



TARTU ÜLIKOOL
peremeditsiini ja rahvatervishoiu instituut

Tallinna kesklinna ja Vanasadama vahelise liikumisruumi õhusaaste ja müra muutuste modelleerimine Tallinna uue peatänava rajamisel ning sellest tulenevate tervisemõjude vähenemise hindamine

Hans Orru, Marko Kaasik, Mihkel Pindus, Tanel Tamm, Veiko Kärbla



Uuringut rahastas SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Tartu 2016

Sisukord

1. Sissejuhatus ja töö eesmärk.....	4
2. Tallinna peatänava piirkonna kirjeldus antud uuringu kontekstis	5
3. Liiklusvoogude analüüs ja mõju hindamise alternatiivide kirjeldus.....	7
4. Peatänava ja lähiala õhusaaste modelleerimine	8
4.1. Metoodika	8
4.1.1. Õhusaaste hajumismudel ja tööpiirkond	8
4.1.2. Heitkogused.....	8
4.1.3. Meteoroloogilised andmed	9
4.1.4. Fooniväärtused ja arvutustulemuste järeltöötlus	9
4.1.5. Liikluse variantide mõju õhusaaste heitmetele kesklinna piirkonnas üldisemalt	10
4.1.6. Modelleerimised ja nende tulemuste valideerimine	11
4.2. Õhu saastatuse muutused erinevate alternatiivide puhul	12
5. Peatänava ja lähiala liiklusmüra modelleerimine.....	17
6. Peatänava piirkonnas viibivad isikud ja nende kokkupuude müra ja õhusaastega	18
6.1. Elanike arvu leidmine	18
6.2. Päevarahvastiku leidmine	18
6.3. Elanike ja päevarahvastiku kokkupuude õhusaaste ja müraga	20
7. Peatänaval viibivate jalakäijate ja ühistranspordis viibijate hulga leidmine ja nende kokkupuude õhusaaste ja müraga.....	21
7.1. Jalakäijate loendamine.....	21
7.2. Aastakeskmise jalakäijate arvu leidmine loendusosaladel.....	22
7.3. Ühissõidukites viibivad isikud	24
7.4. Jalakäijate ja ühistranspordis viibivate isikute kokkupuude müra ja õhusaastega.....	25
8. Õhusaastest ja mürast tulenevate tervisemõjude ja nende muutuste hindamise metoodika	28

8.1.	Ülevaade tervisemõju hindamistest	28
8.2.	Õhusaaste ja müra kokkupuutest tulenevate juhtumite arvu ning kaotatud eluaastate arvutamine	29
8.3.	Algne suremus	29
8.4.	Riskitasemete määramine lämmastikdioksiidi, peente osakeste ja müra suhtes	30
8.5.	Tervisemõjude leidmine aktiivse liikumise osas	31
9.	Tervisemõjude muutus erinevate alternatiivide teostumisel	32
9.1.	Tervisemõjude muutus õhusaaste ja müra tasemete muutusel	32
9.2.	Tervisemõjude muutus aktiivse liikumise muutustel	41
10.	Kokkuvõte	42
	Kasutatud kirjandus	43
	Lisad	46
	Lisa 1. Müra aruanne	46

1. Sissejuhatus ja töö eesmärk

Inimesi ümbritsev keskkond võib suurel määral mõjutada nende tervist. Kui linnakeskkonnas on suurel hulgal õhusaastet, suurendab see erinevate hingamisteede ja südame-veresoonkonna haiguste riski, põhjustab lastel madalamat sündimise riski ning suurendab enneaegse sünni riski. Saaste põhjustab lastel ja eakatel kognitiivseid häireid, mitmeid degeneratiivseid ja teisi haiguseid. Kõrged müratasemed on omakorda seotud erinevate südame-veresoonkonna haiguste ning uneprobleemidega. Eelnevad uuringud Tallinnas on näidanud, et õhusaaste kesklinnas vähendab sealsete elanike oodatavat eluiga enam kui aasta võrra (Oru jt., 2010). Et neid mõjusid vähendada on ellu kutsutud Tallinna uue Peatänavaga projekt, mille eesmärk on luua Tallinna inimsõbralik jagatud linnaruumi põhimõttel toimiv südalinn. Sellega vähendatakse autoliiklust (väheneb õhusaaste ja müra) ning loetakse jalakäijate ja jalgratturite jaoks turvaline ning meeldiv keskkond (suureneb aktiivne liikumine). Käesoleva uuringu eesmärgiks oli hinnata Peatänavaga projektist saadavat kasu inimeste tervisele.

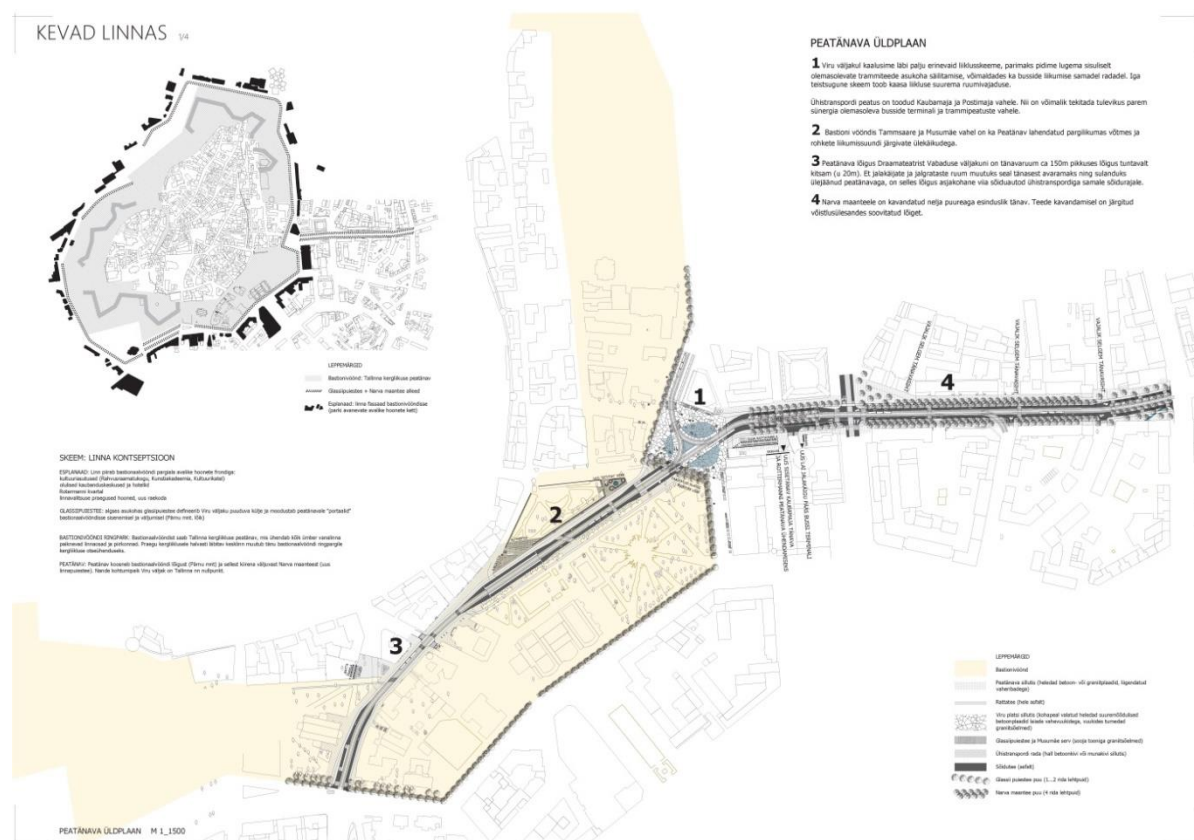
Selleks viidi läbi järgnevad tegevused :

- modelleeriti, kuidas mõjutaks Peatänavaga projekti erinevate alternatiivide ellu viimine õhukvaliteeti ja müratasemeid Peatänavaga piirkonnas;
- hinnati, kui suurt tervisekasu tooks kaasa õhukvaliteedi paranemine ja müratasemete vähenemine Peatänavaga piirkonnas elavatele, töötavatele, õppivatele, läbi kõndivatele ning ühistransporti kasutavatele isikutele;
- leiti, millist tervisekasu oleks võimalik saavutada aktiivselt liikuvate isikute hulga suurendamisel Peatänavaga piirkonnas.

2. Tallinna peatänava piirkonna kirjeldus antud uuringu kontekstis

Käesolevas raportis esitatud uuringud teostati kavandatava Tallinna peatänava alal ja selle lähiümbruses ning nende käigus hinnati Tallinna peatänava piirkonnas viibivate elanike, päevarahvastiku (töötajad ja külastajad), peatänaval tavapäraselt viibivate isikute ja jalakäijate arv ning liiklusrasvuse tasemed ja liiklusest tulenevat õhusaasteainete kontsentratsioonid ja nende muutused erinevate stsenaariumide alusel aastaks 2030. Saadud andmetele tuginedes hinnati peatänava piirkonnas viibivatel inimeste tervisemõju ja selle muutus ning võrreldi olemasolevat olukorda tuleviku omaga.

Arhitektuurse lahenduse järgi jaguneb Peatänava piirkond neljaks iseloomulikuks alaks: 1) Viru väljaku piirkond, 2) Bastioni vöönd Tammsaare ja Musumäe vahel, 3) Lõik Draamateatri ja Vabaduse väljaku vahel ning 4) Narva mnt-l asuv lõik (Joonis 1).



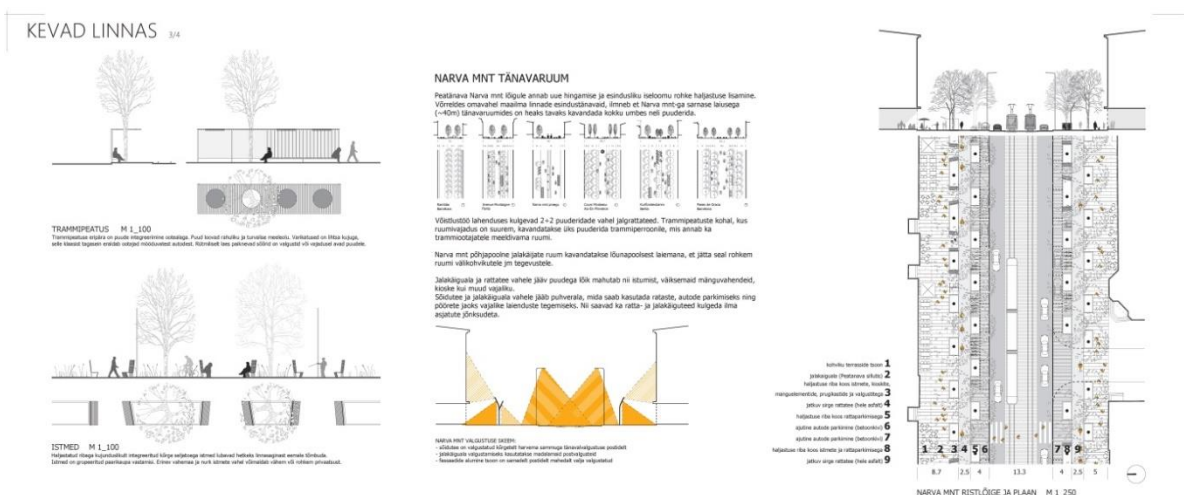
Joonis 1. Peatänava üldplaan ja linna kontseptsioon (Väljavõte Tallinna Peatänava ideekonkurssi võistlustööst „Kevad linnas“) (Paaver jt., 2016).

Viru väljaku lõigus tekitatakse inim-mõõtmeline selgelt piiritletud linnaplatz, et tuua kokku nii vee, roheluse kui ka linnaelu tunnusmärgid (Joonis 2).



Joonis 2. Viru väljaku ruum (Väljavõtte Tallinna Peatänaava ideekonkurssi võistlustööst „Kevad linnas“) (Paaver jt. 2016).

Peatänaava Narva mnt lõigule plaanitakse lisada täiendavad haljastust ja nende vahele jalgrattateid. Samuti lisatakse istumisalad kui ka välikohvikute jaoks mõeldud alad (Joonis 3). Peatänaava ala uuendamisel piiratakse ka oluliselt autode liiklust, vähendades sõiduradade arvu kuni kaheni, s.h ühissõidukite rajad. Sellega peaksid vähenema nii õhusaaste ja müra tasemed ning suurenema aktiivne liikumine kesklinnas.



Joonis 3. Narva mnt tänavaruum (Väljavõtte Tallinna Peatänaava ideekonkurssi võistlustööst „Kevad linnas“) (Paaver jt., 2016).

3. Liiklusvoogude analüüs ja mõju hindamise alternatiivide kirjeldus

Käesolevas töös johtuti Tallinna „Linna peatänava projekti esialgne liiklusvoogude analüüsis“ toodud liiklusvoogude jagunemise modelleerimistest (Stratum, 2015). Selleks kasutati Tallinna liiklusmudelit (CUBE-tarkvara), mida on ka varem rakendatud nii Tallinna kui teiste linnade liiklusmõjude analüüsimiseks.

Selle alusel analüüsiti võimalikke liiklusvoogude ümberjagunemisi perspektiivaastal 2030 järgmiste alternatiivide vahel:

- V0 – **0-alternatiiv**, kus olemasolev liikluskorraldus on selline nagu täna (2+2 rida autode ja bussidele ning keskel 1+1 rida trammidele)
- V1 – **Põhialternatiiv**, kus autoliikluse jaoks on vaid üks läbiv sõidurada mõlemas suunas ning ühissõidukiliikluse mahud on sellised nagu täna
- V2 – **Lisaalternatiiv**, kus peatänav on autoliiklusele suletud, kuid suletud alalt on tagatud ligipääs kontaktalasse (näiteks Ahtri tänav)

Antud alternatiivide alusel viidi läbi järgnevad õhusaaste ja müra modelleerimised. Nende käigus lisandusid veel järgnevad alternatiivid

- V3 – **Tuleviku sõidukite põhialternatiiv**, kus on arvestatud 2030. aasta vähem saastavate autodega
- V4 – **Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv**, kus on lisaks arvestatud 2030. aasta hoonestusega
- V5 – **Tuleviku sõidukite/hoonestuse/elanikkonna põhialternatiiv**, on lisaks arvestatud 2030. aasta elanikkonnaga

Kõigi kuue alternatiivi jaoks leiti ka võimalik tervisemõju.

4. Peatänava ja lähiala õhusaaste modelleerimine

4.1. Metoodika

4.1.1. Õhusaaste hajumismudel ja tööpiirkond

Õhusaaste hajumisarvutused tehti õhusaaste hajumismudeliga AEROPOL 5.3, mida täiendati vastavalt tiheda linnahoonestuse tingimustele, võttes sealjuures GAUSSi mudeli koodis arvesse hoonete (välisõhu saaste hajumise seisukohalt) passiivse mahu ehk nn. poorsuse, mis varem on andnud hea vastavuse mõõtmistega Tartu linnas (Kaasik jt., 2014).

Arvutused tehti Tallinna kesklinna piirkonna jaoks, mille mõõdud Eesti baaskaardi L-Est koordinaatides läänest itta on 541500 kuni 543700 m ja lõunast põhja 6587800 kuni 6590000 m. Võrgulahutus mõlemas mõõtmes on 25 meetrit.

4.1.2. Heitkogused

Lämmastikoksiidide (NO_x) ja peente osakeste (PM_{10}) heitmed arvutati lähtudes eelnevalt kirjeldatud modelleeritud tiptunni liiklusvoogudest ja aruandes (Stratum, 2015) toodud liiklusvahendite kategooriate osakaaludest. Tiptunni liiklusvoog taandati ööpäeva keskmisele, jagades eelnevalt Eestis üldtunnustatud koefitsiendiga 2,4. Tulevikustsenaariumites säilitati peatänava bussiliiklus absoluutarvudes praegusel tasemel.

Heitkoguste arvutamiseks kasutatavad heitmekoeffitsientide (grammi sekundis sõidukilomeetri kohta) arvutusskeemid on detailsel kujul toodud COPERT metoodika veebilehel, vt <http://emisla.com/products/copert-4/documentation>. Kuna Tallinna kohta ei ole saadaval detailseid andmeid sõidukite kaalu- ja võimsuskategooriate kohta, siis praktiliseks arvutuseks kasutati üldisemate sõidukikategooriate (sõiduaudod, kerge- ja raskeveokid, bussid) jaoks üldistatud HBEFA metoodikat (TU Graz, 2009) ning selle hiljutist täpsustust vähim saastavate EURO5 ja EURO6 kategooria sõiduaudode jaoks (TU Graz, 2013), vt <http://www.hbefa.net/e/index.html>.

Eraldi käsitlust vajavad peenosakeste heitkogused teekattest ja piduritest, mis vastavalt COPERT metoodikale moodustavad väiksema osa võrreldes mootoriheitmetega ja mida HBEFA metoodika ei käsitle. Põhja-Euroopa linnades on naastrehvide kasutamise ja kevadise lumesulamise aegse teekatteheitmete hooaja tõttu mootorist mitte pärinevate osakeste osakaalu liiklussaastes aasta keskmisena hinnatud kõrgemaks (Omstedt jt., 2005). Eesti oludesse sobiv detailne arvutusmeetod on kasutusel mudelis NOTRIP (Norman jt., 2016), mis sõltub suuresti naastrehvide kasutusest. Siin on eeldatud 25% naastrehve aastakeskmisena.

Sõidukipargi vanuselise struktuuri kohta pärinevad Statistikaameti viimased andmed 2009. aastast – infopäringule hilisemate andmete kohta tuli vastus, et seda statistikat amet enam ei tee. Siiski on meedias ilmunud kokkuvõtteid, nagu (AMTEL, 2014). Nende andmete põhjal, eeldades Tallinnas veidi uuemat autoparki, kui Eestis üldiselt, on EURO5 ja EURO6 nõuetele vastavaid sõiduautosid tänavail 19% ja enne EURO nõuete kehtestamist toodetud autosid 10%. Diiselmootoriga sõiduautode osakaaluks arvestati 27%. Samuti meedia andmeil on umbes pool Tallinna liinibussidest kõrgemaile keskkonnanõuetele vastavad. Tuleviku sõidukite põhialternatiivide puhul eeldati samasugust sõidukite vanuselist struktuuri, üle kantuna 2030. aastasse, mis tähendab 79% EURO5 ja EURO6 nõuetele vastavaid ning ainult 3% EURO-nõuete eelseid sõiduautosid. Bussidest peaks siis kahele kõrgeimale kategooriale vastama 82% ja EURO-nõuete eelseid busse enam ei ole.

4.1.3. Meteoroloogilised andmed

Meteoroloogilised andmed pärinevad aastatest 2010–2014 Riigi Ilmateenistuse Tallinn-Harku vaatlusjaamast. Kaudselt hinnati mudelile AEROPOL vajalikku turbulentset soojusvoogu, kasutades lisaks kvaliteetseid päikesekiirguse vaatlusandmeid Tartu-Tõravere ja Mustvee jaamadest, mis on Eesti väiksuse tõttu üldistamiseks sobilikud. Arvutusteks klassifitseeriti ilmaandmed tuule suuna sammuga 5 kraadi ja tuule kiiruse sammuga 1 m/s, mis on vajalik mudelarvutuse vastuvõetava töökiiruse saavutamiseks.

4.1.4. Fooniväärtused ja arvutustulemuste järeltöötlus

Lämmastikoksiidide arvutatud aastakeskmisele kontsentratsioonile liideti foonväärtus $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, arvestamaks kaugkannet ja teistest linnaosadest kesklinna kanduvaid NO_x -e. Foontase on arvestatud veidi kõrgemana, kui tüüpiline maafoon $2\text{--}3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Eesti Keskkonnauuringute Õismäe seirejaamas kõikus aastakeskmise kontsentratsioon aastatel 2011–2015 vahemikus $8,9\text{--}15,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, kuid jaama asukoht eeldab küllaltki intensiivset liiklussaastet mõnesaja meetri kaugusel paiknevate tiheda liiklusega tänavatelt, seega ei ole see koht kesklinnast paari kilomeetri kaugusel asuvatest linnaosadest põhjustatud fooni hindamiseks optimaalne (hindab üle).

Peente osakeste (PM_{10}) arvutatud aastakeskmisele kontsentratsioonile, mis on mootori- ning piduri- ja teekateheitmete alusel arvutatu summa, liideti fooniväärtus $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mis samuti esindab kaugkannet ja teisi linnaosi. Fooni hindamine on PM_{10} puhul pisut ebakindlam, sest maafoonijaamad mõõdavad eeskätt ülipeeneid osakesi ($\text{PM}_{2,5}$), mille aastakeskmised näitajad on $5\text{--}6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. PM_{10} tasemed Õismäel olid aastatel 2011–2015 $12\text{--}15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tuleb silmas pidada, et suur osa osakestest õhus pärineb kohalikest allikatest, näiteks pinnasetolm, mida

Tallinna kesklinna tehispiindadelt eraldub eeldatavalt vähe. Samas on viimastel aastatel maailmas teadvustatud toiduvalmistamise aerosooli (*cooking aerosol*) oluline osakaal teatud linnaosades, mida Tallinnas võib eeldada näiteks Vanalinnas, aga mille kohta Eestis uurimusi veel ei ole avaldatud.

