

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
GEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTĪBU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**DZELZCEĻA RĀDĪTĀ TROKŠŅU IZMĒRĀ  
VECUMNIEKOS**

**BAKALĀURA DARBS**

Autors: Dāvis Balodis  
Studenta apliecības nr. db09028

Darba vadītāja: Dr. Geogr. Iveta Šteinberga

Rīga, 2012

## Anotācija

Pēdējo gadu laikā pasaulē un Latvijā ar trokšņa piesārņojumu saistītais problēma ir palielinājusies, kas saistīts ar autotransporta un dažādu saimniecisko aktivitāšu patsvara pieaugumu. Manuprāt, par vienu no nozīmīgākajiem trokšņa piesārņojuma avotiem uzskatāma dzelzceļa satiksme – vagoni pārvietojoties pa sliedēm rada dažāda veida skaņas, kuras iespējams identificēt kā troksni.

Šī darba mērķis ir noskaidrot cik lielu trokšņa līmeni spēj radīt dzelzceļa sastāvs, kura sliekšņu ceļš ved gar Vecumniekiem, un, vai šī dzelzceļa radītais troksnis ir uzskatāms par traucēkli apkārtnē iedzīvotājiem.

Darba praktiskajā daļā tika apsekots dzelzceļa posms Vecumnieku stacijas tuvumā, veikta dzelzceļa sastāvu uzskaitē, novērtēto kustības biežums, radītais trokšņa un ietekmes novērtējums veikts izmantojot speciālu trokšņa piesārņojuma izplatības novērtējuma datorprogrammu "ExSound2000+".

**Atslēgvārdi:** dzelzceļa troksnis, trokšņa piesārņojums, trokšņa modelēšana.

## Annotation

During the last years noise pollution become a serious ambient pollution problem in the world and particularly in Latvia too. Noise pollution is associated with several types of activities – traffic, particularly rail, industrial segment. From my point of view one of the main source of noise pollution is associated with rail traffic.

Working part of the research were surveyed Vecumnieki rail station, railway stock, assessed the frequency of movement, noise and impact assessment was carried out using a special noise assessment software ‘ExSound2000 +’.

**The main objective of this work** – perform assessment of rail noise in parish Vecumnieki to distinguish influence on inhabitants.

**Keywords:** Rail noise, noise assessment, noise pollution.



## Ievads

Trokšņa piesārņojums tika konstatēts jau senaj Romā, tādējādi aktuāla problēma zirgu pajūgiem, velkot ratus pa nelīdzenu un grāmbainu ceļu, kā rezultātā radās troksnis, kas sagādāja neērtības un diskomfortu pilsiešiem. Mūsdienās attīstītajā pasaulē, kad pieaugot transporta līdzekļu skaitam, pieaug arī pārvietošanās trums, protams paaugstinās trokšņa piesārņojuma līmenis arī raksturīgos lielās pilsētās (aglomerācijās) un dažāda tipa lokālos ceļotuvos. Līdz ar to, bieži vien tieši pilsētu iedzīvotājiem tiek pakauti paaugstinātais trokšņa līmenis, kas, savukārt, ietekmē viņu labsajūtu, rada veselības problēmas, kā arī ietekmē viņu darba spējās (Berglund et al., 1999).

Viena no problēmām, kas lielā mērā saistīta ar dzelzceļu un vilcienu radītais troksnis un vibrācija, ko rada vilcienu sastāvu pārvietojoties pa sliežu m.

Latvijas Republikas vides trokšņa piesārņojuma veida novēršanu un tās samazināšanu reglamentē Ministru Kabineta (MK) noteikumi Nr. 597 „Vides trokšņa novēršanas kārtība”.

Eiropā un arī Latvijā ir spēkā Eiropas Komisijas direktīva saskaņā ar kuru tiek pārvaldīta un novērta vides trokšņa izplatība. (“Par vides trokšņa pārvaldību un novēršanu”, (2002/49/EK)).

Bakalaura darba ietveros tika noteikts dzelzceļa radītais troksnis, modelējot tā izplatību, lai izvērtētu, cik augstam trokšņa piesārņojuma līmenim ir pakauti iedzīvotāji nelielas noslodzes dzelzceļa līniju tuvumā.

**Darba novītē** - līdz galā veida pētījums par vilciena radīto troksni salīdzinoši nelielas noslodzes dzelzceļa posmos Latvijā un veikts.

**Darba mērķis** ir novērtēt dzelzceļa radīto trokšņa līmeni Vecumniekos.

**Darba mērķa sasniegšanai izvirzīti šādi uzdevumi:**

1. zinātniskās literatūras un informācijas analīze, apstrāde un apkopojums;
2. dzelzceļa infrastruktūras izpēti, trokšņa objektu apsekošana, un uzskaitē;
3. trokšņa līmeņu novērtēšanas programmu izvērtēšana un izvēle;
4. izējas datu savākšana, apkopšana un apstrāde modelēšanas veikšanai;
5. trokšņa līmeņu modelēšana, rezultātu analīze un interpretācija.

**Hipotēze-** dzelzceļa radītais trokšnis dzīvojamā rajonā (Vecumnieku dzelzceļa pārbrauktuves tuvumā) pārsniedz noteiktos trokšņa normatīvos lielumus Latvijā.

# 1. TROKŠĀ A PROBLEMA TĪKAS NOVĒRTĪJUMS LATVIJĀ UN PASAULĀ

Troksnis kā problēma, kas sagādā reizes daudziem cilvēkiem, mēs diemžēl izplatās. Mēs dienu straujā dzīvēs cilvēki ikdienā diezgan bieži tiek pakauti apkārtējās trokšņu ietekmē, citreiz pat paši to nenotiekot, ka viņi atrodas troksnī, kas atstāj negatīvas sekas uz viņu veselību.

Pasaules trokšņa problēma ir aktuāla, jo trokšņa avoti ir ļoti daudz, un ir grūti tos visus apsekt, lai novērtētu to ietekmi uz cilvēkiem. Troksnis kā traucēklis ir sastopams darbā, uz ielas, mājās, sabiedriskās iestādēs, bet jāņem vērās, ka katrs cilvēks troksni uztver savā veidā, kas vienam liekas parastā skaņa, otram jau tas liekas troksnis, kas viņam traucē justies komfortabli (rti).

Pasaules troksni, galvenokārt, izraisa cilvēka saimnieciskā darbība, bet cilvēki paši rada troksni, kurš pēc tam kļūst par traucēkli.

Pasaules galvenie trokšņu avoti ir:

- rūpnieciskais troksnis- ko izraisa dažāda veida rūpnieciskās iekārtas, rūpnieciskā darbība;
- auto transporta troksnis- šis trokšņa avots ir auto transports, gan vieglais, gan smagais auto transports;
- dzelzceļa transporta troksnis- izraisa dzelzceļa satiksme, trvilcieni, dzelzvilcieni;
- lidmašīnu troksnis- izplatās lidlauku un lidostu tuvumā, ietekmē tuvumā dzīvojošos iedzīvotājus (Goossens, 2008).

Eiropā ar trokšņa problēmu nodarbojas vairāki institūti un pētījumu grupas, daži no tiem:

- Eiropas Trokšņu ekspertu darba grupa (AEN). Tās mērķis - izveidot darbspējas trokšņa kartēšanas programmas, tostarp apkopot informāciju par dažādu valstu aprītinātām metodēm, palīdzēt izstrādāt pamatnostādnes par pagaidu aprītinātām metodēm.
- "Veselības aizsardzības un sociālekonomisko aspektu" darba grupa (HSEA).

Tas galvenais mērķis – novērtēt dažādu trokšņa mazināšanas pasākumu efektivitāti (Brüel&Kjær 2011).

Abas minētās darba grupas vairāki ir iesaistītas Eiropas komisijas interešu izpildē, lai iegūtu tai vajadzīgos datus par trokšņa izplatību Eiropā. Vairums no Eiropas un pasaules zinātniekiem un pētniekiem, trokšņa problēmu uzskata tā, ja tas kaitē cilvēka veselībai, jo ja trokšnis netraucē cilvēkus un neietekmē to veselību, tas nemaz nebūtu uzskatāms par vārdēmu trokšni.

Apstrādes rīcībās un kalnrīcībās 40% nodarbināto ir pakārtoti tīsi paaugstinātam trokšņa līmenim vairāki nekā pusē no sava darba laika. Būvniecības nozarē šādi nodarbināto daļa ir 35%, un daudz šīs nozares, tai skaitā lauksaimniecība, transporta un sakaru nozarē, šis skaits ir 20%. Trokšnis ir problēma ne tikai apstrādes rīcībās un citās tradicionālās nozarēs. Trokšni par problēmu atzīst arī tās pakalpojumu nozarēs kā izglītība un veselības aprūpe, bērni un restorāni (Eiropas Darba drošības..., 2005).

Daudz pasaules valstīs ir veikti pētījumi par trokšņa izplatību dažādos diennakts periodos (skatīt 1.1. tabulu), kuros pētījuma autori nonākuši pie secinājuma, cilvēki ilgi laiku ir pakārtoti trokšņa piesātojumam, viss ilgākais trokšņa piesātojumus ir konstatēti dienas periodā, jo tas ir darba dienas aktīvais periods.

1.1.tabula.

**Skaņu trokšņu references periodi dažādos diennakts laikos (Brüel & Kjær, 2000).**

Valsts	References periods		
	Dienas periods	Atpūtas periods	Nakts periods
Austrija	6-22 (8h)		22-6 (0.5h)
Beļģija	1 h	1 h	1h
Kanāda	7-23 (1h)		23-7 (1h)
Dānija	7-18 (1h)	18-22 (1h)	23-7 (0.5h)
Francija	7-20	6-7; 20-22	22-6
Vācija	6-22 (16h)	Darba dienas:6-	22-6 (1h)
Honkonga	7-23 (0.5h)		23-7 (0.5h)
Itālija	6-22		22-6
Koreja	6-18 (8h)	18-24 (4h)	24-6 (2h)
Nīderlande	7-19	19-23	23-7
Zviedrija	7-18	18-22	22-7
Šveice	7-19		19-7
Apvienotā	7-23 (1h)		23-7 (5 min)

## 1.2. Trokš a pies r ojum a trakt jums

Identific j o t da ž d u s trokš a avotus un veidus daudzi zin tnieki ir non kuši pie secin juma, ka troksnis, k vides pies r ojum s ir uzspiests jau t kstošiem gadu. Trokš a pies r ojum s k uva paman m ks un palielin j s att stoties industriali lajai revol cijai un pils tu skaita lielajam pieaugumam. ASV Vides Aizsardz bas A ent ras (EPA) speci listi veicot p t jumu par trokš a l me a izmai m non ca pie secin juma, ka da ž d u pils tu mikrorajonos trokš a l menis ir audzis proporcion li iedz vot ju skaitam. Tiek uzskat ts, jo vair k cilv ku dz vo vien viet , jo troksnis ir liel ks, kas ir lo isks r d t js, jo katrs cilv ks. lai atvieglotu savu dz vi, lieto daudz da ž d u ier u un lietu. Trokš a l meni pils t s paaugstina ar t di faktori k dzelzce š, autotransports, gaisa satiksme, mobilie telefoni un citas m sdien gas ier ces (Shah, 2010).

Saska ar Eiropas Komisijas direkt vu 2002/49/EK par troksni tiek uzskat ts nev lams, trauc još s vai kait gs cilv ka rad ts ra troksnis, pie t pieskait mi š di trokš u avoti: transportl dzek i, ce u satiksme, gaisa satiksme, dzelzce a satiksme, un r pnieciski objekti, kas rada da ž d u trokš u pies r ojum u.

## 1.3. Dzelzce a rad t trokš a strukt ra

Jebkurš trokš a avots ir uzskat ms par pies r ot ju, ja tam piem t sp ja rad t troksni. Rad to troksni katrs cilv ks uztver subjekt vi (atš ir gi), k dam dzird tais troksnis ir uzskat ms par trauc kli, bet citam š ds troksnis neliekas svar gs. L dz gi ir ar ar dzelzce a troksni, kurš ir diezgan sare ž ts da ž d u trokš u kompleks s, to veido vair ku trokš u kopums:

- sliežu salaiduma vietas, rada klikš im l dz gu ska u;
- vilciena sast va ritoš da a un citi tehniskie mezgli rada augstas frekvences ska u vilcienam p rvieto joties ar oti lielu trumu (WG Railway Noise..., bez dat.).

Ar vilciena p rvieto šanos saist ti vair ki trokš a veidi:

- ripošanas troksnis;
- vilkmes troksnis;

- aerodinamikas troksnis, kas uzskatāms par pašnepatikamu, jo tā parasti ir ļoti augstas frekvences spalga skaņa;
- lūkmošanas troksnis;
- bremžu šāšanas troksnis (Talotte et al., 2003).

Kā blakus trokšņu avotus, kas saistīti ar dzelzceļu var minēt, dzelzceļa pārbrauktuvju šķēršļus, kur šķēršļi uzstādīti ar skaņas signālu, sliekšņu salaiduma vietas, vai arī dažādas būves, pa kurām pārvietojas vilciena sastāvs - pārbrauktuves, estakdes tilti, un citas metāla konstrukcijas, kas labi vada skaņu (Talotte et al., 2003).

### 1.3.1. Ripošanas troksnis

Ripošanas troksnis, galvenokārt, rodas vilcienam pārvietojoties, kad vilciena ritošdaļa, respektīvi, ritenis saskaras ar dzelzceļa sliedi. Troksnis rodas materiālu, gan sliedes, gan riteņa raupjuma un nelīdzenuma dēļ, kuri viens ar otru mijiedarbojoties izraisa vibrāciju. Skaņa jeb troksnis rodas kontaktvirsmas zonā, kura tad arī tiek uzskatīta par galveno ripošanas trokšņa avotu. Ripošanas troksnis rodas noteiktā laika vienībā, pārvietojoties vilcienam. Trokšņa rašanos veicina arī dažādi blakus apstākļi (Thompson, 2010).

Ripošanas troksni izraisošie blakus apstākļi.

1. Vilcienam pārvietojoties pa dzelzceļa sliežu, rodas elastīga deformācija, kuras rezultātā var rasties kontaktvirsmas sastinguma efekts. Pie biežām vilciena kursāšanas reizēm dzelzceļa sliedes raupjums cenšas tikt absorbēts pateicoties saskarsmes kontakta elastībai, jo vilciens būtībā no ripošanas neuztver nekādu spiedienu vai deformāciju, viss lielais slogs tiek uzlikts sliedei un gulšņiem (Thompson, 2010).
2. Kontaktvirsmas zona starp vilciena riteni un sliedi ir aptuveni 1 cm gara vilciena ripošanas virzienā. Pie šādās kontaktvirsmas atstarpes sliedes gludums kā trokšņa izplatīšanas trumbu un virzienu, bet palielinoties atstarpei starp kontaktvirsmu un vilciena riteni palielinās arī troksnis un tā izplatība, jo lielāks troksnis, jo tālāk tas būs sadzirdams. Šādu savstarpēju mijiedarbību sauc par kontaktvirsmas, jeb „saskares filtru” (Thompson, 2010).

