

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE  
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

**ATMOSFĒRAS PIESĀRŅOJUMA LĪMEŅA IZMAIŅU  
NOVĒRTĒJUMS PIROTEHNISKO LĪDZEKĻU LIETOŠANAS  
LAIKĀ**

MAĢISTRA DARBS

Autors: Nadīne Dambe

Stud.apl.nr.: nd11011

Darba vadītāja: Dr. Ģeogr. Iveta Šteinberga

RĪGA 2017

## ANOTĀCIJA

Pirotehnisko līdzekļu radītās emisijas veido nozīmīgu atmosfēras īstermiņa piesārņojumu. Šis piesārņojums ir saistāms ar aerosolu, metālu un citu ķīmisko vielu koncentrāciju paaugstināšanos atmosfērā.

Aerosolu daļiņu, īpaši smalko ( $<2,5 \mu\text{m}$ ), palielināšanās ugunošanas laikā var radīt nopietnu risku cilvēka veselībai, jo smalkākās daļiņas ir spējīgas iekļūt cilvēka plaušu alveolās, līdz ar to palielinot iespējamību saslimt, piemēram, ar elpceļu, sirds un asinsvada slimībām.

Izmantojot cieto daļiņu vairākkāņu lāzerskaitīšanas iekārtu, deviņas reizes septiņās vietās dažādos laika posmos tika veikti aerosolu daļiņu mērījumi ugunošanas laikā. Mērījumi tika veikti 2016. gada 9., 21. maijā, 18. novembrī un 31. decembrī; 2017. gadā – 4., 9., 20., 26. un 27. maijā.

Piesārņojuma līmenis vērtēts atbilstoši Latvijas tiesību aktos ietvertajos normatīvos, kā arī ņemot vērā Pasaules Veselības organizācijas (PVO) rekomendācijas. Iegūtie rezultāti atspoguļoti vairākos grafikos, kur veiktie mērījumi norāda uz  $\text{PM}_{2,5}$  daļiņu koncentrāciju robežu pārsniegumu, ņemot vērā PVO noteiktās robežas, un  $\text{PM}_{10}$  daļiņu koncentrāciju robežu pārsniegumu, ņemot vērā PVO un Latvijas tiesību aktos noteiktās robežvērtības. Līdz ar to cilvēki tiek pakļauti paaugstinātām PM daļiņu koncentrācijām, kas var negatīvi ietekmēt veselību.

Darba apjoms ir 71 lapa, tas ietver 29 attēlus, 15 tabulas, 4 pielikumus, izmantoti 45 literatūras avoti.

**Atslēgvārdi:** *pirotehnika, aerosolu daļiņas, atmosfēras piesārņojums, ugunošana*

## ANNOTATION

Pyrotechnic emissions represent a significant short-term pollution in the atmosphere. From aerosols, metals and other chemical substances the pollution concentration increases in the atmosphere.

Increase of aerosol particles, especially fine particles ( $<2,5 \mu\text{m}$ ), during the fireworks can pose a serious risk to human health, because the finer particles are able to penetrate the alveoli of human lungs, so increasing the chance of getting, for example, the respiratory tract, heart and blood vessel diseases.

Using solid particle counter, measurements of aerosol particles were taken during fireworks. Nine times measurements were made in seven places in different time periods. Measurements were taken in year 2016 (09/05/16; 21/05/16; 18/11/16; 31/12/16) and year 2017 (04/05/17; 09/05/17; 20/05/17; 26/05/17; 27/05/17).

Pollution levels were measured in accordance with regulations contained in the Latvian legislation, as well as taking in account the World Health Organisation (WHO) recommendations. The results are reflected in several charts, where the measurements indicate the  $\text{PM}_{2.5}$  particle concentration threshold exceeds those recommendations which comes from WHO.  $\text{PM}_{10}$  particle concentration threshold overruns WHO recommendations and also the values which are in the Latvian legislation. The people are being exposed to elevated PM particle concentrations, which may have a negative impact on health.

The amount of master thesis is 71 pages, 29 pictures, 15 tables, 4 appendices; 45 literature sources are used.

**Keywords:** *pyrotechnics, aerosol particles, atmospheric pollution, fireworks*

## SATURS

IEVADS.....	5
1. LITERATŪRAS APSKATS.....	7
1.1. Pirotehnikas attīstības vēsture.....	7
1.2. Pirotehnisko ierīču ķīmiskais sastāvs.....	9
1.3. Pirotehnisko ierīču veidi un ugunošanas darbības princips.....	11
1.4. Pirotehnisko līdzekļu patēriņš un ugunošanas industrijas ienākumi.....	13
1.5. Atmosfēras piesārņojums, kas radies pirotehnisko līdzekļu lietošanas rezultātā.....	15
1.6. Veselības riski, kas saistīti ar pirotehnikas radītajām emisijām.....	19
1.7. Normatīvie akti saistībā ar pirotehniku.....	21
2. MATRIĀLI UN METODES.....	25
3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA.....	34
SECINĀJUMI.....	51
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	52
PIELIKUMS.....	56

## IEVADS

Uguņošana svētku noslēgumos sabiedrībai šķiet pavisam pašsaprotama, taču retais aizdomājas par to, ka tajā laikā atmosfērā tiek izmestas lielas aerosolu daļiņu, metālu un citu ķīmisku savienojumu koncentrācijas. Lai arī uguņošana ir īstermiņa piesārņotājs, tas šajā īsajā laikā var izdalīt lielāku emisiju daudzumu nekā citi ilgtermiņa piesārņotāji, tādēļ būtu jāņem vērā, ka uguņošana var atstāt negatīvu ietekmi arī uz cilvēka veselību. Aerosolu sīkās (<2,5 μm) daļiņas pa elpceļiem ir spējīgas nokļūt plaušās un tālāk uz alveolām, kas var izraisīt elpošanas, kā arī sirds un asinsvadu slimības. Īpaši jūtīgi pret šādu piesārņojumu ir mazi bērni un vecāka gada gājuma cilvēki, kā arī tie, kam jau ir paaugstināts risks saslimt ar atsevišķām slimībām un ir ar pazeminātu imunitāti.

Latvijā likumdošana attiecībā uz aerosolu daļiņām robežvērtības paredz tikai PM<sub>2.5</sub> (kalendāra gads) un PM<sub>10</sub> (24h un kalendāra gads) daļiņām, toties Pasaules Veselības organizācija (PVO) ir noteikusi 24 h robežvērtību arī PM<sub>2.5</sub> daļiņām. PVO pētījumos ir secināts, ka būtu nepieciešams pārskatīt esošās robežvērtības, jo rezultāti uzrāda, ka ilgtermiņa aerosolu daļiņu iedarbība rada negatīvu ietekmi uz veselību jau pie zemākām koncentrācijām nekā ir noteikts.

2013. gadā aptuveni 17% no ES-28 pilsētu populācijām tika pakļautas PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrācijām, kas pārsniedz Eiropas Savienībā noteikto diennakts (24h) robežvērtību. Turklāt tajā pašā gadā, 61% to pašu pilsētu populācijas tika pakļautas PM<sub>10</sub> koncentrācijām, kas pārsniedz stingrākās PVO robežvērtības (gada vidējā ilgtermiņa iedarbībai). Aptuveni 9% no ES-28 pilsētu populācijām tika pakļautas PM<sub>2.5</sub> daļiņu koncentrācijām, kas pārsniedz pašreizējo 25 μg/m<sup>3</sup> (kalendāra gads) robežvērtību (EEA, 2015).

Gaisa piesārņojums, kas radies uguņošanas rezultātā ir vairāk aktuāls tādās valstīs kā Ķīna (Pekina), Amerikas Savienotās valstis (Kalifornija), Spānija (Valensija), Indija (Divali un Deli), Lielbritānija (Londona), Kanāda (Monreāla) un Malta, kur festivāli ar uguņošanu ilgst pat vairākas stundas/dienas (Li et al., 2013; Vecchi et al., 2008).

Kaut arī Latvijā uguņošanas parādes nav ilgākas par 30 minūtēm, tas nenozīmē, ka šajā laikā atmosfērā emitētais piesārņojums nevar sasniegt tādas ķīmisko vielu koncentrācijas, kas var radīt potenciālus draudus cilvēka veselībai. Lai to noskaidrotu, maģistra darbā tika izvirzīts sekojošs **mērķis**: novērtēt aerosolu piesārņojuma līmeņa izmaiņas atmosfērā pirotehnisko līdzekļu lietošanas laikā.

Lai šo mērķi sasniegtu, tika izvirzīti šādi **uzdevumi**:

- 1) nozares literatūras analīze - uguņošanas laikā izmantoto līdzekļu un materiālu izpēte, analīze, saikne ar ietekmi uz veselību;
- 2) vides kvalitātes izmaiņu novērtēšanas iespēju un metožu izpēte atbilstoši Eiropas Savienības un Latvijas tiesību aktos iekļautajām prasībām un vadlīnijām;
- 3) mērījumu metodes apguve, mērījumu veikšana;
- 4) iegūto rezultātu analīze un interpretācija.

# 1. LITERATŪRAS APSKATS

## 1.1. Pirotehnikas attīstības vēsture

Pirotehnikas līdzekļu ražošanai ir sena vēsture, bet pirotehnikas mākslas attīstība ir noritējusi ārkārtīgi lēni. Iespējams ķīnieši jau pirms 1000 gadiem izmantoja pirotehniku; uguņošanas parādes publikai un privātajām svinībām notiek jau 500 gadu un to popularitāte pasaulē, šķiet, nav mazinājusies. Tomēr gadsmitu laikā, uguņošanas parādes ir mainījušās pavisam nedaudz. Raķetes, šāviņi un romiešu sveces dažādās formās ir bijuši kā galvenās sastāvdaļas. Protams, kvalitāte un krāsu spektrs ir ievērojami uzlabojies, šāviņi ir spilgtāki, raķetes lido augstāk, jaunu materiālu izmantošana ir radījusi jaunus efektus, kas tālāk, mainoties modei, ir mainījusi arī pašu uguņošanas parādes stilu (Lancaster, 1998).

Agrīnā šaujampulvera izgudrošana bija kā vēstnesis pirotehnikas mākslai. Visticamāk, ka pirmais šaujampulveris sanāca pavisam nejauši, kad no salpetra, sēra un kokoglēm tika izveidots maisījums, kas aizdegoties ar dzirksteli, radīja sprādzienu (Lancaster, 1998).

Senākas liecības norāda, ka uguņošana un pirotehniskās ierīces ir radušās Ķīnā aptuveni 10. gadsimtā (Smith, 2011). Atsevišķi avoti gan norāda, ka arī Indija varētu būtu pirotehnikas patronese, jo tur ir pieejami dabīgie kālija nitrāta (kālija salpetra) krājumi (Conkling, 1985).

Diemžēl cilvēka daba ir tāda, kāda tā ir un šīs pirotehnikas ierīces bieži tika izmantotas karadarbībā, līdz ar to, sabiedrībai ir nācies gaidīt vēl 500 gadus, lai uguņošanas parādes kļūtu par skatuves cienīgu un nopietnu izklaides formu gan publikai, gan privātām personām (Smith, 2011). Taču Ķīnā jau 13. gadsimta sākumā uguņošana bija kļuvusi par izklaidi. Pavasara festivālos tika izmantoti vairāk kā 100 pirotehnikas komplektu, kas kopā ar pavadošo mūziku, veidoja kvēlojošu sveču gaismas (Conkling, 1985).

Nav precīzi zināms, kad ar pirotehniku tika iepazīstināta Eiropa, bet tas notika aptuveni viduslaiku periodā, kad krustneši vai misionāri atgriezās no Āzijas (Salatino, 1997).

Itāļi tiek uzskatīti par uguņošanas industrijas aizsācējiem Eiropā, kas tālāk izplatījās arī tādās valstīs kā Francija, Vācija, Krievija, Anglija (Russell, 2009; Conkling, 1985). Jau 15. gadsimtā uguņošana tika plaši pielietota reliģiskos un kultūras svētkos (Smith, 2011).

Agrākās ziņas par oficiālu uguņošanas izrādi ir atrodamas Anglijā, kas notika 1572. gadā pie Varvikas pils (*Warwick Castle*), lai nosvinētu karalienes Elizabetes I vizīti. Šī izrāde iespējams bija tematisko pasākumu aizsācēja, jo turpākos gados tematiskās uguņošanas kļuva ļoti pieprasītas

(Smith, 2011; Russell, 2009) un tās tika dokumentētas dažādos veidos, bet visbiežāk gleznu veidā (Salatino, 1997).

1.1.1. attēlā redzams, ka uguņošanas nozīmība un krāšņums attēlots jau 18.gadsimta autoru darbos.



**1.1.1.attēls. Castel Sant'Angelo, Rome, with the Girandola / Francesco Panini (1745-1812)**

(Salatino, 1997).

Attīstoties pirotehnikas mākslai, uguņošana kļuva par svarīgu elementu Eiropas galmu kultūrā. Dažādi svētki un izrādes parādīja, cik liela vara ir prinčiem. Visbiežāk uguņošanā tika atdarināta daba. Pirotehniķi pielika lielas pūles, lai uguņošanas laikā spētu parādīt dažādas debess parādības, piemēram, zvaigznes, komētas, stipru lietu, sauli, kas spētu dziļi aizkustināt skatītājus (Werrett, 2008; Werrett, 2010).

Neapšaubāmi šaujampulverim (melns pulveris, kura sastāvā ir kālija nitrāts, sērs un kokogle attiecībās 15:3:2) ir bijusi ārkārtīgi svarīga loma agrīno uguņošanas ierīču ražošanā, bet ja tas tika lietots kopā ar citiem pirotehniskiem maisījumiem, efektu diapozons bija ļoti ierobežots. Tomēr, tas kā galvenā sastāvdaļa uguņošanas ierīcēs tika izmantots līdz laikam (Russell, 2009), kad 1786. gadā Klods Bertolē atklāja kālija hlorātu ( $KClO_3$ ), un tas pavēra iespēju veidot lieliskas spožas liesmas, pievienojot citus pirotehniskos materiālus (Conkling, 1985).

Kad tika ieviesta elektrība, bija iespējams ražot alumīniju un magniju, izmantojot elektrolīzi. Tie ļāva veidot spilgti baltas gaismas un dzirksteles. No stroncija, bārija un vara savienojumiem

varēja iegūt spilgti sarkanas, zaļas un zilas liesmas, kas kļuva komerciāli pieejamas 19. gadsimtā, līdz ar to arī aizsākās mūsdienu pirotehnikas tehnoloģijas. (Conkling, 1985).

20. gadsimta pirotehniskā māksla lielākoties orientējās uz militāro pusi, jo dažādas pirotehniskās ierīces bija ļoti noderīgas gan Pirmajā, gan Otrajā Pasaules karā. Gadsimta beigās pirotehnikas māksla atkal atgriezās, lai ar uguņošanas izrādēm izklaidētu sabiedrību (Smith, 2011).

## 1.2. Pirotehnisko ierīču ķīmiskais sastāvs

Pirotehnika ir termodinamiski nestabilu ķīmikāliju maisījums, kas pēc ierosmes (impulsa) sāk reaģēt un tādā veidā rada paredzēto efektu (siltumu, gaismu, skaņu, gāzes, dūmus u.c.) (Steinhauser et al, 2008). Neapšaubāmi, ka dažādas pirotehniskās ierīces sastāvēs no visdažādāko metālu un savienojumu kokteiļiem (Moreno et al., 2010).

Materiālus, kas tiek izmantoti uguņošanas procesā, var iedalīt vairākās kategorijās:

- oksidētāji;
- degmaisījums;
- krāsu veidojošie aģenti;
- vielas, kas palielina atsevišķus efektus (krāsu, gaismu);
- vielas, kas rada dūmus;
- saistvielas;
- flegmatizatori, kas samazina maisījumu jūtīgumu;
- stabilizatori, kas palīdz aizkavēt ķīmiskās reakcijas;
- vielas, kas paātrina vai palēnina sadegšanu;
- palīgvielas, tādi kā šķīdinātāji, smērvielas u.c. (Lancaster, 1998).

Citām vielām var būt dubulta funkcija. Piemēram, no vienas puses tas darbojas kā oksidētājs vai degmaisījums, bet no otras puses, reakcijas laikā tā ir atbildīga par krāsainu gaismu, dūmu, skaņas un citu efektu radīšanu (Lancaster, 1998).

1.2.1. tabulā redzams, kādi oksidētāji un degmaisījumi visbiežāk tiek lietoti uguņošanas ierīcēs, kā arī 1. pielikumā ir apskatāma detalizēta tabula, kurā ir norādīti gan oksidētāju, gan degmaisījumu pielietojumi.

Neorganiskie oksidētāji, piemēram, perhlorātu, nitrātu un hlorātu sāļi ir vieni no biežāk izmantotajiem. Visvairāk izmantotie sāļi ir kālija perhlorāts un kālija nitrāts. Abi sāļi ietilpst gan

degļa, gan lādiņa sastāvā kopā ar citiem oksidētājiem vai degmaisījumiem. Magnijs, alumīnijs un kokogle visbiežāk darbojas kā degmaisījumi (Martin-Alberca et al., 2014).

1.2.1.tabula

**Galvenie oksidētāji un degmaisījumu veidi pirotehnikā** (sastādījusi autore, izmantojot Martin-Alberca et al., 2014; Martin-Alberca et al., 2016; Parkhi et al., 2015; Shi et al., 2011; Steinhäuser et al., 2008; Russell, 2009; Nishanth et al., 2012; Chen et al., 2013)

Oksidētāji	Degmaisījumi	
Kālija perhlorāts ( $KClO_4$ )	Magnijs	Alumīnija un magnija sakausējums
Kālija nitrāts ( $KNO_3$ , kālija salpetris)	Alumīnijs	Titāns
Kālija hlorāts (Bertolē sāls, $KClO_3$ )	Kokogle	Dzelzs
Stroncija nitrāts ( $Sr(NO_3)_2$ )	Dzelzs un titāna sakausējums	Sveķi
Bārija nitrāts ( $Ba(NO_3)_2$ )	Sērs	Polivinilhlorīds (PVC)
Bārija hlorāts ( $Ba(ClO_3)_2$ )	Ogļhidrāti: saharoze, glikoze, laktoze, ciete, dekstrīns	Sarkanais fosfors
	Antimona trisulfīds ( $Sb_2S_3$ )	Kālija benzoāts ( $C_7H_5KO_2$ )
	Šellaka (sveķaina viela, ko iegūst no dažiem tropu augiem un parasti izmanto laku un plastmasu rūpniecībā)	Nātrijs benzoāts ( $NaC_7H_5O_2$ )

1.2.2. tabula parāda krāsas efekta atkarību no krāsu aģentā esošā ķīmiskā elementa. Attiecīgi, stroncija vai bārija nitrāti rada sarkanas un zaļas krāsas. Tiem ir arī dubulta funkcija kā oksidētājiem un krāsu donoriem, lai arī nelielos daudzumos, tie galvenokārt darbosies kā krāsu donori. Svīlpiena efekts tiek panākts, piemēram, maisījumā iekļaujot kālija vai nātrijs benzoātu.

**Krāsu aģenti krāsu efektiem pirotehnikā** (sastādījusi autore, izmantojot Martin-Alberca et al., 2014; Martin-Alberca et al., 2016; Parkhi et al., 2015; Shi et al., 2011; Steinhauser et al., 2008; Russell, 2009; Nishanth et al., 2012; Chen et al., 2013)

<b>Kīmiskais elements</b>	<b>Krāsas efekts</b>	<b>Krāsu veidojošais aģents/savienojums</b>
Stroncijs	Sarkans	Stroncija karbonāts ( $SrCO_3$ ), stroncija nitrāts ( $Sr(NO_3)_2$ )
Kalcijs	Oranžs	Kalcija karbonāts ( $CaCO_2$ )
Nātrijs	Dzeltens	Nātrijs oksalāts ( $Na_2C_2O_4$ ), nātrijs nitrāts ( $NaNO_3$ ), nātrijs heksafluoralumināts ( $Na_3AlF_6$ )
Bārijs	Zaļš	Bārijs karbonāts ( $BaCO_3$ ), bārijs hlorāts ( $Ba(ClO_3)_2$ ), bārijs nitrāts ( $Ba(NO_3)_2$ )
Varš	Zils	Vara pulveris, vara (II) hlorīds ( $CuCl_2$ ), vara (II) karbonāts ( $CuCO_3$ ), vara (II) oksīds ( $CuO$ )

2. pielikumā redzami daži no biežāk izmantotajiem pirotehnikas maisījumiem uguņošanai, ieskaitot dažāda veida melnos un uzliesmojumu pulverus, dūmu un krāsu maisījumus. Reaģentu kombinācijām un to proporcijām ir izšķiroša loma, lai sasniegtu gala rezultātu, tādēļ ir norādītas arī sastāvdaļu proporcijas (Martin-Alberca et al., 2014).

### 1.3. Pirotehnisko ierīču veidi un uguņošanas darbības princips

Šodien sprāgstvielas tiek plaši izmantotas visā pasaulē kalnrūpniecībā, rakšanas darbos, ēku nojaukšanā, kā arī militāriem mērķiem. Pirotehnika tiek plaši lietota arī militārajā jomā treniņiem, signālraketēm, dūmu un gāzes ģeneratoriem, sērkokoņiem, mānekļu ierīcēm, kaujaslauka izgaismošanai, munīcijai (Conkling, 1985; Steinhauser et al., 2008; Martin-Alberca et al., 2014).

Pirotehnika civilajiem mērķiem variē no sērkokoņiem, signālugunīm līdz vienmēr populārajiem salūtiem. Uguņošanas nozare iespējams joprojām ir visuzskatāmākais pirotehnikas izmantošanas piemērs (Conkling, 1985).

Profesionālie salūti ir liela apjoma pirotehniskās ierīces, kas tiek izmantotas festivāliem un svētkiem, kurus apkalpo kvalificēti pirotehniķi. Patērētāju salūti ir ievērojami mazāki nekā profesionālie salūti, tie sadegot, rada tādus efektus, kā dūmus, dzirksteles, troksni, krāsu, liesmas. Tiem ir vājākas eksplozīvās īpašības nekā profesionālajiem salūtiem. Patērētāju salūti ir pieejami pārdošanā plašai sabiedrībai un tie parasti tiek izmantoti kāzās, ballītēs vai citos pasākumos (Martin-Alberca et al., 2014).

3. pielikumā apskatāma uguņošanas ierīču klasifikācijas tabula, kurā ir iekļauti uguņošanas ierīču veidi, to sinonīmi, definīcija, specifikācija, kā arī to iedalījums sprādzienbīstamības klasē. Visbiežāk izmantotās ir raķetes (*rockets*), petardes (*fire crackers*), mīnas (*mines*), šāviņi (*shells*), romiešu sveces (*Romanian candles*), strūklakas (*fountains*), ugunsloki (*wheels*).

Šaujampulveris sastāv no kokogles, sēra un kālija nitrāta noteiktās proporcijās (Selvakumar et al., 2013), kur visbiežāk kālija nitrāts sastāda 75%, kokogles – 15%, bet sērs – 10% no kopējā daudzuma (Nishanth et al., 2012). Šie savienojumi, kopā reaģējot, sadegšanas procesā veido slāpekļa un oglekļa dioksīdu, kā arī kālija sulfīdu. Gāzēm izvēršoties, slāpekļa un oglekļa dioksīdi ar lielu grūdienu spēku nodrošina stimulējošu darbību. Tā tiek saukta par ballistisko uzvedību. Uguņošanas industrijā, salūti un raķetes tiek uzšauti lielā augstumā, sadegot šaujampulverim. Šī ballistiskā uzvedība būs atkarīga no maisījumu ķīmiskā sastāva, to tīrības pakāpes, komponentu proporcijām, daļiņu izmēriem, formas, degmaisījuma vai oksidētāju izvēles, piedevu esamības, samaisīšanās pakāpes, šaujampulvera iepakojuma blīvuma (Selvakumar et al., 2013).

Uzliesmošanas pulveris ir alumīnija, sēra un kālija nitrāta maisījums, kas ir galvenā izejviela petaržu ražošanā. Maksimālais spiediens tiek sasniegts ierobežotās degšanas laikā, kas nosaka petardes sprādzienbīstamību. Sprādzienbīstamība un ballistiskais spiediens no sprāgstvielām var tikt atklāts, hermētiski noslēgtā spiedvertnē atrodot maksimālo spiedienu, kas radies degšanas laikā. Galvenais rādītājs, lai kontrolētu skaņas līmeni, ir ķīmisko vielu daļiņu izmēri (Selvakumar et al., 2013). Šobrīd ķīmisko savienojumu daļiņu izmēri ir mikronu līmenī (Azhagurajan et al., 2014). Ar nanoizmēra alumīnija daļiņām, īpatnējais virsmas laukums palielinās, radot vieglāku aizdegšanos. Tas ļaus petardei sadegt ar mazāku ķīmisko vielu daudzumu, bet ar lielu ķīmisko aktivitāti. Tas arī ļaus samazināt piesārņojumu emisijas svētku laikā (Selvakumar et al., 2013).

