16+000	Parem
24504:003:0849	Laukasoo tn 1a	0+300	9a/15+900	Parem
44604:002:0140	Laukasoo tn 3a	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0570	Murumetsa tn 10	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0890	Murumetsa tn 11	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0990	Murumetsa tn 13	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:1380	Murumetsa tn 14	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0018	Murumetsa tn 15	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0350	Murumetsa tn 17	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0003	Murumetsa tn 17a	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:0014	Murumetsa tn 2	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0630	Murumetsa tn 3	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:0620	Murumetsa tn 4	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0560	Murumetsa tn 5	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:0710	Murumetsa tn 6	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0790	Murumetsa tn 7	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:1180	Murumetsa tn 8	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:1010	Murumetsa tn 9	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:0400	Sookolli tn 12	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:0940	Sookolli tn 14	0+300	9a/15+800	Parem
44602:002:1240	Sookolli tn 16	0+300	9a/15+800	Parem

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44602:001:1280	Uus-Muuga pst 42	0+300	9a/15+900	Parem
44602:001:1590	Uus-Muuga pst 44	0+300	9a/15+900	Parem
44602:001:0007	Uus-Muuga pst 48	0+300	9a/15+800	Parem
44602:001:0019	Uus-Muuga pst 50	0+300	9a/15+800	Parem
44602:001:0097	Uus-Muuga pst 52	0+300	9a/15+800	Parem
44602:001:0110	Uus-Muuga pst 57	0+300	9a/15+900	Parem
44602:002:0660	Murumetsa tn 1	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1310	Peterselli tee 18	0+400	9a/15+700	Parem
44602:002:0002	Peterselli tee 20	0+400	9a/15+700	Parem
44602:002:0023	Peterselli tee 22	0+400	9a/15+700	Parem
44602:002:0450	Sookolli tn 1	0+400	9a/15+700	Parem
44602:002:0270	Sookolli tn 10	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:0470	Sookolli tn 11	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1070	Sookolli tn 13	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1220	Sookolli tn 15	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1530	Sookolli tn 3	0+400	9a/15+700	Parem
44602:002:1260	Sookolli tn 4	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1420	Sookolli tn 5	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1550	Sookolli tn 6	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:1130	Sookolli tn 7	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:0006	Sookolli tn 8	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:0007	Sookolli tn 9	0+400	9a/15+800	Parem
44602:001:1110	Uus-Muuga pst 56	0+400	9a/15+800	Parem
44602:001:1200	Uus-Muuga pst 58	0+400	9a/15+800	Parem
44602:001:0320	Uus-Muuga pst 60	0+400	9a/15+700	Parem
44602:001:0210	Uus-Muuga pst 67	0+400	9a/15+800	Parem
44602:001:0086	Virvatule tn 10	0+400	9a/15+700	Parem
44602:001:1870	Virvatule tn 12	0+400	9a/15+700	Parem
44602:001:0390	Virvatule tn 14	0+400	9a/15+700	Parem
44602:001:0570	Virvatule tn 16	0+400	9a/15+800	Parem
44602:001:0630	Virvatule tn 6	0+400	9a/15+700	Parem
44602:001:0720	Virvatule tn 8	0+400	9a/15+700	Parem
44602:002:1190	Sookolli tn 2	0+400	9a/15+800	Parem
44602:002:0016	Uus-Muuga pst 54	0+400	9a/15+800	Parem
65301:002:0332	Kaalika tee 14	0+500	9a/15+600	Parem
65301:003:1260	Kaalika tee 16	0+500	9a/15+700	Parem
65301:001:3762	Kaalika tee 27	0+500	9a/15+700	Parem
65301:001:5020	Kaalika tee 29	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0320	Peterselli tee 10	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0690	Peterselli tee 11	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0910	Peterselli tee 12	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:1100	Peterselli tee 13	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:1300	Peterselli tee 14	0+500	9a/15+700	Parem

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44602:002:1170	Peterselli tee 16	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0022	Peterselli tee 2	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0039	Peterselli tee 4	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0047	Peterselli tee 5	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0052	Peterselli tee 6	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0770	Peterselli tee 7	0+500	9a/15+700	Parem
44601:001:0292	Peterselli tee 8	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0040	Peterselli tee 9	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:1340	Sibula tee 17	0+500	9a/15+600	Parem
44602:002:0049	Sibula tee 36	0+500	9a/15+600	Parem
44602:001:1010	Tilli tee 10	0+500	9a/15+600	Parem
44602:002:1120	Tilli tee 12	0+500	9a/15+600	Parem
44602:002:1430	Tilli tee 4	0+500	9a/15+600	Parem
44602:002:1460	Tilli tee 6	0+500	9a/15+600	Parem
44602:002:0004	Tilli tee 8	0+500	9a/15+600	Parem
44602:001:0600	Virvatule tn 2	0+500	9a/15+700	Parem
44602:001:0690	Virvatule tn 4	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0140	Kaalika tee 25	0+500	9a/15+700	Parem
44602:002:0250	Porgandi tee 10	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0180	Porgandi tee 12	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0280	Porgandi tee 13	0+600	9a/15+500	Parem
44602:002:0360	Porgandi tee 2	0+600	9a/15+500	Parem
44602:002:0590	Porgandi tee 4	0+600	9a/15+500	Parem
44602:002:0540	Porgandi tee 6	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0026	Sibula tee 26	0+600	9a/15+500	Parem
44602:002:0035	Sibula tee 28	0+600	9a/15+500	Parem
44602:002:0037	Sibula tee 30	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0033	Sibula tee 32	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0038	Sibula tee 34	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0720	Tilli tee 1	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0800	Tilli tee 11	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:1110	Tilli tee 13	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:1200	Tilli tee 2	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:1250	Tilli tee 3	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:1440	Tilli tee 5	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:1510	Tilli tee 7	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0017	Tilli tee 9	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0080	Kaalika tee 10 // Porgandi tee 16	0+600	9a/15+500	Parem
44602:002:0050	Porgandi tee 11	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0760	Porgandi tee 14	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0055	Porgandi tee 8	0+600	9a/15+600	Parem
44602:002:0860	Murulaugu tn 16	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0420	Porgandi tee 3	0+700	9a/15+500	Parem