3. Ripošanas troksni var ietekmēt ar kontaktvirsmas laukuma platumu, kas var svārstīties no 1-5 cm, un jebkuras p rmai as dzelzce a sliedes profila platumu sliecas būt rpus vidjiem r d t jiem trokš a izol cijas un caurlaid bas zi (Ögren, 2006).
4. Iedarbojoties abiem diviem dzelzce a sliedes parametriem, platumam un augstumam, var tikt izjaukts sliežu ce a centrs un vilciens var s kt „staig t” vai š poties pa slied m. Norm las vilciena kravas gad jum , noteikt kontaktvirsmas punkt rodas š pošanas moments, kas ar ir uzskat ms par ripošanas trokš a un vibr cijas avotu (Thompson, 2000).

### 1.3.2. Vilkmes troksnis

Vilkmes troksnis ir viens no trokš a veidiem, kuru rada t di dzelzce a transportl dzek i k lokomot ves, elektriskais un d ze vilciena sast vs, k ar trvilcieni.

Vilkmes troksnis p rsvar rodas lokomot vei p rvietojojies, ar trumu l dz 60 km/h, ripojot tukšgait , inerces d , nov rojams neliels vilkmes troksnis. Vilcienam pa trinot kust bu, vilkmes troksnis noteikt laika br d k st par domin jošo trokš a veidu. Š ds trokš a veids, galvenok rt, ir nov rojams staciju teritorij s un uz vilcienu p rmij m, kad vilcienam n kas apst ties, lai palaistu gar m citu vilcienu un p c tam j uzs k kust ba. Citreiz vilkmes troksnis ir nov rojams ar uz taisniem dzelzce a posmiem kad vilciens palielina trumu (Dittrich, 2005 ).

Vilkmes troksnis ir sastopams ne tikai vienai atseviš ai d ze lokomot vei, bet ar d ze lokomot vju p rim, kad vilciena sast vu velk 2 d ze lokomot ves. Parasti lokomot ves m dz iedal t 2 grup s:

1. ska s lokomot ves- p rsvar izmanto iekšdedzes d ze dzin ju (ICE<sub>s</sub>), vai ar citu l dz gu dzin ju, kur izmanto jaukta tipa ener ijas ieguves avotus- d ze degvielu/elektroener iju vai hidrauliku/d ze degvielu;
2. klus s lokomot ves – p rsvar elektrisko vilcienu sast vi (Dittrich, 2005).

Vilkmes troksnis ne vienm r var tikt uzskat ts par domin jošo troksni, jo l dztekus nov rojami ar t di trokš a veidi k ripošanas, l kumošanas un aerodinamikas troksnis. Trokš i no motora telpas un cit m pal gier c m var nom kt vilkmes troksni, bet veicin t cita trokš a dzirdam bu v l lab k, piem ram, brems šanas troksni (Dittrich, 2005).

Vilkmes troksnis, galvenokārt, dominē vilciena sastāvā no miera stāvokļa, bet uzskatīts, ka kustības laikā palielinās jauda, lai varētu izkustināt vilciena sastāvu. Tieši šajā brīdī parādās dobjas skaņas, kas turpinās kamēr vilciens uzņem noteiktu trumu, tomēr ar turpmāku kustības laiku vilkmes troksnis saglabājas (Dittrich, 2005).

### 1.3.3. Aerodinamikas troksnis

Dzelzceļa vilciena aerodinamikas problēmas ir cieši saistītas ar gaisa plūsmas kustību apkārt vilcienam, tam virzoties uz priekšu ar noteiktu trumu noteiktā laika vienībā. Mēģinājumi straujā attāstības tempā liek domāt par efektīvu lokomotīvu šānu, lai samazinātu aerodinamikas trokšņus, bet tas mazāk gaisa pretestība.

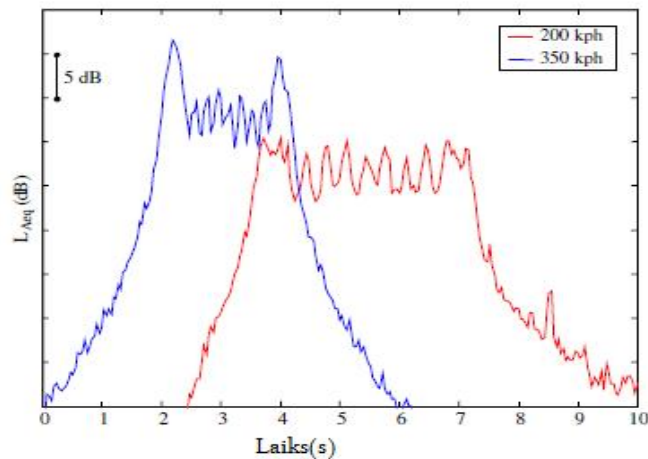
Liela daļa pētījumu uzskata, ka aerodinamikas troksnis rodas gaisa plūsmas saskaroties ar šērēm, kas izraisa gaisa plūsmas aizēršanos, bez tam, ar eogriskais novietojums var saņemt aerodinamikas trokšņus izplatību apkārtējā vidē.

Aerodinamikas troksni ietekmē vairāki rādītāji:

- vilciena uzbūves tips;
- vilciena ģeometriskie izmēri (augstums, platums);
- lokomotīves forma;
- vilciena materiāla gludums, jeb līdzenums;
- attālums starp vilciena sastāvu un lokomotīvi (Raghunathan et al., 2002).

Aerodinamikas troksnis kļūst dominējošais troksnis, kad vilciens pārsniedz noteiktu truma robežu, parasti tas ir truma robežs no 250-300 km/h (skat. 1.3.3.1 att.), šāds trums vairāk ir raksturīgs trvilcieniem (Vinson, 2003).

Latvijā ekspluatācijā vilcieniem aerodinamikas troksnis nav tik liels, jo Latvijā pastāv truma ierobežojumi uz dzelzceļa sliežu, vilcieniem kustības pieauguma trums publiskās lietošanas dzelzceļa infrastruktūrā pasažieru vilcieniem ir 120 km/h, kravu vilcieniem – 80 km/h (Latvijas dzelzceļš, 2010).



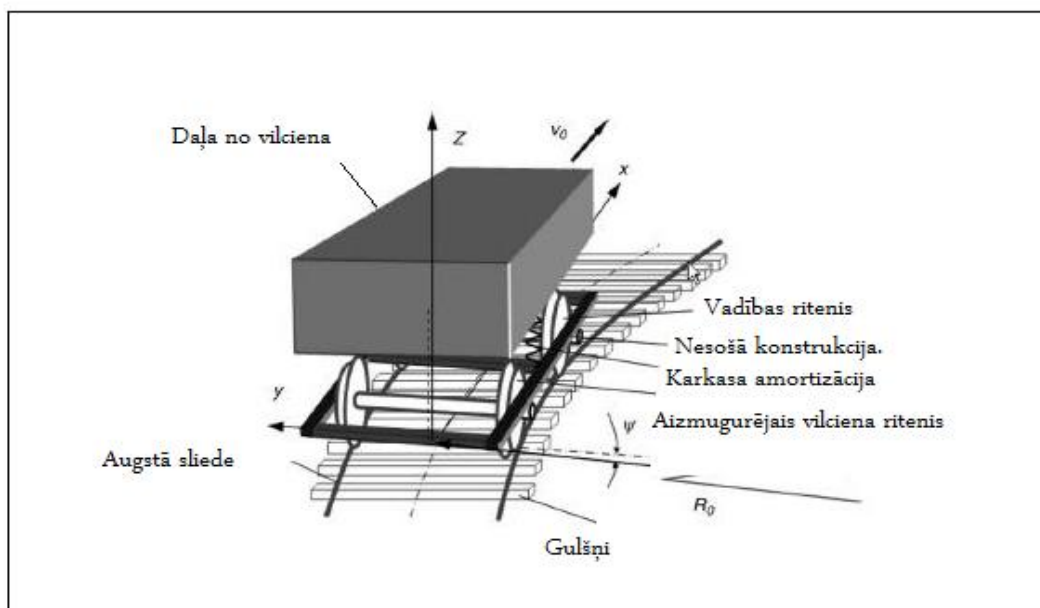
**1.3.3.1. att. Aerodinamikas trokšņa līmenis noteiktā laika vienībā, vilcieniem kustoties ar atšķirīgām ātrumiem (zilā līnija- 350 km/h, sarkanā līnija – 200 km/h) (Mellet et al.,2006).**

Saskaņā ar Mellet (Mellet et al.,2006) pētījumiem palielinoties ātrumiem, kļūst aerodinamikas trokšņi, savukārt, pie mazākiem ātrumiem trokšņi samazinās. Bez tam, tika konstatēts, ka aerodinamikas trokšņi ir atkarīgi no vilcienu kursa šķērsošanas biežuma (Mellet et al.,2002).

#### **1.3.4. Līkuma šķērsošanas trokšņi**

Dzelzceļa trokšņi, kas rodas vilciena sastāvam virzoties pa līkumu trajektoriju, ilgst salīdzinoši ilgu laiku brīdī, kamēr viss vilciena sastāvs nav izbraucis laukā no līkuma. Līkuma šķērsošanas trokšņu veido, galvenokārt, riteņa „spiedziens” tam slīdot pa dzelzceļa sliedi, kas vairāk dzirdama kā spalga augstas frekvences skaņa. Tā kā līkuma šķērsošanas trokšņi rodas asos līkumos, kam ir ieeja un līkuma izeja, tad pieņemts uzskatīt, ka par asu līkumu uzskatāms līkums, kura rādiuss ir mazāks par 500 m (Eadie et al., 2006).

Tas sauktais „līkuma spiedziens” rodas no nepatstāvīgā gaisa vilciena riteņa sāeres ar dzelzceļa sliedi, kad uz to iedarbojas inerces spēki vilcienam ar noteiktu ātrumu iebraucot līkumā. Vilcienam zaudējot stabilitāti un sīkoties slīdīšanai, kas izraisa vilciena riteņa rezonansi, riteņi rada vibrāciju, kas izraisa trokšņus (Eadie et al., 2006).



**1.3.4.1.att** **Is. Pasažieru vilciena posma shematiskais att lojums iebraucot l kum** (sagatavojis autors p c Xuesong et al, 2004 materi liem).

1.3.4.1. Att l dots pasažieru vilciena shematiskais att lojums nov rt jot l kumošanas troksni. Nov rt jums veikts izmantojot š dus pie mumus:

- tiek iebrukts l kum , kura r diuss ir 100-300 m, t tad tas uzskat ms par oti asu l kumu;
- sliedes biezums ir 1437 mm;
- gulš a vietas izm ri ir 600 mm;
- sliežu pie aujamais spiediens ir 60 kg/m;
- vilciena rite a r diuss  $R_0$  ir 457,5 mm, bet vilciena trums 80 km/h.

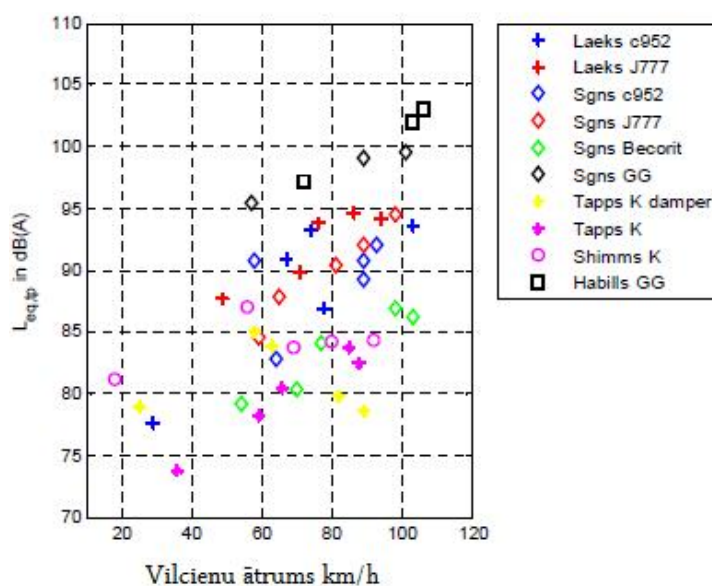
Iepriekšmin taj p t jum tika noskaidrots, ka pie š diem ievades parametriem pasažieru vilciens rada vibr ciju 1-2 Hz robež s, kas uzskat ms par sam r mazu r d t ju, bet ieg tie dati attiecas tikai pie š diem konkr tiem nosac jumiem . Protams, j em v r ar vilcienu tips, kravas vilcienam l kumošanas troksnis noteikti b tu liel ks nek elektriskajam pasažieru vilcienam. Nov rt jot ietekmi j em v r ar sliežu st voklis un vilciena ritoš s da as uzb ve, k ar vilciena tehniskais st voklis (Xuesong et al, 2004).

### 1.3.5. Bremz šanas troksnis

Kvadrāts ir viens trokšņa avots, ko rada vilciena sastāvs būtiski minimālais bremzēšanas troksnis, kas ir izplatīts dzelzceļa stacijā un parka teritorijās vilcieniem bremzējot (Jensen et al., 2008).

Pētījumos ir noskaidrots, ka bremzēšanas troksni nosaka izmantotā bremžu sistēma, tas ir vainu diskā bremzēs, vai kļu bremzēs, tiek pieņemts, ka disku bremzēs ir klusākas nekā kļu bremzēs. No kļu bremzēm parskaidrojams, ka tiek uzskatīts, ka bremžu sistēmās, kurās tiek izmantoti lietie dzelzs bremžu kļūši, jeb tas saucams (GG tipa bremzēs). Kā alternatīva šiem bremžu kļūšiem ir kompozītmateriālu bremžu kļūši, kas ir ievrojami klusāki, šie kļūši ir (K un LL tipa bremžu kļūši) (Oertli et al., 2008).

Jensen et al., (2008) veiktajā pētījumā tika konstatēts, ka vilciena sastāvā, kuri aprīkoti ar dzelzs bremžu kļūšiem bremzējot, ir skaļāki nekā tie vilciena sastāvā, kas ir aprīkoti ar kompozītmateriāla bremzēm (skat. 1.3.5.1. attēlu).



1.3.5.1. attēls. Vilciena bremžu radtais troksnis atkarībā no izmantotās bremžu sistēmas pie dažādiem kustības ātrumiem (Jensen et al., 2008).

1.3.5.1. Attēlā redzams, ka disku bremžu sistēmu radtais troksnis, kas redzams ar violetu krāsu, ir apzīmēti K tipa bremžu kļūši, kas rada vismazko trokšņa piesāto līmeni, kas ir būtiski zemāks nekā dzelzs kļūšiem, kuri pie 60 km/h liela ātruma sasniedz troksni 95 dB (A), bet K tipa bremžu kļūši ap 78 dB (A), kas ir ievrojami zemāks rādītājs (Jensen et al., 2008).

## 1.4. TROKŠĀNOVĒRTĪŠANAS METODES

Dzelzce un radīto troksni izmanto citus trokšņu veidus, iespējams, ja nav izmantoti tiešām rījumu metodi un modeļu šanas metodi. Jebkuras aprēķinu metodes pamatirkaudā kļūda veida algoritmu kopa, kur tiek izmantoti trokšņu emisijas izplatības apstākurdi.

### 1.4.1. Trokšņu un modeļu šanas metodes

Izšķir 3 galvenās trokšņu un radīto šanas metodes – praktiskā inženiermetode, daļiņanalītiskā metode un skaitliskā metode.

Praktiskā inženiermetode – aprēķinu metode, kurā tiek apskatīti un apkopotī vairāki trokšņu avoti, kas veicina kopīgo troksni. Parasti izmanto empiriskās izmērītās datus, kas attiecīgi apstrādāti, lai varētu veikt modeļu šānu. Inženiermetodās ir daudz pieņēmumu un vienkāršojumu, līdz ar to tas nav tik precīzs salīdzinot ar citām trokšņu un modeļu šanas metodēm (Brüel & Kjær, 2000).