Salūta uzliesmošanā izstarotais siltums metāla atomā esošos elektronus "ierosina" uz augstākiem enerģijas līmeņiem. Šis "ierosinātais" stāvoklis ir nestabils, līdz ar to elektroni āri atgriežas atpakaļ sākotnējā stāvoklī, lieko enerģiju izdalot gaismas veidā. Ievērojama daļa no šīs

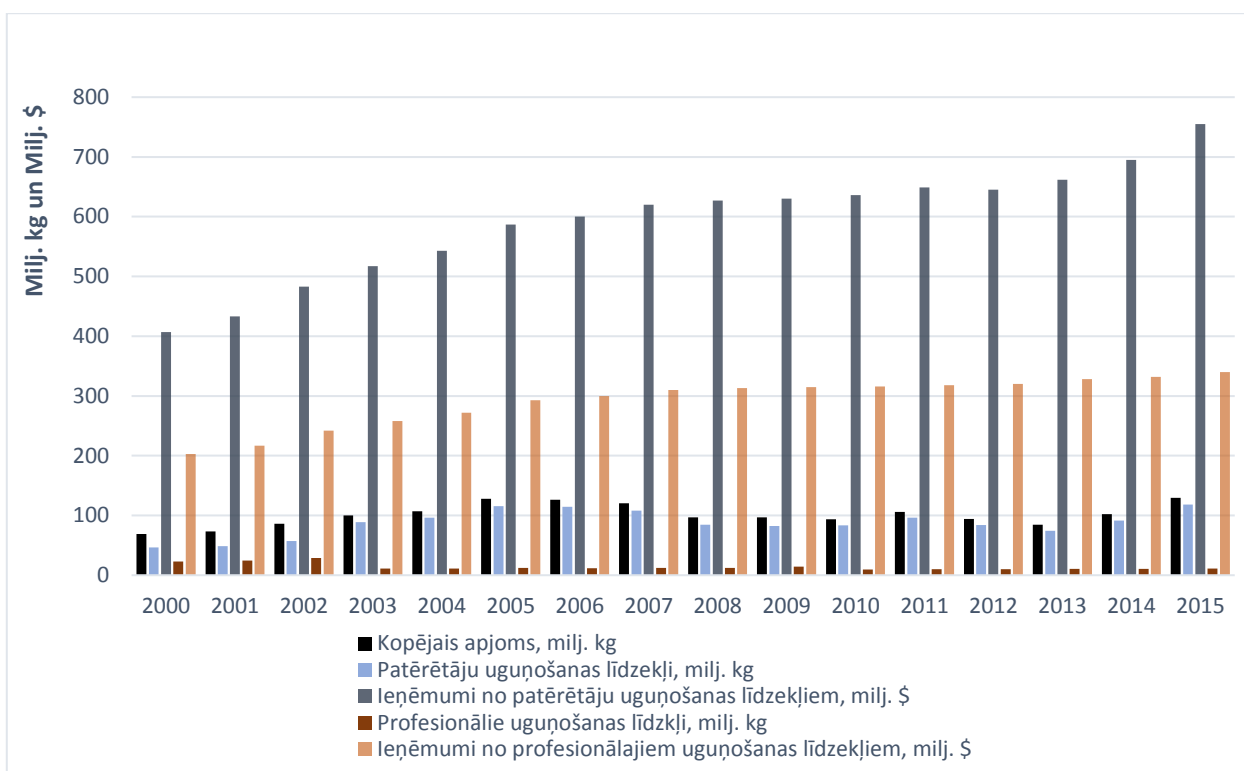
izstarotās gaismas ir ar gaismas viļņu garumu, kas ir mazāks par 240 nm. Šī izstarojošā enerģija ir pietiekama, lai disociētu (atdalītu) organiskās molekulas (molekulas, kas sastāv no C, H un O), kas atrodas gaisā (Ganguly, 2015).

#### **1.4. Pirotehnisko līdzekļu patēriņš un ugunošanas industrijas ienākumi**

Šobrīd Ķīna ir lielākā pirotehnisko līdzekļu ražotājvalsts pasaulē. Lai arī ļoti daudz no saražotā apjoma tiek eksportēts, liela daļa tiek patērēta arī valsts robežās, jo Ķīnas kultūrā ugunošana dažādos svētkos ir kā obligāta tradīcija (Zhang et al., 2017). Skatoties pa pasaules reģioniem, lielākās ražotājvalstis ir:

- Āzija – Ķīna, Indija;
- Dienvidamerika – Brazīlija;
- Ziemeļamerika – ASV, Meksika;
- Eiropa – Lielbritānija, Vācija, Francija (Grand View Research Inc, 2016).

Ņemot vērā Globālo sprāgstvielu un pirotehnikas tirgus apjomu, Āzija tiek atzīmēta kā lielākais tirgus, tomēr arī Ziemeļamerikā tiek plaši patērēti pirotehniskie līdzekļi, kā arī ienākumi no pirotehnikas industrijas ir diezgan ievērojami (Grand View Research Inc, 2016; American Pyrotechnic Association, 2015a; American Pyrotechnic Association, 2015b). 1.4.1. attēlā parādīts ASV patērēto pirotehnisko līdzekļu apjoms ugunošanas vajadzībām un ugunošanas industrijas ieņēmumu sadalījums no 2000. – 2015. gadam.



**1.4.1.attēls. ASV patērēto pirotehnisko līdzekļu apjoms uguņošanas vajadzībām un uguņošanas industrijas ieņēmumu sadalījums no 2000. – 2015. gadam** (izstrādājusi autore, izmantojot American Pyrotechnic Association, 2015a; American Pyrotechnic Association, 2015b)

Kā redzams, kopējais patērēto uguņošanas līdzekļu apjoms periodiski palielinās un samazinās, kas saistīts ar neregulāro patērētāju uguņošanas līdzekļu patēriņu apjomiem, jo profesionālo uguņošanas līdzekļu apjomi no 2000.gada līdz 2002.gadam ievērojami samazinājās, bet turpmākos gadus līdz pat 2015.gadam to apjomi turas aptuveni vienā līmenī. Savukārt ieņēmumi gan no patērētāju, gan no profesionālajiem uguņošanas līdzekļiem gadu gaitā ir tikai palielinājusies. Vienīgais gads, kad ieņēmumi no patērētāju uguņošanas līdzekļiem bija zemāki salīdzinot ar iepriekšējo gadu, ir 2012.gads. Tas skaidrojams ar importa apjomu samazinājumu sakarā ar stingrākiem preču uzskaites līmeņiem, jo 2012.gadā nepieredzētu sausuma apstākļu dēļ daudzās teritorijās pirotehnisko līdzekļu pārdošana un lietošana bija aizliegta (American Pyrotechnic Association, 2015a).

## 1.5. Atmosfēras piesārņojums, kas radies pirotehnisko līdzekļu lietošanas rezultātā

Saskaņā ar Pasaules Veselības organizācijas vērtējumu par gaisa piesārņojuma radītajām slimībām, vairāk nekā 2 miljoni iedzīvotāju gadā priekšlaicīgi mirst saistībā ar pilsētas āra un iekštelpu piesārņojumu. Vairāk nekā puse no šīm slimībām rodas jaunattīstības valstīs (WHO, 2012).

Svarīgākie gaisa piesārņotāji, kas šodien attiecas uz sabiedrības veselību Eiropā iekļauj  $PM_{2.5}$ ,  $PM_{10}$ ,  $O_3$  un  $NO_2$  (Schneider et al., 2014).

Atšķirībā no citiem degšanas procesiem, gaisa piesārņojums no salūtu uzliesmošanas nonāk gaisā bez iespējas to ierobežot ar kādām metodēm, piemēram, filtrāciju (Schmid et al., 2014).

Amerikas Savienoto valstu Federālais bīstamo vielu akts (*The Federal Hazardous Substances Act*) uguņošanu klasificē kā bīstamu, jo sprāgstvielas var radīt ugunsgrēkus, traumas un nāvi. Gaisa piesārņojums ir cits potenciāli kaitīgs blakusefekts no uguņošanas, kas rada gāzes, cietās daļiņas un bīstamas ķīmiskas vielas, kas atrodas uguņošanas laikā radītajos dūmu mākoņos (Seidel, Birnbaum, 2015).

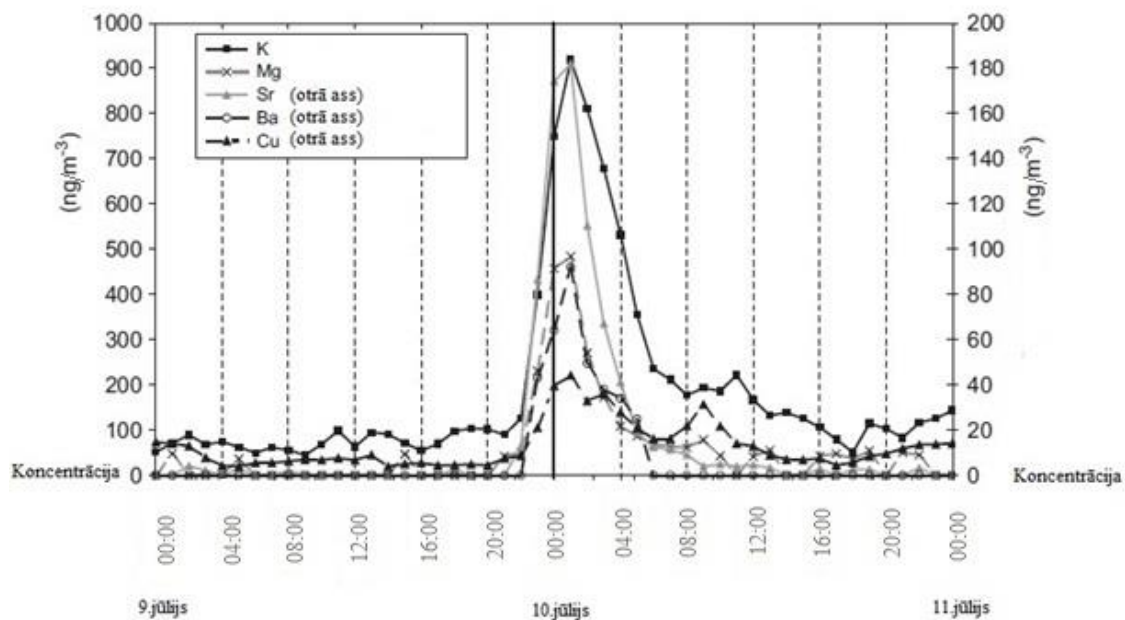
Dūmu mākoņi, kas rodas šādos notikumos, var atmosfērā palielināt cieto daļiņu skaitu no desmitiem līdz tūkstošiem mikrogramu uz  $m^3$ , kur lielākā daļa daļiņu ir smalkas (1-2  $\mu m$ ) un līdz ar to potenciāli ieelpojamas. Šo dūmu mākoņu ķīmiskais sastāvs ir ļoti sarežģīts, bet tiem vienmēr ir raksturīgs augsts metālu saturs, īpaši, kālija saturs, kas atrodas melnajā pulverī, un virkni citu metālu dēļ, kas tiek izmantoti kā oksidētāji, stabilizatori, kā arī krāsu un citu speciālo efektu radīšanai (Moreno et al, 2010).

Dažādos pētījumos ir noskaidrots, ka uguņošanas laikā visbiežāk tiek emitēti:

- dažāda izmēra PM daļiņas (Yang et al., 2014);
- organiskie mikropiesārņotāji (polihlorētie dibenzo-p-dioksīni, dibenzofurāni (PCDD/Fs)) (Schmid et al., 2014);
- perhlorāti, hlorāti, oksalāti, sukcināti, malonāti, glutarāti (Shi et al., 2011; Sarkar et al., 2010);
- dioksīni, furāni, heksahlorbenzoli (Wang et al., 2007).;
- policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži (PAH) (Nishanth et al., 2012);
- PM daļiņu sastāvā parasti ir metāli (kālijs, magnijs, stroncijs, bārijs, varš, dzelzs, titāns, niķelis, hroms, antimons, cinks, kadmījs, kobalts, svins, bismuts, arsēns) (Vecchi et al., 2008; Moreno et al., 2010);

- elementārais ogleklis, sēra dioksīds, oglekļa dioksīds, oglekļa monoksīds (tvana gāze), slāpekļa oksīds un dioksīds, ozons (Vecchi et al., 2008; Nishanth et al., 2012; Yu et al., 2013).

Stroncijs, bārijs, kālijs, magnijs un varš tiek uzskatīti par tipiskākajiem metāliem (*trace metals*), pēc kuriem var noteikt, ka piesārņojums nāk no uguņošanas (uguņošanas emisiju marķieri), taču varš un bārijs var tikt emitēts arī no autotransporta satiksmes, savukārt kālijs un magnijs ir ļoti izplatīti elementi, kuri var tikt emitēti no dažādiem avotiem, piemēram, kālijs rodas arī biomasas sadedzināšanas laikā, savukārt magnijs var izdalīties augsnes erozijas laikā, tādēļ lielākā daļa zinātnieku tieši stronciju uzskata par vislabāko metālu marķieri uguņošanas emisijām (Moreno et al., 2010; Steinhauser et al., 2008; Vecchi, 2008). 1.5.1. attēlā attēlots, kā izmainās šo metālu koncentrācijas pirms uguņošanas, tās laikā un pēc tam.



1.5.1. attēls. Ķīmisko elementu koncentrāciju izmaiņas uguņošanas laikā, smalko frakciju dati ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) ar stundas dalījumu (Vecchi, 2008).

1.5.1. tabulā apskatāms ķīmiskais sastāvs un elementu koncentrācijas ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ) četru stundu dalījumā uguņošanas laikā Milānā. Tabulā redzams, ka 1.5.1. attēlā esošie uguņošanas emisiju marķieri koncentrāciju maksimumu ir sasnieguši 10.07.06. laika posmā no 00.00 līdz 04.00.

**Ķīmiskais sastāvs un elementu koncentrācijas (ng/m<sup>3</sup>) četru stundu dalījumā  
uguņošanas laikā Milānā (Vecchi, 2008).**

Datums	09.07.2006	09.07.2006	10.07.2006	10.07.2006	10.07.2006	10.07.2006
Laika intervāls	16.00-20.00	20.00-00.00	00.00-04.00	04.00-08.00	08.00-12.00	12.00-16.00
<b>PM<sub>10</sub> konc.</b>	46 400	48 200	63 900	51 400	71 100	55 500
<b>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></b>	4 232	3 130	3 622	2 687	2 830	5 147
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<360	1 115	4 499	2 326	2 326	3 683
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	1 169	1 102	1 575	868	1 644	2 548
<b>OC (org. C)</b>	7 870	9 806	13 491	11 672	12 071	10 490
<b>EC (elem. C)</b>	1 293	1 959	5 372	4 070	4 694	1 748
<b>Mg</b>	<100	183	598	246	127	182
<b>Al</b>	355	519	680	451	720	609
<b>Si</b>	802	1 023	1 368	967	1 790	1344
<b>S</b>	1 303	803	1 176	1 276	1 024	1 759
<b>Cl</b>	<70	<70	233	98	115	121
<b>K</b>	158	369	991	369	364	267
<b>Ca</b>	308	369	645	723	1 475	744
<b>Ti</b>	28	32	46	37	53	34
<b>V</b>	<6	<6	<6	<6	<6	<6
<b>Cr</b>	<4	<4	11	10	<4	<4
<b>Mn</b>	7	16	30	35	30	20
<b>Fe</b>	468	847	1 731	1 581	1 374	586
<b>Ni</b>	4	2	5	7	6	5
<b>Cu</b>	20	43	105	56	65	25
<b>Zn</b>	82	85	190	270	276	90
<b>Br</b>	5	6	9	12	6	4
<b>Pb</b>	9	16	57	25	41	14
<b>Sr</b>	<3	55	139	18	11	<3
<b>Ba</b>	<20	41	156	22	31	24

Neseni ievēriības cienīgi atzinumi par uguņošanas emisiju ietekmi uz gaisa kvalitāti ietver paaugstinātu PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrāciju Divali (*Diwali*) festivālā Indijā, kur bārija, kālija, alumīnija un stroncija koncentrācijas palielinājās par 1091, 25, 18 un 15 reizēm (Sarkar et al., 2010). 2007. gadā Monrealās starptautiskajās uguņošanas sacensībās PM<sub>2.5</sub> daļiņu koncentrācijas bija tūkstoš reižu augstākas nekā parastā dienā, kā arī augstākas nekā parasti metālu koncentrācijas PM<sub>10</sub> un PM<sub>2.5</sub> daļiņām (Pervez et al., 2016).

Šādi uguņošanas notikumi ir svarīgi arī no atmosfēras ķīmijas skatu punkta. Uguņošanas emisijas var ģenerēt ozonu, kā arī var ietekmēt meteoroloģiskos apstākļus (Sarkar et al., 2010).

Vairāki iepriekšējie pētījumi ir norādījuši, ka viena no uguņošanas īpašībām ir ozona veidošanās bez saules starojuma. Kad metāli, kas tiek izmantoti kā krāsas aģenti, tiek sakarsēti līdz ļoti augstai temperatūrai salūta aizdedzināšanas laikā, tie izstaro radiāciju/starojumu, kas aptver plašu spektrālo diapozonu, ieskaitot redzamo un ultravioleto (UV) gaismu. Gaismas starojums uguņošanas laikā var būt atbildīgs par nakts laikā radīto ozonu, pat, ja slāpekļa dioksīds nav pieejams. Tomēr šie darbības mehānismi vēl joprojām ir neskaidri. Atsevišķi zinātnieki izsaka pieņēmumu, ka ozons veidojas fotolīzes procesā no molekulārā skābekļa, kas ir līdzīgs tam procesam, kāds notiek stratosfērā (Caballero et al., 2015; Nishanth et al., 2012).

Skābekļa fotodisociācija 176-242 nm diapozonā ir galvenais stratosfēras ozona avots. No dzirksteļu uzplaisnījumu izstarotās gaismas daļai gaismas viļņu garums ir zem 240 nm, līdz ar to, tā ir pietiekami enerģiska, lai disociētu skābekļa molekulu un producētu atomāro skābekli, kas nepieciešama ozona veidošanai. Tomēr, piezemes ozons galvenokārt veidojas diennakts gaišajā laikā NO<sub>2</sub> fotodisociācijas rezultātā saules gaismas klātbūtnē. Tādējādi dabiskās ozona diennakts svārstības maksimālo koncentrāciju sasniedz pēcpusdienā, kas nakts laikā samazinās (Caballero et al., 2015; Nishanth et al., 2012).

Salīdzinoši maz pētījumu ir veikti saistībā ar uguņošanas ietekmi un meteoroloģiskajiem apstākļiem. Viens no meteoroloģiskajiem parametriem, kas ir ticis atsevišķi pētīts 13 gadu ilgā pētījumā trijās Indijas pilsētās (saistībā ar Divali festivālu), ir relatīvais mitrums (RH). Relatīvais mitrums ir attiecība starp faktisko ūdens tvaiku klātbūtni gaisā noteiktā temperatūrā un maksimālo iespējamo ūdens tvaiku daudzumu gaisā pie tās pašas temperatūras. Pie augstākām gaisa temperatūrām gaiss izplatās un līdz ar to var saturēt vairāk ūdens tvaiku, kas noved pie relatīvā mitruma samazināšanās. Lai gan relatīvais mitrums demonstrē augstu dabisko mainību visu gadu, jebkuras īstermiņa relatīvā mitruma paaugstināšanās kopā ar augstu piesārņotāju līmeni var kļūt liktenīgi lielam skaitam gados vecu cilvēku, kā arī bērniem ar elpceļu kaitēm. Tādēļ ir svarīgi izpētīt emitētā piesārņojuma ietekmi uz meteoroloģiskajiem parametriem (temperatūra un relatīvais mitrums), kam savukārt īstermiņā ir ietekme uz vides parametriem. Šie vides parametri ietekmē to vīrusu izdzīvošanu, kas ir atbildīgi par tādu vīrusu infekciju pārnesanu, kā saaukstēšanās un tādu imunoloģisko slimību izraisīšanu, kā astma (Ganguly, 2015).

## 1.6. Veselības riski, kas saistīti ar pirotehnikas radītajām emisijām

Pasākumi, kas ietver uguņošanu, rada ļoti augstus atmosfēras piesārņojuma līmeņus, kam ir būtiska ietekme uz veselību (Sarkar et al., 2010). Uguņošana ietekmē ne tikai cilvēka veselību, bet arī samazina redzamību dūmu mākoņu rašanās rezultātā, kas slīd pa vējam un lēnām izkliedējas. Uguņošanas ietekme uz redzamību un cilvēka veselību ir īpaši acīmredzama, kad tā notiek stabilos meteoroloģiskos apstākļos (Vecchi et al., 2008).

Uguņošanas rezultātā radušos dūmu ieelpošana, kas satur metāla daļiņas, kas ir pietiekami mazas, lai iekļūtu plaušu alveolās, rada negatīvu ietekmi uz cilvēka veselību, īpaši neaizsargāti ir tie cilvēki, kuriem, piemēram, ir astma. Tomēr ierobežotie dati par reālo ķīmisko kokteiļa sastāvu, kas tiek ieelpots, neļauj pilnvērtīgi noteikt toksikoloģisko iedarbību, ieelpojot uguņošanas dūmus (Moreno et al., 2010).

1.6.1. tabulā parādītas biežāk sastopamās ietekmes uz veselību no uguņošanas laikā izdalītajām emisijām.

1.6.1.tabula

**Biežāk izplatītākās veselības problēmas, kas saistāmas ar uguņošanas laikā izdalītajām emisijām (izstrādājusi autore)**

Ietekme uz veselību	Faktori, kas rada ietekmi uz veselību
Ar elpošanu saistītas slimības	Īstermiņa ietekme no PM <sub>10-2.5</sub>
	Īstermiņa ietekme no PM <sub>0.1</sub>
	PM ilgtermiņa ietekme
	Bārijs
	NO <sub>2</sub> koncentrāciju palielināšanās
Sirds un asinsvadu slimības	Īstermiņa ietekme no PM <sub>10-2.5</sub>
	Īstermiņa ietekme no PM <sub>0.1</sub>
	Melnais ogleklis (sodrēji, kvēpi)
	Bārijs
Centrālās nervu sistēmas un kognitīvo funkciju attīstības traucējumi	Īstermiņa ietekme no PM <sub>0.1</sub>
	PM ilgtermiņa ietekme
Ateroskleroze	PM ilgtermiņa ietekme
Negatīvi dzimstības rādītāji	
Diabēts	
Muskuļu un bronhu spazmas	Bārijs
Teratogēni	Perhlorāti
Traucēta vairogdziedzera darbība	
Iespējami kancerogēns cilvēkam	Antimons, arsēns

Cietās daļiņas, kas tiek emitētas no dažādiem avotiem, ieskaitot uguņošanu, ir plaši pētītas, un to negatīvā ietekme uz cilvēka veselību ir daudzkārtēji pierādīta. Jauni pētījumi apstiprina, ka īstermiņa pakļaušana  $PM_{10-2.5}$  daļiņām ir saistīta ar elpošanas un sirds un asinsvadu slimībām. Arvien vairāk pierādījumu tiek apkopots par īstermiņa iedarbību no smalkajām daļiņām ( $< 0.1 \mu m$ ), kam ir ietekme uz sirdsdarbību, elpošanas un centrālo nervu sistēmu. Pasaules Veselības organizācija (PVO) ir atradusi jaunus pierādījumus, kas saista melno oglekli (sodrēji, kvēpi) ar sirds un asinsvadu slimībām, kā arī pāragru mirstību. Tādēļ gan īstermiņa (24h), gan ilgtermiņa (gada) iedarbība ir ļoti svarīga. Šobrīd melno oglekli iesaka izmantot kā papildus rādītāju, lai novērtētu sadegšanas procesā izdalīto daļiņu risku veselībai (EEA, 2015).

Papildus studijas norāda, ka ilgtermiņa PM daļiņu ietekme var novest pie aterosklerozes, negatīvas dzimstības rādītājiem un elpošanas slimībām bērniem, kā arī ir iespējama saistība ar diabētu, nervu un kognitīvo funkciju attīstības traucējumiem (EEA, 2015).

Sakarības starp ilgtermiņa PM daļiņu ietekmi un mirstību ir novērotas pie zemākām robežām nekā Pasaules Veselības organizācijas noteiktajām. Tādēļ ir secināts, ka Pasaules Veselības organizācijas noteiktās robežas vajadzētu atjaunot. Arī zinātniskie pierādījumi atbalsta vajadzību pēc īstermiņa (24 h) ietekmes robežvērtību regulēšanas (EEA, 2015).

Ir zināms, ka uguņošanas radītie dūmi var radīt eozinofīlo pneimoniju (*Leplēra sindroms*). Aerosoli, kas izdalās no uguņošanas un ir bagāti ar bāriju, ir atbildīgi par ievērojamu astmas gadījumu pieaugumu skaitu (Sarkar et al., 2010; Steinhauser et al., 2008).