AEROPOL võimaldab arvutada lämmastikoksiidide (NO_x) summaarse kontsentratsiooni, lähtudes mootoriheitmetest. Lämmastikdioksiidi (NO₂) kontsentratsioonid arvutati selle põhjal empiirilise neljanda astme polünoomi järgi, mis saadi Liivalaia seirejaama tunniandmete regressioonil:

$$[NO_2] = -4 \cdot 10^{-9}[NO_x]^4 + 6 \cdot 10^{-6}[NO_x]^3 - 0,0031[NO_x]^2 + 0,8467[NO_x]$$

4.1.5. Liikluse variantide mõju õhusaaste heitmetele kesklinna piirkonnas üldisemalt

Arvutus näitab, et heitmed kogu kesklinna piirkonnast (eespool kirjeldatud mudeli tööpiirkond) vähenevad veidi peatänava ühe sõidureaga variandi puhul, ja suurenevad veidi Viru väljaku piirkonna täielikul sulgemisel transiitliiklusele (v.a. ühistransport), nagu näeb ette lisaalternatiiv V2. Põhjuseks on V2 puhul pikenevad sõidumarsruudid. Kuna liikluse stsenaariumis ei ole arvestatud liikluskäitumise muutumisega, mis mitmete linnade kogemuse põhjal on realistlik, siis saaks kindlana vastuse anda üksnes uuring, mis arvestab selle sotsiaalse nähtusega. Tuleviku vähem saastavate (valdavalt EURO5 ja EURO6) autode puhul kahaneb NO₂ summaarne heide umbes poole peale. PM₁₀ heide ei muutu oluliselt, sest stsenaarium ei arvesta naastrehvide keelustamise või piiramisega. Kõik tulevikustsenaariumid langetavaid arvatavaid ning osalt varasemate mõõtmistega kinnitatud õhusaaste tipptasemeid Viru väljakul (Tabel 1, 2).

Tabel 1. Heitmed kesklinna piirkonnast tippkoormusel* (g/s)

	V0 – 0-alternatiiv	V1 – Põhialternatiiv	V2 – Lisaalternatiiv	V3 – Tuleviku sõidukite põhialternatiiv
NO ₂	6,66	6,51	6,74	3,15
PM ₁₀	3,89	3,75	3,89	3,66

*arvestades tipptundi ja kevadist teekatte PM heitmete maksimumi.

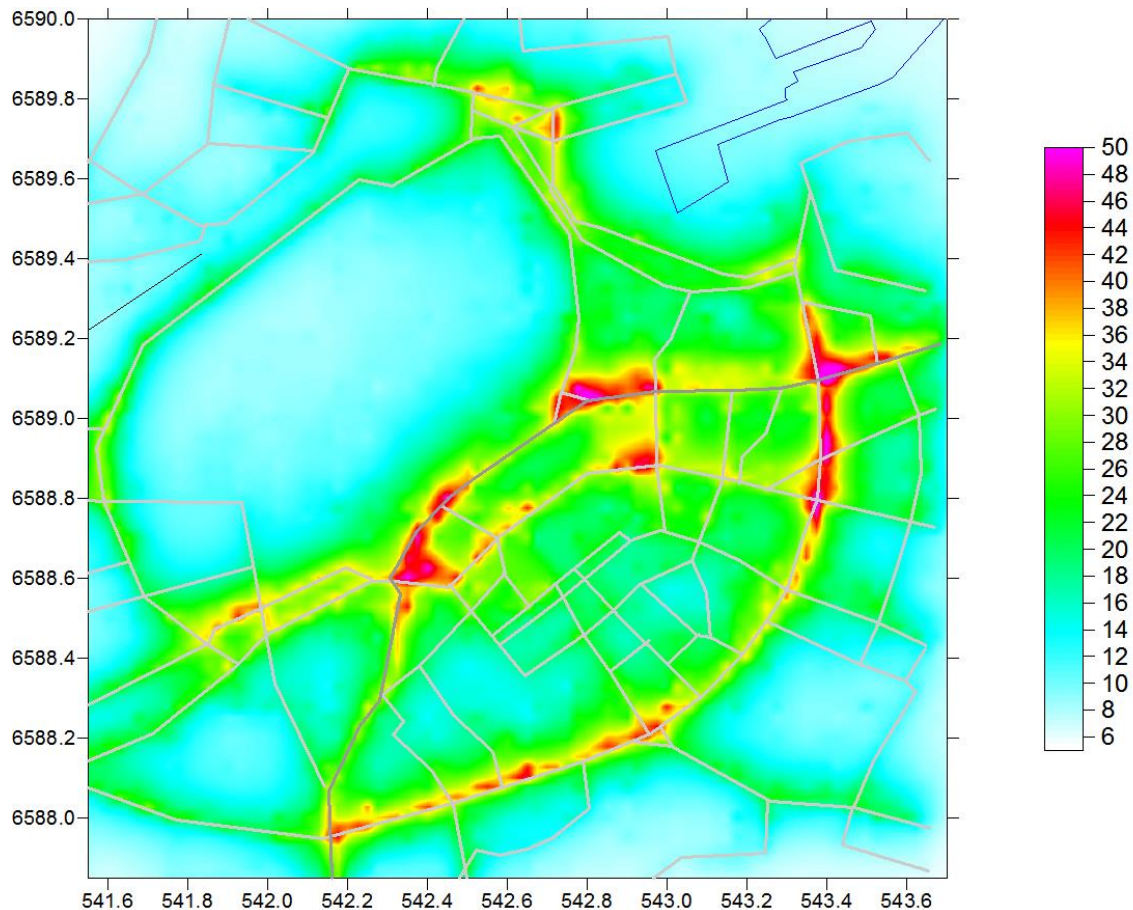
Tabel 2. Heitmed peatänavalt (Suur-Ameerika kuni Pronksi tn. lõik) tippkoormusel* (g/s).

	V0 – 0-alternatiiv	V1 – Põhialternatiiv	V2 – Lisaalternatiiv	V3 – Tuleviku sõidukite põhialternatiiv
NO ₂	0,87	0,70	0,67	0,35
PM ₁₀	0,43	0,35	0,29	0,30

*arvestades tipptundi ja kevadist teekatte PM heitmete maksimumi.

4.1.6. Modelleerimised ja nende tulemuste valideerimine

Arvutus annab Liivalaia seirejaama asukohas (võrguraku täpsusega) aastakeskmiseks NO₂ kontsentratsiooniks tänapäevases olukorras 30,3 µg/m³ (Joonis 4). Samas mõõdetud keskmised (koos fooniväärtusega) aastatel 2011–2015 olid vahemikus 16,9–22,9 µg/m³ keskvaartusega 20,3 µg/m³.

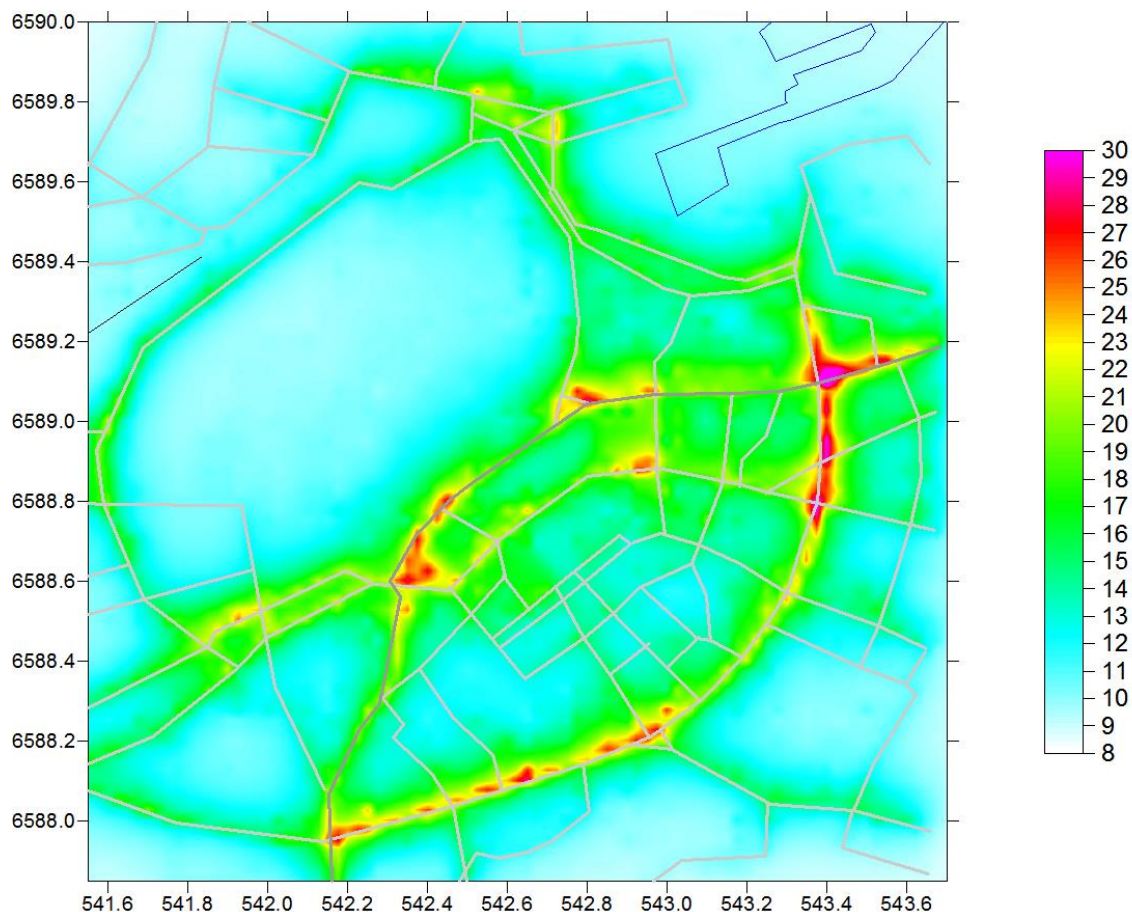


Joonis 4. NO₂ aastakeskmise sisaldused (µg/m³) Peatäna piirkonnas (V0 alternatiiv).

Arvutatud PM₁₀ kontsentratsioon sealsamas oli 19,4 µg/m³ (Joonis 5). Vastavad mõõdetud väärtused olid 14,0–17,5 µg/m³, keskvaartusega 15,7. Seega on NO₂ ja PM₁₀ sisaldused mõnevõrra ülehinnatud, ent tegemist on kõrge kontsentratsiooniga väikesel alal sõidutee kohal ja vahetus läheduses, mille asukohta mõjutavad nii võrguraku suurus, kui sõiduradade täpne paigutus (Liivalaia tänav on kahe võrguraku laiune). Juba ühe võrguraku kaugusel sõiduteest eemal vastavad arvutatud kontsentratsioonid 20% täpsusega seirejaamas mõõdetuile.

Tähelepanu väärib asjaolu, et Liivalaia seirejaam asub ühe vähima liiklustihedusega lõigu ääres sel tänaval. Juhkentali ja Pärnu mnt. vahelises lõigus ning eriti Gonsiori tänava ristmikul näitab arvutus märgatavalt kõrgemaid saastetasemeid. Kõrgemaid saastetasemeid näitab arvutus ka peatänaval Vabaduse väljaku ja Viru väljaku piirkonnas. Viimast kinnitavad

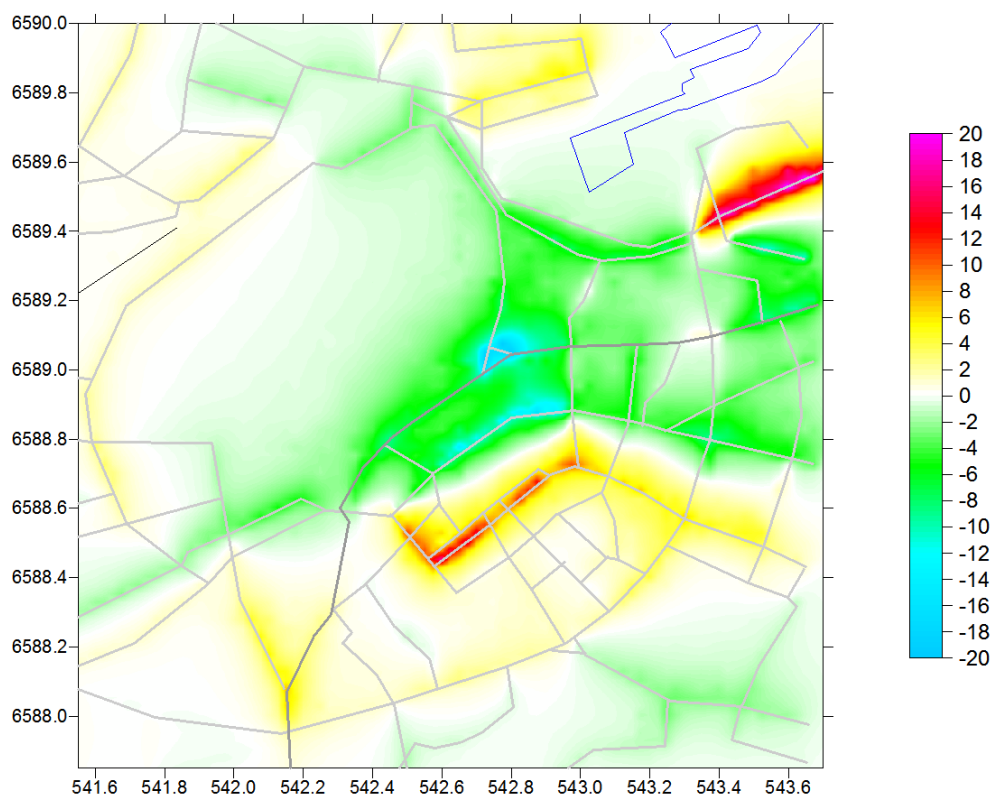
kaudselt varem eksisteerinud Viru väljaku seirejaama andmed aastatest 2001–2003 (aruanded vt <http://airviro.klab.ee>) nii NO₂ kui PM₁₀ aastakeskmised kontsentratsioonid olid 30–40 µg/m³. Peale kesklinna seirejaama kolimist Liivalaia tänavale on Õismäe seirejaama andmetel Tallinna liiklussaaste üldiselt vähe muutunud. Viru väljaku ümbruse hoonestust on samal ajal tihendatud, seega hajumistingimused halvenenud.



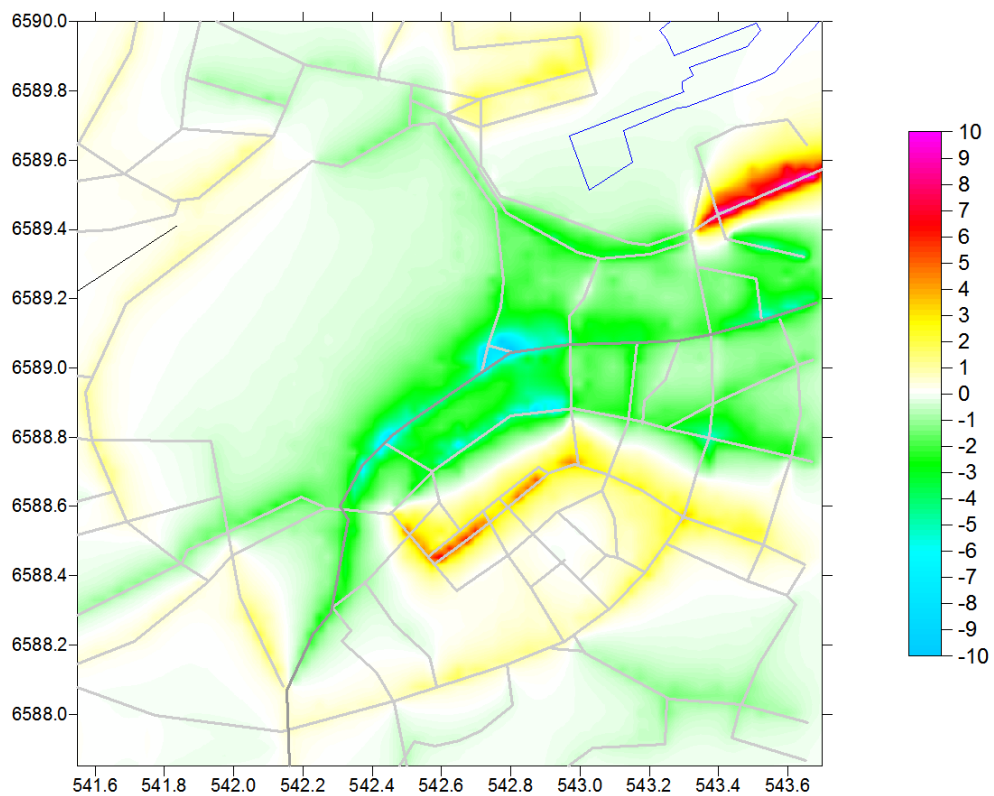
Joonis 5. PM₁₀ aastakeskmise sisaldused (µg/m³) Peatäna piirkonnas (V0 alternatiiv).

4.2. Õhu saastatuse muutused erinevate alternatiivide puhul

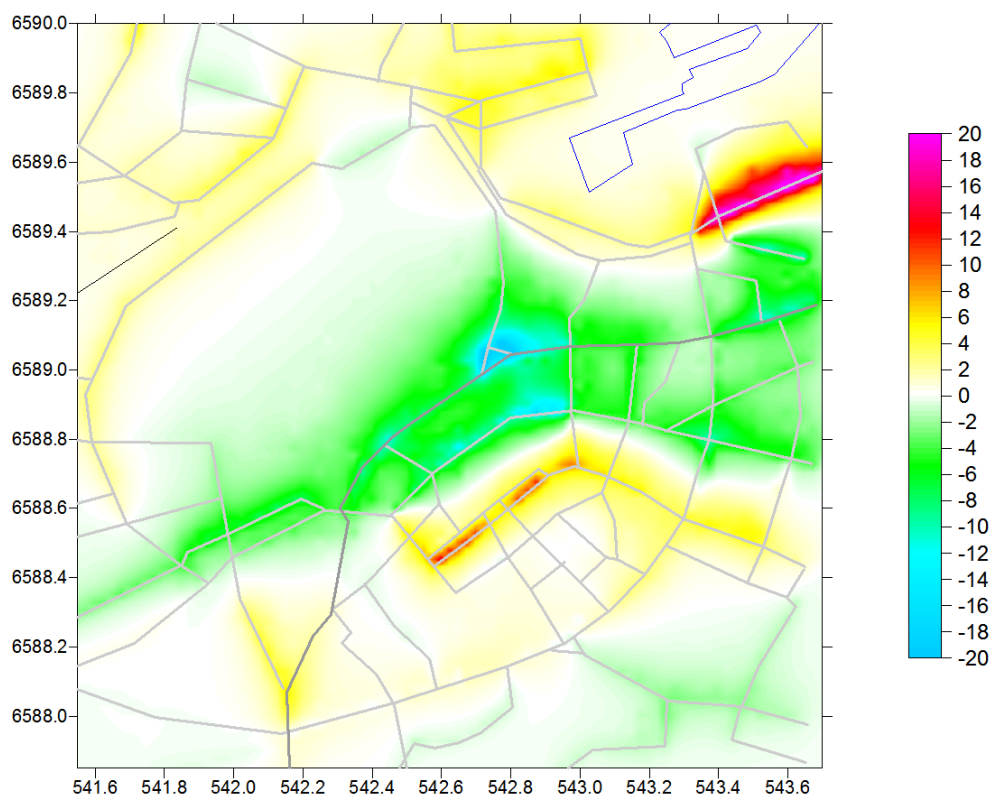
Järgnevatel joonistel 6-13 on toodud õhusaaste tasemete muutused erinevate alternatiivide teostumisel. Olulise õhusaaste tasemete vähenemise annab juba põhialternatiiv, kus on oodata kuni 20 µg/m³ väiksemaid NO₂ sisaldusi kui praegu, ent liikluse ümberjuhtimisel mõnes piirkonnas õhusaaste tasemed ka suurenevad (Joonis 5, 6). Mõnevõrra suuremad on vähenemised Lisaalternatiivi puhul, kuid võrreldes Põhialternatiiviga suhteliselt väikesed (Joonis 8, 9). Kõige olulisema õhusaaste tasemete vähenemise annab Tuleviku autode põhialternatiiv, mis arvestab nii väiksemate liiklusvoogude kui vähem saastavate autodega (Joonis 10, 11).