Empiriskie modeļi būtībā min kļūdi no vienkāršajiem modeļiem, tie pieskaitīmi pie t.s. eometriskā modeļu grupas. Empiriskajās modeļos kļūdas izmērītās informācija aprēķinu veikšanai ir nepieciešami trokšņu un rījumu dati. Aprēķini tiek veikti pamatbalstoties uz skaņas slāpības pasākumiem, palielinoties attālumam starp emisijas avotu un receptoru (trokšņu un radīto). Katrā kļūmā šiem modeļiem var būt tā, ka tajos netiek izmantoti meteoroloģiskie situāciju raksturojošie rādītāji, netiek ņemta vērīga difrakcija un dažādu materiālu sorbcijas spēja (Heimann et al., 2007).

Empirisko modeļu grupā tiek iekļauti arī semi-empiriskie modeļi, kas, galvenokārt, ir radīti, lai aizstātu vai papildinātu sarežģītus matemātiskos modeļus, saglabājot matemātisko modeļu precīzīti, un papildus izmantojot informāciju par atmosfēras stāvokli, par veģetāciju, skaņu reflektējošiem objektiem un ar skaņas slāpīti.

Semi-empiriskā modeļa piemērs:

$$SPL_R = SPL_S - (DI + A_D + A_A + A_B + A_G + A_T + A_R), kur \quad (1)$$

—  $SPL_R$  – skaņas spiediena līmenis receptora punktā ;

—  $SPL_S$  - skaņas spiediena līmenis avota punktā ;

—  $DI$  – virziena indeksa kļūda izplatības skaņai;

—  $A_D$  – attālumā ietekme starp avotu un radīto ;

—  $A_A$  - atmosfēras ietekme skaņas izplatības ātrā ;

- $A_B$  – barjeru ietekme uz ska as izplat bu;
- $A_G$  – zemes virsmas ietekme uz ska u;
- $A_T$  – ve et cijas ietekme uz ska as izplat šanos;
- $A_R$  – ska as refleksijas paš bas (Biswas, Lohani, 2008).

Troksnis ir mainīgs faktors, kas var mainīties atkarībā no trokšņa avota, meteoroloģiskajiem apstākļiem un uztvērēja novietojuma, lai aprēķinātu vienkāršotu trokšņa izplatību no trokšņa avota līdz receptoram, pielieto sekojošu formulu:

$$L_p(r) = L_w + \sum A_i, \text{ kur} \quad (2)$$

- $L_p(r)$  - ska as spiediena līmeņa attiecīgais ska as skaņas līmenis "r" metros no trokšņa avota;
- $L_w$  – ska as stipruma līmenis no avota;
- $A_i$  - faktoru rinda, kas samazina vai paaugstina trokšņa izplatību no trokšņa avota līdz trokšņa uztvērējam (National Physical Laboratory, [Bez dat.]).

Ska as izplatīšanās no vienkāršā trokšņa avota un izstarošanas viendabīgā, neaprobežotā atmosfērā var ietekmēt eometriskā paviršības, kas rodas no ska as enerģijas, tai izplatoties apkārt sfērai paplašinot ska as viā izplatības platumu, kad ska as vilnis attiecīgā no avota. Šādu sakarību apraksta sekojoši vienādojumi:

$$L_p(r) = L_w + 10 \times \text{Log}[1 / (4 \times f \times r^2)], \text{ kur} \quad (3)$$

- $L_p(r)$  - ska as spiediena līmeņa attiecīgais ska as skaņas līmenis "r" metros no trokšņa avota,
- $L_w$  – ska as stipruma līmenis no avota

3. vienādojums parāda sakarību starp ska as stipruma līmeni  $L_{(w)}$  un ska as spiediena līmeni,  $L_{(p)}(r)$ , noteiktā attiecīgā no ska as avota.

Savukārt vienādojums:

$$L_p(r_2) = L_p(r_1) + 20 \times \text{Log}[r_1 / r_2] \quad (4)$$

Par da sakar bu starp ska as spiedienu ,  $L_p$ , kas kr tas par 6 dB, ja palielina att lumu par 2 reiz m no ska as izplat bas avota, bet j em v r , ka š ska as izplat ba ir atkar ga ar no ska as vi a frekvences (National Physical Laboratory, [Bez dat.]).

Trokš a model šanai var izmantot, trokš a staru rakstošo modeli, kas ir trs matem tisks modelis, lai izr in tu un ieg tu ilustr tu trokš a att lojumu ska as lauka starojuma izplat bai. Šaj apr inu metod izmanto Helmholtza vien dojumu kompleksam ska as spiedienam:

$$\nabla^2 p + \frac{\dot{S}^2}{c^2} p = \nabla^2 p + k^2 = 0, \text{ kur} \quad (5)$$

- c - ska as trums m/s;
- k - ska as vi u skaits;
- p - ska as spiediens;
- - le isk frekvence.

Izsakot ska as spiedienu (p) pol r form ieg st:

$$p = A e^{ik_0 r}, \text{ kur} \quad (6)$$

- A - (amplit das) modelis no p;
- $\Phi$  - f zes arguments;
- $K_0$  - ska as vi a numurs (National Physical Laboratory, [Bez dat.]).

Da ji anal tisk s metodes – l dz gas k inženiermetodes, tom r taj s ir nelieli anal tiski risin jumi. Kam r inženiermetod s tiek izmantoti vid jie meteorolo iskie r d t ji, šaj s metod s izmanto vari jošus r d t jus, l dz ar to iesp jams nov rt t meteorolo isko parametru ietekmi, kas noz m , ka š da da ji anal tisk metode ir daudz prec z ka nek inženiermetodes (National Physical Laboratory, [Bez dat.]).

Skaitlisk s metodes apraksta ska as vi a izplat bu ar matem tiskiem vien dojumiem. Parasti tie ir trokš a izplat bas apr inu mode i. Izmantojot skaitlisk s metodes var apr in t meteorolo isko apst k u ietekmi uz trokš a izplat bu apk rt j vid . Izmantojot skaitlisk s metod s, k ievades dati parasti ir nepieciešami specifiski meteorolo iskie r d t ji. Ieg tais

rezultāts parasti ir ar augstu precizitāti, novērojama laba mērījumu un aprēķinu sakrītība (National Physical Laboratory, [Bez dat.]).

No skaitliskajām metodēm būtiski jāmin tādas metodes kā paraboliskā viendabuma metode, kas nav balstīta tikai uz sistēmām ar daudzslāņu atmosfēru un viendabīgu zemes virsmu, šīs metodes ir viengabals, kas pašreizējaj apstrādātā vides trokšņa variācijās dažādos diapazonos. Atkarībā no izteikto skaņas viļņu tuvināšanas var iegūt vienu platleņķa parabolisku viendabumu, vai arī standarta šaurleņķa viendabumu, kas ir šādas formas:

$$2ik_0 \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + k_0^2 (n^2(r, z) - 1)u = 0, \text{ kur} \quad (7)$$

- $u$  – ir  $\alpha$  mainīgā proporcionalitātes koeficients laukam;
- $K_0$  – skaņas viļņa numurs;
- $r, z$  – kvadrātiskās koordinātas  $r, z$  plaknē (National Physical Laboratory, [Bez dat.]).

Latvijas dzelzceļa satiksmes radītā trokšņa novērtēšanai tiek izmantota metode „RMR” (“Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai”), kas ir daļēji analītiska modelēšanas metode. Tā kā Latvijā nav savu dzelzceļa satiksmes trokšņa aprēķinu metožu, tad “RMR” metode atbilstoši Eiropas prasībām tiek lietota kopš 2002. gada. (2002/49/EK), lai arī vairākos pētījumos ir pierādīts, ka šīs metode ne vienmēr ir pielietojama.

Par šīs metodes pielietojamību Latvijas apstākļiem trokšņa modelēšanā savā maģistra darbs (izstrādāts LU ZZF 2010. gadā) rakstīja Oskars Beikulis. Viņš savā darbā minēja, ka daudzās Eiropas valstīs šīs metode netiek atzīta par labu, jo daudzās valstīs ir noteikti dažādi trokšņu mērījumu standarti, kas ievērojami atšķiras katras valsts pielietotās metodes dēļ, tāpat dažādas valstīs veiktie pētījumi norāda, ka izmantojot šīs metodes tiek konstatētas atšķirības starp aprēķināto un iegūto trokšņa līmeni, jo ir grūti izmantot vienu metodi vairākās valstīs, jo pastāv dažādi faktori, kas ietekmē gala rezultātu, tāpēc dažas valstis izstrādā sev piemērotu trokšņa aprēķināšanas metodi. Tāpat Beikulis savā maģistra darbā minēja, ka pastāv atšķirības starp mērīto trokšņa lielumu un aprēķināto trokšņa līmeni uz Latvijas dzelzceļa, atkarībā no situācijas, tas var būt vienu lielāks, vai arī mazāks. Veicot pētījumu viņš nonāca pie secinājuma, ka mērītie trokšņa lielumi kravas vilcieniem var atšķirties viņi par 5,63 dB. Viņš uzskata, ka tik lielas trokšņa mērījumu un aprēķinu vērtības atšķiras tāpēc, ka aprēķinu

metodes pamatinformāciju veido pagājušā gadsimta 80 gados izveidotie trokšņu emisijas faktori, kas ievrojami atšķiras ar mērsienu trokšņa emisijām (Beikulis, 2010).

Latvijā trokšņa modelēšanas un aprēķinu kārtošanu nosaka Latvijas standarts – LVS ISO 1963-2:2004 – “Akustika – Skaņas viļņi, tai izplatoties apkārtnē – 2. daļa. Vispārīgā aprēķinu metode.

#### 1.4.2. Instrumentālie trokšņu mērījumi

Instrumentālie mērījumi ir alternatīva trokšņa lēmuma novērtēšanas metode. Ar mērījumu rezultātus iespējams izmantot modelēšanā – lai novērtētu trokšņa izkliedi apkārtnē.

Mērījumus veic izmantojot šim nolikam speciāli paredzētu aparātu – specializētu trokšņa lēmuma aprakšņu programmatūru, kas savienota ar mikrofonu. Mērījumi tiek saglabāti kā audiofaili digitālā veidā un vēlāk, izmantojot speciālas datorprogrammas, kas paredz tāšādā nolikam, veikta datu apstrāde (frekvenču analīze, 1/3 oktāvu analīze, Furj transformācijas u.c. atkarībā no noteiktā mērķa) un interpretācija (Brüel & Kjær, 2000).

Veicot instrumentālos mērījumus, jābūt skaidri zināmai vietai, kur izvietot mikrofonus (1.4.2.1. att.), lai ierakstītu kvalitātīvs un iegūtie dati būtu objektīvi. Novietojot mikrofonu jāņem vērā dažādi vides apstākļi, piemēram, vājā virziens, mikroфона atrašanās pareizā augstuma no zemes, ko arī nosaka Latvijas standarti (Talotte, 2003).



1.4.2.1. att. Ie. Trokšņa mēršana izmantojot mikrofonus, kas savienāti kopā ar datoru (Siemens, 2012).

## 1.5. TROKŠĀ A IETEKME UZ VESELĪBU

Pasaulī lielā uzmanība tiek pievērsta trokšņa negatīvajai ietekmei uz cilvēka veselību, izvērtējot tā potenciālo sekas, kas rodas, ja cilvēks ilgstoši uzturas paaugstinātā trokšņa zonā. Lielā uzmanība tiek pievērsta trokšņa darba vietā nekā trokšņa, kas novrojams apkārtnē.

Tiek uzskatīts, ka trokšnis, kas nepārsniedz 30 dB nav kaitīgs veselībai un neatstāj nekādas negatīvas sekas, savukārt trokšnis, kas ir lielāks par 35 dB jau rada veselības problēmas. Paaugstinātais trokšņa līmenis negatīvi ietekmē cilvēka asinsriti, sirds darbību, rada kuņģa un zarnu trakta iekaisumus un ietekmē to darbību. Trokšnis rada arī ietekmi uz cilvēka psihi, jo cilvēki, kas parasti uzturas paaugstinātā trokšņa ietekmes zonā ir saspringti, pakļauti stresam, nervozi, šādi cilvēki parasti zaudē koncentrāciju un pieļauj daudz vairāk kļūdu (Eiropas Darba drošības..., 2005).

Visbiežāk trokšņa piesārņojums ietekmē ausis un dzirdi. Kā zināms, dzirdi ir viegli sabojāt, it īpaši ja uzturas paaugstinātā trokšņa avotu tuvumā. Saskaņā ar trokšņa rada signālu, kurus cilvēks uztver ar dzirdes palīdzību, bet ir dažādas skaņas, ko cilvēks neuztver, jo tās ir ārpus raksturīgajām frekvencēm. Cilvēka auss spēj uztvert akustiskās svārstības 20 – 20 000 Hz diapazonā. Zemākās un augstākās frekvences svārstības (infraskaņa un ultraskaņa) var radīt dzirdes orgāna kairinājumu (Muzet, 2007).

Karāi (Pakistānā) pilsētās zinātnieki veica pētījumu, lai noskaidrotu cik lielu ietekmi uz iedzīvotāju dzirdi atstāj transporta radītais trokšnis pilsētās. Pētījuma veikšanai tika izvēlēti 200 iedzīvotāji, kas ikdienā ir saistīti ar trokšni, šie cilvēki bija nodarbināti šādās jomās: ceļu satiksmes regulēšana, ielu tirdzniecība, motorikšu vadītāji. Viņu vidējais vecums bija 35 gadi un darba stāžs, kas pavadīts trokšņā vidēji 11 gadi.

Pētījuma laikā zinātnieki konstatēja, ka Karāi pilsētās ielās trokšņa līmenis ir 99 dB, un veicot izvērtējumu cilvēku pārbaudītajās skaņas signālu uztveršanu dažādos skaņumaģos un iegūtos datus apstrādājot pielietojot tiešās regresijas analīzi ar korelācijas koeficientu  $r = 0,36$  ( $p < 0,001$ ), dzirdes traucējumi tika konstatēti šādās robežās 33,81 + 0,42 dB, saskaņā ar darbā pavadīto laiku gados, kas nozīmē, ka katru gadu katrs cilvēks paverda šādu trokšņa vienu dzirde pasliktinās par 0,42 dB uz vienu oktāvu no 500Hz līdz 2000Hz robežās (Jawed et al., 2010).

Troksnis rada t du nepat kamu dzirdes probl mu k tin tu. Tin ts ir džinkst šana aus s, tas noz m , ka cilv ks visu laiku izj t diskomfortu. Inform cija par tin tu un t izrais taj m sek m ir tr c ga. Piem r m, Apvienotaj Karalist 2003. gad veikt izp te liecina, ka 153 000 v riešu un 26 000 sieviešu vecum no 35 l dz 64 gadiem ir nopietnas dzirdes probl mas, ko rad jis troksnis darb , un apm ram 266 000 v riešu un 84 000 sieviešu ir past v gs tin ts. J piemin ar tas, ka tin tu praktiski nav iesp jams iz rst t un cilv kam ar džinkst šanu aus s ir j samierin s uz visu atlikušo m žu (Eurogip, 2004 ).

