

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTNES FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

## **ATMOSFĒRAS PIESĀRŅŪJUMA IZMAIŅAS COVID-19 LAIKĀ**

Bakalaura darbs

Autore: Anna Drozdova

Stud. apl. nr.: ad19103

Darba vadītāja: Dr. Geogr. Iveta Šteinberga

RĪGA 2022

## ANOTĀCIJA

**Bakalaura darba “Atmosfēras piesārņojuma izmaiņas COVID-19 laikā” mērķis –** Identificēt un izpētīt ar COVID-19 pandēmiju saistītās izmaiņas, konkrēti, pārvietošanās ierobežojumu un dzīves veida izmaiņu, ietekmi attiecībā uz atmosfēras piesārņojuma koncentrāciju rādītājiem Latvijas Republikas galvaspilsētā Rīgā. Pētījumā analizēti dati no Latvijas Ģeoloģijas un Meteoroloģijas (LVĢMC) centra novērojumu stacijām. COVID-19 pandēmijas ietekme bija jūtama visā pasaulē, tostarp arī Eiropā, jo ārkārtas stāvokļa un pārvietošanās ierobežojumu rezultātā bija vērojamas izmaiņas emisiju dinamikā atmosfērā. Sakarā ar izmaiņām darba norisē un darbinieku pāreju uz attālināto darbu, kā arī mācību un studiju pārcelšanu uz tiešsaistes formu, izmainījās arī transporta plūsmu noslodze pilsētas ielās. Šāda situācija bija vērojama ne vien globāli, bet arī tepat Rīgā.

**Atslēgas vārdi:** COVID – 19, atmosfēras piesārņojums, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> daļiņas, PM<sub>2,5</sub> daļiņas.

## **ABSTRACT**

**The bachelor thesis "Changes in Atmospheric Pollution during COVID-19" aims** to identify and investigate the impact of changes associated with the COVID-19 pandemic, specifically travel restrictions and lifestyle changes, on the atmospheric pollution concentration indices in Riga, the capital of the Republic of Latvia. The study analyses data from the Latvian Geology and Meteorology Centre (LVGMC) observation stations. The impact of the COVID-19 pandemic was felt worldwide, including in Europe, due to changes in the dynamics of atmospheric emissions as a result of the state of emergency and travel restrictions. Due to changes in work patterns, the shift of employees to remote working, and the transfer of teaching and studying to online formats, traffic congestion on city streets also changed. This situation was not only globally, but also here in Riga.

**Keywords:** COVID - 19, air pollution, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> particles, PM<sub>2.5</sub> particles.

# SATURS

ANOTĀCIJA.....	2
ABSTRACT .....	3
IEVADS .....	5
1.LITERATŪRAS APSKATS .....	7
1.1. Gaisa piesārņojuma vispārējais raksturojums .....	7
1.1.1.Cietās daļiņas.....	7
1.1.2. Gāzveida piesārņojums.....	8
1.2. Emisijas avotu sektorālais iedalījums .....	8
1.2.1. Ilgtermiņa tendences.....	10
1.3. Piesārņojuma ietekme uz cilvēku veselību .....	10
1.4. Globālās kataklizmas, kuras ietekmējušas atmosfēras piesārņojumu.....	11
1.5. Atmosfēras piesārņojuma izmaiņas 2020 -2021.gadā .....	13
1.6.Atmosfēras piesārņojuma stāvoklis COVID-19 laikā (Rīga, 2018.gads -2021. gads) ..	19
2.MATERIĀLI UN METODEDES.....	22
2.1. Izmantotie materiāli .....	23
2.2. Datu analīze un apstrādes metodes .....	25
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA .....	26
3.1. Iegūtie rezultāti .....	26
3.1.1. Datu analīzes rezultāti: binārā (1 un 2) indeksācija.....	26
3.1.2. Datu analīzes rezultāti: binārā (1 un 6) indeksācija.....	32
3.2. Diskusija .....	49
Secinājumi .....	51
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	52
PIELIKUMS .....	58

## IEVADS

Gaisa kvalitātei ir būtiska loma cilvēku dzīvē, jo tā ietekmē gan fizisko veselību, gan kopējo dzīves ilgumu. To var pamatot ar Pasaules Veselības organizācijas (PVO) novērtējumu, kas liecina, ka katru gadu aptuveni 3 miljoni cilvēku mirst no gaisa piesārņojuma izraisītām slimībām, un vairāk nekā 80 % pilsētās dzīvojošo cilvēku ir pakļauti nelabvēlīgam gaisa kvalitātes līmenim. Situācija ir vēl sliktāka valstīs ar zemiem ienākumiem, kur 98 % pilsētu gaisa neatbilst PVO gaisa kvalitātes standartiem (Mounks 2020). COVID-19 krīzei ir tieša ietekme uz enerģijas patēriņu un siltumnīcefekta gāzu emisijām gan pasaules, gan ES līmenī (European Space Agency 2020). Lielākā daļa piesārņojuma koncentrācijas samazināšanās ir saistīta ar antropogēniem faktoriem, t.i., rūpnieciskās ražošanas un transporta pakalpojumu samazināšanos, izejvielu aizstāšanu ar videi draudzīgākiem resursiem utt. (Zhou 2021). Tomēr siltumnīcefekta gāzu emisiju un gaisa piesārņojuma līmeņa samazināšanās, kas tika novērota, kad visā pasaulē tika ieviesti karantīnas pasākumi, lai ierobežotu Covid-19 izplatību, ir īslaicīga (Salas 2020).

Atmosfēras piesārņojumam ir vairāki rašanās avoti. Tie var būt gan antropogēni, gan dabiski. Praktiskuma labad un lai izsekotu piesārņojuma tendencēm, tiks ņemti vērā tikai antropogēnie piesārņojuma avoti, tādi kā:

- fosilo degvielu sadedzināšana, transportā, rūpniecībā (rūpnieciskie procesi un šķīdinātāju izmantošana, piemēram, ķīmiskajā un minerālu rūpniecībā) un māsaimniecībā, kā arī elektrības ražošanā.

Piesārņojums rada problēmas ne tikai globālā, bet arī reģionālā līmenī. Tas spēj izplatīties ļoti plašā areālā, saistībā ar gaisa cirkulāciju atmosfērā, vēju u.c. aspektiem. Piesārņojums izraisa veselības problēmas iedzīvotājiem, jo īpaši, tiek izcelta astma, kam seko arī citas plaušu slimības, tas ar kādu slimību cilvēks varētu slimot ir atkarīgs no gaisā esošā putekļu apjoma (EEA 2020).

Darbā apskatīta to vielu koncentrācija, kas pilsētā rada vislielākās problēmas:

- slāpekļa dioksīds (NO<sub>2</sub>);
- PM<sub>10</sub> daļiņas;
- PM<sub>2,5</sub> daļiņas.

Ieviešot karantīnu un citus ierobežojumus daudzās valstīs, piemēram, Ķīnā, Amerikas Savienotajās Valstīs un vairākās Eiropas valstīs tika novērots atmosfēras piesārņojuma samazinājums. Piemēram, Venēcijā (Itālijā) pēc ierobežojumu ieviešanas tika novērota ūdens tīrības uzlabošanās pilsētas kanālos. To varēja redzēt gan satelītattēlos, gan hidrometeoroloģisko staciju datus, kas mērīja piesārņojuma daudzumu. Latvijā šī tendence nav bijusi tik ļoti uzraudzīta un pētīta, tāpēc gaisa piesārņojuma izmaiņas nav ievērotas un ņemtas vērā.

**Bakalaura darba mērķis:** Aprakstīt un analizēt atmosfēras piesārņojuma datus Rīgā, laika posmā, pirms COVID-19 ierobežojumiem un ierobežojumu laikā, novērtēt izmaiņu tendences piesārņojošo vielu koncentrācijās laika posmā no 2018. gada līdz 2021. gadam.

**Mērķa sasniegšanai ir izvirzīti sekojošie uzdevumi:**

1. Izpētīt zinātniskas literatūras avotus par piesārņojuma līmeņu izmaiņām COVID-19 pandēmijas laikā- dažādos pasaules reģionos un valstīs;
2. Iegūt un apkopot datus no references monitoringa stacijām Rīgā, (LVĢMC dati) laika periodā no 2018.gada līdz 2021.gadam;
3. Veikt piesārņojuma datu statistiski apstrādi;
4. Interpretēt iegūtos rezultātus un izdarīt secinājumus.

**Bakalaura darbs sastāv no 51 lpp: 1 tabula, 31 attēls, 2 pielikumi.**

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Gaisa piesārņojuma vispārējais raksturojums

Gaisa piesārņojums ir viens no izplatītākajiem piesārņojuma veidiem. Tas skaitās kā viena no svarīgākajām vides problēmām Eiropā (Annesi-Maesano 2017). Atmosfērā var saglabāties dažādi gaisa piesārņotāji, un tad vējš spēj tos pārnest lielos attālumos. Gaisa piesārņojums sasniedz reģionālās, kontinentālās robežas un tādējādi tas ietekmē arī globālo klimatu un laikapstākļus (Jerry 2020).

Gaisa piesārņojumu iedala divos veidos: lokālais un globālais. Globālās piesārņojums ir piesārņotāju grupa, kas aptver lielu teritoriju, reģionu vai kontinentu. Lokālais piesārņojums ir piesārņojums, kurš izplatās mazā teritorijā, bet var kļūt par globālo aspektu. Ilgtermiņa globālā gaisa piesārņojuma tendences nākotnē, galvenokārt, tiek vērtētas un attiecinātas saistībā ar ilgtermiņa siltumnīcefekta gāzu emisiju scenārijiem (Ammana 2020).

Ir dažādi gaisa piesārņojuma avoti — gan antropogēni, gan dabiskas izcelsmes:

- fosilā kurināmā dedzināšana elektroenerģijas ražošanā, transporta nozarē, rūpniecībā un māsaimniecībās;
- rūpnieciskie procesi un šķīdinātāju izmantošana, piemēram, ķīmijas un minerālu rūpniecībā;
- lauksaimniecība;
- ūdens attīrīšana;
- gaistošo organisko savienojumu emisijas no rūpnīcām;
- vulkāniskie izvirdumi, vēja pūsti putekļi, jūras sāls šļakatas — kas atbilst dabiskas izcelsmes emisiju avotiem (Eiropas Vides aģentūra 2022).

### 1.1.1. Cietās daļiņas

Cietās daļiņas ir viens no gaisa piesārņojuma veidiem. Šīm daļiņām ir gan bioloģiska, gan antropogēna izcelsme, piemēram, augu putekšņi, sporas un baktērijas. Lai aprakstītu šīs mikrodaļiņas, izmanto indeksus PM10, PM2,5  $\mu\text{m}$ . Smalkās daļiņas, kuru diametri ir mazāki par 10  $\mu\text{m}$  un mazāki par 2,5  $\mu\text{m}$ , var ietekmēt cilvēku un viņa veselību, pat nelielos apjomos. Tās galvenokārt atstāj iespaidu uz elpošanas sistēmu, palielinot iespēju saslimt ar kādu no plaušu slimības veidiem, piemēram, no kurām bronhiālā astma ir viena no izplatītākajām un smagākajām slimībām. Mikro daļiņas ilgstoši gaisā saglabājas no dūmiem, izplūdes gāzēm un ogļu putekļiem. Cietās daļiņas pilsētās, piemēram, Rīgā ir antropogēnas izcelsmes. Tas ietver

automašīnu iekšdedzes dzinēju darbību, plītiņu izmantošanu mājokļu apsildīšanai un rūpniecisko iekārtu radītās emisijas (Veselības inspekcija, 2020).

Galvenie PM (cietas daļiņas) avoti ir:

- fosilā kurināmā dedzināšana;
- transporta nozare, rūpniecība un darbības mājsaimniecībās;
- rūpnieciskie procesi (ķīmijas un minerālu rūpniecība);
- ūdens attīrīšana (Veselības inspekcija 2020).

### 1.1.2. Gāzveida piesārņojums

Gāzveida piesārņojums ir organisko un neorganisko vielu maisījums. Organisko savienojumu grupā dominē dažādi policikliskie aromātiskie savienojumi, ogļūdeņraži. Neorganiskās vielas ir slāpekļa savienojumi, sēra savienojumi un oglekļa monoksīds. Turklāt ir dažādi savienojumi un izgarojumi, kas izdala spēcīgas smakas un ļoti traucē cilvēkiem dzīvot. Viens no gaistošiem savienojumiem ir slāpekļa dioksīds, tas rodas, kad rūpnīca strādā un tiek izmantoti transportlīdzekļi, dzinējos nepilnīgi sadegot degvielai, izdalās slāpekļa dioksīds un citi nedegoši savienojumi. Slāpekļa dioksīdu var uzskatīt par pilsētu piesārņojuma avotu, ko, galvenokārt, rada transportlīdzekļi (Veselības inspekcija 2020).

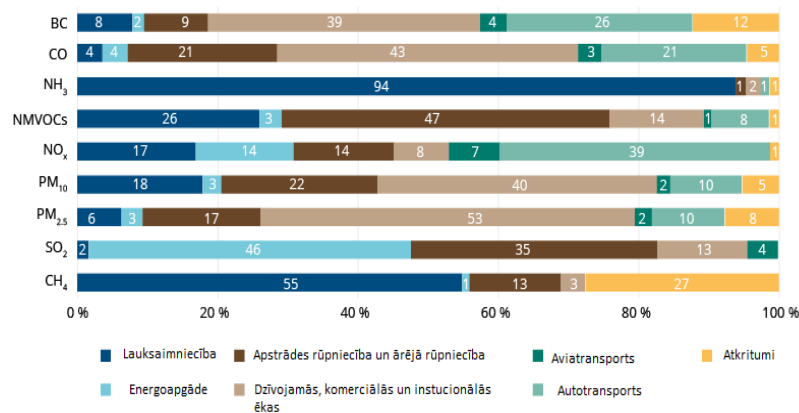
Slāpekļa oksīds ir gāzu maisījums, kas sastāv no slāpekļa un skābekļa. Divi toksikoloģiski nozīmīgākie slāpekļa oksīdi ir slāpekļa oksīds un slāpekļa dioksīds: abi ir nedegoši un to krāsa istabas temperatūrā ir sākot no bezkrāsas līdz brūnai. Slāpekļa oksīds istabas temperatūrā ir asa, saldena gāze, bet slāpekļa dioksīdam ir spēcīga, asa smaka, un istabas temperatūrā tas ir šķidrums, bet temperatūrā virs 21 °C kļūst par sarkanīgi brūnu gāzi. Slāpekļa oksīdi nonāk gaisā no transportlīdzekļu izplūdes gāzēm, ogļu, naftas vai dabasgāzes sadegšanas, kā arī tādus procesus kā gravēšana un dinamīta sprādzieni. Tos ražo arī rūpnieciski, reaģējot slāpekļskābei ar metāliem vai celulozi. Slāpekļa oksīdus izmanto slāpekļskābes, laku, krāsu un citu ķīmisko vielu ražošanā. Kā arī raķešu degvielā, organisko ķīmisko vielu nitrēšanā un sprāgstvielu ražošanā (ATSDR S.a.).

### 1.2. Emisijas avotu sektorālais iedalījums

Emisijas ir aktuāla problēma, jo arvien pieaugošā urbanizācija veicina to nonākšanu atmosfērā. Palielinoties ražošanai un pieaugot pieprasījumam pēc resursiem, palielinās arī piesārņojuma apjoms (Ritchie et al. 2020). Tomēr jāatzīmē, ka tas viss ir atkarīgs no izmantotās tehnoloģijas, piemēram, lielie katli, kas nodoti ekspluatācijā nesen, nevis mazie katli, kas nodoti

ekspluatācijā pirms 15 gadiem. Saskaņā ar Latvijas likumdošanu ir noteiktas stingras prasības attiecībā uz jauniem objektiem, jo īpaši A kategorijas objektiem (objekti, kas ražo, izmanto, apsaimnieko vai uzglabā bīstamās vielas un kuriem jā sagatavo drošības pārskati saskaņā ar normatīvo aktu prasībām par rūpniecisko avāriju riska novērtēšanas kārtību un riska samazināšanas pasākumiem), bet aktuāla problēma ir C kategorijas objekti (bīstamo kravu glabātavas), kas atrodas t.s. ēnu zonā (Ministru kabineta noteikumi Nr. 563). Visbiežāk visaugstākais piesārņojuma līmenis ir tuvu izplūdes vietai, tā dēvētajam epicentram. To var klasificēt atkarībā no tā, ko uzņēmumi ražo (Ritchie et al. 2020). Datus, kas sniegti AirBase v. 7, kas paredz, ka gadā jāiegūst vismaz 75 % ticamu datu. ES standarts pieļauj pārsniegumus stundās vai dienas pīķa stundās (PM<sub>10</sub>) un stundas NO<sub>2</sub> (18 stundas gadā koncentrācijas pārsniedz 200 µg/m<sup>3</sup>) (Guerreiro et al. 2014). Lai samazinātu emisijas daudzās nozarēs, ir vajadzīgi vairāki risinājumi. No šī iedalījuma var secināt, ka nozares un to procesi rada piesārņojumu.

Transporta nozarei ir liels īpatsvars kopējā enerģijas patēriņā. 1.1. attēlā ir parādīts nozaru īpatsvars (%) dažādās emisiju grupās attiecībā uz automobiļiem, motocikliem, autobusiem un gaisa transportu.



1.1. attēls. Ieguldījums ES-27 BC, CO, NH<sub>3</sub>, NMVOC, NO<sub>x</sub>, primāro PM<sub>10</sub>, primāro PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub> un CH<sub>4</sub> emisijās no galvenajiem avotu sektoriem 2019. gadā (European Environmental Agency 2021).

Arī rūpniecības nozare patērē lielu daļu enerģijas, un to var uzskatīt par vienu no lielākajiem enerģijas patēriņa un piesārņojuma avotiem, tāpat kā transportu. Taču kopš 2020. gada, sākoties COVID-19 pandēmijai, loģistika ir samazinājusies, jo ir slēgtas robežas,

rūpnīcas, samazinājies cilvēku kontakts un līdz ar to arī transporta izmantošana (Ritchie et al. 2020).

### **1.2.1. Ilgtermiņa tendences**

Gaisa kvalitātes stāvokļa un tendenču novērtējums balstās uz atmosfēras gaisa mērījumiem un antropogēnā piesārņojuma emisiju un tendenču datiem (EVA 2011).

