



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

Inga Andruškaitė

**LAKIŲJŲ ORGANINIŲ JUNGINIŲ IR KIETŲJŲ DALELIŲ
KONCENTRACIJA PREKYBOS CENTRŲ ORE**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. V. Kaunelienė

KAUNAS, 2017

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS**

**LAKIŲJŲ ORGANINIŲ JUNGINIŲ IR KIETŲJŲ DALELIŲ
KONCENTRACIJA PREKYBOS CENTRŲ ORE**

Baigiamasis magistro projektas
Aplinkosaugos inžinerija (kodas 621H17001)

Vadovas
Doc. V. Kaunelienė

Recenzentas
lekt. dr. E. Krugly

Projektą atliko
Inga Andruškaitė

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Cheminės technologijos fakultetas

(Fakultetas)

Inga Andruškaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkosaugos inžinerija (kodas 621H17001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių koncentracija prekybos centrų ore“

AKADEMINIO SĄŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. birželio 01 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Ingos Andruškaitės**, baigiamasis projektas tema „Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių koncentracija prekybos centrų ore“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

TURINYS

ĮVADAS	2
1. APLINKOS TARŠA LAKIAISIAIS ORGANINIAIS JUNGINIAIS IR KIETOSIOMIS DALELĖMIS	2
1.1. Lakieji organiniai junginiai ir kietosios dalelės	2
1.2 Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių šaltiniai.....	2
1.3 Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių poveikis žmogaus sveikatai	2
1.4. Vidaus oro patalpų lakiais organiniais junginiais teisinis reglamentavimas.....	2
1.5 Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių matavimo metodai	2
1.5.1 Lakiųjų organinių junginių matavimo metodai.....	2
1.5.2 Kietųjų dalelių matavimo metodai.....	2
1.6 Būdingos lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių koncentracijos viešo naudojimo pastatų ore.....	2
2. TYRIMO METODIKA	2
2.1 Tyrimo objektas	2
2.2 Tyrimo sąlygos.....	2
2.3 Tyrimo prietaisai	2
2.3.1 Lakiųjų organinių junginių tyrimas.....	2
2.3.2 Kietųjų dalelių tyrimas.....	2
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR DISKUSIJA	2
3.1 Kietųjų dalelių koncentracija	2
3.2 Lakiųjų organinių junginių koncentracija	2
3.3 Diskusija.....	2
IŠVADOS	2
LITERATŪROS SĄRAŠAS	2

Andruškaitė, Inga. Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių koncentracija prekybos centrų ore. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. Violeta Kaunelienė; Kauno technologijos universitetas, Chemijos fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Bendroji inžinerija, Technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: lakieji organiniai junginiai, kietosios dalelės.

Kaunas, 2017. 44 p.

SANTRAUKA

Atlikus literatūros analizę išsiaiškinta, kad prekybos centre kietųjų dalelių ir lakiųjų organinių junginių pagrindiniai emisijos šaltiniai yra prekės. Cheminės oro taršos viešose patalpose ribas apibrėžia dvi higienos normos: HN 23:2011 ir HN 35:2007. Didžiausia leistina kietųjų dalelių (KD_{10}) gyvenamosios aplinkos ore – $0,05 \text{ mg/m}^3$, tuo tarpu suminių lakiųjų organinių junginių ribinė vertė nėra nustatyta. Remiantis Europos Komisijos rekomendacija, suminė lakiųjų organinių junginių koncentracija neturi viršyti 1 mg/m^3 .

Šio darbo tikslas yra ištirti lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių koncentracijas pasirinktuose prekybos centruose. Keliama hipotezė, kad tiriamųjų medžiagų koncentracija prekybos centruose neatitinka nustatytų normų.

Gauti rezultatai parodė, kad kietųjų dalelių koncentracija leistinos ribos neviršijo, tačiau koncentracija sausio mėnesį Nr. 1 prekybos centre buvo gana arti ribinės vertės ($0,04 \text{ mg/m}^3$). Nustatyta suminė lakiųjų organinių junginių koncentracija abiejuose prekybos centruose buvo gana didelė, lyginant su EK nustatyta norma (1 mg/m^3): didžiausia reikšmė prekybos centre Nr. 1 – 108 mg/m^3 , Nr. 2 – 23 mg/m^3 .

Kietųjų dalelių koncentracija prekybos centrų ore neviršijo nustatytos ribos, tačiau suminių lakiųjų organinių junginių koncentracija ženkliai viršijo Europos Komisijos poveikio sveikatai ribinę vertę. Todėl galima manyti, kad yra potenciali rizika prekybos centrų lankytojų, o ypač dirbančiųjų sveikatai. Vadovaujantis tarptautine patirtimi, rekomenduotina Lietuvoje reglamentuoti suminių lakiųjų organinių junginių ribines vertes. Šiuo metu Lietuvos teisės aktai reglamentuoja tik pavienių organinių junginių ribines vertes. Visų jų koncentracijos matavimai mažai tikėtini, nes reikalauja daug resursų.

Andruškaitė, Inga. CONCENTRATION OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS AND PARTICULATE MATTER IN THE AIR OF SHOPPING CENTERS: *Master's thesis in / supervisor assoc. prof. Violeta Kaunelienė. The Faculty of chemical technology, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: Environmental Engineering, Technological Sciences.

Key words: volatile organic compounds, particulate matter.

Kaunas, 2017. 44 p.