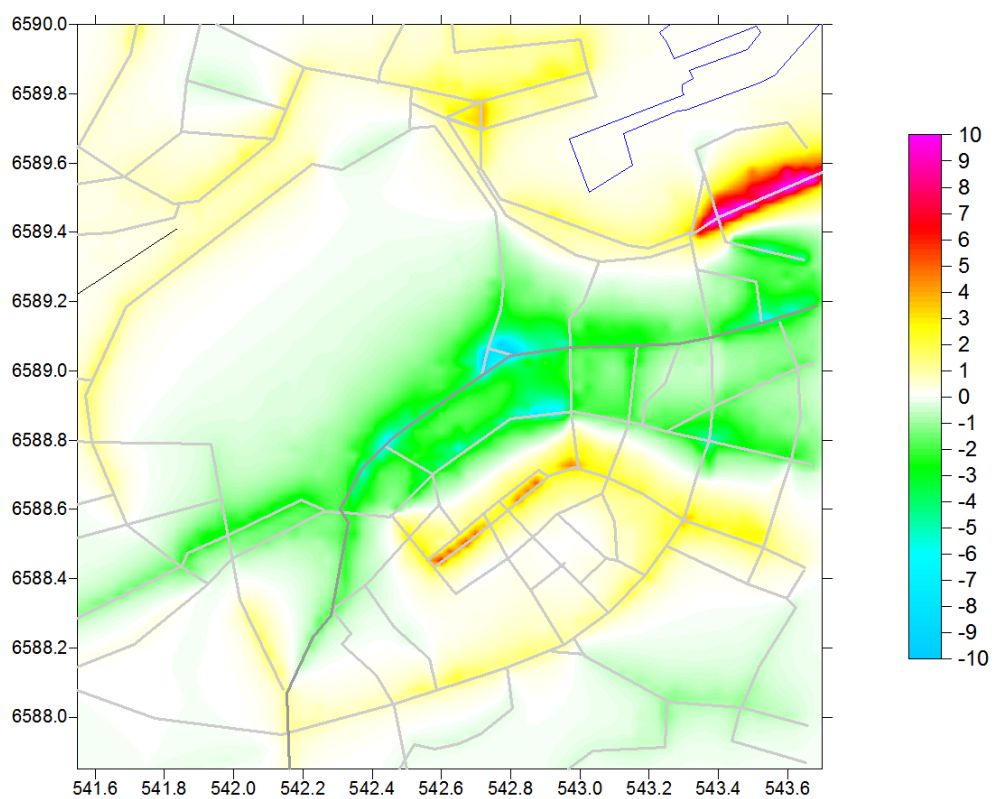
Joonis 6. NO₂ aastakeskmiste sisalduste muutused (µg/m³) Peatäna piirkonnas Põhialternatiivi (V1) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



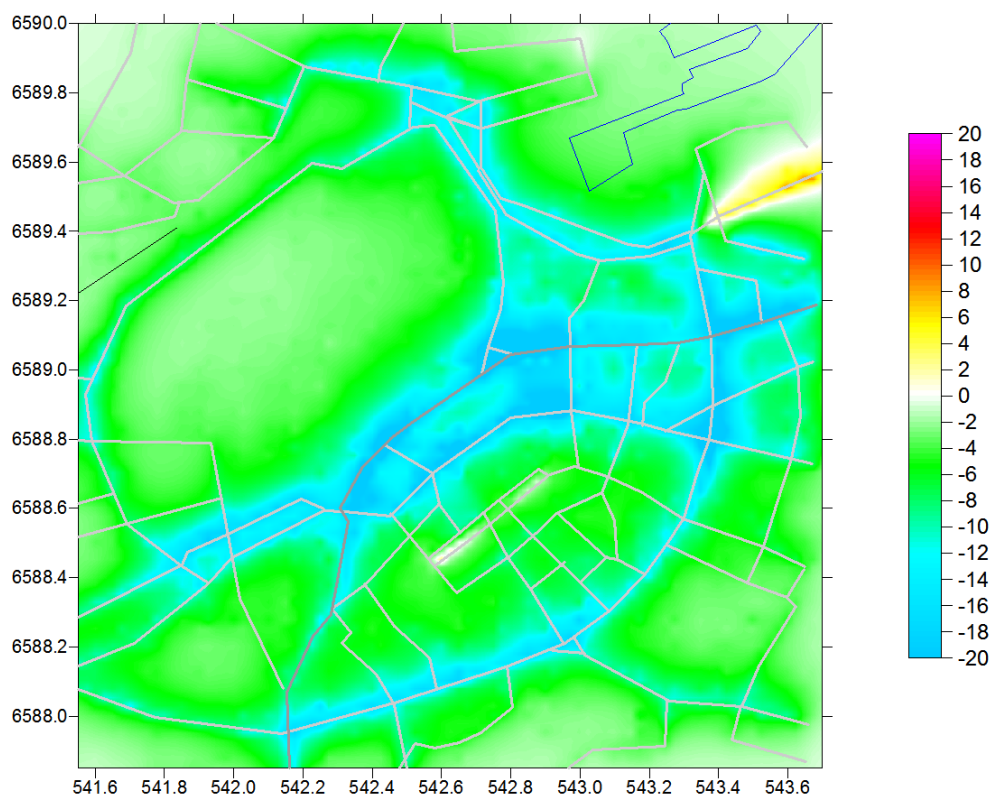
Joonis 7. PM₁₀ aastakeskmiste sisalduste muutused (µg/m³) Peatäna piirkonnas Põhialternatiivi (V1) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



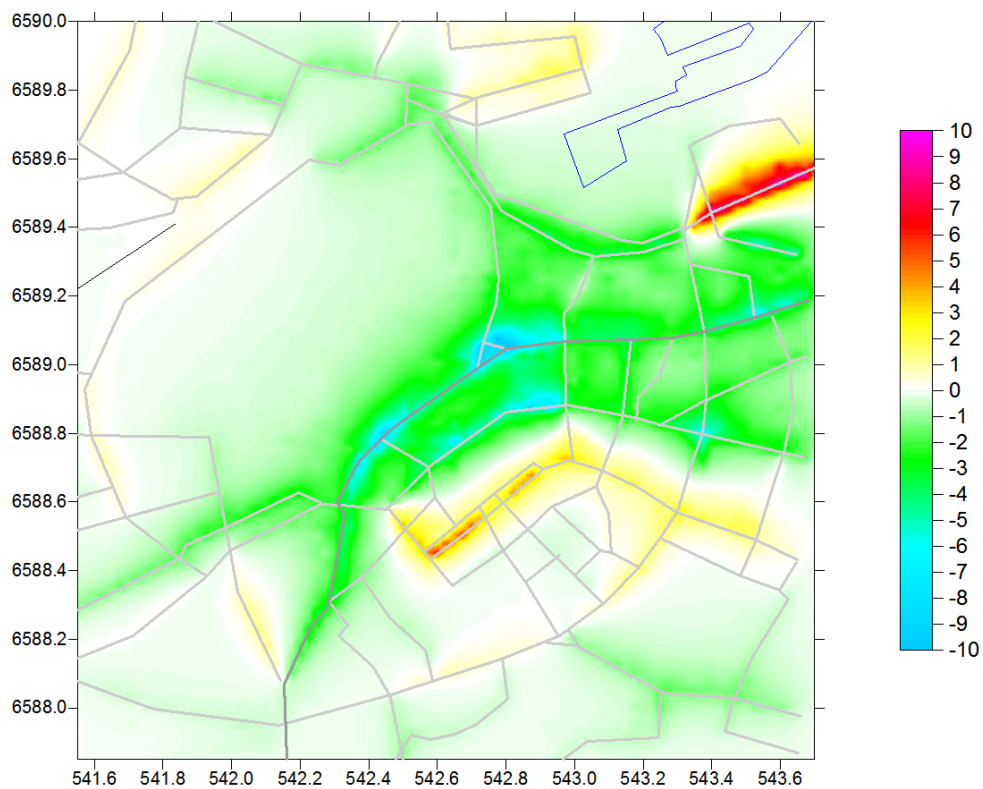
Joonis 8. NO₂ aastakeskmiste sisalduste muutused (µg/m³) Peatänaava piirkonnas
Lisalternatiivi (V2) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



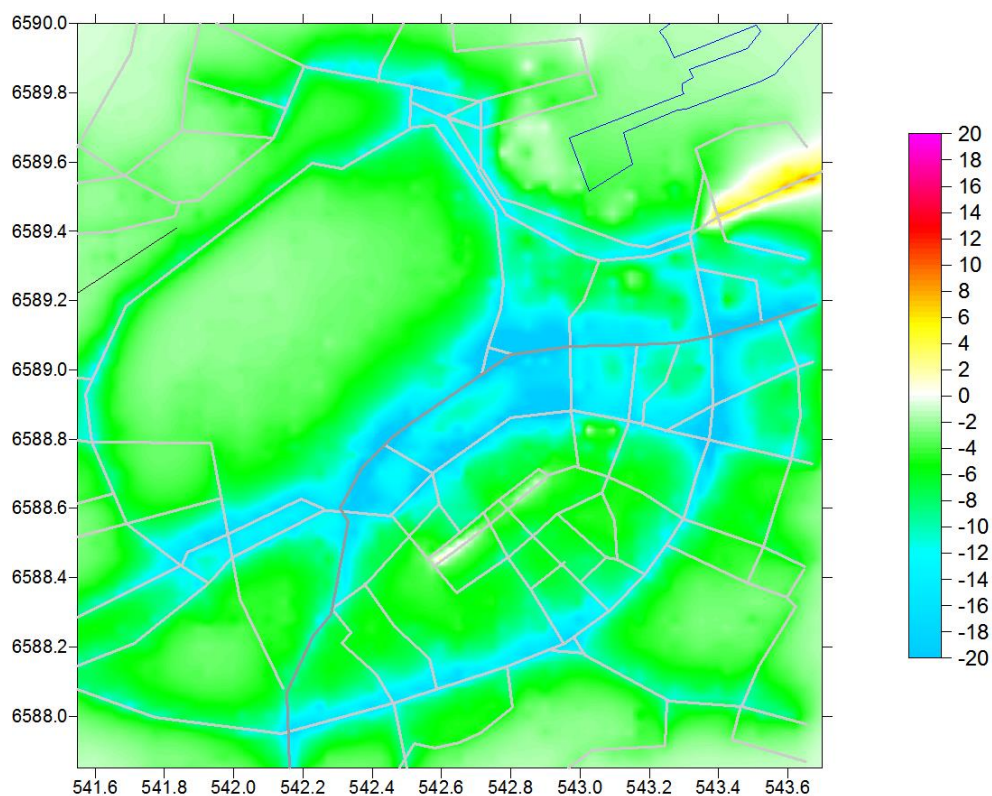
Joonis 9. PM₁₀ aastakeskmiste sisalduste muutused (µg/m³) Peatänaava piirkonnas
Lisalternatiivi (V2) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



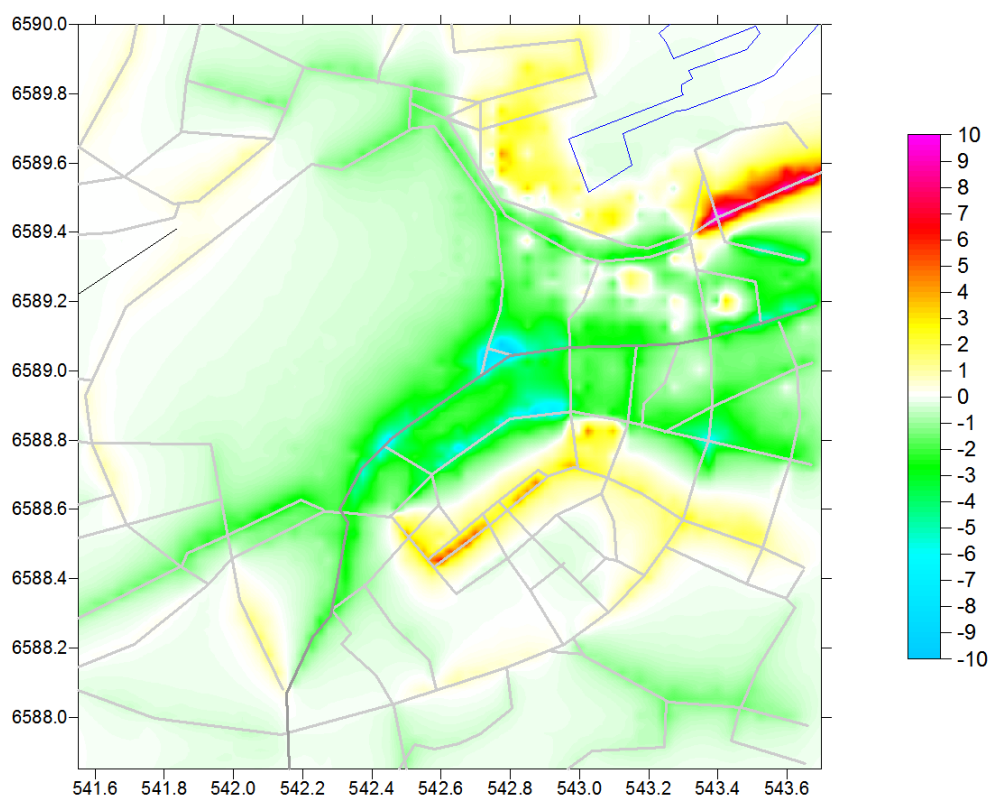
Joonis 10. NO₂ aastakeskmiste sisalduste muutused (μg/m³) Peatänaava piirkonnas Tuleviku sõidukite põhialternatiivi (V3) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



Joonis 11. PM₁₀ aastakeskmiste sisalduste muutused (μg/m³) Peatänaava piirkonnas Tuleviku sõidukite põhialternatiivi (V3) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



Joonis 12. NO₂ aastakeskmiste sisalduste muutused (µg/m³) Peatäna piirkonnas Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiivi (V4) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).



Joonis 13. PM₁₀ aastakeskmiste sisalduste muutused (µg/m³) Peatäna piirkonnas Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiivi (V4) puhul võrrelduna 0-alternatiiviga (V0).

5. Peatänava ja lähiala liiklusrumade modelleerimine

Peatänava ja lähiala liiklusrumade modelleerimise raames hinnati Peatänava liikluskorralduslike muutuste mõju Peatänava piirkonna ning lähiala mürasituatsioonile. Aluseks olid ka siin liikluskorralduste modelleerimistest (Stratum, 2015). Kokku anti hinnang (koos modelleeritud mürakaartidega) nelja erineva variandi kohta, s.h olemasolev olukord aastal 2015 (Tabel 4). Sõidukiiruseks võeti reeglina 50 km/h, ent Peatänava puhul oli kiirus täiendavalt piiratud kuni 30 km/h. Detailsed tulemused koos metoodikaga on esitatud lisas.

Järgnevalt on lühidalt kirjeldatud erinevate alternatiivide müratasemeid

- **V0 – 0-alternatiivi** puhul on Peatänava piirkonnas (nii lähimate hoonete kui ka jalakäijate alal) päevane müratase (L_d) vahemikus 70–75 dB, mis läheneb kriitilise mürataseme piirile. Samuti on Südalinnas kõrge mürafooniga Estonia pst.
- **V1 – Põhialternatiivi** puhul leiab peatänava piirkonnas (nii lähimate hoonete kui ka jalakäijate alal) aset selge (>5 dB, kohati ka enam) mürataseme vähenemine. Lisaks on mürataseme vähenemist märgata ka Estonia puiesteel ja Gonsiori tänaval. Tänu sõiduradade vähendamisele väheneb pisut ka Ahtri tn müratase. Liikluse ümbersuunamise tõttu suureneb enim Rävala pst müratase, kuid hüppelist mürataseme tõusu ei ole märgata ühegi tänava puhul.
- **V2 – Lisaalternatiivi** Tervikuna on mõju küllaltki sarnane variandile V1, kuid Peatänava piirkonnas on tegemist kõige soodsama variandiga (samas erinevus võrreldes variandiga V1 on siiski suhteliselt väike). Nii nagu Põhialternatiivigi puhul, leiab Peatänava piirkonnas (nii lähimate hoonete kui ka jalakäijate alal) aset selge (>5 dB, kohati ka enam) mürataseme vähenemine. Lisaks on mürataseme vähenemist märgata ka Estonia puiesteel ja Gonsiori tänaval. Liikluse ümbersuunamise tõttu suureneb enim Rävala pst müratase, kuid hüppelist mürataseme tõusu ei ole märgata ühegi tänava puhul. Pisut suureneb ka Ahtri tn müratase (võrreldes nullvariandiga ja variandiga V1).
- **V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiivi** puhul on mõju sarnane variandile V2, sest uushoonestuse rajamine ei mõjuta märkimisväärselt piirkonna mürafooni. Põhjuseks on asjaolu, et Peatänava ümbruses ei ole suuri uusi hoonemahtusid ette nähtud. Kuna tuleviku sõidukite müratasemete kohta info puudub ja valdav osa mürast on ikkagi rehvimüra, siis arvestati modelleerimisel sõiduki kohta samade müratasemetega samadel kiirustel kui praegu.

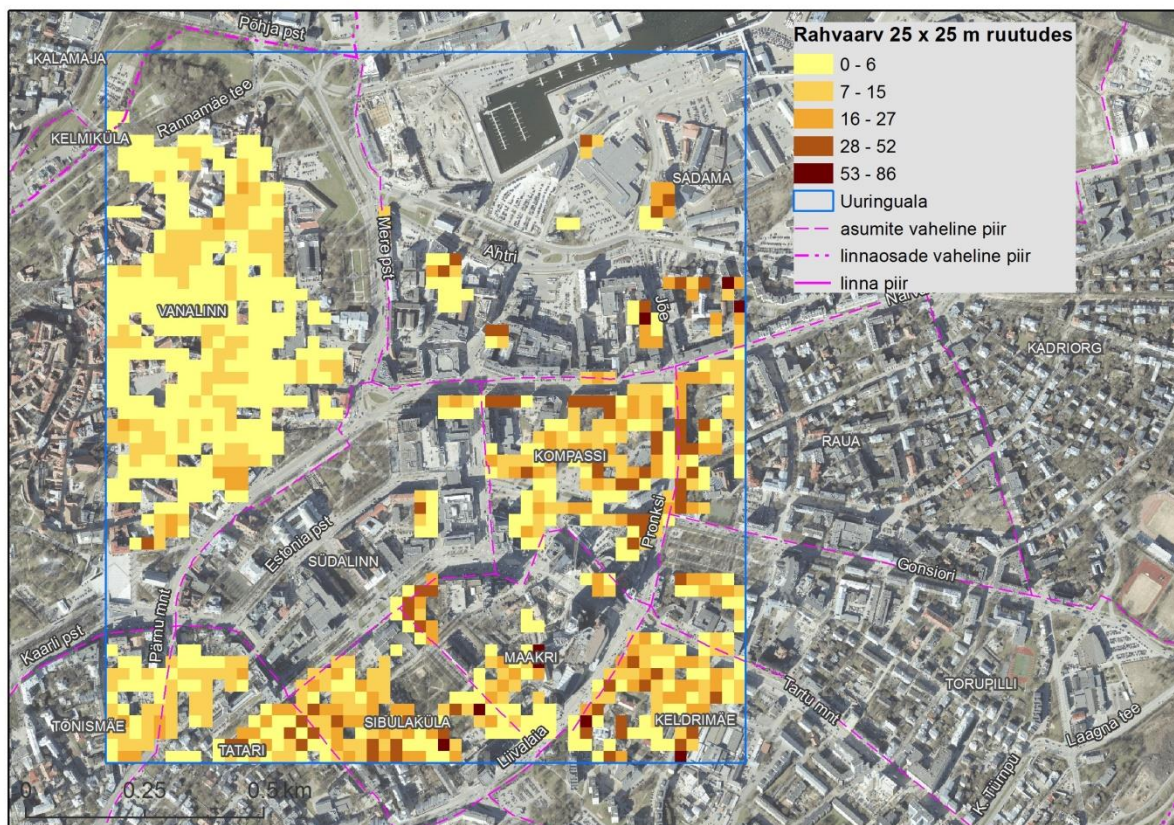
6. Peatänava piirkonnas viibivad isikud ja nende kokkupuude müra ja õhusaastega

6.1. Elanike arvu leidmine

Alusandmetena kasutati Statistikaameti 100 x 100 m ruudustikul põhinevat 2011. aasta rahvaloenduse rahvaarvu andmeid erinevates vanusegruppides. Võttes aluseks Tallinna 1:2000 aluskaardi vt <http://www.tallinn.ee/est/ehitus/aluskaart> hoonete andmed, teisendati 100 x 100 m rahvaloenduse rahvaarvu andmed 25 x 25 m ruudustikule järgmise valemiga:

$$\text{elanike arv} = \frac{\text{Eluhoonte alune pindala 25 x 25 m ruudus} \times \text{rahvaloenduse rahvaarv 100 x 100 m ruudus}}{\text{Eluhoonete alune pindala 100 x 100 m ruudus}}$$

Joonisel 14. on toodud elanike arv uuringualal Peatänava piirkonnas.