Troksnis t pat k citi fiziski faktori, piem ram, elektromagn tiskais lauks, gaisa pies r ojums, atst j negat vu ietekmi uz cilv ka organismu. Liela noz me kvalitat vai dz vei ir miegam, par miegu tiek uzskat ts fizisks st voklis, kura laik ermenis atrodas nekust g poz , aujot ermenim atp sties, lai tas var tu pilnv rt gi funkcion t. Cilv ka miegs ir oti j t gs pret r jiem faktoriem , kas var samazin t t ilgumu un miega kvalit ti. Paaugstin ta trokš a kl tb tne var kav t cilv ka aizmigšanu, zin tnieki ir konstat juši, ka saraust ti, nepast v gi trokš a sign li ar ska umu 45 dB var kav t iemigšanu no 5 l dz pat 20 min t m. T k miega stiprums parasti samazin s p c 5 stund m, tad r ta stund s trokš i tiek viegl k uztverti, kas veicina pamošanos un ne auj vairs iemigt, bet daudzi šie faktori var main ties atkar b no cilv ka vecuma, dzimuma un citiem faktoriem. Hronisks miega tr kums izsauc organisma nogurumu k rezult t , tas ir viegl k pak aujams slim b m, š diem cilv kiem ir liel ka iesp ja, piem ram, saslimt ar gripu (Muzet, 2007).

## 1.6. EIROPAS SAVIENĀS UN LATVIJAS LIKUMDOŠNĀS PĀRSKATS

Eiropas Parlamenta un Padomes 2002.gada 25.janvārī pieņemtā Direktīva 2002/49/EK par vides trokšņa novērtēšanu un pārvaldību. Direktīvas mērķis ir formulēt dalībvalstīs kopīgu pieeju, lai prioritārs joms nepieautu, novrstu vai samazinātu kaitīgās sekas, kas rodas, iedarbojoties vides trokšnim, un nodrošināt pamatu Kopienas pasākumu izstrādei, lai mazinātu trokšni, ko izraisa galvenie trokšņa avoti, jo īpaši ceļu un dzelzceļu transportlīdzekļi un infrastruktūra, lidaparāti, rūpnieciskās iekārtas un rūpnieciskās iekārtas, un pārvietojamie mehānismi. Direktīvā ir noteikti galvenie pasākumi, kuri stenojami dalībvalstīs: vides trokšņa iedarbības noteikšana, veicot trokšņa kartēšanu ar dalībvalstīm kopīgu vērtēšanas metodi, uz vides trokšni un tā ietekmi attiecošs informācijas pieejamības nodrošināšana sabiedrībai un tūristiem, kā arī pieņemšana dalībvalstīs, kuru pamatā ir trokšņa kartēšanas iegūtie rezultāti, ar mērķi novrst un samazināt vides trokšni, ja tas nepieciešams un jo īpaši ja tā eksponēcijai cilvēkiem var kaitēt ietekmēt cilvēka veselību (Vides departaments, 2008).

Šīs direktīvas 7.pantā par trokšņa stratēģisko kartēšanu ir minēts, ka dalībvalstīm, ja nodrošina, lai ne vēlāk kā līdz 2007.gada 30.jūnijam tiktu izstrādātas un apstiprinātas stāvkārtas atainojošas stratēģiskās trokšņu kartes visām aglomerācijām ar vairāk nekā 250000 iedzīvotāju un visiem galvenajiem autoceļiem, pa kuriem brauc vairāk nekā 6 miljoni transportlīdzekļu gadā, galvenajām dzelzceļlīnijām, pa kurām brauc vairāk nekā 60000 vilcienu sastāvi gadā (Eiropas parlaments 2002).

Latvijā dzelzceļa trokšņa novērtēšanu reglamentē Ministru kabineta noteikumi Nr.597 "Vides trokšņa novērtēšanas un pārvaldības kārtība", kas pieņemta 2004.gada 13.jūnijā. Šajos noteikumos ir noteiktas metodes ar kurām tiek veikta trokšņu līmeņu mēršana, modelēšana, kartēšana (ar stratēģisko karšu sagatavošana), raksturoti trokšņu veidi un pieņemtie robežlielumi.

Novērtējot trokšņa radītājus, jāņem vērā, ka standarta dienas ilgums ir 12 stundas, vakars – otras stundas, nakts – astoņas stundas. Dienas garums ir no plkst. 7.00 līdz 19.00, vakars – no plkst.19.00 līdz 23.00, nakts – no plkst. 23.00 līdz 7.00. Šiem laika periodiem ir noteiktas arī pieņemjamās robežvērtības (skat. 1.6.1.tabula). Gadsattiecināmās emisijas attiecībā uz skaņas emisiju attiecināms meteoroloģisko apstākļu kaitīgās ietekmes gads (Latvijas Republikas..., 2004).

Diennakts diskomforta aprēķināšanai var izmantot šādu formulu:



## 1.7. POTENCIĻĀS KĻĀPĀS UN IERĒDZĪBAS

Palielinoties trokšņa intensitātei, zinātnieki meklē dažādas iespējas kā slāpēt trokšņa izplatību apkārtnē, tā, lai risinājums būtu pēc iespējas efektīvāks un iekārtas apkārtnē. Risinājumi ir dažādi, piemēram, ceļa malu apzaļmošana, stādākokus, dažādas sienas, bariņus, satiksmes novirzīšana caur tuneli, kur tas ir iespējams, kur bariņus izmantojot dažādas skaņas izolācijas materiālus.

Kā vienu no prettrokšņa veidojumiem, kas, manuprāt, ir labs risinājums var uzskatīt skaņas izolācijas aizsargsienas (skat. 1.7.1. tabulu), kuras var redzēt daudz vietās arī Latvijā, piemēram, uz Dienvidu tilta, ceļmalā gar Tallinas šoseju. Skaņas izolācijas sienas izmanto, lai nodrošinātu komfortablu (rtu) skaņas aizsardzību un izolāciju.

1.7.1.tabula

**Trokšņa slāpēšanas barjeru veidi** ( NZ Transport Agency,2010 ).

Aizsargsienu veids	Pozitīvās pašas	Negatīvās pašas
Betona aizsargsienas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Viegli pielāgojamas reljefam</li> <li>•Kalpošanas ilgums virs 100 gadiem</li> <li>•Viegli kopjamas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Smags, grūti fiksējams kop</li> <li>• Slikti iekārtas apkārtnē (nav est tiski pievilcīgi)</li> </ul>
Koka aizsargsienas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Est tiski pievilcīgi</li> <li>• trīs uzstādīšanas</li> <li>•Viegli novirzāmi mehāniskajiem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lielākā trokšņa caurlaidība, jo koku nevar likt uz zemes</li> <li>• Koks var sīkt mehāniskā deformācija (vārpas, sarauties)</li> </ul>
Caurspīdīgi paneļi	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Piemēroti vietās kur ir nepieciešama dienas gaisma</li> <li>• trīs uzstādīšanas</li> <li>•Est tiski pievilcīgi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stikls viegli plīst</li> <li>• Plastmasa, kas tur stiklu karstā laikā deformējas</li> <li>• Lielākā iespēja putniem tajās ietriekties</li> </ul>
Aizsargsienas no polikarbonāta	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Ilgmēģis</li> <li>•UV staru izturīgas</li> <li>•Nedegošas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viegli skrāpējamas</li> <li>• Saules gaismā dzeltē</li> <li>• Mehāniskajiem grūti novirzāmi</li> </ul>
Metāla aizsargsienas	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Relatīvi lētas</li> <li>•Pieejama formu daudzveidība</li> <li>•Viegli uzstādīšanas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pakārtas korozijai</li> <li>• Karstā laikā sakarst</li> <li>• Vairākas pakārtas vandlismam(grafiti)</li> </ul>



**1.7.1. att ls ska as izol još barjera veidota no caursp d ga pane a un koka kombin cijas, izmantota trokš a sl p šanai uz tilta Holand (NZ Transport Agency, 2010).**

Pielietojot š das trokš a sl p šanas metodes j em v r , ka š s barjeras j novieto p c iesp jas tuv k ce a malai, ne aujot troksnim m rot garu distanci l dz tas sastop š rslī. Pats noteicošais parametrs trokš a sl p šanai ir trokš a barjeras augstums, jo augst ka barjera, jo liel ks trokš a samazin jums, tiek pie emts, ka trokš a barjerai no ce a virsmas j atrodas vismaz 1m augstum , bet no tuvum esoš s m jas gr das vismaz 1,5 m augstum . Ja troksnis š rso trokš a barjeru tad t s samazin jums ir tikai l dz 5 dB, teor tiski ir pie emts, ka trokš a sl p još barjera var samazin t troksni l dz 20 dB nas zon , bet praktiski ieg tais samazin jums ir 15 dB (Kotzen et al., 2009).

Š d m barjer m m dz b t ar negat va ietekme uz apk rt jo dabu, tiek uzskat ts, ka t s trauc putniem, jo tie neradz barjeru un tan ietiecas, t pat t s ietekm apk rt jo vidi , jo lietus un sniega de i m dz uzkr ties ce a mal s, t p c ieteicams ir gar trokš a barjer m st d t koci us, kas uzs ktu lieko deni un samazin tu pies r ojumu un atjaunotu ve et ciju. St d jumu ier košana pirms trokš a sl p još s barjeras padar tu barjeru est tiski pievilc g ku un t lab k iek autos apk rt j vid (Arenas, 2008).

V l viens ska as izol cijas veids ir ce malu apza umošana, kuru veic st dot gar ce malu kokus. Liela sp ja absorb t trokš us ir meža audz m. Vislab k trokš us absorb eg u audzes, slikt k – priežu meži. Lapu koku audzes šaj zi ie em vid ju st vokli trokš a absorb šanas zi , bet, jo biez ka st d jumu siena, jo ska as vilnim ir gr t k izlauzties cauri, t p c ar egles ir vislab kais ska as izolators starp kokiem . Iev rojot ska as difrakcijas sp jas, jebkuras no

koku veidotaj m apst d juma barjer m, oblig ti aizsedzamas ar kr m ju josl m (SIA „Saulkalne S” 2010).

Š da trokš a sl p šanas metode tiek uzskat ta par sliktu risin jumu, jo tas ir mald gs uzskats, ka ve et cija ir labs trokš a sl p t js, protams, ier kota ve et cijas barjera nedaudz samazin s troksni. Piem ram, 30 m plata cieši st d ta koku rinda var samazin t troksni l dz 5dB, bet j em v r , ka tas notiks tikai p c ilg ka laika perioda, kad koki sasniegs vismaz 2 m augstumu. Š da veida barjeras vair k ietekm psiholo isko st vokli, jo cilv ks dom , ja vi š neredz transporta kust bu, tad ier kot ve et cijas barjera samazina troksni (NZ Transport Agency, 2010).

V l k trokš a sl p t jus un trokš a izplat bas mazin t jus var min t daž da veida tune us, kas ir paredz ti gan auto transportam, gan dzelzce am, dzelzce a gad jum tuneli var izmantot, tad, ja vilciens ir trgaitas, kas sasniedzot oti lielus trumus rada aerodinamikas troksni. Visi metro vilcieni atrodas tunel , lai zin m m r nerad tu troksni, un neb tu j izmaina infrastrukt ra tos b v jot virszem , kas neb tu ar iesp jams ( Xiang et al., 2010).

Lai samazin tu iekštelpu pies r ojumu, ce ot jaunu objektu var izr in t materi lu ska as caurlaid bu, un izv l ties atbilstošus materi lus, bet ja m ja ir uzb v ta, bet grib s samazin t rpsaules troksni, tad var m ju no iekšpuses noizol t pret ska as izol ciju izmantojot speci las vates, un materi lus, protams, nedr kst aizmirst ar par logiem, kas kalpo k ska as izolatori. Izv loties logus ir v lams noskaidrot ska as izol cijas klasi (skat. 1.7.2. tabulu ), jo liel ka b s ska as izol cijas klase, jo maz ka b s ska as caurlaid ba caur logiem.

1.7.2.tabula.

**Ska as izol cijas v rt bas (dB) uzst dot ska u izol jošus logus** (Baden-Württemberg, 2005).

Ska as izol cijas klase	Ska as izol cijas v rt ba (dB)
1	25-29
2	30-34
3	35-39
4	40-44
5	45-49
6	50

## 2. MATERIĻI UN METODEDIKA

Lai veiktu trokšņa modeļošanu, tika novērtēta un izvēlēta vieta dzelzceļa satiksmes plūsmas novērtēšanai. Vislabākā vieta kur veikt vilcienu sastāvu skaitošanu tika izvēlēta pie pārbrauktuves, no kuras abās pusēs ir labi pārrēdzams dzelzceļš un savlaicīgi ir pamanāma vilciena tuvošanās.

Vilcienu kustības biežums tika novērtēts četras reizes gadā, respektīvi, pavasarī, vasarā, rudenī un ziemā, lai iegūtu datus par visu gadu, un varētu veikt trokšņa modeļošanu sezonālajai trokšņa izkliedei.

Vilcienu skaitošana notika no 6:00- 22:00, lai varētu iegūt datus par trokšni visas dienas garumā tika sastādīti laika periodi no 6.00 – 12.00, 12.00 – 17.00, 17.00 – 22.00, tādā veidā vienam visu dienu skaitot būtu diezgan grūti, tad tika ielīgta arī cita cilvēka palīdzība, kas skaitīja laika periodā no 12:00- 17:00.



2.1.attēls. Novērojumu vietas plūsmas (sagatavots izmantojot LĪA kartes pamatni).

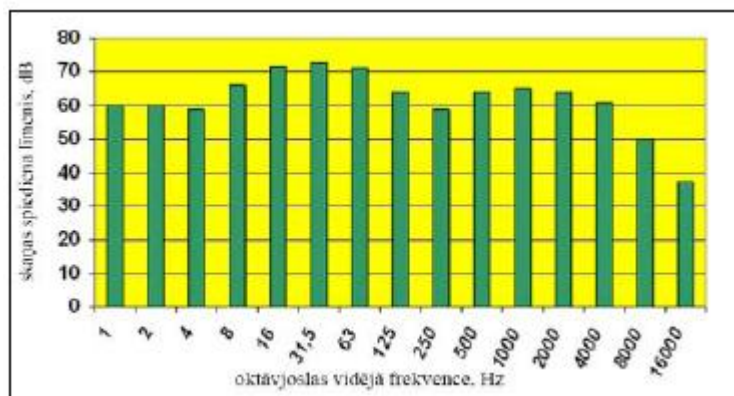
Karte ar sarkaniem apļiem un cipariem no 1- 5 parāda tās vietas, kur tika veikta trokšņa modeļošanas izvēle, šīs vietas ir:

- Nr. 1, vieta, kas atrodas vistuvāk dzelzceļam,
- Nr.2, vieta ar nosaukumu "Kalnadirveikas";

- Nr.3, m ja ar nosaukumu “ Irb tes”;
- Nr.4, m jas ar nosaukumu” T rc tes ”;
- Nr.5, daudzdz vok u m ja “Mazrepji”.

Vilcienu skait šana notika divas reizes m nes , viena diena bija darba diena, otra skait šanas diena bija br vdiena, š das dienas tika izv l tas t p c, lai zin tu k da ir atš ir ba vilciena kust b starp darba dienu un br vdienu.

Lai b tu iesp jams veikt model šanu bija j ieg st okt vjoslu frekvences, kuras j ievada programm „exSound2000+”. Frekvences tika ieg tas no Popovs et al. (2008) veiktajiem p t jumiem, skat 2.2 att lu, jo vi a p t jumos tika ieg tas frekvences pie daž diem trumiem uz Latvijas dzelzce a .