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44602:002:0600	Porgandi tee 5	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0950	Porgandi tee 7	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:1060	Porgandi tee 9	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:1270	Sibula tee 18	0+700	9a/15+400	Parem
44602:002:1140	Sibula tee 20	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:1410	Sibula tee 22	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0001	Sibula tee 24	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0460	Sibula tee 9	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0012	Spinati tee 10	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0230	Spinati tee 2	0+700	9a/15+400	Parem
44602:002:0390	Spinati tee 4	0+700	9a/15+400	Parem
44602:002:0650	Spinati tee 6	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0500	Spinati tee 8	0+700	9a/15+500	Parem
44602:002:0210	Spinati tee 7	0+700	9a/15+400	Parem
44602:002:0051	Spinati tee 12	0+700	9a/15+500	Parem
65301:001:5013	Küüslaugu tn 1	0+800	9a/15+400	Parem
65301:011:0420	Küüslaugu tn 3	0+800	9a/15+400	Parem
65301:011:0269	Küüslaugu tn 5	0+800	9a/15+300	Parem
44602:002:0850	Murulaugu tn 10	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0900	Murulaugu tn 12	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0810	Murulaugu tn 14	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0880	Peedi tee 2	0+800	9a/15+300	Parem
44602:002:0380	Peedi tee 4	0+800	9a/15+300	Parem
44602:002:0370	Peedi tee 6	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:1150	Sibula tee 10	0+800	9a/15+300	Parem
44602:002:1210	Sibula tee 12	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:1020	Sibula tee 14	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:1350	Sibula tee 16	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0510	Spinati tee 1	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0220	Spinati tee 3	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0440	Spinati tee 5	0+800	9a/15+400	Parem
44602:002:0290	Peedi tee 8	0+800	9a/15+400	Parem
65301:001:4748	Küüslaugu tn 2	0+900	9a/15+300	Parem
65301:011:0358	Küüslaugu tn 4	0+900	9a/15+300	Parem
24504:002:0096	Küüslaugu tn 6	0+900	9a/15+300	Parem
24504:002:0204	Küüslaugu tn 8	0+900	9a/15+300	Parem
44602:002:0970	Porrulaugu tn 1	0+900	9a/15+300	Parem
44602:002:0060	Porrulaugu tn 3	0+900	9a/15+200	Parem
44602:002:1520	Sibula tee 6	0+900	9a/15+300	Parem
44602:002:1050	Sibula tee 8	0+900	9a/15+300	Parem
44602:002:0830	Porrulaugu tn 5	0+900	9a/15+200	Parem
65301:011:0144	Küüslaugu tn 10	1+000	9a/15+200	Parem
44602:002:1490	Porrulaugu tn 11	1+000	9a/15+200	Parem