Tomēr iepriekš minēto COVID-19 pandēmijas pozitīvo ietekmi nevajadzētu uzskatīt par ilgtermiņa vides piesārņojuma apkarošanas veidu, jo pandēmijai jābeidzas salīdzinoši īsā laikā un globālajai sociālekonomiskajai darbībai jāatgriežas normālā līmenī (Mouzadeh 2021). Attiecība starp emisijām un galveno gaisu piesārņojošo vielu koncentrāciju tiek novērtēta atbilstoši galvenajiem piesārņojuma avotiem, kas izmērīti monitoringa stacijās. Gaisa kvalitāte Eiropā pēdējo divdesmit gadu laikā ir ievērojami uzlabojusies. No 2005. līdz 2019. gadam galveno piesārņojošo vielu vidējā koncentrācija pilsētu teritorijās ir samazinājusies par:

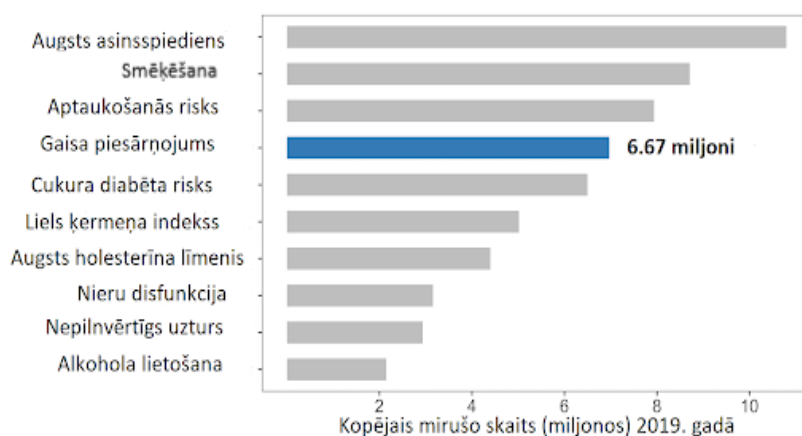
- 27% NO<sub>2</sub>;
- 61% SO<sub>2</sub>;
- 37 % PM<sub>10</sub>;
- PM<sub>2,5</sub> vidējā koncentrācija pilsētu teritorijās laikposmā no 2008. līdz 2017. gadam ir samazinājusies par 38 % (European Environmental Agency 2021).

Ņemot vērā šīs izstrādātās metodes un iegūtos rezultātus par gaisa piesārņojuma epidemioloģiju, pētījumi par gaisa piesārņojuma ietekmi uz COVID-19 joprojām ir tikai sākuma stadijā (Brunekreef et al. 2021). Daudzās lielākajās pilsētās piesārņojuma līmenis gan samazinās, gan pieaug, pandēmijas īstermiņa ietekme var izraisīt piesārņojuma pasliktināšanos, mainot uzvedību pat pēc ekonomiskās aktivitātes atjaunošanās (Centre for Cities 2020).

### **1.3. Piesārņojuma ietekme uz cilvēku veselību**

Gaisa piesārņojums ir viens no būtiskākajiem faktoriem, kas ietekmē cilvēka organismu (1.2. attēls). Cilvēka darbība ir negatīvi ietekmējusi vidi kopš rūpnieciskās revolūcijas sākuma, kas lai gan uzskatāma par globālu panākumu, rada arī globālas problēmas. Globālais piesārņojums tiek uzskatīts par diezgan aktuālu jautājumu, kas ietekmē ne tikai dabas aspektus, bet arī veselības jomu. Tas ir nopietns drauds veselībai, jo gaisa piesārņojums katru gadu izraisa aptuveni 9 miljonus nāves gadījumu. Gaisa piesārņojums galvenokārt ietekmē lielpilsētu iedzīvotājus, kur autotransporta radītās emisijas ir galvenais gaisa kvalitātes pasliktināšanās

cēlonis. Piesārņojošo vielu izkliedi nosaka daudzi parametri, jo īpaši, atmosfēras stabilitāte un vējš (Manisalidis et al. 2020).



1.2. Att. Galvenie

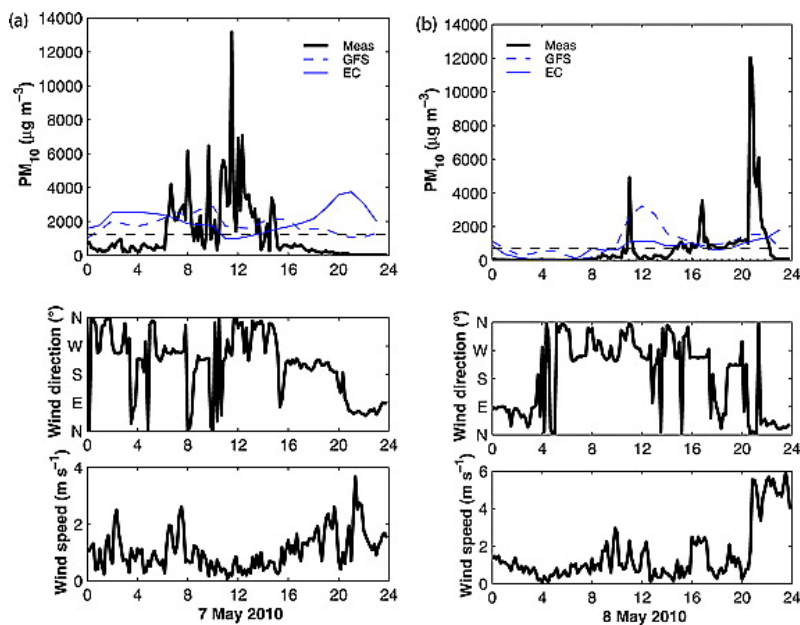
cilvēka veselības riska faktori (EEA 2020).

Galvenās vielas, kas ietekmē veselību, ir slāpekļa oksīdi (NO<sub>x</sub>), sēra oksīdi (SO<sub>x</sub>), ozons un cietās daļiņas, no kurām pēdējās – īpaši cietās daļiņas, kas mazākas par 2,5 mikroniem (PM<sub>2.5</sub>) – rada vislielākās bažas, jo šīs daļiņas iekļūst dziļi plaušās un ietekmē gan elpošanas, gan asinsvadu sistēmu. Veselību ietekmē gan iedarbības pakāpe, gan ilgums (UNECE 2020). PM rada vislielāko risku cilvēka veselībai, jo tās iekļūst jutīgajās elpošanas sistēmas daļās un var izraisīt veselības problēmas un priekšlaicīgu nāvi. Gaisā esošajām PM ir vairāki avoti, un tās ir sarežģīts heterogēns maisījums (Guerreiro et al. 2014).

#### 1.4. Globālās kataklizmas, kuras ietekmējušas atmosfēras piesārņojumu

Zemes klimata vēsturē ir daudzi piemēri, kā dabiskās kataklizmas ietekmē klimatu. Piemēram, var apskatīt vulkāna Krakatau (Indonēzija) aktivitāti, tātad ir dabiskā kataklizma un vēsturiskos avotos var atrast pierakstus par 1883. gada izvirdumu. Izveidoja cunami līdz 20 metru augstumam un uz kādu laiku Zemes klimats pamainījās. Gaisā bija daudz vulkānisko putekļu un vidēja temperatūra samazinājās par ~ 2 grādiem. Pie dabas kataklizmām pieder arī ugunsgrēki, plūdi, anomāls sals un citi. Var pieminēt arī anomālo karstumu 2010. gadā un ugunsgrēkus Austrālijā 2019. gadā. Islandes Eyjafjallajokull vulkāna izvirdums 2010. gadā ilga 39 dienas – no 14. aprīļa līdz 23. maijam. Eyjafjallajokull izvirdumā atmosfērā nonāca liels daudzums pelnu, kuram ir liela ietekmē uz gaisa kvalitāti, ir īpaši Ziemeļeiropā, Centrālajā un Austrumeiropā. Pelnu izplatība bija atkarīga no vēja virziena. Arī dūmakas dēļ palielinājās oglekļa dioksīda un sēra emisiju daudzums, 2010. gada 7. un 8. maijā, kad vulkāna aktivitāte

joprojām bija augsta, tika reģistrēta augsta cieto daļiņu PM<sub>10</sub> koncentrācija - 10 minūšu laikā rādījumi sasniedza 13157 µm. Vidējie rādījumi uz vienu triecienu bija 1231 µg/m<sup>3</sup> un 718 µg/m<sup>3</sup>. Pielājamā robeža tika pārsniegta vairāk nekā 25 reizes. Izmērītā PM<sub>10</sub> koncentrācija, vēja ātrums un virziens (1.3.attēls)(-izceltās līknes- Vikā, pilsēta Islandes dienvidos. Apzīmējums (a) 2010. gada 7. maijā un apzīmējums (b) 2010. gada 8. maijā. Vidējā PM<sub>10</sub> koncentrācija 24 stundu laikā ir parādīta ar zilu pārtrauktu līniju, bet robežvērtība veselībai kaitīgo vielu koncentrācijai ir parādīta ar melnu pārtrauktu līniju (50 µg/m<sup>3</sup>, šajā mērogā nav redzama). Modelētā PM<sub>10</sub> koncentrācija no tiešas vulkāna izplūdes (plānas līnijas, augšējie attēli), izmantojot Global Forecast System un European Center for Medium-Range Weather Forecasts meteoroloģiskos datus (apzīmēti ar EC). Apakšējos zīmējumos parādīts vēja ātrums, vēja virziens un vēja mainība. (Thorsteinsson et al. 2012).



1.3. Att. Cieto daļiņu koncentrācija gaisā pēc Eyjafjallajokull izvirduma (Thorsteinsson et al. 2012).

Globāla mēroga antropogēnās kataklizmas piemērs, ko izraisīja augsts atmosfēras spiediens un rūpnieciskās emisijas, ir Lielais Londonas smogs 1952. gadā, kas ilga no 5 līdz 9 decembrim. Smogs veidojās anticiklona rezultātā, kas izraisīja inversiju, kad zem siltā gaisa atradās auksts gaiss, un rūpniecī radītās emisijas nespēja iekļūt atmosfērā, paliekot virs zemes virsmas. Tā rezultātā pilsētas iedzīvotāji saskārās ar ievērojamām vides un infrastruktūras problēmām. Daudziem cilvēkiem gaisā esošo cieto daļiņu un neorganisko tvaiku dēļ attīstījās plaušu slimības (Martinez 2020). Smoga laikā atmosfērā tika izmests liels emisijas daudzums. Katru dienu atmosfērā nonāk 1000 tonnas cieto daļiņu, 2000 tonnas CO<sub>2</sub>, 140

tonnas HCl un 14 tonnas fluorsavienojumos un sēra savienojums, kas reaģē ar ūdeni gaisā veidojot sērskābi (Thorsteinsson et al. 2012).

### 1.5. Atmosfēras piesārņojuma izmaiņas 2020 -2021.gadā

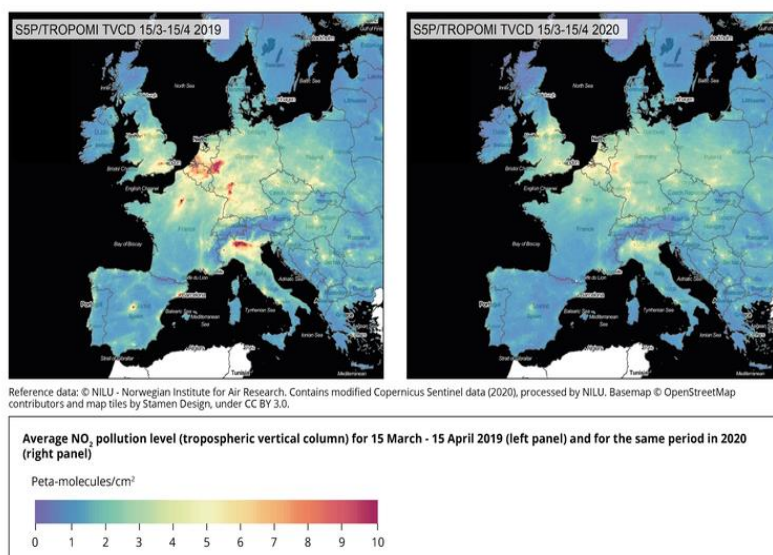
Gaisa piesārņotāju un sasilšanas gāzu līmenis dažās pilsētās un reģionos ievērojami samazinās, jo koronavīruss ietekmē darbu un ceļojumus. Sakarā ar rūpnīcu slēgšanu un satiksmes apturēšanu, gaisa kvalitātes izmaiņas, galvenokārt, ir novērotas Ķīnā. Lai mazinātu vīrusa izplatīšanos, Ķīnas Tautas Republikas valdība ir noteikusi: Uhaņas un visai Hubei provincei, kurā atrodas pilsēta, nekavējoties atcelt visus masu pasākumus, izsludināja stingru karantīnu, slēdza iebraukšanu un izbraukšanu, kā arī sāka būvēt pagaidu slimnīcas COVID-19 slimniekiem. Lai mazinātu vīrusa izplatīšanos, Ķīnas Tautas Republikas valdība ir noteica stingru karantīnu un ierobežojumus iziet un pārvietoties pa pilsētu. Pirmie rezultāti parādīja, ka galvenokārt CO ir samazinājies par gandrīz 50%, salīdzinot ar 2019. gadu (Streiff 2020). Ķīna emitē vairāk nekā 50% no visa slāpekļa dioksīda Āzijā. Tātad jūs varat novērtēt ka, salīdzinot ar Ķīnu, pat neliels NO<sub>2</sub> emisiju samazinājums par 10% ir līdzvērtīgs 48 000 transportlīdzekļu skaita samazinājumam. Bet NO<sub>2</sub> samazinājums par 40% 2019. gada līmenī janvārī un februārī dažās jomās ir vienāds ar milzīgu 192 000 transportlīdzekļu noņemšanu (Witchalls 2020). Šis efekts ir radies ievērojot noteikumus un ja tā var teikt, samazinātās satiksmes dēļ uz ielām. Rezultātā tika pārtraukta rūpnieciskā darbība, atcelti lidojumi un citi ceļojumi, kā rezultātā visā pasaulē samazinājusies siltumnīcefekta gāzu emisija un gaisa piesārņojums (Mounks 2020). Lai novērstu infekcijas izplatīšanos, apturēti arī gaisa pārvadājumi un tika slēgts Vuhānas metro. Tā kā uz laiku tika pārtraukta gaisa satiksme un miljoniem cilvēku bija jāturpina strādāt no mājām, ja to ļāva profesija, citiem nācās doties dīkstāvēs. Šādu strauju izmaiņu dēļ tika prognozētas arī gaisa kvalitātes izmaiņas, jo emisijas netika emitētas, vai to daudzums tika ievērojami samazināts. Tika prognozēts, ka pēc koronavīrusa izplatīšanās ārzemēs, vispirms Āzijas valstīs (2020. gada 13. janvārī - Taizemē) un pēc tam visā pasaulē, tā izplatība samazināsies daudzās citās valstīs. Taču pastāvēja hipotēze ka, daudziem atgriežoties pie ierastās dzīves, infekciju skaits varētu palielināties. Līdzīgi arī 2008 -2009. gadā, pēc pasaules finanšu krīzes, oglekļa dioksīda emisijas palielinājās par 5%, jo stimulējošie izdevumi palielināja fosilā kurināmā patēriņu (McGrath 2020).

CO<sub>2</sub> emisijas strauji samazinājušās, jo mazāk tiek izmantots transports un sadedzināta degviela. Līdz 2020. gada maijam reģistrētais līmenis varētu būt zemākais kopš finanšu krīzes pirms vairāk nekā desmit gadiem (McGrath 2020). Taču, kā minēts iepriekš, pastāv pieņēmumi,

ka pēc pandēmijas līmenis varētu strauji paaugstināties. Tolaik bija iespējams, ka tiks atrasta vakcīna un radīta kolektīvā imunitāte pret vīrusu, kas ļaus sociālajam un ražošanas sektoram turpināt darbu, lai paātrinātu ekonomikas izaugsmi, kas dīkstāves laikā būtu samazinājusies. Pastāv pat iespēja, ka piesārņojuma daudzums var palielināties un kļūt kritiski liels.

Kad koncentrācijas izmaiņu ietekme kļuva redzama, Eiropas Kosmosa aģentūra 2020. gada janvāra beigās un februāra sākumā veica slāpekļa dioksīda līmeņa mērījumus virs rūpniecības pilsētām Āzijā un pēc tam Eiropā. Rezultāti parādīja, ka koncentrācija bija par 40% zemāka nekā tajā pašā periodā 2019. gadā. Mērījumiem tika izmantots Sentinel-5P satelīts (Mounks 2020). Īpaši spēcīgi tas bija jūtams rūpniecības teritorijās ar augstu antropogēnās darbības līmeni. Tāpat kā ĶTR, šī ietekme izpaudās arī Eiropā, kā parādīts 1.4. attēlā, kurā parādītas NO<sub>2</sub> koncentrācijas izmaiņas Eiropā. Vislielākās izmaiņas vērojamas Centrāleiropā un Dienvideiropā, tāda pati situācija ir vērojama Rietumeiropas reģionā.

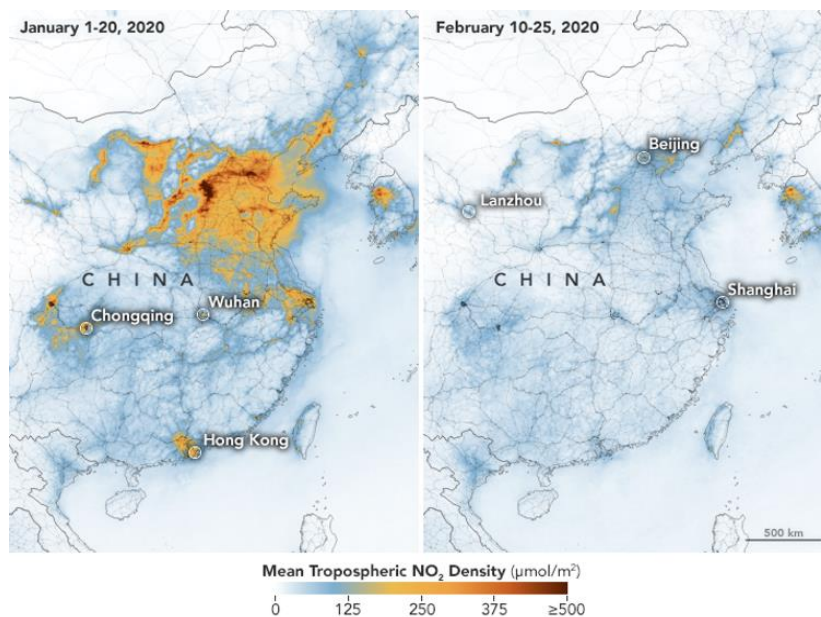
Latvijā izmaiņas nav ļoti jūtamas, bet, salīdzinot 2019 un 2020. gadu ir neliels NO<sub>2</sub> pieaugums. Līdzīgu ietekmi var attiecināt uz vēl neieviestiem nopietniem ierobežojumiem sakarā ar tolaik nelielo inficēto cilvēku skaitu. Jāatzīmē arī tas, ka Latvijā nav īpaši lielu rūpniecības nozaru, kas emitē lielu daudzumu gaisu piesārņojošo vielu, un iedzīvotāji atmosfērā neizdala lielu slāpekļa daudzumu, pat ņemot vērā autotransporta aktīvu izmantošanu. Tāpēc izmaiņas var būt nenožīmīgas salīdzinājumā ar citiem Eiropas vai Āzijas reģioniem.