Joonis 14. Elanike arv 25 x 25 m ruudustikus uuringualal Peatänava piirkonnas.

Tuleviku (2030) rahvastiku hindamine Tuleviku sõidukite/hoonestuse/elanikkonna põhialternatiivi puhul johtus rahvastiku prognoosist aastaks 2030 kesklinna piirkonnas (Tammaru, 2011).

6.2. Päevarahvastiku leidmine

Päevarahvastik tähistab inimeste arvu, kes viibivad antud piirkonnas töö ajal. Päevarahvastiku alusandmetena kasutati Statistikaameti kaardirakenduse (<https://estat.stat.ee/StatistikaKaart/VKR>) kaudu kättesaadavaks tehtud 1 x 1 km ruudustikul põhinevat andmestikku nimega

6.3. Elanike ja päevarahvastiku kokkupuude õhusaaste ja müraga

Järgnevalt leiti elanike ja päevarahvastiku kokkupuude lämmastikdioksiidiga (NO₂) ja peente osakestega (PM₁₀). Selleks omistati igale ruudus viibivale isikule antud ruudule modelleeritud õhusaaste või müra väärtus. Tabelis 3 on esitatud nii keskmised, kui minimaalsed ja maksimaalsed saasteainete aastakeskmised väärtused. Õhusaaste keskmised sisaldused on kaalutud johtuvalt rahvastiku hulgast antud võrgu rakus.

Tabel 3. Elanike ja päevarahvastiku aastakeskmise kokkupuude lämmastikdioksiidiga (NO₂) ja peente osakestega (PM₁₀)

	NO ₂ sisaldus (µg/m ³) keskmise (min ja max)	PM ₁₀ sisaldus (µg/m ³) keskmise (min ja max)
Elanikud		
V0 – 0-alternatiiv	22,0 (8,4; 59,9)	15,0 (9,7; 36,2)
V1 – Põhialternatiiv	21,2 (8,0; 60,6)	14,3 (9,4; 33,8)
V2 – Lisaalternatiiv	21,1 (8,0; 52,8)	14,5 (9,5; 34,0)
V3 – Tuleviku hoonestuse põhialternatiiv	12,9 (6,1; 36,8)	13,9 (9,4; 32,1)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	13,2 (6,1; 37,5)	14,2 (9,5; 33,8)
Päevarahvastik		
V0 – 0-alternatiiv	21,0 (8,4; 59,9)	14,7 (9,7; 36,2)
V1 – Põhialternatiiv	20,5 (8,0; 60,6)	14,2 (9,4; 33,8)
V2 – Lisaalternatiiv	20,4 (8,0; 52,8)	14,4 (9,5; 34,0)
V3 – Tuleviku hoonestuse põhialternatiiv	12,5 (6,1; 36,8)	13,8 (9,4; 32,1)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	12,6 (6,1; 37,5)	14,0 (9,5; 33,8)

Ilmnes, et liikluse vähenemine Põhialternatiivi teostumisel vähendab saastetasemeid keskmiselt 0,8 µg/m³ võrra, ent vahe lisaalternatiiviga on väike. Suurim mõju oleks tuleviku alternatiividel, kui vähenevad ka sõidukite heitmed, ent ka siin oli vahe enam hoonestatud alternatiiviga väike. Niisamuti oli müra puhul vahe põhi ja lisaalternatiivi vahel väike (Tabel 4). Kuna tuleviku sõidukite müra kohta puuduvad hetkel otsesed andmed, ei olnud seda mõju võimalik arvestada, ent hoonestuse mõju oli suhteliselt väike.

Tabel 4. Elanike ja päevarahvastiku aastakeskmise kokkupuude müraga päevasel ajal

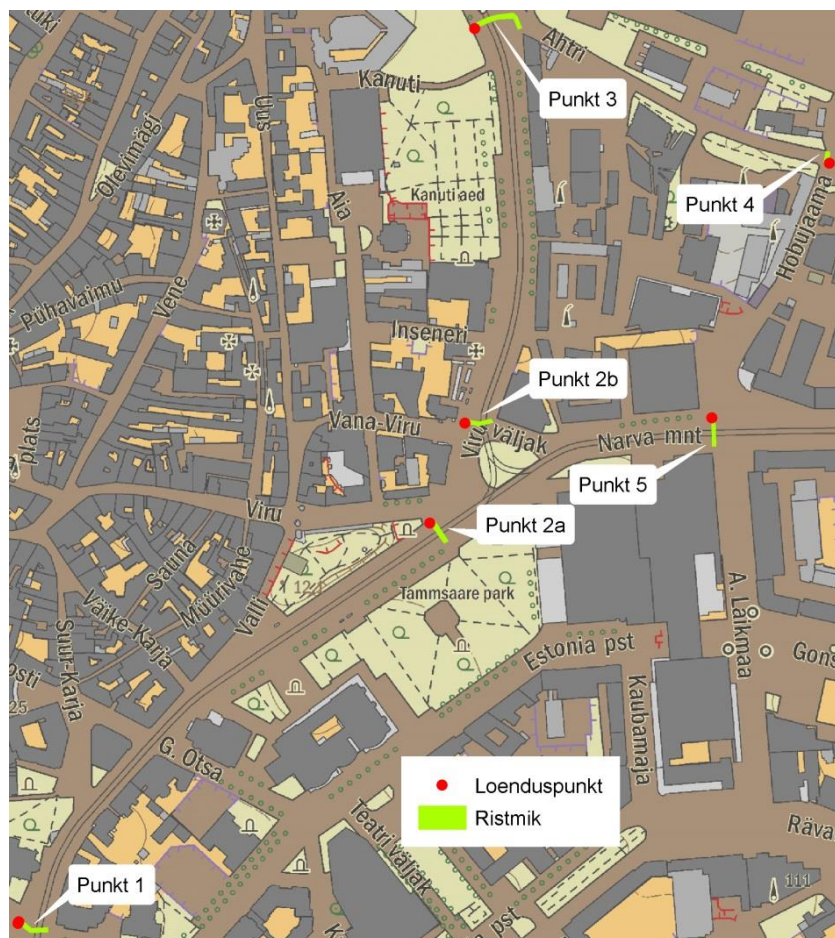
	Müra L _{den} tasemed (dB) keskmise (min ja max)
V0 – 0-alternatiiv	72,7 (37,5; 78,5)
V1 – Põhialternatiiv	69,0 (36,8; 78,0)
V2 – Lisaalternatiiv	68,7 (37,3; 78,0)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	68,7 (37,3; 78,0)

7. Peatänaval viibivate jalakäijate ja ühistranspordis viibijate hulga leidmine ja nende kokkupuude õhusaaste ja müraga

7.1. Jalakäijate loendamine

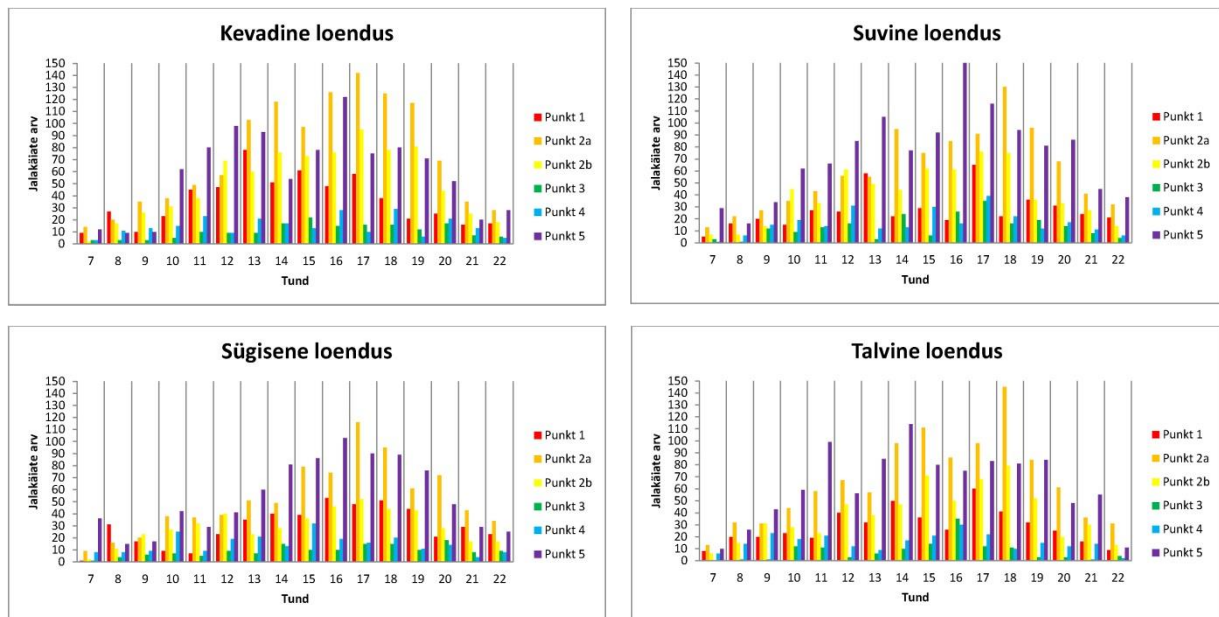
Ülekäiguradu ületavaid jalakäijaid loendati 6-s loenduspunktis 2016. aastal talvel (1. märtsil kell 12.00–23.00, 2. märtsil kell 7.00–12.00), kevadel (4. mail kell 11.00–23.00; 5. mail kell 7.00–11.00), suvel (28. juunil kell 10.00–23.00; 29. juunil kell 7.00–10.00) ja sügisel (13. septembril kell 10.00–23.00 ja 14. septembril kell 7.00–10.00). Nende kuupäevade järgi hinnati kevadel (mai), suvel (juuni), sügisel (september) ja talvel (märts) sõiduteed ületavate jalakäijate arvu ajalist dünaamikat.

Loenduspunktid asusid järgmiste ülekäiguradade otstes: Pärnu mnt-l Jaani kiriku juures (Punkt 1); Pärnu mnt ja Viru tänava ristis (Punkt 2a); Mere pst ja Vana-Viru tänava ristis (Punkt 2b); Mere pst ja Ahtri tänava ristis (Punkt 3); Ahtri tänava ja Hobujaama tänava ristis (Punkt 4) ja Hobujaama tänava ja Narva mnt ristis (Punkt 5) (Joonis 16). Igas punktis loendati mööduvaid jalakäijaid (liikumissuunda eristamata) 3 minuti jooksul. Loendamine toimus ühe-tunnise intervalliga kella 7.00–23.00 jaotatuna kahele päevale.



Joonis 16. Jalakäijate loenduspunktide asukohad (Aluskaart: Maaameti Eesti põhikaart).

Ristmikke ületavate jalakäijate arvu ajaline dünaamika kevadel, suvel, sügisel ja talvel on esitatud Joonisel 17. Kevadise loenduse tulemustest on näha, et jalakäijaid liikus enim kella 12–14 ja 16–18 ajal. Enim ületati teed Pärnu mnt ja Viru tänava ristis (Punkt 2a) ja Hobujaama tänava ja Narva mnt rist (Punkt 5). Sama dünaamikat oli märgata ka suvisel loendusel, kuid kevadel oli umbes 200 jalakäijat rohkem. Sügisel liikus inimesi enim kella 16–18 ajal ja enim ületati teed samades loenduspunktides nagu kevadel ja suvel. Talvistest loendustulemustest selgub, et enim jalakäijaid liikus kella 11–12, 13–15 ja 17–18 ajal. Jalakäijatega oli enim koormatud Pärnu ja Narva mnt ja kõige rohkem inimesi loendati kevadel.

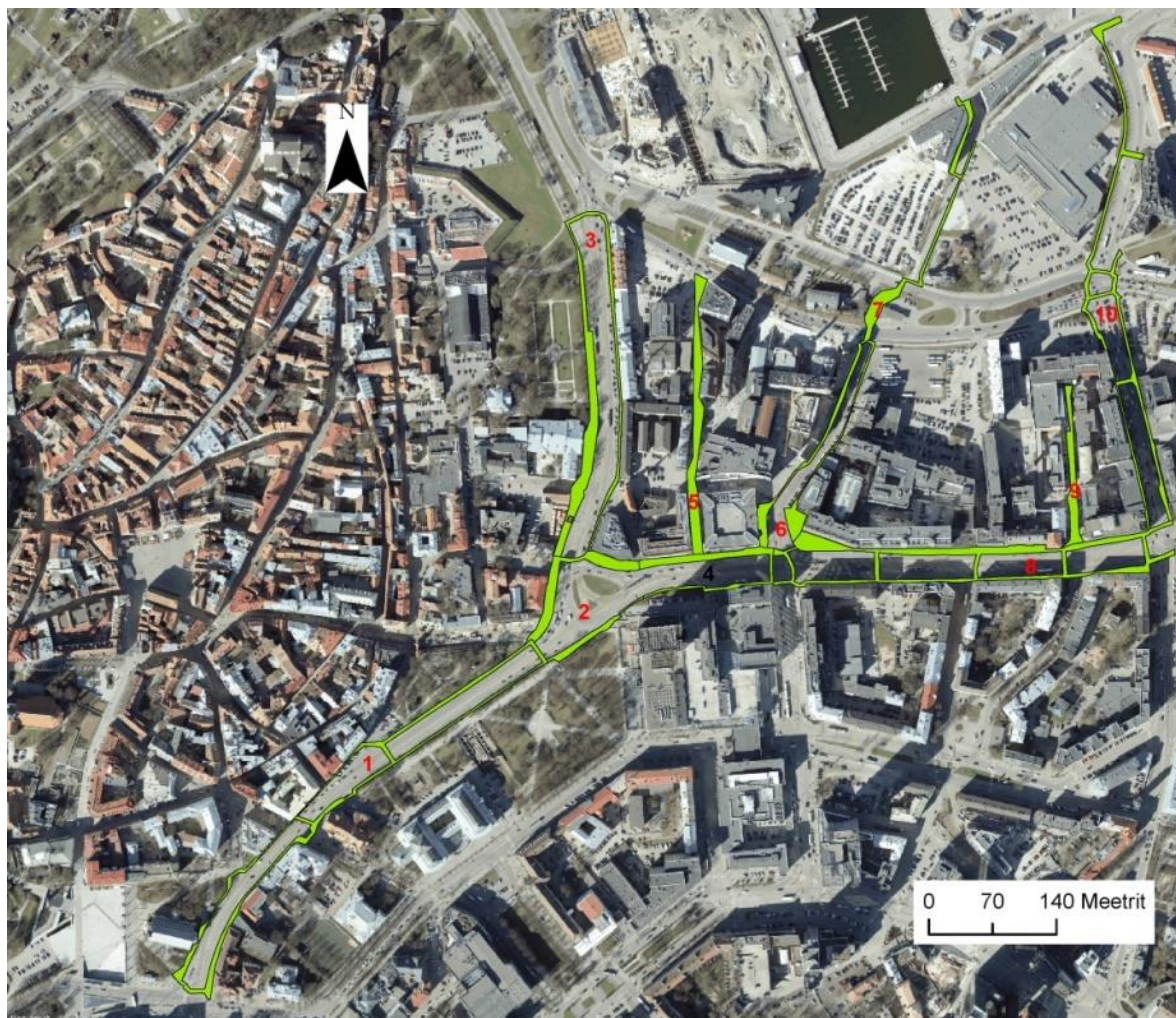


Joonis 17. Ristmikke ületavate jalakäijate arv loendusperioodil kolme minuti jooksul kevadel, suvel, sügisel ja talvel.

7.2. Aastakeskmise jalakäijate arvu leidmine loendusladel

Aastakeskmise jalakäijate arvu leidmisel loendusladel kasutati jalakäijate ülekäiguradade ületuse loenduse välitöö andmeid (Joonis 16) ja Google Street View abil kogutud jalakäijate loendusi loendusladel (Joonis 17).

Kokku loendati peatänava piirkonnas tänavate ääres ja ülekäiguradasid ületavad jalakäijad, kasutades selleks Google Street View rakendust. Tänavad olid seal üles filmitud 2014. a juuli (suvisel) seisuga. Kogu loendusala jagati 10-ks osaks (Joonis 16). Loenduslale nr 8 olev ristmik, mis jäi Viru keskuse lähedusse, oli jalakäijatega enim koormatud (Joonis 17).



Joonis 16. Jalakäijate loendusalaade paiknemine (Aluskaart: Maaameti ortofoto).



Joonis 17. Google Street View väljavõte. Esiplaanil ülekäigurada (loenduspunkt nr 5 loendusalaal nr 8) ja Viru keskus.

Aastakeskmise jalakäijate arvu leidmiseks viidi esmalt Google Street View andmed vastavusse jalakäijate loenduse välitöö andmetega. Kuna Google Street View rakenduses olid tänavad üles filmitud peatänava piirkonnas juulis kella 12 ajal, siis leiti esmalt suvise ülekäigu rada ületavate jalakäijate arvude jaoks koefitsiendid (teiste tundide loendusandmete suhe kella 12-sse Google Street View loendusesse). Edasi leiti neid koefitsiente kasutades loendusladel viibivate jalakäijate arvud kasutades Google Street View kella 12-e loenduse andmeid. Sealt edasi leiti iga loendusala kohta päevakeskmised jalakäijate arvud. Kevade, sügise ja talvise jalakäijate arvu leidmiseks loendusladel korrutati läbi suviste ja vastavate aastaegade loendustulemuste suhtega. Lõpuks leiti aasta päevase aja keskmine jalakäijate arv, kasutades selleks aastaegade jalakäijate arvu aritmeetilist keskmist.

Aastas päevasel ajal viibis enim jalakäijaid alal 1 ja alal 3 ning kõige vähem alal 9. Kevadel viibis aladel rohkem jalakäijaid võrreldes teiste aastaategadega (Tabel 5). Kokku viibis päevasel ajal Peatänava ala uuritud tänavatel keskmiselt 658 inimest, kes puutuvad igal hetkel kokku õhusaaste ja müraga, mille tasemed võivad olla oluliselt suuremad kui siseruumides. Hilisemates arvutustes eeldati, et neist 30+ vanused sama osakaal kui Tallinna üldrahvastikus ning sama proportsioon kui hetkel on neid ka tulevikurahvastikus aastal 2030.

Tabel 5. Aastaegade ja aasta päevase aja keskmine jalakäijate arv uuringualadel

	Kevad	Suvi	Sügis	Talv	Keskmine
Ala 1	290	154	171	196	203
Ala 2	138	84	59	93	93
Ala 3	139	128	98	87	113
Ala 4	33	49	29	43	39
Ala 5	32	28	32	35	32
Ala 6	36	31	36	39	36
Ala 7	21	18	21	21	20
Ala 8	79	118	71	102	92
Ala 9	1	1	1	1	1
Ala 10	29	26	29	32	29
Kokku	798	637	547	649	658

7.3. Ühissõidukites viibivad isikud

Lisaks ülekäiguradadel ja kõnniteel igal ajahetkel viibivatele jalakäijatele leiti ühissõidukit kasutavate inimeste arv igal ajahetkel. Kuna ei olnud saada igal aastaajal ühistranspordis viibivate inimeste arv, siis kasutati kogu aasta iseloomustamiseks 2014. a kevadel Tallinna Transpordiameti poolt kogutud ühistranspordi kasutajate loendusandmeid ja valiti ainult need

ühistranspordiliinid, mis läbisid peatänavat (Tallinna Transpordiamet, 2014). Andmed saadi kujul: inimeste arv tööpäeval eelnevalt valitud peatuste vahemikus iga liini kohta. Alg- ja lõppepeatus ja ühistranspordi liinid valiti eeldusel, et nad jääksid loendusalade piirkonda (Rannala, 2016). Valiti järgmised liinid ja peatuste vahemikud:

- Tramm nr. 3: Vabaduse väljak – Tallinna Ülikool;
- Tramm nr. 3: Tallinna Ülikool – Vabaduse väljak;
- Buss nr. 5: Vabaduse väljak – Uus-Sadama;
- Buss nr. 5: F. R. Kreutzwaldi – Vabaduse väljak;
- Buss nr. 14: Viru terminal – Vabaduse väljak;
- Buss nr. 18: Viru terminal – Vabaduse väljak;
- Buss nr. 40: Viru terminal – Vabaduse väljak.