2.2. att ls. D ze vilciena rad t trokš a spektrograma( Popovs et al., 2008)

### 2.1. Darba izstr dei pielietot s datorprogrammas

Lai var tu veikt trokš a model šanu bija nepieciešama metode, kas balst s uz matem tiskiem apr īniniem, model šanai tika pielietota D ū firmas „Delta” matem tisk s model šanas datorprogramma „exSound2000+” demo versija, kas ir b z ta uz „Nord2000” mode a. Pielietojot šo datorprogrammu ir iesp ja veidot trokš a mode us daž diem trokš a avotiem, piem ram, stacion rajiem trokš a avotiem, autotransporta un dzelzce a transporta trokš a avotiem (Delta, 2003).

Pielietojot datorprogrammu „exSound2000+” pirms model šanas s kuma j izv las k du trokš a veidu v las model t, šaj gad jum tas ir dzelzce š, izv loties šo sada u t l k seko dati, kas ir j ievada, lai ieg tu rezult tu:

- j nor da vilciena sast va garums(m);

- j ievada vilciena p rvietošan s trums(km/h);
- un j ievada dzelzce a sliežu augstums(m).

Sada „Terrain” j ievada š di dati:

- Trokš a uztv r ja att lums no trokš a avota(m);
- virsmas augstuma datums(m);
- t pat ir j nor da ar virsmas veidu p c ciet bas ( Nsm-4), kas tiek iedal ts sekojoš s klas s no A l dz G, atbilstoši A ir oti m ksta virsma, G oti cieta virsma (asfalts, betons, dens).
- Virsmas nel dzenuma datums(m), skat. 2.1 tabulu.

#### Virsmas nel dzenuma klases.

2.1. tabula

Virsmas veids	$z_0$ (m)
Smiltis, dens virsma	< 0, 01
Z l js, p ava	0,01 – 0,1
Koki un atseviš i kr mi	0,1 – 0,5
Mežs	0,5 – 1
Apb v ta teritorija	1 – 2

Apr in šanas da bija j ievada sekojošas lietas:

- v ja ce a nel dzenums (koeficients, kas raksturo v ja darb bu daž d s vid s);
- relat vais gaisa mitrums (%);
- v ja truma augstums (m), parasti 10m augstum ;
- v ja virziens (°);
- v ja trums (m/s);
- v ja truma standartnovirze (m/s);
- turbulence, v jam ( $m^{4/3}/s^2$ );
- temperat ra piezemes sl n (C°) parasti temperat ra 2 m augstum ;
- temperat ras gradients (°/m). neitr la temperat ras gradienta apst k os tiek izmantots koeficients -0,01 °/m; nakts laik bieži temperat ras gradients var b t pozit vs, tiek izmantots koef. 0,05 – 0,1 °/m, negat va temperat ras gradienta apst k os izmanto koef. 0,1 – 0,2 °/m;
- standarta temperat ras gradienta novirze (°/m);

— turbulence, temperat rai ( $^{\circ}\text{K}/\text{s}^2$ ) (Delta, 2003).

Modelis ataino sekojošus ieg tos datus: kop jais ska as spiediens konkr t uztv r ja punkt decibelos (dB), A filtra sv rt s v rt bas, (kas sakr t ar cilv kam uztveramo ska as l meni) un line ros datus. Ska as spiediena sadal jums katram avotam pa herciem, tiek att lots grafiski un dati tiek apkopoti tabul s. Ir iesp jams datus eksport t uz MS Excel, lai b tu rti apstr d t datus, k ar sa emama atskaite MS Word form t par katr model ievietotajiem datiem un to rezult tiem ( Delta, 2003).

### **2.1.1. Model šanas rezult tu nenoteikt ba un iesp jamie k du avoti**

Model jot troksni ar datorprogrammu „exSound2000+” bija j em v r sekojoši programmas tr kumi:

- raksturojot ska as izkriedi programm tiek emta v r tikai apb ves vai meža ietekme;
- reljefa virsmas profila „x” v rt bas j sak rto augoš sec b ;
- vertik l atstarošān s netiek emta v r , bet to var manu li ievad t kori jot atstarošān s ce u;
- model jot troksni ir iesp jams ievad t tikai vienu konkr tu virsmas nel dzenuma klasi, kas ne auj veidot kombin tu virsmas veidu;
- ska as difrakcija apk rt vertik liem objektiem ierobežot le programm nav iek auta ( Delta, 2003).

Model šanas rezult tus var ja ietekm t meteorolo isko datu ievad šana programm , jo, piem ram, v ja virziens bija j ievada programm nor dot gr dus no kuras puses v jš p š, jo v ja virzienam ir liela noz me trokš a izkriedei apk rt j vid .

Model jot trokš a l meni rezult tus ietekm ar tas k ds virsmas veids tiek izv l ts, jo ir liela noz me, vai tie izv l ta virsma ar gludu segumu ( asfalts, grants ce š ), vai ar virsma, kas ir aizaugusi ar kr miem, kuri jau da ji var kav t trokš a izplat bu.

T pat ar liela noz m ir att lumam starp trokš a avotu un receptoru (uztv r ju), jo šis faktors ir pats galvenais, kas nosaka trokš a l meni, t p c ar bija oti svar gi noteikt prec zu att lumu, lai samazin tu iesp jam s k das.

### 3.REZULTĀTI UN APSPRIEŠANA

#### 3.1. Dzelzce a transporta uzskaites rezultāti

Dzelzce a transporta skaitšanas rezultāti ir apkopoti 3.1. tabulā, kur dota vilcienu sastāvu satiksmes intensitāte dažādās sezonās (lai novērtētu gada noslodzi) un dažādos nedēļas dienās (brīvdienās, darba dienās). Kā redzams 3.1 tabulā vilcienu kopējais skaits no plkst. 7.00- 22.00, svērstās robežās no 14-19 vilcieniem dienā, neatkarīgi vai tā ir darba diena, vai brīvdiena.

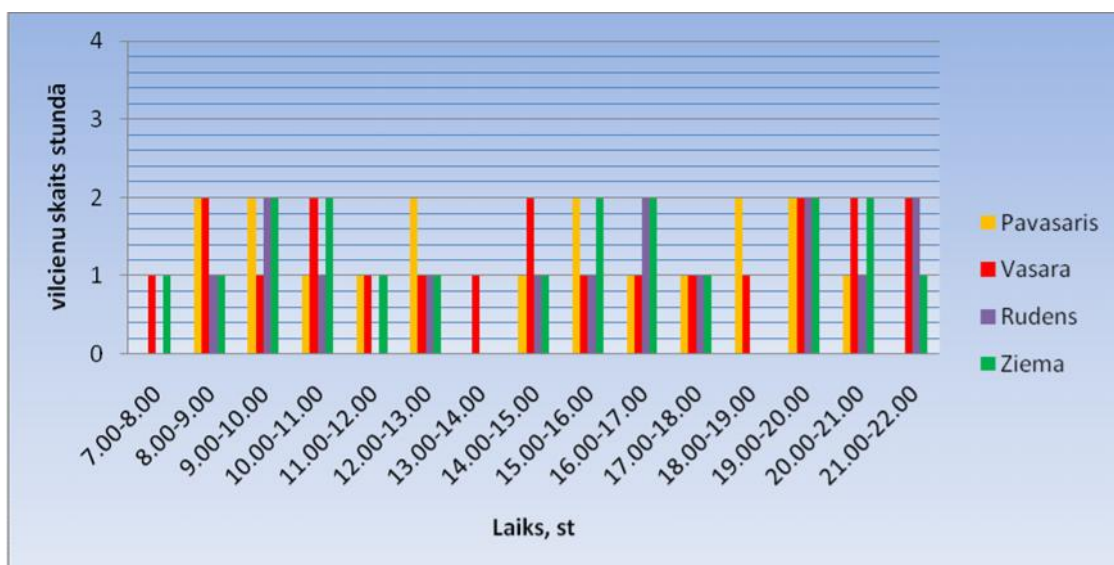
Analizējot vilcienu kustības uzskaites rezultātus, redzams, ka tālrunā vienmērīga, lai arī eksistē kravas vilcienu kustības saraksts, kustības šim sarakstam nav atbilstoša, kas var būt saistīts ar vilcienu kavāšanos un citiem apstākļiem (personāla komunikācija ar vilcienu pabrūktuves dežuranti)

3.1.tabula.

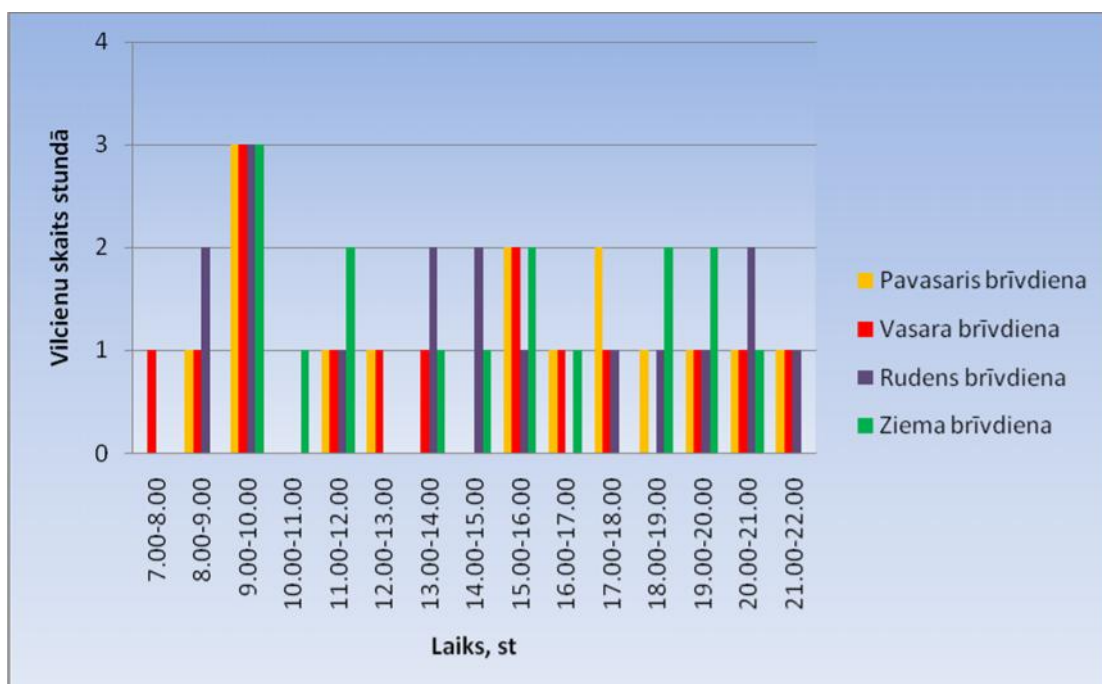
#### Dzelzce a transporta vienību skaits laika intervālā no 6.00- 22.00.

Laiks, st.	Pavasaris		Vasara		Rudens		Ziema	
	Darba diena	Brīvdiena	Darba diena	Brīvdiena	Darba diena	Brīvdiena	Darba diena	Brīvdiena
7.00-8.00	0	0	1	1	0	0	1	0
8.00-9.00	2	1	2	1	1	2	1	0
9.00-10.00	2	3	1	3	2	3	2	3
10.00-11.00	1	0	2	0	1	0	2	1
11.00-12.00	1	1	1	1	0	1	1	2
12.00-13.00	2	1	1	1	1	0	1	0
13.00-14.00	0	0	1	1	0	2	0	1
14.00-15.00	1	0	1	0	1	2	1	1
15.00-16.00	2	2	2	2	1	1	2	2
16.00-17.00	1	1	1	1	2	0	2	1
17.00-18.00	1	2	1	1	1	1	1	0
18.00-19.00	2	1	1	0	0	1	0	2
19.00-20.00	2	1	2	1	2	1	2	2
20.00-21.00	1	1	2	1	1	2	2	1
21.00-22.00	0	1	2	1	2	1	1	0
Kop	18	14	19	15	15	17	18	16

Dzelzce a pl smas intensit tes izmai as pa sezon m redzamas (3.1.1., 3.1.2) att 1 , kur att lota vilcienu kust ba pa sezon m darba dien s, k redzams grafik tad lielas atš ir bas starp sezon m vilcienu kurs šan darba dien s nav.



3.1.1.att 1s. Dzelzce a satiksmes intensit te Vecumniekos darba dien s.



3.1.2. att 1s. Dzelzce a satiksmes intensit te Vecumniekos br vdiens

Sal dzinot abus grafikus var redz t, ka br vdiens r ta stund vilcienu sastiksme ir nedaudz intens v ka, nek darba dien s tas iesp jams izskaidrojams, ar to, ka šaj laik viens

vilciena sast vs dev s uz Jelgavas pusi, bet otrš uz Krustpili, vilcieniem izmainoties san k biež ka kust ba.

### 3.2. Model šanas rezult tu anal ze

Saska ar Latvijas normat vo sist mu, noteikti vair ki trokš a normat vi – vakara periodam no 19:00 l dz 23:00 4 stundu normat vs ( $L_{vakars} = 45 \text{ dB(A)}$ ), dienas periodam 12 stundu normat vs ( $L_{diena}=50 \text{ dB(A)}$ ), nakts periodam 8 stundu normat vs ( $L_{nakts}=40\text{dB(A)}$ ).

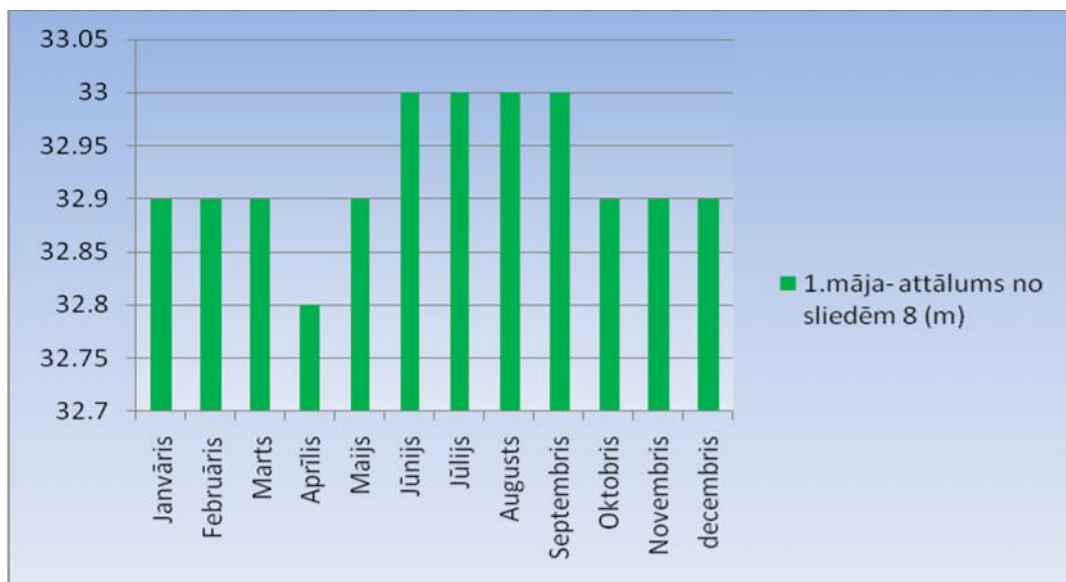
emot v r vilcienu sast vu kust bas specifiku, augst kais rad tais trokš a l menis sagaid ms 4 stundu period . Model šana veikta dzelzce a sliežu ietekmes zon izvietoto ku tuvum daž dos gada periodos (m nešos).