1.4. Att. Piesārņojumu izmaiņas Eiropā 2019 -2020. gados (European Enviroment agency 2020).

Atgriežoties pie situācijas Āzijā, ņemot vērā COVID-19 uzliesmojuma globālo mērogu, tika konstatētas būtiskas izmaiņas saimnieciskajā darbībā (Worden et al. 2020). Ķīnā, kā arī

Eiropā transporta kustība ir ievērojami samazināta, īstenojot stingrus sociālās distancēšanas pasākumus, kā rezultātā krasi samazinājās gaisa piesārņojums, īpaši CO<sub>2</sub> (Worden et al. 2020), NO<sub>2</sub> un PM<sub>2,5</sub> (Zambrano-Monserrate et al. 2020). 1.5. attēla skaidri redzams, ka Ķīnas ziemeļaustrumos, kur atrodas Ķīnas Tautas Republikas rūpniecības centri, NO<sub>2</sub> koncentrācija mēneša laikā samazinājās.

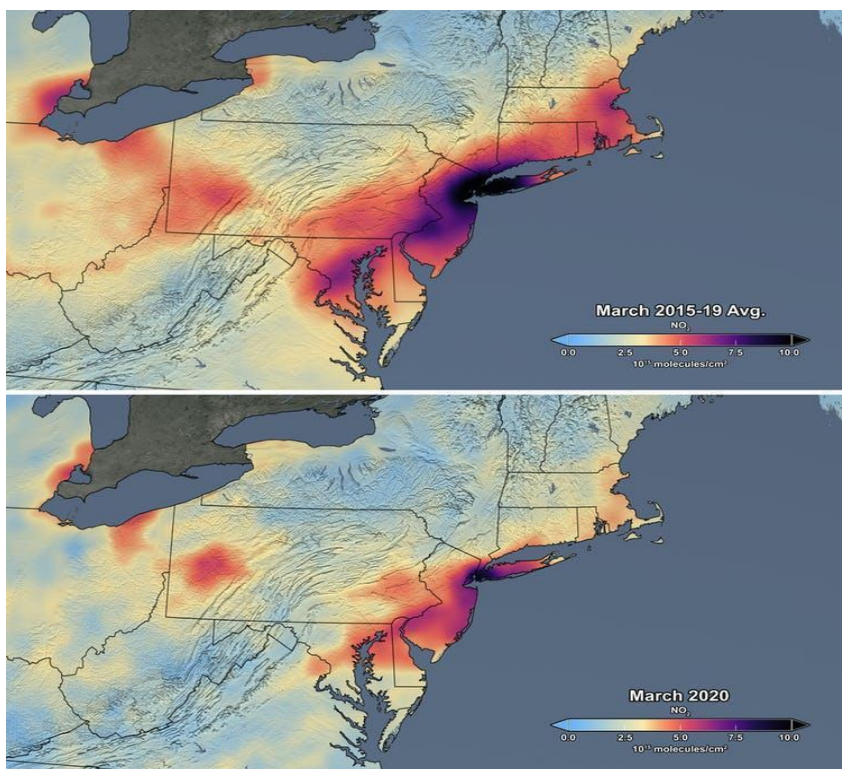


1.5. attēls. NO<sub>2</sub> koncentrācijas izmaiņas Ķīnā 2020. gadā (Streiff 2020).

Līdz 2020. gada aprīļa sākumam gandrīz visās valstīs bija pieņemts rīkojums par obligātu karantīnu vai robežu slēgšanu (Mervosh et al. 2020). Sociālie attālināšanās pasākumi ir radījuši izmaiņas mobilitātē un enerģijas patēriņā, līdz ar to arī izmaiņas piesārņojošo vielu emisijās (Archer 2020). Lielākā daļa valstu ir paziņojušas par ierobežojumiem no 2020. gada marta vidus, tādiem kā obligātā karantīna cilvēkiem, kuriem diagnosticēti COVID-19 simptomi, vai arī tiem, kam ir aizdomas par saslimšanas simptomu parādīšanos (Mervosh et al. 2020). Atšķirība piesārņojuma koncentrācijās ir īpaši jūtama Pekinas apkaimē, kur atrodas galvenie ražošanas centri un dzīvo liels skaits cilvēku, jo tur infrastruktūra (piemēram, sabiedriskais transports) ir īpaši aktīvs. 2020. gada janvārī NO<sub>2</sub> koncentrācija tur bija mazāka vai vienāda ar ~ 500 μmol/cm<sup>2</sup>, pēc tam, ieviešot stingrāku karantīnu, koncentrācija samazinājās līdz ~ 120 μmol/cm<sup>2</sup> (1.6. attēls).

No 2015. līdz 2019. gadam vidējais NO<sub>2</sub> daudzums ASV bija fiksēts. Ziemeļaustrumos koncentrācija bija vienmērīgi sadalīta pa tādiem štatiem kā: Merilenda, Ņūdžersija, Pensilvānija, Virdžīnija, Konektikuta, Rodailenda, Ņujorka (1.7. attēls). Aplūkojot teritorijas, kurās NO<sub>2</sub> koncentrācija bija īpaši augsta, un blakus esošās teritorijas, redzamas

izmaiņas: koncentrācijas izplatība no  $\sim 10 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  ir samazinājusies, un arī blakus esošajās teritorijās ar iepriekšēju koncentrāciju  $5 \mu\text{mol}/\text{m}^2$  tā ir samazinājusies līdz  $3 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ .



1.6. att. Piesārņojuma izmaiņas ASV (National Aeronautics and Space Administration 2020).

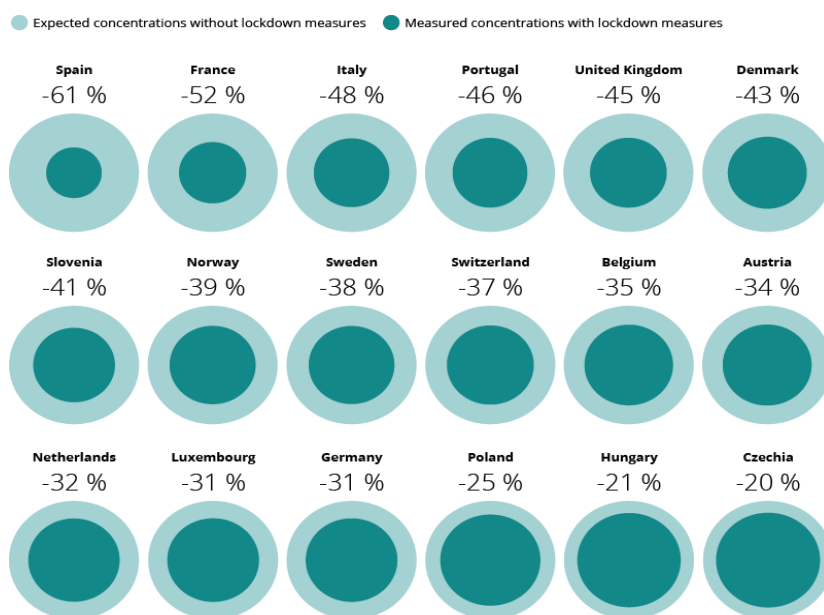
Tika analizētas kopējās stundas emisiju koncentrācijas sešās stacijās Hjūstonā, ASV. Avotos tiek ziņots par apkārtējā gaisa piesārņojuma līmeņa samazināšanos, bet PM<sub>2.5</sub> izplatība reģionā ir palielinājusies. Izmantojot satelīta datus, laikraksti ziņoja arī par zemāku piesārņojuma līmeni lielākajās lielpilsētu teritorijās, tostarp Losandželosā, Sietlā, Ņujorkā, Čikāgā un Atlantā. (Archer 2020).

Eiropā COVID-19 krīze tieši ietekmēja enerģijas patēriņu un siltumnīcefekta gāzu (SEG) emisijas. Covid-19 pandēmijas ietekmē ES IKP samazinājās par 7,6% 2020. gadā salīdzinājumā ar 2019. gadu, jo lai izvairītos no nopietnas vīrusa izplatīšanās, tika slēgtas valstu robežas.

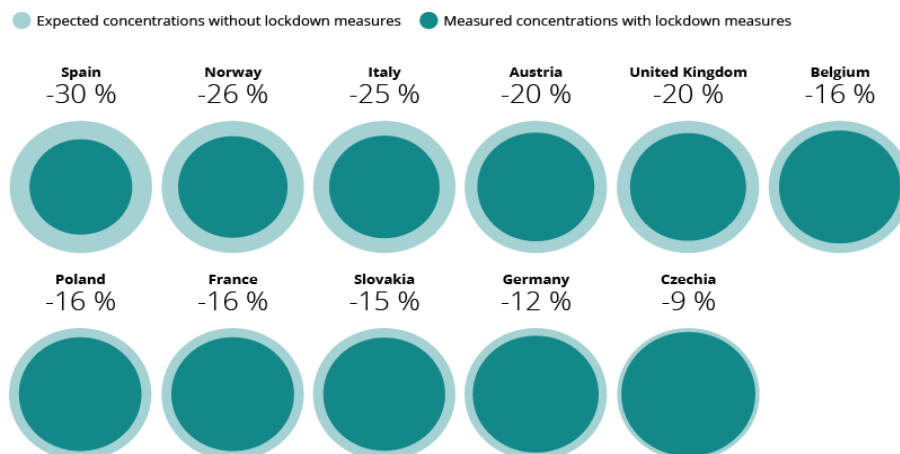
Rezultātā NO<sub>x</sub> līmenis ievērojami samazinājās (Eiropas Vides aģentūra 2020).

Transporta nozare, kas ir viena no SEG emisiju avotiem, ir guvusi zaudējumus ierobežojumu dēļ, jo ir samazinājies pieprasījums, ieviesti izbraukšanas aizliegumi un ievērojami samazināts starptautisko pārvadājumu apjoms. Strauji tuvojošās ārkārtas situācijas dēļ visā Eiropā autotransporta, kā arī pasažieru autopārvadājumu apjoms Eiropas teritorijā

2020. gadā samazinājās par aptuveni 57% salīdzinājumā ar iepriekšējo gadu (1.7. un 1.8. attēli) (Eiropas Vides aģentūra 2020).



1.7.att. COVID- 19 pasākumu ietekme uz gaisa kvalitāti. Paredzēto un faktisko NO<sub>2</sub> koncentrāciju salīdzinājums (Eiropas valstis, 2020. gada aprīlis) (Eiropas Vides aģentūra 2020).

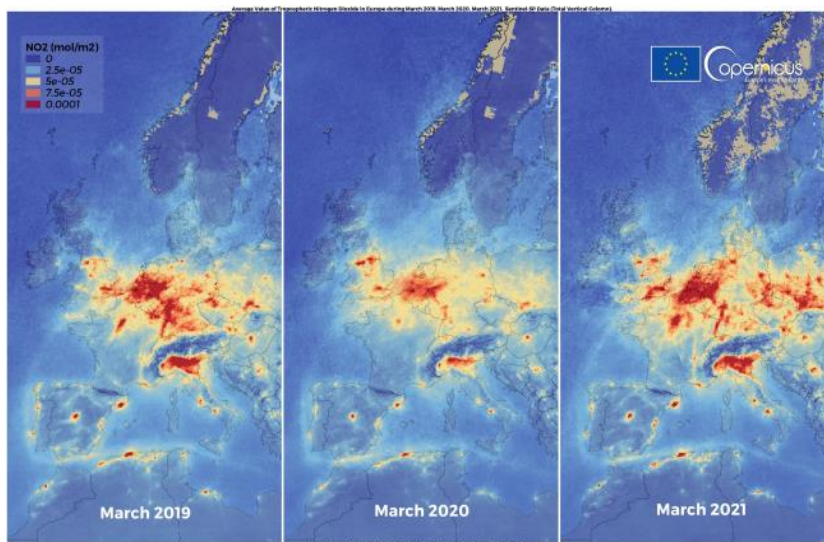


1.8. Att. COVID- 19 ierobežojumu ietekme uz gaisa kvalitāti. Paredzēto un faktisko PM<sub>10</sub> koncentrāciju salīdzinājums (Eiropas Vides aģentūra 2020).

Ievērojamo pārmaiņu, pandēmijas un uzņēmumu piespiedu darbības apturēšanas pasākumi ir bijusi labvēlīgi aplūkojot šo procesu ietekme uz vidi. Samazinājies emisiju daudzums gaisā. EVA ziņojumā tika aplūkota saikne starp gaisa kvalitāti un pandēmiju, kā arī tika veikta atmosfēras skenēšana no kosmosa, izmantojot Copernicus satelītu (CAMS), kas apstiprināja gaisa emisiju samazināšanos.

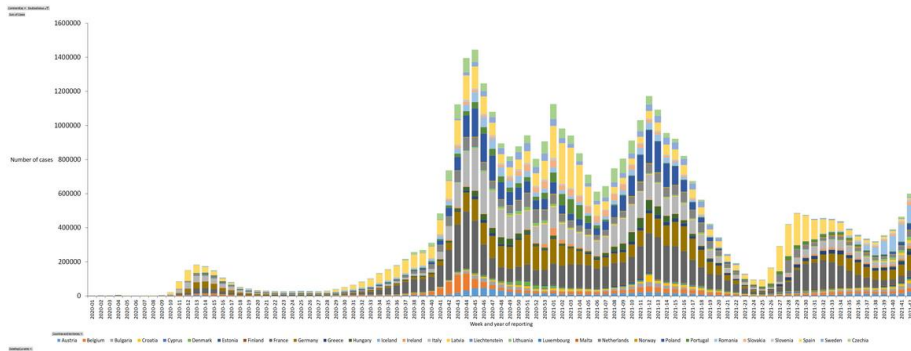
Tāpat kā ES, arī Latvijā tika ieviesti ierobežojumi saistībā ar COVID-19 izplatību, ieviešot distancēšanos, sabiedrisko vietu slēgšanu, sabiedriskajā transportā un veikalos - ieviešot stingru medicīniskās maskas vai respiratora nēsāšanu (Eiropas Vides aģentūra 2020).

Tomēr 2021. gadā piesārņojums palielinājās par 4-7%, jo vairākās valstīs tika atcelti vai atviegloti ierobežojumi. Lai samazinātu gaisa piesārņojumu, rūpnīcu slēgšanu nevajadzētu uzskatīt par pastāvīgu risinājumu. Un lai atjaunotu ekonomiku, darbības nozares atsāka savu darbu. Šādu efektu var novērot, salīdzinot datus starp pirmo un otro ierobežojumu ciklu Eiropā (1.9 attēls). Atšķirība bija ierobežojumu ilgumā. Otrie ierobežojumi, lai gan bija stingrāki, nebija ilglaicīgi, kas ietekmēja piesārņojuma apjomu.



1.9. attēls. NO<sub>2</sub> piesārņojuma izmaiņa 2019. -2021. gada (Copernicus Sentinel-2 imagery 2021)

COVID-19 otrā viļņa laikā Eiropa sāka aktīvu iedzīvotāju vakcināciju, lai radītu kolektīvo imunitāti. Pamatojoties uz veiktajiem pasākumiem, uzņēmumi atsāka darbību, bet distancēšanās un medicīnisko masku lietošanas ierobežojumi palika spēkā līdz 2022. gada aprīlim (Latvijā). Pirmo pandēmijas vilni 2020. gadā un nākamos viļņus 2021. gadā, ir skaidri redzams saslimšanas gadījumu skaita pieaugums. Inficēšanās gadījumu skaita pieaugums sākās 2020. gada beigās un turpinājās līdz 2021. gada vasarai. Salīdzinot ar 2020. gada rudeni, kad inficēto cilvēku skaits sasniedza 14 500 000, 2021. gada pavasarī saslimšanas gadījumu skaits samazinājās līdz 10 000 000 (1.10. attēls), uzņēmumi atgriezās pie vecās slodzes, vienlaikus arī veicot vakcināciju sākot ar veselības nozares darbiniekiem, kam sekoja sociālās un citu nozaru darbinieki (ECDPC 2022).



1.10. attēls. Dati par katru dienu reģistrēto jauno COVID-19 gadījumu un nāves gadījumu skaitu pa ES/EEZ valstīm (ECDPC 2022).

Lai noteiktu slāpekļa dioksīda koncentrāciju, var vēlreiz aplūkot 1.9. attēlu, kur 2019. gada martā, pirms pandēmijas, vielas molārā koncentrācija, kas attiecināta uz laukuma vienību Centrāleiropā, īpaši Vācijas Federatīvajā Republikā, Itālijas Republikā, Šveicē, kā arī daļēji Francijas Republikā, Čehijas Republikā, sasniedza  $0,0001 \text{ mol/m}^2$ , pēc tam 2020. gada martā slāpekļa dioksīda koncentrācija teritorijā ievērojami samazinājās (Copernicus Sentinel-2 imagery 2021). Turklāt, uzsākot iedzīvotāju vakcināciju un tādējādi pasargājot lielāko daļu iedzīvotāju no nopietnām slimības sekām un sabiedrībai pakāpeniski atgriežoties dzīves tempa līmenī, kāds bija pirms pandēmijas- emisiju koncentrācija sāka pieaugt.

## 1.6. Atmosfēras piesārņojuma stāvoklis COVID-19 laikā (Rīga, 2018.gads -2021. gads)

2018. gadā transporta radīto piesārņojošo vielu dēļ tika pārsniegts gada vidējais slāpekļa dioksīda līmenis. Slāpekļa dioksīda diennakts robežvērtība tika pārsniegta 70 reizes Parka monitoringa stacijā un 33 reizes Ķengaraga monitoringa stacijā. 2018. gadā slāpekļa dioksīda koncentrācija pārsniedza diennakts normu februārī un martā. Turpmākajos mēnešos tās daudzums gaisā bija neliels, bet kopējā gada koncentrācija bija 18 reižu lielāka (LVĢMC 2020).