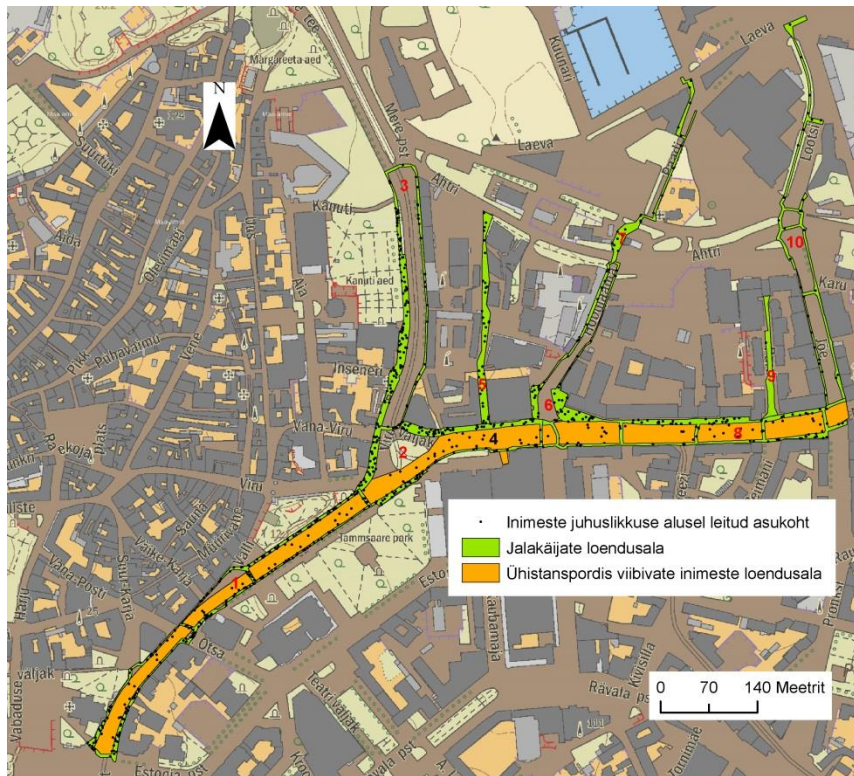
Selleks, et leida igas ühistranspordi liinis viibivate inimeste arv päevas igal ajahetkel, leiti esmalt mitu tundi päevas iga liin sõidab. Seejärel leiti inimeste arv tunnis vastavas sõidukis. Lähtudes iga ühistranspordi liini sõiduajast leiti lõpuks inimeste arv päevas igal ajahetkel ning kõik ülal nimetatud ühistranspordiliinides viibivad isikud liideti kokku.

Koondarvuna saadi, et 87 inimest viibib igal ajahetkel päevas nendes ühistranspordiliinides, mis läbivad peatänavat piirkonda kogu pikkuses.

7.4. Jalakäijate ja ühistranspordis viibivate isikute kokkupuude müra ja õhusaastega

Kuna loendusaladel 1–10 (Tabelis 6 esitatud keskmised väärtused) ja ühistranspordis (87 inimest) igal ajahetkel viibivate isikute täpset asukohta polnud võimalik määrata, genereeriti ArcGIS tarkvaraga inimeste asukoha iseloomustamiseks juhuslikud punktid igale loendusala piirkonnale ja ühistranspordi liini alale ning punktide arv valiti selle järgi, palju vastaval alal igal ajahetkel inimesi viibis (Joonis 17).

Kasutades juhuslikkuse alusel leitud inimeste asukohti nii tänaval kui ka ühistranspordis, leiti igale isikule personaalne päevane (L_{den}) modelleeritud müratase ja õhusaaste ainete (NO_2 ja PM_{10}) kontsentratsioonid. Jalakäijate ja ühistranspordis viibivate isikute keskmise mürataseme arvutamiseks kasutati MS Excelis järgmist valemit: $10 \cdot \log(\text{AVERAGE}(10^{(\text{Väärtuste vahemik}/10)}))$. Õhusaaste ainete keskmised kontsentratsioonid väljendati aritmeetiliste keskmistena.



Joonis 18. Igal ajahetkel Peatäna piirkonnas jalakäijate ja ühistranspordis viibivate inimeste genereeritud asukohad.

Selgus, et liikluse vähendamine peatänaval toob kaasa nii müratasemete kui nendega kokkupuute vähenemise. Müratasemed on ühistranspordis viibivatel inimestel küll kõrgemad, kuid siin pole arvestatud sõidukite mürasummutavat mõju (Tabel 5).

Tabel 6. Jalakäijate ja ühistranspordis viibivate inimeste kokkupuude müraga

	Müra L_{den} tasemed (dB) keskmine (min ja max)
Jalakäijad	
V0 – 0-alternatiiv	72,7 (43,7; 80,2)
V1 – Põhialternatiiv	69,0 (42,5; 78,3)
V2 – Lisaalternatiiv	68,7 (42,9; 80,8)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	68,7 (41,6; 80,8)
Ühistranspordis viibivad inimesed	
V0 – 0-alternatiiv	77,3 (73,5; 80,3)
V1 – Põhialternatiiv	72,9 (67,2; 77,1)
V2 – Lisaalternatiiv	72,2 (64,4; 76,9)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	72,2 (64,4; 76,9)

Sõidukite arvu vähenedes alanevad ka NO₂ ja PM₁₀ kontsentratsioonid. Kõrgematele saastetasemetele eksponeeritud rohkem jalakäijad, sest ühissõidukitesse ei jõua kogu väline õhusaaste (Tabel 7).

Tabel 7. Jalakäijate ja ühistranspordis viibivate inimeste kokkupuude lämmastikdioksiidiga (NO₂) ja peente osakestega (PM₁₀).

	NO ₂ sisaldus (µg/m ³) keskmine (min ja max)	PM ₁₀ sisaldus (µg/m ³) keskmine (min ja max)
Jalakäijad		
V0 – 0-alternatiiv	32,6 (11,3; 55,2)	19,1 (10,7; 28,9)
V1 – Põhialternatiiv	26,6 (10,8; 48,7)	15,6 (10,4; 25,6)
V2 – Lisaalternatiiv	25,8 (11,8; 44,7)	16,0 (10,9; 26,4)
V3 – Tuleviku hoonestuse põhialternatiiv	16,0 (7,4; 29,1)	15,0 (10,3; 24,6)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	16,2 (7,6; 29,3)	15,9 (10,4; 27,2)
Ühistranspordis viibivad inimesed		
V0 – 0-alternatiiv	36,5 (23,3; 51,3)	20,8 (14,9; 28,4)
V1 – Põhialternatiiv	30,8 (18,1; 48,7)	16,8 (12,3; 25,4)
V2 – Lisaalternatiiv	29,2 (17,7; 44,7)	17,1 (12,6; 25,6)
V3 – Tuleviku hoonestuse põhialternatiiv	18,3 (11,2; 29,1)	16,1 (12,0; 24,2)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	18,5 (11,2; 29,3)	17,1 (12,4; 25,7)

8. Õhusaastest ja mürast tulenevate tervisemõjude ja nende muutuste hindamise metoodika

8.1. Ülevaade tervisemõju hindamistest

Tervisemõju hindamine kujutab põhimõtteliselt kombinatsiooni erinevatest protseduuridest, meetoditest ja vahenditest, millega võib hinnata poliitilise otsuse, programmi ja projekti potentsiaalseid mõjusid tervisele ning nende mõjude levikut populatsioonis. Teades inimeste ekspositsiooni suurust, praegust haigestumust/suremust ning eelnevates epidemioloogilistes uuringutes leitud õhusaaste ja tervisemõjude vahelisi seoseid võime anda hinnangu negatiivsete tervisemõjude kasvule või vähenemisele.

Eestis on õhusaaste tervisemõju hinnatud uuringus „Välisõhu kvaliteedi mõju inimeste tervisele – peentest osakestest tuleneva mõju hindamine kogu Eesti lõikes“, kus leiti et ülipeened osakesed välisõhus põhjustasid 2010. a Eestis hinnanguliselt keskmiselt 600 (95 % usalduspiirid CI=155–1 061) varajast surma aastas (Orru jt., 2011). See tegi kokku 8 312 (95 % CI=2 234–14 608) kaotatud eluaastat aastas ning keskmine oodatava eluea kaotus elaniku kohta oli ligi 5 kuud. Suurim oli oodatava eluea langus suuremates linnades nagu Tallinn, Tartu, Narva, Pärnu ja Kohtla-Järve (Orru jt., 2010). Hiljutine uuring näitas, et ülipeente osakeste mõjule lisandub maapinnalähedase osooni mõju, kuigi see on vähemalt viis korda väiksem (Orru jt., 2016). Peente osakeste tervisemõjust moodustab enam kui kolmandiku transpordi sektorist tulenevad osakesed ning Tallinnas on nende mõju hinnatud veel oluliselt suuremaks, kuni 43% (Orru, 2014). Kuigi peente ja ülipeente osakeste sisaldused on Eestis suhteliselt väikesed (reeglina allpool piirväärtuseid), puudub nende puhul enamast lüvikontsentratsioon ehk antropogeense päritoluga peened ja ülipeened osakesed on igas kontsentratsioonis inimese tervisele ohtlikud. Sel põhjusel on võimalik näha olulist tervisemõju ka suhteliselt madalatel sisaldustel.

Võrreldes varasemate tervisemõjude hindamisega, keskendub käesolev uuring väga väikese alale, mille puhul on vajalikud väga täpsed ning peene resolutsiooniga andmed (Orru jt., 2009). Kuigi transpordi muudatuste mõju on hinnatud ka varem, on need uuringud keskendunud linnade tervikuna (näiteks Mueller jt., 2016; Rojas-Rueda D jt., 2016; Tobolik jt., 2016) või suurtele transpordi projektidele (Orru jt., 2015), mitte vaid ühele väikeses piirkonnale nagu Tallinna Peatänav. Chart-Asa ja Gibson on analüüsinud ka määramatust väikestes projektides ning leidnud, et johtuvalt eeldustest võivad tulemused oluliselt erineda. Seega peab arvestama, et ka Peatänav puhul võivad need eeldused tegelikke tulemusi mõjutada ning tegemist on pea arvestama, et eeskätt on tegemist riski hinnanguga, mis näitab pigem suurusjärku, kui suur see mõju võiks olla.

8.2. Õhusaaste ja müra kokkupuutest tulenevate juhtumite arvu ning kaotatud eluaastate arvutamine

Varajaste surmade juhtumite arvutamiseks kasutati õhusaaste suremuse ja haigestumuse ning müra haigestumuse puhul alljärgnevat valemit:

$$\Delta Y = (Y_0 \times pop) \times (e^{\beta \times X} - 1),$$

kus Y_0 on algne suremus; pop eksponeeritute hulk; β kokkupuute (ekspositsiooni) ja toime funktsioon ning X arvatav saasteaine/müra ekspositsioon (kontsentratsioon/tase).

Müra põhjustatud varajaste surmade juhtumite arvutamiseks kasutati alljärgnevat valemit:

$$\Delta Y = (Y_0 \times RR) - Y_0,$$

kus Y_0 on algne suremus ja RR relatiivne risk antud müratasemel.

Mõlemal juhul võeti arvesse ka rahvastiku kokkupuute riski PAR , mis on leitav alljärgneva valemiga:

$$PAR = \frac{P_e / 100 \times (RR - 1) / (P_e / 100 \times (RR - 1) + 1)}{Y_0},$$

kus P_e on eksponeeritud rahvastiku osakaal, RR relatiivne risk antud müratasemel ja Y_0 on algne suremus uuritavas rahvastikus.

Juhtumid arvutati teatud vanusgruppides johtuvalt aluseks olevates epidemioloogilistes uuringutes olevatele vanusgruppidele, kus tulenesid kasutatud relatiivsed riskid.

8.3. Algne suremus

Algse ehk praeguse suremuse iseloomustamiseks kasutati 2015. a Tallinna keskmistatud andmeid, mille kohta oli juba eelnevalt tehtud päring Statistikaametile ja Tervise Arengu Instituudile.

Komplekteeritud vanusgruppide alusel kaasati õhusaaste ja müra pikaajalise mõju analüüsi kogusuremus ilma välispõhjusteta (RHK koodid A00–R99). Rahvusvahelised uuringud (näiteks: Kunzli jt., 2000; Forsberg jt., 2005) on võtnud eelduseks, et pikaajalise suremuse hinnang sisaldab endas juba lühiajalist suremust. Sellest eeldusest lähtutakse ka käesolevas uuringus ja lühiajalist suremust eraldi ei hinnatud.

8.4. Riskitasemete määramine lämmastikdioksiidi, peente osakeste ja müra suhtes

Transpordist tulenev õhusaaste pärineb eeskätt heitgaasidest ning teetolmust (teekatte, rehvide ja pidurite kulumisel tekkivad peened osakesed). Põhjamaade hiljutised uuringud on leidnud (Gustafsson jt., 2014), et parimateks indikaatoriteks meie kliimaatilistes tingimustes võiks olla heitgaaside puhul lämmastikoksiidid ja teetolmu puhul jämepeened osakesed ($PM_{2,5-10}$, osakesed suurusega 2,5 kuni 10 mikromeetrit). Johtuvalt nendest soovitustest valiti ka relatiivsed riskid.

Hiljutine Maailma Terviseorganisatsiooni HRAPIE projekti soovitus on kasutada NO_2 tervisemõjude leidmisel lineaarset relatiivse riski meta-koefitsienti 1,055 (95% CI=1,031–1,080) NO_2 aastakeskmise sisalduse kasvul $10 \mu g/m^3$ võrra kohta ning tervisemõjusid arvutada üle 30+ aastatel isikutel (WHO, 2013).

Sama uuring (WHO, 2013) toob välja NO_2 puhul ka hingamisteede haiguste tõttu hospitaliseerituse relatiivse riski, mis on 1,018 (95% CI=1,0115–1,0245) NO_2 ööpäevakeskmiste sisalduste tõusul $10 \mu g/m^3$ võrra.

Teetolmu puhul kasutati uuringut Stockholmis (Meister jt., 2012), kus leiti kogusuremuse (v.a välispõhjused) suurenemine 1,0168% korda (95% CI=1,0020–1,0315) $PM_{2,5-10}$ ööpäevakeskmiste sisalduste suurenemisel $10 \mu g/m^3$ võrra. Jämepeened osakeste ($PM_{2,5-10}$) sisaldused leiti Tallinna kesklinna johtuvalt PM_{10} ja $PM_{2,5}$ suhtest Tallinnas Öismäe mõõtejaamas.

Kuna saasteainete sisaldused tänaval ei erine väga palju sisaldustest samas piirkonnas siseruumides (Orru jt., 2014) ja ühissõidukites (Xu ja Zhu, 2009), siis kasutati kõikidel juhtudel samu relatiivseid riske nagu eelnevates epidemioloogilistes uuringutes. Niisamuti loeti kõikidel juhtudel vanusgrupid sarnaseks eelnevate epidemioloogiste uuringutega.

Mürast tingitud suremuse relatiivne riskina kasutati tulemusi hiljutisest uuringust Londonist üle 25aastaste elanike seas (Halonen jt., 2015). Selle alusel on päevane (7.00–23.00) müra seotud kogusuremuse (v.a. välispõhjused) tõusuga: relatiivne risk (RR) 1,04 (95% CI=1,00–1,07) aladel müratasemega üle 60 võrreldes aladega <55 dB. Antud uuringu alusel on Mueller jt. (2016) leidnud vastava funktsiooni $RR=0,1656*LN(dB(A))+0,3502$, mis võimaldab leida vastavad relatiivsed riskid erinevatel müratasemetel. Müra tervisemõjude leidmisel võeti eelduseks, et <50 dB päevastel müratasemetel Tallinnas mõju ei ole, mis johtub eelnevatest epidemioloogilistest uuringutest linnades (Halonen jt., 2015).

8.5. Tervisemõjude leidmine aktiivse liikumise osas

Hindamaks aktiivsest liikumisest tulenevat tervisekasu, on Maailma Terviseorganisatsioon koos erinevate ekspertidega loonud vastava vahendi: *Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling* (WHO, 2014). Antud vahend võimaldab hinnata aktiivse liikumise suurenemisest tulenevat tervisekasu nii jalakäijatele kui jalgratturitele. Niisamuti võtab antud vahend arvesse aktiivse liikumisega suurenevaid riske õnnetuste ning suurema õhusaaste hulga sisse hingamise tõttu (aktiivsel liikumisel suureneb hingamissagedus). Ent kuna saadav kasu on oluliselt suurem (Rojas-Rueda jt., 2011), on tegemist positiivse mõjuga hoolimata veidi suurenenud õnnetuste riskist ning suuremast ekspositsioonist õhusaastele.

Käesoleva uuringu raames on hinnatud jalakäijate ning jalgratturite arv, kes viibivad Peatänava piirkonnas. Antud arvutustes kasutati uuritud kuue loenduspunkti läbinud jalakäijate arvu (4417) kella 7.00–23.00 vahel. Kuna teatud osa jalakäijad ületas teid ka loendusalasest mitte kuulunud ristmikel ja liikusid paralleelselt tänavatega, siis loeti tegelik aktiivsete liikujate arvpoole mõnevõrra suuremaks (hinnanguline suhe ristmikul teed ootavate ja ristmiku ületavate jalakäijate arv ning teiste jalakäijate arv Google Street View vaadetel) ehk 6000 isikut. Lisaks sellele puuduvad andmed, kui palju on need isikud päevas kehaliselt aktiivsed. Võttes arvesse Peatänava piirkonna suurust, võiks enamike jaoks olla aktiivse liikumise ajaks 15 min.

Saadav tervisekasu arvutati kahe stsenaariumi puhul: aktiivselt liikujate suurenemine 50 ja 100%. Peale selle loodi stsenaarium, kus Peatänavat võiks läbida 900 ja 1800 jalgratturit ehk umbes 5 ja 10% kõigist läbinud sõidukitest, olles niisamuti aktiivsed 15 minutit.

9. Tervisemõjude muutus erinevate alternatiivide teostumisel

9.1. Tervisemõjude muutus õhusaaste ja müra tasemete muutusel

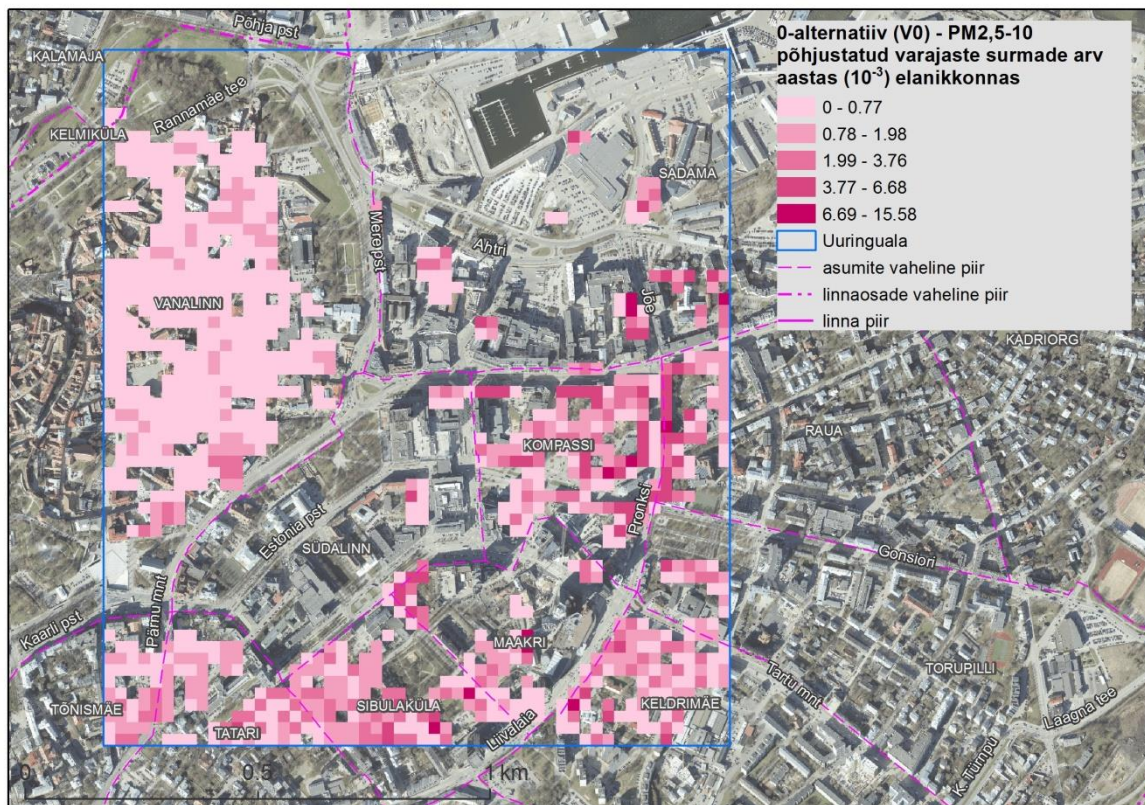
Käesoleval hetkel põhjustavad õhusaaste ja müra peatänava piirkonnas kokku hinnanguliselt 31,9 (95% CI 15,2–46,9) varajast surma aastas. Liikluse vähendamisel V1-Põhialternatiivi puhul oleks võimalik vähendada varajasi surmasid 1,2 (95% CI 0,6–1,8) juhu võrra igal aastal. Erinevatest teguritest on suurim mõju NO₂-l, mis iseloomustab inimeste kokkupuudet liiklusest tulenevate heitgaasidega, sellele järgneb müra ning teetolmu tervisemõju. Erinevatest alternatiividest omaks suurimat tervisemõjude vähenemist Tuleviku sõidukite põhialternatiiv, mis tooks kaasa oluliselt väiksemate heitmetega sõidukid aastal 2030 (Tabel 8). Selle alusel väheneks tervisemõju kolmandiku võrra. Et kuna aastal 2030 on eeldatavalt hoonestuse osa kesklinna suurem (halvendab saasteainete hajumist ja soodustab müra peegeldumist) ning kesklinnas elab ja sinna suundub enam elanikke, ei oleks tervisemõjude tegelik vähenemise siiski nii suur (Tabel 8). Kui võrrelda erinevaid eksponeeritud grupe, siis on ilmneb suurim osa tervisemõjudest päevarahvastiku hulgas: inimesed kes Peatänava alal töötavad, õpivad jms. Peaaegu sama suur tervisemõju ilmneb ka elanike hulgas, kes seal igapäevaselt elavad. Oluliselt väiksemad olid tervisemõjud jalakäijate ning ühissõidukites viibijate hulgas (Tabel 8), kuna nende kokkupuute aeg on suhteliselt lühike, s.t nad hingavad iga päev õhusaastet sisse vaid 10-20 minutit, mis ei avalda nii suur mõju kui piirkonnas elamine või töötamine. Samuti oli nende isikute hulk oluliselt väiksem.