#### *Trokš a pies r ojuma model šanas rezult ti dz vojamo m ju tuvum vakara periodam*

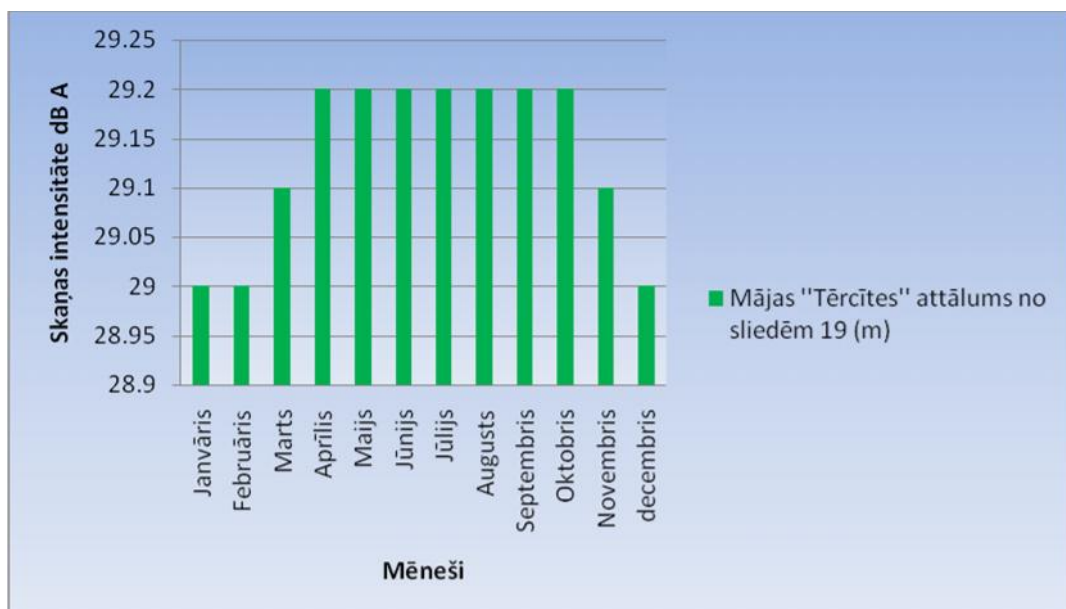
Tuv ko dz vojamo m ju izvietojums attiec b pret dzelzce a trokš a avotu vari robež s no 8 m l dz 40 m. Model šanas rezult ti gada griezum att loti 3.2.1.-3.2.4. att los.

Tuv k s m jas tuvum (8 m att lum , 3.2.1. att ls), saska ar model šanas rezult tiem, normat vajos aktos noteiktais maksim lais trokš a l menis vakara periodam nav p rsniegts, atš ir ba starp apr in to, un ieg to trokš u v rt bu ir 12 dB (A) . Bez tam j em v r , ka vilciena sast vs nelielo ce a posmu gar dz vojam m m j m š rso sal dzinoši neliel laika posm (7.5 min t s), bet model šana veikta 4 stundu ekspoz cijas laikam (k to nosaka Latvijas likumdošana), l dz ar to trokš a pies r ojuma l me a v rt bas tiek izl dzin tas 4 stundu garum . Izv rt jot trokš a l me a izplat bu visa gada griezum , redzams, ka augst k s trokš a v rt bas ir vasaras m nešos 33 dB (A), p r jos m nešos t s ir par 0.1-0.2 dB (A) zem kas.

Tuv k dzelzce am izvietot s m jas tuvum konstat ts augst kais trokš a l menis, jo att lumus starp trokš a avotu un uztv r ju ir viens galvenajiem r d t jiem, kas nosaka trokš a stiprumu, jo maz ks att lums starp avotu un receptoru, jo liel ka ir trokš a intensit te.



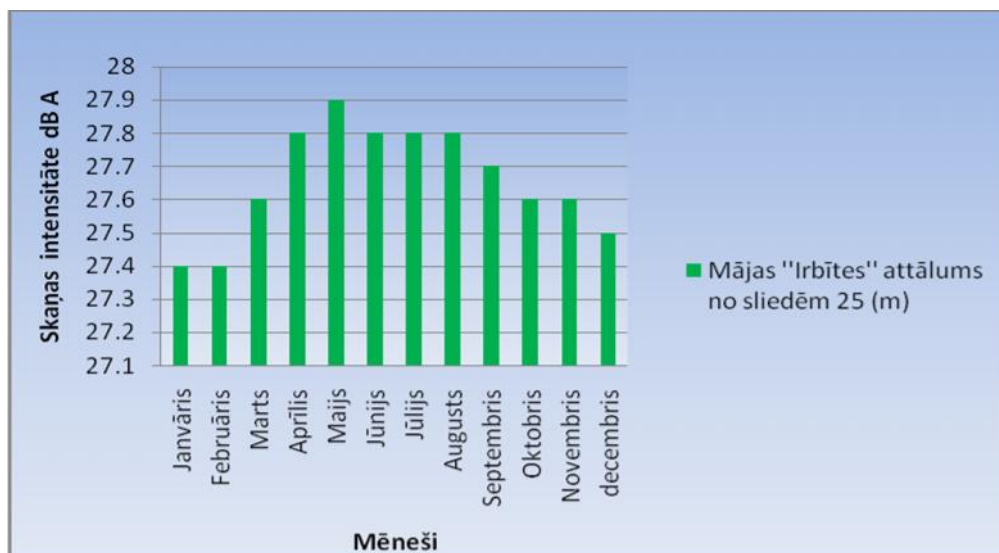
3.2.1. att. Is. Vilciena radtais trokšā lmenis Nr. 1. Tuvumā .



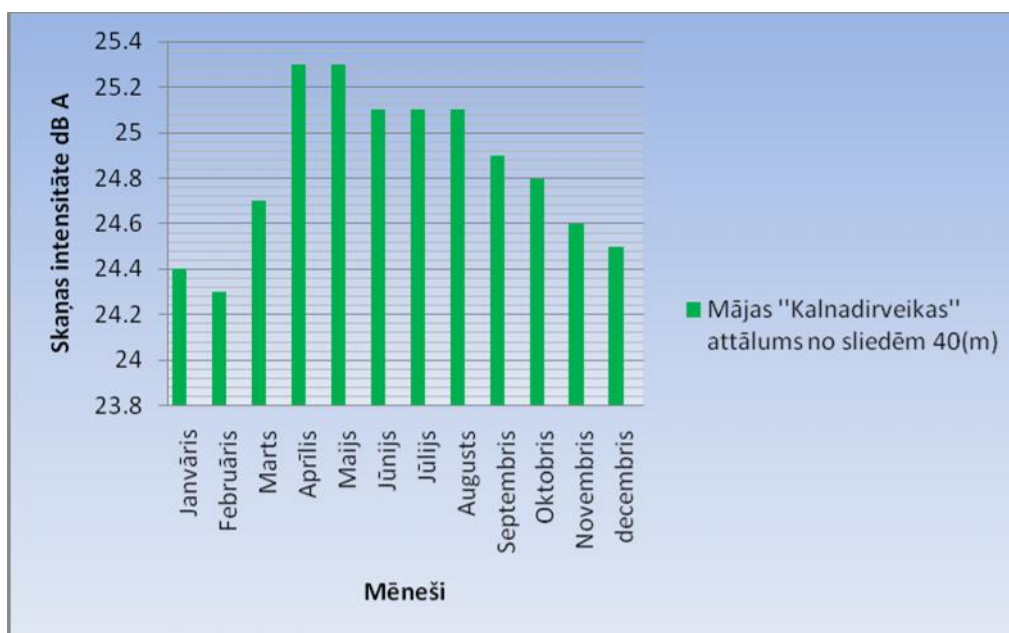
3.2.2. att. Is. Vilciena radtais trokšā lmenis dzvojam smajas "Tērcītes" tuvumā .

Salīdzinot modeļšanas rezultātus m jū tuvumā , kas attiecīgi izvietotas 8 m un 19 m attālumā no dzelzceļa sliekšņa, redzams, ka attālinoties no trokšā avota būtiski samazinās trokšā piesārojuma lmenis, piesārojuma samazinājums ir 3,5 dBA/10 m. Bez tam, salīdzinot iegūtus rezultātus, redzams, ka, ja tīk izvietota m ja no trokšā avota, jo būtiskā nozīmē trokšā piesārojuma izkliedē ir meteoroloģiskiem rādītājiem. Gadījumos, kad m ja izvietota relatīvi tuvu (šajā gadījumā 8 m attālumā) piesārojuma avotam, meteoroloģisko parametru ietekme piesārojuma izkliedes procesos ir salīdzinoši neliela.

Salīdzinot divas mējas, kas atrodas tīk no dzelzceļa (3.2.3. att. 1s un 3.2.4. att. 1s), analizējot iegtos datus var secināt, ka šaj situācijā trokšņa intensitāti nosaka objektu novietojums attiecībā pret dzelzceļu, tīk šo mēju attālumu amplitūda ir no 25 – 40 m, tad iegtais trokšņa virsma ir salīdzinoši zemāka.



3.2.3. att. 1s. Vilciena radtais trokšņa līmenis dzīvojamās mējas "Irbītes" tuvumā.



3.2.4. att. 1s. Vilciena radtais trokšnis gada griezumā pie mējas "Kalnadirveikas".

Salīdzinot modeļšanas rezultātus mēju tuvumā, kas izvietotas attiecīgi 25m un 40 m attālumā no dzelzceļa, tad līdžīgāk pie mējam "Tīrcītes", un mējam "Nr.1", pastāv sakarība, jo tīk mēja atrodas no dzelzceļa, jo mazāks trokšņa līmenis, šajā gadījumā

atš ir ba starp ab m m j m ir t da, ka trokš a samazin jums ir 2.6 dB(A)/15m. Ja sal dzina atš ir bu starp tuv ko m ju un t l ko m ju att luma zi no dzelzce a, tad atš ir ba ir 6.1 dB(A)/ 32 m.

K jau iepriekš min ju, jo t l k m ja atrodas no dzelzce a, jo liel ka ietekme trokš a izplat bai ir meteorolo iskajiem apst k iem, šaj gad jum liel ka noz me ir v ja virzienam, un v ja trumam, jo liel ks b s v ja trums, jo liel ka iesp ja troksnim izplat ties t l k apk rt j vid . T pat liela noz me ir ar relat vajam mitruma R(%), ja R(%) b s maz ks, tas noz m s, ka ir skaidrs un sauss laiks, kas veicin s trokš a intensit tes pieaugumu ar pie t l kaj m m j m.

3.2.1.tabula.

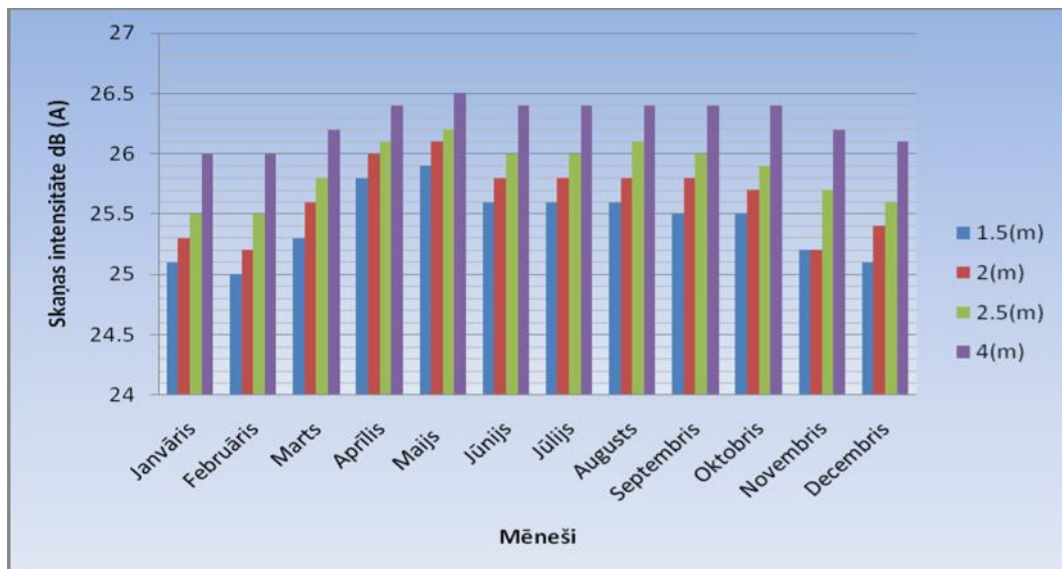
**Dzelzce a transporta rad t trokš a model šanas rezult ti Vecumniekos apkopojums.**

Adrese	Att lumus l dz objektam, m	Augstums h	Ska as intensit te , dB A
M ja nr.1	8	2	32.9(+/- 0.2)
“Kalnadirveikas”	40	2	24.8(+/- 0.2)
“T rc tes”	25	2	29.1(+/- 0.2)
“ Irb tes”	19	2	27.7(+/- 0.2)

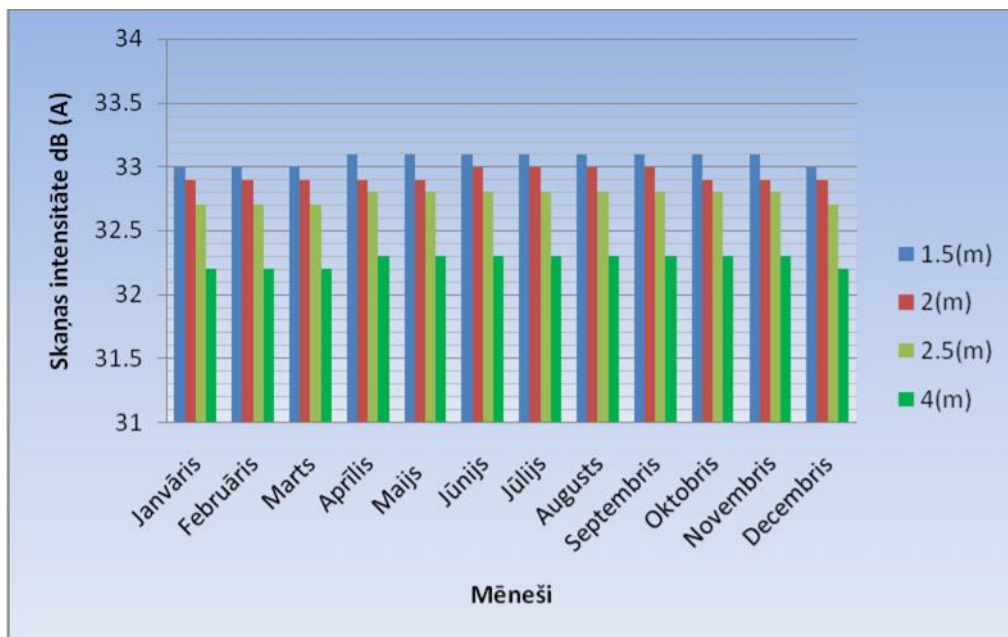
3.2.1. Tabul apkopotas vilciena rad t s trokš a intensit tes dB (A) v rt bas, apskatot tabulu trokš a intensit tes v rt bas ir tuv 30 dB (A) l menim. P c normat viem, nekas netiek p rk pts, jo normat vos noteikts, ka vakara periodam sk as intensit te dB (A) nedr kst p rsniegt 45 dB (A), šaj gad jum v rt bas dB (A) atš iras no normat viem, kas noz m , ka viss ir normas robež s, lai gan šo m ju iedz vot ji nav apmierin ti ar vilciena kust bu un t sag d taj m ne rt b m.