SUMMARY

The analysis of the literature demonstrated that supermarket goods are the main emission sources of particulate matter and volatile organic compounds. Limit values of air pollution in public spaces are defined in two by two documents: 23 HN 2011 and HN 35: 2007. Maximum particulate matter (PM₁₀) concentration residential indoor air - 0.05 mg / m³, while TVOC limit value is not determined. According to the European Commission's recommendation, the total concentration of volatile organic compounds should not exceed 1 mg / m³.

The aim of this work was to is to determine the volatile organic compound and particulate matter concentration in selected supermarkets. Hypothesis was that concentrations of PM and TVOC in supermarkets do not meet the standards.

The results showed that the particle concentration did not exceed the acceptable limits, but the concentration in January. In No.1 supermarket was quite close to the limit value (0.04 mg / m³). TVOC concentrations in both supermarkets were quite high compared to the limit value established by the European Commission (1 mg / m³):the maximum value in the shopping center No. 1 was 108 mg/m³,in No. 2 was 23 mg/m³.

Particulate matter concentration in the air of supermarkets did not exceed the limit value, but TVOC concentration significantly exceeded the EC limit values for health effects. Therefore, it can be assumed that there is a potential risk for supermarket visitors, and especially the health of workers. According to international experience, it is advisable to determine limit value for TVOC in Lithuania. At present Lithuanian legislation determines limit values for individual compounds only. Single VOC concentration measurements unlikely, because it requires a lot of resources.

Santrumpos

LOJ – lakieji organiniai junginiai.

KD – kietosios dalelės.

KD₁₀ – iki 10 µm dydžio kietosios dalelės.

KD_{2,5} – iki 2,5 µm dydžio kietosios dalelės.

SLOJ (angl. TVOC) – suminiai lakieji organiniai junginiai.

LOJ (angl. VOC) – lakieji organiniai junginiai

HN – higienos norma.

DLK – nustatyta ribinė norma.

NVSPL - Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos.

K – kelvinas.

kPa – kilopaskalis.

C – celsijus.

Pav. – paveikslas.

Žr. – žiūrėta.

Lent. – lentelė.

mg/m³ – miligramai kubiniame metre.

µg/m³ – mikrogramai kubiniame metre.

ml – mililitrai.

ĮVADAS

Šiuolaikinė visuomenė praleidžia vis daugiau laiko (apie 80 proc.) uždaroje patalpose: ofisai, būstai, viešos vietos. Vidaus patalpų oro kokybė kasmet tampa aktualesne problema, nuo kurios priklauso žmonių sveikata. Dėl oro taršos sutrinka žmonių sveikatą, susergama kvėpavimo takų ir kraujotakos ligomis, alergija, astma ir kt. [1]

Žmogaus savijauta ir gyvenimo kokybė priklauso nuo įvairių veiksnių. Vienas šių veiksnių - vidaus oro kokybė. Oras nėra grynas, jame yra įvairių priemaišų: dulkės, mikroorganizmai, grybeliai. Tačiau oras, patekęs į vidaus patalpas, užteršiamas sveikatai pavojingomis priemaišomis, kurių taršos šaltiniai dažnai yra baldai, buitinė technika, statybinės medžiagos, higienos, valymo, parfumerijos prekės. Vieni iš sveikatą veikiančių teršalų yra lakieji organiniai junginiai ir kietosios dalelės.

Šio darbo tikslas yra ištirti lakiųjų organinių junginių (LOJ) ir kietųjų dalelių (KD) koncentracijas pasirinktuose prekybos centruose bei palyginti gautus rezultatus su nustatytais normomis.

Keliama hipotezė, kad tiriamųjų medžiagų koncentracijos neatitinka nustatytų normų pasirinktuose prekybos centruose. Dažnai šiuose vietose galima aptikti prekių ar paslaugų, kurios yra lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių padidėjusių koncentracijų šaltinis vidaus patalpose.

Numatytam tikslui pasiekti keliami tokie darbo uždaviniai:

1. atlikti literatūros analizę apie kietųjų dalelių ir lakiųjų organinių junginių emisijos šaltinius patalpų ore, jų poveikį sveikatai, bei teisinį jų koncentracijų reglamentavimą;
2. pamatuoti kietųjų dalelių koncentracija pasirinktuose prekybos centruose;
3. pamatuoti lakiųjų organinių junginių koncentracija pasirinktuose prekybos centruose;
4. įvertinti potencialiai keliamą riziką dirbančiųjų ir lankytojų sveikatai;

1. APLINKOS TARŠA LAKIAISIAIS ORGANINIAIS JUNGINIAIS IR KIETOSIOMIS DALELĖMIS

1.1. Lakieji organiniai junginiai ir kietosios dalelės

1979 metų Tolimų tarpvalstybinių oro teršalų pernašų konvencijos protokole LOJ įvardinami, kaip:

Lakieji organiniai junginiai – visi antropogeninio pobūdžio organiniai junginiai, išskyrus metaną, kurie saulės šviesoje reaguodami su azoto oksidais gali pagaminti fotocheminius oksidantus;[6]

Remiantis Direktyva 1999/13/EB, lakiuosius organinius junginius galima apibrėžti taip:

Lakusis organinis junginys - bet kuris organinis junginys, kurio garų slėgis esant 293,15 K temperatūrai yra 0,01 kPa ar didesnis, arba kuris pasižymi atitinkamu lakumu esant konkrečioms naudojimo sąlygoms. Kreozoto frakcija, kuri esant 293,15 K temperatūrai viršija tokį garų slėgį, laikoma lakiuoju organiniu junginiu.[5]

Vėliau priimtoje direktyvoje 2004/42/EB, lakiuosius organinius junginius apibrėžia taip:

Lakusis organinis junginys – bet kuris organinis junginys, kurio pradinė virimo temperatūra išmatuota esant standartiniam 101,3 kPa slėgiui yra mažesnė ar lygi 250°C. [4]

Remiantis JAV Aplinkos apsaugos agentūros (angl. EPA) informacija, LOJ galima suskirstyti į tris grupes (žr. 1.1.1 lent.).