Tabel 8. Varajaste surmade arv elanike, päevarahvastiku, jalakäijate ja ühistranspordis viibivate inimeste hulgas kokkupuute tõttu heitgaasidest pärineva lämmastikdioksiidiga (NO₂), teetolmust pärinevate jämepeente osakestega (PM_{2,5-10}) ja liiklusrumaga

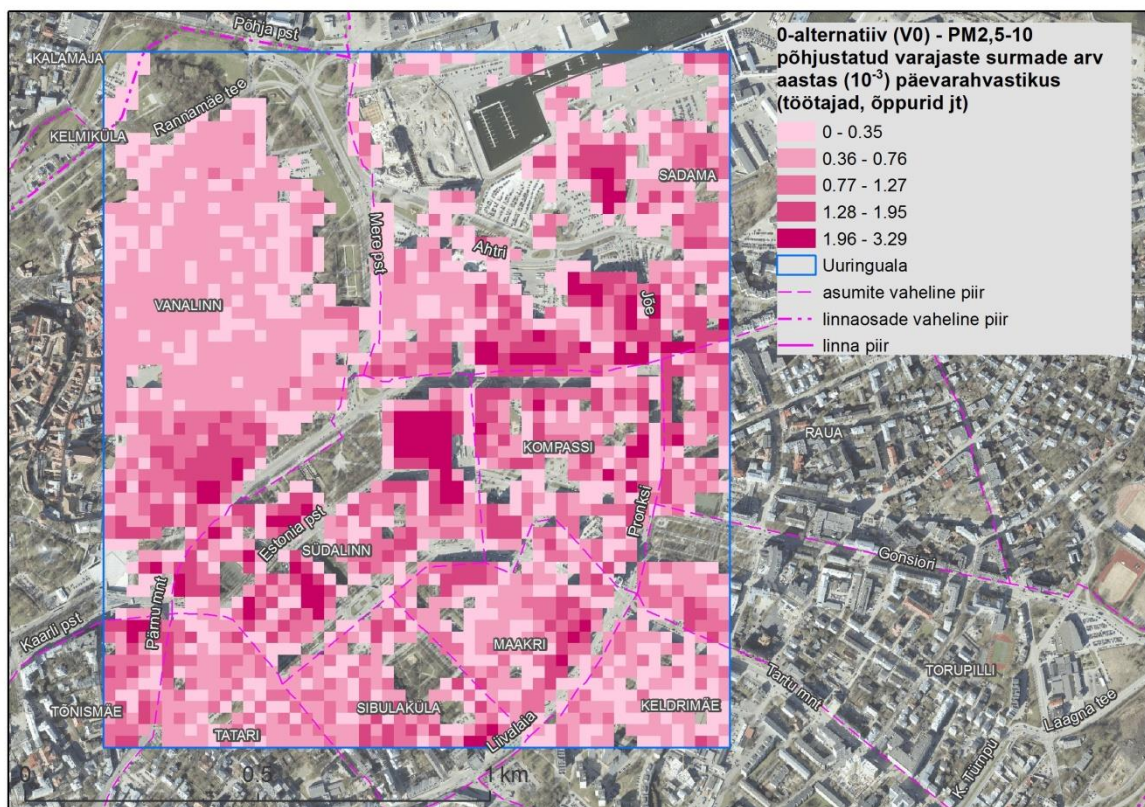
	Varajaste surmade arv aastas (95% CI)		
	NO ₂ -ga kokkupuude	PM _{2,5-10} -ga kokkupuude	Müraga kokkupuude
Elanikud			
V0 – 0-alternatiiv	9,48 (5,56–13,26)	1,19 (0,14–2,15)	1,94 (0,24–3,16)
V1 – Põhialternatiiv	9,28 (5,43–12,98)	1,15 (0,14–2,07)	1,86 (0,23–3,02)
V2 – Lisaalternatiiv	9,22 (5,40–12,90)	1,16 (0,14–2,10)	1,86 (0,23–3,02)
V3 – Tuleviku sõidukite põhialternatiiv	5,80 (3,40–8,10)	1,12 (0,13–2,02)	1,86 (0,23–3,02)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	5,86 (3,43–8,19)	1,13 (0,14–2,05)	1,86 (0,23–3,02)
V5 – Tuleviku sõidukite, hoonestuse ja rahvastiku põhialternatiiv	6,37 (3,73–8,91)	1,22 (0,15–2,20)	1,99 (0,25–3,24)

	Varajaste surmade arv aastas (95% CI)		
	NO ₂ -ga kokkupuude	PM _{2,5-10} -ga kokkupuude	Müraga kokkupuude
Päevarahvastik			
V0 – 0-alternatiiv	14,02 (8,21–19,62)	1,66 (0,20–3,00)	2,21 (0,28–3,60)
V1 – Põhialternatiiv	13,59 (7,95–19,00)	1,59 (0,19–2,87)	2,09 (0,26–3,40)
V2 – Lisaalternatiiv	13,50 (7,91–18,88)	1,61 (0,19–2,92)	2,11 (0,26–3,43)
V3 – Tuleviku sõidukite põhialternatiiv	8,49 (4,97–11,87)	1,54 (0,19–2,79)	2,08 (0,26–3,37)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	8,64 (5,06–12,08)	1,58 (0,19–2,86)	2,08 (0,26–3,37)
V5 – Tuleviku sõidukite, hoonestuse ja rahvastiku põhialternatiiv	9,39 (5,50–13,14)	1,70 (0,20–3,07)	2,23 (0,28–3,62)
Jalakäijad			
V0 – 0-alternatiiv	0,64 (0,37–0,90)	0,21 (0,04–0,38)	0,39 (0,05–0,64)
V1 – Põhialternatiiv	0,53 (0,31–0,74)	0,17 (0,03–0,31)	0,34 (0,04–0,55)
V2 – Lisaalternatiiv	0,51 (0,29–0,72)	0,16 (0,03–0,30)	0,33 (0,04–0,54)
V3 – Tuleviku hoonestuse põhialternatiiv	0,54 (0,31–0,76)	0,17 (0,03–0,32)	0,34 (0,04–0,55)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	0,54 (0,31–0,76)	0,17 (0,03–0,32)	0,34 (0,04–0,55)
V5 – Tuleviku sõidukite, hoonestuse ja rahvastiku põhialternatiiv	0,58 (0,33–0,81)	0,18 (0,03–0,34)	0,34 (0,04–0,55)
Ühissõidukites viibijad			
V0 – 0-alternatiiv	0,09 (0,05–0,13)	0,03 (0,01–0,05)	0,01 (<0,00–0,02)
V1 – Põhialternatiiv	0,07 (0,04–0,11)	0,02 (0,01–0,04)	0,01 (<0,00–0,02)
V2 – Lisaalternatiiv	0,07 (0,04–0,11)	0,02 (0,01–0,04)	0,01 (<0,00–0,02)
V3 – Tuleviku hoonestuse põhialternatiiv	0,07 (0,04–0,11)	0,02 (0,01–0,04)	0,01 (<0,00–0,02)
V4 – Tuleviku sõidukite ja hoonestuse põhialternatiiv	0,08 (0,04–0,11)	0,02 (0,01–0,04)	0,01 (<0,00–0,02)
V5 – Tuleviku sõidukite, hoonestuse ja rahvastiku põhialternatiiv	0,09 (0,05–0,12)	0,03 (0,01–0,12)	0,01 (<0,00–0,02)

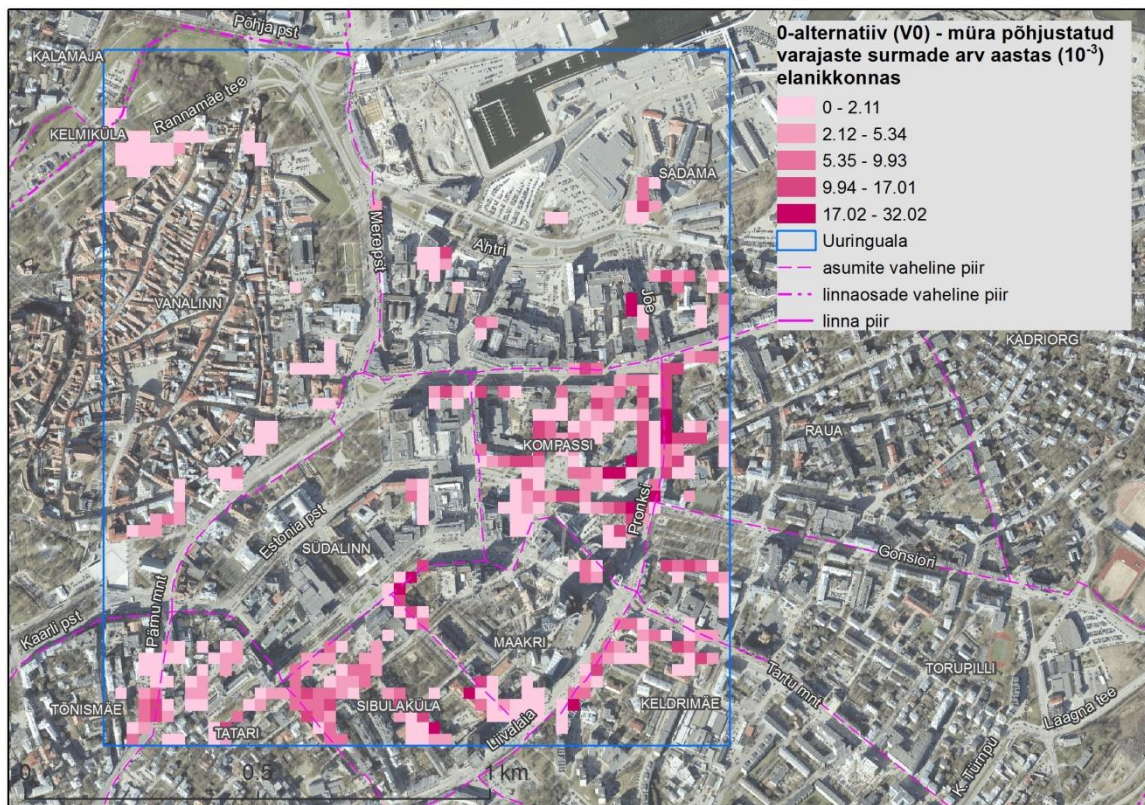
Järgnevatel joonistel 19-24 on näidatud ka tervisemõjude ilmnemine 25 x 25 m ruudustikus kogu uuringuala Peatänav piirkonnas. Johtuvalt rahvastiku paiknemisest ja keskkonnategurite dünaamikast oli elanike ja päevarahvastiku seas jällegi mõnevõrra erinev.



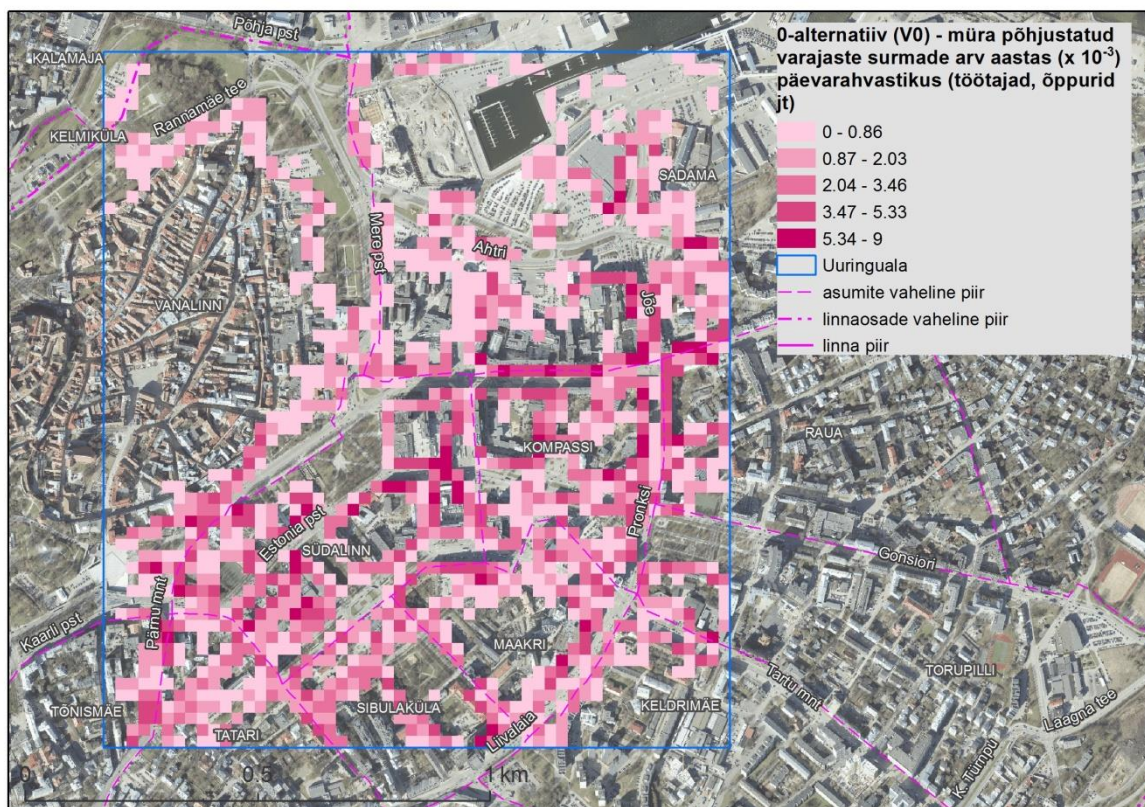
Joonis 21. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arv aastas igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatäna piirkonnas PM_{2,5-10} õhusaaste tõttu käesoleval ajal.



Joonis 22. Päevarahvastiku hulgas põhjustatud varajaste surmade arv aastas igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatäna piirkonnas PM_{2,5-10} õhusaaste tõttu käesoleval ajal.

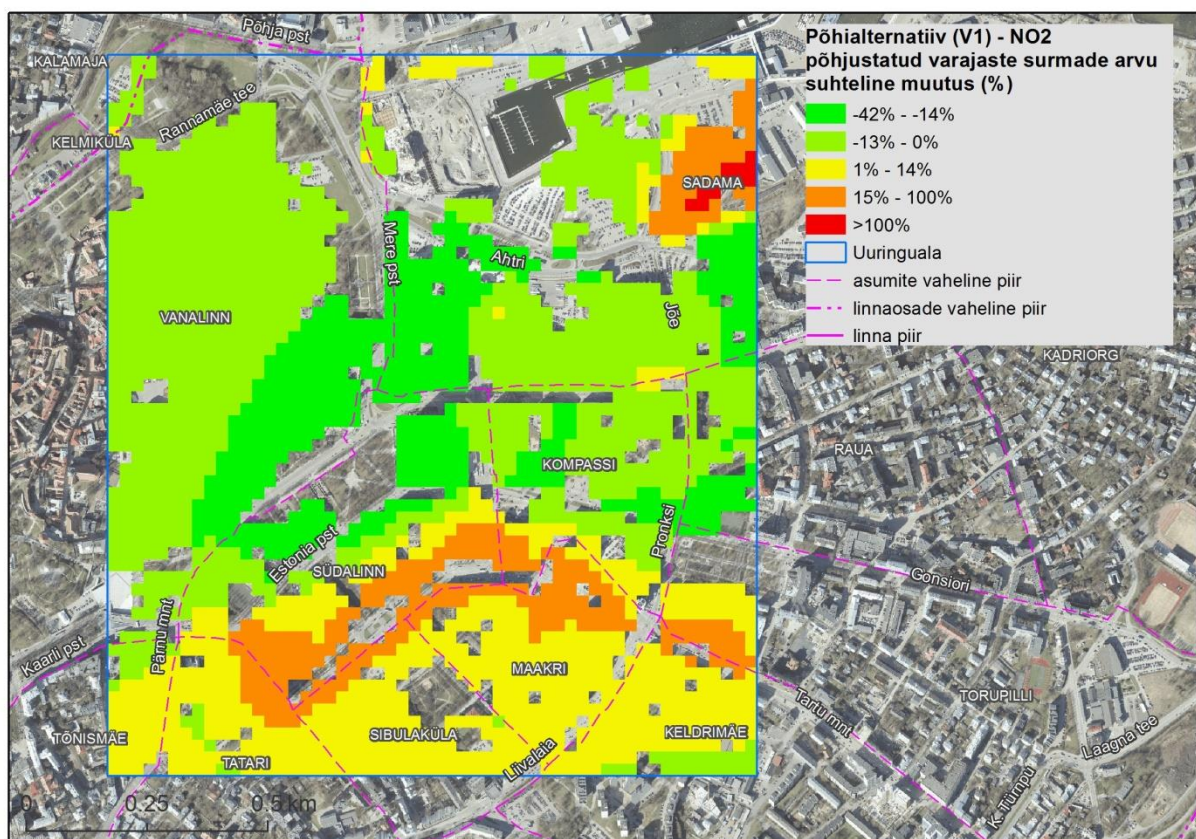


Joonis 23. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arv aastas igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatäna piirkonnas müra tõttu käesoleval ajal.

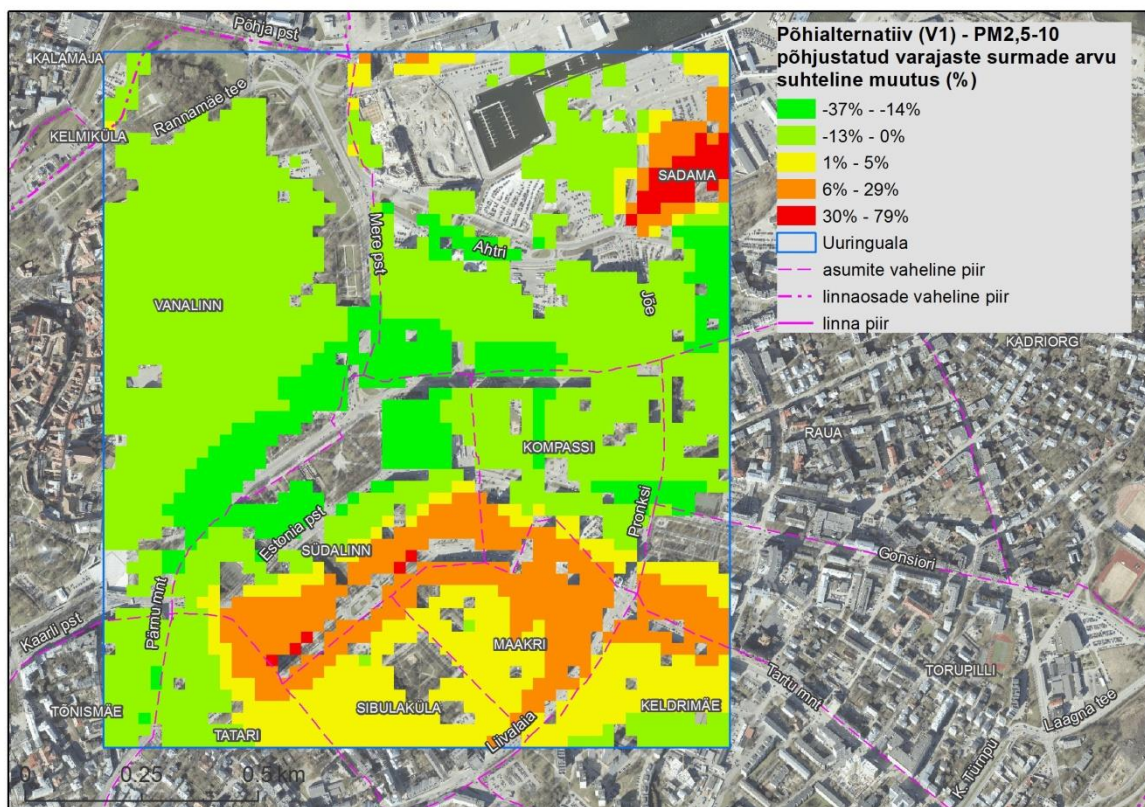


Joonis 24. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arv aastas igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatäna piirkonnas müra tõttu käesoleval ajal.