**Trokš a pies r ojuma profila model šanas rezult ti**

35 m att lum no dzelzce a izvietota 2-st vu dz vojam m ja „Mazrempji”, t d šaj gad jum veikta trokš a l me a model šana vair kos l me os, sagatavojot t.s. trokš a pies r ojuma profilus (1.5-4.0 m) daž dos gada periodos. Shematiskam sal dzin jumam l dz ga model šana veikta ar dzelzce am tuv k izvietotai (8 m att lum ) m jai (3.2.5., 3.2.6. att ls).



3.2.5. att. l. Trokšņa intensitātes izmaiņas dB(A) atkarībā no augstuma, daudzvoķu mīkstskaņu 'Mazrepiju' tuvumā.



3.2.6. att. l. Trokšņa intensitātes izmaiņas dB(A) atkarībā no augstuma mīkstskaņu Nr.1. tuvumā.

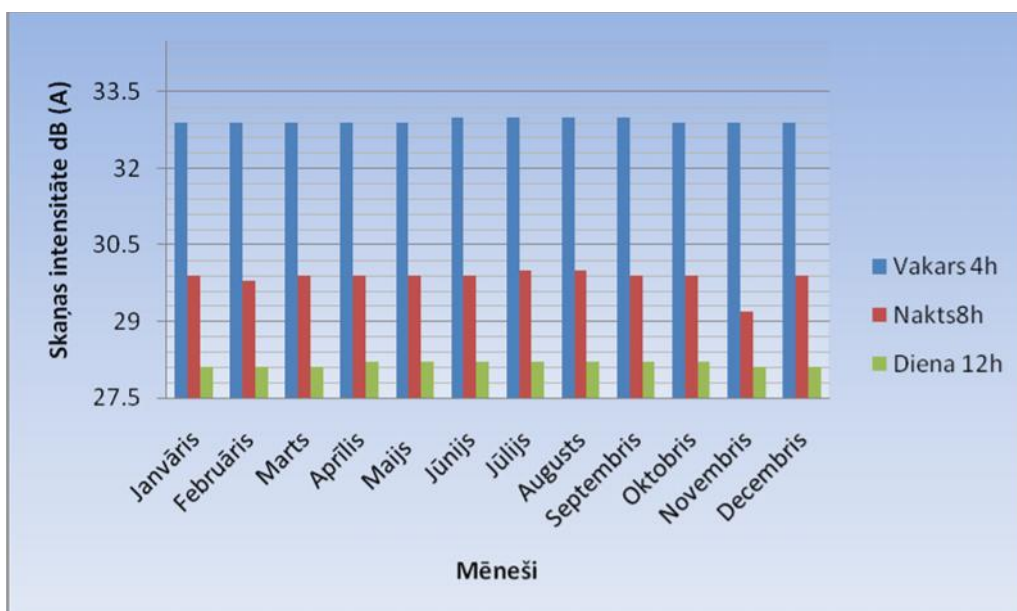
Salīdzinot iegūtos modeļšanas rezultātus redzams, palielinoties receptora attālumam starp receptoru un avotu, trokšņa līmenim ir tendence palielināties līdz ar augstumu, šajā gadījumā 4m augstumā maksimālā trokšņa intensitāte ir 26.5 dB(A), savukārt 1.5 m 25.8dB(A), Trokšņa līmeņa vidējais palielinājums palielinoties augstumam - 2.8 dB/10m (3.2.5. att. l.).

Savukārt 3.2.6. attēlā ir redzams pretīši rezultāti, jo mājā atrodas 8 m attālumā un trokšāvrtības lielākās ir pie zemākām augstumiem, pie 1.5 m augstuma trokšāintensitāte sasniedz 33.1 dB (A), bet pie 4 m augstuma trokšāvrtība ir 32.2, tātad gandrīz par 1 dB (A) mazāka.

Šādu situāciju būtu izskaidrojama ar to, ka trokšāavots rada viļņus, kas izplatās apkārtnē, un sānk, ka šo mājā iedzīvotāji kuri dzīvo tuvāk trokšāavotam lielāku troksni izjūt pie 1.5 m augstuma, bet lielākos augstumos tas samazinās, jo skaņas viļņi pāriet mājā priekš, bet pie receptora, kas atrodas tālāk no avota troksnis palielinās pie lielākiem augstumiem.

**Trokšāpiespējamības modeļa rezultātu salīdzinājums dienas, vakara un nakts periodam**

Lai noteiktu, kādā trokšāvrtībā ir vislielākā sliktā uzmodelti dati attiecīgi – dienai 12 (h), vakaram 4 (h) un naktij 8 (h). Apskatot 3.2.7. attēlu, kas secināt, ka trokšāvrtības vislielākās ir vakara periodā, jo tas ilgst mazāko laika intervālu 4 stundas, līdz ar to modelis kopumā trokšāintensitāti rādina uz 4 stundām, bet ja to pašu trokšāintensitāti rādina dienas stundām, kas ir 12 (h), tad trokšāintensitāte sānk mazāka.



3.2.7.attēls. Trokšāintensitātes izmaiņas pa laika periodiem-diena, vakars, nakts.

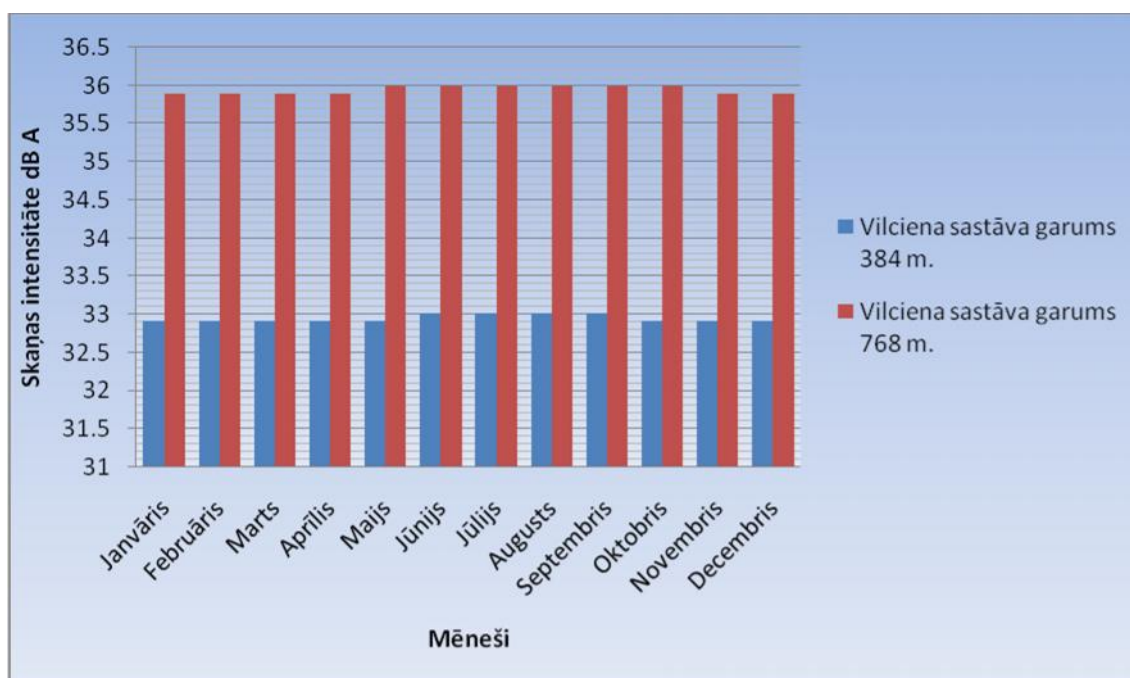
Veicot aprēķinus tika iegūts, ka vilciens pārbrauktuvi šķērso 7.68 minūtēs, ja apskata 3.1 tabulu kur atspoguļots vilcienu kursa grafiks, un, piemēram, paņemot pavasara

darba dienas ieg to vilciena skaitu un veicot aprēķinus tiek iegūts, ka iedzīvotāji troksnim ir pakauti 1.38 h vis dienas garumā.

### Vilciena sastāva garuma ietekme uz trokšņa intensitāti

Lai varētu noteikt kā troksnis mainīsies atkarībā no vilciena sastāva garuma tika veikta modelēšana diviem variantiem:

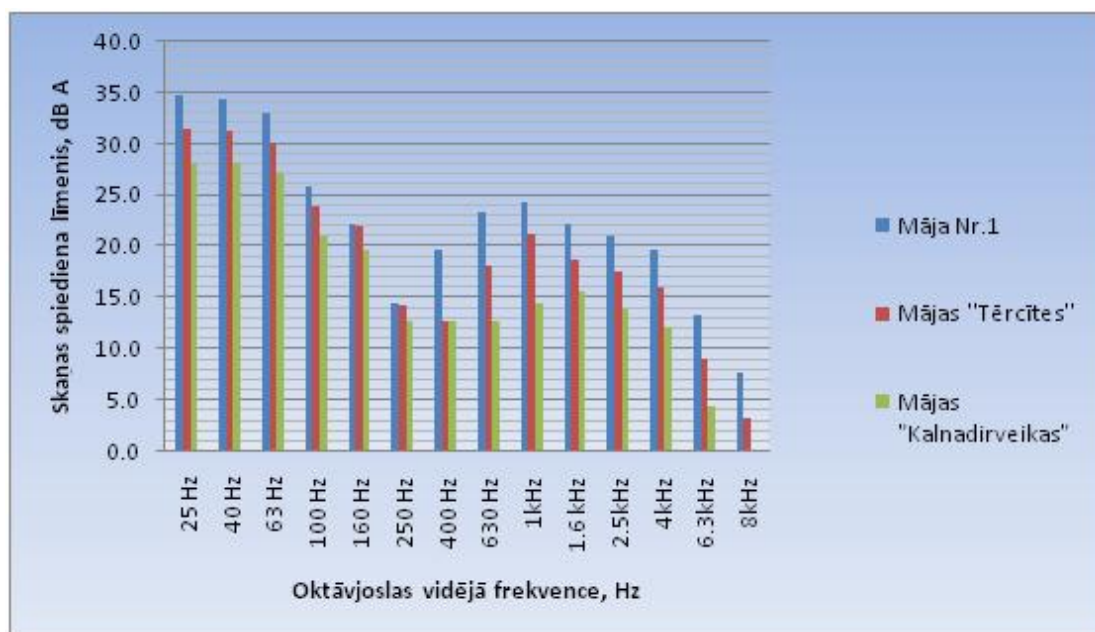
- vilciena sastāva garums ir 384 m, kas nozīmē, ka vagona garums ir 6 metri un kopējais vagonu skaits vien sastāvā 64 vagoni.
- vilciena sastāva garums ir 768 m, kas nozīmē, ka vilciena vagona garums ir 12 metri, un kopējais vagonu skaits vien sastāvā 64.



3.2.8. att. ls. Vilcienu radītās skaņas intensitātes dB(A) izmaiņas mainoties vilciena sastāva garumam.

Aplūkojot modelētos trokšņa līmeņus dažādos gada periodos un atšķirīgā garuma vilciena sastāvā (3.2.8. att. ls) redzams, ka vilciena sastāva garumam palielinoties divas reizes, sagaidāms trokšņa līmeņa palielinājums vidēji par 3 dB(A). Salīdzinoši nelielais skaņas līmeņa palielinājums skaidrojams salīdzinoši ilgāku periodu, kas pāriet vilciena sastāvā nobraucot noteiktu attāluma posmu. Noteiktos apstākļos šķīst sastāvā vilcienam (384 m) kustoties ar ātrumu 50 km/h, Vecumnieku pārbrauktuve tiek šķērsota 7,68 minūšu laikā, savukārt garākā sastāvā vilciens (768 m) pārbrauktuvi šķērso aptuveni 15 minūtes.

Kop jo trokšņa avota darbības specifika, ortogrāfiskie apstākļi u.c.), tomēr, viens no sarežģītākajiem uzdevumiem trokšņa modeļošanā ir frekvenču sadalījuma norādīšana daždos apstākļos un daždos attālumos no emisijas avota, jo, zinot, ka daždu frekvenču sliekšņi (samazināšanās) intensitāte ir atšķirīga. Modeļošana tika veikta daždos receptorpunktos attiecībā pret trokšņa emisijas avotu, bez tam, iegūtās frekvences tika pārveidotas atbilstoši A-svārtajam trokšņu filtram, ar kura palīdzību tiek iegūta frekvenču spektrogramma pamatojoties uz t.s. cilvēka psihoemocionālo uztveri.



**3.2.9.att. Ie. Dze vilciena radītā trokšņa līmeņa spektrogramma.**

3.2.9. Att. 1 atspoguļo trokšņa līmeņa frekvenču sadalījumu pie 3 receptoriem – mājām, kuras izvietotas daždos attālumos attiecībā pret trokšņa emisijas avotu. Viena no mājām atrodas 8 m tuvumā dzelzceļam (Māja Nr.1), otra (mājas „Tērcītes”) - 19 m attālumā, un trešā (mājas „Kalnadirveikas”) - 40 m attālumā. Salīdzinot iegūtos rezultātus redzams, ka salīdzinoši neliela nozīme ir mājai izvietojumam zemo frekvenču (25 – 250 Hz) gadījumā, tas ir īpaši izteikti. Faktiski modeļošanas rezultāti apstiprina zinātniskajās literatūrās raksturotās zemas frekvences troksni ierobežot un samazināt ir grūti, kā arī, tas sliekšņi atmosfēras absorbcijas rezultātā ir neliela. Bez tam, šādu zemas frekvences troksni cilvēki visbiežāk uztver kā vibrāciju, bet ne audzē. Modeļošanas rezultāti arī pierāda, ka kopējā vilciena radītā trokšņa līmeni galvenokārt nosaka tieši zemās frekvences. Iepriekšminētais secinājums ir būtisks attiecībā uz daždu trokšņa līmeņa samazināšanas pasākumu ieviešanu, gadījumos, ja

š di pas kumi nepieciešami, j apsver p c iespjas efekt v ku absorb jošo materi lu izmantošana, pret j gad jum trokš a samazin šanas pas kumi b s mazefekt vi un to lietder ba zema.

Vid jo un augsto frekven u zon situ cija ir atš ir ga un main ga – receptora izvietojumam attiec b pret trokš a avotu ir b tiska noz me frekven u josl s kot ar 400 Hz, šaj zon ar konstat ts, ka receptora izvieto juma ietekme nov rojama gad jumos, ja receptors izvietots vismaz 15 m att lum attiec ba pret trokš a avotu. Diferenc ta ietekme trokš a l me a un receptora izvieto juma attiec b nov rojama frekven u josla no 630 Hz – 8 kHz – palielinoties att lumam starp emisijas avotu un receptoru trokš a l menis samazin s.

Model šanas ce konstat ta ar mode a nepiln ba, kas nov rojama vair kos trokš a pies r ojuma izplat bas mode os, - ieg ts neadekv ts (negat va v rt ba) model šanas rezult ts veicot apr inus augsto frekven u zon (8 kHz) receptora punkt , kurš izvietots 40 m att lum . Š du rezult tu var skaidrot ar trokš a mode a nepiln b m, - mobilie pies r ojuma avota tiek apskat ti ka nekoherentu punktu vienm r ga pl sma, kas neatbilst realit tei.