2018. gadā vidējā  $\text{PM}_{10}$  koncentrācija 24 stundu periodā 35 reizes pārsniedza normu. Diennakts maksimums tika reģistrēts 2018. gada 21. martā Brīvības ielas stacijā sasniedzot  $90,5 \mu\text{g/m}^3$ . Vislielākais piesārņojums aprīlī un maijā arī tika reģistrēts Brīvības ielas stacijā. Tas notika laikā, kad no ielām vēl nebija aizvestas ziemā izmantotās smiltis un sāls. Ņemot vērā nelielo nokrišņu daudzumu 2018. gadā, cieta daļiņu daudzums tika reģistrēts vasaras periodā, to radīja putekļi un sauss gaiss. 2018. gadā  $\text{PM}_{2,5}$  daļiņu koncentrācija bija vidēja, taču neskatoties uz šo rezultātu, to koncentrācija bija lielāka nekā iepriekšējos gados (LVĢMC 2020). Ķengaraga novērojumu stacijā 2019. gadā konstatēts gada vidējās slāpekļa dioksīda koncentrācijas pieaugums. Augstas vērtības Parka stacijā tika reģistrētas aprīlī, kad slāpekļa

dioksīda koncentrācija bija pārsniegta 16 reizes, pēc tam vērtības samazinājās līdz vasarai, bet septembrī un oktobrī slāpekļa dioksīds atkal pieauga, kam sekoja pieaugums decembrī (LVĢMC 2020). 2019. gadā abās novērojumu stacijās daļiņu PM<sub>10</sub> gada vidējās vērtības tika nedaudz samazinājušās, salīdzinājumā ar 2018. gadu. Novērojumu stacijā “Brīvības iela” arī pārsniegta Pasaules Veselības Organizācijas vadlīnijās noteiktais gada robežlielums 20 reizes (LVĢMC 2020). Daļiņu PM<sub>10</sub> robežlieluma pārsniegšanas gadījumi 2019. gadā reģistrēti novērojumu stacijā Brīvības ielā. Tie tika reģistrēti gan ziemas periodā, kad notiek ceļu kaisīšana ar smiltīm un sāli, gan pavasara periodā, kad ceļi vēl nav notīrīti. Diennakts augšējā un apakšējā piesārņojuma novērtēšanas sliekšņa cilvēka veselības aizsardzībai pārsniegšana pieļaujama tikai 35 reizes viena gada laikā (LVĢMC 2020). 2019. gadā pilsētas fona novērojumu stacijā “Kronvalda bulvāris” gada vidējā koncentrācija samazinājusies līdz gada vidējam apakšējam piesārņojuma vērtībām. 2019. gadā vidējā gada koncentrācija pilsētas fona monitoringa stacijā Kronvalda bulvāris 12,1 µg/m<sup>3</sup> ir samazinājusies līdz gada vidējai vērtībai, kas ir zemāka par gada vidējo vērtību zemākajos piesārņojuma līmeņos. Laika posmā no 2015. līdz 2019. gadam pilsētas fona monitoringa stacija Kronvalda bulvārī PM<sub>2,5</sub> gada vidējā koncentrācija pārsniedza gada vidējo apakšējo robežvērtību 12 µg/m<sup>3</sup>, kas ir augstāka par Pasaules Veselības organizācijas ieteikumu 10 µg/m<sup>3</sup> (LVĢMC 2020). Pilsētas novērojumu stacijās “Ķengarags” un “Parks” 2020. gadā samazinājusies slāpekļa dioksīda vidējā koncentrācija. No 2016. līdz 2020. gadam stacijās reģistrētajās vidējās vērtībās vērojams samazinājums sakarā ar Rīgas pilsētas gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības pasākumiem 2011 - 2015. gadā (LVĢMC 2021). Gaisa piesārņojums tika reģistrēts no janvāra līdz martam, pirms tika ieviesta karantīna un ierobežojumi, pēc tam no aprīļa līdz oktobrim slāpekļa dioksīds netika reģistrēts nevienā stacijā. Ir skaidra saikne starp ierobežojumiem, kas saistīti ar pirmo koronavīrusa vilni Latvijā (12.03.2020. - 09.06.2020), un slāpekļa dioksīda koncentrācijas kritumu Rīgas gaisā (LVĢMC 2021).

Neskatoties uz ierobežojumiem, cietās daļiņas palielinājās februārī un martā, pēc tam samazinājās, tad atkal palielinājās augustā un septembrī, bet tad atkal samazinājās. Decembrī tie netika reģistrēti nevienā stacijā Brīvības ielā un Kronvaldas bulvārī. 2020. gada oktobrī palielinātā PM<sub>10</sub> koncentrācija ir saistīta ar mežu ugunsgrēkiem Krievijā un Ukrainas dienvidos (1.12. attēls) (LVĢMC 2021) Ugunsgrēku dūmu iedarbība ir redzama satelītattēlos, un tādējādi var izskaidrot PM<sub>10</sub> daļiņu saturu gaisā, neskatoties uz satiksmes samazināšanos.



1.11. attēls. Suomi NPP satelītattēls 2.oktobrī 15:00 2020. gada (LVGMC 2021).

2020. gada pilsētas fona novērojumu stacijā “Kronvalda bulvāris” konstatēja PM<sub>2.5</sub> gada vidējā koncentrācija bija 10.9 μg/m<sup>3</sup>, kas ir par 0,9 μg/cm<sup>3</sup> vairāk nekā PVO prasības.

2021. gadā Maskavas ielas stacijā (Ķengarags) tika reģistrēts augsts slāpekļa dioksīda līmenis. Savukārt centrā NO<sub>2</sub> koncentrācija samazinājās, bet piepilsētās palielinājās. Iemesls tam varētu būt lielā satiksmes intensitāte Krasta ielā. NO<sub>2</sub> gada vidējā koncentrācija ir lielāka kā pagājušajā gadā, un pārsniedz gada robežlielumu (40 μg/m<sup>3</sup>) – 50.75 μg/m<sup>3</sup> tā reģistrēta Brīvības ielās posmā. Iespējams, tas ir saistīts ar augstajām vasaras temperatūrām un ļoti aukstajiem laika apstākļiem vēlā rudenī. Salīdzinot ar 2020. gadu, cieto daļiņu koncentrācija ir palielinājies. PM<sub>10</sub> cieto daļiņu koncentrācija tika reģistrēta Kronvalda bulvāra stacijā, un tā svārstījās no 31,2 μg/m<sup>3</sup> līdz 79,95 μg/m<sup>3</sup>. Lielākās vērtības tika reģistrētas 2021. gada 20. februārī. Dienakts laikā tika reģistrēti 17 putekļu koncentrācijas pārsniegumi. 2021.gadā vidējā koncentrācija putekļiem PM<sub>10</sub> Kronvalda bulvārī ir 21.25 μg/m<sup>3</sup>, PM<sub>2.5</sub> - 13.85 μg/m<sup>3</sup> (Rīgas dome 2022).

## 2. MATERIĀLI UN METODES

Bakalaura darbā tika izpētītas gaisa piesārņojuma izmaiņas COVID-19 laikā Rīgā. Pētījumā tika izmantoti monitoringa dati, ar piesārņojuma statistiku Rīgas pilsētā. Piesārņojošo vielu daudzums atsevišķās Rīgas vietās tika analizēts no 2018.gada līdz 2021. gadam tālāk izmantojot šos datus monitoringam :

- no 01.01.2018. līdz 12.03.2020. - periods pirms COVID-19;
- no 12.03.2020. līdz 09.06.2020. - pirmā ārkārtas situācija;
- no 10.06.2020. līdz 09.11.2020. - periods bez ārkārtas situācijas;
- no 10.11.2020. līdz 07.02.2021. - otra ārkārtas situācija;
- no 07.02.2021. līdz 21.10.2021. - periods bez ārkārtas situācijas;
- no 21.10.2021. līdz 28.02.2022 - trešā ārkārtas situācija (analīzē tika izmantoti dati ar gala datumu 31.12.2021.).

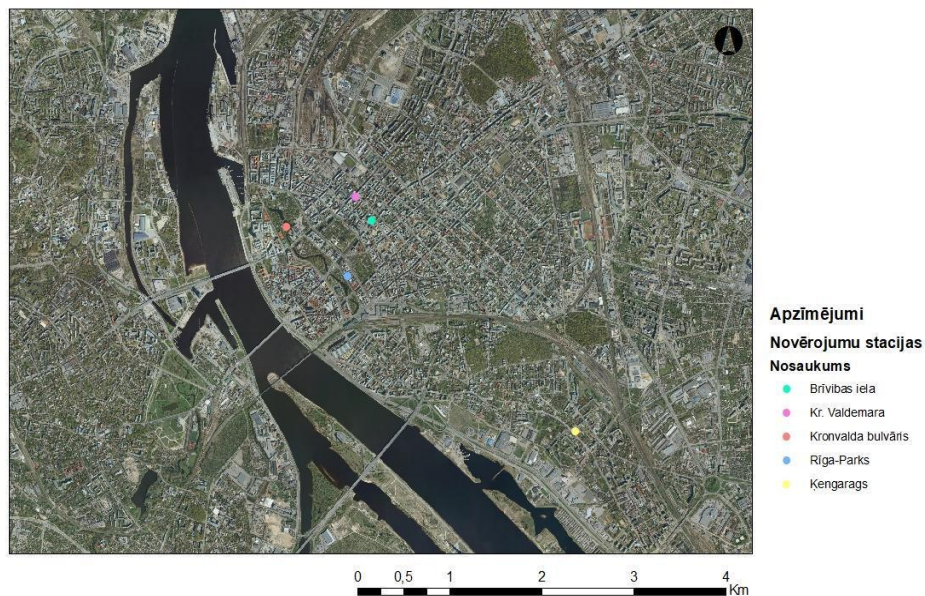
COVID-19 izplatības dēļ ir ieviesti ierobežojumi, lai samazinātu vīrusa izplatību. Pirmie ierobežojumi tika ieviesti 12.03.2022 (11.03.2020 PVO izsludināja pandēmiju) līdz 14.04.2020. Šajā periodā tika pārtrauktas mācības klātienē un notika pāriešana uz tālmācībām, visi publiskie pasākumi ir atcelti utt. Ārkārtas situācija ilga līdz 09.06.2020, bet dažādi ierobežojumi vēl palika spēkā. Atvieglojumi ilga līdz 09.11.2020, pēc tam tika ieviesta nākamā ārkārta situācija, pastiprinot ierobežojumus līdz 07.02.2021. Atvieglojumi turpinās līdz 21.10.2021, pēc tam tika ievestas trešā ārkārtas situācija, kas ilgst līdz 28.02.2022.

Dati tika sadalīti divos variantos, kas apzīmēti šādi: bināra indeksācija (1-2), kur dati sadalīti divos periodos – pirms pandēmijas un ārkārtas periodā, izņemot deregulācijas periodus, un bināra indeksācija (1-6), kur analizētais periods sadalīts sešās daļās, katru ārkārtas vai bez ārkārtas periodu apzīmējot ar atsevišķu indeksu.

## 2.1. Izmantotie materiāli

Bakalaura darbā tika apskatīti statistikas dati par gaisa piesārņojuma apjomu Rīgā trīs COVID-19 viļņos Latvijā. Analīzē tiek ņemti LVĢMC dati no novērošanas stacijām 2018.gadam - 2021.gadam (2.1. attēls).

### Novērojumu stacijas Rīgā



2.1. Attēls. LVĢMC novērojumu stacijas. Attēlu veidojusi autore, izmantojot GIS Latvija 10.2 datus, programmā ArcMap 10.7.

Pētījumam bija nepieciešami dati par gaisa kvalitāti Rīgas pilsētā. Dati tika iegūti no novērošanas stacijām Latvijas Vides, Ģeoloģijas un Meteoroloģijas centrā.

Dati analīzei tika ņemti no monitoringa stacijas datu arhīva:

Tabula. 1.

Novērojumu stacijas nosaukums un adrese	Stacijas tips	Koordinātas	Vielas	Novērojumu dati
Kronvalda bulvāris 4, Rīga	Pilsētas fona stacija	56° 57' 17.45" Z.p. , 24° 6' 17.12" A.g.	PM <sub>2,5</sub>	no 01.01.2018. līdz 31.12.2021.
			PM <sub>10</sub>	no 01.01.2018. līdz 31.12.2021.
			NO <sub>2</sub>	no 25.07.2021. līdz 31.12.2021.
Brīvības iela 73, Rīga	Autotransporta piesārņojuma avotu ietekmes stacija	56° 57' 32.09" Z.p. , 24° 7' 32.79" A.g.	PM <sub>10</sub>	no 01.01.2018. līdz 31.12.2021
Ķengarags, Maskavas iela 165, Rīga	Pilsētas fona stacija	56° 56' 9.34" Z.p. , 24° 9' 24.43" A.g.	NO <sub>2</sub>	no 01.01.2018. līdz 31.12.2021.
Rīga-Parks, Raiņu bilvāris 19, Rīga	Pilsētas fona stacija	56° 57' 2.18" Z.p. , 24° 6' 57.14" A.g.	NO <sub>2</sub>	no 01.01.2018. līdz 31.12.2021.
Kr. Valdemara iela 65, Rīga	Pilsētas fona stacija	56° 57' 39.161" Z.p. , 24° 7' 16.215" A.g.	NO <sub>2</sub>	no 12.08.2021. līdz 31.12.2021.
			PM <sub>10</sub>	no 12.08.2021. līdz 31.12.2021.

## 2.2. Datu analīze un apstrādes metodes

Datu analīze tika sadalīta divās variantos. Pirmajā variantā dati tika sadalīti divās daļās - pirms kovida perioda un kovida laikā, neņemot vērā periodus bez ierobežojumiem, uzskatot tos kā COVID-19 periodu. Otrajā variantā katrs ierobežojums un atvieglojums tika apzīmēts ar atsevišķu numuru. Pētījumā analizēts NO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> un PM<sub>10</sub> piesārņojums. Lai analizētu datus, tika izvirzīta nulles hipotēze: starp vērtībām nav likumsakarību.

Statistiskā analīze tika veikta programmā JASP 0.15.0.0., izmantotās analīzes metodes:

- *ANOVA (Dispersijas analīze) un Post-Hoc analīze* - matemātiskās statistikas metode, kuras mērķis ir atrast sakarības eksperimentālos datos, pētot un nosakot vidējo vērtību atšķirību nozīmīgumu, noteikt atšķirību starp COVID-19 periodiem;
- *Korelāciju analīze* - lai norādītu saistību starp nejaušiem mainīgajiem. Emisiju koncentrācijas 2018.-2021. gadam no dažādām novērojumu stacijām.

### 3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

#### 3.1. Iegūtie rezultāti

##### 3.1.1. Datu analīzes rezultāti: binārā (1 un 2) indeksācija

Apstrādes metodes darbā bija datu salīdzināšana starp 2018.-2021. gadiem, kas ir sadalīti divās daļās: pirmskrīzes periods (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un ārkārtas periods, neskaitot ierobežojumu atcelšanas periodus (no 12.03.2020. līdz 31.12.2021.).

Pētāmo vielu (slāpekļa dioksīda un cieto daļiņu) vidējā koncentrācija tika aprēķināta no LVĢMC elektroniskajā datu bāzē iegūtajiem datiem. Periodi, kad stacija nedarbojās, netika ņemti vērā. Vidēji tika analizētas 1462 dienas.

Korelācija s tika noskaidrotas, lai noskaidrotu būtisku ietekmi starp piesārņojumu un laika periodu, kas apzīmēts ar indeksiem 1 un 2, kas attiecīgi nozīmē divi laika periodi no 01.01.2018. līdz 12.03.2020. (1) un no 12.03.2020. līdz 31.12.2021. (2) . Korelācijas analīzē tika novērotas tikai nozīmīgas korelācijas ( $p < 0.05$ ), kuras bija gan vājākas , gan spēcīgākas . Analīzē tika ieslēgtas Pīrsona r nozīmīgas korelācijas.

Pirmā nozīmīgā korelācija (1. pielikums) tika konstatēta starp PM<sub>2.5</sub> Kronvalda bulvāris un NO<sub>2</sub> Ķengarags ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,198$ ), šo rezultātu var saistīt ar sakritību, bet ir vērtības, kas norāda uz vienu un to pašu piesārņojuma avotu. Nākamā korelācija starp NO<sub>2</sub> Rīga- Parks un NO<sub>2</sub> Ķengarags bija spēcīga ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,618$ ), jo stacijas atrodas tuvu ielām ar intensīvu satiksmi. Korelācija starp NO<sub>2</sub> Rīgas- Parks staciju un PM<sub>2.5</sub> Kronvalda bulvāri ir vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,397$ ). Iegūtā korelācija ir noteikta kā vāja, jo Kronvalda stacijā un Parka stacijā ir stiprāks piesārņojuma avots, kas varētu būt vājas korelācijas iemesls. Korelācijas analīze starp PM<sub>10</sub> Brīvības ielas un Ķengaraga NO<sub>2</sub> bija ļoti vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,099$ ). Rezultātu var saistīt ar nejaušību, jo neraugoties uz to, ka novērošanas stacija atrodas blakus aktīviem ceļu posmiem (Ķengaraga stacijas gadījumā netālu ir Krasta iela un Dienvidu tilta, kur ir ļoti aktīva autosatiksmes, kas ir piesārņojuma avots). Korelācija starp PM<sub>10</sub> Brīvības ielas un NO<sub>2</sub> Kronvalda bulvāri bija vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,363$ ). Šo rezultātu var saistīt arī ar kopējo piesārņojuma avotu, jo novērojumu- stacijas atrodas relatīvā tuvumā viena otrai un atrodas uz ielām ar aktīvu autotransporta kustību. Arī korelācija starp PM<sub>10</sub> Brīvības ielas un NO<sub>2</sub> Rīgas parka staciju bija ļoti vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,165$ ), taču monitoringa staciju tuvuma dēļ tām bija kopīgs piesārņojuma avots. Korelācija starp Kronvaldes PM<sub>10</sub> un Ķengaraga NO<sub>2</sub> bija ļoti vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,090$ ), ko var saistīt ar sakritību, ko var izskaidrot ar lielo attālumu starp stacijām, neraugoties uz netālu esošajiem piesārņojuma avotiem. Korelācija

starp monitoringa staciju PM<sub>10</sub> Kronvaldas bulvārī un PM<sub>2,5</sub> Kronvalda bulvārī bija ļoti augsta ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,728$ ), ko var iepriekš saistīt ar kopējo piesārņojuma avotu un pamatot ar to, ka dati iegūti no vienas stacijas, kas padara korelāciju ļoti augstu. Korelācija starp monitoringa staciju PM<sub>10</sub> Kronvalda bulvārī un NO<sub>2</sub> Rīgas parks bija vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,312$ ), pamatojoties uz relatīvo tuvumu, kas liecina par vāju saistību, jo atšķirībā no stacijas Kronvalda bulvārī, Parka stacija atrodas teritorijā ar relatīvi zemu autotransporta satiksmi. Korelācija starp PM<sub>10</sub> Kronvalda bulvārī un PM<sub>10</sub> Brīvības ielā bija vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,457$ ), šīs sakarības nozīmi var izskaidrot ar kopīgo piesārņojuma avotu un to, ka Brīvības iela ir noslogotākā ar autotransportu un tai ir lielāks izmērs, atšķirībā no Kronvalda bulvāra, līdz ar to arī zemāka piesārņojuma koncentrācija, ko var pamatot ar šo atšķirību ielās, kurās atrodas gaisa kvalitātes monitoringa stacijas. Korelācija starp PM<sub>10</sub> Kr. Valdemāra un Kronvaldas bulvāra NO<sub>2</sub> bija vāja ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,202$ ), vājā sakarība starp stacijām ir pamatojama tāpat kā iepriekšējā pārgājījumā - ielu sastrēgumu stiprums, taču arī šo variantu var attiecināt uz sakrītību, jo sakarība ir ļoti vāja.