Vairums bārija savienojumu, kas tiek izdalīti no uguņošanas, ir ūdenī šķīstoši, tātad bioloģiski pieejami, kas var nodarīt vēl lielāku kaitējumu (Sarkar et al., 2010; Camilleri, Vella, 2010). Saindēšanās ar bāriju izraisa muskuļu spazmas un traucē sirdsdarbību. Tālāk tas izraisa bronhu spazmas (Steinhauser et al., 2008).

Astmas simptomi, kas, iespējams, ir visredzamākais riska faktors, tiek saistīti ne tikai ar bārija savienojumiem, bet arī ar 1-h  $PM_{10}$  un  $NO_2$  koncentrāciju paaugstināšanos no fona vērtībām, kas ir 20-30  $\mu g/m^3$ , uz maksimumu 40-70  $\mu g/m^3$ . Līdzīgi, 1-h iedarbība no paaugstinātas autosatiksmes intensitātes tiek saistīta ar miokarda infarkta rašanos, bet  $PM_{2.5}$  stundas iedarbība saistās ar miokarda išēmijas risku (Moreno et al., 2010).

Uguņošanas emisijās esošie metāli un to savienojumi, iespējams, ilgtermiņā dod savu ieguldījumu deģeneratīvo slimību attīstībai, piemēram, Pārkinsona un Alcheimera slimībām. Domājams, ka tie, kurus ātrāk skar šo biezo dūmu ietekme, jau iepriekš ir novājināti ar slimībām, sevišķi astmu vai sirds koronāro slimību (Moreno et al., 2010).

Citas veselības problēmas no uguņošanas ir tajos izmantotie perhlorāti kā oksidētāji. Ir konstatēts, ka šie savienojumi ir teratogēni un var radīt negatīvu ietekmi uz vairogdziedzera darbību (Steinhauser et al., 2008; Sarkar et al., 2010). Jau izsenis ir zināms, ka perhlorāti kavē vairogdziedzerim uzņemt jodīdu, tādā veidā traucējot tā funkcionēšanu un samazinot vairogdziedzera hormonu, trijodtironīnu (T3) un tiroksīna (T4), producēšanu, kas ir vitāli nepieciešami normālai augšanai un kognitīvajai attīstībai embrijiem, jaundzimušajiem un maziem bērniem (Shi et al., 2011).

Ļoti nozīmīga ir antimona klātbūtne PM<sub>10</sub> daļiņās, kaut arī tā ietekme uz veselību nav pilnībā izpētīta, daļēji tāpēc, ka eksperimentālie un epidemioloģiskie dati ir ierobežoti, un arī tādēļ, ka antimons bieži ir kopā ar arsēnu, līdz ar tie kopīgi kā piesārņotāji iedarbojas uz vidi. Pašlaik antimona trioksīds (ieelpojot) tiek klasificēts, kā "iespējami kancerogēns cilvēkam (grupa 2B)", un ir atklāts, ka tas žurku mātītēm izraisa plaušu vēzi (Camilleri, Vella, 2010).

### **1.7. Normatīvie akti saistībā ar pirotehniku**

Sprāgstvielu nozare ir visvairāk regulētā nozare aiz kodolenerģijas nozares (Lancaster, 1998). Lielākajā daļā valstu ir stingri likumi, kas pastāvīgi tiek pārskatīti, mēģinot kontrolēt savas valsts pilsoņus sprādzienbīstamo ierīču, ieskaitot uguņošanas, iegādāšanas un turēšanas. Šie likumi attiecas un ražošanu, piegādi, glabāšanu, transportu un uguņošanas ierīču izmantošanu (Martin-Alberca et al, 2014).

Lielākā daļa pašreizējie tiesību akti ir balstīti uz koncepcijām, kas izriet no Apvienoto Nāciju rekomendācijām bīstamo vielu transportēšanai. Lai arī šīs rekomendācijas nav obligātas, tās ir plaši atzītas un tikpat plaši saprastas (Lancaster, 1998).

Pēc Apvienoto Nāciju rekomendācijām, sprāgstvielas ietilpst 1. klasē, kas iedalās vairākās apakšgrupās:

- 1.1. Vietas un izstrādājumi, kuriem piemīt masveida sprādziena bīstamība. (Masveida sprādziens ir sprādziens, kurš gandrīz visā kravā izplatās praktiski momentāni.);
- 1.2. Vietas un izstrādājumi, kuriem piemīt izsviešanas bīstamība, bet ne masveida sprādzienbīstamība;
- 1.3. Vietas un izstrādājumi, kuriem piemīt degšanas bīstamība un vai nu neliela sprādzienbīstamība, vai neliela izsviešanas bīstamība, vai abas, bet ne masveida sprādziena bīstamība:

- kuriem degot, izdalās ievērojams starojuma siltums; vai
- kuri aizdegas pakāpeniski cits pēc cita un izraisa neievērojamu sprādzienu vai izsviešanu, vai abus reizē.

1.4. Vietas un izstrādājumi, kurus pārvaldājot, rodas tikai necīga sprādziena iespējamība aizdegšanās vai ierosināšanas dēļ. Šāda iedarbība pārsvarā skar tikai paku, un nav gaidāms, ka ievērojama izmēra daļas izsviedīs ievērojamā attālumā. Ārējā uguns nedrīkst izraisīt vienlaicīgu visas pakas satura sprādzienu;

1.5. Ļoti nejutīgas vielas, kam piemīt masveida sprādziena bīstamība, bet kas ir tik nejutīgas, ka parastos pārvaldāšanas apstākļos pastāv ļoti necīga iespējamība tās ierosināšanai vai pārejai no degšanas uz detonēšanu. Obligāta prasība — tās nedrīkst eksplodēt ārējas ugunsizturības pārbaudē;

1.6. Sevišķi nejutīgi izstrādājumi, kam nepiemīt masveida sprādziena bīstamība. Izstrādājumi satur vienīgi sevišķi nejutīgas vielas un uzrāda necīgu neparedzētas tā ierosināšanas vai izplatīšanās iespēju (ANO, 2012).

Tālāk tiek iedalītas vielu un izstrādājumu savietojamības grupas, kur uz uguņošanu attiecas “G” apakšpunkts - Pirotehniska viela vai izstrādājums, kas satur pirotehnisku vielu, vai izstrādājums, kurš satur kā sprādzienbīstamo vielu, tā arī iluminējošu, aizdedzinošu, asaras vai dūmus izraisošu vielu (izņemot izstrādājumus, kas aktivizējami ar ūdeni, vai tādus, kas satur balto fosforu, fosfīdus, piroforu vielu, uzliesmojošu šķidrumu vai gēlu, vai hipergoliskus šķidrumus) (ANO, 2012).

Uguņošanas ierīces parastā kārtībā ir jāklasificē 1.1., 1.2., 1.3. un 1.4. apakšgrupās, pamatojoties uz pārbaudes rezultātiem, kas iegūti pēc “Pārbauzu un kritēriju rokasgrāmatas” 6. sērijas pārbaudēm. Tomēr tā kā šādu izstrādājumu klāsts ir īpaši plašs un var būt ierobežota pārbauzu iekārtu pieejamība, tad bez 6. sērijas pārbaudēm drīkst piešķirt ANO nr. 0333, 0334, 0335 vai 0336, pamatojoties uz analogiju saskaņā ar 3. pielikumā noteikto nosacīto uguņošanas ierīču klasifikācijas tabulu. Šādu piešķirumu drīkst īstenot, saskaņojot to ar kompetento iestādi. Tabulā neminētie izstrādājumi jāklasificē, pamatojoties uz 6. sērijas pārbauzu rezultātiem (ANO, 2012).

Latvijā ir divi normatīvie akti, kas tieši attiecas uz uguņošanu:

- Pirotehnisko izstrādājumu aprites likums (2010);
- 2011. gada 22.martā izdotie Ministru kabineta noteikumi Nr.214 “Uguņošanas ierīču un skatuves pirotehnisko izstrādājumu glabāšanas, realizācijas, iegādāšanās, pārnēsāšanas,

pārvadāšanas, ražošanas, demonstrēšanas (izmantošanas), kā arī komercizstāžu rīkošanas un pirotehnisko pakalpojumu sniegšanas noteikumi”.

Netieši uz ugunošanu attiecas:

- 2007.gada 19.jūnijā izdotie Rīgas domes saistošie noteikumi Nr.80 “Sabiedriskās kārtības noteikumi Rīgā”;
- 2016.gada 10.martā izdotie Daugavpils pilsētas domes saistošie noteikumi Nr.6 “Saistošie noteikumi par sabiedrisko kārtību”;
- 2013.gada 24.oktobrī izdotie Jēkabpils pilsētas domes saistošie noteikumi Nr.51 “Jēkabpils sabiedriskās kārtības noteikumi”;
- 2009. gada 3. novembrī izdotie Ministru kabineta noteikumi Nr.1290 “Noteikumi par gaisa kvalitāti”.

2009. gada 3. novembra MK noteikumi Nr.1290 “Noteikumi par gaisa kvalitāti” nosaka kvalitātes normatīvus ārtelpu gaisam troposfērā Latvijas teritorijā, kā arī:

- gaisa kvalitātes normatīvu nodrošināšanas termiņus;
- gaisu piesārņojošu vielu pieļaujamo līmeni vidē un raksturlielumus;
- parametrus, monitoring metodes, kuras izmanto, lai noteiktu attiecīgo gaisa kvalitātes normatīvu pārsniegumu;
- pasākumus, kas veicami, ja gaisa kvalitātes normatīvi tiek pārsniegti (MK noteikumi Nr.1290, 2009).

1.7.1. tabulā redzami gaisa kvalitātes normatīvi daļiņām PM<sub>2.5</sub> un PM<sub>10</sub>, kas attiecas uz Latviju.

1.7.1.tabula

**Gaisa kvalitātes robežlielumi daļiņām PM<sub>2.5</sub> un PM<sub>10</sub> (MK noteikumi Nr.1290, 2009; WHO, 2006).**

<b>PM</b>	<b>Robežlieluma veids</b>	<b>Noteikšanas periods</b>	<b>Robežlieluma skaitliskā vērtība, ko noteikusi PVO</b>	<b>Robežlieluma skaitliskā vērtība Latvijā</b>
<b>2.5</b>	Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai (Rg)	kalendāra gads	10 µg/m <sup>3</sup>	25 µg/m <sup>3</sup> (sākot ar 2020. gadu 20 µg/m <sup>3</sup> )
	Dienas robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai (Rd)	24 stundas	25 µg/m <sup>3</sup>	Nav noteikts

<b>10</b>	Dienas robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai (Rd)	24 stundas	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (nedrīkst pārsniegt vairāk kā 35 reizes kalendāra gadā)
	Gada robežlielums cilvēka veselības aizsardzībai (Rg)	kalendāra gads	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

## 2. MATERIĀLI UN METODEDES

Maģistra darba izstrādes laikā mērījumi veikti deviņas reizes izmantojot cieto daļiņu vairākanālu lāzerskaitīšanas iekārtu (Particle Counter CEM DT 9881). Mērījumi tika veikti dažādos apstākļos, novērtējot mikroklimatu/meteoroloģiskos apstākļus, sezonalitāti, uguņošanas vietu un ilgumu.

Kā pētījumu vietas tika izmantotas Jelgavas, Rīgas un Talsu pilsētu administratīvās teritorijas. 2.1. tabulā ir redzams, kad un kur ir tikuši veikti mērījumi, kā arī katra uguņošanas pasākuma atrašanās vieta un mērījumu veikšanas vieta tiek attēlota kartē ar atbilstošiem apzīmējumiem – ar zaļu apli apzīmēta mērījumu vieta, ar sarkanu – uguņošanas ierīču atrašanās vieta.

*2.1.tabula*

**Mērījumu veikšanas datums un vieta** (izstrādājusi autore)

<b>Nr.</b>	<b>Mērījumu veikšanas datums</b>	<b>Mērījumu vieta</b>
1.	09.05.2016.	Rīga, Uzvaras parks
2.	21.05.2016.	Rīga, Arkādijas parks (pie Māra dīķa)
3.	18.11.2016.	Talsi, Pilskalns
4.	31.12.2016.	Rīga, 11.novembra krastmala
5.	04.05.2017.	Rīga, Radisson Blu Daugava
6.	09.05.2017.	Rīga, Uzvaras parks
7.	20.05.2017.	Talsi, Sauleskalna estrāde
8.	26.05.2017.	Jelgava, Lielupes promenāde
9.	27.05.2017.	Jelgava, Lielupes promenāde

2.1. attēlā redzama pirmā un sestā mērījumu vieta, kas atradās Rīgā Uzvaras parka teritorijā. Mērījumu veikšanas teritorija ir līdzena, bez reljefu paaugstinājumiem. Starp mērījuma un uguņošanas ierīču atrašanās vietu ir aptuveni 100 m, kuru norobežo neliela koku audze, kas teorētiski arī būtu vienīgais faktors, spējīgs samazināt uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā.



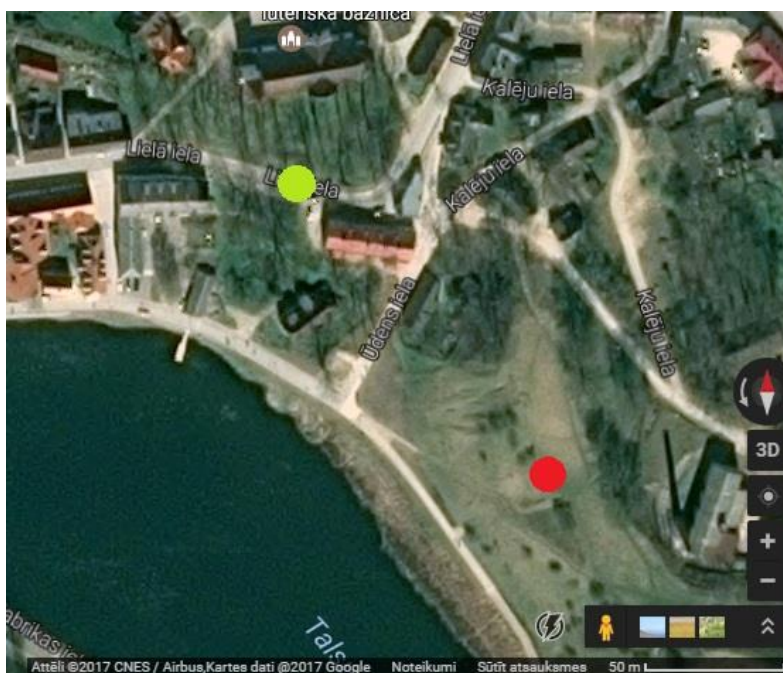
2.1.attēls. **Pirmā un sestā mērījumu vieta Uzvaras parkā** (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

2.2. attēlā redzama otrā mērījumu vieta, kas atradās Rīgā Arkādijas parkā pie Māras dīķa. Šī mērījumu veikšanas teritorija ir ar nelieliem reljefa paaugstinājumiem, tomēr tas tieši neietekmē mērījumu iegūšanu. Aptuvenais attālums starp mērījumu un uguņošanas ierīču atrašanās vietu ir 100 m. Mērījuma vietu no uguņošanas ierīču atrašanās vietas šķir ūdenstilpne. Šo mērījumu iegūšanas laikā nav faktoru, kas varētu ierobežot uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā.



2.2.attēls. Otrā mērījumu vieta Arkādijas parkā pie Māras dīķi (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

Trešā mērījumu vieta, kas redzama 2.3. attēlā, atradās Talsos pie Pilskalna/Talsu ezera. Teritorija ir samērā reljefaina, kas var ietekmēt mērījumu rezultātu iegūšanu. Uguņošanas ierīču atrašanās vieta atradās Pilskalna virsotnē, tas ir, aptuveni 30 m augstumā. Mērījumu veikšanas vieta atradās aptuveni 15 m zemāk par uguņošanas ierīču atrašanās vietu, kā arī attālums starp šīm vietām ir aptuveni 150 m. Vienīgais faktors, kas spētu ierobežot uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā, ir dzīvojamā ēka.



2.3.attēls. Trešā mērījumu vieta Talsos pie Pilskalna (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

2.4. attēlā parādīta ceturrtā mērījumu vieta, kas atradās Rīgā 11.novembra krastmalā netālu no Latvijas Okupācijas muzeja. Attālums starp mērījumu veikšanas un uguņošanas ierīču atrašanās vietu ir aptuveni 600 m, kā arī šīs vietas tiek nošķirtas ar upi. Šo mērījumu iegūšanai netika konstatēti šķēršļi, kas varētu samazināt uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā.



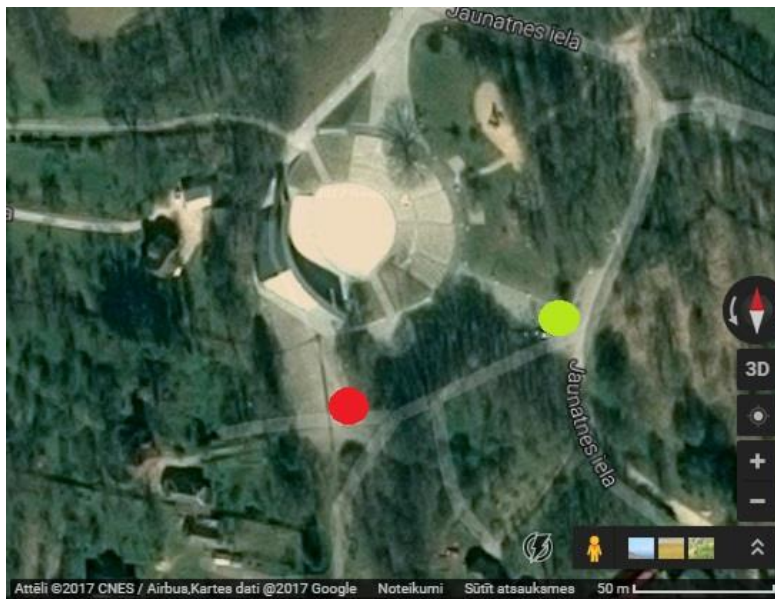
2.4.attēls. Ceturrtā mērījumu vieta Rīgā 11.novembra krastmalā (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

Piektā mērījumu vieta, kas attēlota 2.5. attēlā, atradās Rīgā pie Radisson Blu Daugava. Attālums starp mērījumu veikšanas un uguņošanas ierīču atrašanās vietu ir aptuveni 200 m, un tās šķir kanāls. Šo mērījumu iegūšanai netika konstatēti šķēršļi, kas varētu samazināt uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā.



2.5.attēls. **Piektā mērījumu vieta Rīgā pie Radisson Blu Daugava** (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

2.6. attēlā redzama septītā mērījumu vieta, kas atradās Talsos Sauleskalna estrādē. Teritorija ir samērā reljefaina, kas var ietekmēt mērījumu rezultātu iegūšanu. Sauleskalna estrāde un tai pieguļošā teritorija atrodas nelielā ieplakā, kas turpinās nedaudz dienvidu virzienā. Mērījumu veikšanas un uguņošanas ierīču atrašanās vieta tiek nodalīta ar ieplakas zemāko punktu, bet gan mērījumu veikšanas, gan uguņošanas ierīču atrašanās vietas atrodas ieplakas pretējo pušu paaugstinājumos. Attālums starp šīm vietām ir aptuveni 100 m. Ieplakas zemākā daļa ir apaugusi ar kokiem, kas varētu ierobežot uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā.



2.6.attēls. **Septītā mērījumu vieta Talsos Sauleskalna estrādē** (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

Astotā un devītā mērījumu vieta atradās Jelgavā Lielupes promenādē. Kā redzams 2.7. attēlā, tad uguņošanas ierīču atrašanās vieta abās reizēs bija nemainīga, atšķīrās tikai mērījumu veikšanas vietas. Astotā mērījumu vieta atradās aptuveni 200 m attālumā no uguņošanas ierīču atrašanās vietas, bet devītā – aptuveni 100 m.

Uguņošanas ierīču atrašanās vieta atradās uz ūdens, bet mērījumu vietas - krasta paaugstinājumos, līdz ar to, tad šajās mērījumu reizēs mērījumu vietas atradās augstāk nekā uguņošanas ierīču atrašanās vieta, kas iespējams var būt par iemeslu, lai uguņošanas radīto emisiju plūsmas kustību mērījumu veikšanas vietas virzienā būtu pastiprināta, jo nav nekādu šķēršļu, kas to spētu ierobežot. Austrumu virzienā no mērījumu vietām teritorija ir līdzena un ar koku apaugumu.



2.7.attēls. Astotā un devītā mērījumu vieta Jelgavā Lielupes promenādē (sagatavots pēc Google Maps, 2017)

Katra uguņošana atšķirās pēc ilguma, tādēļ katrā reizē veikto mērījumu skaits bija atkarīgs no uguņošanas ilguma. Neatkarīgi no uguņošanas ilguma, mērījumi tika veikti pirms uguņošanas, lai varētu noteikt fona līmeni PM daļiņām, kā arī pēc uguņošanas, lai novērtētu, cik ātri šīs daļiņas izkliedējas.

Mērījumi tika veikti ar daļiņu skaitītāju CEM DT 9881 (skat. 2.8. att.) dažāda izmēra aerodinamiskā izmēra daļiņām -, 0,3  $\mu\text{m}$ , 0,5  $\mu\text{m}$ , 1,0  $\mu\text{m}$ , 2,5  $\mu\text{m}$ , 5,0  $\mu\text{m}$  un, - 10  $\mu\text{m}$ . Iekārta izmantota arī mikroklimatisko parametru noteikšanai, mērīta gaisa temperatūra, relatīvais mitrums, rasas punkta temperatūra un mitrā termometra temperatūra. Gaisa parauga ņemšana notiek 21 sekundi, sūkņa jauda ir 2.83 l/min. Mērījumu nenoteiktība ir <5% uz 2 milj. daļiņām/m<sup>3</sup>.



2.8.attēls. **Daļiņu skaitītājs CEM DT 9881** (autores fotogrāfija)

Lāzera optisko daļiņu skaitītāja vispārīgais raksturojums:

1) Lāzeri un optiskās komponentes: lāzers ir vēlamais gaismas avots, jo tā gaisma ir singulārs viļņa garums, kuram raksturīga viena augstas intensitātes gaismas krāsa. Parasti lāzeri dod sarkanu, zaļu vai gandrīz infrasarkano gaismu. Šobrīd visplašāk tiek izmantotas lāzera diodes. Optiskās komponentes kolimē (starus paralēli) un koncentrē lāzera gaismu, lai lāzers apgaismotu daļiņu paraugu ņemšanas reģionu – skatīšanās telpu (angļu valodā - *viewing volume*). Izklīdēto gaismu savāc papildoptika un nosūta uz fotodetektoru.

2) Skatīšanās telpa (angļu valodā - *viewing volume*): maza izmēra tuvās un tālās plaknes nodalīta telpa, kuru izgaismo lāzers. Parauga vide (gaiss, šķidrums vai gāze) tiek iesūkņēta šajā telpā, kur lāzestaram caurgaismojot vidi, - tajā esošās daļiņas izklīdē (atstaro) gaismu, kuru fotodetektors identificē izklīdētas gaismas formā saistot ar avotiem (daļiņām).

3) Fotodetektors: elektriska ierīce, kas ir jutīga pret gaismu. Kad daļiņas izklīdē gaismu, fotodetektors identificē gaismas uzliesmojumus (zibšņus) un pārveido tos elektriskā signālā vai vibrācijā. Sīkās daļiņas izklīdē mazus gaismas uzliesmojumus un daļiņām ar lielākiem izmēriem šis uzliesmojums ir lielāks, izmantojot pastiprinātāju un noteiktu spraugumu, saņemtais optiskais signāls tiek konvertēts elektriskā signālā.

4) Uzliesmojuma intensitātes analizators: uzliesmojumi jeb signāli no fotodetektora nonāk šajā daļā, kur tiek pārbaudīti/analizēti uzliesmojuma lielumi un sadalīti pa atbilstošā izmēra kanāliem –

frakcijām, kuras satur datus par katru uzliesmojumu, un šie dati ir savstarpēji saistīti ar daļiņu izmēriem.

5) Melnā kaste (angļu valodā - *black box*) jeb atbalsta shēma (elektriskā) caurskata uzliesmojumu skaitu katrā tilpnē un pārveido informāciju par daļiņu datiem (Particle Measuring Systems, 2011).