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44602:002:0150	Porrulaugu tn 7	1+000	9a/15+200	Parem
44602:002:0260	Porrulaugu tn 9	1+000	9a/15+200	Parem
44602:002:1360	Sibula tee 4	1+000	9a/15+100	Parem
44602:002:0430	Peedi tee 1	1+100	9a/15+000	Parem
44602:002:0330	Peedi tee 3	1+100	9a/15+000	Parem
44602:002:0330	Peedi tee 3	1+100	9a/15+000	Parem
44602:002:1320	Porrulaugu tn 10	1+100	9a/15+100	Parem
44602:002:0028	Porrulaugu tn 12	1+100	9a/15+100	Parem
44602:002:0520	Porrulaugu tn 2	1+100	9a/15+100	Parem
44602:002:0020	Porrulaugu tn 6	1+100	9a/15+100	Parem
44602:002:0200	Porrulaugu tn 8	1+100	9a/15+100	Parem
44602:002:1160	Sibula tee 2	1+100	9a/15+000	Parem
44602:002:0820	Porrulaugu tn 4	1+100	9a/15+100	Parem
44602:002:0024	Peedi tee 5	1+200	9a/15+000	Parem
44602:002:0190	Raba tee 6	11+300	/4+700	Parem
44602:002:0530	Raba tee 8	11+400	/4+700	Parem
24501:001:0879	Järvekalda tee 14	3+200	9a/12+800	Vasak
24501:001:0878	Kogre tn 2a	3+300	9a/12+800	Vasak
24504:003:0834	Kogre tn 2b	3+300	9a/12+800	Vasak
24501:001:0877	Järvekalda tee 16	3+300	9a/12+800	Vasak
24504:003:0087	Küüni tee 17	3+800	9a/12+300	Vasak
24504:003:0222	Küüni tee 19	3+900	9a/12+200	Vasak
24501:001:0768	Keldrimäe tee 5	3+900	9a/12+200	Vasak
24504:002:0278	Õnnela	6+400	9a/9+700	Parem
24504:002:0207	Nehatu tee 8	6+500	9a/9+600	Parem
24504:002:0277	Nehatu tee 6	6+500	9a/9+600	Parem
24504:002:0279	Õnne	6+500	9a/9+600	Parem
44602:002:1090	Salu tee 4	6+600	9a/9+500	Parem
24504:002:0970	Salu tee 8	6+700	9a/9+400	Parem
44602:002:0110	Pirita tee 18	7+100	9a/9+000	Vasak
44602:002:0120	Pirita tee 20	7+100	9a/9+000	Vasak
44602:002:0130	Pirita tee 22	7+100	9a/9+000	Vasak
24504:002:0022	Pirita tee 24	7+100	9a/9+000	Vasak
44602:002:0090	Pirita tee 16	7+200	9a/8+900	Vasak
24504:002:1350	Pirita tee 14	7+200	9a/8+900	Vasak
44602:002:0030	Pirita põik 8	7+300	9a/8+700	Vasak
44602:002:0640	Salu tee 24	7+400	9a/8+700	Parem
44602:001:0021	Veneküla tee 3	7+600	9a/8+500	Vasak
44602:001:0068	Veneküla tee 6 // Pae	7+700	9a/8+300	Vasak
78401:101:2762	Lagedi tee 15	7+800	9a/8+300	Parem
78401:101:2763	Lagedi tee 17	7+800	9a/8+300	Parem
65301:011:0134	Kopli	8+900	9a/7+200	Parem
65301:011:0135	Kopli	8+900	9a/7+200	Rööbasteel

Katastrinumber	Aadress	pk I/II	pk PD	Rööbastee külg
44602:002:0840	Liiva	9+100	9a/6+900	Vasak
44602:002:0490	Rangu	9+100	9a/7+000	Vasak
44602:002:0031	Uuesauna	9+200	9a/6+900	Rööbasteel
65301:001:5018	Otto	9+200	9a/6+900	Vasak
44602:002:0070	Pirgu	9+300	9a/6+800	Vasak
65301:002:1230	Aaviku	9+400	9a/6+700	Vasak
65301:001:4293	Puukooli	9+600	9a/6+500	Vasak

## LISA II – SRMII JA CNOSOSE EKVIVALENTSUS

[https://www.researchgate.net/publication/326200001\\_Evaluation\\_and\\_Validation\\_of\\_the\\_CNOS\\_SOS\\_calculation\\_method\\_in\\_the\\_Netherlands](https://www.researchgate.net/publication/326200001_Evaluation_and_Validation_of_the_CNOS_SOS_calculation_method_in_the_Netherlands)



## LISA III – 1520 mm RAUDTEELIINI LIIKLUSTIHEDUSE PROGNOOS MÜRAUURINGU TEOSTAMISEKS

## LISA IV – MÜRAKAARTIDE ARVUTUSED

## APPENDIX III – TRAFFIC FORECAST OF THE 1520 RAILWAY LINE FOR THE NOISE STUDY

**DESIGN AND DESIGN SUPERVISION SERVICES  
FOR THE CONSTRUCTION OF THE  
NEW LINES FROM  
TALLINN TO RAPLA AND PARNÜ TO RAPLA**

**MASTER DESIGN  
DPS3  
TRAFFIC FORECAST OF THE 1520 RAILWAY  
LINE FOR THE NOISE STUDY**



**Co-financed by the European Union**  
Connecting Europe Facility

*The sole responsibility of this publication lies with the author.*

*The European Union is not responsible for any use that may be made of the information contained therein.*

Date: 18th May 21

## CONTENTS

1. INTRODUCTION .....	3
1.1 Abstract.....	3
1.2 Related documents .....	3
2. ANALYSIS .....	4
2.1 Reference information.....	4
2.2 Assessment .....	6
2.3 Proposal.....	7
3. CONCLUSIONS.....	8

## FIGURES

Figure 1. Figure 53 Operational Plan .....	4
Figure 2. Estimated traffic data of existing 1520mm and non-existing 1435mm line.....	5



## 1. INTRODUCTION

### 1.1 ABSTRACT

The aim of this document is to collect the existing information of the 1520mm railway traffic and lead to a proposal of the inputs needed for the Master Design noise study of the DPS3.

First of all, in order to achieve this, a request of the existing and estimated railway traffic of the 1520mm line has been made to AS Eesti Raudtee by SKPK on behalf IDOM. The answer provides estimated traffic data of the 1520mm railway line for three time periods (2025, 2035 and 2055) and three development scenarios (base, moderate and fast growth), but it does not specify in a explicit way the data to be considered in the noise study for Rail Baltica project. In addition, the answer collects traffic data of a non-existing 1435mm railway line in the same time periods and development scenarios. It is believed that this non-existing line corresponds to the designed Rail Baltica railway line and those traffic data were provided by RB to AS Eesti Raudtee two years ago.

It is inferred that the time period and development scenario of the 1520mm line which should be considered in the noise study is the same that the time and scenario which is being considered for the designed Rail Baltica railway.