Tika veikta arī ANOVA dispersijas analīze. Dati arī tika sadalīti divās daļās, kas tika apzīmētas kā 1. indekss un 2. indekss. Katra monitoringa stacija tika aplūkota atsevišķi.

Rīgas- Parka gaisa kvalitātes monitoringa stacija datu analīzē (3.1.attēls) uzrādīja redzamu atšķirību slāpekļa dioksīda vidējās koncentrācijas rādītājos. Pirms Covid-19 periodā, kas apzīmēts ar indeksu 1. vidējā koncentrācija bija 23,86  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Covid-19 periodā, kas apzīmēts ar indeksu 2. (neņemot vērā ierobežojumu atcelšanu un to aizstāšanu ar ierobežojumiem), vidējā koncentrācija samazinājās līdz 16,94  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sākoties pandēmijai un nākamajos divos gados kopējā NO<sub>2</sub> koncentrācija samazinājās par 28%. Pamatojoties uz to, ir skaidri redzams, ka koronavīrusa pandēmijas laikā piesārņojuma koncentrācija samazinās. Neskatoties uz to, ka Parka monitoringa stacija atrodas salīdzinoši tālāk no ielām ar augstu satiksmes slodzi, tomēr rezultāti liecina par slāpekļa dioksīda koncentrācijas samazināšanos novērotajā teritorijā. Saskaņā ar Fišera testu nulles hipotēze tika noraidīta, jo  $F(1) = 140,439$ ,  $p < 0,001$ ,  $n^2 = 0,089$ , pamatojas uz Covid periodu indeksiem 1 un 2 datu kopas uzskatāmas par statistiski būtiski atšķirīgām, apstiprinot koncentrācijas izmaiņas - to samazināšanos.

ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	3.464e+7	1	3.464e+7	140.439	< .001	0.089
Residuals	3.566e+8	1446	246632.961			

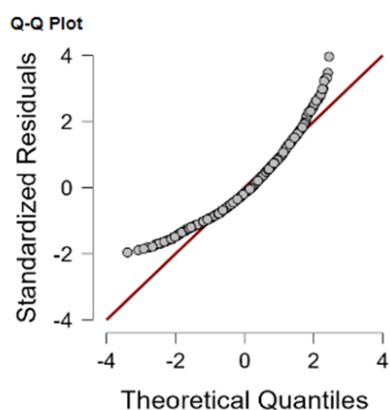
Note. Type III Sum of Squares

### Descriptives

Descriptives - dats

index	Mean	SD	N
1	23.864	12.035	795
2	16.947	9.721	653

### Assumption Checks ▼



3.1. attēls. ANOVA analīze Rīga - Parks NO<sub>2</sub> (1-2 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Analizējot Ķengaraga stacijas datus (3.2. attēls), samazinājās arī vidējā NO<sub>2</sub> koncentrācija: 1. pārskata periodā tā bija 23,93 µg/m<sup>3</sup>, 2. pārskata periodā - 18,11 µg/m<sup>3</sup>. Vidējā koncentrācija pandēmijas laikā samazinājās par 24 %, pierādot teoriju, ka emisiju koncentrācija ir samazinājusies. Izmaiņas nebija tik lielas kā Parka stacijā, jo, neņemot vērā noteiktos ierobežojumus, Krasta iela ir saglabājusies aktīva salīdzinoši ilgu laiku, jo šķērso autoceļu A6, kuru izmanto tranzīta satiksme - tas varētu attaisnot mazāku koncentrācijas samazinājumu. Fišera tests parādīja rezultātu  $F(1)= 69,106$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,049$  un šie rezultāti arī atspēko nulles hipotēzi, parādot likumsakarības.

## ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	2.289e+7	1	2.289e+7	69.106	< .001	0.049
Residuals	4.438e+8	1340	331216.223			

Note. Type III Sum of Squares

## Descriptives

## Descriptives - dats

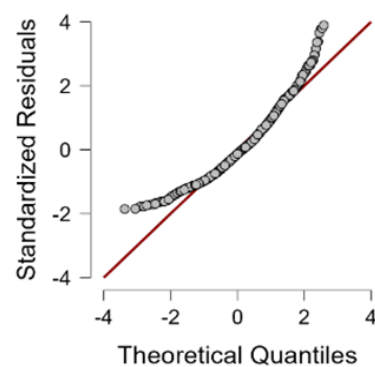
index	Mean	SD	N
1	23.926	12.510	685
2	18.113	13.108	657

## Assumption Checks ▼

## Test for Equality of Variances (Levene's)

F	df1	df2	p
0.421	1.000	1340.000	0.517

## Q-Q Plot



3.2. attēls. ANOVA analīze Ķengarags NO<sub>2</sub> (1-2 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVGMC datus, izdruka no programmas JASP)

PM<sub>2,5</sub> koncentrācijas dati no Kronvalda bulvāra stacijas (3.3. attēls) uzrādīja nedaudz atšķirīgus rezultātus. Vidējā cieto daļiņu koncentrācija 2,5 μg pirms pandēmijas periodā (1) bija 13,70 μg/m<sup>3</sup>, bet pamedijas periodā (2) to koncentrācija bija 12,68 μg/m<sup>3</sup>, periodā (2) tā samazinājās par 7%. Taču Fišera tests apstiprināja nulles hipotēzi, jo  $F(1) = 4,307$ ,  $p = 0,038$ ,  $\eta^2 = 0,003$ . Rezultāts var būt pārāk nenozīmīgs, jo vidēja koncentrācija atšķiras, bet, kā minēts iepriekš, Fišera tests neuzrādīja likumsakarību starp vērtībām.

ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	710634.126	1	710634.126	4.307	0.038	0.003
Residuals	2.244e +8	1360	164977.295			

Note. Type III Sum of Squares

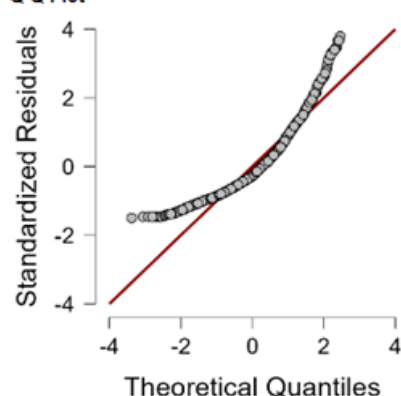
**Descriptives**

Descriptives - dats

index	Mean	SD	N
1	13.704	9.413	746
2	12.682	8.563	616

**Assumption Checks**

Q-Q Plot



3.3. attēls. ANOVA Kronvalda bulvāris PM<sub>2.5</sub> (1-2 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVGMC datus, izdruka no programmas JASP)

Analizējot PM<sub>10</sub> datus, kas iegūti no Brīvības iela stacijā (3.4. attēls), tika iegūts atšķirīgs rezultāts, ko var redzēt, salīdzinot vidējo PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrāciju. 1. periodā- vidējā koncentrācija bija 35,69 μg/m<sup>3</sup>. Savukārt 2. periodā tā bija 36,99 μg/m<sup>3</sup>. Pamatojoties uz to, PM<sub>10</sub> koncentrācija koronavīrusa pandēmijas laikā palielinājās par 4%. Fišera tests parādīja ka, starp šiem mainīgajiem nav likumsakarību, jo  $F(1)= 2,318$ ,  $p = 0,128$ ,  $\eta^2 = 0,002$ . Pamatojoties uz to un neskatoties uz pandēmiju, cieto daļiņu koncentrācija ir palielinājusies - to var pamatot ar to, ka ārkārtas periodos tika pārtraukta Brīvības ielas izmantošana un, atceļot ierobežojumus, ielas izmantošana palielinājās, tādējādi neļaujot koncentrācijai samazināties, jo īpaši, ja nav bijuši nokrišņi, vai pavasarī, kad ielas pēc ziemas vēl nav bijušas iztīrīts no smiltīm un sāls.

ANOVA - V?rt?ba

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	1.120e+6	1	1.120e+6	2.318	0.128	0.002
Residuals	6.355e+8	1315	483281.241			

Note. Type III Sum of Squares

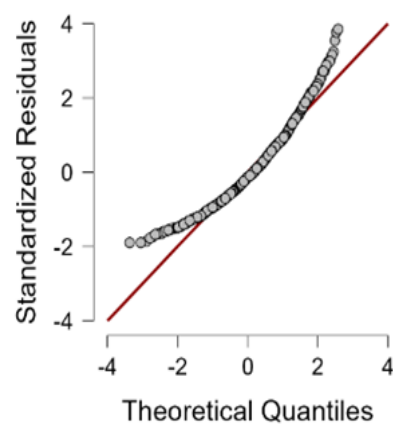
**Descriptives** ▼

Descriptives - V?rt?ba ▼

index	Mean	SD	N
1	35.686	14.615	713
2	36.989	16.420	604

**Assumption Checks**

Q-Q Plot



3.4. attēls. ANOVA Brīvības iela PM<sub>10</sub> (1-2 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Tāds pats rezultāts iegūts, analizējot PM<sub>10</sub> daļiņu datus no Kronvalda bulvāra stacijas (3.5. attēls). Pirmajā periodā vidējā koncentrācija bija 21,38  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , bet otrajā periodā - 22,20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , un atkal bija vērojams daļiņu PM<sub>10</sub> koncentrācijas pieaugums par 4 % pandēmijas laikā, tāpat kā Brīvības ielas stacijā. PM<sub>10</sub> daļiņu rezultāts bija lielāks nekā tajā pašā stacijā, analizētā PM<sub>2,5</sub> daļiņu daļa. Fišera tests uzrāda tādu pašu rezultātu, proti, starp vērtībām nav likumsakarību:  $F(1) = 1,511$ ,  $p = 0,219$ ,  $\eta^2 = 0,001$ . Ietekme, palielinoties koncentrācijai, vērojama arī Kronvalda bulvāra stacijā, parādot izmaiņas koncentrācijas pieaugumā, nevis gaidītā samazinājuma veidā. Atšķirībā no daļiņām PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10</sub> palielinājās, iespējams, vēja virziena dēļ, kas tās atnesa no kreisās puses, kas kādu laiku saglabājās aktīvas.

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	470688.901	1	470688.901	1.511	0.219	0.001
Residuals	4.263e +8	1369	311415.168			

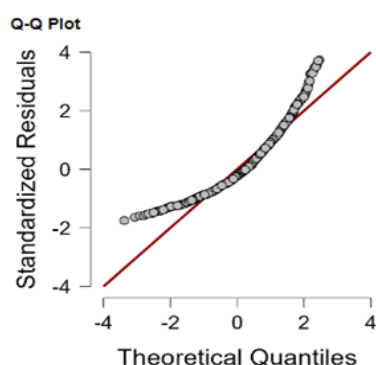
Note. Type III Sum of Squares

#### Descriptives

index	Mean	SD	N
1	21.377	11.951	756
2	22.205	12.968	615

#### Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)			
F	df1	df2	p
0.978	1.000	1369.000	0.323



3.5. attēls. ANOVA Kronvalda bulvāris PM<sub>10</sub> (1-2 indeksi),(izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

### 3.1.2. Datu analīzes rezultāti: binārā (1 un 6) indeksācija

Pētījumā tika analizēti LVĢMC dati. Gaisa kvalitātes monitoringa stacijas darbojās ar pārtraukumiem, tāpēc dažās analīzēs tika ņemti vērā tikai divi periodi. Otrajā daļā analīze tika sadalīta sešos periodos, kurus raksturo indeksi:

- no 01.01.2018. līdz 12.03.2020 - periods pirms COVID-19; (1);
- no 12.03.2020. līdz 09.06.2020. - pirmā ārkārtas situācija (2);
- no 10.06.2020. līdz 09.11.2020. – periods bez ārkārtas situācijas (3);
- no 10.11.2020. līdz 07.02.2021. - otra ārkārtas situācija (4);
- no 07.02.2021. līdz 21.10.2021. – periods bez ārkārtas situācija (5);
- no 21.10.2021. līdz 31.12.2021. - trešā ārkārtas situācija (6).

Korelācijas analīzē (2. pielikums) tika detalizētāk analizētas tikai nozīmīgākās korelācijas ( $p < 0.05$ ), kuras bija gan vājas, gan spēcīgas. Analīzē tika ieslēgtas Pīrsona  $r$  nozīmīgas korelācijas.

Pirmā korelācija notika starp Kronvalda bulvāra monitoringa stacijas  $PM_{2.5}$  un  $NO_2$  Ķengarags ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,192$ ), kas liecina par ļoti vāju saistību starp šiem lielumiem un ir pamatota ar sakritību, tāpat kā 1-2 indeksa analīzē, pat vājāka nekā iepriekšējā analīzē. Starp  $NO_2$  staciju Rīgas Parks un  $NO_2$  Ķengarags bija šāda korelācija ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,673$ ), kas liecina par vidēju saistību starp vērtībām, kas šķiet, ir arī sakritība, jo stacijas atrodas tālu viena no otras. Korelācija starp Rīgas parka stacijas  $NO_2$  un  $PM_{2.5}$  Kronvalda bulvāra rādītājiem bija ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,386$ ), kas liecina par vāju saistību starp vērtībām pamatojoties uz attālumu starp stacijām un to, ka nav lielu piesārņojuma avotu, piemēram, lielu krustojumu vai ostu darbības. Korelācija starp Brīvības ielas  $PM_{10}$  staciju un  $NO_2$  Ķengaraga staciju bija ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,103$ ), kas liecina par ļoti vāju saistību starp vērtībām un tā ir sakritība, jo stacijām nav kopīga piesārņojuma avota. Turpmākā korelācija starp  $PM_{10}$  Brīvības ielas staciju un  $PM_{2.5}$  Kronvalda bulvāri bija ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,379$ ), kas liecina par vāju saistību starp vērtībām, pamatojot to ar vāju saikni starp piesārņojuma avotiem un stacijas attālumu. Līdzīgi arī korelācija starp Brīvības ielas  $PM_{10}$  staciju un Rīga-Parks  $NO_2$  bija ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,175$ ), kas liecina par ļoti vāju saistību starp vērtībām un tai ir tāds pats pamatojums kā iepriekšējai korelācijai. Korelācija starp Kronvalda bulvāra  $PM_{10}$  staciju un Kronvalda bulvāra  $PM_{2.5}$  ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,730$ ), kas liecina par vidējo saistību starp vērtībām un norāda uz kopīgu piesārņojuma avotu, kas varētu būt gan netālu esošā Rīgas pasažieru osta, gan transportlīdzekļu satiksmes samazināšanās valsts ārkārtējās situācijas laikā. Korelācija starp Kronvaldas bulvāra  $PM_{10}$  staciju un Rīgas parka  $NO_2$  ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,306$ ), kas liecina par vāju korelāciju starp vērtībām. Stacijas atrodas relatīvā tuvumā, taču tas nenozīmē, ka tām ir viens un tas pats piesārņojuma avots, jo Kronvalda bulvāra stacija ir tuvāk ostai, bet Parka stacija atrodas netālu no Brīvības ielas ar aktīvu autotransporta kustību. Turpmākā korelācija starp  $PM_{10}$  Kronvalda bulvāra staciju un  $PM_{10}$  Brīvības ielas staciju ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,463$ ), kas liecina par vāju korelāciju starp vērtībām, ko var norakstīt uz sakritību attāluma starp stacijām dēļ. Pēdējā korelācija notika starp monitoringa staciju Kr.Valdemāra ielā  $PM_{10}$  un Kronvalda bulvāra  $NO_2$ , uzrādot ļoti vāju vērtību korelāciju, jo ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,184$ ), kas liecina par dažādiem piesārņojuma avotiem un apstiprina sakritību.

Veicot ANOVA dispersijas analīzi, Ķengaraga gaisa kvalitātes monitoringa stacijas slāpekļa dioksīda koncentrācijas mērījumu datu analīzes rezultāti parādīja NO<sub>2</sub> vidējās koncentrācijas izmaiņas (3.6. attēls).

Vidējā koncentrācija 1. periodā (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020. ) pirms pandēmijas bija 23,91 µg/m<sup>3</sup>, 2. periodā (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020. ) - 12,81 µg/m<sup>3</sup>, kas liecina par koncentrācijas samazināšanos kontroles pasākumu laikā, tālāk 3. periodā (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) , kad ierobežojumi tika daļēji atcelti, tas bija 17,46 µg/m<sup>3</sup> , kas liecina par nelielu pieaugumu, koncentrācija bija 17,46 µg/m<sup>3</sup>, 4. periodā (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) koncentrācija turpināja palielināties līdz 25,56 µg/m<sup>3</sup>, neatkarīgi no otrās ārkārtas situācijas, šo ietekmi var pamatot ar brīvdienām un nelielu autotransporta intensitātes pieaugumu, 5. periodā (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.), kad ierobežojumi tika atcelti, vidēja koncentrācija samazinājās līdz 15,56 µg/m<sup>3</sup>, jo daudzi ierobežojumi palika spēkā, neskaties uz ārkārtas stāvokļa atcelšanu, 6. periodā (no 21.10.2021 līdz 31.12.2021 ) vidējā koncentrācija bija 25,87 µg/m<sup>3</sup> neatkarīgi no trešās ārkārtas situācijas. Fišera tests parādīja rezultātu:  $F(5) = 32,151$ ,  $p < 0,001$  ,  $n^2 = 0,107$ , kas liecina par nozīmīgu statistisko saistību starp analizētajiem mainīgajiem lielumiem.

ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	5.019e+7	5	1.004e+7	32.151	< .001	0.107
Residuals	4.174e+8	1337	312210.889			

Note. Type III Sum of Squares

**Descriptives** ▾

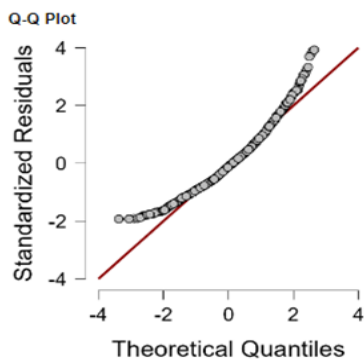
Descriptives - dats ▾

index	Mean	SD	N
1	23.909	12.535	685
2	12.806	10.510	90
3	17.464	9.957	152
4	25.563	14.243	90
5	15.559	12.192	255
6	25.870	16.309	71

**Assumption Checks**

Test for Equality of Variances (Levene's)

F	df1	df2	p
7.043	5.000	1337.000	< .001



3.6 . attēls. ANOVA Ķengarags NO<sub>2</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Starp perioda 1 (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 2 (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) ir būtiska atšķirība, jo līdz ar ārkārtas stāvokļa ieviešanu ir mainījies darba ritms un samazinājies automašīnu skaits uz ceļiem, pārejot uz attālinātu dalību darbā vai mācībās, 1 (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 3 (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) jo ārkārtas stāvoklis ir atcelts, bet daudzi ierobežojumi joprojām ir spēkā, un 1 (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 5 (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) indeksu ir būtiskas atšķirības ( $p < 0,001$ ) jo joprojām bija spēkā daudzi ierobežojumi, lai novērstu vīrusa izplatīšanos. Atšķirība ir arī starp 2 (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un 4 (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.), jo aizliegumi un ierobežojumi pirmajā ārkārtējā situācijā un otrajā ārkārtējā situācijā bija atšķirīgi - otrajā tie bija stingrāki nekā pirmajā, šajos periodos vērojama līdzīga ietekme ar dažādām ierobežojumu pakāpēm - indeksu 2 (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un 6 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.), kas apstiprina ( $p < 0,001$ ). Turpmākas atšķirības ir konstatētas starp 3 (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) un 4 (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) atvieglojumu pārtraukšana un ārkārtas

stāvokļa ieviešana pieaugošā saslimstības līmeņa dēļ, un 3 (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) un 6 indeksu ( $p < 0,001$ ), jo situācija valstī bija atšķirīga un 6. periodā nebija spēkā daži īpaši stingri ierobežojumi (piemēram, aizliegums pulcēties vairāk nekā 10 cilvēkiem, kā tas bija 2020. gadā otrā ārkārtas stāvokļa laikā). Būtiska atšķirība tika konstatēta starp indeksu 4 (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) un indeksu 5 (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.), kas liecina par interesantu efektu, kad ārkārtas situācijā piesārņojošo vielu koncentrācija bija augstāka nekā laikā, kad ārkārtas stāvoklis tika atcelts, iespējams, to var izskaidrot ar pirotehnikas izmantošanu ziemas brīvdienās, bet es uzskatu, ka šis skaidrojums ir ļoti maz ticams, starp indeksu 5 (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) un indeksu 6 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.), salīdzinājums parāda atšķirību, un tam ir līdzīga ietekme kā iepriekšējam salīdzinājumam, kur koncentrācija ierobežojumu atcelšanas laikā ir zemāka nekā ārkārtas stāvokļa laikā (3.7. attēls). Visticamāk, lai izvairītos no inficēšanās sabiedriskajā transportā un izvairītos no medicīniskās maskas valkāšanas (kas bija nepieciešama sabiedriskajā transportā), cilvēki, kuriem bija privātais autotransports, sāka to izmantot biežāk, tādējādi palielinot satiksmes sastrēgumus un slāpekļa dioksīda koncentrāciju.

#### Post Hoc Tests ▼

##### Standard ▼

##### Post Hoc Comparisons - index ▼

		Mean Difference	SE	t	$P_{\text{key}}$
1	2	11.103	1.394	7.965	< .001
	3	6.446	1.115	5.782	< .001
	4	-1.655	1.394	-1.187	0.843
	5	8.351	0.912	9.157	< .001
	6	-1.961	1.550	-1.265	0.804
2	3	-4.658	1.654	-2.817	0.055
	4	-12.758	1.853	-6.884	< .001
	5	-2.752	1.524	-1.806	0.462
	6	-13.064	1.973	-6.621	< .001
3	4	-8.100	1.653	-4.899	< .001
	5	1.905	1.274	1.496	0.667
	6	-8.406	1.787	-4.705	< .001
4	5	10.006	1.524	6.565	< .001
	6	-0.306	1.973	-0.155	1.000
5	6	-10.312	1.668	-6.183	< .001

Note: P-value adjusted for comparing a family of 6

3.7. attēls. Post-Hoc tests Ķengarags NO<sub>2</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Kronvalda bulvāra stacijas dati par vidējo NO<sub>2</sub> koncentrāciju atšķiras (3.8. attēls), jo šī stacija darbojas īsāku laiku nekā iepriekšējā stacija. Darba periods aptvēra tikai analizēto datu 5 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) un 6 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodu. Vidējā koncentrācija 5 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodā bija 14,69  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , bet 6 (no

21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodā - 15,39  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ . Fišera tests  $F(1) = 130$ ,  $p = 0,719$ ,  $n^2 = 0,001$ , kas liecina par slāpekļa dioksīda koncentrācijas pieaugumu ierobežojumu periodā trešajā ārkārtas situācijā, ko var pamatot ar mazāku sabiedriskā transporta izmantošanu.

#### ANOVA

ANOVA - dats						
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	24447.803	1	24447.803	0.130	0.719	0.001
Residuals	2.273e+7	121	187859.630			

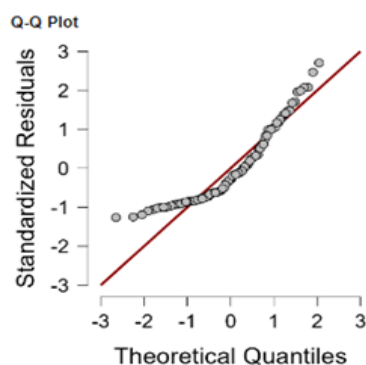
Note. Type III Sum of Squares

#### Descriptives

Descriptives - dats			
index	Mean	SD	N
5	14.690	8.956	89
6	15.391	11.266	34

#### Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)			
F	df1	df2	p
3.399	1.000	121.000	0.068



3.8. attēls. ANOVA Kronvalda bulvāris  $\text{NO}_2$  (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Netika konstatētas būtiskas atšķirības ar 5 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) un 6. periodu, jo  $p < 0.719$ , tā kā gaidītā koncentrācijas samazinājuma vietā bija vērojams koncentrācijas pieaugums (3.9. attēls).

#### Post Hoc Tests

##### Standard

Post Hoc Comparisons - index					
		Mean Difference	SE	t	Pskey
5	6	-0.701	1.944	-0.361	0.719

3.9. attēls. Post Hoc Tests Kronvalda bulvāris NO<sub>2</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVGMC datus, izdruka no programmas JASP)

Rīga-Parks stacijas slāpekļa dioksīda mērījumu dati (3.10. attēls) par periodiem liecina, ka vidējā koncentrācija 1 periodā (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) ir: 23,88 µg/m<sup>3</sup>, 2. periodā (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) - 11,40 µg/m<sup>3</sup>, 3. periodā (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) - 18,86 µg/m<sup>3</sup>, 4. periodā (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) - 19,96 µg/m<sup>3</sup>, 5. periodā (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) - 15,248 µg/m<sup>3</sup> un 6. periodā (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) - 22,07 µg/m<sup>3</sup>. Koncentrācijas samazinājums vērojams starp 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 2. periodu (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.), kur skaidri redzama vidējās koncentrācijas atšķirība, jo tā samazinās ierobežojumu laikā, bet pēc tam, jau starp 3. (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) un 4. periodu (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.), ir vērojams pieaugums ierobežojumu laikā, jo privātais transports ir kļuvis populārāks salīdzinājumā ar sabiedrisko transportu. Tāds pats koncentrācijas pieaugums ir vērojams arī trešajā ārkārtas situācijā 6 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) salīdzinājumā ar 5. periodu (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.).

Fišera tests uzrāda būtisku likumsakarību, jo  $F(5) = 40.772$ ,  $p < 0.001$ ,  $n^2 = 0.124$ , tādējādi apstiprinot izmaiņas starp periodiem.

## ANOVA ▼

ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	4.848e +7	5	9.696e +6	40.772	< .001	0.124
Residuals	3.427e +8	1441	237805.140			

Note. Type III Sum of Squares

## Descriptives ▼

Descriptives - dats ▼

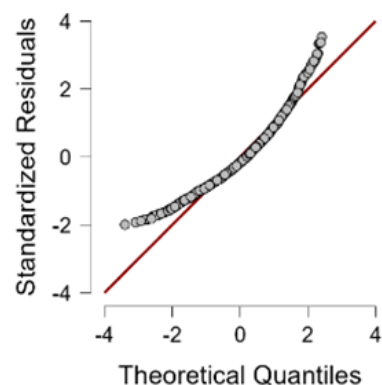
index	Mean	SD	N
1	23.877	12.038	794
2	11.403	8.811	90
3	18.857	7.577	152
4	19.961	9.086	88
5	15.248	9.653	253
6	22.067	11.135	70

## Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

F	df1	df2	p
10.696	5.000	1441.000	< .001

Q-Q Plot



3.10. attēls. ANOVA Rīga-Parks NO<sub>2</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Analizēto datu atšķirības tika konstatētas starp 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 2. (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) pierādot ievērojamu atšķirību starp periodu pirms pandēmijas un pirmo ārkārtas situāciju, 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 3. (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.), liecina, ka, neskatoties uz ierobežojumu atcelšanu, daži noteikumi joprojām pastāv un sabiedrība vēl nav adaptējusies jaunajai kārtībai; 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 5. (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) indeksu, parādot atšķirību starp periodu pirms pandēmijas un periodu, kad ierobežojumi tika atcelti, kad pandēmija bija tās otrajā gadā, kas liecina, ka koncentrācija bija zemāka pat bez stingriem pasākumiem. Vēlākas atšķirības tika konstatētas starp 2. (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un

3. (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) kā līdz ar ārkārtas stāvokļa atcelšanu ir palielinājusies sabiedrības aktivitāte, 2. (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un 4. (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) atšķirības demonstrēšana, t.i., koncentrācijas pieaugums ārkārtas stāvokļa laikā, kas liecina, ka sabiedrība ir sākusi adaptēties, 2. (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un 6. (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) sabiedrība adaptējās pandēmijai, un, neraugoties uz ierobežojumiem, tās koncentrācija bija ievērojami augstāka. Atšķirības tika konstatētas arī starp 5. (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) un 6. (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.), jo  $p < 0.001$ , kas apstiprina atšķirību un atkal liecina par slāpekļa dioksīda koncentrācijas pieaugumu (3.11. attēls).

**Post Hoc Tests ▼**

**Standard ▼**

Post Hoc Comparisons - index ▼

		Mean Difference	SE	t	Ptukey
1	2	12.473	1.207	10.335	< .001
	3	5.019	0.961	5.224	< .001
	4	3.914	1.219	3.211	0.017
	5	8.628	0.783	11.016	< .001
	6	1.809	1.353	1.337	0.764
2	3	-7.454	1.443	-5.165	< .001
	4	-8.559	1.627	-5.262	< .001
	5	-3.845	1.332	-2.888	0.045
	6	-10.664	1.729	-6.168	< .001
3	4	-1.105	1.453	-0.760	0.974
	5	3.609	1.113	3.242	0.015
	6	-3.210	1.567	-2.048	0.315
4	5	4.714	1.343	3.511	0.006
	6	-2.105	1.737	-1.212	0.831
5	6	-6.819	1.465	-4.655	< .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 6

3.11. attēls. Post Hoc Tests Rīga-Parks NO<sub>2</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVGMC datus, izdruka no programmas JASP)

PM<sub>2,5</sub> mērījumu dati Kronvalda bulvāra stacijā (3.12. attēls) par periodiem liecina, ka 1 periodā (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) vidējā koncentrācija ir 13,71 µg/m<sup>3</sup>, 2. periodā (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) - 10,36 µg/m<sup>3</sup>, 3. periodā (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) - 10,93 µg/m<sup>3</sup>, 4. periodā (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) - 15,43 µg/m<sup>3</sup>, 5. periodā (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) - 13,62 µg/m<sup>3</sup> un 6. periodā (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) - 12,24 µg/m<sup>3</sup>. Fišera tests liecina par būtisku regularitāti  $F(5) = 5,270$ ,  $p < 0,001$ ,  $n^2 = 0,019$ . Arī šajā gadījumā piesārņotāju koncentrācija pandēmijas pirmajos periodos (pirmā ārkārtas situācija, ierobežojumu atcelšana un otrā ārkārtas situācija) samazinās, bet pēc tam koncentrācija sāk palielināties. Šajā gadījumā, aplūkojot PM<sub>2,5</sub> daļiņas, ir vērts ņemt vērā, ka 2020. gada rudenī Austrumeiropā, jo īpaši Ukrainas dienvidos un Krievijas austrumos, notika mežu ugunsgrēki, kuru dūmi sasniedza Baltijas valstis.

## ANOVA ▾

ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	4.290e+6	5	858065.117	5.270	< .001	0.019
Residuals	2.208e+8	1356	162824.063			

Note. Type III Sum of Squares

## Descriptives

Descriptives - dats

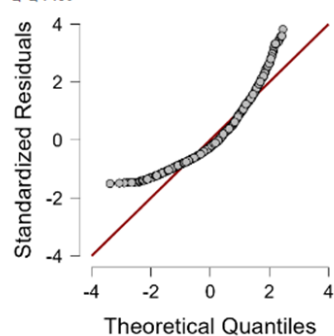
index	Mean	SD	N
1	13.713	9.416	745
2	10.357	8.412	79
3	10.926	6.395	145
4	15.430	9.499	88
5	13.618	8.783	236
6	12.243	9.376	69

## Assumption Checks ▾

Test for Equality of Variances (Levene's)

F	df1	df2	p
5.256	5.000	1356.000	< .001

Q-Q Plot



3.12. attēls. ANOVA Kronvalda bulvāris PM<sub>2.5</sub> (1-6 indeksi) , (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Post-hoc tests parādīja vāju atšķirību starp periodiem (3.13. attēls). Starp 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 3. (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) periodu tika konstatēta atšķirība ( $p = 0,008$ ). Arī 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 2. periodā (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) atšķirība nebija liela ( $p = 0,020$ ). Koncentrācija nemainījās tik daudz visā periodā.

## Post Hoc Tests ▼

### Standard ▼

#### Post Hoc Comparisons - index ▼

		Mean Difference	SE	t	Ptukey
1	2	3.355	1.062	3.158	0.020
	3	2.787	0.815	3.420	0.008
	4	-1.718	1.012	-1.698	0.534
	5	0.095	0.671	0.141	1.000
	6	1.469	1.130	1.300	0.785
2	3	-0.569	1.255	-0.453	0.998
	4	-5.073	1.391	-3.646	0.004
	5	-3.261	1.167	-2.794	0.059
	6	-1.887	1.479	-1.275	0.799
3	4	-4.505	1.213	-3.713	0.003
	5	-2.692	0.947	-2.842	0.052
	6	-1.318	1.313	-1.004	0.917
4	5	1.812	1.121	1.616	0.588
	6	3.187	1.443	2.208	0.235
5	6	1.374	1.228	1.119	0.874

Note. P-value adjusted for comparing a family of 6

3.13. attēls. Post Hoc Tests Kronvalda bulvāris PM<sub>2,5</sub> (1-6 indeksi). (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

PM<sub>10</sub> mērījumu dati Brīvības ielas stacijā (3.14. attēls) par periodiem liecina, ka vidējā koncentrācija 1. periodā (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) ir 35,68 µg/m<sup>3</sup>, 2. periodā (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) - 41,13 µg/m<sup>3</sup>, 3. periodā (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) - 41,64 µg/m<sup>3</sup>, 4. periodā (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) - 28,25 µg/m<sup>3</sup>, 5. periodā (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) - 39,80 µg/m<sup>3</sup> un 6. (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodā - 24,27 µg/m<sup>3</sup>. Fišera tests liecina par būtisku regularitāti  $F(5) = 21,991$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,077$ . Pirmās ārkārtas situācijas laikā bija vērojams daļiņu PM<sub>10</sub> koncentrācijas pieaugums, kas turpmākajā periodā, kad ierobežojumi tika atcelti, saglabājās aptuveni tādā pašā līmenī, jo tie nebija īpaši stingri, pirmās būtiskās izmaiņas notika otrās ārkārtas situācijas laikā, kad tika noteikti ļoti stingri ierobežojumi un komandant stunda, kas samazināja transporta apjomu, jo bija aizliegts atrasties ārpus telpām pēc valdības noteiktā laika bez īpašas darba devēja izziņas. Pēc tam, kad ierobežojumi tika atcelti, koncentrācija nedaudz palielinājās un samazinājās līdz ar pēdējā ārkārtas stāvokļa ieviešanu.

## ANOVA ▾

ANOVA - V?rt?ba

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	4.926e+7	5	9.853e+6	21.991	< .001	0.077
Residuals	5.874e+8	1311	448033.674			

Note. Type III Sum of Squares

## Descriptives ▾

Descriptives - V?rt?ba

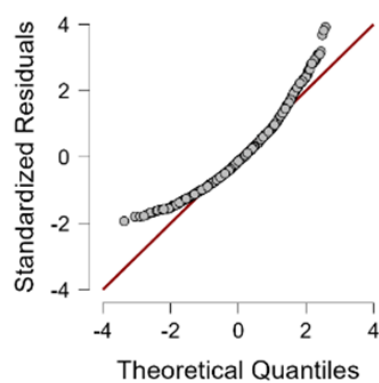
index	Mean	SD	N
1	35.680	14.625	712
2	41.131	14.192	72
3	41.640	15.292	141
4	28.249	10.685	85
5	39.798	17.703	238
6	24.271	10.757	69

## Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

F	df1	df2	p
6.325	5.000	1311.000	< .001

Q-Q Plot



3.14. attēls. ANOVA Brīvības iela PM<sub>10</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Post Hoc tests (3.15 attēls) nosaka atšķirību starp 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 3.(no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) periodu pierādot atšķirību starp periodu pirms pandēmijas un periodu, kad ierobežojumi tika atcelti un 1.(no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 4.(no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) periodu arī. Starp 1.(no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 5.(no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) periodu tika novērota neliela atšķirība, jo  $p = 0,003$ , sabiedrība ir adaptējusies ierobežojumu periodiem un ir sākusi izmantot privātās automašīnas, lai izvairītos no liela cilvēku skaita sabiedriskajā transportā. Turklāt tika konstatēta atšķirība starp 2. (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un 4. (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) periodu, jo otrās ārkārtas situācijas laikā ierobežojumi bija daudz stiprāki un stingrāki nekā pirmās ārkārtas situācijas

laikā, 2.(no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un 6.(no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodu, kas bija  $p < 0,001$ , kas pierāda iepriekš minēto rezultātu. Nākamajā 3. periodā bija atšķirība ar 4.(no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.), ar ierobežojumu ieviešanu pēc pārtraukuma un 6.(no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodu kā stājās spēkā jaunākais ārkārtas stāvoklis ar mazāk stingriem ierobežojumiem, kas bija  $p < 0,001$ . 4.(no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) periodā bija būtiska atšķirība ar 5.(no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) periodu, kas bija  $p < 0,001$  tā kā ir atcelti nopietni ierobežojumi, kas ļauj cilvēkiem brīvāk pārvietoties pa pilsētu. 5.(no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) un 6.(no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periodā, liecina arī par atšķirībām, kas saistītas ar ierobežojumu ieviešanu un autotransporta kustības samazināšanu Rīgas centrā.