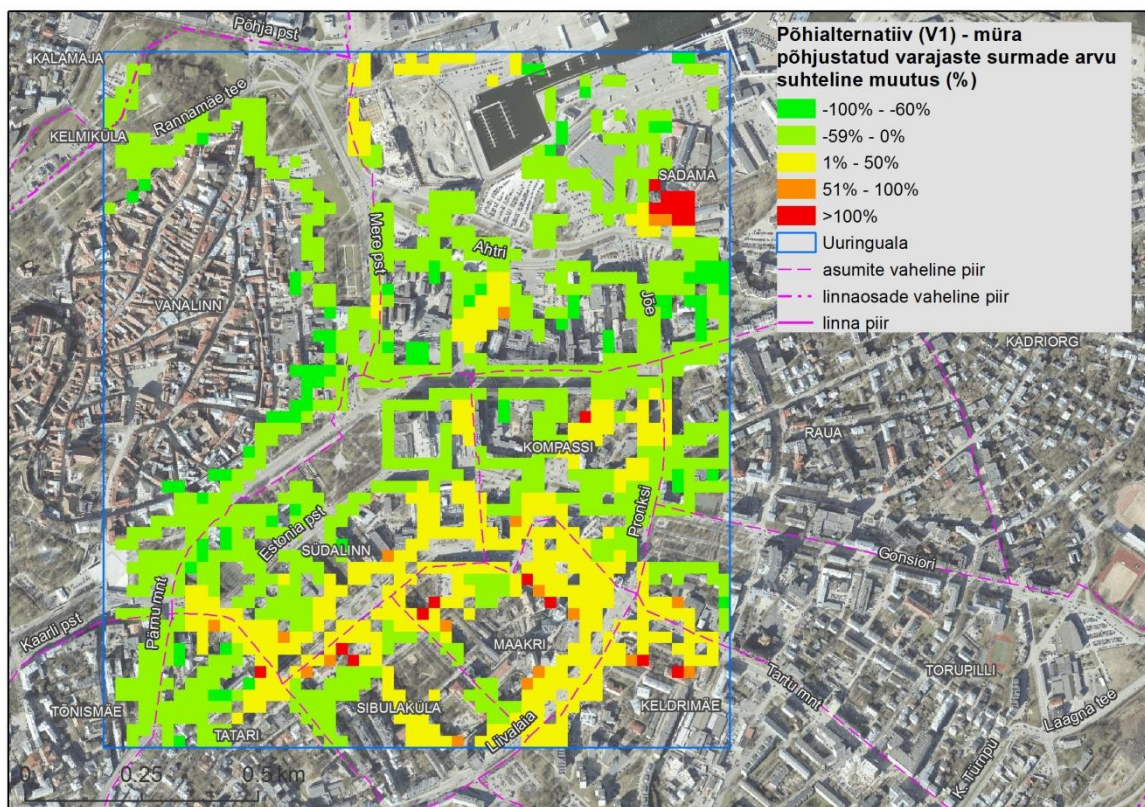
Kui võrrelda erinevaid alternatiive võrreldes 0-alternatiiviga, siis toovad need kaasa Peatänava alal isegi suurema tervisemõjude vähenemise, kui kirjeldatud tabelis 8, ent liikluse ümbersuunamisel suurenevad liiklussagedused, õhusaaste- ja müratasemel teistel aladel, mis viib nendes piirkondades tervisemõjude suurenemiseni. Joonistel 25–27 on näidatud lämmastikdioksiidi, jämepeente osakeste ja müra kokkupuute muutustest tulenev tervisemõjude vähenemine (kaartidel roheline) ja suurenemine (kaartidel kollane, oranž või punane) uuringualal. Kuna õhusaaste muutused võrgurakkudes ei erine oluliselt elanikkonna ja päevarahvastiku vahel ning vahemikud kaartidel on suhteliselt suured, siis on antud graafilisel materjalil mõlemad rahvastikud summeeritud. Analüüsist ilmneb väga selgelt, et Peatänava ala on roheline, kuid Sadama ala on oranž/punane ning Peatänavast lõuna poolsed alad on kollased/oranžid. Ent kui võrrelda positiivseid mõjusid negatiivseid, siis on esimesed kokkuvõttes suuremad, mis toob kaasa varajaste surmade vähenemise uuringualal tervikuna 1,2 juhu võrra aastas.



Joonis 25. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arvu muutus igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatänava piirkonnas NO₂ õhusaaste tõttu Põhialternatiivi teostumisel.



Joonis 26. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arvu muutus igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatäna piirkonnas PM_{2,5-10} õhusaaste tõttu Põhialternatiivi teostumisel.



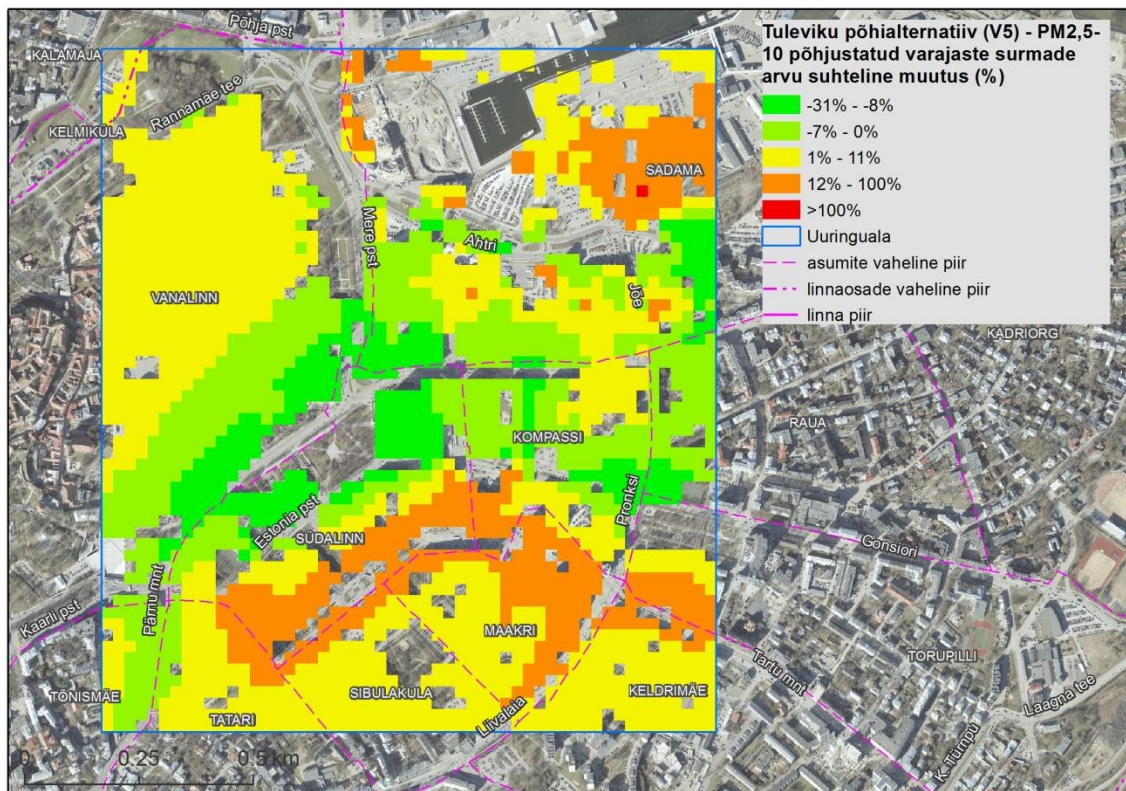
Joonis 27. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arvu muutus igas 25 x 25 m võrgurakus uuringualal Peatäna piirkonnas müra tõttu Põhialternatiivi teostumisel.

Tuleviku põhialternatiiv (V5) - NO₂ põhjustatud varjaste surmade arvu suhteline muutus (%)

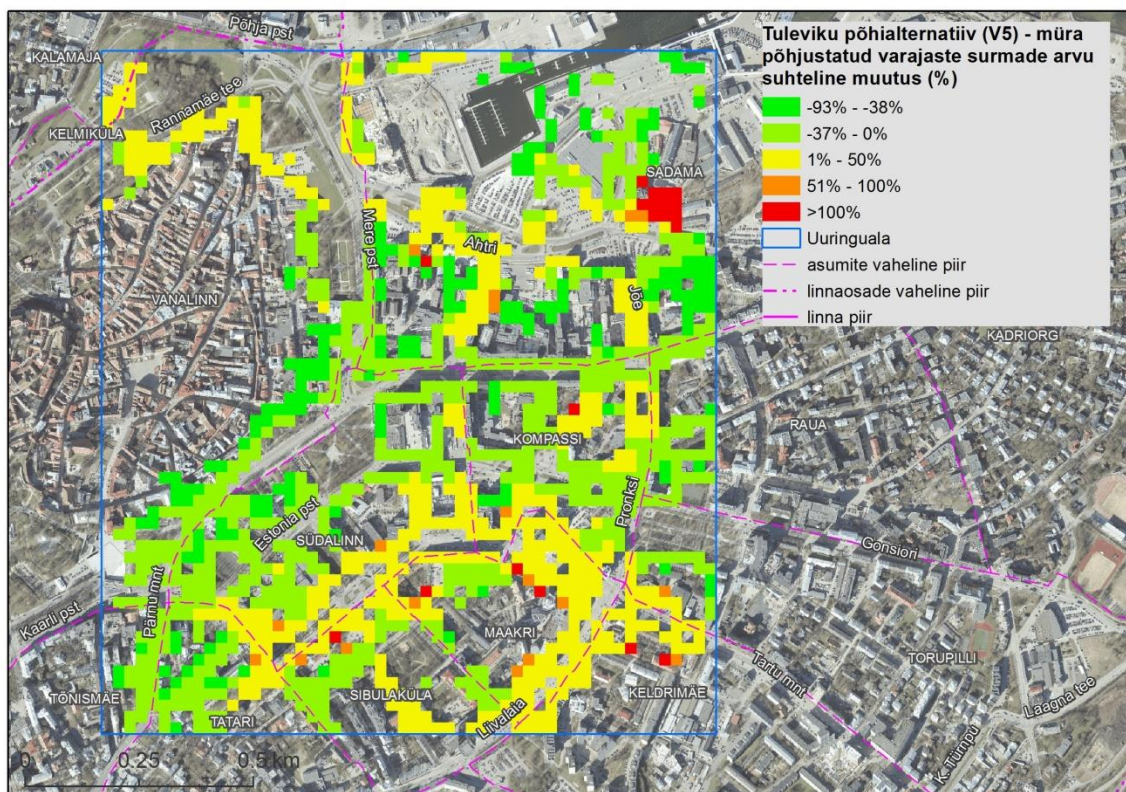
- 59% - -41%
- 40% - 0%
- 1% - 3%
- 4% - 5%
- 6% - 62%

Uuringuala
 asumite vaheline piir
 linnaosade vaheline piir
 linna piir

39



Joonis 29. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arvu muutus igas 25 x 25 m võrgu-rakus uuringualal Peatänaava piirkonnas PM_{2,5-10} õhusaaste tõttu Põhialternatiivi teostumisel.



Joonis 30. Elanike hulgas põhjustatud varajaste surmade arvu muutus igas 25 x 25 m võrgu-rakus uuringualal Peatänaava piirkonnas müra tõttu Põhialternatiivi teostumisel.

9.2. Tervisemõjude muutus aktiivse liikumise muutustel

Tallinna uus Peatänav annab kindlasti paremad eeldused elanikkonna ja päevarahvastiku aktiivseks liikumiseks. Kuna väheneb nii õhusaaste kui müra, on inimestel suurem tahtmine viibida linnatänavatel. See toob eeldavalt kaasa elanikkonna suurema füüsilise aktiivsuse.

Jalakäijate loenduse ning Google Street View vaadete interpreteerimise tulemusena liikus Peatänaval iga päev umbes 6000 jalakäijat. Küll käesoleva projekti raames ei uuritud täpsemalt, kui kaua või kui pikka maad on nad füüsilist aktiivsed. Baasstsenaariumis loeti nende füüsiliselt aktiivseks ajaks 15 minutit. Alljärgnevad tabelis on näidatud millist tervisekasu see endaga nende seas kasu toob ning kui palju seda oleks võimalik suurendada aktiivsete inimeste hulga suurendamise arvelt. Kuna tegemist on lineaarse funktsiooniga, siis suureneb hinnangutes tervisekasu lineaarselt aktiivse aja ning aktiivselt hõivatute hulga arvelt.

Suurendades aktiivselt liikuvate jalakäijate hulka poole võrra, on võimalik ära hoida 1,5 varajast surma aastas (Tabel 9). Kui nendele lisada suurenev jalgratturite arv, siis tooks aktiivse liikumise suurenemine väga olulise tervisekasu.

Tabel 9. Jalakäijate ja jalgratturite varajaste surmade vähenemine aastas võrreldes mitte liikumisega

	Varajaste surmade vähenemine aastas võrreldes mitte liikumisega
Jalakäijad	
0-alternatiiv, 6000 jalakäijat, igaüks 15 minutit päevas	2,97
Jalakäijate hulga suurenemine 50%, 9000 jalakäijat, igaüks 15 minutit päevas	4,47
Jalakäidud aja suurenemine 33%, 6000 jalakäijat, igaüks 20 minutit päevas	3,96
Jalgratturid	
0-alternatiiv, Google Street View vaadetes ühel hetkel praegu 4 jalgratturit. Kevad/suvel võiks päevas läbida Peatänavat seega kuni 100 jalgratturit	0,02
5%-alternatiiv, Jalgratturite hulga suurendamine 5%-ni liiklejatest ehk 900 jalgratturit, igaüks aktiivne 15 minutit päevas kevad/suvel	0,22
10%-alternatiiv, Jalgratturite hulga suurendamine 10%-ni liiklejatest ehk 1800 jalgratturit, igaüks aktiivne 15 minutit päevas kevad/suvel	0,44

10. Kokkuvõte

Tallinna uue Peatänavaja rajamine vähendab oluliselt saasteainete heitmeid Peatänavaja piirkonnas, millega paraneks ka õhukvaliteet. Küll toob liikluse ümber suunamine kaasa mõningase saasteainete sisalduste suurenemine Peatänavaga piirnevatel aladel, kuid kokkuvõttes on kogu ala mõju õhukvaliteedile positiivne.

Parem õhukvaliteet vähendab ka õhusaastest põhjustatud surmasid. Kui praegusel hetkel võiks Peatänavaja piirkonnas olev õhusaaste põhjustada aastas kuni 30,0 (95% CI 15,0–43,7) varajast surma aastas, siis Põhialternatiivi (kus Pärnu ja Narva maantee algusesse jäetakse vaid üks sõidurida kummaski suunas ning ühissõidukite rida) teostumisel väheneks varajaste surmade arv 1,1 võrra igal aastal, millest valdav osa on tingitud heitgaaside vähenemisest. Sellele lisandub müra vähenemisel ära hoitavad 0,1 varajast surma aastas. Juhul kui valdav osa sõidukitest vastaks EURO5 ja EURO6 nõuetele, väheks Tulevikus sõidukite põhialternatiivi teostumisel tervisemõju veelgi suuremas mähus. Umbes pool sellest positiivsest mõjust tuleb Peatänavaja elanike tervisemõjude vähenemisest ning teine pool seal töötavate ja õppivate isikute eksponeerituse vähenemisest. Omakorda väike osa (5-10%) negatiivsete tervisemõjude vähenemisest tuleneb jalakäijaid ning ühistranspordi kasutajaid ümbritseva õhukvaliteedi paranemisest ja müra vähenemisest.

Parem õhukvaliteet ja madalam müratase Peatänavaja piirkonnas loob meeldivama keskkonna, kus võiks suureneda jalgsi käijate ja jalgrattaga sõitjate arv. Praegu ületab Peatänavaja piirkonnas ülekäigu radasid iga päev keskmiselt 6000 inimest. Eeldades, et nad on iga päev 15 minutit füüsiliselt aktiivsed, hoiab sellise pikkusega liikumine nende hulgas ära kolm varajast surma aastas. Kui need inimesed oleksid kolmandiku võrra kauem füüsiliselt aktiivsed või jalakäijate arv suureneks kolmandiku võrra, oleks võimalik ära hoida veel üks varajane surm aastas.

Kasutatud kirjandus

- AMTEL: Eesti autopark kahanes ja noorenes. Autoleht. Detsember 2014. Kättesaadav: <http://www.autoleht.ee/uudised?id=9869> (viimati külastatud 11.12.2016).
- Chart-Asa C, Gibson JM. 2015. Health impact assessment of traffic-related air pollution at the urban project scale: influence of variability and uncertainty. *Sci Total Environ* 506-507:409–421.
- Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ, 25. juuni 2002, mis on seotud keskkonnamüra hindamise ja kontrollimisega. Kättesaadav: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/?qid=1481894174160&uri=CELEX:32002L0049> (viimati külastatud 16.12.2016).
- Forsberg B, Hansson HC, Johansson C, Areskoug H, Persson K, Jarvholm B. 2005. Comparative health impact assessment of local and regional particulate air pollutants in Scandinavia. *AMBIO* 34:11–19.
- Gustafsson M, Forsberg B, Orru H, Åström S, Tekie H, Sjöberg K. 2014. Quantification of population exposure to NO₂, PM_{2.5} and PM₁₀ in Sweden 2010. IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd, Göteborg.
- Halonen JJ, Hansell AL, Gulliver J, Morley D, Blangiardo M, Fecht D, Toledano MB, Beevers SD, Anderson HR, Kelly FJ, Tonne C. 2015. Road traffic noise is associated with increased cardiovascular morbidity and mortality and all-cause mortality in London. *European Heart Journal* 36(39):2653–2661.
- Kaasik M, Pindus M, Tamm T, Orru H. 2014. The porosity concept applied to urban canopy improves the results of Gaussian Dispersion modelling of traffic-dominated emissions. IN: Steyn, D., Mathur, R. (Toim.) *Air Pollution Modelling and its Application*, XXII, Ch. 68, lk. 417–420.
- Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filliger P, Herry M, Horak F, Puybonnieux-Texier V, Quenel P, Schneider J, Seethaler R, Vergnaud JC, Sommer H. 2000. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 356:795-801.
- Meister K, Johansson C, Forsberg B. 2012. Estimated short-term effects of coarse particles on daily mortality in Stockholm, Sweden. *Environmental Health Perspectives* 120(3):431–436.
- Mueller N, Rojas-Rueda D, Basagaña X, Cirach M, Cole-Hunter T, Dadvand P, Donaire-Gonzalez D, Foraster M, Gascon M, Martinez D, Tonne C, Triguero-Mas M, Valentín A, Nieuwenhuijsen M. 2016. Urban and Transport Planning Related Exposures and Mortality: A Health Impact Assessment for Cities. *Environ Health Perspect* [Epub ahead of print].
- Norman M, Sundvor I, Denby BR, Johansson C, Gustafsson M, Blomqvist G, Janhäll S. 2016. Modelling road dust emission abatement using the NOTRIP model: Vehicle speed and studded tyre reduction. *Atmospheric Environment* 134:96–108.
- Omstedt G, Bringfeldt B, Johansson, C. 2005. A model for vehicle-induced non-tailpipe emissions of particles along Swedish roads. *Atmospheric Environment* 39:6088–6097.