1.1 lentelė. Lakiųjų organinių junginių 3 pagrindinės grupės. [18]

Apibūdinimas	Pavadinimas angl. sutrp.	Virimo temperatūra (°C)	Junginių pavyzdžiai
Labai lakieji organiniai junginiai	VVOC	<0 to 50-100	Propanas, butanas, metil chloridas
Lakieji organiniai junginiai	VOC	50-100 to 240-260	Formaldehidas, d-Limonenas, toluenas, acetonas, etanolis, 2-propanolis, heksanalis
Pusiau lakieji organiniai junginiai	SVOC	240-260 to 380-400	Pesticidai (DDT, chlordanas, ftalatai), antipirenai.

Mokslinėje literatūroje galima sutikti ir TVOC, BTEX trumpinių, kurie apima tam tikrus LOJ.

TVOC – suminiai lakieji organiniai junginiai (SLOJ), kurie apima angliavandenilius nuo heksano (C₆ H₁₄) iki heksadekano (C₁₆ H₃₄) imtinai. [15]

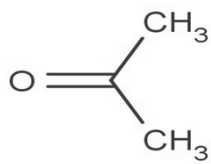
BTEX – lakieji organiniai junginiai, kurie apima šiuos junginius: benzeną, tolueną, etilbenzeną, ksileną. [3]

Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos (NVSPL) parengtomis 2013 m. rekomendacijomis, LOJ skirstomi į devynias grupes (žr. 1.1.2 lent.).

1.2 lentelė. LOJ kategorijos.[27]

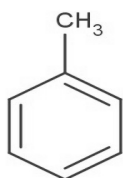
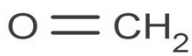
Nr.	Kategorija	Junginių pavyzdžiai
1.	Ketonai	Acetonas, metiletilketonas
2.	Aldehidai	Formaldehidas, acetaldehidas
3.	Terpenai	Limonenas, alfa-pinenas, 3-karenas
4.	Alkoholiai, alkoksialkoholiai	Izobutanolis, etoksietanolis, etanolis
5.	Halogeninti angliavandeniliai	Dichlormetanas, 1,1,1-trichlorešanas
6.	Aromatiniai angliavandeniliai	Benzenas, toluenas, ksilenai
7.	Cikloalkanai ir alkenai	Cikloheksanas, metilcikloheksanas
8.	Sotieji angliavandeniliai	n-heksanas, n-dekanas
9.	Esteriai	Etilacetatas, butilacetatas

Dažniausiai aplinkoje išskiriami šie LOJ [18]:

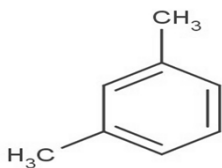


Acetonas. Formulė C₃H₆O. Tai pavojinga, skysta medžiaga, galinti sukelti smarkų akių dirginimą, mieguistumą, galvos svaigimą. Dažniausiai naudojamas šiuose produktuose: antifrizas, tepalai, užpildai, glaistymo priemonės, tinkas, statybinis molis, nagų lakas, klijai ir hermetikai, poliravimo priemonės ir vašakai, suvirinimo ir litavimo produktai.[2]

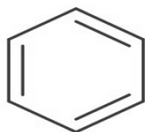
Formaldehidas. Formulė CH_2O . Tai pavojinga, toksinė medžiaga, kuri smarkiai nudegina odą, pažeidžia akis, toksiška įkvėpus, kancerogeninė ir mutageninė. Dažniausiai naudojama šiuose produktuose: klijai ir hermetikai, polimerai, kosmetikos ir higienos produktai, skalbimo ir valymo produktai, baldai, žaislai, mobilieji telefonai, apdailos, statybinės medžiagos. [2]



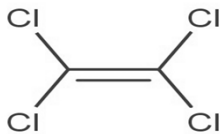
Toluenas. Formulė C_7H_8 . Tai pavojingas, labai degus skystis ar garai. Mirtinai pavojingas patekus į kvėpavimo takus ar prarijus. Taip pat sukelia odos dirginimą, mieguistumą, galvos svaigimą. Dažniausiai naudojama šiuose produktuose: kuras, tepalai, antifrizai, biocidai, rašalai, toneriai, poliravimo ir vaškavimo, audinių priežiūros produktai, dažikliai, klijai, hermetikai, oro gaivikliai, plovikliai, dažai. [2]



Ksilenas. Formulė C_8H_{10} . Tai degus skystis ir garai. Kenksminga įkvėpus, sukelia odos dirginimą. Dažniausiai naudojama šiuose produktuose: tepalai, klijai, hermetikai, poliravimo ir vaškavimo priemonės, apsaugos nuo užšalimo gaminiai, biocidai, oro gaivikliai, plovikliai. [2]