#### Post Hoc Tests ▼

##### Standard ▼

Post Hoc Comparisons - index ▼

		Mean Difference	SE	t	Ptukey
1	2	-5.450	1.842	-2.959	0.037
	3	-5.960	1.373	-4.341	< .001
	4	7.431	1.709	4.348	< .001
5	6	-4.118	1.115	-3.693	0.003
	6	11.409	1.877	6.077	< .001
	6	-0.510	2.157	-0.236	1.000
2	4	12.881	2.385	5.400	< .001
	5	1.332	2.003	0.665	0.986
	6	16.860	2.509	6.721	< .001
3	4	13.391	2.045	6.548	< .001
	5	1.842	1.583	1.164	0.854
	6	17.369	2.188	7.940	< .001
4	5	-11.549	1.882	-6.138	< .001
	6	3.978	2.413	1.649	0.566
	5	15.527	2.036	7.627	< .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 6

3.15. attēls. Post Hoc Tests Brīvības iela PM<sub>10</sub> (1-6 indeksi),(izstrādājis autors, izmantojot LVGMC datus, izdruka no programmas JASP)

PM<sub>10</sub> mērījumu dati Kronvalda bulvāra stacijā (3.16. attēls) par periodiem liecina, ka 1. periodā (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) vidējā koncentrācija ir 21,37  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 21,033  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 2. periodā (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.), kas uzrāda nelielas koncentrācijas izmaiņas, ieviešot pirmo ārkārtas situāciju. Salīdzinot koncentrācijas pirms pandēmijas, starpība bija 0,34  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ , ko var uzskatīt par izmaiņu, bet, kā minēts, tā ir pārāk maza. Koncentrācijas palielinājās pēc avārijas situācijas, par ko liecina vidējā koncentrācija PM<sub>10</sub> 21,88  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - 3. periodā (no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) un pēc otrās ārkārtas situācijas ieviešanas, kas atšķīrās no pārējām ar visstingrākajiem ierobežojumiem, ir vērojams koncentrācijas samazinājums, kas nav tik liels, atkārtojot pirmās ārkārtas situācijas ietekmi 21,48  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  4. periodā (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) starpība bija 0,398  $\mu\text{g}/\text{cm}^3$ . Vidējā koncentrācija pēc

ierobežojumu atcelšanas bija  $25,57 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 5$  (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.), periodā. Turpmāk, sākoties trešajai ārkārtas situācijai, vērojams straujš vidējās koncentrācijas samazinājums, taču jāņem vērā, ka dati tika ņemti līdz 2021. gada 31. decembrim, iespējams, 2022. gadā vidējā  $\text{PM}_{10}$  daļiņu koncentrācija izlīdzinājās, bet, strādājot ar izvēlētajiem periodiem, vērojamas būtiskas izmaiņas  $13,25 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 6$ . periodā (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.). Fišera testu nulles hipotēze tika noraidīta, jo  $F(5) = 11,696$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,041$ , kas liecina par nozīmīgu statistisko saistību starp analizētajiem mainīgajiem, apstiprinās novērotās izmaiņas, kas bija diezgan vājas, atšķirībā no lielākām vidējās  $\text{PM}_{2,5}$  koncentrācijas atšķirībām, jo mazākas daļiņas var veikt lielākus attālumus, jo to masa ir mazāka, atšķirībā no  $\text{PM}_{10}$  daļiņām.

#### ANOVA

ANOVA - data

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	1.753e+7	5	3.507e+6	11.696	< .001	0.041
Residuals	4.093e+8	1365	299827.088			

Note. Type III Sum of Squares

#### Descriptives

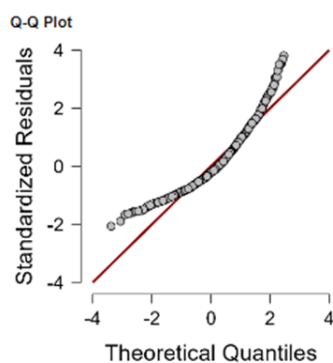
Descriptives - data

index	Mean	SD	N
1	21.375	11.959	755
2	21.033	13.123	79
3	21.877	10.804	145
4	21.479	10.580	80
5	25.567	14.631	243
6	13.255	7.637	69

#### Assumption Checks

Test for Equality of Variances (Levene's)

F	df1	df2	p
6.935	5.000	1365.000	< .001



3.16. attēls. ANOVA Kronvalda bulvāris  $\text{PM}_{10}$  (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Datu analīze (3.17. attēls) konstatēja atšķirības starp periodiem: 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 5. (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) no šiem rezultātiem var secināt, ka pastāv atšķirība starp periodu bez pandēmijas, pat salīdzinot periodu bez ierobežojumiem. Rezultāts ir vērojams arī starp periodiem, kas apzīmēti ar indeksiem 1. (no 01.01.2018. līdz 12.03.2020.) un 6. (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.). Post Hoc testā starp indeksiem 3.(no 10.06.2020. līdz 09.11.2020.) un 6. (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.), apstiprinās vidējās koncentrācijas izmaiņas, tās samazināšanos, salīdzinot ārkārtas situācijas periodu un ierobežojumu atcelšanu. Atšķirību starp periodiem apstiprināja arī 4. (no 10.11.2020. līdz 07.02.2021.) un 6.(no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.). Atšķirību apstiprināja dispersijas analīze, jo PM<sub>10</sub> koncentrācija trešajā ārkārtas situācijā bija daudz zemāka nekā otrajā ārkārtas situācijā, neraugoties uz visstingrākajiem pasākumiem, lai novērstu vīrusa izplatīšanos. Un 5.(no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) ar 6.(no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) periods, jo  $p < 0.001$ , jo attiecīgie periodi bija periodi, kad ierobežojumi tika atcelti vai atviegloti, kam sekoja ierobežojumu ieviešana sakarā ar inficēto cilvēku skaita palielināšanos, kustības samazināšanos pa pilsētu, vēlamo izolāciju un PM<sub>10</sub> daļiņu vidējās koncentrācijas samazināšanos gaisā. Atšķirību starp periodu ar indeksu 2 (no 12.03.2020. līdz 09.06.2020.) un periodu ar indeksu 6 (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) var uzskatīt par vāju, jo  $p < 0.002$ .

**Post Hoc Tests ▼**

**Standard ▼**

Post Hoc Comparisons - index ▼

		Mean Difference	SE	t	Ptukey
1	2	0.341	1.441	0.237	1.000
	3	-0.502	1.105	-0.455	0.998
	4	-0.105	1.432	-0.073	1.000
	5	-4.193	0.898	-4.667	< .001
	6	8.119	1.532	5.300	< .001
2	3	-0.844	1.704	-0.495	0.996
	4	-0.446	1.932	-0.231	1.000
	5	-4.535	1.578	-2.874	0.047
	6	7.778	2.007	3.875	0.002
3	4	0.398	1.697	0.234	1.000
	5	-3.691	1.278	-2.887	0.045
	6	8.621	1.781	4.839	< .001
4	5	-4.089	1.570	-2.604	0.097
	6	8.224	2.001	4.109	< .001
5	6	12.312	1.662	7.410	< .001

Note. P-value adjusted for comparing a family of 6

3.17. attēls. Post Hoc Test Kronvalda bulvāris PM<sub>10</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

No stacijas uz Kr. Valdemara iela PM<sub>10</sub> daļiņu dati (3.18. attēls) tika sadalīti divos periodos, jo stacija reģistrēja datus tikai 2021. gada beigās, analīzes vajadzībām dati tika sadalīti tikai divos periodos - 5. (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) un 6. periodā (no 21.10.2021. līdz

31.12.2021.). Vidējā cieto daļiņu koncentrācija 5. periodā (no 07.02.2021. līdz 21.10.2021.) bija  $37,08 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  ierobežojumu atcelšanas laikā, ļaujot darba ņēmējiem atgriezties birojos vai studentiem turpināt mācības jau skolās, koledžās vai universitātēs, jo palielinājās transporta kustība, jo pandēmijas laikā daudzi cilvēki sāka izvēlēties privāto transportu, lai izvairītos no inficēšanās sabiedriskajā transportā. 6. periodā (no 21.10.2021. līdz 31.12.2021.) rādījums samazinājās līdz  $15,12 \mu\text{g}/\text{cm}^3$ . Šā iemesla dēļ  $\text{PM}_{10}$  daļiņu koncentrācija bija augsta pirms ārkārtas stāvokļa, kas samazināja transporta kustību, jo daudzi strādnieki un studenti pārtrauca braukt un turpināja strādāt no mājām, tādējādi samazinot vidējo  $\text{PM}_{10}$  daļiņu koncentrāciju. Fišera tests neuzrāda būtisku likumsakarību  $F(1) = 3,027$ ,  $p < 0,084$ ,  $n^2 = 0,021$ . Šādu rezultātu var pamatot tikai ar divu periodu datiem, t. i., to ir pārāk maz, lai izdarītu precīzus secinājumus un apstiprinātu likumsakarību.

## ANOVA ▼

ANOVA - dats

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
index	3.412e+7	1	3.412e+7	3.027	0.084	0.021
Residuals	1.555e+9	138	1.127e+7			

Note. Type III Sum of Squares

## Descriptives

Descriptives - dats

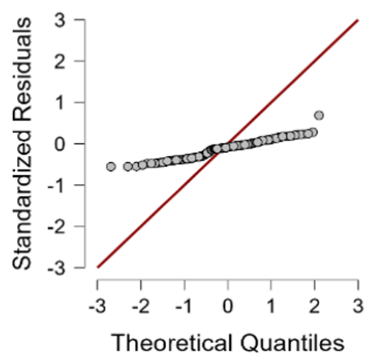
index	Mean	SD	N
5	37.085	104.581	71
6	15.122	7.729	69

## Assumption Checks ▼

Test for Equality of Variances (Levene's) ▼

F	df1	df2	p
7.569	1.000	138.000	0.007

Q-Q Plot



3.18. attēls. ANOVA Kr. Valdemara iela PM<sub>10</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

Izmantojot arī Post Hoc testu (3.19. attēls) netika konstatētas būtiskas atšķirības ar 5. un 6. periodu, jo  $p < 0.084$ .

## Post Hoc Tests ▼

Standard ▼

Post Hoc Comparisons - index

		Mean Difference	SE	t	Ptukey
5	6	21.964	12.625	1.740	0.084

3.19. attēls. Post Hos Tests Valdemara iela PM<sub>10</sub> (1-6 indeksi), (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

### 3.2. Diskusija

Pēc datu analīzes var secināt, ka dažās stacijās ir ievērojamas atšķirības starp periodiem gan plašā diapazonā (1-2), gan mazākā diapazonā (1-6).

Analīzes laikā hipotēze par piesārņojuma koncentrācijas samazināšanos daļēji apstiprinājās: NO<sub>2</sub> koncentrācija pandēmijas laikā samazinājās vidēji par 13%. Dabas faktora - meža ugunsgrēku - laikā cieto daļiņu koncentrācija nedaudz palielinājās. Tas tika novērots, analizējot Brīvības ielas staciju datus, bet Fišera tests neuzrādīja nekādu likumsakarību, lai gan, vizuāli salīdzinot koncentrācijas 1. un 2. periodā, bija vērojams neliels pieaugums par 4%. Fišera tests arī neuzrādīja būtisku atšķirību starp periodiem, kuros koncentrācija palielinājās, salīdzinājumā ar testiem, kuros koncentrācija samazinājās, taču to varētu pamatot ar to, ka tika meklēts koncentrācijas samazinājums, nevis palielinājums, kas arī izrādījās rezultāts.

Diezgan interesants rezultāts vērojams, analizējot Kronvalda bulvāra stacijas datus, kas uzrāda vidējo PM<sub>2,5</sub> koncentrāciju. Starp 1. un 3. periodu bija ļoti neliela atšķirība (1.-6. rādītāju analīze). Visredzamākā atšķirība ir starp ierobežojumu atcelšanas periodu no 09.06.2020. un periodu pirms pandēmijas līdz 12.03.2020. Starpība starp abiem būs 23%, kad starpība starp pirmo ārkārtas situāciju no 12.03.2020. līdz 09.06.2020. (2. indekss) un neierobežots periods no 09.06.2020. līdz 09.11.2020. (3. indekss) arī bija samazinājums. Tomēr ir vērts atzīmēt, ka atšķirība vislabāk redzama starp periodiem, kad pandēmijas nebija un kad ierobežojumi tika daļēji noņemti. Nākamajā periodā pēc otrās ārkārtas situācijas ieviešanas stacijā tiek novērots PM<sub>2,5</sub> koncentrācijas pieaugums. Šo ietekmi var skaidrot ar ugunsgrēkiem Austrumeiropā 2020. gada oktobrī, kas izraisīja cieto daļiņu pieaugumu. Šis efekts īpaši vērojams Kronvalda bulvāra stacijā, paralēli novērojot NO<sub>2</sub> koncentrācijas pieaugumu (Ķengaraga, Rīgas-Parks gaisa kvalitātes monitoringa stacijas). Šādu slāpekļa dioksīda pieaugumu var pamatot ar pirotehnikas izmantošanu Jaungada svētku laikā, taču šis faktors nav uzskatāms par ļoti būtisku. Tomēr, neskatoties uz cieto daļiņu PM<sub>2,5</sub> koncentrācijas pieaugumu, PM<sub>10</sub> koncentrācija būtiski nemainījās. To var izskaidrot ar to, ka šīs daļiņas ir lielākas un grūtāk pārvietojas lielos attālumos ar vēja virzienu, jo tās ir smagākas un, ja var lietot terminu "nosēsties", nerasniedz tālāku teritoriju, kad daļiņas ar mazāku masu ir mobilākas.

NO<sub>2</sub> koncentrācijas izmaiņas Rīgas gaisā bija visuzskatāmākās, kas bija skaidri redzams arī datu analīzes rezultātos - īpaši dispersijas analīzē. Kā minēts iepriekš, cieto daļiņu koncentrāciju ietekmē daudz vairāk faktoru, kas var būt saistīti ne tikai ar transportlīdzekļu izmantošanu, bet arī ar dabas faktoriem, kurus var veidot antropogēna ietekme vai bez cilvēka

līdzdalības. Pētāmajā laika posmā netika konstatēts īpaši izteikts koncentrācijas izmaiņu modelis. Tā, protams, pastāv, bet tā nav tik spēcīga kā slāpekļa dioksīda gadījumā.

Turpmākajos pētījumos jāņem vērā arī tādi meteoroloģiskie rādītāji kā vēja ātrums un virziens, gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums. Tas ļauj detalizētāk un precīzāk novērtēt visus iespējamus faktoros un cēloņus emisiju koncentrācijas izmaiņām Rīgas gaisā.

## Secinājumi

Pētījums tika uzsākts ar mērķi apzināt un izpētīt COVID-19 pandēmijas izraisīto ceļošanas ierobežojumu un dzīvesveida izmaiņu ietekmi uz gaisa piesārņojuma koncentrāciju Latvijas Republikas galvaspilsētā Rīgā, un tā rezultātā tika izdarīti secinājumi: pandēmijas laikā un ierobežojumu laikā slāpekļa dioksīda koncentrācija ievērojami samazinājās, bet PM koncentrācija palielinājās; lielākais koncentrācijas samazinājums tika novērots Rīgas parka un Ķengaraga monitoringa stacijās, kas parāda, kā mainās NO<sub>2</sub> koncentrācija atkarībā no ārkārtas stāvokļa ieviešanas vai pārtraukšanas.

Abās datu analīzēs tika novērots NO<sub>2</sub> koncentrācijas samazinājums vai izmaiņas atkarībā no laika perioda, un vairumā gadījumu tika novērota likumsakarība ar ārkārtas stāvokļa ieviešanu. Tas ir īpaši redzams binārajā indeksā 1-6 starp 1. un 2. indeksu. Salīdzinot secīgus periodus 1.-6. indeksā, redzams, ka koncentrācijas svārstās, bet lielākoties tikko pārsniedz rādījumus pirms pandēmijas.

Koncentrācija samazinās vasaras sezonā, bet ziemas sezonā palielinās. To var pamatot ar biežāku sabiedriskā un privātā transporta izmantošanu, kā arī ar apkures sezonas ietekmi un krāsns apkures izmantošanu mājās.

Latvijā nav lielu antropogēnā piesārņojuma avotu nelielā iedzīvotāju skaita dēļ, tāpēc koronavīrusa pandēmijas ietekme nav tik ļoti ietekmējusi piesārņojuma koncentrāciju kā valstīs ar attīstītāku antropogēno struktūru.