Therefore, there are two main topics to address: first, determine if the traffic data of the 1435mm railway line corresponds to Rail Baltica data traffic and, second, withdraw the 1520mm data traffic which are related to the Rail Baltica design scenario.

Afterwards, to assess the adequacy and reliability of the received information, the traffic data of the non-existing 1435mm railway line is compared to the information presented in the Operational Plan. The coherency between both sources is analysed and the potential weaknesses are pointed out. It is highlighted that there are several differences for the time periods 2025 and 2055 in the development scenarios base and moderate. Nevertheless, the time periods 2035 and 2046 in the scenarios moderate and fast are very similar.

Finally, it is defined a proposal of inputs needed for the Master Design noise study of the DPS3 concerning the 1520mm estimated traffic data. Since the noise studies' design scenario of RB is 2046, a correlation is made between times 2035 and 2055.

As conclusion, it is underscored the need that RB determines the inputs needed for the Master Design noise study of the DPS3 considering this first analysis.

### 1.2 RELATED DOCUMENTS

- [1]. Mail with request and answer
- [2]. Attached document 1
- [3]. Attached document 2
- [4]. Letter
- [5]. Operational Plan

## 2. ANALYSIS

### 2.1 REFERENCE INFORMATION

#### 2.1.1 RAIL BALTICA

- The Rail Baltica noise studies are carried out according to [4].
- The DPS3 contains only freight traffic, as stated in the figure 53 of the Operational Plan which is presented below:

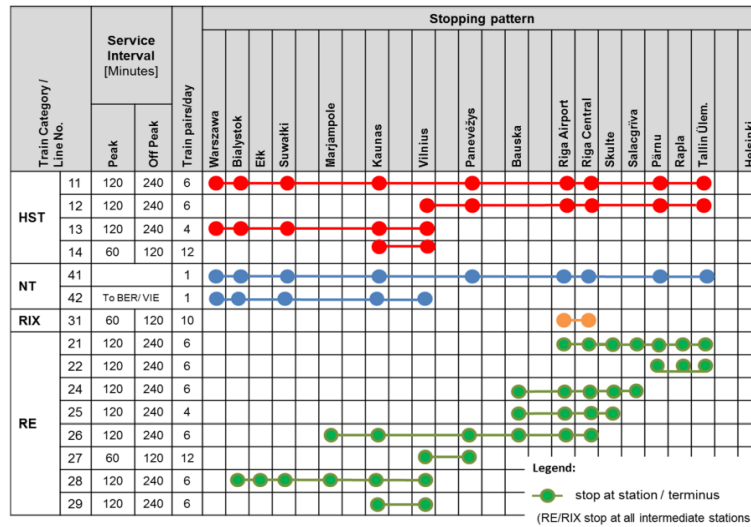


Figure 53: Passenger train service pattern in 2036/2046

Figure 1. Figure 53 Operational Plan

- The freight traffic data is extracted from the table 127 of the Operational Plan which is presented below:

Line section	Total number of trains [train pairs / day]				
	Year	2026	2036	2046	2056
Muuga – Salaspils		12	13	16	24
Salaspils - Kaunas triangle		14	15	18	25
Vaidotai - Kaunas triangle		13	15	16	18
Kaunas Triangle – Palemonas		19	22	26	31
Palemonas - border PL/LT		27	31	36	42
Kaunas Triangle East - Kaunas Triangle North		4	4	4	6
Kaunas Triangle North - Kaunas Triangle South		10	11	14	19
Kaunas Triangle South - Kaunas Triangle East		9	11	12	12
Line section	Thereof wagonload trains [train pairs / day]				
Year	2026	2036	2046	2056	
Muuga – Salaspils		2	3	3	5
Salaspils - Kaunas triangle		2	2	2	4
Vaidotai - Kaunas triangle		1	1	1	1
Kaunas Triangle – Palemonas		1	1	1	3
Palemonas - border PL/LT		3	3	4	5
Line section	Thereof intermodal trains [train pairs / day]				
Year	2026	2036	2046	2056	
Muuga – Salaspils		10	10	13	19
Salaspils - Kaunas triangle		12	13	16	21
Vaidotai - Kaunas triangle		12	14	15	17
Kaunas Triangle – Palemonas		18	21	25	28
Palemonas - border PL/LT		24	28	32	37

Table 127: Consolidated freight transport forecast, train pairs per working day per line section

Table 1. Table 127 Operational Plan

- The freight traffic distribution is calculated based on 22 hours operating day, distributed evenly according to [4].



From the previous table and traffic distribution, it is possible to withdraw the following traffic distribution for EE-DS2-DPS3:

Table 127 - Freight transport				
Train type \ Hours	Number of train pairs, units			Total
	07-19 h	19-23 h	23-07 h	
	12	4	6	22
Bulk train	1,64	0,55	0,82	3
Intermodal train	7,09	2,36	3,55	13
Total				16

Table 2. Freight transport distribution in EE2-DPS3

- The characteristics of the RB freight traffic are defined in the Operational Plan and are collected below:

Train	Axles (n°) and length (m)	Speed (km/h)	Train type
Bulk trains	74 axles (233.98m)	100 km/h	- Freight - Cat 4 - Block braked freight trains - All types of freight trains with cast-iron brakes
Intermodal trains	96 axles (556.96m)	120 km/h	- Freight - Cat 4 - Block braked freight trains - All types of freight trains with cast-iron brakes