## Secinājumi

1. Trokšņa piesārņojuma izplatības aprēķinā vidējais raksturīgais sarežģītības un komplikācijas mehānisms, to ietekmē trokšņa avota darbības specifika, receptoru izvietojums, aprēķinātās vides stāvoklis, meteoroloģiskie apstākļi.
2. Modelēšanas metožu pielietošana trokšņa piesārņojuma izplatības novērtēšanā ir laba alternatīva trokšņa mērījumu metodei. Modelēšanas metožu priekšrocības ir vairākas – rīta lietošana, zemas izmaksas, iespēja modelēt hipotētiskas un alternatīvas situācijas, iespēja izstrādāt dažādas trokšņa piesārņojuma samazināšanas scenārijus. Tāpat pielietojot modelēšanas metodes ir lielāka iespēja variēt ar ievades datiem, kas ļauj prognozēt trokšņa izplatību dažādās situācijās, trūkumi – nepieciešami precīzi un detalizēti ievades dati.
3. Saskaņā ar trokšņa piesārņojuma modelēšanas rezultātiem, Vecumnieku dzelzceapa pārbrauktuves tuvumā Latvijā noteiktie trokšņa piesārņojuma normatīvi netiek pārsniegti, augstākā aprēķinātā trokšņa intensitāte nepārsniedz 33 dBA, kas ir par 12 dB zemāka nekā noteikts likumdošanā, līdz ar to - darbā izvirzītā hipotēze netiek apstiprināta.
4. Dzelzceapa radītais trokšņa līmenis galvenokārt nosaka emitēto trokšņa zemo frekvences dominānci, vidējās un augstās frekvences tikai nedaudz papildina zemās frekvences troksni. Galvenie procesi, kas nosaka trokšņa rašanos Vecumnieku pārbrauktuves un vilkmes, bremzēšanas un ripošanas troksnis.
5. Saskaņā ar modelēšanas rezultātiem, konstatētas vairākas likumsakarības:
  - vilciena sastāva garumam palielinoties divas reizes, sagaidāms trokšņa līmeņa palielinājums vidēji par 3 dBA;
  - salīdzinoši neliela nozīme ir mērījumu izvietojumam attiecībā pret receptoru zemo frekvences (25 – 250 Hz) joslu, trokšņa līmenis ir praktiski vienāds visos gadījumos;
  - frekvences josla no 630 Hz – 8 kHz – palielinoties attālumam starp emisijas avotu un receptoru trokšņa līmenis samazinās;

— trokšņa piesārņojuma profils mainās atkarībā no attāluma starp piesārņojuma avotu un receptoru, - ja attālums nepārsniedz 10 m, augstkaļķu trokšņa līmenis konstatēts 1,5 m augstumā, savukārt attālumam palielinoties virs 10 m vairojama pretēja tendence, - augstkaļķu trokšņa līmenis vairojama konstatēts 4 m augstumā.

## Pateicība

Darba autors izsaka pateicību bakalaura darba vadītājai Dr., Geogr., Ivetai Šteinbergai par konsultācijām un redakcijām darba sagatavošanas procesā.

Uzskatu, ka bez sniegtā intelektuālā atbalsta bakalaura darbu nebūtu izdevies pilnveidīgi izstrādāt.

## Literat ras saraksts

Arenas P.J. 2008. *Potential problems with environmental sound barriers when used in mitigating surface transportation noise*. Univ. Austral of Chile

Biswas S., Lohani B. 2008. *Development of high resolution 3d sound propagation model using lidar data and air photo*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7., Beijing

Berglund B., Lindvall T., Schwela H.D., 1999. *Guidelines for community noise*. Geneva. World health organisation

Dittrich M.G. 2005. *IMAGINE Work Package 6—IMAGINE railway noise source model, measurement protocol and default source data*. IMAGINE Report No. IMA6TR-050112-TNO01

Eadie D.T., Santoro M. 2006. *Top-of-rail friction control for curve noise mitigation and corrugation rate reduction*. Journal of Sound and Vibration ,293

Heiman D., de Franceschi M., Emeis S., Lercher P., Seibert P. 2007. *Air Pollution, Traffic noise, and Related Health Effect in the Alpine Space – A Guide for Authorities and Consulters*. ALPNAP comprehensive report. Trento, Italy

Jansen E. H. W., Dittrich M. G., Sikma E. L., 2008. *Brake noise measurements on mixed freight trains with composite brake blocks*. Acoistics- 08, Paris

Jawed I., Musani A., Mahmood R., Khambaty W. Y., Asim M. 2010. *The effect of traffic noise on the hearing level of people on Karachi streets*. ENT Department, Abbasi Shaheed Hospital, Karachi

Kotzen, B. and English C. 2009. *Environmental Noise Barriers – A Guide to their Acoustic and Visual Design*. Taylorand Francis, Second Edition, p 43

LVS EN ISO 3095:2005 Dzelzce a apr kojums-Akustika-Dzelzce a ritoš sast va rad t trokš a m r šana, Latvijas valsts standarts, 2005.g. decembris

LVS ISO 1996-1:2004 Akustika- Vides trokš a raksturošana, m r šana un nov rt šana-1 da a: Pamat lielumi un nov rt šanas proced ras, Latvijas valsts standarts, 2004.g. oktobris

Mellet C., Le' tourneaux F., Poisson F., Tallote C. 2006. *High speed train noise emission: Latest investigation of the aerodynamic/rolling noise contribution*. Journal of Sound and Vibration, 293

Muzet A., 2007. *Environmental noise, sleep and health*.

Oertli J., Hübner P. 2008. *Noise reduction in rail freight*. A 2007 report on the state of the art

Ögren M. 2006. *Noise emission from railway traffic*. Linköping, VTI/ (Swedish National Road and Transport Research Institute)

Oskars Beikulis. 2010. *Sliežu ceļā u transportlīdzekļu radītā trokšņa un vibrācijas mērīšanas metodes* "Rekenen Meetvoorschrift Railverkeerslawaai" piemērojama Latvijas apstākļiem. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte. Rīga. 97 lpp.

Popovs V., Balckars P., Baranovskis A., Iļina L. 2008. *Dzelzceļa ritošās sastāvdaļās trokšņa un vibrācijas mērīšanas metode un eksperimentālā pārbaude*. Rīga, Tehniskās universitātes zinātniskie raksti. Mašīnzinātne un transports. Dzelzceļi un transports. Rīga, RTU izdevniecība

Raghunathan R.S., Kim H.D., Setoguchi T. 2002. *Aerodynamics of high-speed railway train*. Progress in Aerospace Sciences 38

Shah V., 2010. *Emerging Environmental Technologies*. Volume 2

Talotte C., Gautier P.E., Thiompson D.J., Hanson C. 2003. *Identification, modeling and reduction potential of railway noise sources: a critical survey*. Journal of Sound and Vibration, 267

The knowledge center Delta. 2003. ExSound 2000+ user's guide. p. 29

Thompson D.J., Jones C.J.C. 2000. *A review of the modelling of wheel/rail noise generation*. Journal of Sound and Vibration, 231

Vinson P. September, 2003. *TGV-Duplex at 350 km/h: Bruit rayonné dans l'environnement au passage*, SNCF Report no. AEF-D R 03030

Xiang X., Xue L.P. 2010. *Tunnel hood effects on high speed train-tunnel compression wave*. Journal of Hydrodynamic

Xuesong J., Zefeng W., Kaiyun W., Xiao X., 2004. *Effect of passenger car curving on rail corrugation at a curved track*. State Key Laboratory of Traction Power, China

## **Elektroniskie informācijas avoti**

Eurogip. 2004. *Costs and funding of occupational diseases in Europe*. Sk. 29.04.2011. Pieejams: <http://www.eurogip.fr/pdf/Eurogip-08E-cost.pdf>.  
Atsauces teksts (Eurogip, 2004).

Brüel & Kjær. 2000. *Sound & Vibration Measurement A/S*. Environmental Noise booklet. p. 3-60. Noise Pollution Clearinghouse. Sk. 16.05.2012.  
Pieejams: <http://www.nonoise.org/library/envnoise/index.htm>  
Atsauces teksts: (Brüel & Kjær, 2000)

Bruel&Kjaer . 2011. *Vides trokšņa un vibrācijas mērīšanas metode*. Sk. 21.04.2011.  
Pieejams: [http://translate.google.lv/translate?hl=lv&sl=en&u=http://www.bksv.com/newsevents/waves/otherarticles/enviromentalnoiseresearch.aspx&ei=Osu5TZKzDY\\_ZsgaiuljrAw&sa=X&oi=translat](http://translate.google.lv/translate?hl=lv&sl=en&u=http://www.bksv.com/newsevents/waves/otherarticles/enviromentalnoiseresearch.aspx&ei=Osu5TZKzDY_ZsgaiuljrAw&sa=X&oi=translat)

[e&ct=result&resnum=4&ved=0CDoQ7gEwAw&prev=/search%3Fq%3Dnoise%2Bresearch%2Binstituti on%2Bin%2Beurope%26hl%3Dlv%26sa%3DX%26biw%3D1366%26bih%3D629%26prmd%3Ddivns](http://www.bruel.com/kjaer)  
Atsauce tekst ( Bruel&Kjaer , 2011 ).

Eiropas Darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra. 2005. *Darba trokšņa radītā riska samazināšanas iespējas*. Sk. 27.04.2011.

Pieejams: <http://agency.osha.eu.int>  
Atsauce tekst (Eiropas Darba drošības..., 2005).

Latvijas dzelzcešs, 2010. *Publiskās lietošanas dzelzceļa infrastruktūras pērkšana*. Sk. 28.03.2012.

Pieejams: [http://www.ldz.lv/texts\\_files/2010\\_tikla\\_parskats.pdf](http://www.ldz.lv/texts_files/2010_tikla_parskats.pdf)  
Atsauce tekst (Latvijas dzelzcešs, 2010).

Latvijas eotelpiskās informācijas aģentūra, 2012. *Karšuprīks*. Sk. 10.05.2012.

Pieejams: <http://kartes.lgia.gov.lv/>  
Atsauce tekst (LĪA, 2012).

Ministry of Economy Baden-Württemberg .2005. *Trokšņa rokasgrāmata pilsētās attīstības plānošanai*. Sk. 11.05.2012.

Pieejams: [http://www.staedtebauliche-laermfibel.de/Noise\\_manual/index-9.htm](http://www.staedtebauliche-laermfibel.de/Noise_manual/index-9.htm)  
Atsauce tekst (Baden-Württemberg .2005).

National Physical Laboratory [Bez dat.]. *SOUND PROPAGATION THEORY & METHODOLOGIES*. Sk. 01.05.2011.

Pieejams: [http://resource.npl.co.uk/acoustics/techguides/envnoiseassessment/appendix\\_a.pdf](http://resource.npl.co.uk/acoustics/techguides/envnoiseassessment/appendix_a.pdf)  
Atsauce tekst (National Physical Laboratory, [Bez dat.])

NZ Transport Agency, 2010. *NZTA state highway noise barrier design guide*. Sk. 17.04.2012.

Pieejams: <http://acoustics.nzta.govt.nz/system/files/NZTA%20Noise%20Barriers%20v1.0.pdf>  
Atsauce tekst (NZ Transport Agency, 2010).

Rīgas domes Vides departaments, 2008. *Noslēguma ziņojums. Automaģistrāles no autoceļa A2 ievada Rīgas pilsētā līdz Vairoga ielai būvniecības ietekmes uz vidi novērtējums*. Sk.12.04.2012.

Pieejams: [http://www.rdpad.lv/uploads/aktualitates/zk\\_bid/Nosleguma%20zinojums%20teksts.pdf](http://www.rdpad.lv/uploads/aktualitates/zk_bid/Nosleguma%20zinojums%20teksts.pdf)  
Atsauce tekst (Rīgas domes Vides departaments, 2008).

SIA „Saulkalne S” 2010. *Ietekmes uz vidi novērtējums dolom tā ieguvei karjerā „Salenieki”*. Sk. 01.05.2011.

Pieejams: <http://www.saulkalne.lv/img/novertejums.pdf>  
Atsauce tekst (SIA „Saulkalne S” 2010).

Siemens, 2012. *Dzelzceļa trokšņa mēršanas ekipējums*. Sk. 08.05.2012.

Pieejams: <http://www.mobility.siemens.com/mobility/global/en/urban-mobility/rail-solutions/service/test-centers-for-rail-systems/test-and-validation-center/test-equipment/Pages/test-equipment.aspx>  
Atsauce tekst (Siemens, 2012).

Yanne Goossens, 2008. *Gaisa un trokšņi a pieņemšana*. Eiropas Parlaments. Sk. 08.05.2012.  
Pieejams:  
[http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact\\_sheets/info/data/policies/environment/article\\_7297\\_lv.htm](http://circa.europa.eu/irc/opoce/fact_sheets/info/data/policies/environment/article_7297_lv.htm)

Atsauces teksts (Goossens, 2008).

WG Railway Noise of the European Commission [Bez dat.]. *Position Paper on the European strategies and priorities for railway noise abatement*. Sk. 15.05.2012.

Pieejams: [http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/railway\\_noise\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/noise/pdf/railway_noise_en.pdf)

Atsauces teksts (WG Railway Noise..., bez dat.)

## **Likumdošanas akti**

Latvijas Republikas Ministru kabinets. *Noteikumi Nr. 597 "Vides trokšņu un vibrācijas mērījumu noteikumi"* (13.07.2004), Latvijas Vēstnesis, 17.07.2004.

Atsauces teksts (Latvijas Republikas..., 2004)

Eiropas Parlaments un Padome (2002. gada 25. jūnijs), *Direktīva 2002/49/EK par vides trokšņu un vibrācijas mērījumu noteikumiem*. Sk. 21.04.07.

Pieejams: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0049:LV:HTML>

Atsauces teksts (Eiropas Parlaments un Padome, 2002).

## Dokument r lapa

Bakalaura darbs ‘‘Dzelzce a rad t trokš a l me a nov rt jums Vecumniekos’’ izstr d ts LU  
eogr fijas un Zemes zin t u fakult t .

Ar savu parakstu apstiprinu, ka p t jums veikts patst v gi, izmantoti tikai taj nor d tie  
inform cijas avoti un iesniegt darba elektronisk kopija atbilst izdrukai.

Autors: D vis Balodis

\_\_\_\_\_

paraksts

\_\_\_\_\_

datums

Rekomend ju darbu aizst v šanai

Zin tnisk vad t ja: Doc., Dr. Geogr. Iveta Šteinberga

\_\_\_\_\_

paraksts

\_\_\_\_\_

datums

Recenzents: Dr. Geogr. J nis Š re

\_\_\_\_\_

paraksts

\_\_\_\_\_

datums

Darbs iesniegts Vides zin tnes noda as lietved b

\_\_\_\_\_

paraksts

Noda as lietvede: Inese Silami ele

\_\_\_\_\_

paraksts

\_\_\_\_\_

datums

Nosl guma darba aizst v šanas rezult ti:

Bakalaura darbs aizst v ts Dabas zin t u bakalaura Vides zin tnes akad misko studiju gala  
p rbaud jumu komisijas s d

..... protokola nr. ....  
gads, datums, m nesis

v rt jums .....

Sekret re: Dr.Geogr. Zanda Pen ze

\_\_\_\_\_

paraksts

\_\_\_\_\_

datums