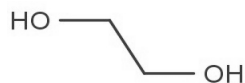
Benzenas. Formulė C_6H_6 . Tai pavojingas, labai degus, mirtinas patekus į kvėpavimo takus ar prarijus skystis ir garai. Mutageninė, kancerogeninė, sukelia akių ir odos dirginimą. Medžiaga naudojama pH reguliavimo ir vandens valymo produktams, naudojama pagaminti kitiems produktams. [2]



Perchloretilenas (Tetracloroetilenas). Formulė C_2HCl_4 . Labai toksiška vandens organizmams. Sukelia vėžį, smarkų akių ir odos dirginimą, mieguistumą, galvos svaigimą, kancerogeninė. Gamyboje tai – tarpinė medžiaga, dažniausiai naudojama pramonėje, produktams gaminti. [2]

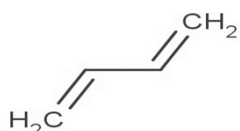
Metileno chloridas (dichlormetanas). Formulė CH_2Cl_2 . Medžiaga sukelia smarkų akių ir odos dirginimą, mieguistumą, galvos svaigimą, kancerogeninė. Dažniausiai naudojama šiuose produktuose: skalbimo ir valymo priemonės, klijai ir hermetika, biocidai, augalų apsaugos produktai, plastiko ir gumos gamyboje. Naudojamas kaip tarpinis produktas. [2]





produktai. [2]

Etilenglikolis (etano-1,2-diol). Formulė $C_2H_6O_2$. Medžiaga yra pavojinga prarijus, ilgalaikis poveikis yra kenksmingas organams. Dažniausiai naudojama šiuose produktuose: polimerai, tekstilės valymo ir dažų produktai, rašalai ir toneriai, poliravimo ir vaškavimo, odos priemonės, klėjai ir hermetikai, antifrizai, hidrauliniai ir šilumos perdavimo skysčiai, plovikliai, oro gaivikliai, elektronikos



1,3-butadienis (buta-1,3-diene). Formulė C_4H_4 . Tai pavojingos, sprogios dujos. Mutageninė, kancerogeninė medžiaga. Dažniausiai naudojama šiuose produktuose: polimerai, degalai, ekstrahavimo priemonės, padangos, žaislai, maisto pakavimas, avalynė. [2]

Kietosios dalelės (KD) – mikroskopinės kietosios dalelės ir skysčio lašeliai esantys ore, sudaryti iš įvairių komponentų, tokių kaip rūgštys (sieros, azoto), organiniai junginiai, metalai, druskų ar dulkių dalelės, alergenai (žiedadulkės, pelėsių sporos).[34]

KD galima suskirstyti pagal dydi:

Visos kietosios dalelės (Total Particulate Matter (TPM)). Šiai grupei galima priskirti visas dalelės, kurių dydis yra mažesnės nei $100\ \mu\text{m}$. Šias dalelės galima matyti plika akimi.

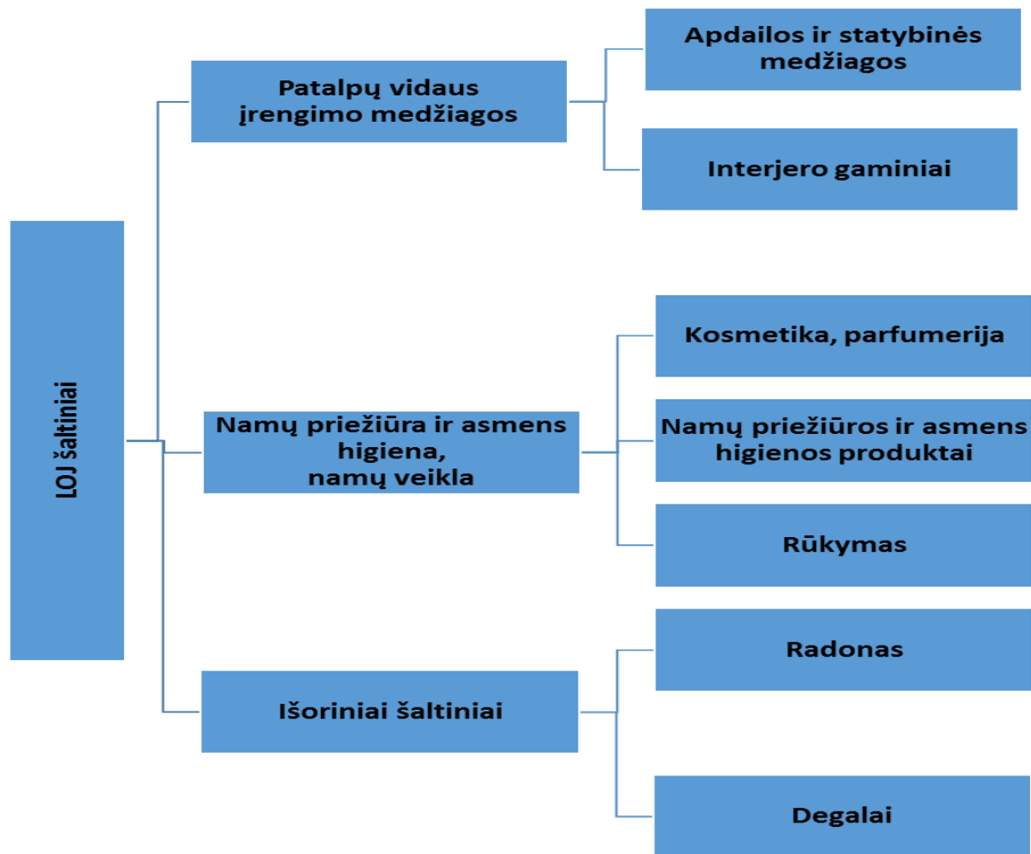
Kietosios dalelės $<10\ \mu\text{m}$ (PM_{10}). Šiai grupei priskiriamos dalelės, kurios yra mažesnės nei $10\ \mu\text{m}$. Pvz: vėjo pučiamos dulkė.