Table 3. Freight transport characteristics

### 2.1.2 ESTONIAN RAILWAYS

- From the answer [1], the estimated traffic data of the existing 1520mm line and the non-existing 1435mm line in different time periods and development scenarios is presented below:

Scenarios for peak day train traffic				2025		2025		2025		2025		2035		2035		2035		2035		2055		2055		2055	
				Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)	Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)	Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)		
C	Container cargo	Railway reception/Departure	2	2	1	2			3	3	3	3					4	4	3	3					
			G	1	1	1	0			1	1	1	0					1	1	1	0				
			L	1	1	4	0			1	1	2	0					1	1	2	0				
			D	1	2	3	2			2	3	4	2					2	3	4	2				
			R	1	1	1	0			2	2	1	1					4	4	1	2				
			B	Moderate Grow A	Railway reception/Departure	6	7	11	6	7	11	12	12	13	8	12	13	15	17	13	10	17	13		
C	2	2				1	2			4	4	3	4					5	7	3	5				
G	1	1				1	1			1	1	1	1					1	1	1	1				
L	1	1				4	0			1	1	3	0					1	1	2	0				
D	1	2				4	2			3	4	5	2					3	4	5	2				
R	1	1				1	1			3	2	1	1					5	4	1	2				
C	Fast Growth Sc A	Railway reception/Departure	7	8	13	8	8	13	11	14	14	10	14	16	18	20	15	12	20	15					
			C	2	2	2	3			4	5	3	5					6	9	4	6				
			G	1	1	1	1			1	1	1	1					1	1	1	1				
			L	1	1	5	1			1	1	3	0					1	1	2	0				
			D	2	3	4	2			2	5	6	3					3	4	6	3				
			R	1	1	1	1			3	2	1	1					7	5	2	2				

Figure 2. Estimated traffic data of existing 1520mm and non-existing 1435mm line

## 2.2 ASSESSMENT

First of all, from the Figure 2, it is stated that it was not provided traffic data for the scenario 2046 when it is carried out the noise study. Therefore, it would be suitable to obtain an estimation of the scenario 2046 from the data provided. To achieve this, it is carried out a correlation between the scenario 2035 and 2055 as follow:

Scenarios for peak day train traffic			2025	2025	2025	2025	2025	2025	2035	2035	2035	2035	2035	2035	2046	2046	2046	2046	2046	2055	2055	2055	2055	2055	2055	
			Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)	Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)	Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)	Loaden trains inbound (1435)	Loaden trains outbound (1435)	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	number of train pairs per day (1435)	number of train pairs per day (1520)
A	Base Scenario	A	6	7	10	4	7	10	9	10	11	6	10	11	10,65	11,65	11	6,55	11,65	11	12	13	11	7	13	11
		C	2	2	1	2			3	3	3	3			3,55	3,55	3	3			4	4	3	3		
		G	1	1	1	0			1	1	1	0			1	1	1	0			1	1	1	0		
		L	1	1	4	0			1	1	2	0			1	1	2	0			1	1	2	0		
		D	1	2	3	2			2	3	4	2			2	3	4	2			2	3	4	2		
		R	7	7	1	0			2	2	1	1				3,1	3,1	1	1,55			4	4	1	2	
B	Moderate Grow	A	6	7	11	6	7	11	12	12	13	8	12	13	13,65	14,75	13	9,1	14,75	13	15	17	13	10	17	13
		C	2	2	1	2			4	4	3	4			4,55	5,65	3	4,35			5	7	3	5		
		G	1	1	1	1			1	1	1	1			1	1	1	1			1	1	1	1		
		L	1	1	4	0			1	1	3	0			1	1	2,45	0			1	1	2	0		
		D	1	2	4	2			3	4	5	2			3	4	5	2			3	4	5	2		
		R	7	7	7	7			7	7	7	7			4,1	3,1	1	1,55			8	7	7	7		
C	Fast Growth Sc	A	7	8	13	8	8	13	11	14	14	10	14	16	14,85	17,3	14,55	11,1	17,3	15,45	18	20	15	12	20	15
		C	2	2	2	3			4	5	3	5			5,1	7,2	3,55	5,55			6	9	4	6		
		G	1	1	1	1			1	1	1	1			1	1	1	1			1	1	1	1		
		L	1	1	5	1			1	1	3	0			1	1	2,45	0			1	1	2	0		
		D	2	3	4	2			2	5	6	3			2,55	4,45	6	3			3	4	6	3		
		R	1	1	1	1			3	2	1	1			5,2	3,65	1,55	1,55			7	5	2	2		

Table 4. Correlation scenario between 2035 and 2055

According to the date presented in the Table 1, Rail Baltica traffic will have 3 bulk trains pairs / day<sup>1</sup> and 13 intermodal train pairs / day. Therefore, in 2046 the scenario where the non-existing 1435mm railway line is the same or higher<sup>2</sup> to Rail Baltica traffic is the fast growth scenario. In this case, there will be 17,3 train pairs per day, where 11,5 are intermodal and 4,5 bulk trains.