- Orru H. 2014. Valdkondlike stsenaariumidega eeldatavalt kaasneva õhusaaste põhjustatud tervisemõju muutuste hindamine kasutades saaste-indikaatorina ülipeente osakeste sisaldusi ENMAK 2030+ raames. Tartu, 36 lk. Kättesaadav: https://energiatalgud.ee/img_auth.php/0/02/Orru,_H._ENMAK_2030._%C3%95husaaste_tervisem%C3%B5ju.pdf (viimati külastatud 04.01.2017).
- Orru H, Teinemaa E, Lai T, Tamm T, Kaasik M, Kimmel V, Kangur K, Merisalu E, Forsberg B. 2009. Health impact assessment of particulate pollution in Tallinn using fine spatial resolution and modelling techniques. *Environmental Health* 8, 7.
- Orru H, Teinemaa E, Lai T, Merisalu E, Tamm T, Kaasik M, Kimmel V, Orru K, Forsberg B. 2010. Peened osakesed välisõhus ja neist tuleneva tervisemõju hindamine Tallinnas, Tartus, Kohtla-Järvel, Narvas ja Pärnus. *Eesti Arst* 89(4):242–250.
- Orru H, Mikola A, Upan M, Koiv T.-A. 2014. Variation of indoor/outdoor particulates in Tallinn, Estonia – the role of ventilation, heating systems and life-style. *Journal of Environmental and Public Health* 2(2):52–57.
- Orru H, Lövenheim B, Johansson C, Forsberg B. 2015. Potential health impacts of changes in air pollution exposure associated with moving traffic into a road tunnel. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 25(5):524–531.
- Orru, Hans; Tamm, Tanel; Maasikmets, Marek; Teinemaa, Erik; Arumäe, Tarvo; Saare, Katri; Niinemets, Ülo; Kännaste Astrid; Anni, Rinaldo; Noe, Steffan M.; Lang, Mait, Lai, Taavi. 2016. Maapinnalähedase osooni õhusaaste ekspositsiooni analüüs ja tervisemõjude hinnang. Tartu Ülikool, Tartu. 61 lk. Kättesaadav: <http://rahvatervis.ut.ee/bitstream/1/6284/3/Orru2016.pdf> (viimati külastatud 04.01.2016).
- Paaver T, Kustavus I, Peil I, Vallner S, Niisuke K, Linde V, Ranne R-K. "Kevad linnas" – Tallinna Peatänava ideekonkurssi võistlustöö. 2016. Kättesaadav: <http://voistlus.peatanav.ee/entries/kevad-linnas-2/> (viimati külastatud 16.12.2016).
- Rannala M. Peatänava ühistranspordi kiiruste uuring. 2016 Kättesaadav: <http://www.peatanav.ee/uuringud> (viimati külastatud 16.12.2016).
- Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Tainio M, Nieuwenhuijsen MJ. 2011. The health risks and benefits of cycling in urban environments compared with car use: health impact assessment study. *BMJ* 343:d4521
- Rojas-Rueda D, de Nazelle A, Andersen ZJ, Braun-Fahrlander C, Bruha J, Bruhova-Foltynova H, Nieuwenhuijsen MJ. 2016 Health Impacts of Active Transportation in Europe. *PLoS ONE* 11(3):e0149990.
- Stratum. 2015. Linna peatänava projekti liiklusvoogude esialgne analüüs. Inseneribüroo Stratum, Tallinn, 12 lk. Kättesaadav: <http://media.voog.com/0000/0038/5372/files/Linna%20peat%C3%A4nava%20liiklusvoogude%20anal%C3%BC%C3%BCs.pdf> (viimati külastatud 04.01.2017).
- Tallinna Transpordiamet. 2014. Ühistranspordi kasutavate inimeste arv Tallinna peatänaval sõitvatel liinidel.

Tammaru, T. 2011. Tallinna rahvastikuprognosis 2011–2030. Konsultatsiooni- ja koolituskeskus Geomedia. Tartu. Kättesaadav: http://www.urban.ee/xtra/Tallinna_rahvastikuprognosis_2011-2030.pdf (viimati külastatud 04.01.2017).

Tobollik M, Keuken M, Sabel C, Cowie H, Tuomisto J, Sarigiannis D, Künzli N, Perez L, Mudu P. 2016. Health impact assessment of transport policies in Rotterdam: Decrease of total traffic and increase of electric car use. *Environmental Research* 146:350–358.

TU Graz. Emission Factors from the Model PHEM for the HBEFA Version 3. Report Nr. I-20/2009 Haus-Em 33/08/679 from 07.12.2009. Graz University of Technology, Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics. 2009. 76 lk. Kättesaadav: http://www.hbefa.net/e/documents/HBEFA_31_Docu_hot_emissionfactors_PC_LCV_HDV.pdf (viimati külastatud 04.01.2017).

WHO. 2013. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Kättesaadav: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health-risks-of-air-pollution-in-Europe-HRAPIE-project,-Recommendations-for-concentrationresponse-functions-for-costbenefit-analysis-of-particulate-matter,-ozone-and-nitrogen-dioxide.pdf (viimati külastatud 04.01.2017).

WHO. 2014. Health economic assessment tools (HEAT) for walking and for cycling. Methods and user guide, 2014 update. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. Kättesaadav: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Transport-and-health/publications/2011/health-economic-assessment-tools-heat-for-walking-and-for-cycling.-methodology-and-user-guide.-economic-assessment-of-transport-infrastructure-and-policies.-2014-update> (viimati külastatud 04.01.2017).

Woodcock J, Tainio M, Cheshire J, O'Brien O, Goodman A. 2014. Health effects of the London bicycle sharing system: health impact modelling study. *BMJ* 348:g425

TALLINNA PEATÄNAVA JA LÄHIALA LIIKLUSMÜRA
MODELLEERIMINE
LÕPPARUANNE

OÜ Hendrikson & Ko
Raekoja plats 8, Tartu
Lennuki 22, Tallinn
www.hendrikson.ee

Töö nr 2461/16

Projektijuht
Veiko Kärbla

Sisukord

1.	SISSEJUHATUS	5
2.	MÜRA NORMTASEMED	6
3.	LÄHTEANDMED JA ARVUTUSMETOODIKA	8
4.	LIIKLUSMÜRA MODELLEERIMISE TULEMUSED	9
5.	KOKKUVÕTE	10
	LISA 1. MÜRAKAARDID.....	11

1. SISSEJUHATUS

Käesolevas töös hinnatakse Tallinna linnas peatänav liikluskorralduslike muudatuste mõju peatänav piirkonna ning lähiala mürasituatsioonile.

Käesoleva töö raames antakse liiklusrumra hinnang (koos modelleeritud mürakaartidega) 3 erineva variandi kohta, lisaks modelleeritakse ka olemasolevat olukorda aastal 2015.

Tabel 1. Käsitletavate variantide kirjeldused.

Jrk nr	Variant	Kommentaari
1	V0 Olemasolev olukord	Muudatusi teedevõrgus ja liiklusskeemis ei tehta.
2	V1 Peatänav 1+1 sõiduradadega, Ahtri tn 1+1 sõiduradadega (lisaks 1+1 juurdepääsuteed), valminud on Reidi tee	Narva mnt ja Pärnu maantee lõigud kesklinnas (Peatänav) on küll autoliiklusele läbitavad ja tagatud on ligipääs kohalikele, kuid tänu tänav tehnilisele lahendusele on keskmine ühenduskiirus väike, mistõttu magistraalliiklust praktiliselt ei esine. Ühissõidukiliikluse mahud on sarnased tänasega. Ahtri tn liikluskooormus on tänu sõiduradade vähendamisele vähenenud.
3	V2 Peatänav 1+1 sõiduradadega, Ahtri tn 2+2 magistraaltänav, valminud on Reidi tee	Narva mnt ja Pärnu maantee lõikude (Peatänav) lahendus sarnane variandiga V1 ehk magistraalliiklust praktiliselt ei esine. Ahtri tn liikluskooormus on võrreldes olemasoleva olukorraga pisut kasvanud.
4	V4 Perspektiivse uushoonestusega	Liikluslahendus on sarnane variandiga V3, mudelisse on lisatud detailplaneeringutega kavandatud hooned.

2. MÜRA NORMTASEMED

Mürasituatsiooni hindamisel lähtutakse Sotsiaalministri 4. märtsi 2002. a. määruse nr 42 „Müra normtasemed elu- ja puhkealal, elamutes ning ühiskasutusega hoonetes ja mürataseme mõõtmise meetodid” nõuetest. Määruse nõudeid tuleb täita linnade ja asulate planeerimisel ja ehitusprojektide koostamisel.

Välismüra normtase on A-korrigeeritud (inimkõrva tundlikkust arvestav) ekvivalentne (teatud ajaperioodi kohta energeetiliselt keskmistatud) helirõhutase $L_{pA,eq,T}$. Mürasituatsiooni normatiivsuse hindamise kasutatakse kriteeriumitena peamiselt kaht näitajat: päevane (7.00–23.00) ja öine (23.00–7.00) (ekvivalent)tase.

Otseseks normtasemetega võrdluseks kasutatakse müra hinnatud taset ($L_{Ar,ti}$), ehk etteantud ajavahemikus määratud müra A-korrigeeritud tase, millele on tehtud parandusi, arvestades müra tonaalsust, impulssheli või muid asjakohaseid tegureid.

Antud juhul on päevase normtasemega – müra hinnatud tase kogu päeva vältel ehk L_d (7.00–23.00) – võrdlemisel ekvivalentmüra puhul parandusteguriks õhtusel ajal (19.00–23.00) esinevale liiklusrumürale lisatav +5 dB, mis rõhutab õhtusel ajal esineda võivat suuremat häiringut.

Öisele mürale – müra hinnatud tase L_n öise ajavahemiku (23.00–7.00) vältel – eraldi parandustegurit ette nähtud ei ole, öise unehäiringu hindamiseks kasutatakse tavapäraselt oluliselt rangemate normide rakendamist kui päeval.

Vastavalt eespool nimetatud määrusele jaotatakse hoonestatud või hoonestamata alad üldplaneeringu alusel:

- I kategooria – looduslikud puhkealad ja rahvuspargid, puhke- ja tervishoiuasutuste puhkealad;
- II kategooria – laste- ja õppeasutused, tervishoiu- ja hoolekandetasutused, elamualad, puhkealad ja pargid linnades ning asulates;
- III kategooria – segaala (elamud ja ühiskasutusega hooned, kaubandus-, teenindus- ja tootmisettevõtted);
- IV kategooria – tööstusala.

Tabel 2. Liiklusest tingitud müra normtasemed hoonestatud või hoonestamata aladel ($L_{pA,eq,T}$, dB päeval/öösel).

Ala kategooria üldplaneeringu alusel	I looduslikud puhkealad ja rahvuspargid, puhke- ja tervishoiuasutuste puhkealad	II laste- ja õppeasutused, tervishoiu- ja hoolekandeaustused, elamualad, puhkealad ja pargid linnades ning asulates	III segaala (elamud ja ühiskasutusega hooned, kaubandus-, teenindus- ja tootmisettevõtted)	IV tööstusala
Taotlustase uutel planeeritavatel aladel	50/40	55/45	60/50	65/55
Taotlustase olemasolevatel aladel	55/45	60/50	60/50 65 ¹ /55 ¹	70/60
Piirtase olemasolevatel aladel	55/50	60/55 65 ¹ /60 ¹	65/55 70 ¹ /60 ¹	75/65
Kriitiline tase olemasolevatel aladel	65/60	70/65	75/65	80/70

¹lubatud müratundlike hoonete sõidutee poolisel küljel.

Välja kujunenud hoonestusega tiheasustusalal lähtutakse olemasolevate hoonestusala müra normeerimisel reeglina piirtaseme nõuetest:

- Linnakeskuses on reeglina tegemist äri-, elamu ja ühiskondlike hoonete segafunktsiooniga aladega, mis müra normeerimisel klassifitseeruvad III kategooria segaaladeks. Olemasolevate III kategooria segaalade piirtase on 65 dB päeval ja 55 dB öösel, sh hoonete teepoolisel küljel on lubatud vastavalt 70/60 dB;
- Olemasolevate II kategooria elamualade (nn puhtakujulised elamukvartalid) ning linnasiseste puhkealade piirtase on 60 dB päeval ja 55 dB öösel, sh hoonete teepoolisel küljel on lubatud vastavalt 65/60 dB;
- IV kategooria ehk tootmismaa funktsiooniga alasid uuringualal ei leidu ja neid ei saa ka otseselt müratundlike alade hulka lugeda;
- I kategooria alasid linnakeskkonnas reeglina ei leidu.

3. LÄHTEANDMED JA ARVUTUSMETOODIKA

Müra modelleerimisel lähtutakse Inseneribüroo "Stratum" poolt peatänavaprojekti raames teostatud liiklusuuringus toodud liiklusvoogudest erinevate lahendusvariantide kohta. Aasta keskmine ööpäevane liikluskoormus on tuletatud tipptunni liiklussagedusest, eeldades, et tipptunni liiklus moodustab 10% ööpäevasest liiklusest. Sõidukiiruseks on reeglina võetud 50 km/h. Peatänavapuhul on kiirus täiendavalt piiratud, mudelis lähtuti sõidukiirusest 30 km/h.

Linnasisese autoliikluse tüüpiline jaotus ööpäeva lõikes:

- 7.00-19.00 – 78% aasta keskmisest ööpäevasest liiklussagedusest,
- 19.00-23.00 – 14% aasta keskmisest ööpäevasest liiklussagedusest,
- 23.00-07.00 – 8% aasta keskmisest ööpäevasest liiklussagedusest.

Kuna Tallinna põhitänavate liikluskoormus on juba praeguses olukorras läbilaskevõime piiril siis drastilisi liikluskorralduslike muudatusi tegemata ei ole ette näha ka suuri muutusi müraolukorras. Samas ei ole ette näha ka märkimisväärset mürataseme tõusu. Olemasolevas olukorras on liiklusmüra foon valdavalt pisut väiksem kui paarikümne aasta prognoosi kohaselt, kuid erinevused on põhitänavate oas minimaalsed (vahemikus 0...2 dB). Suuremate positiivsete muutuste esile toomiseks oleks vaja rangeid liikluskorralduslike piiranguid (nt magistraalliikluse piiramine ja/või täiendavad kiiruspiirangud).

Mürasituatsiooni hinnatakse päeval (7-23, sh öhtune aeg 19-23, millele rakendatakse parandust +5 dB) ja öösel (23-7). Müratasemed ja müra levik on arvutatud spetsiaaltarkvaraga *SoundPLAN 7.4*, kasutades Prantsusmaa siseriiklikku arvutusmeetodit "NMPB-Routes-96", mis on Euroopa Parlamendi ja Nõukogu keskkonnamüra hindamise ja kontrollimisega seotud Direktiivis 02/49/EÜ (5. juuni 2002) toodud soovituslik arvutusmeetod liikmesriikidele.

Projektila ja lähiümbruse kohta koostati kolmemõõtmeline maastikumudel. Arvutused teostati 2 m kõrgusel maapinnast – tulemused kirjeldavad mürasituatsiooni ligikaudu inimese kuulmiskõrgusel välisõhus ning ligikaudu ka hoonete esimesel korruse fassaadil. Müra levik arvutati tihedas 5*5 m arvutusvõrgustikus.

Arvutuslikud müratasemed esitatakse 2,5 dB vahemike kaupa toomaks visuaalselt paremini esile müraolukorra muutusi erinevate variantide korral.

4. LIIKLUSMÜRA MODELLEERIMISE TULEMUSED

Tabelis 3 on toodud erinevate variantide korral esineva liiklusrüüra olukorra võrdlus. Võrreldes olemasoleva olukorraga toovad kõik variandid kaasa peatänaava mürafooni selge vähenemise, samas ei kaasne peatänaava liikluse piiramisega naabertänavatel hüppelist mürataseme tõusu.

Mürakaardid on toodud aruande Lisas 1.

Tabel 3. Müraolukorra hinnang erinevate variantide võrdluses.

VO	V1	V2	V4 (uushoonestusega)
Peatänaava piirkonnas (nii lähimate hoonete kui ka jalakäijate alal) esineb päevane müratase (L_d) vahemikus 70-75 dB, mis läheneb kriitilise mürataseme piirile. Samuti on Södalinnas kõrge mürafooniga Estonia pst.	Peatänaava piirkonnas (nii lähimate hoonete kui ka jalakäijate alal) leiab aset selge (>5 dB, kohati ka enam) mürataseme vähenemine. Lisaks on mürataseme vähenemist märgata ka Estonia puisteel ja Gonsiori tänaval. Tänu sõiduradade vähendamisele väheneb pisut ka Ahtri tn müratase. Liikluse ümbersuunamise tõttu suureneb enim Rävalla pst müratase, kuid hüppelist mürataseme tõusu ei ole märgata ühegi tänaava puhul.	Tervikuna on mõju küllaltki sarnane variandile V1, kuid Peatänaava piirkonnas on tegemist kõige soodsama variandiga, erinevus võrreldes variandiga V1 on siiski suhteliselt väike. Peatänaava piirkonnas (nii lähimate hoonete kui ka jalakäijate alal) leiab aset selge (>5 dB, kohati ka enam) mürataseme vähenemine. Lisaks on mürataseme vähenemist märgata ka Estonia puisteel ja Gonsiori tänaval. Liikluse ümbersuunamise tõttu suureneb enim Rävalla pst müratase, kuid hüppelist mürataseme tõusu ei ole märgata ühegi tänaava puhul. Pisut suureneb ka Ahtri tn müratase (võrreldes nullvariandiga ja variandiga V1).	Mõju on sarnane variandile V3, uushoonestuse rajamine ei mõjuta märkimisväärselt piirkonna mürafooni. Peatänaava ümbruses ei ole uusi hoonemahtusid ka ette nähtud.

Liiklusmüra ekvivalenttasemete 1-2 dB muutust (nt vähenemist) on üldjuhul raske tajuda, kuigi vastav liikluskoormuste erinevus on märkimisväärne (ca 20-40%). Pigem on märgatav visuaalne muutus (vähem sõidukeid ja rahulikum liiklus), mis koosmõjus mürataseme vähenemisega võib positiivset efekti suurendada.

Selgelt tajutavaks loetakse mürataseme muutust suurusjärgus 3 dB, millele vastab liikluskoormuste kahekordne erinevus. Tõenäoliselt on positiivne efekt siiski tajutav juba ka väiksema liikluskoormuste erinevuse korral.

Enam kui 5 dB muutust müratasemetes võib juba väga oluliseks lugeda, kuid ainuüksi liikluskorralduslike meetmetega on seda keeruline saavutada. Näiteks peaks liiklusmüra ekvivalenttaseme vähenemiseks 5 dB võrra liikluskoormus vähenema ligi 70% (muude tingimiste samaks jäämise korral).

5. KOKKUVÕTE

Liiklusmüra modelleerimise tulemuste põhjal võib öelda järgmist:

- Võrreldes olemasoleva olukorraga toovad kõik peatänavade variandid kesklinna piirkonnas kaasa teatud mürafooni vähenemise, kuna läbilaskevõime ning liikumiskiirused kesklinna tänavatel vähenevad ning juhid on sunnitud otsima alternatiivseid teid;
- Lisaks Peatänavale on mürataseme vähenemist kõige selgemalt märgata Estonia puisteel ja Gonsiori tänaval;
- Hüppelist mürataseme tõusu ei ole reeglina märgata ühegi tänavapuhul, mis tähendab, et ümberjaotunud liiklus jaguneb ühtlaselt ning ilmselt vähenevad tervikuna ka kesklinna läbivad liiklusvood;
- Liikluse ümbersuunamise tõttu suureneb enim Rävala pst müratase (maksimaalselt kuni 2-3 dB mõnes tänavalõiguses);
- Peatänavade kontekstis on kõige suurema positiivse mõjuga variant V2 (Ahtri tn on jäetud magistraalliiklusele), kuid käsitletud variantide (V1 vs V2) vahelised erinevused on siiski pigem väikesed, mistõttu tugevat eelistust ei saa üheselt välja tuua.

LISA 1. MÜRAKAARDID

- 1 Müraolukord päeval (L_d , 7.00-23.00):
 - 1.1 Olemasolev olukord (2015 a liikluskoormused);
 - 1.2 V1 – Peatänav 1+1 sõiduradadega, Ahtri tn 1+1 sõiduradadega;
 - 1.3 V2 – Peatänav 1+1 sõiduradadega, Ahtri tn 2+2 sõiduradadega;
 - 1.4 V4 uushoonestusega.
- 2 Müraolukord öösel (L_n , 23.00-7.00):
 - 2.1 Olemasolev olukord (2015 a liikluskoormused);
 - 2.2 V1 – Peatänav 1+1 sõiduradadega, Ahtri tn 1+1 sõiduradadega;
 - 2.3 V2 – Peatänav 1+1 sõiduradadega, Ahtri tn 2+2 sõiduradadega;
 - 2.4 V4 uushoonestusega.