No tā var secināt, ka koncentrācijas izmaiņas nebija būtiskas.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

### Publicētā literatūra:

- Air pollution and health* (2020). UNECE. Pieejams: <https://unece.org/air-pollution-and-health>  
Atsauce tekstā: (UNECE 2020)
- Air pollution in Europe returning to pre-pandemic levels in March 2021* (2021). .Copernicus. 021 (2021). .Copernicus. Pieejams: <https://www.copernicus.eu/en/media/image-day-gallery/air-pollution-europe-returning-pre-pandemic-levels-march-2021> Atsauce tekstā: (Copernicus 2021)
- Alava, J.J., Singh G. G., (2022). *Changing air pollution and CO<sub>2</sub> emissions during the COVID-19 pandemic: Lesson learned and future equity concerns of post-COVID recovery*. Atsauce tekstā: (Alava et al. 2022)
- Amman, M., Kiesewetter, G., (2020). *Reducing global air pollution: the scope for further policy interventions*. The Royal society. Mathematical, physical and engineering science 378-2183. Atsauce tekstā: (Amman et al. 2020)
- Anenberg C. S., Moheg A., Goldberg L. D., Kerr H. G., et al. (2022). Long-term trends in urban NO<sub>2</sub> concentrations and associated pediatric asthma incidence: estimates from global datasets. *Lancet Planet Health* 2022; 6: e49–58 Atsauce tekstā: (Anenberg et al. 2022)
- Annesi-Maesano I., (2017). The air of Europe: where are we going? *European Respiratory Review* 2017 26: 170024 Atsauce tekstā ( Annesi Maesano 2017)
- Archer, C.L., Cervone G., (2020). Changes in air quality and human mobility in the USA during the COVID-19 pandemic. *Bulletin of Atmospheric Science and Technology* volume 1, pp. 491–514 (2020) Atsauce tekstā: (Arceher et al. 2020)
- Brunekreef B., (2021). Air Pollution and COVID-19. *European Parliament* 658.216-2021. Atsauce tekstā: ( Brunekreef et al. 2021)
- Centre for cities* Quinio V., Enenkel K., 2020 Centre for Research on Energy and Clean How have the Covid pandemic and lockdown affected air quality in cities? Sk. 30.04.2020. Pieejams: Atsauce tekstā: (Centre for cities 2020)
- Climate Impacts on Human Health* (2017). United States Enviromental Protection Agency. Pieejams: <https://19january2017snapshot.epa.gov/climate-impacts/climate-impacts-human-health.html> Atsauce tekstā: ( United States Enviromental Protection Agency 2017)

- Concawe Review., (2021). *How Covid-19 lockdown affected air pollution in Europe — a multi-city analysis*. Concawe Review vol.30. Atsauce tekstā: (Concawe Review 2021)
- COVID-19 and Europe's environment: impacts of a global pandemic* (2021). European Environmental Agentur. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/covid-19-and-europe-s> Atsauce tekstā: (European Environmental Agentur 2021)
- Data on the daily number of new reported COVID-19 cases and deaths by EU/EEA country* (2022). European Center for Disease Prevention and Control. Pieejams: <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/data-daily-new-cases-covid-19-eueea-country> Atsauce tekstā: (ECDC 2022)
- Eiropas gaisa kvalitātes ievērojams uzlabojums pēdējā desmitgadē, mazāk nāves gadījumu saistībā ar piesārņojumu* (2020). Eiropas Komisija. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/lv/highlights/eiropas-gaisa-kvalitates-ieverojams-uzlabojums>. Atsauce tekstā: (Eiropas Komisija 2020)
- Gaisa kvalitāte* (2020). Rīgas domes mājokļu un vides departaments. Pieejams: <https://mvd.riga.lv/nozares/vides-parvalde/gaisa-kvalitate/> Atsauce tekstā: (Rīgas domes mājokļu un vides departaments 2020)
- Gaisa piesārņojuma mērījumi rezultāti Rīgā 2021. gadā* (2022). Rīgas dome. Pieejams: [https://mvd.riga.lv/uploads/videgaiss/dok/Riga\\_gaisa\\_kvalitate\\_2021\\_v1.pdf](https://mvd.riga.lv/uploads/videgaiss/dok/Riga_gaisa_kvalitate_2021_v1.pdf) Atsauce tekstā (Rīgas dome 2022)
- GAISA PIESĀRŅOJUMA MĒRĪJUMU REZULTĀTI RĪGĀ 2019. GADĀ 2020.* (2019). Rīgas domes mājokļu un vides departaments. Pieejams: [https://mvd.riga.lv/uploads/videgaiss/dok/Riga\\_gaisa\\_kvalitate\\_2019%20gala.pdf](https://mvd.riga.lv/uploads/videgaiss/dok/Riga_gaisa_kvalitate_2019%20gala.pdf) Atsauce tekstā: (Rīgas domes mājokļu un vides departaments 2019)
- Gaisa piesārņojums* (2020). European Environmental Agency. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/lv/themes/air/intro> Atsauce tekstā: (European Environmental Agentur 2020)
- Ganzleben C., Kazmierczak A., (2020). Leaving no one behind - understanding environmental inequality in Europe. *Environmental Health* 19-57. Atsauce tekstā: (Ganzleben et al. 2020)
- Gardner B., (2020). Pollution made COVID-19 worse. Now, lockdowns are clearing the air. *National Geographic*. Pieejams: <https://www.nationalgeographic.com/science/article/pollution-made-the-pandemic-worse-but-lockdowns-clean-the-sky> Atsauce tekstā: (Gardner 2020)
- Global Health Impacts of Air Pollution.* (2020). Global Air. Pieejams: <https://www.stateofglobalair.org/health/global> Atsauce tekstā: (Global Air 2020)

- Guerreiro B. B. C., Foltescu V., Leeuw de F., (2014). Air quality status and trends in Europe. *Atmospheric Environment* 98 , pp. 376-384. Atsauce tekstā ( Guerreiro et al. 2014)
- Hu L., Deng W. -J., (2021). Environmental perspective of COVID-19: Atmospheric and wastewater environment in relation to pandemic. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 219, 112297 Atsauce tekstā: (Hu et al. 2021)
- Jerry, A. Nathanson S.a. The Global Reach Of Air Pollution. *Britannica encyclopedia*. Atsauce tekstā: ( Jerry S. a.)
- Juginovic A., Vukovic M., Aranza I., Biloš V., (2021). Health impact of air pollution exposure from 1990 to 2019 in 43 European countries. *Scientific Reports* 11 , 22516 (2021) Atsauce tekstā: ( Juginovic et al. 2021)
- Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs* dati 2018. -2021. g.. Pieejams: <https://videscentrs.lv/gmc.lv/> Atsauce tekstā: ( LVĢMC dati 2022)
- Manisalidis I., Stavroupolou E., Stavropoulos A., (2020). Environmental and Health Impacts of Air Pollution: A Review. *Front. Public Health* 2020. Atsauce tekstā: (Manisalidis et al.2020)
- Marazziti, D., Cianconi, P., (2021). Climate change, environment pollution, COVID-19 pandemic and mental health. *Science of The Total Environment* 773, (2021), 145182. Atsauce tekstā: (Marazziti et al. 2021)
- Martinez A., (2020). *Great Smog of London* Britannica Atsauce tekstā:( Martinez 2020)
- McGrath M., (2020). Coronavirus: Air pollution and CO2 fall rapidly as virus spreads, *BBC*. Pieejams: <https://www.bbc.com/news/science-environment-51944780> Atsauce tekstā: ( McGrath 2020)
- Monks P., (2020). Coronavirus: lockdown's effect on air pollution provides rare glimpse of low-carbon future, *The Conversation*. Atsauce tekstā: ( Monks 2020)
- Mousazadeh, M., (2021). Positive environmental effects of the coronavirus 2020 episode: a review. *Environment, Development and Sustainability* vol. 23, pp.12738–12760 (2021) Atsauce tekstā: (Mousazadeh et al. 2021)
- Muche M., Yemata G., Molla E., (2022). COVID-19 lockdown and natural resources: a global assessment on the challenges, opportunities, and the way forward. *Bulletin of the National Research Centre volume*. Atsauce tekstā: (Muche et al. 2020)
- Nitrogen Oxides S.a. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Pieejams: <https://www.cdc.gov/TSP/substances/ToxSubstance.aspx?toxid=69> Atsauce tekstā: (ATSDR S.a.)

- Nurshadi A., Khandaker A. F., et al. (2021). Exposure to air pollution and COVID-19 severity: A review of current insights, management, and challenges. *Integrated Environmental Assessment and Management* 17-6, pp. 1114-1122. Atsauce tekstā: (Nurshadi et al. 2021)
- PĀRSKATS PAR GAISA KVALITĀTI LATVIJĀ 2018. GADĀ* (2020). Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs dati. Pieejams: [https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Gaiss/Gaisa\\_kvalitate/Parskati/parskats\\_par\\_gaisa\\_kvalitati\\_Latvija\\_2018\\_g.pdf](https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Gaiss/Gaisa_kvalitate/Parskati/parskats_par_gaisa_kvalitati_Latvija_2018_g.pdf) Atsauce tekstā: (LVGMC 2020)
- PĀRSKATS PAR GAISA KVALITĀTI LATVIJĀ 2019. GADĀ* (2020). Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs dati. Pieejams: [https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Gaiss/Gaisa\\_kvalitate/Parskati/parskats\\_par\\_gaisa\\_kvalitati\\_Latvija\\_2019g.pdf](https://www.meteo.lv/fs/CKFinderJava/userfiles/files/Vide/Gaiss/Gaisa_kvalitate/Parskati/parskats_par_gaisa_kvalitati_Latvija_2019g.pdf) Atsauce tekstā: (LVGMC 2020)
- PĀRSKATS PAR GAISA KVALITĀTI LATVIJĀ 2020. GADĀ.* (2021). Latvijas vides, ģeoloģijas un metroloģijas centrs dati. Pieejams: [file:///C:/Users/37128/Downloads/parskats\\_par\\_gaisa\\_kvalitati\\_Latvija%20\\_2020g.pdf](file:///C:/Users/37128/Downloads/parskats_par_gaisa_kvalitati_Latvija%20_2020g.pdf) Atsauce tekstā: (LVGMC 2021)
- Preire, I., (2021). *Kā Eiropas pilsētas pielāgojas klimata pārmaiņām un virzās uz ilgtspējīgu nākotni.* Eiropas Vides aģentūra. *virzās uz ilgtspējīgu nākotni.* Eiropas Vides aģentūra. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/lv/articles/ka-eiropas-pilsetas-pielagojas-klimata> Atsauce tekstā: (Priere 2020)
- Ravindra K., Singht T., (2022). COVID-19 pandemic: What can we learn for better air quality and human health? *Journal of Infection and Public Health* 15-2, pp. 187-198. Atsauce tekstā: (Ravindra et al. 2022)
- Reducing emissions from aviation* (2020). European Commission. Pieejams: [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation_en) Atsauce tekstā: (European Commission 2020)
- Renee. N., James D., (2020). The Climate Crisis and Covid-19. *The New England Journal of Medicine.* *The New England Journal of Medicine* 383:e70. Atsauce tekstā: (Renee et al. 2020)
- Rīgas pilsētas gaisa kvalitātes uzlabošanas rīcības programma 2016.-2020.* (2016). Rīgas domes mājokļu un vides departaments, ELLE, CERC. Pieejams: [https://mvd.riga.lv/uploads/videgaiss/gp1620/02\\_Ricibas\\_Programma%202016-2020\\_Nr.4641.pdf](https://mvd.riga.lv/uploads/videgaiss/gp1620/02_Ricibas_Programma%202016-2020_Nr.4641.pdf) Atsauce tekstā: (Rīgas dome mājokļu un vides departaments 2016)
- Ritchie H. Ritchie., Roser M., S.a. Emissions by sector *Our World im Data* Atsauce tekstā: (Ritchie et al. 2020)

- Sarmadi M., Rahimi S., Rezaei M., (2021). Air quality index variation before and after the onset of COVID-19 pandemic: a comprehensive study on 87 capital, industrial and polluted cities of the world. *Environmental Sciences Europe* 33-134. Atsauce tekstā: (Sarmadi et al. 2021)
- Schneidmesser von E., Driscoll C., Scniferl D. R. and L., (2020). *How will air quality effects on human health, crops and ecosystems change in the future?* The royal society publishing. Philosophical Transactions of the Royal Society A 378-2183 Atsauce tekstā: (Schneidmesser et al. 2020)
- Sicard P., Agathokleous E., De Marco A., (2021). Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Sciences Europe volume* 33-28. Atsauce tekstā: (Sicars et al.2021)
- Sidell M -A., Chen Z., (2022). Ambient air pollution and COVID-19 incidence during four 2020–2021 case surges. *Environmental Research* 208-112758. Atsauce tekstā: (Sidell et al. 2022)
- Sources and emissions of air pollutants in Europe* (2021). European Environmental Agency. Pieejams: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2021/sources-and-emissions-of-air> Atsauce tekstā: (European Environmental Agency 2021)
- Streiff L., (2020). Model Reveals How Much COVID-related Pollution Levels Deviated from the Norm. *NASA* Atsauce tekstā: ( Streiff 2020)
- Thorsteinsson T., Johannson T., Stohl A., Kristiansen N.I., (2012). High levels of particulate matter in Iceland due to direct ash emissions by the Eyjafjallajökull eruption and resuspension of deposited ash. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 117- B9 Atsauce tekstā: (Thorsteinsson et al. 2012)
- Veselības inspekcija (2020). *Piesārņojuma ietekme*. Pieejams: <https://www.vi.gov.lv/lv/piesarnojuma-ietekme> Atsauce tekstkā: (Veselības inspekcija 2020)
- Xian, T., Li, Z., Wei, J., (2021). *Changes in Air Pollution Following the COVID-19 Epidemic in Northern China: The Role of Meteorology*. *Frontiers in Environmental Science* Atsauce tekstā: ( Xian et al. 2021)
- Zhou, M., Huang, Y., Li, G., (2021). Changes in the concentration of air pollutants before and after the COVID-19 blockade period and their correlation with vegetation coverage. *Environmental Science and Pollution Research* vol. 28, pp. 23405–23419. Atsauce tekstā: ( Zhou et al. 2021)
- Zusman e., Unger C., Borgford-Parnell N., Mar K. A., (2021). One Atmosphere: Integrating Air Pollution and Climate Policy and Governance. *Atmosphere* vol. 12, 1570. Atsauce tekstā ( Zusman 2021)

**Normatīvie akti:**

Noteikumi par gaisa kvalitāti. Ministru kabineta noteikumi Nr.1290. Pieņemti 03.11.2009.  
Atsauce tekstā: (Ministru kabineta noteikumi Nr.1290)

Paaugstinātas bīstamības objektu apzināšanas un noteikšanas, kā arī civilās aizsardzības un katastrofas pārvaldīšanas plānošanas un īstenošanas kārtība. Ministru kabineta noteikumi Nr. 563. Pieņemti 19.09.2017. Atsauce tekstā: (Ministru kabineta noteikumi Nr. 563)

**Rīcības plāns:**

Gaisa piesārņojuma samazināšanas rīcības plāns 2020. -2030. gadam Ministru kabineta rīkojums Nr. 197. Pieņemts: 16.04.2020. Atsauce tekstā: (Latvijas Republikas tiesības akti 2020)

# PIELIKUMS

1. pielikums Correlation 1-2 indekss, Rīga (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

## Correlation ▼

Partial Correlation Table ▼

Variable	NO2 Kengarags	NO2 Kronvalda bulvaris	PM2.5 Kronvalda bulvaris	PM10 Brīvības iela	NO2 Parks	PM10 Kronvalda bulvaris	PM10 Kr. Valdemāra iela
1. NO2 Kengarags							
Pearson's r	—						
p-value	—						
Spearman's rho	—						
p-value	—						
Kendall's Tau B	—						
p-value	—						
2. NO2 Kronvalda bulvaris	-0.027						
Pearson's r	—						
p-value	—						
Spearman's rho	-0.044*						
p-value	—						
Kendall's Tau B	-0.038*						
p-value	0.030						
3. PM2.5 Kronvalda bulvaris	0.168***	-0.029					
p-value	<.001	0.269					
Spearman's rho	0.132***	-0.028					
p-value	<.001	0.282					
Kendall's Tau B	0.088***	-0.039					
p-value	<.001	0.086					
4. NO2 Parks	0.670***	0.024	0.307***				
p-value	<.001	0.366	<.001				
Spearman's rho	0.618***	0.005	0.357***				
p-value	<.001	0.847	<.001				
Kendall's Tau B	0.468***	-0.003	0.242***				
p-value	<.001	0.885	<.001				
5. PM10 Brīvības iela	0.060***	-0.101***	0.363***		0.165***		
p-value	<.001	<.001	<.001		<.001		
Spearman's rho	0.037	-0.123***	0.353***		0.131***		
p-value	0.163	<.001	<.001		<.001		
Kendall's Tau B	0.020	-0.084***	0.248***		0.087***		
p-value	0.140	<.001	<.001		<.001		
6. PM10 Kronvalda bulvaris	0.060***	-0.037	0.728***		0.312***		
p-value	<.001	0.161	<.001		<.001	0.457***	
Spearman's rho	0.066*	-0.028	0.770***		0.291***		
p-value	0.034	0.288	<.001		<.001		
Kendall's Tau B	0.039*	-0.028	0.621***		0.196***		
p-value	0.037	0.134	<.001		<.001		
7. PM10 Kr. Valdemāra iela	0.015	0.202***	-0.007		0.033		
p-value	0.576	<.001	0.780		0.208	-0.024	
Spearman's rho	0.039	0.659***	-0.029		0.087***	0.388	
p-value	0.140	<.001	0.287		<.001	-0.097***	
Kendall's Tau B	0.035*	0.834***	-0.030		0.090***	<.001	
p-value	0.042	<.001	0.088		<.001	-0.079***	

\* p < .05. \*\* p < .01. \*\*\* p < .001

Note. Conditioned on variables: year, index.

2. pielikums Correlation 1-6 indeks, Rīga (izstrādājis autors, izmantojot LVĢMC datus, izdruka no programmas JASP)

### Correlation ▼

Partial Correlation Table ▼

Variable	NO2 Kengarags	NO2 Kronvalda bulvaris	PM2.5 Kronvalda bulvaris	NO2 Parks	PM10 Brīvības iela	PM10 Kronvalda bulvaris	PM10 Kr. Valdemāra iela
<b>1. NO2 Kengarags</b>							
Pearson's r	—						
p-value	—						
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	—						
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	—						
<b>2. NO2 Kronvalda bulvaris</b>							
Pearson's r	-0.032	—					
p-value	0.228	—					
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	-0.041	—					
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	-0.037*	—					
p-value	0.033	—					
<b>3. PM2.5 Kronvalda bulvaris</b>							
Pearson's r	0.192***	-0.069**	—				
p-value	<.001	0.008	—				
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	0.133***	-0.068*	—				
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	<.001	0.028	—				
p-value	0.068***	-0.042*	—				
p-value	<.001	0.015	—				
<b>4. NO2 Parks</b>							
Pearson's r	0.673***	0.004	0.369***	—			
p-value	<.001	0.881	<.001	—			
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	0.623***	0.008	0.351***	—			
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	<.001	0.825	<.001	—			
p-value	0.460***	-0.007	0.240***	—			
p-value	<.001	0.685	<.001	—			
<b>5. PM10 Brīvības iela</b>							
Pearson's r	0.103***	-0.081**	0.379***	0.175***	—		
p-value	<.001	0.002	<.001	<.001	—		
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	0.033	-0.108***	0.366***	0.132***	—		
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	0.208	0.024	<.001	<.001	—		
p-value	0.024	-0.068***	0.252***	0.085***	—		
p-value	0.173	0.173	<.001	<.001	—		
<b>6. PM10 Kronvalda bulvaris</b>							
Pearson's r	0.089**	-0.051*	0.730***	0.306***	0.463***	—	
p-value	0.001	0.060	<.001	<.001	<.001	—	
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	0.053*	-0.041	0.771***	0.284***	0.478***	—	
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	0.043	0.117	<.001	<.001	<.001	—	
p-value	0.039*	-0.031	0.621***	0.192***	0.349***	—	
p-value	0.045	0.060	<.001	<.001	<.001	—	
<b>7. PM10 Kr. Valdemāra iela</b>							
Pearson's r	0.013	0.184***	-0.022	0.025	2.881e-5	-0.029	—
p-value	0.612	<.001	0.368	0.332	0.989	0.264	—
<b>Spearman's rho</b>							
p-value	0.056*	0.632***	-0.072**	0.091***	-0.139***	-0.119***	—
<b>Kendall's Tau B</b>							
p-value	0.026	<.001	0.008	<.001	<.001	<.001	—
p-value	0.040*	0.619***	-0.046*	0.059***	-0.109***	-0.087***	—
p-value	0.024	<.001	0.008	<.001	<.001	<.001	—

\* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Note: Conditioned on variables: index, year