In that situation, the 1520mm traffic data to be considered would be:

Train type	Loaden trains inbound (1520)	Loaden trains outbound (1520)	Train pairs per day
Container cargo	14,55	11,1	14,55
General cargo	3,55	5,55	3,55
Liquid bulk	1	1	1
Dry Bulk	2,45	0	2,45
Ro-Ro	6	3	6
Container cargo	1,55	1,55	1,55

Which could be summarize as follow:

Train type	Train pairs per day
Intermodal	6,1
Bulk	8,5

However, it is pointed out that the 1435mm traffic data provided by XX is not exactly the same than the traffic data collected in the Operational Plan. Consequently, it is underscored that either the non-existing 1435mm railway line is not the designed Rail Baltica line or that Rail Baltica shall

<sup>1</sup> Remark: 1 train pair is 2 trains

<sup>2</sup> Remark: it is recommended that the estimated traffic is the same or higher than in the OP as conservative approach

update and coordinate data traffic with XX. The main differences between the freight traffic from XX and the Operational Plan are collected below:

1435 Train pairs per day												
Scenario	ERA				RB				Difference			
	2025	2035	2046	2055	2026	2036	2046	2056	2025-2026	2035-2036	2046	2055-2056
	Base scenario	7	10	11,65	13	12	13	16	24	5	3	4,35
Moderate scenario	7	12	14,75	17	12	13	16	24	5	1	1,25	7
Fast growth scenario	8	14	17,3	20	12	13	16	24	4	-1	-1,3	4

### 2.3 PROPOSAL

The proposal is to apply the traffic data of 1520mm railway line based on:

- Traffic time period 2046, same than Rail Baltica line
- Fast Grow scenario, which is the scenario that best fit the 1435mm traffic with RB traffic
- Even distribution of freight traffic, same than Rail Baltica line
- Same train parameters than Rail Baltica line

Therefore, the traffic distribution of the 1520mm railway line would be according to the following table:

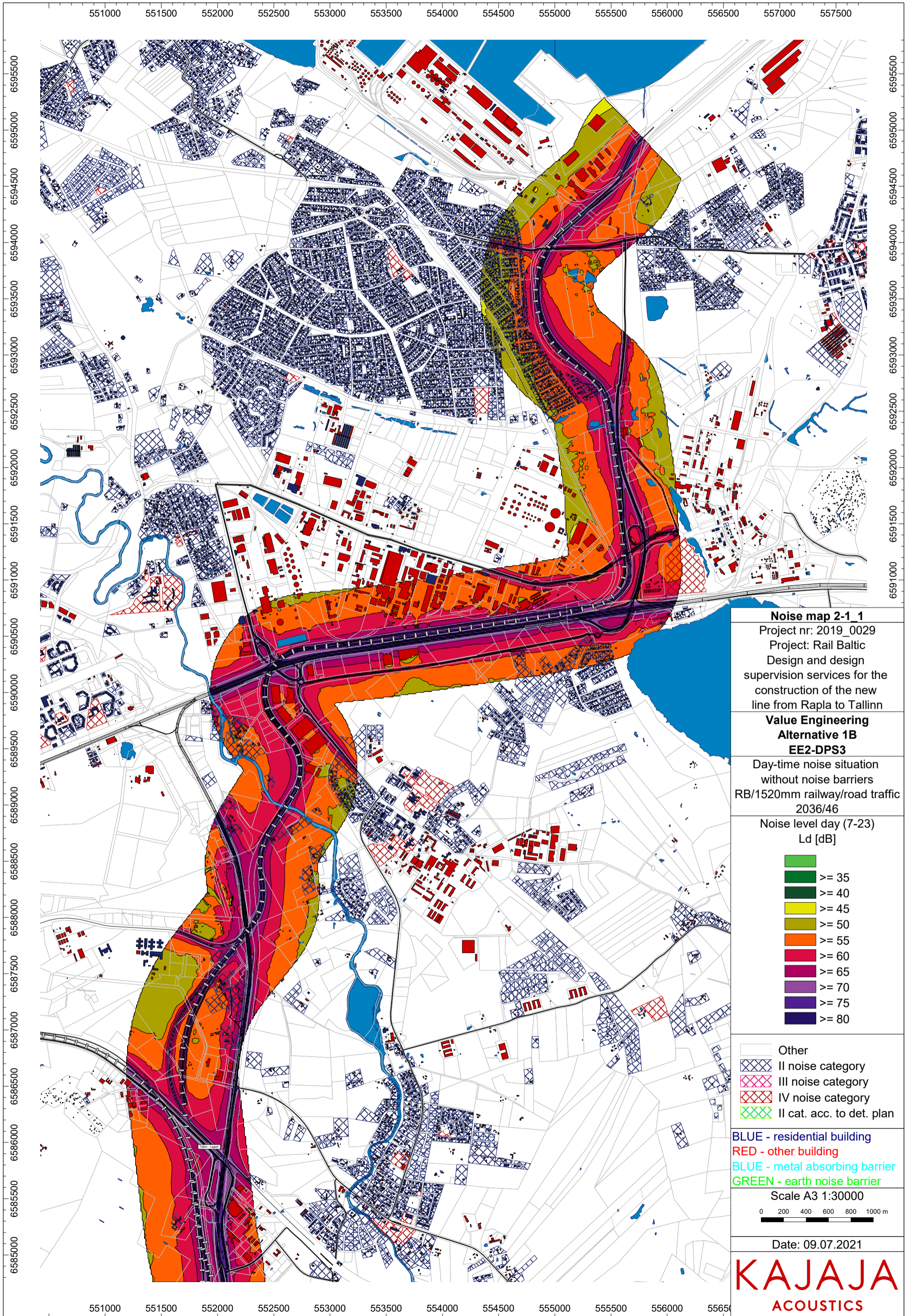
	Number of train pairs, units			Total
	07-19 h	19-23 h	23-07 h	
Train type \ Hours	12	4	6	22
Bulk train	4,61	1,54	2,30	8,45
Intermodal train	3,33	1,11	1,66	6,10
<b>Total</b>	<b>7,94</b>	<b>2,65</b>	<b>3,97</b>	<b>14,55</b>