Kietosios dalelės $<2.5\ \mu\text{m}$ ($PM_{2.5}$). Šiai grupei priskiriamos dalelės, kurios yra mažesnės nei $2.5\ \mu\text{m}$. Pvz: dūmai, rūkas.[35]

1.2 Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių šaltiniai

Lakieji organiniai junginiai sudaro didelę grupę cheminių medžiagų, kurios lengvai garuoja kambario temperatūroje. Dauguma LOJ galima užuosti, bet kai kurie jų yra bekvapiai. Pagal kvapą negalima spręsti apie šių junginių rizikos lygį. [7]

Mūsų kasdieniniame gyvenime yra daug gaminių, kurie išskiria šias pavojingas medžiagas. Remiantis Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos (NVSPL) parengtomis 2013 m. rekomendacijomis ir Minnesota Department of Health, LOJ šaltinius galima suskirstyti į tris kategorijas (žr. 1.2.1 pav.).



1.1 pav. Lakiųjų organinių junginių šaltiniai vidaus patalpose. [27], [18]

Pirmoji grupė – statybinės, apdailos medžiagos, interjero gaminiai. Tai vidaus patalpoms įrengti naudojamos medžiagos: dažai, linoleumas, tapetai, apdailos medžiagos ir kt. Šie gaminiai yra perchloretileno, formaldehido, etilenglikolio, acetono, oktano, heksano ir kt. šaltinis.

Antroji grupė – namų priežiūros ir asmens higienos produktai. Šiai grupei galima priskirti įvairius oro gaiviklius, parfumeriją, kosmetiką, dezinfekavimo, skalbimo ir valymo priemones. Produktai išskiria ksileną, tolueną, formaldehidą, metilenochloridą.

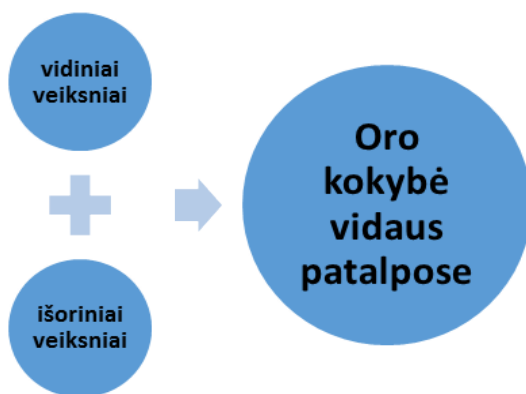
Trečioji grupė – išoriniai šaltiniai. Didžiausią dalį šios grupės sudaro automobilių išmetamos dujos, patenkančios į vidaus patalpas. Taip pat šiai grupei galima priskirti radono dujas. Išsiskiria 1,3-butadienis, benzenas.

Pirmoji grupė taršos šaltinių mažai kinta laike. Šią grupę galima priskirti pastoviai taršai. Įvairios apdailos ir statybinės medžiagos yra keičiamos retai. Jos visą parą skleidžia taršą.

Antroji grupė priklauso nuo aplinkybių ir gali labai kisti. Ši tarša gali būti ir trumpalaikė, ir ilgalaikė. Patalpa valoma ar gaivinama oro gaivikliais dažniausiai tik tam tikrą laiką. Tarša padidėja panaudojus šiuos produktus ir sumažėja nustojus juos aktyviai naudoti.

Trečioji grupė priklauso nuo vidaus patalpos įrengimo ir sąlygų. Ventiliacija daro įtaką šiai taršai. Jeigu patalpa yra vietovėje, kur intensyvus eismas, patalpų ventiliacija gera, tai išorinė tarša didėja. Bloga ventiliacija, šiuo atveju, sumažina taršą.

Patalpos viduje oro kokybę sąlygoja vidiniai ir išoriniai veiksniai (žr. 1.2.2 pav.).



1.2 pav. Oro kokybė vidaus patalpose.

Išoriniai veiksniai:

5. išorėje (lauke) esančios oro taršos koncentracija, kurią lemia antropogeniniai ir natūralūs šaltiniai;

6. radono keliama tarša, kurią galima rasti dirvožemyje, statybinėse medžiagose, požeminiuose vandenyse. Ši tarša gali patekti per pastato plyšius, geriamąjį vandenį;

7. teršalų dispersinės charakteristikos: tipas, padėtis ir atstumas, dydis, forma, meteorologinės sąlygos;

Vidiniai veiksniai:

- fizinės ir cheminės savybės;
- taršos šaltiniai viduje, tokie kaip baldai, statybinės medžiagos;
- pastato charakteristikos, tokios, kaip ventiliacija;

- veikla, vykdoma patalpose, valgio gaminimas, rūkimas, prekių gaminimas ar pardavimas;[25]