Daļiņu skaitītājos izmantotajām optiskajām komponentēm sasniedzot daļiņas, notiek gaismas izkliede, ko var raksturot ar Releja un Mī teorijām par gaismas izkļiedes intensitāti. Releja teorija balstās uz molekulārās izkļiedes ideju un ir attiecināma tikai uz smalkām daļiņām. Šajā režīmā elektrmagnētiskais lauks ir vienmērīgi sadalīts attiecībā uz smalkajām daļiņām, un visi iesaistītie dipoli atstaro gaismu vienādi visos virzienos. Tādējādi izkļiedētās gaismas intensitāte nav atkarīga no leņķa, kādā krīt gaismas stars. Gaismas atstarošana rupjām daļiņām ir vairāk ģeometriskā parādība. Mī teorija ir piemērojama vidēja izmēra daļiņām, un parasti izmantojama aerosoliem, kas pēc savas formas un veida ir līdzīgi. Šajā gadījumā dipoli nav vienmērīgi sadalīti un ir nepieciešams aprēķināt vektoru summu, lai noteiktu kopējo atstarošanas intensitāti konkrētajā punktā. Šajā gadījumā liela nozīme ir leņķim, kādā krīt gaismas stars. Kopumā izkļiedētās gaismas intensitāte ir atkarīga no krītošā stara viļņa garuma, daļiņas atstarošanas indeksa, daļiņas izmēra un leņķa, kādā krīt gaisma (Webb, 2000; Optical Particle Counter, S. a.).

Datu ievākšanai izmantotais daļiņu skaitītājs dod iespēju novērtēt tikai skaitliskās vērtības jeb daļiņu apjomus sešos izmēru kanālos, tāpēc datu salīdzināmībai ar citiem pētījumiem, šie mērījumi tika pārrēķināti kā masas vienības tilpumā (koncentrācijā). Izmantotā pārrēķinu formula (Chen, Lin, 2010):

$$m(d_{pi}) = C_F \frac{\pi}{6} d_{pi}^3 n(d_{pi}), \quad (1)$$

kur  $i$  – daļiņu skaitītāja izmēru kanāla numurs,

$d_{pi}$  – vidējais aritmētiskais starp augšējo un apakšējo izmēru kanāla robežu,

$m(d_{pi})$  – masas koncentrācija attiecīgā izmēra kanālā,

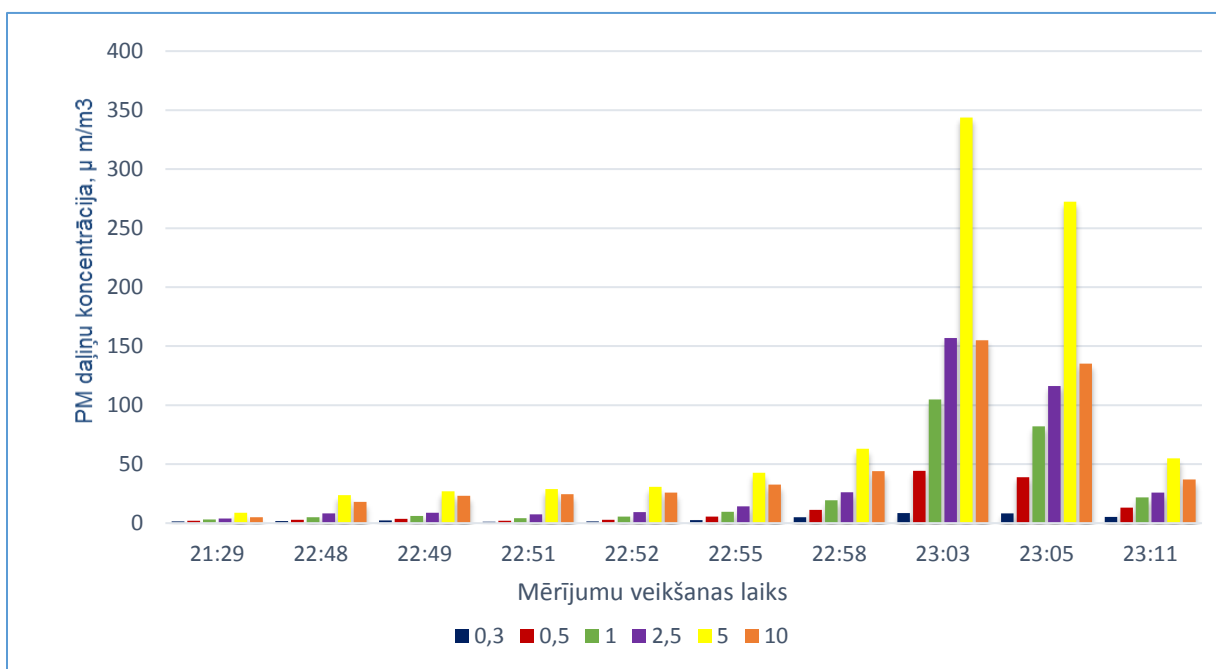
$n(d_{pi})$  – skaitliskā daļiņu koncentrācija attiecīgā izmēra kanālā,

$C_F$  – korekcijas koeficients (kas šajā tiek pieņemts kā nemainīgs, tas ir, 1,0).

### 3. REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Pētījuma gaitā ar daļiņu skaitītāju tika iegūti dati par cieto daļiņu (PM) mainību gaisā pirms, ugunošanas laikā, pēc tās, kā arī iegūti dati par meteoroloģiskajiem rādītājiem. 4. pielikumā ir aplūkoti visi iegūtie mērījumu rezultāti.

Pirmie mērījumi tika veikti 2016.gada 9.maijā Rīgā Uzvaras parkā. Ugunošanas laiks aptuveni 15 minūtes. 3.1. attēlā redzams, ka sākoties ugunošanai, pāris minūšu laikā PM daļiņu koncentrācija strauji pieaug. Salīdzinot fona mērījumus plkst. 21:29 un ugunošanas kulminācijas (pēdējie šāvieni) mērījumus 23:03, redzams, ka reižu ziņā, visvairāk palielinājušās PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>5</sub> un PM<sub>10</sub> daļiņas, attiecīgi 41, 39 un 32 reizes.



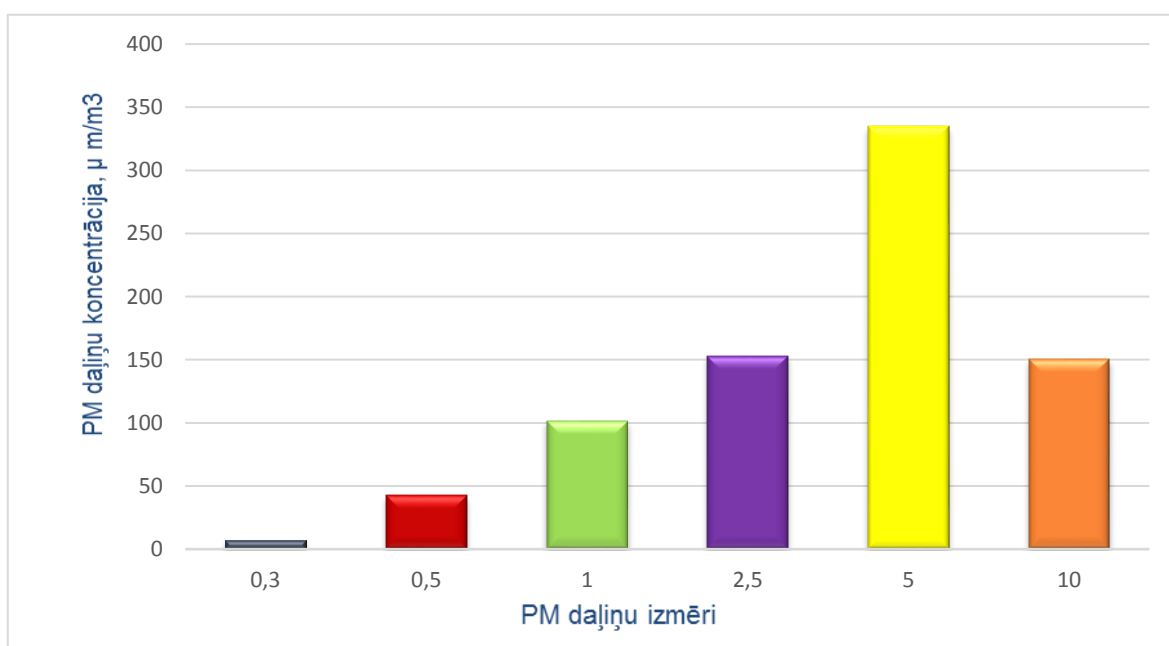
3.1.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Rīgā Uzvaras parkā (izstrādājusi autore)

Kā redzams 3.1. tabulā, tad vēja ātrums mērījumu veikšanas laikā ir bijis neliels, tikai 2 m/s, tomēr, pēc 3.1. attēla var spriest, ka arī ar nelielu vēja ātrumu, PM daļiņu koncentrācija pāris minūšu laikā spēj ātri izkļiedēties.

Vēja ātrums un virziens pirmo mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
09.05.16.	22:00-23:00	2	5	Z

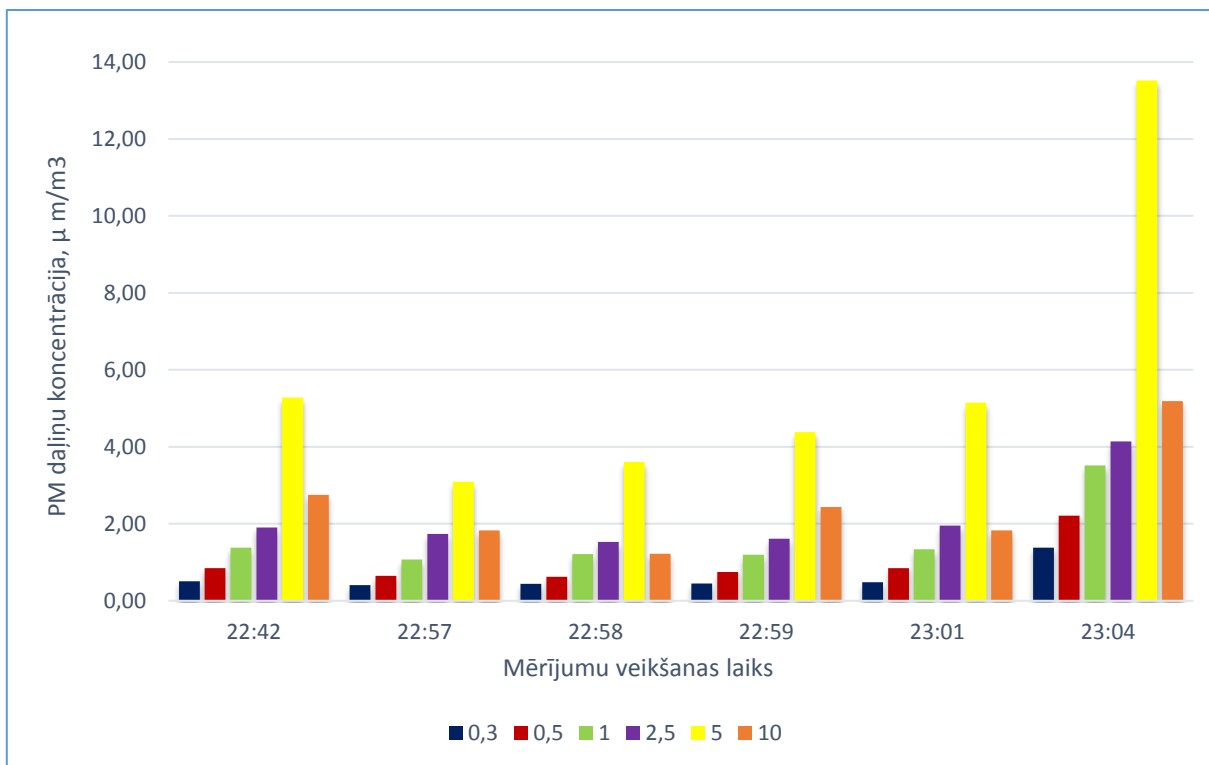
3.2. attēlā ir attēlots PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām. Uz šiem mērījumiem var attiecināt Pasaules Veselības organizācijas (PVO) rekomendētās PM<sub>2.5</sub> daļiņu robežvērtības, jo Latvijas likumdošanā nav izdalīta 24 h robežvērtība PM<sub>2.5</sub> daļiņām. Uguņošanas kulminācijas brīdī PM<sub>2.5</sub> (24h) daļiņas robežvērtības tiek pārsniegtas 6 reizes (robeža - 25 µg/m<sup>3</sup>). Kaut arī PM<sub>2.5</sub> daļiņu augstā koncentrācija ir tikai īstermiņa, pētījumi tāpat ir apliecinājuši, ka arī šāda ietekme ir pilnīgi pietiekama, lai ietekmētu sirdsdarbību, elpošanas un centrālo nervu sistēmu. Arī PM<sub>10</sub> daļiņu robežvērtības tiek pārsniegtas. Kulminācijas brīdī tās 3 reizes pārsniedz gan Latvijas, gan PVO noteiktās 24 h robežvērtības (robeža - 50 µg/m<sup>3</sup>).



3.2.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 09.05.16. (izstrādājusi autore)

Ņemot vērā, ka daudzos pētījumos PM daļiņas ar lielākiem diametriem (PM<sub>2.5-10</sub>) tiek ieskaitītas vienā PM daļiņu grupā – PM<sub>10</sub>, tad šīs grupas kopējā koncentrācija sanāk aptuveni 650 µg/m<sup>3</sup>, kas noteikto robežvērtību - 50 µg/m<sup>3</sup> – pārsniedz 13 reizes.

Otrie mērījumi tika veikti 2016. gada 21. maijā Rīgā pie Māras dīķi. Uguņošanas laiks aptuveni 5 minūtes. 3.3. attēlā redzams, ka šajā uguņošanā PM daļiņu koncentrācijas ir salīdzinoši zemākas, nekā pirmajā mērījumā. Atšķirībā no iepriekšējā mērījuma, šajā reizē uguņošanas kulminācijā PM daļiņu koncentrācijas nerasniedza savu maksimumu. Tas tika sasniegts dažas minūtes pēc uguņošanas beigām.



3.3.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Rīgā pie Māras dīķi (izstrādājusi autore)

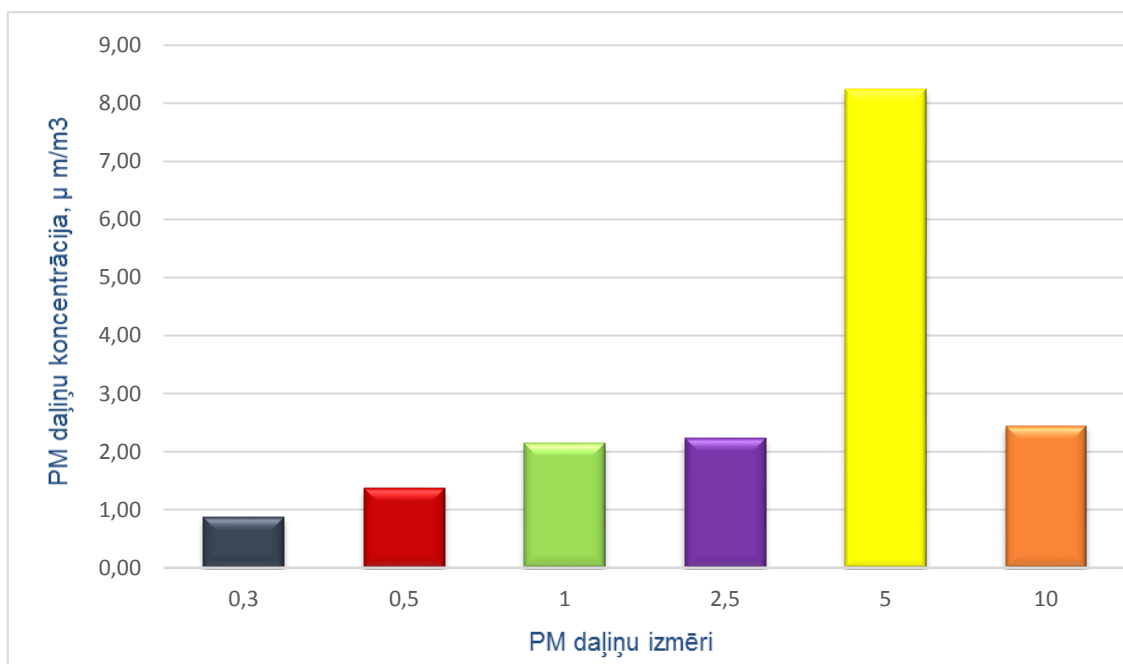
PM<sub>0.3</sub> daļiņu koncentrācija principā visu laiku bija fona koncentrāciju līmenī, tā paaugstinājās tikai pēc uguņošanas. PM<sub>0.5</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>2.5</sub> daļiņu koncentrācijas uguņošanas laikā nedaudz samazinājās salīdzinot ar fona koncentrācijām, bet pēc uguņošanas arī sasniedza savu maksimumu. PM<sub>5</sub> daļiņām tika novērots visizteiktākais koncentrāciju kāpums, kaut arī fona mērījumi bija augstāki nekā visu uguņošanas laiku, kas strauji paaugstinājās tikai pēc uguņošanas. PM<sub>10</sub> daļiņas cikliski paaugstinājās un pazeminājās.

Šajā reizē maksimālās koncentrācijas tika sasniegtas pāris minūtes pēc uguņošanas beigām, un, kā redzams 3.2. tabulā, vēja ātrums šo mērījumu laikā ir bijis tāds pats, kā pirmajā mērījuma reizē, taču ir bijuši kādi citi faktori, kas ietekmējuši koncentrāciju maksimumu sasniegt pēc uguņošanas beigām, nevis uguņošanas kulminācijas laikā.

Vēja ātrums un virziens otro mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
21.05.16.	22:00-23:00	2	305	RZR

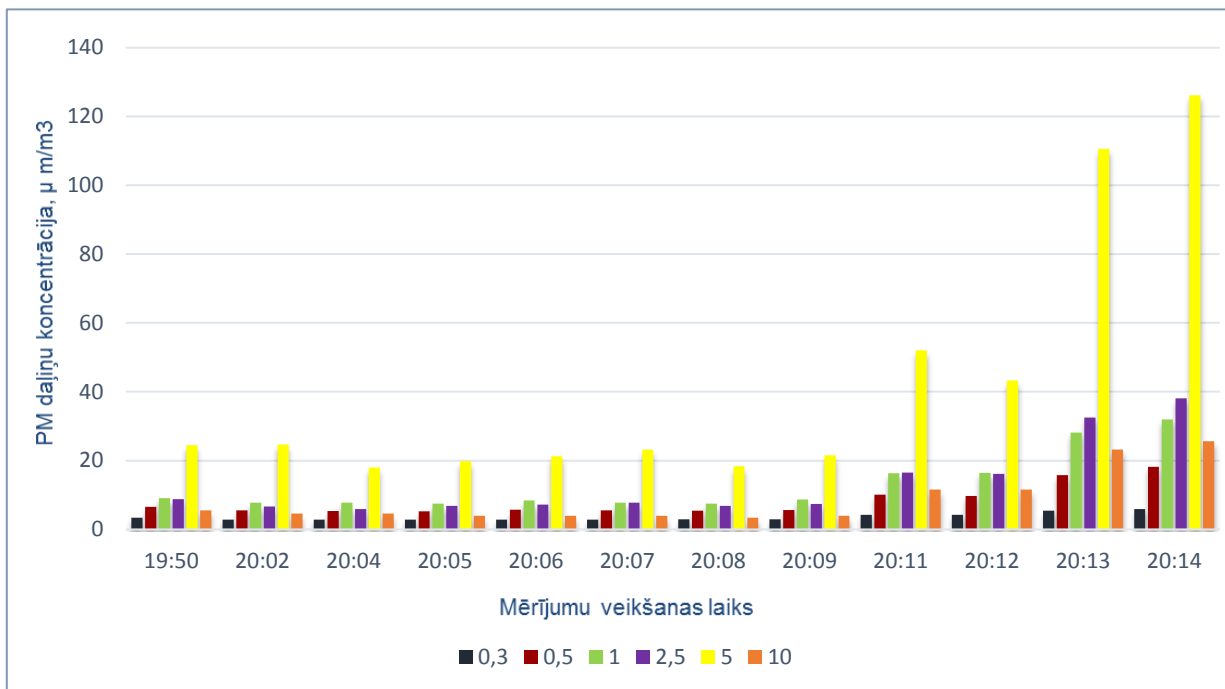
3.4. attēlā ir apskatāma PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona līmeni otrā mērījumu vietā. Šajā reizē redzams, ka nevienas robežvērtības nav pārsniegtas, arī saskaitot kopā PM<sub>10</sub> daļiņu grupu – aptuveni 13 µg/m<sup>3</sup>. Visticamāk tas ir saistāms ar uguņošanas īso laiku.



3.4.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 21.05.16. (izstrādājusi autore)

2016.gada 18.novembrī Talsos tika veikti trešie mērījumi. Uguņošanas laiks aptuveni 12 minūtes. 3.5. attēlā var redzēt, ka PM daļiņu koncentrācijas līdz pat 23:09 gandrīz neizmainās salīdzinājumā ar fona koncentrācijām. Tas ir skaidrojams ar mērījumu veikšanas atrašanās vietu, kā arī augstu meteoroloģiskā parametra - vēja ātruma – mainību. Skatoties pēc 3.3. tabulas, redzams, ka vēja ātrums mērījumu veikšanas laikā ir bijis pietiekami liels, lai uguņošanas laikā izdalītās emisijas tiktu ātri pārvietotas to rašanās augstumā un lielākos attālumos, un ņemot vērā arī faktu, ka uguņošanas vieta atradās ievērojami augstāk nekā mērījumu veikšanas vieta,

uguņošanas laikā izdalīto PM daļiņu patieso koncentrāciju lielumus tehniski nebija iespējams izmērīt šo dažādo faktoru sakritības dēļ.



3.5.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Talsos pie Pilskalna (izstrādājusi autore)

Tieši pirms uguņošanas kulminācijas šāvieniem vēja ātrums strauji samazinājās līdz aptuveni 1 m/s, līdz ar to, redzams, ka pašā kulminācijas brīdī (20:11) PM daļiņu koncentrācijas sāk paaugstināties, savu maksimumu sasniedzot nepilnas trīs minūtes pēc pēdējiem šāviņiem.

Salīdzinot fona koncentrācijas ar maksimālajām koncentrācijām, visvairāk reižu ir palielinājušās PM<sub>5</sub> un PM<sub>10</sub> daļiņas – attiecīgi 5 un 4 reizes.

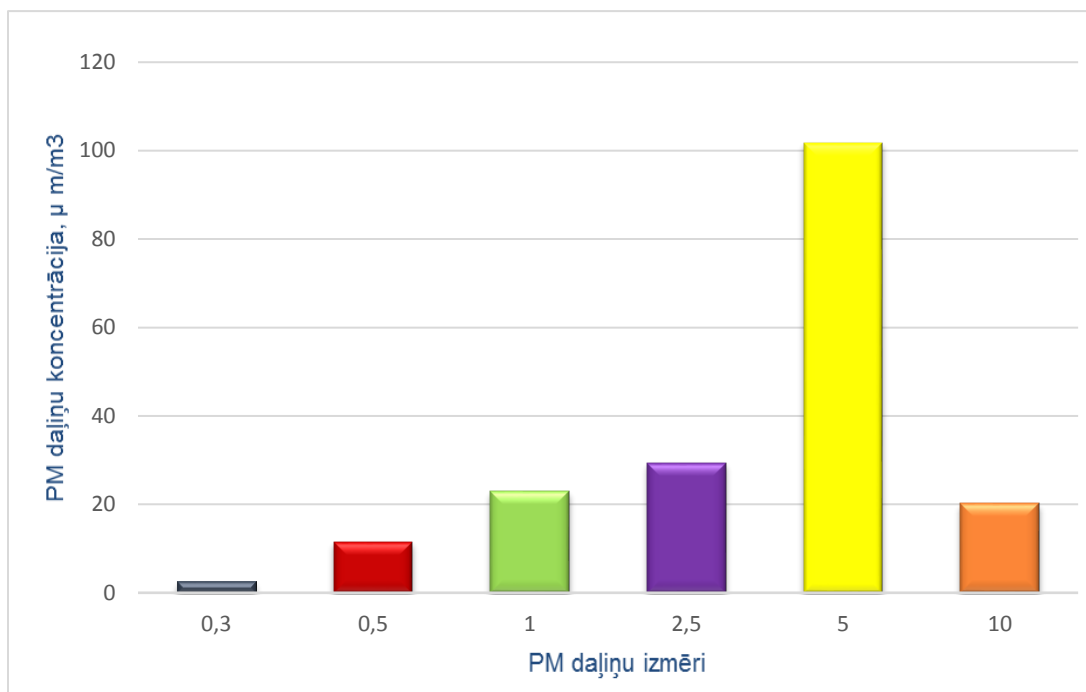
3.3.tabula

Vēja ātrums un virziens trešo mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
18.11.16.	20:00-21:00	8	180	D

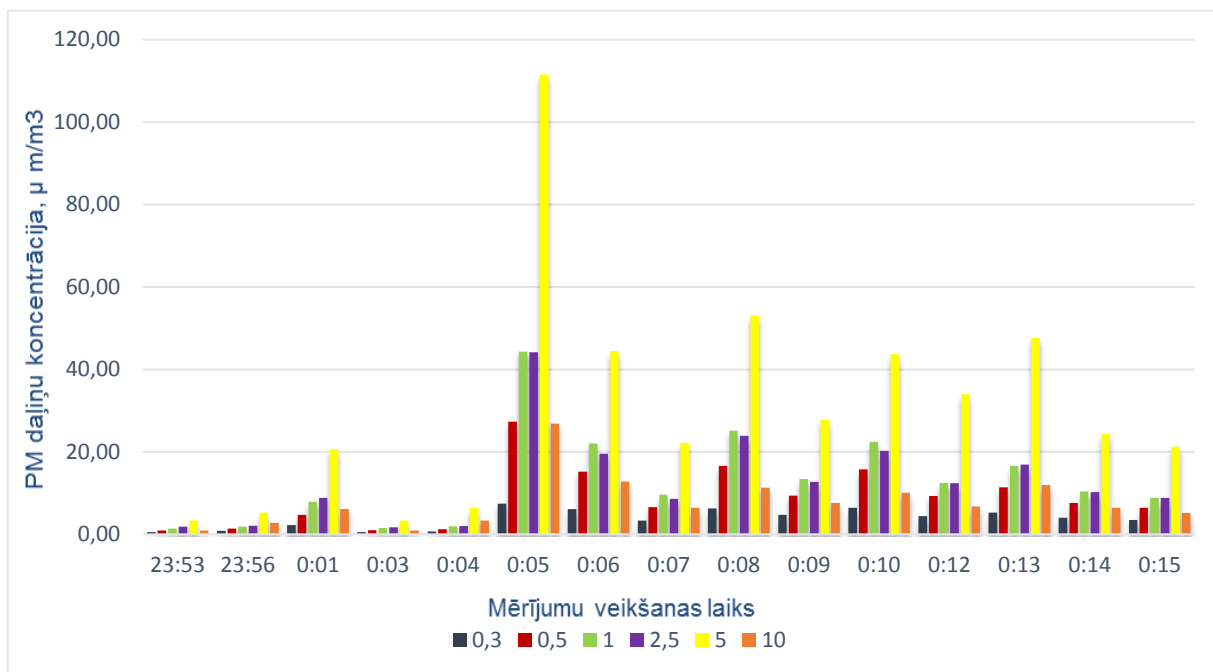
3.6. attēlā ir redzams, ka jau trešos mērījumus pēc kārtas, PM<sub>5</sub> koncentrācijas ir paaugstinājušās visvairāk. PM<sub>2.5</sub> daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām ir uzskatāms kā pārsniegums pēc PVO noteiktajām robežvērtībām. PM<sub>10</sub> daļiņu

koncentrācijas netiek pārsniegtas, taču skatoties pēc PM<sub>10</sub> daļiņu grupas, koncentrācijas tiek pārsniegtas – aptuveni 150 µg/m<sup>3</sup>, kas 3 reizes pārsniedz noteikto robežlielumu.