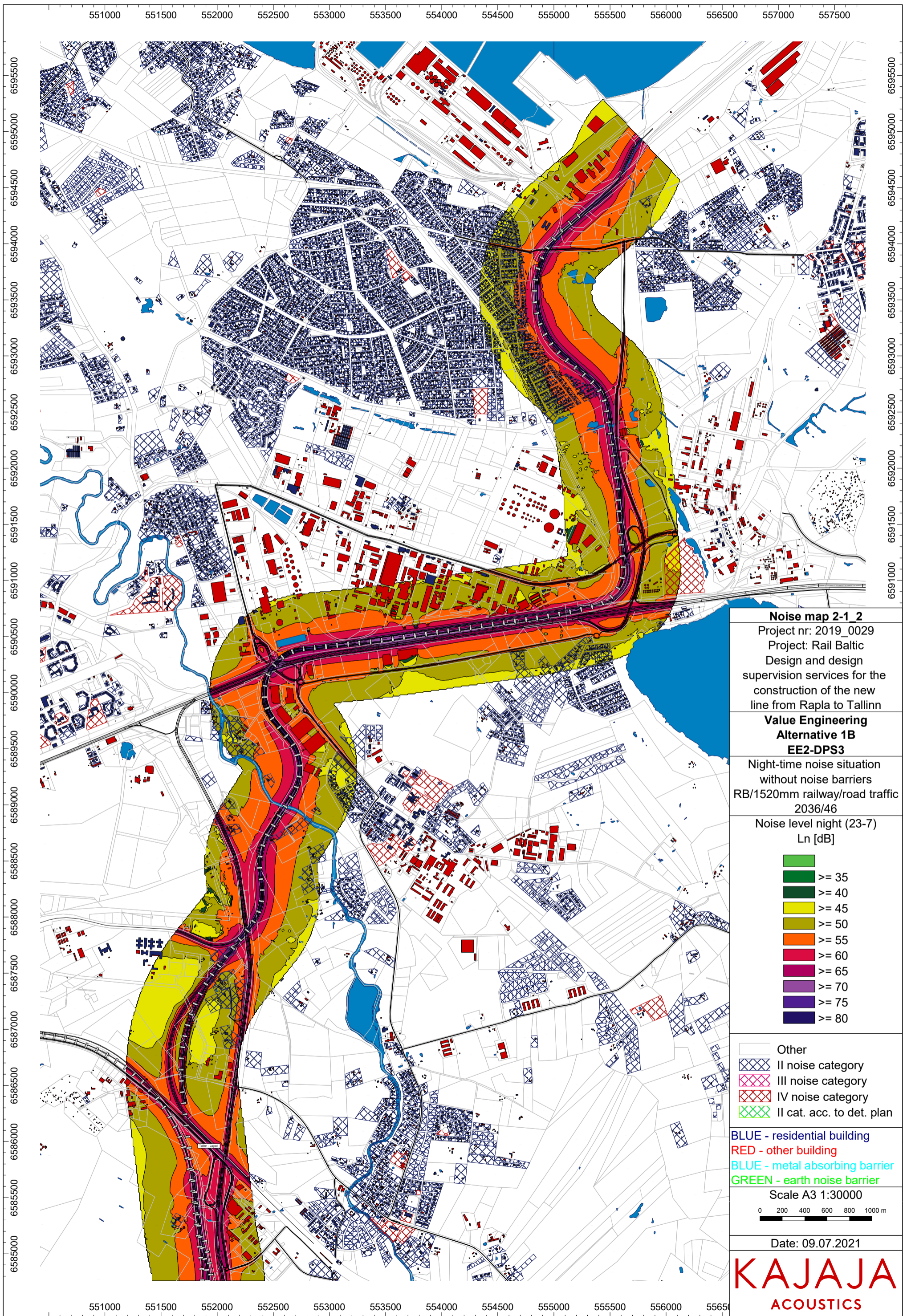
Table 5. 1520mm traffic proposal for EE2-DPS3