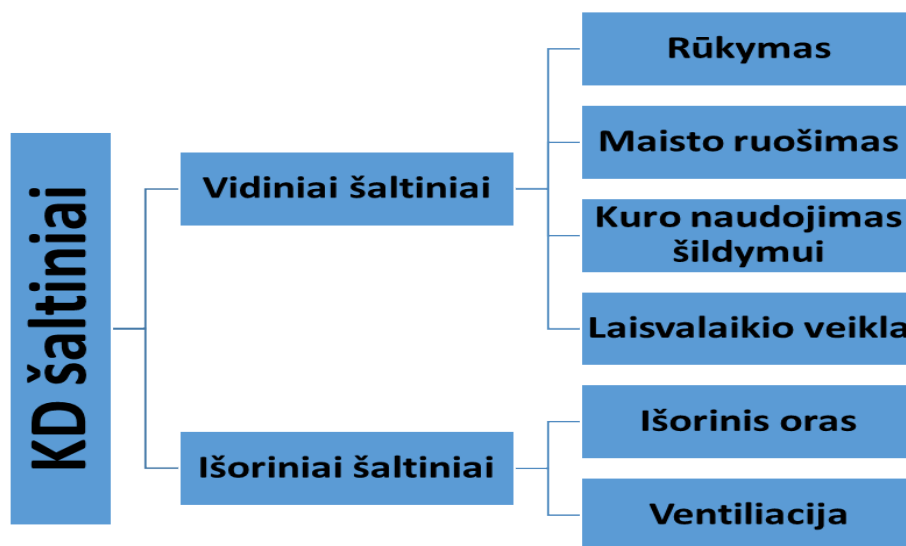
Išoriniai veiksniai dažniausiai priklauso nuo lauke esančios antropogeninės taršos. Dar vienas taršos šaltinis – radono dujos. Išorinę taršą sąlygoja ir teršalų dispersinės charakteristikos: taršos tipas, padėtis, atstumas, dydis metrologinės sąlygos. Didėjant lauke LOJ koncentracijai, mažėjant atstumui iki patalpų, esant mažam vėjuotumui, šorinė tarša didėja.

Vidiniai veiksniai priklauso nuo vidaus patalpų charakteristikų: fizinių, cheminių savybių, ventiliacijos, vykdomos veiklos, įrengimų. Gera ventiliacija, esant mažai išorės taršai, žema temperatūra, mažina taršą. Ekologiškos statybinės medžiagos ir baldai taip pat gerina oro kokybę, mažindami taršą. Dar vienas lemiantis veiksnys - tai patalpose vykdoma veikla, pvz. rūkymas didina taršą.

Kietųjų dalelių šaltinius galima suskirstyti į dvi grupes:

- tiesioginiai, kur dalelės į orą patenka tiesiogiai;
- netiesioginiai, kur dalelės į orą patenka po cheminių reakcijų; [31]

Tiesiogiai į orą KD patenka iš įvairių statybinių aikštelių, neasfaltuotų kelių, kaminų, gaisrų ir kt. Netiesiogiai atmosfera teršiama dalelėmis, tokiomis kaip sieros dioksidas, azoto oksidas ir kt., kurios susidaro reaguojant cheminėms medžiagoms. Susidariusių cheminių medžiagų šaltiniai yra pramonės, automobilių, elektrinių ir kt. tarša.



1.3 pav. Kietųjų dalelių šaltiniai vidaus patalpose.

Vidaus patalpose KD šaltiniai yra vidiniai ir išoriniai. Vidiniai šaltiniai - maisto gaminimas, rūkymas, kuro panaudojimas, taip pat laisvalaikio veikla. Išoriniai šių medžiagų šaltiniai yra ventiliacija ir išorinis oras. Ventiliacijos dėka užterštas oras patenka iš išorės. Nesandarūs langai leidžia taip pat patekti orui iš išorės.

1.3 Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių poveikis žmogaus sveikatai

KD ir LOJ yra pavojingi sveikatai. Kvėpuojant orą tarša patenka į plaučius arba kraują. Tokiu būdu pažeidžiami ar dirginami plaučiai, trikdoma širdies veikla. Sergantiems lėtinėmis kvėpavimo ar širdies ligomis pablogėja sveikatos būklė. Taip pat gali dirginti akis, nosį ar gerklę.[32]

68 procentai nusiskundimų įvairiais negalavimais, tokiais, kaip odos senėjimas, nuovargis, nevaisingumas, vėžys, leukemija ir kt. siejami su oro patalpų tarša. Remiantis Pasaulio sveikatos organizacijos statistika, 35.7 % kvėpavimo takų, 22 % chroniškų ligų, 5 % bronchinės astmos, vėžio ir leukemijos susirgimų nulemia būtent vidaus patalpų tarša. [17].

Nanjingo (Kinija) vaikų ligoninės daktarai sieja vaikų susirgimus leukemija su kambario dekoravimu, įrengimu. Svarbu tai, kad kambariai buvo dekoruojami per paskutinius 6 mėnesius nuo susirgimo. Panaši statistika Bejing vaikų ligoninėje (Kinija), 93 % susirgusių vaikų leukemija per paskutinius 6 mėnesius įrengė kambarius naujai. [17]

Hematologijos daktarai iš Jiangsu People's ligoninės teigia, kad leukemiją lemia radiacija ir tarša. Benzenas ir formaldehidai - tai teršalai, kurie, pasak hematologų, sąlygoja leukemijos susirgimus. Pasaulio sveikatos organizacija įvardina formaldehidą, kaip labiausiai sąlygojantį vėžio susirgimus.[17]



1.4 pav. Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių poveikis žmogaus sveikatai.