**3.6.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 18.11.16. (izstrādājusi autore)**

Ceturtais mērījums notika Jaungada naktī Rīgā 11.novembra krastmalā. Uguņošanas laiks aptuveni 14 minūtes. 3.7. attēlā redzams, ka fona koncentrācijas ir ļoti zemas. Pēc pirmajiem šāvieniem koncentrācijas nedaudz paaugstinās, bet robežvērtības vēl netiek pārsniegtas, taču pēc tam koncentrāciju lielums dažas minūtes samazinās atpakaļ fona līmenī, kas skaidrojams ar vēja ātruma mainību – palielināšanos attiecīgajās mērījumu minūtēs. Pēc 3.4. tabulas redzams, ka vēja ātrums ir 5 m/s. Jau 0:05 var redzēt, kā vēja ietekme ir stipri samazinājusies un PM koncentrācijas ir strauji paaugstinājušās un sasniegušas savu maksimumu šo mērījumu veikšanas laikā. Pēc šī maksimuma PM koncentrācijas cikliski palielinājās un samazinājās, kas būtu skaidrojams ar vēja ātruma lielāku vienmērīgumu.



3.7.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Rīgā 11.novembra krastmalā (izstrādājusi autore)

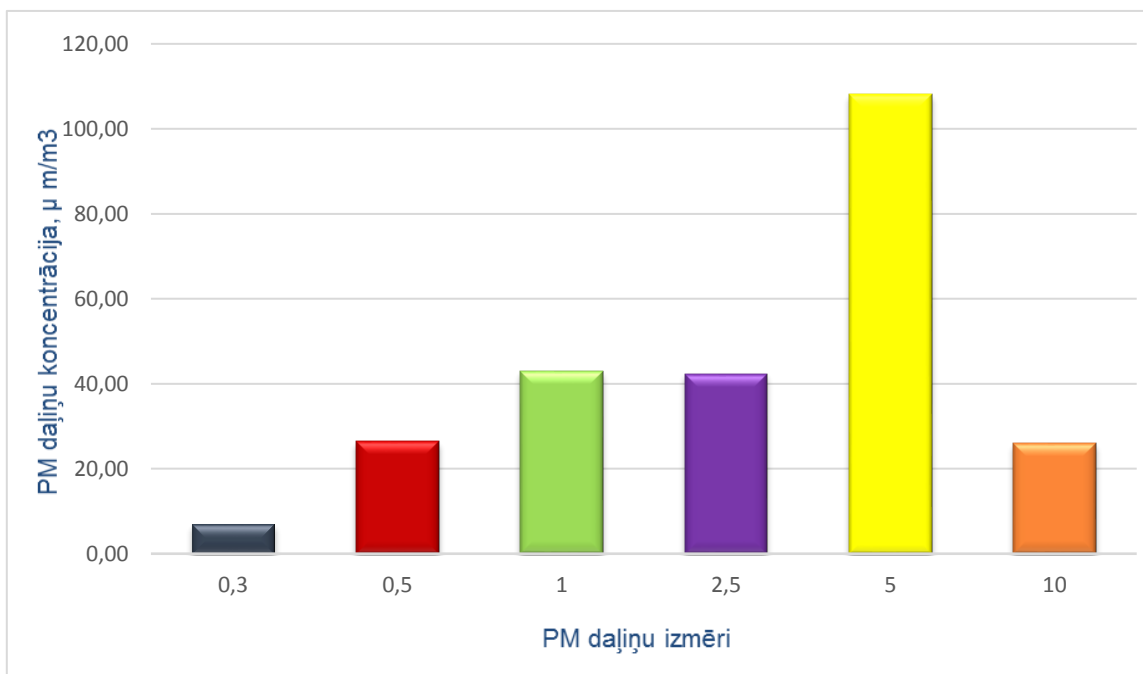
Salīdzinot fona koncentrācijas un PM daļiņu koncentrāciju maksimālās vērtības, visvairāk ir palielinājušās PM daļiņas ar lielākajiem diametru izmēriem – PM<sub>10</sub>, PM<sub>5</sub>, PM<sub>2.5</sub> un PM<sub>1</sub>, attiecīgi 29, 33, 24 un 31 reizi. Arī šajā reizē katrā mērijumu veikšanas laikā PM<sub>5</sub> daļiņas ir ar visaugstākajām koncentrācijām.

3.4.tabula

Vēja ātrums un virziens ceturto mērijumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

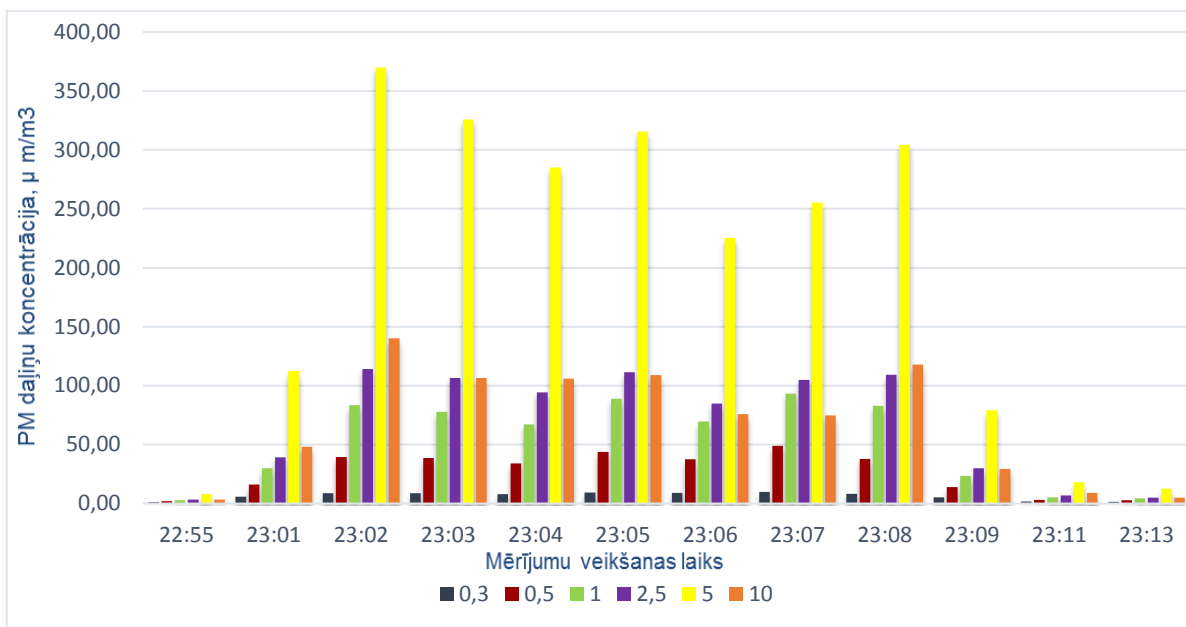
Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
31.12.16./01.01.17.	00:00-01:00	5	220	DR

Ņemot vērā piedāvātos PVO robežlielumus PM<sub>2.5</sub> daļiņām, pēc 3.8. attēla redzams, ka tās tiek pārkāptas gandrīz divas reizes, toties PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrāciju vērtības netiek pārsniegtas. Vērtējot pēc PM<sub>10</sub> daļiņu grupas, koncentrācija ir vairāk nekā 170 µg/m<sup>3</sup>, kas vairāk kā 3 reizes pārsniedz pieļaujamo robežlielumu, un vislielāko pienesumu dod tieši PM<sub>5</sub> daļiņas.



**3.8.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 31.12.16. (izstrādājusi autore)**

Piekto mērījumu rezultāti ir apskatāmi 3.9. attēlā. Šie mērījumi notika Rīgā pie Radisson Blu Daugava. Uguņošanas ilgums aptuveni 8 minūtes. Kā redzams, visu uguņošanas laiku PM koncentrācijas ir bijušas ļoti augstas. Tā kā šie mērījumi notika uguņošanas sacensību ietvaros, tad viss uguņošanas laiks tika veidots tā, lai tas atbilstu parasto svētku kulminācijas momentam – ar augstāko intensitāti.  $PM_{0,3}$  un  $PM_{0,5}$  daļiņu koncentrācijas uguņošanas laikā ir bijušas aptuveni nemainīgās koncentrācijās, pārējo PM daļiņu koncentrācijas ir cikliski mainījušās. Visaugstākās vērtības ir sasniegtas jau otrajā minūtē pēc uguņošanas sākuma.



3.9.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Rīgā pie Radisson Blu Daugava (izstrādājusi autore)

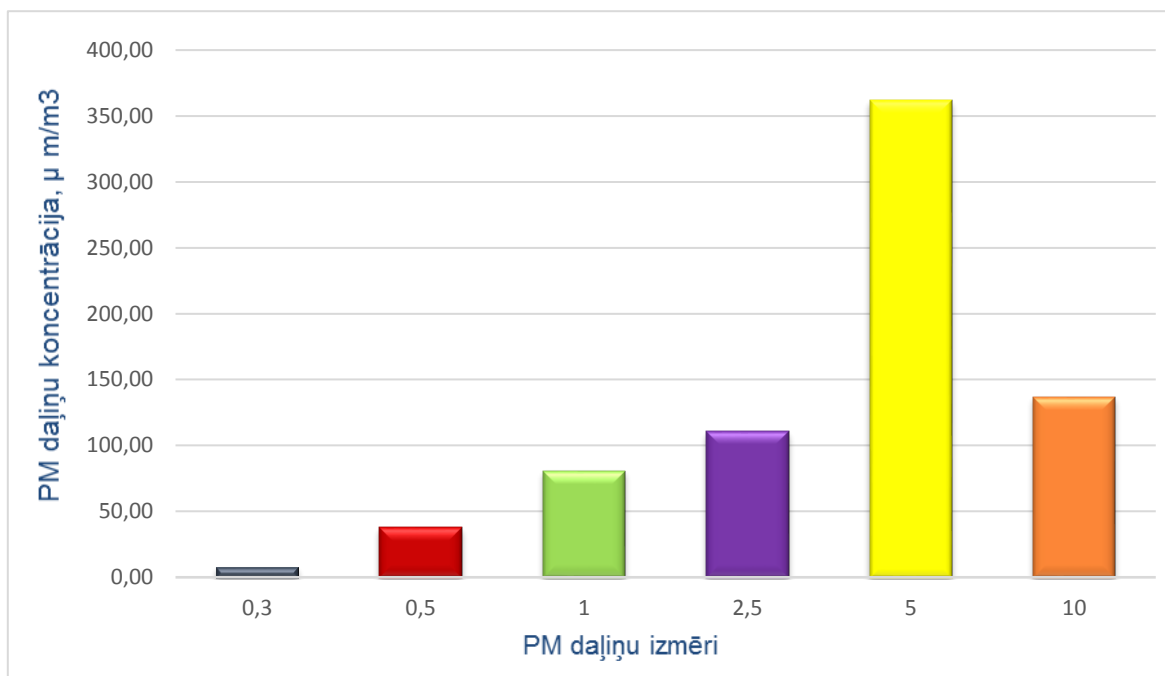
3.5. tabulā redzams, ka vēja ātrums ir bijis neliels – 3m/s, kā arī pēc tiešiem vietas novērojumiem, tas bija mērens, tādēļ nav būtiski ietekmējis mērījumu rezultātu iegūšanu.

3.5.tabula

Vēja ātrums un virziens piekto mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

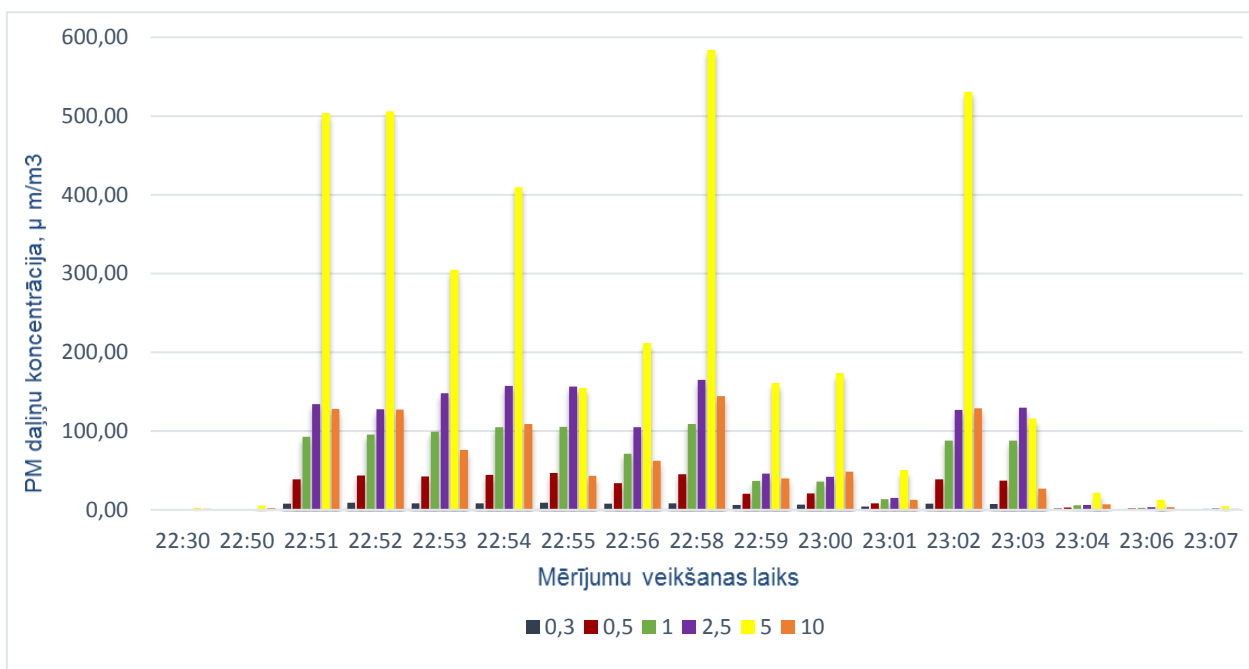
Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
04.05.17.	23:00-00:00	3	40	ZA

PM daļiņu koncentrāciju palielinājumi, kas attēloti 3.10. attēlā, ir ievērojami augstāki. PM<sub>2.5</sub> un PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrāciju robežlielumi ir pārsniegti vairāk kā 4 un 3 reizes. Ja skatās pēc PM<sub>10</sub> daļiņu grupas, tad koncentrācija sasniedz vairāk kā 600 µg/m<sup>3</sup>, kas noteikto robežlielumu pārsniedz 12 reizes. Uz šiem mērījumiem noteikti varētu attiecināt īstermiņa faktorus, kas ietekmē veselību, jo pat sīkāko PM daļiņu koncentrācijas ir ievērojami augstas, kas palielina iespēju, ka daļiņas nonāks elpceļu tālākajās daļās.



**3.10.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 04.05.16. (izstrādājusi autore)**

Sestie mērījumi notika Rīgā Uzvaras parkā. Uguņošanas ilgums aptuveni 14 minūtes. Pēc 3.11. attēla redzams, ka uguņošanas mērījumu rezultāti ir ar ļoti augstām koncentrācijām un fona koncentrācijas attiecībā uz šiem rezultātiem ir niecīgas. Jau pašā uguņošanas sākumā PM<sub>5</sub> daļiņu koncentrācija palielinās līdz pat 600 µg/m<sup>3</sup>. Vairākas minūtes visu PM daļiņu koncentrācijas ir ļoti augstas, savu maksimumu sasniedzot 22:58. Pēc tam vērojams salīdzinoši liels koncentrāciju kritums un tad atkal vienu minūti pirms pēdējiem šāviņiem PM koncentrācijas strauji pieaug. Sasniedzot teorētisko kulminācijas brīdi, koncentrācijas ir salīdzinoši zemas un pāris minūšu laikā pēc uguņošanas beigām PM daļiņu koncentrācijas ir aptuveni atgriezušās fona koncentrāciju līmenī.



3.11.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Rīgā Uzvaras parkā (izstrādājusi autore)

Ņemot vērā 3.6. tabulā norādīto vēja ātrumu, tad šajā mērījumu reizē vējš nav bijis tas faktors, kas tik īsā laikā spējis izkliedēt lielo uguņošanas laikā radīto emisiju apjomu.

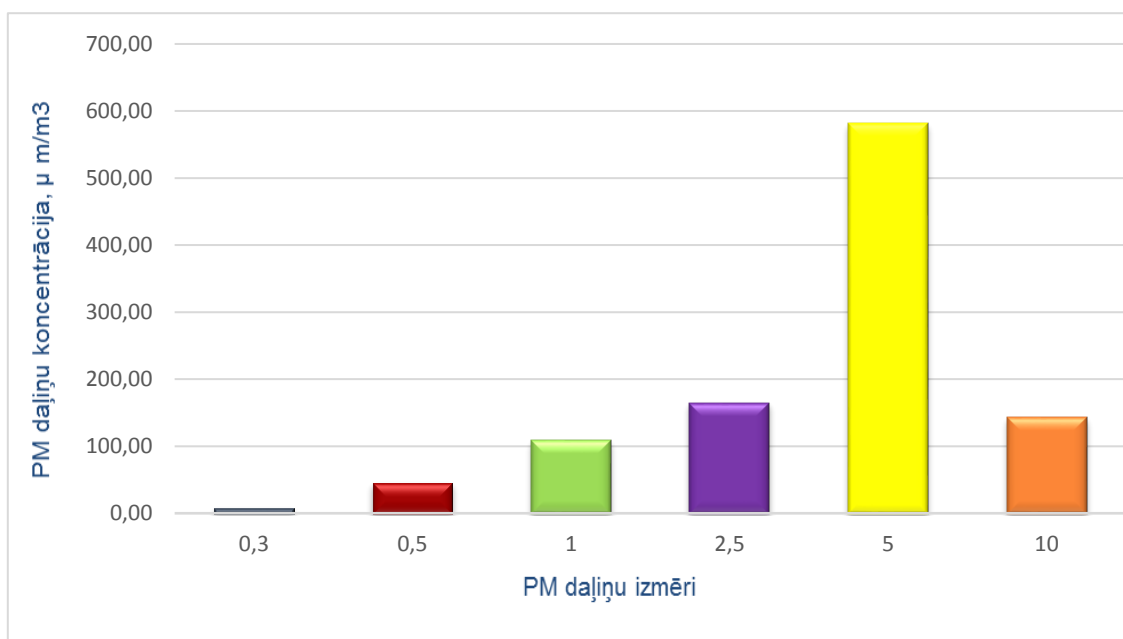
3.6.tabula

Vēja ātrums un virziens sesto mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
09.05.17.	22:00-23:00	2	345	Z

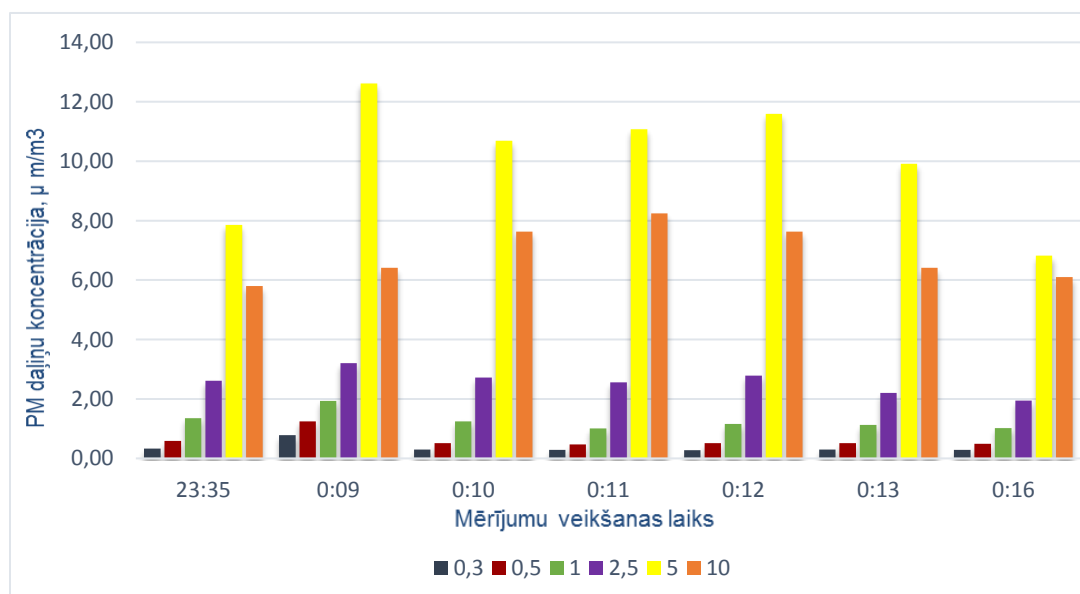
Salīdzinot maksimāli sasniegtās koncentrācijas ar fona koncentrācijām, kas attēlotas 3.12. attēlā, redzams, ka PM<sub>5</sub> daļiņu koncentrācija arī šajos mērījumos tiek uzrādīta kā augstākā.

PM<sub>2.5</sub> daļiņu koncentrācija vairāk nekā 6 reizes pārsniedz Pasaules Veselības Organizācijas rekomendēto robežvērtību 24 h. PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrācija robežvērtību pārsniedz gandrīz 3 reizes. Ja ņem vērā kopējo PM<sub>10</sub> daļiņu grupu, tad koncentrācija sasniedz aptuveni 893 µg/m<sup>3</sup>, kas robežvērtību pārsniedz gandrīz 18 reizes. Neapšaubāmi, ka ar šādu robežvērtības pārsniegumu, arī īstermiņa ietekme no uguņošanas radītajām emisijām spēj atstāt ietekmi uz cilvēku veselību, jo īpaši tiem cilvēkiem, kuri jau cieš no elpceļu slimībām.



3.12.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 09.05.16. (izstrādājusi autore)

2017.gada 20.maijā tika veikti septiņi mērījumi Talsos Sauleskalna estrādē. Uguņošanas ilgums aptuveni 5 minūtes. Kā redzams 3.13. attēlā fona koncentrācijas ir bijušas jau salīdzinoši augstas attiecībā pret uguņošanas laikā esošajām koncentrācijām, kas skaidrojamas ar to, ka šajā laikā Sauleskalnā notika Talsu rallija noslēguma balle. Uguņošanas laikā koncentrācijas ir nedaudz paaugstinājušās, taču būtiski kāpumi netika novēroti.