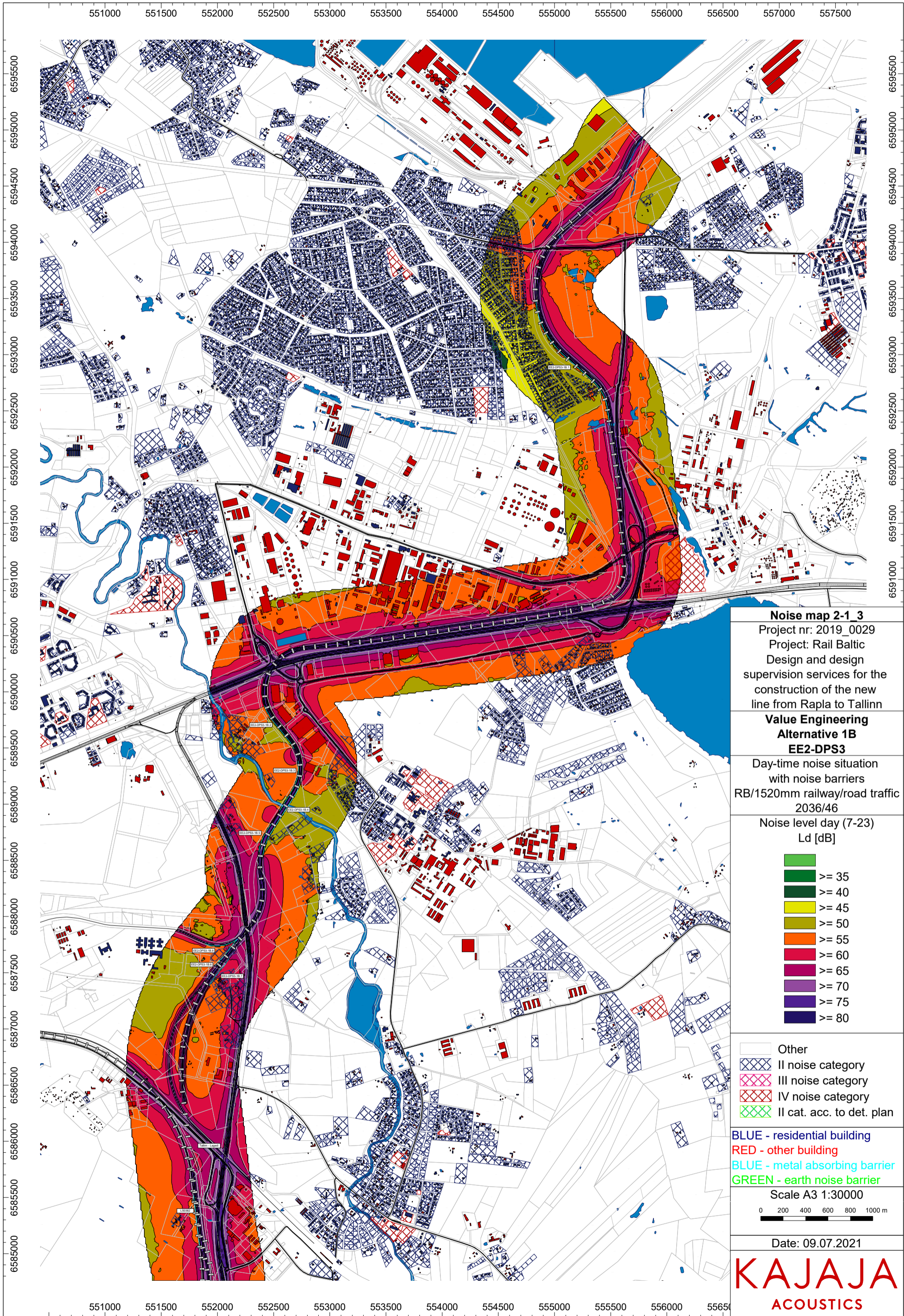
### 3. CONCLUSIONS

1. The traffic data available provides estimated information of the 1520mm railway line for three time periods (2025, 2035 and 2055) and three development scenarios (base, moderate and fast growth), but it does not specify in an explicit way the data to be considered in the noise study for Rail Baltica project
2. It is defined a proposal of inputs needed for the Master Design noise study of the DPS3 concerning the 1520mm estimated traffic data. Since the noise studies' design scenario of RB is 2046, a correlation is made between times 2035 and 2055.
3. In addition, the development scenario selected is based on the criteria of the highest adequacy between the traffic data available and the Operational Plan information regarding the 1435mm railway line. It is highlighted that there are several differences for the time periods 2025 and 2055 in the development scenarios base and moderate. Nevertheless, the time periods 2035 and 2046 in the scenarios moderate and fast are very similar.
4. The proposal is to apply the traffic data of 1520mm railway line based on:
  - 4.1. Traffic time period 2046, same than Rail Baltica line
  - 4.2. Fast Grow scenario, which is the scenario that best fit the 1435mm traffic with RB traffic
  - 4.3. Even distribution of freight traffic, same than Rail Baltica line
  - 4.4. Same train parameters than Rail Baltica line
5. As conclusion, it is underscored the need that RB determines the inputs needed for the Master Design noise study of the DPS3 considering this first analysis.

## APPENDIX IV – NOISE MAPS CALCULATIONS







**Noise map 2-1\_3**  
 Project nr: 2019\_0029  
 Project: Rail Baltic  
 Design and design supervision services for the construction of the new line from Rapla to Tallinn

**Value Engineering**  
**Alternative 1B**  
**EE2-DPS3**

Day-time noise situation with noise barriers  
 RB/1520mm railway/road traffic 2036/46

Noise level day (7-23)  
 Ld [dB]

- >= 35
- >= 40
- >= 45
- >= 50
- >= 55
- >= 60
- >= 65
- >= 70
- >= 75
- >= 80

Other  
 II noise category  
 III noise category  
 IV noise category  
 II cat. acc. to det. plan

BLUE - residential building  
 RED - other building  
 BLUE - metal absorbing barrier  
 GREEN - earth noise barrier

Scale A3 1:30000

0 200 400 600 800 1000 m

Date: 09.07.2021

**KAJAJA**  
 ACOUSTICS