LOJ ir KD poveikis žmogaus sveikatai priklauso nuo (žr. 1.3.1 pav.):

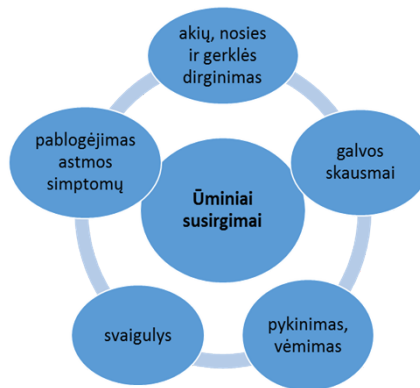
- kiekio ore, t.y. taršos koncentracijos;
- kaip ilgai ir kaip dažnai kvėpuojama;

Buvimas ilgą laiką užterštoje aplinkoje padidina riziką susirgti lėtinėmis ligomis. Tarša gali sąlygoti astmos paūmėjimą, širdies ligas arba jautrumą cheminėms medžiagoms.[7] Susirgimus didina LOJ ir KD koncentracijos padidėjimas, ypač viršijant nustatytas ribas. Kvėpavimo dažnumas - dar vienas iš veiksnių, darančių įtaką sveikatai. Dažnai kvėpuojant įkvepiama daugiau oro, tuo pačiu ir teršalų.

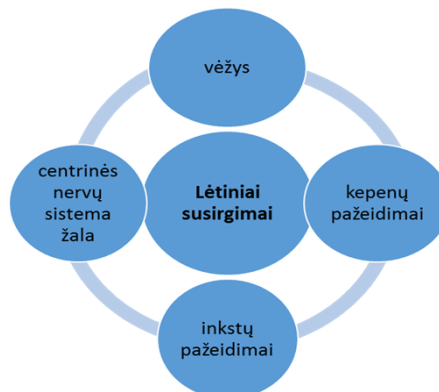
Vidaus patalpų oro tarša gali sukelti ir ūminius, ir lėtinius sveikatos pakitimus.[25]. Poveikį žmogaus sveikatai mokslininkai skirsto į:

- ūminį, kuris trunka kelias valandas ar dienas;
- lėtinis, kuris trunka metus ar visą gyvenimą;[7]

Sveikatos pakitimai, kuriuos sąlygoja LOJ gali būti lėtiniai arba ūminiai.



1.5 pav. Ūminiai susirgimai, kuriuos sąlygoja lakieji organiniai junginiai.



1.6 pav. Lėtiniai susirgimai, kuriuos sąlygoja lakieji organiniai junginiai.

Įvairūs cheminiai junginiai gali sukelti skirtingą poveikį sveikatai. Šiuos simptomus galima suskirstyti į dvi grupes. Pirmajai grupei galima priskirti ūminius susirgimus, tai sudirgintos akys, galvos skausmas, svaigulys, pykinimas, astmos paūmėjimas ir kt. Antrajai grupei priklauso lėtiniai susirgimai - vėžys, atskirų organų ir centrinės nervų sistemos pažeidimai ir kt.[7]

1.3 lentelė. Suminių lakiųjų organinių junginių ribinės vertės ir poveikis sveikatai.[36] [11]

SLOJ, mg/m³	Koncentracijos lygis	Simptoniai
Mažiau nei 0.3	žemas	nėra dirginimo
Nuo 0.3 iki 0.5	priimtinas	galimas dirginimas jautriems asmenims
Nuo 0.5 iki 1	ribinis	pastebimas dirginimas jautriems asmenims
Nuo 1 iki 3	aukštas	dirginimas tikėtinas
Daugiau nei 3	labai aukštas	dirginimas labai tikėtinas

Mažesnės nei 1 mg/m³ koncentracijos gali šiek tiek dirginti, poveikis sveikatai galimas jautriems asmenims (sergantiems ūminėmis ligomis, vaikams, vyresnio amžiaus, alergiškiems cheminėms medžiagoms). 1 mg/m³ yra ribinė SLOJ koncentracija, didesnės reikšmės pastebimai dirgina ne tik jautrius asmenis, esant tokiai koncentracijai pastebėtas poveikis sveikatai visiems asmenims. Nuo 1 mg/m³ iki 3 mg/m³ SLOJ dirginimas yra tikėtinas, koncentracijos lygis – aukštas, poveikis sveikatai jaučiamas. Daugiau nei 3 mg/m³ – koncentracijos lygis labai aukštas, todėl dirginimas labai tikėtinas, tuo pačiu ir poveikis sveikatai. [36] [11]

KD poveikis sveikatai gali būti ūminis arba lėtinis. Ilgą laiką būnant užterštoje aplinkoje, kur yra padidėjusi KD koncentracija, pastebimai pablogėja plaučių funkcijos, dažnai fiksuojami chroniško pobūdžio bronchiniai susirgimai. Trumpalaikis poveikis gali sudirginti plaučius, kas

sąlygoja astmos ar bronchito atsiradimą. Sergantiems širdies ligoms gali ištikti širdies smūgis arba sutrikti širdies ritmas. [34]