3.13.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Talsos Sauleskalna estrādē (izstrādājusi autore)

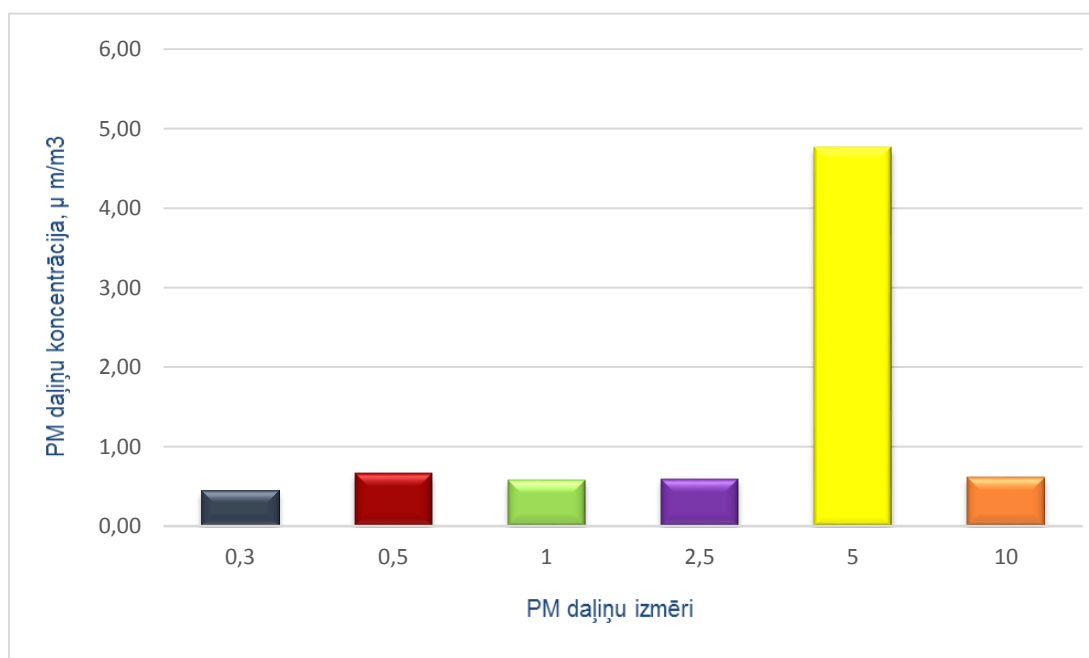
Ņemot vērā mērījumu teritorijas īpatnības (atrašanās ieplakā), kas aprakstītas 2.nodaļā pie materiāliem un metodēm, nebija iespējams paredzēt to, ka teritorijas augstākajā daļā vēja ātrums ir pietiekami liels, kas redzams 3.7. tabulā, lai atkārtotos situācija, kāda bija trešajā mērījumu reizē. Atrodoties tiešajā mērījumu vietā tika novērots bezvējš, līdz ar to tika izvēlēta tuvākā pieejamā vieta, lai veiktu mērījumus. Ņemot vērā šos iemeslus, iespējams mērījumu rezultāti būtu ar augstākām koncentrācijām, ja teritorijas augšējā daļā nebūtu tāds vēja ātrums.

3.7.tabula

**Vēja ātrums un virziens septīto mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)**

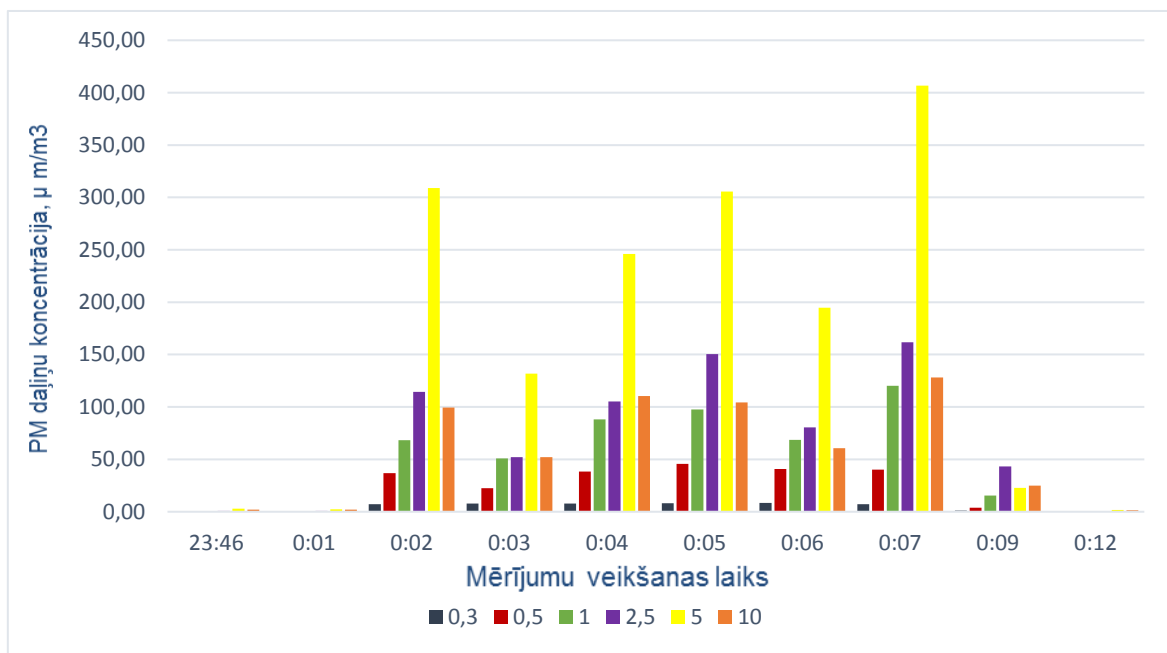
Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
20.05.17./21.05.17.	00:00-01:00	4	11	Z

Iepriekš minēto faktoru dēļ PM daļiņu koncentrācijas netika pārsniegtas, kas redzams arī 3.14. attēlā. Tomēr tāpat ir novērojama tendence, ka PM<sub>5</sub> daļiņu koncentrācija ir visaugstākā salīdzinot ar pārējo PM daļiņu koncentrācijām.



3.14.attēls. **PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 20.05.16.** (izstrādājusi autore)

Astotā mērījumu vieta atradās Jelgavā Lielupes promenādē. Uguņošanas ilgums aptuveni 6 minūtes. 3.15. attēlā redzams, ka fona koncentrācijas ir tādas pašas, kādas pirmajā uguņošanas minūtē, taču pēc tam notiek straujš PM daļiņu koncentrāciju pieaugums, savu maksimumu sasniedzot minūti pēc uguņošanas beigām.



3.15.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Jelgavā Lielupes promenādē (izstrādājusi autore)

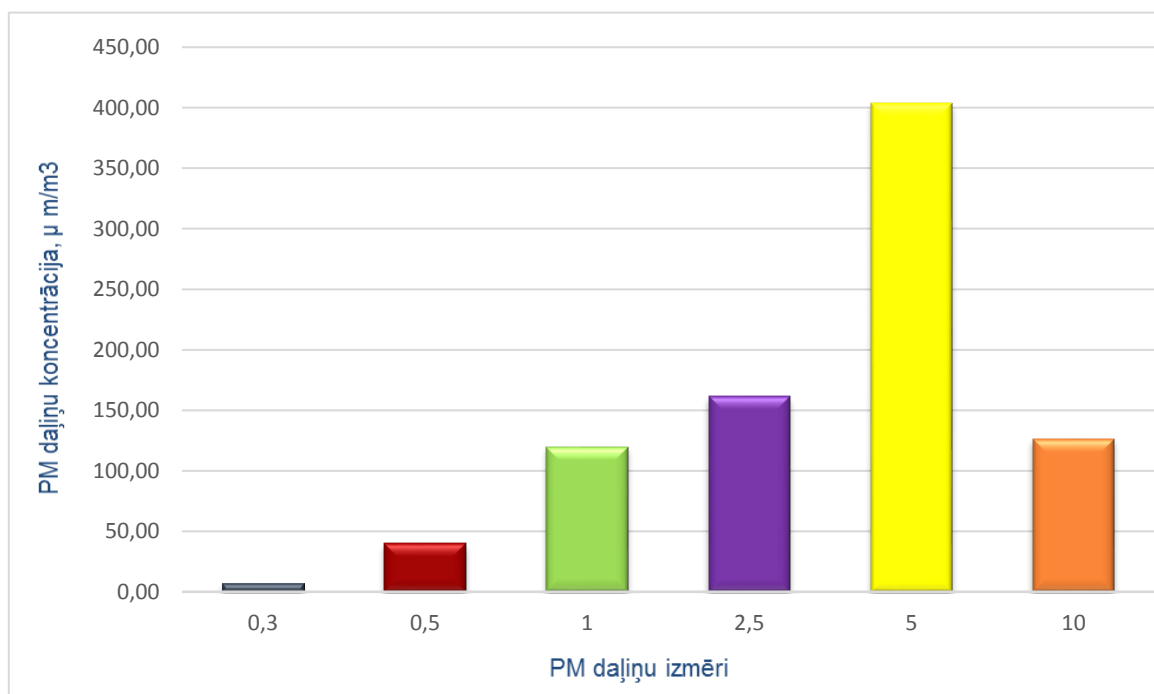
Šajā uguņošanas reizē pati uguņošana bija samērā zemu, kā arī tā atrašanās vieta bija zemāka par mērījumu vietu, līdz ar to, izteiktāk varēja novērot kā uguņošanas rezultātā radušos emisiju plūsma pārvietojas iedzīvotāju atrašanās augstumā. Papildus tam vēja ātrums bija pavisam neliels, 2 m/s, kā redzams 3.8. tabulā, līdz ar to šī emisiju plūsma pārvietojās lēni un iedzīvotāji nosacīti ilgāk bija pakļauti šādam piesārņojumam, lai gan tāpat tā ir atzīmējama kā īstermiņa ietekme.

3.8.tabula

Vēja ātrums un virziens astoto mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

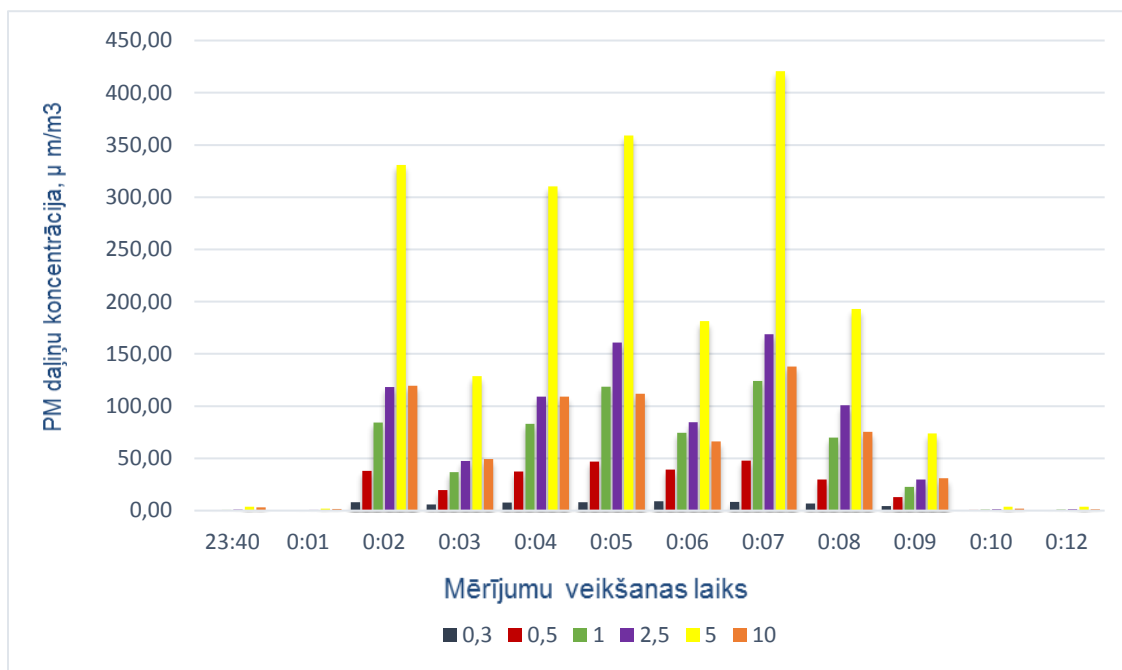
Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
26.05.17./27.05.17.	00:00-01:00	2	304	RZR

Šajā mērījumu reizē PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām ir ievērojami liels, kas redzams arī 3.16. attēlā. Gan PM<sub>2,5</sub>, gan PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrāciju robežlielumi tiek pārsniegti, attiecīgi PM<sub>2,5</sub> vairāk nekā 6 reizes, bet PM<sub>10</sub> 2 reizes. Ņemot vērā PM<sub>10</sub> daļiņu grupu, koncentrācija kopsummā sasniedz gandrīz 700 µg/m<sup>3</sup>, kas gandrīz 14 reizes pārsniedz gan Latvijas normatīvajos aktos noteiktās robežvērtības, gan arī Pasaules Veselības organizācijas norādītās robežvērtības.



**3.16.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 26.05.16. (izstrādājusi autore)**

Pēdējie mērījumi arī notika Jelgavā Lielupes promenādē, tikai mērījumu vieta nedaudz atšķīrās. Uguņošanas laiks aptuveni 7 minūtes. Arī šajā mērījumu reizē tāpat kā iepriekšējā mērījuma reizē pirmā minūte pēc uguņošanas sākuma sakrīt ar fona koncentrācijām un pēc tam ir redzams liels PM daļiņu koncentrāciju pieaugums, ko var aplūkot 3.17. attēlā.



3.17.attēls. PM daļiņu koncentrācijas Jelgavā Lielupes promenādē (izstrādājusi autore)

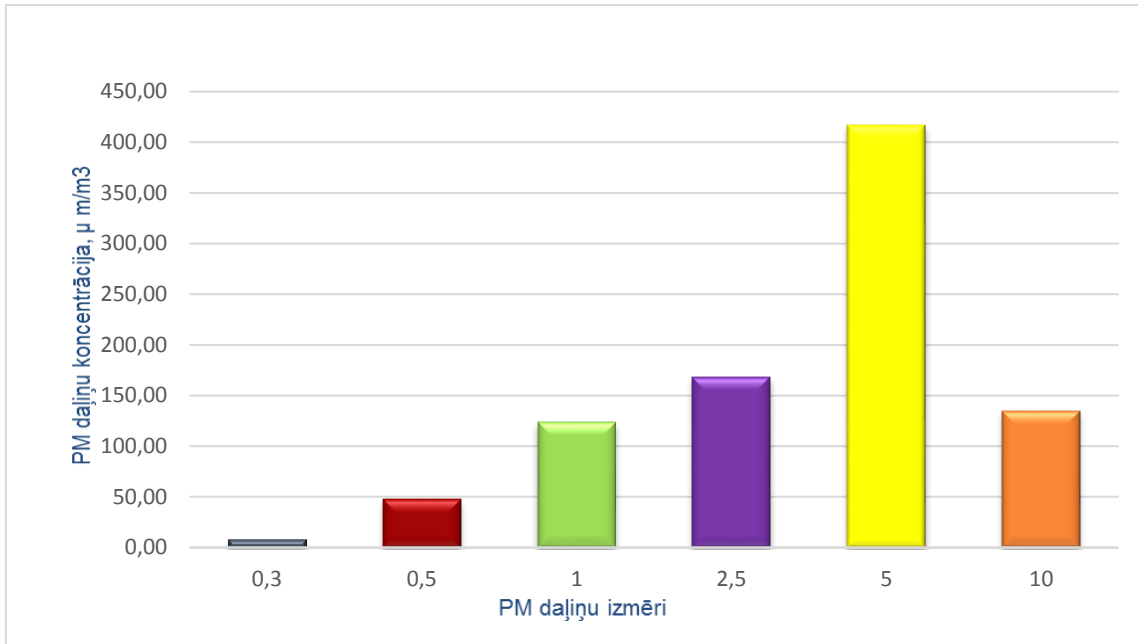
3.9. tabulā norādīts, ka vēja ātrums pēc meteostacijas datiem mērījumu veikšanas laikā ir bijis 4 m/s, taču pēc vietas novērojumiem tas bija aptuveni 1 līdz 2 m/s. Līdz ar to kopsummā iegūtie rezultāti ir līdzīgi kā astotajā mērījumu reizē.

3.9.tabula

Vēja ātrums un virziens devīto mērījumu veikšanas laikā (izstrādājusi autore)

Datums	Laiks	Vēja ātrums, m/s	Vēja virziens, grādos	Vēja virziens
27.05.17./28.05.17.	00:00-01:00	4	258	RDR

Kā redzams 3.18. attēlā, arī šajā mērījumu reizē tāpat kā iepriekšējā mērījumu reizē PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām ir ievērojami liels. Gan PM<sub>2,5</sub>, gan PM<sub>10</sub> daļiņu koncentrāciju robežlielumi tiek pārsniegti, attiecīgi PM<sub>2,5</sub> vairāk nekā 6 reizes, bet PM<sub>10</sub> 2,5 reizes. Ņemot vērā PM<sub>10</sub> daļiņu grupu, koncentrācija kopsummā ir vairāk nekā 700 µg/m<sup>3</sup>, kas vairāk nekā 14 reizes pārsniedz gan Latvijas normatīvajos aktos noteiktās robežvērtības, gan arī Pasauls Veselības organizācijas norādītās robežvērtības.



**3.18.attēls. PM daļiņu koncentrāciju palielinājums attiecībā pret fona koncentrācijām, 27.05.16. (izstrādājusi autore)**

## SECINĀJUMI

1. Pirotehnisko līdzekļu lietošanas rezultātā radušais augstais lavveida piesārņojums formāli likumdošanā netiek reglamentēts, attiecīgi tā radītā īstermiņa ietekme, neskatoties uz specifisku piesārņojuma veidu - daļiņām ar augstu kancerogēnu saturu, līdz šim atsevišķās valstīs vērtēta tikai epizodiski.

2. Bieži vien precīzs aerosolu sastāvs, kas rodas uguņošanas laikā un sasniedz piezemes slāni nav zināms, jo faktiski ir neiespējami nodalīt fona piesārņojuma daļiņas no pirotehnisko līdzekļu lietošanas daļiņām; kā piemērotākais indikators no citu zinātnieku puses tiek piedāvāts kontrolēt/mērīt stroncija saturu cietajās daļiņās, jo citi ķīmiskie elementi (Ca, Ba, Na, Cu un citi), kuri tiek izmantoti pirotehnisko līdzekļu sastāvā var nonākt atmosfērā arī citu saimniecisko aktivitāšu rezultātā.

3. Saskaņā ar iegūtajiem rezultātiem, uguņošanas laikā būtiski paaugstinājās cieto daļiņu ar aerodinamisko diametru 5 mikroni koncentrācija, kas ļauj secināt, ka atmosfērā no šiem procesiem nonāk tieši šāda izmēra daļiņas; kopumā visās mērījumu veikšanas epizodēs konstatēts īslaicīgs, bet ekstremāli augsts kopējā cieto daļiņu ( $PM_{10}$ ) piesārņojuma līmenis, dažos gadījumos tas pārniedz noteikto normatīvu pat 10 reizes.

4. Tika novērots, ka uguņošanas laikā PM daļiņu koncentrācijas strauji paaugstinās, taču jau pāris minūtes pēc uguņošanas beigām PM daļiņu koncentrācijas atgriežas fona koncentrāciju līmenī, kas arī apliecina salīdzinoši lielās frakcijas īpatsvaru; tika novērots, ka būtiska ietekme ir meteoroloģiskajiem apstākļiem - vēja ātrumam, vēja virzienam.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

### Publicētie avoti

Apvienoto Nāciju Organizācija. 2012. *Eiropas Nolīgums par bīstamo kravu starptautiskiem pārvadājumiem ar autotransportu (ADR) I sējums*. Ņujorka un Ženēva. Atsauce tekstā: (ANO, 2012).

Azhagurajan, A., Selvakumar, N. 2014. *Impact of nano particles on safety and environment for fireworks chemicals*. Process Safety and Environmental Protection 92 ( 2 0 1 4 ) 732–738. Atsauce tekstā: (Azhagurajan et al., 2014).

Caballero, S., Galindo, N., Castaner, R., Gimenez, J., Crespo, J. 2015. *Real-Time Measurements of Ozone and UV Radiation during Pyrotechnic Displays*. Aerosol and Air Quality Research 15 (2015) 2150–2157. Atsauce tekstā: (Caballero et al., 2015).

Camilleri, R., Vella, A. J. 2010. *Effect of fireworks on ambient air quality in Malta*. Atmospheric Environment 44 (2010) 4521-4527. Atsauce tekstā: (Camilleri, Vella, 2010).

Chen, K., Wu, H., Lin, C., Lin, C.H. 2013. *Screening of inorganic gases released from firework-rockets by a gas chromatography/whistle-accelerometer method*. Journal of Chromatography A, 1305 (2013) 230– 233. Atsauce tekstā: (Chen et al., 2013).

Cheng, Y.-H., Lin, Y.-L. 2010. *Measurement of Particle Mass Concentrations and Size Distributions in an Underground Station*. Aerosol and Air Quality Research 10 (1), 22 – 29. Atsauce tekstā: (Cheng, Lin, 2010).

Conkling, J. A. 1985. *Chemistry of pyrotechnics: basic principles and theory*. New York, MARCEL DEKKER, INC. Atsauce tekstā: (Conkling, 1985).

EEA. 2015. *Air quality in Europe — 2015 report*. Luxembourg, Publications Office of the European Union. Atsauce tekstā: (EEA, 2015).

Ganguly, N. D. 2015. *Short term change in relative humidity during the festival of Diwali in India*. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 129 (2015) 49–54. Atsauce tekstā: (Ganguly, 2015).

Grand View Research Inc. 2016. *USA Explosives Market Analysis And Segment Forecasts To 2024*. Atsauce tekstā: (Grand View Research Inc, 2016).

Kamp, D., McKendry, I., Wong, M., Stull, R. 2008. *Lidar ceilometer observations and modeling of a fireworks plume in Vancouver, British Columbia*. Atmospheric Environment 42 (2008) 7174–7178. Atsauce tekstā: (Kamp et al., 2008).

Lancaster, R. 1998. *FIREWORKS: Principles and Practise 3rd Edititon*. New York, CHEMICAL PUBLISHING CO., INC. Atsauce tekstā: (Lancaster, 1998).

Li, W., Shi, Z., Yan, C., Yang, L., Dong, C., Wang, W. 2013. *Individual metal-bearing particles in a regional haze caused by firecracker and firework emissions*. Science of the Total Environment 443 (2013) 464–469. Atsauce tekstā: (Li et al., 2013).

Martin-Alberca, C., Garcia-Ruiz, C. 2014. *Analytical techniques for the analysis of consumer fireworks*. Trends in Analytical Chemistry 56 (2014) 27–36. Atsauce tekstā: (Martin-Alberca et al., 2014).

Martin-Alberca, C., Zapata, F., Carrascosa, H., Ortega-Ojeda, F. E., Garcia-Ruiz, C. 2016. *Study of consumer fireworks post-blast residues by ATR-FTIR*. Talanta 149 (2016) 257–265. Atsauce tekstā: (Martin-Alberca et al., 2016).

Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Amato, F., Pey, J., Pandolfi, M., Kuenzli, N., Bouso, L., Rivera, M., Gibbons, W. 2010. *Effect of fireworks events on urban background trace metal aerosol concentrations: Is the cocktail worth the show?* Journal of Hazardous Materials 183 (2010) 945–949. Atsauce tekstā: (Moreno et al., 2010).

Moreno, T., Querol, X., Alastuey, A., Minguillon, M. C., Pey, J., Rodriguez, S., Miro, J. V., Felis, C., Gibbons, W. 2007. *Recreational atmospheric pollution episodes: Inhalable metalliferous particles from firework displays*. Atmospheric Environment 41 (2007) 913–922. Atsauce tekstā: (Moreno et al., 2007).

Nishanth, T., Praseed, K. M., Rathnakaran, K., Satheesh Kumar, M. K., Ravi Krishna, R., Valsaraj, K. T. 2012. *Atmospheric pollution in a semi-urban, coastal region in India following festival seasons*. Atmospheric Environment 47 (2012) 295–306. Atsauce tekstā: (Nishanth et al., 2012).

Parkhi, N., Chate, D., Ghude, S. D., Peshin, S., Mahajan, A., Srinivas, R., Surendran, D., Ali, K., Singh, S., Trimbake, H., Beig, G. 2015. *Large inter annual variation in air quality during the annual festival 'Diwali' in an Indian megacity*. Journal of Environmental Sciences (2015). Atsauce tekstā: (Parkhi et al., 2015).

Pervez, S., Chakrabarty, R. K., Dewangan, S., Watson, J. G., Chow, J. C., Matawle, J. L. 2016. *Chemical speciation of aerosols and air quality degradation during the festival of lights (Diwali)*. Atmospheric Pollution Research 7 (2016) 92–99. Atsauce tekstā: (Pervez et al., 2016).

Russell, M. S. 2009. *The Chemistry of Fireworks 2nd Edition*. Cambridge, The Royal Society of Chemistry. Atsauce tekstā: (Russell, 2009).

Salatino, K. 1997. *Incendiary Art: the representation of fireworks in early moder Europe*. Los Angeles, The Getty Research Institute for History of Art and the Humanities. Atsauce tekstā: (Salatino, 1997).

Sarkar, S., Khillare, P. S., Jyethi, D. S., Hasan, A., Parween, M. 2010. *Chemical speciation of respirable suspended particulate matter during a major firework festival in India*. Journal of Hazardous Materials 184 (2010) 321–330. Atsauce tekstā: (Sarkar et al., 2010).

- Schmid, P., Bogdal, C., Wang, Z., Azara, V., Haag, R., von Arx, U. 2014. *Releases of chlorobenzenes, chlorophenols and dioxins during fireworks*. *Chemosphere* 114 (2014) 158–164. Atsauce tekstā: (Schmid et al., 2014).
- Schneider, J., Nagl, C., Read, B. 2014. *EU Air Quality Policy and WHO Guideline Values for Health*. European Union. Atsauce tekstā: (Schneider et al., 2014).
- Seidel, D. J., Birnbaum, A. N. 2015. *Effects of Independence Day fireworks on atmospheric concentrations of fine particulate matter in the United States*. *Atmospheric Environment* 115 (2015) 192-198. Atsauce tekstā: (Seidel, Birnbaum, 2015).
- Selvakumar, N., Azhagurajan, A., Sheikmohamed, P., Suresh, A. 2013. *Ballistic behaviour of gun powder and flash powder for firework chemicals as a function of particle sizes*. *Measurement* 46 (2013) 3202–3210. Atsauce tekstā: (Selvakumar et al., 2013).
- Shi, Y., Zhang, N., Gao, J., Li, X., Cai, Y. 2011. *Effect of fireworks display on perchlorate in air aerosols during the Spring Festival*. *Atmospheric Environment* 45 (2011) 1323-1327. Atsauce tekstā: (Shi et al., 2011).
- Smith, T. 2011. *Firework Displays: Explosive Entertainment*. A guide to getting the most from your firework display for designers, firers and event organisers. USA, Chemical Publishing Co., Inc. Atsauce tekstā: (Smith, 2011).
- Steinhauser, G., Sterba, J. H., Foster, M., Grass, F., Bichler, M. 2008. *Heavy metals from pyrotechnics in New Years Eve snow*. *Atmospheric Environment* 42 (2008) 8616–8622. Atsauce tekstā: (Steinhauser et al., 2008).
- Vecchi, R., Bernardoni, V., Cricchio, D., D'Alessandro, A., Fermo, P., Lucarelli, F., Nava, S., Piazzalunga, A., Valli, G. 2008. *The impact of fireworks on airborne particles*. *Atmospheric Environment* 42 (2008) 1121–1132. Atsauce tekstā: (Vecchi et al., 2008).
- Vella, A. J., Chircop, C. Micallef, T., Pace, C. 2015. *Perchlorate in dust fall and indoor dust in Malta: An effect of fireworks*. *Science of the Total Environment* 521–522 (2015) 46–51. Atsauce tekstā: (Vella et al., 2015).
- Wang, Y., Zhuang, G., Xu, C., An, Z. 2007. *The air pollution caused by the burning of fireworks during the lantern festival in Beijing*. *Atmospheric Environment* 41 (2007) 417–431. Atsauce tekstā: (Wang et al., 2007).
- Webb, P. 2000. *A Primer on Particle Sizing by Static Laser Light Scattering*. Atsauce tekstā: (Webb, 2000).
- Werrett, S. 2008. *Making fire work: pyrotechnics and natural philosophy*. *Endeavour* Vol.32 No.1, 32-37. Atsauce tekstā: (Werrett, 2008).
- Werrett, S. 2010. *Fireworks: pyrotechnic arts and sciences in European history*. Chicago, London, The University of Chicago Press. Atsauce tekstā: (Werrett, 2010).

WHO. 2006. WHO *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Global update 2005. Summary of risk assessment. Atsauce tekstā: (WHO, 2006).

Yang, L., Gao, X., Wang, X., Nie, W., Wang, J., Gao, R., Xu, P., Shou, Y., Zhang, Q., Wang, W. 2014. *Impacts of firecracker burning on aerosol chemical characteristics and human health risk levels during the Chinese New Year Celebration in Jinan, China*. Science of the Total Environment 476–477 (2014) 57–64. Atsauce tekstā: (Yang et al., 2014).

Yu, X., Shi, C., Ma, J., Zhu, B., Li, M., Wang, J., Yang, S., Kang, N. 2013. *Aerosol optical properties during firework, biomass burning and dust episodes in Beijing*. Atmospheric Environment 81 (2013) 475-484. Atsauce tekstā: (Yu et al., 2013).

Zhang, J., Yang, L., Chen, J., Mellouki, A., Jiang, P., Gao, Y., Li, Y., Yang, Y., Wang, W. 2017. *Influence of fireworks displays on the chemical characteristics of PM<sub>2.5</sub> in rural and suburban areas in Central and East China*. Science of the Total Environment 578 (2017) 476-484. Atsauce tekstā: (Zhang et al., 2017).

### **Elektroniskie resursi**

American Pyrotechnics Association. 2015. *U.S. Fireworks Consumption Figures 2000 – 2015*. Skatīts: [29.04.2017]. Pieejams: <http://www.americanpyro.com/assets/docs/FactsandFigures/fireworks%20consump.%20figures%202000-15.pdf> Atsauce tekstā: (American Pyrotechnic Association, 2015a).

American Pyrotechnics Association. 2015. *U.S. Fireworks Industry Revenue Figures Breakdown by Industry Segment 1998 – 2015*. Skatīts: [29.04.2017]. Pieejams: <http://www.americanpyro.com/assets/docs/FactsandFigures/fireworks%20revenue%20by%20industry%20segment%201998-15.pdf> Atsauce tekstā: (American Pyrotechnic Association, 2015b).

Noteikumi par gaisa kvalitāti. Pieņemti 03.11.2009. Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr.1290. Atsauce tekstā: (MK noteikumi Nr.1290, 2009).

Optical Particle Counter. [S. a.] *Light Scattering Principles*. Skatīts: [14.05.2016]. Pieejams: <http://aerosol.ees.ufl.edu/opc/section02.html> Atsauce tekstā: (Optical Particle Counter, S. a.).

Particle Measuring Systems. 2011. *Basic Guide to Particle Counters and Particle Counting*. United States. Skatīts: [14.05.2016]. Pieejams: [http://medibim.com.tr/tr/images/Particle\\_Counting\\_basicguide.pdf](http://medibim.com.tr/tr/images/Particle_Counting_basicguide.pdf) Atsauce tekstā: (Particle Measuring Systems, 2011).

## 1. PIELIKUMS

**Galvenie oksidētāji, degmaisījumu veidi pirotehnikā** (sastādījusi autore, izmantojot Martin-Alberca et al., 2014; Martin-Alberca et al., 2016; Parkhi et al., 2015; Shi et al., 2011; Steinhauser et al., 2008; Russell, 2009; Nishanth et al., 2012; Chen et al., 2013)

	<b>Pielietojums</b>
<i>Oksidētāji (oxidizers)</i>	
Kālija perhlorāts ( $KClO_4$ )	Pašlaik visvairāk izmantotais oksidētājs pirotehnikajās ierīcēs. Tas var tikt izmantots degļos un, lai radītu tādus efektus, kā skaņu, gaismu, krāsainas liesmas un dūmus.
Kālija nitrāts ( $KNO_3$ , kālija salpetris)	Oksidētājs, kas ir melnā pulvera sastāvdaļa. Parasti tiek izmantots drošības degļos un lādiņa palielināšanai.
Kālija hlorāts (Bertolē sāls, $KClO_3$ )	Parasti tiek izmantots krāsu dūmu maisījumos, sērkokoņiem. Tas nevar atrasties kopā ar sēru. Daudzās valstīs ir aizliegts.
Stroncija nitrāts ( $Sr(NO_3)_2$ )	Reti parādās kā vienīgais oksidētājs. Atrodas sarkanajās liesmās.
Bārija nitrāts ( $Ba(NO_3)_2$ )	Tas var tikt izmantots kā oksidētājs un zaļās krāsas aģents liesmās, dūmos un uzliesmojuma (zibšņa) maisījumos. Tas var radīt baltu vai sudrabotu efektu kopā ar alumīniju.
Bārija hlorāts ( $Ba(ClO_3)_2$ )	Tas tiek izmantots kā oksidētājs un krāsu aģents. Atrodams zaļu dūmu maisījumos un zaļās uguns kompozīcijās. Nedrīkst jaukt ar sēru, arsēna sulfīdu, sarkano fosforu vai kālija hlorātu.
<i>Degmaisījums (fuels)</i>	
Magnijs	Tiek izmantots uzliesmojuma pulveros un krāsu dūmos.
Alumīnijs	Visplašāk pielietotā degviela. Tas rada spožas liesmas un baltas dzirksteles.
Kokogle	Organiskā degviela melnajā pulverī. Tā var radīt oranžas dzirksteles. Dažreiz to var aizvietot ar akmeņogli.
Alumīnija un magnija sakausējums	50/50 sakausējums dod dzeltenīgi baltas dzirksteles. Tas atrodas arī krāsu un sprakšķu maisījumos. To var izmantot arī melnā pulvera sastāvā vai ar kālija perhlorātu.
Titāns	Tas rada balti-sudrabotas vai dzeltenīgi baltas spožas dzirksteles. Tiek izmantotas "strūklakas" efektam uguņošanā. Tas var tikt jaukts kopā arī ar melno pulveri.
Dzelzs	Dzelzs skaidiņas tiek izmantotas kā degviela un, lai radītu zarotas zelta dzirksteles, lielākoties brīnumsvēcītēs un "strūklakas" efektos.

Dzelzs un titāna sakausējums	Rada dzeltenīgi baltas dzirksteles “strūklakas” un “zvaigžņu” efektiem.
Sērs	Tiek izmantots balto un krāsaino dūmu maisījumos, uzliesmojuma un skaņu maisījumos. Tas ietilpst melnā pulvera pamatsastāvā. Izmantots dažos maisījumos kā oksidētājs.
Ogļhidrāti: saharoze, glikoze, laktoze, ciete, dekstrīns	Var tikt izmantoti kā degviela krāsainos dūmu maisījumos. Tiem piemīt arī saistvielu īpašības.
Sveķi	Var tikt izmantoti kā degviela vai saistviela. Bieži izmantoti liesmu, dūmu un uzliesmojumu maisījumos.
Polivinilhlorīds (PVC)	Tiek izmantots krāsainajās liesmās.
Sarkanais fosfors	Izmanto plaukšķenēm, svētku pistolēm, kur tiek sajaukts kopā ar kālija perhlorātu. Tas ir diezgan jūtīgs pret berzi un triecienu.
Šellaka (sveķaina viela, ko iegūst no dažiem tropu augiem un parasti izmanto laku un plastmasu rūpniecībā)	Izmanto kā degvielu un saistvielu krāsainajām liesmām.
Antimona trisulfīds ( $Sb_2S_3$ )	Dažreiz tiek lietots spožuma un "strūklaku" maisījumos, lai radītu spožu gaismu. Tas ietilpst skaņas efektu maisījumu sastāvā.
Kālija benzoāts ( $C_7H_5KO_2$ )	Svilpšanas efekta pulvera sastāvā. Tiek izmantots, lai radītu lielu troksni.
Nātrija benzoāts ( $NaC_7H_5O_2$ )	Visbiežāk lieto, lai radītu svilpojošu troksni.

## 2. PIELIKUMS

**Parasti izmantotie pirotehniskie maisījumi ugunošanas ierīcēs** (sastādījusi autore, izmantojot Martin-Alberca et al., 2014).

Maisījuma nosaukums vai pirotehniskais efekts	Sastāvdaļas (% m/m)
Melnais pulveris	Kālija nitrāts, kokogles, sērs (75:15:10)
Pirodeks ( <i>pyrodex</i> )	Kālija perhlorāts, kālija nitrāts, nātrija benzoāts, sērs, kokogles, diciāndiamīds ( $C_2H_4N_4$ )
Uzliesmošanas pulveris ( <i>flash powder</i> )	Kālija perhlorāts, alumīnijs (no 70:30 līdz 60:40)
Uzliesmošanas pulveris	Kālija perhlorāts, magnijs (60:40)

Uzliesmošanas pulveris	Kālija perhlorāts, magnija un alumīnija sakausējums, sērs (60:30:10)
Uzliesmošanas pulveris – baltu dzirksteļu efekts	Kālija perhlorāts, titāns, dekstrīns (42:42:16)
Zibšņa maisījums ( <i>photoflash powder</i> )	Kālija perhlorāts, bārija nitrāts, alumīnijs (30:30:40)
Uzliesmošanas pulveris	Bārija nitrāts, alumīnijs (65:35)
Uzliesmošanas pulveris	Stroncija nitrāts, magnijs (50:50)
Mirdzuma (gliteru) kompozīcija (balta)	Kālija nitrāts, sērs, kokogles, alumīnijs, dzelzs oksīds, bārija karbonāts, bārija nitrāts (55:10:10:10:5:5:5)
Uzliesmojuma un skaņas kompozīcija	Kālija perhlorāts, antimona sulfīds, magnijs (50:33:17)
Svilpšanas efekta maisījums	Kālija perhlorāts, kālija benzoāts (70:30)
Skaņas kompozīcija	Bārija nitrāts, alumīnijs, sērs (68:23:9)
Zaļa kompozīcija	Bārija hlorāts, bārija karbonāts, kokogle, sveķi, dekstrīns (72:4:8:12:4)
Zaļi dūmi	Kālija hlorāts, sērs, zaļa krāsviela, nātrijs bikarbonāts (25:10:40:25)
Zaļas gaismas kompozīcija	Kālija perhlorāts, bārija nitrāts, ciete (47:28:6)
Zaļas gaismas kompozīcija	Kālija perhlorāts, bārija nitrāts, hlorēts kaučuks, sarkanie sveķi (48:28:5:14)
Zaļas gaismas kompozīcija	Bārija nitrāts, amonija perhlorāts, magnijs, polivinilhlorīds (26:25:32:17)
Spoži zaļas gaismas kompozīcija	Bārija nitrāts, magnijs, polivinilhlorīds (59:19:22)
Sarkana kompozīcija	Stroncija nitrāts, magnijs, polivinilhlorīds (55:28:17)
Sarkana kompozīcija	Kālija perhlorāts, stroncija nitrāts, magnijs, polivinilhlorīds, poliesters (9:42:30:12:7)
Sarkanu dūmu bumba	Kālija hlorāts, laktoze, sarkana krāsviela (35:25:40)
Sarkana gaisma	Kālija hlorāts, stroncija karbonāts, šellaka (57:25:18)
Oranžas krāsas liesmu kompozīcija	Kālija nitrāts, magnijs, kalcija karbonāts (50:40:10)
Dzeltena kompozīcija	Nātrijs nitrāts, magnijs, polivinilhlorīds (56:17:27)
Dzeltena kompozīcija	Bārija nitrāts, stroncija nitrāts, kālija perhlorāts, nātrijs oksalāts, heksahlorbenzols, magnijs, linsēklu eļļa (17:16:17:17:18:3)

Zila kompozīcija	Kālija perhlorāts, polivinilhlorīds, vara oksīds, sarkanie sveķi, ciete (70:9:15:7:5)
Violeta kompozīcija	Kālija perhlorāts, polivinilhlorīds, vara pulveris, sarkanie sveķi, stroncija karbonāts, ciete (70:10:6:5:9:5)

### 3. PIELIKUMS

Uguņošanas ierīču klasifikācijas tabula (ANO, 2012)

Veids	Ietverot: /Sinonīms:	Definīcija	Specifikācija	Klase
Šāviņš, sfērisks vai cilindrisks	<i>Spherical display shell</i> , gaisa šāviņš [ <i>aerial shell</i> ], krāsains šāviņš [ <i>colour shell</i> ], krāsvielu šāviņš [ <i>dye shell</i> ], vairākkārtējas eksplozijas šāviņš [ <i>multi-break shell</i> ], dažādu efektu šāviņš [ <i>multi-effect shell</i> ], ūdensbumba [ <i>nautical shell</i> ], izpletņšāviņš [ <i>parachute shell</i> ], dūmu šāviņš [ <i>smoke shell</i> ], zvaigžņveida šāviņš [ <i>star shell</i> ]; šāviņš ar akustisku efektu [ <i>report shell</i> ]: <i>maroon</i> , salūts [ <i>salute</i> ], skaņas šāviņš [ <i>sound shell</i> ], pērkongrāvienu veida šāviņš [ <i>thunderclap</i> ], gaisa šāviņu komplekts [ <i>aerial shell kit</i> ]	Ierīce ar dzenošo lādiņu vai bez tā, ar pirotehnisko aizturi [ <i>delay fuse</i> ] un sprāgstlādiņu, pirotehniska(-as) vienība(-as) vai brīva pirotehniska viela, kas konstruēta izšaušanai no mortīras	Visi akustiskie efekti	1.1.G
			Krāsains šāviņš: $\geq 180$ mm	1.1.G
			Krāsains šāviņš: $< 180$ mm ar $> 25\%$ uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.1.G
			Krāsains šāviņš: $< 180$ mm ar $\leq 25\%$ uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.3.G
			Krāsains šāviņš: $\leq 50$ mm vai $\leq 60$ g pirotehniskās vielas ar $\leq 2\%$ uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.4.G
Dubultas eksplozijas šāviņš [ <i>peanut shell</i> ]	Ierīce ar diviem vai vairākiem sfēriskiem gaisa šāviņiem [ <i>spherical aerial shells</i> ] kopējā iepakojumā, ko izšauj ar vienu dzenošo lādiņu ar atsevišķām, ārējām pirotehnikas aizturēm	Klasifikāciju nosaka visbīstamākais, sfērisks gaisa šāviņš		
Iepriekš pielādēta mortīra [ <i>preloaded mortar</i> ], šāviņš no mortīras	Komplekts, kas ietver sfērisku vai cilindrisku šāviņu mortūrā, no kuras paredzēts šo šāviņu izšaut		Visi akustiskie efekti	1.1.G
			Krāsains šāviņš: $\geq 180$ mm	1.1.G
			Krāsains šāviņš: ar $> 25\%$ uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.1.G
			Krāsains šāviņš: $> 50$ mm un $< 180$ mm	1.2.G
			Krāsains šāviņš: $\leq 50$ mm vai $\leq 60$ g pirotehniskās vielas ar $\leq 25\%$ uzliesmojoša	1.3.G

			sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	
	Šāviņu šāviņi [ <i>shell of shells</i> ] (sfērisks) (Norāde uz šāviņu šāviņa procentuālo masu attiecas uz visa uguņošanas ierīces izstrādājuma bruto masu)	Ierīce bez dzenoša lādiņa, ar pirotehnisko aizturi un sprāgstlādiņu, kurā ir akustiski efekti un inerti materiāli un kas paredzēta izšaušanai no mortīras	>120 mm	1.1.G
		Ierīce bez dzenoša lādiņa, ar pirotehnisko aizturi un sprāgstlādiņu, kurā ir akustiski efekti un kurā ir ≤ 25 g uzliesmojoša sastāva katrā akustiskajā ierīcē, ar ≤ 33% uzliesmojošu sastāvu un ≥ 60% inertiem materiāliem un kas paredzēta izšaušanai no mortīras	≤ 120 mm	1.3.G
		Ierīce bez dzenoša lādiņa, ar pirotehnisko aizturi un sprāgstlādiņu, kurā ir krāsaini šāviņi un/vai pirotehniskas vienības un kas paredzēta izšaušanai no mortīras	> 300 mm	1.1.G
		Ierīce bez dzenoša lādiņa, ar pirotehnisko aizturi un sprāgstlādiņu, kurā ir krāsaini šāviņi ≤ 70 mm un/vai pirotehniskas vienības, ar ≤ 25% uzliesmojošu sastāvu un ≤ 60% pirotehniskas vielas un kas paredzēta izšaušanai no mortīras	> 200 mm un ≤ 300 mm	1.3.G
		Ierīce ar dzenošu lādiņu, ar pirotehnisko aizturi un sprāgstlādiņu, kurā ir krāsaini šāviņi ≤ 70 mm un/vai pirotehniskas vienības, ar ≤ 25% uzliesmojošu	≤ 200 mm	1.3.G

		sastāvu un $\leq 60\%$ pirotehniskas vielas un kas paredzēta izšaušanai no mortīras		
Šāviņu elementu virtene/kombinācija [battery/combination]	Uguns strūklaka [barrage], bombardos, kūkas [cakes], beigu buķete [finale box], puķu dobe [flowerbed], hibrīds [hybrid], caurulīšu komplekts [multiple tubes], shell cakes, sprāgstošu petaržu virtene [banger batteries], uzliesmojošu petaržu virtene [flash banger batteries]	Komplekts, kurā ir vairāki elementi, kas satur viena vai vairāku veidu sprādzienbīstamas vielas, kuras katra atbilst kādam no šajā tabulā uzskaitītajiem uguņošanas ierīču veidiem, ar vienu vai diviem aizdedzes punktiem	Klasifikāciju nosaka visbīstamākais uguņošanas ierīču veids	
Romiešu svece [Roman candle]	Uzskates svece [exhibition candle], svece, bumbiņas [bombettes]	Caurule, kurā ir pirotehnisku ierīču virkne, kas sastāv no alternatīvas pirotehniskas vielas, dzenošā lādiņa un pārvades degļa [transmitting fuse]	ar $\geq 50$ mm iekšējo diametru, satur uzliesmojošu sastāvu, vai ar $< 50$ mm iekšējo diametru ar $> 25\%$ uzliesmojoša sastāva	1.1.G
			ar $\geq 50$ mm iekšējo diametru, nesatur uzliesmojošu sastāvu	1.2.G
			ar $< 50$ mm iekšējo diametru un $\leq 25\%$ uzliesmojoša sastāva	1.3.G
			ar $\leq 30$ mm iekšējo diametru, katra pirotehniskā vienība $\leq 25$ g un ar $\leq 5\%$ uzliesmojoša sastāva	1.4.G
Pirotehniskais izstrādājums, kurš paredzēts izšaušanai no stobra [shot tube]	Vienreizēja šāviņa romiešu svece [single shot Roman candle], maza pielādēta mortīra	Caurule, kurā ir pirotehniska vienība, kas sastāv no pirotehniskas vielas un dzenošā lādiņa ar pārvades degli vai bez tā	ar $\leq 30$ mm iekšējo diametru un katra pirotehniskā vienība $> 25$ g, vai satur $> 5\%$ un $\leq 25\%$ uzliesmojoša sastāva	1.3.G
			ar $\leq 30$ mm iekšējo diametru, katra pirotehniskā vienība $\leq 25$ g un satur $\leq 5\%$ uzliesmojoša sastāva	1.4.G
Raķete [rocket]	Raķete ar lavīnas efektu [avalanche rocket], signārraķete [whistling rocket],	Caurule, kurā ir pirotehniska viela un/vai pirotehniskas vienības, kas	Tikai uzliesmojoša sastāva efekti	1.1.G

	svilpojoša raķete, pudeļveida raķete [bottle rocket], debesu raķete [sky rocket], rakeštipa raķete [missile type rocket], galda raķete [table rocket]	aprīkotas ar nūjiņu(-ām) vai citiem lidojuma stabilizēšanas līdzekļiem, un ir konstruēta izšaušanai gaisā	uzliesmojošais sastāvs > 25% no pirotehniskās vielas	1.1.G
			> 20 g pirotehniskas vielas, bet uzliesmojošais sastāvs ≤ 25%	1.3.G
			≤ 20 g pirotehniskas vielas, melnā pulvera sprāgstlādiņš un uzliesmojošais sastāvs uz šāviņu ar akustisku efektu ≤ 0,13 g, bet kopā ≤ 1 g	1.4.G
Mīna [Mine]	Ugunsods [pot-a-feu mine], zemes šāviņš [ground mine], parastā salūtzalve [bag mine], [cylinder mine]	Caurule, kurā ir dzenošs lādiņš un pirotehniskas vienības un kas paredzēta novietošanai vai nostiprināšanai uz zemes. Galvenais efekts ir visu pirotehnisko ierīču katapultēšana vienā sprādzienā, radot plašu vizuālu un/vai akustisku efektu gaisā, vai arī auduma vai papīra maiss vai auduma vai papīra cilindrs, kas satur dzenošo lādiņu un pirotehniskās vienības un kas paredzēts novietošanai mortīrā un mīnas funkciju pildīšanai	ar > 25% uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.1.G
			≥ 180 mm un ≤ 25% uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.1.G
			< 180 mm un ≤ 25% uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem	1.3.G
			≤ 150 g pirotehniskas vielas, kurā ir ≤ 5% uzliesmojoša sastāva, pulvera veidā un/vai akustiskiem efektiem, katra pirotehniskā vienība ≤ 25 g, katrs akustiskā efekta šāviņš < 2 g, katrs svilpojošais šāviņš ≤ 3 g (ja tāds ir)	1.4.G
Strūklaka [fountain]	Vulkāni [volcanos], pušķi [gerbs], ūdenskritumi [showers], šķēpi [lances], Bengālijas uguns [Bengal fire], plīvojošas dzirkstis [flutter sparkle], cilindriskas strūklakas [cylindrical fountains], konusveida strūklakas [cone fountains], spīdoša lāpa [illuminating torch]	Nemetāliska kaste, kurā atrodas sapresēta vai sacietināta pirotehniskā viela, kas rada dzirksteles un liesmu	≥ 1 kg pirotehniskās vielas	1.3.G
			< 1 kg pirotehniskās vielas	1.4.G
Brīnumsvēcīte [sparkler]	Rokā turamas brīnumsvēcītes [handheld sparklers], rokā neturamas brīnumsvēcītes [non-handheld	Stingra stieple, kas daļēji pārklāta (no viena gala) ar lēni degošu	brīnumsvēcītes, kurās izmantots perhlorāts: > 5 g uz vienu vienību un > 10 g uz paciņu	1.3.G

	<i>sparklers</i> ], stieplveida brīnumsvecītes [ <i>wire sparklers</i> ]	pirotehnisko vielu, ar aizdedzes uzgali [ <i>ignition tip</i> ] vai bez tā	brīnumsvecītes, kurās izmantots perhlorāts: $\leq 5$ g uz vienu vienību un $\leq 10$ vienības uz paciņu; brīnumsvecītes, kurās izmantots nitrāts: $\leq 30$ g uz vienu vienību	1.4.G
Bengālijas nūjiņa [ <i>Bengal stick</i> ]	Bengālijas nūjiņa [ <i>dipped stick</i> ]	Nemetāliska nūjiņa, kas daļēji pārklāta (no viena gala) ar lēni degošu pirotehnisko vielu un paredzēta turēšanai rokā	izstrādājumi, kuros izmantots perhlorāts: $> 5$ g uz vienu vienību un $> 10$ vienības uz paciņu	1.3.G
			izstrādājumi, kuros izmantots perhlorāts: $\leq 5$ g uz vienu vienību un $\leq 10$ vienības uz paciņu, izstrādājumi, kuros izmantots nitrāts: $\leq 30$ g uz vienu vienību	1.4.G
Mazas bīstamības uguošanas ierīces un citi izstrādājumi	Galda bumbas [ <i>table bombs</i> ], trokšņu zirņi [ <i>throwdowns</i> ], sprakšņošās granulas [ <i>crackling granules</i> ], dūmi [ <i>smokes</i> ], migla [ <i>fog</i> ], čūskas [ <i>snakes</i> ], jāņtārpiņš [ <i>glow worm</i> ], zigzagveida salūta raķete [ <i>serpents</i> ], plaukšķenes ar aukliņām [ <i>snaps</i> ], plaukšķenes [ <i>party poppers</i> ]	Ierīce, kas paredzēta ļoti ierobežota vizuālā un akustiskā efekta radīšanai un kas satur nelielus daudzumus pirotehniska un/vai sprādzienbīstama maisījuma	Trokšņu zirņi un plaukšķenes ar aukliņām var saturēt līdz 1,6 mg sudraba fulmināta, plaukšķenes ar aukliņām un plaukšķenes drīkst saturēt līdz 16 mg kālija hlorātu/sarkano fosfora maisījumu, citi izstrādājumi drīkst saturēt līdz 5 g pirotehniskas vielas, bet nedrīkst saturēt uzliesmojošu sastāvu	1.4.G
Virpulis [ <i>spinner</i> ]	Gaisa virpulis [ <i>aerial spinner</i> ], helikopters [ <i>helicopter</i> ], <i>chaser</i> , virpulis uz zemes [ <i>ground spinner</i> ]	Nemetāliska caurulīte vai caurulītes, kas satur gāzi vai dzirksteles radošas pirotehniskas vielas, ar troksni radošu sastāvu vai bez tā, ar pievienotiem lidojuma stabilizatoriem vai bez tiem	pirotehniskas vielas uz vienu vienību $> 20$ g, no tā $\leq 3\%$ uzliesmojošs sastāvs, piemēram, ar trokšņa efektu, vai $\leq 5$ g svilpojošs sastāvs	1.3.G
			pirotehniskas vielas uz vienu vienību $\leq 20$ g, no tā $\leq 3\%$ uzliesmojošs sastāvs, piemēram, ar trokšņa efektu, vai $\leq 5$ g svilpojošs sastāvs	1.4.G
Rati [ <i>wheels</i> ]	Katrīnas rati [ <i>Catherine wheels</i> ], <i>Saxon</i>	Komplekts, kas ietver ierīces, kurās ir pirotehniskas vielas, un kuru iespējams pievienot pie pamatnes tā, lai tas varētu rotēt	kopā $\geq 1$ kg pirotehniskas vielas, bez trokšņa efekta, katrs svilpojošais šāviņš (ja tāds ir) $\leq 25$ g un uz visu ratu svilpojošais sastāvs kopā $\leq 50$ g	1.3.G
			kopā $< 1$ kg pirotehniskas vielas, bez trokšņa efekta, katrs svilpojošais šāviņš (ja tāds ir) $\leq 5$	1.4.G

			g un uz visu ratu svilpojošais sastāvs kopā ≤ 10 g	
Gaisa rats [ <i>aerial wheel</i> ]	<i>Flying Saxon</i> , NLO, lidojošais šķīvītis [ <i>rising crown</i> ]	Caurules, kas satur dzenošus lādiņus un pirotehniskas vielas, kuras rada dzirksteles, liesmu un/vai troksni, un kas ir nostiprinātas pie pamatnes gredzena	Visas pirotehniskās vielas kopā > 200 g vai > 60 g pirotehniskas vielas uz vienu ierīci, ≤ 3% uzliesmojoša sastāva, kas darbojas kā akustisks efekts, katrs svilpojošais šāviņš (ja tāds ir) ≤ 25 g un svilpojošais sastāvs uz visu ratu ir ≤ 50 g	1.3.G
			Visas pirotehniskās vielas kopā ≤ 200 g un ≤ 60 g pirotehniskas vielas uz vienu ierīci, ≤ 3% uzliesmojoša sastāva, kas darbojas kā akustisks efekts, katrs svilpojošais šāviņš (ja tāds ir) ≤ 5 g un svilpojošais sastāvs uz visu ratu ir ≤ 10 g	1.4.G
Izvēles paka [ <i>selection pack</i> ]	Izvēles kaste [ <i>display selection box</i> ], izvēles paka [ <i>display selection pack</i> ], izvēles kaste dārzam [ <i>garden selection box</i> ], izvēles kaste iekštelpām [ <i>indoor selection box</i> ], komplekts	Paka no vairāk nekā viena veida uguņošanas ierīcēm, kas atbilst šajā tabulā uzskaitītajiem uguņošanas ierīču veidiem	Klasifikāciju nosaka visbīstamākais uguņošanas ierīču veids	
Petarde [ <i>firecracker</i> ]	Svinību petarde [ <i>celebration cracker</i> ], svinību rullis ar ložmetējefektu [ <i>celebration roll</i> ], petaržu virkne [ <i>string cracker</i> ]	Cauruļu (papīra vai kartona) komplekts, kas savienots ar pirotehnisko degli, visas caurules paredzētas akustiska efekta radīšanai	katra caurule ≤ 140 mg uzliesmojoša sastāva vai ≤ 1 g melnā pulvera	1.4.G
Sprāgstoša petarde [ <i>banger</i> ]	Salūts [ <i>salute</i> ], uzliesmojoša petarde [ <i>flash banger</i> ], <i>Lady Cracker</i>	Nemetāla caurule, kas satur troksni radošu sastāvu, kas paredzēts akustiska efekta radīšanai	> 2 g uzliesmojoša sastāva uz vienu vienību	1.1.G
			≤ 2 g uzliesmojoša sastāva uz vienu vienību un ≤ 10 g uz iekšējo iepakojumu	1.3.G
			≤ 1 g uzliesmojoša sastāva uz vienu vienību un ≤ 10 g uz iekšējo iepakojumu vai ≤ 10 g melnā pulvera uz vienu vienību	1.4.G

#### 4. PIELIKUMS

##### 2016. gada 9.maijā Uzvaras parkā veiktie PM daļiņu mērījumi uguņošanas laikā (izstrādājusi autore)

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, µm						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
21:29	73130	16591	1948	235	69	16	1,43	2,14	3,19	3,78	8,89	4,88	21,4	5,4	14,1	30,8
22:48	83933	22207	3030	509	185	59	1,64	2,86	4,96	8,19	23,83	18,01	16,8	3,2	11,1	36,1
22:49	111211	28087	3731	539	210	76	2,17	3,62	6,1	8,68	27,05	23,2	16,2	2,9	10,7	36,8
22:51	56316	15505	2584	461	225	80	1,1	2	4,23	7,42	28,98	24,42	15,7	2,7	10,4	37,6
22:52	76211	22437	3430	588	238	85	1,49	2,89	5,61	9,47	30,65	25,95	15,3	2,4	10,1	37,6
22:55	137275	42236	5897	885	331	107	2,68	5,44	9,65	14,25	42,63	32,66	15,2	2,6	10,1	38,7
22:58	262553	87832	11822	1631	489	144	5,13	11,31	19,34	26,26	62,98	43,96	15,2	2,8	10,1	39,3
23:03	430402	344073	63983	9744	2669	508	8,41	44,31	104,68	156,87	343,74	155,08	15,5	2,9	10,3	38,9
23:05	427668	301365	50097	7214	2114	443	8,36	38,81	81,96	116,14	272,26	135,24	15,4	2,8	10,2	38,9
23:11	264685	101196	13316	1615	426	121	5,17	13,03	21,79	26	54,86	36,94	15,3	2,8	10,2	39,2

##### 2016. gada 21.maijā pie Māras dīķi veiktie PM daļiņu mērījumi uguņošanas laikā (izstrādājusi autore)

	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
22:42	26180	6632	844	118	41	9	0,51	0,85	1,38	1,9	5,28	2,75	13,7	3,3	9,4	46,2
22:57	21109	5064	653	108	24	6	0,41	0,65	1,07	1,74	3,09	1,83	11,5	3	8,1	53,1
22:58	22549	4819	739	95	28	4	0,44	0,62	1,21	1,53	3,61	1,22	11,4	3	8,1	53,5
22:59	23058	5828	736	100	34	8	0,45	0,75	1,2	1,61	4,38	2,44	11,2	3	7,9	54
23:01	24494	6594	820	121	40	6	0,48	0,85	1,34	1,95	5,15	1,83	11,1	3,1	7,9	54,8
23:04	70418	17126	2154	257	105	17	1,38	2,21	3,52	4,14	13,52	5,19	11,1	3,3	8	56

Pirms salūta	Tieši pēc salūta (pēc pēdējā šāviena)	Salūts	Pēc salūta
--------------	---------------------------------------	--------	------------

**2016. gada 18.novembrī Talsu pilskalnā veiktie PM daļiņu mērījumi ugunošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, $\mu\text{m}$						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
19:50	172448	51295	5562	544	190	18	3,37	6,61	9,1	8,76	24,47	5,5	7,1	2,5	70,9	5,5
20:02	144404	42919	4751	416	192	15	2,82	5,53	7,77	6,7	24,73	4,58	7,4	3,1	72,6	5,9
20:04	143726	41368	4760	365	140	15	2,81	5,33	7,79	5,88	18,03	4,58	7,1	3	73,5	5,7
20:05	146291	41038	4577	426	154	13	2,86	5,29	7,49	6,86	19,83	3,97	7,1	2,9	73,4	5,7
20:06	148018	44178	5161	451	165	13	2,89	5,69	8,44	7,26	21,25	3,97	7	2,9	74	5,6
20:07	147100	43030	4755	484	180	13	2,87	5,54	7,78	7,79	23,18	3,97	6,9	3	74,8	5,6
20:08	149610	42049	4602	423	143	11	2,92	5,42	7,53	6,81	18,42	3,36	6,9	3,1	75,6	5,6
20:09	151841	43682	5329	458	167	13	2,97	5,63	8,72	7,37	21,51	3,97	6,9	3,1	75,6	5,6
20:11	215832	78476	9989	1028	404	38	4,22	10,11	16,34	16,55	52,03	11,6	6,8	3,1	76,3	5,6
20:12	217152	75279	10011	1002	336	38	4,24	9,7	16,38	16,13	43,27	11,6	6,5	3,1	77,6	5,4
20:13	277639	122426	17172	2018	859	76	5,42	15,77	28,1	32,49	110,63	23,2	6,7	3,1	76,4	5,5
20:14	305073	141038	19529	2368	980	84	5,96	18,16	31,95	38,12	126,21	25,64	6,5	3	76,8	5,3

**2016. gada 31.decembrī 11.novembra krastmalā veiktie PM daļiņu mērījumi ugunošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
23:53	26431	6891	848	114	26	3	0,52	0,89	1,39	1,84	3,35	0,92	14,0	2,9	43,3	9,5
23:56	43384	10634	1118	128	41	9	0,85	1,37	1,83	2,06	5,28	2,75	10,1	0,3	47,0	6,6
0:01	115154	36787	4827	547	160	20	2,25	4,74	7,90	8,81	20,61	6,11	7,8	0,1	55,3	5,2
0:03	27319	7532	959	106	26	3	0,53	0,97	1,57	1,71	3,35	0,92	7,6	0,3	57,0	5,1
0:04	33361	9631	1178	124	50	11	0,65	1,24	1,93	2,00	6,44	3,36	7,5	0,2	57,3	5,0
0:05	380942	211848	27069	2742	866	88	7,44	27,28	44,29	44,14	111,53	26,86	7,5	0,4	58,1	5,1
0:06	312409	117793	13475	1215	345	42	6,10	15,17	22,05	19,56	44,43	12,82	7,5	0,6	58,8	5,1
0:07	170952	51336	5882	532	172	21	3,34	6,61	9,62	8,56	22,15	6,41	7,6	0,7	59,2	5,2
0:08	321226	128811	15343	1483	412	37	6,28	16,59	25,10	23,87	53,06	11,30	7,6	0,8	59,4	5,2
0:09	240668	72787	8205	790	216	25	4,70	9,37	13,42	12,72	27,82	7,63	7,6	0,8	59,6	5,2

<b>0:10</b>	330212	122162	13714	1256	339	33	6,45	15,73	22,44	20,22	43,66	10,07	7,7	1,0	59,8	5,3
<b>0:12</b>	226021	72356	7611	771	264	22	4,42	9,32	12,45	12,41	34,00	6,72	7,7	1,0	60,1	5,4
<b>0:13</b>	269622	88731	10157	1050	370	39	5,27	11,43	16,62	16,90	47,65	11,91	7,7	1,2	61,0	5,4
<b>0:14</b>	207603	58783	6331	634	189	21	4,06	7,57	10,36	10,21	24,34	6,41	7,8	1,3	61,0	5,5
<b>0:15</b>	179877	50148	5410	550	165	17	3,51	6,46	8,85	8,85	21,25	5,19	7,7	1,2	61,0	5,4

**2017. gada 4.maijā pie Radisson Blu Daugava veiktie PM daļiņu mērījumi ugunošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, $\mu\text{m}$						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
<b>22:55</b>	55028	14734	1695	199	63	11	1,08	1,90	2,77	3,20	8,11	3,36	11,4	2,4	33,3	6,8
<b>23:01</b>	291762	125529	18268	2425	874	158	5,70	16,17	29,89	39,04	112,56	48,23	11,3	2,6	33,0	6,8
<b>23:02</b>	453209	306148	50973	7082	2872	459	8,85	39,43	83,40	114,01	369,88	140,12	11,2	2,6	33,2	6,7
<b>23:03</b>	448179	300932	47548	6615	2531	349	8,76	38,76	77,79	106,49	325,97	106,54	11,0	2,7	33,5	6,6
<b>23:04</b>	412801	263383	41009	5849	2214	347	8,07	33,92	67,09	94,16	285,14	105,93	10,9	2,7	33,7	6,5
<b>23:05</b>	477336	339061	54255	6915	2450	357	9,33	43,67	88,77	111,32	315,53	108,98	10,9	2,6	34,0	6,5
<b>23:06</b>	464510	290791	42530	5259	1751	248	9,08	37,45	69,58	84,66	225,51	75,71	10,9	2,5	34,2	6,5
<b>23:07</b>	507275	380517	56955	6522	1983	245	9,91	49,01	93,18	105,00	255,39	74,79	10,9	2,5	34,3	6,5
<b>23:08</b>	416473	293624	50611	6787	2363	386	8,14	37,82	82,80	109,26	304,33	117,84	11,0	2,5	34,1	6,6
<b>23:09</b>	268444	107886	14330	1857	613	96	5,24	13,89	23,45	29,90	78,95	29,31	10,9	2,6	34,1	6,5
<b>23:11</b>	82014	23677	3239	425	140	30	1,60	3,05	5,30	6,84	18,03	9,16	10,8	2,6	34,4	6,4
<b>23:13</b>	76263	21986	2663	311	97	16	1,49	2,83	4,36	5,01	12,49	4,88	10,7	2,6	34,4	6,4

**2017. gada 9.maijā Uzvaras parkā veiktie PM daļiņu mērījumi ugunošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, $\mu\text{m}$						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
22:30	7171	1747	238	33	20	4	0,14	0,22	0,39	0,53	2,58	1,22	9,4	6,8	25,8	5,1
22:50	11567	3398	521	64	42	7	0,23	0,44	0,85	1,03	5,41	2,14	3,5	10,0	31,3	0,6
22:51	396943	299221	56764	8327	3912	419	7,76	38,54	92,87	134,05	503,82	127,91	3,1	10,2	31,9	0,3
22:52	456588	339726	58354	7942	3928	417	8,92	43,75	95,47	127,86	505,88	127,30	3,0	10,2	32,3	0,2
22:53	414455	327194	60717	9181	2367	249	8,10	42,14	99,34	147,80	304,84	76,01	2,8	10,2	32,6	0,1
22:54	427250	344521	64200	9774	3182	357	8,35	44,37	105,04	157,35	409,81	108,98	2,7	10,1	33,4	0,0
22:55	456591	363204	64448	9727	1202	141	8,92	46,78	105,44	156,59	154,80	43,04	2,7	10,0	33,6	0,0
22:56	395406	263965	43464	6528	1645	204	7,73	34,00	71,11	105,09	211,86	62,28	2,7	9,9	33,8	0,0
22:58	421931	350257	66722	10245	4534	473	8,24	45,11	109,16	164,93	583,93	144,40	2,6	9,9	34,4	0,0
22:59	313375	158356	22485	2855	1251	131	6,12	20,39	36,79	45,96	161,12	39,99	2,6	9,8	34,6	0,0
23:00	337155	160050	21966	2604	1347	159	6,59	20,61	35,94	41,92	173,48	48,54	2,6	9,7	35,0	0,0
23:01	203241	64717	8338	936	393	42	3,97	8,33	13,64	15,07	50,61	12,82	2,6	9,7	35,1	0,0
23:02	400845	299227	53612	7875	4122	422	7,83	38,54	87,71	126,78	530,87	128,83	2,6	9,6	35,3	0,0
23:03	387753	289126	53729	8053	900	88	7,58	37,24	87,91	129,64	115,91	26,86	2,6	9,6	35,3	0,0
23:04	77932	23986	3569	383	169	23	1,52	3,09	5,84	6,17	21,77	7,02	2,6	9,5	35,7	0,0
23:06	39635	12607	1631	200	97	11	0,77	1,62	2,67	3,22	12,49	3,36	2,6	9,4	36,0	0,0
23:07	22399	6768	849	94	36	4	0,44	0,87	1,39	1,51	4,64	1,22	2,6	9,4	36,1	0,0

**2017. gada 20.maijā Sauleskalna estrādē veiktie PM daļiņu mērījumi ugunošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, $\mu\text{m}$						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
23:35	16782	4598	827	162	61	19	0,33	0,59	1,35	2,61	7,86	5,80	15,2	7,8	58,9	11,7
0:09	40102	9739	1180	199	98	21	0,78	1,25	1,93	3,20	12,62	6,41	15,8	8,7	60,6	12,4
0:10	15441	3944	760	169	83	25	0,30	0,51	1,24	2,72	10,69	7,63	15,7	8,6	60,3	12,3
0:11	14531	3674	616	159	86	27	0,28	0,47	1,01	2,56	11,08	8,24	15,3	8,3	60,6	11,9

0:12	14354	3968	709	173	90	25	0,28	0,51	1,16	2,79	11,59	7,63	15,0	8,2	61,4	11,8
0:13	15155	3961	691	137	77	21	0,30	0,51	1,13	2,21	9,92	6,41	14,9	8,1	61,7	11,7
0:16	14603	3854	623	121	53	20	0,29	0,50	1,02	1,95	6,83	6,11	14,8	8,1	62,0	11,6

**2017. gada 26.maijā Jelgavā Lielupes promenādē veiktie PM daļiņu mērījumi uguņošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, $\mu\text{m}$						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
23:46	9877	2536	310	45	23	7	0,19	0,33	0,51	0,72	2,96	2,14	17,5	5,1	40,0	11,9
0:01	9954	2638	299	47	19	7	0,19	0,34	0,49	0,76	2,45	2,14	12,7	2,8	47,8	8,7
0:02	367198	285632	41720	7112	2398	326	7,17	36,79	68,26	114,49	308,84	99,52	11,9	2,3	48,7	8,2
0:03	399832	173920	31008	3240	1023	171	7,81	22,40	50,73	52,16	131,75	52,20	11,1	1,9	49,8	7,6
0:04	401634	298441	53876	6532	1911	362	7,85	38,44	88,15	105,16	246,12	110,51	10,5	1,6	51,1	7,2
0:05	414582	353911	59675	9348	2373	342	8,10	45,58	97,63	150,49	305,62	104,41	10,1	1,6	52,3	6,9
0:06	434675	316422	41899	5007	1512	199	8,49	40,75	68,55	80,61	194,73	60,75	9,9	1,5	52,5	6,8
0:07	366709	311736	73455	10053	3157	420	7,16	40,15	120,18	161,84	406,59	128,22	9,8	1,4	52,6	6,6
0:09	53892	29965	9423	2677	176	82	1,05	3,86	15,42	43,10	22,67	25,03	9,6	1,2	52,9	6,4
0:12	7367	1855	240	27	14	5	0,14	0,24	0,39	0,43	1,80	1,53	9,5	1,2	53,0	6,4

**2017. gada 27.maijā Jelgavā Lielupes promenādē veiktie PM daļiņu mērījumi uguņošanas laikā (izstrādājusi autore)**

	PM daļiņu skaits						PM daļiņu koncentrācijas, $\mu\text{m}$						Meteoroloģiskie parametri			
	0,3	0,5	1	2,5	5	10	0,3	0,5	1	2,5	5	10	AT, °C	DP, °C	WB, °C	RH, %
23:40	8895	2601	324	64	30	10	0,17	0,33	0,53	1,03	3,86	3,05	15,3	5,5	48,9	10,9
0:01	5763	1857	308	44	15	5	0,11	0,24	0,50	0,71	1,93	1,53	14,1	4,5	49,4	10,0
0:02	416150	295626	51518	7352	2568	392	8,13	38,07	84,29	118,36	330,73	119,67	13,9	4,6	50,3	9,9
0:03	303450	152143	22576	2948	999	162	5,93	19,59	36,94	47,46	128,66	49,46	13,7	4,5	50,7	9,8
0:04	402010	290418	50774	6768	2411	357	7,85	37,40	83,07	108,96	310,51	108,98	13,6	4,5	50,9	9,7
0:05	413913	364126	72430	9995	2787	366	8,09	46,90	118,50	160,91	358,94	111,73	13,5	4,4	51,2	9,6
0:06	449757	305026	45500	5264	1408	217	8,79	39,28	74,44	84,74	181,34	66,25	13,4	4,4	51,4	9,6

<b>0:07</b>	422678	372055	75899	10482	3265	452	8,26	47,92	124,18	168,75	420,50	137,99	13,4	4,4	51,6	9,6
<b>0:08</b>	349775	230508	42726	6267	1498	247	6,83	29,69	69,90	100,89	192,93	75,40	13,3	4,4	51,7	9,5
<b>0:09</b>	215487	100374	13799	1845	574	102	4,21	12,93	22,58	29,70	73,93	31,14	13,3	4,4	51,9	9,5
<b>0:10</b>	18517	4368	520	85	29	6	0,36	0,56	0,85	1,37	3,73	1,83	13,2	4,4	52,1	9,5
<b>0:12</b>	8537	3080	507	75	30	4	0,17	0,40	0,83	1,21	3,86	1,22	13,1	4,4	52,4	9,4