KD poveikis sveikatai taip pat priklauso nuo dalelių dydžio. Mažos dalelės, mažesnės nei 10 µm, daro didesnę įtaką sveikatai, nes gali giliai prasiskverbti į plaučius ar net kraują. Didesnės nei 10 µm dalelės mažiau veikia sveikatą, nors gali taip pat dirginti akis, nosį ar gerklę. [34]

Vėžys. Ši liga turi daugiau nei 100 formų, kuri prasideda, kai ląstelės pradeda nekontroliuojamai daugintis. Įprastai ląstelės auga ir dalinasi, tam, kad kūnas būtų sveikas ir galėtų atsinaujinti. Tačiau kartais šis procesas sutrinka, pažeidžiama DNR ir ląstelės pradeda daugintis daug sparčiau. Todėl išsivysto vėžys.[28]

Astma. Tai lėtinė plaučių liga. Šis sveikatos sutrikimas gali pasireikšti bet kuriame amžiaus tarpsnyje, tačiau labiau paplitęs tarp vaikų. Pastebėta, kad sergamumas šia liga labiau paplitęs mieste nei kitose vietovėse. Nors ši liga nėra išgydoma, tačiau ją galima kontroliuoti.[28]

Akių priežiūra. Akių ligas dažnai sunku pastebėti ankstyvoje stadijoje, nes labai dažnai neturi jokių simptomų. Sveika aplinka labai svarbi, tam, kad regėjimas išliktų nepakitęs.[28]

1.4. Vidaus oro patalpų lakiais organiniais junginiais teisinis reglamentavimas

Vidaus patalpų oras LOJ yra reglamentuojamas Lietuvos teisės aktuose.

Lietuvoje lakiųjų organinių junginių normos darbo vietose apibrėžia Lietuvos Respublikos Sveikatos ministro įsakymu patvirtinta Higienos norma HN 23:2011 „Cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai. Matavimo ir poveikio vertinimo bendrieji reikalavimai“.

Šioje higienos normoje apibrėžti cheminių medžiagų profesinio poveikio ribiniai dydžiai, šių medžiagų poveikio sveikatai vertinimas, matavimo bendrieji reikalavimai. Normos tikslas – apsaugoti darbuotojus nuo rizikos sveikatai, susijusios su cheminių medžiagų poveikiu darbo vietoje. 1.4.1 lentelėje pateikiamos kai kurių LOJ ribinės vertės darbo vietoje. [30]

1.4 lentelė. Ribinės lakiųjų organinių junginių vertės darbo aplinkos ore. [30]

Cheminė medžiaga	Ilgalaikio poveikio ribinis dydis	Trumpalaikio poveikio ribinis dydis
Pavadinimas	mg/m ³	mg/m ³
Acetonas	1210	2420
Benzenas (benzolas)	3,25	19
Fenolis	8	16
Formaldehidas	0,6	-
Ksilenas	200	450
Limonenas (plg. terpenai)	150	300
Toluenas	192	384
Acetaldehidas	45	90
n-hekšanas	72	-
Naftalenas (naftalinas)	50	-
Vinilidenchloridas	20	40
Chloretanas (etilo chloridas)	268	-

Lakiųjų organinių junginių normos vidaus patalpose apibrėžia Lietuvos Higienos norma HN 35:2007 „Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore“.

Šioje higienos normoje nurodytos didžiausios leistinos cheminių medžiagų koncentracijos gyvenamosios aplinkos ore. Nustatytos ribos taikomos gyvenamuosiuose ir visuomeniniuose pastatuose. Visuomeninės patalpos tai – patalpos susijusios su apgyvendinimu (viešbučiai, kalėjimai ir t.t.) taip pat švietimo, sveikatos priežiūros įstaigos. Dažniausiai sutinkamų lakiųjų organinių junginių nustatytos ribos pateikiamos 1.4.2 lentelėje. [20]

1.5 lentelė. Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių ribinės vertės gyvenamosios aplinkos ore. [20]

Cheminės medžiagos pavadinimas	CAS Nr.	Kvapo pobūdis	Kvapo slenksčio vertė, mg/m ³	Didžiausia leidžiama koncentracija (DLK), mg/m ³	
				Vienkartinė	Paros
Acetonas (dimetilketonas)	67-64-1	salsvas, tirpiklio	13,9	0,35	0,35
Benzenas	71-43-2	tirpiklio	32,5	1,5	0,1
Fenolis	108-95-2	–	–	10	3
Formaldehidas (skruzdžių aldehydas)	50-00-0	–	–	0,1	0,01
Ksilenas (dimetilbenzenas)	1330-20-7	aromatinis, saldus	78	0,2	0,2
Toluenas	108-88-3	gėlių, citrusų, naftalino, kamparo	644	0,6	0,6
Acetaldehydas	75-07-0	–	–	0,01	0,01
Kietosios dalelės PM ₁₀	-	–	–	–	0,05
Kietosios dalelės PM _{2,5}	-	–	–	–	0,04

Lietuvos Respublikos visuomenės sveikatos priežiūros įstatyme, 2002 gegužės 16 d., 21 straipsnyje;[29]

Šis įstatymas reglamentuoja visuomenės sveikatos priežiūrą, jos struktūrą, reguliavimą, ligų, traumų, sveikatinimo profilaktines priemones. Taip pat reguliuoja fizinių asmenų teisės verstis visuomenės sveikatos priežiūra įgijimą, reguliuoja juridinių ir fizinių asmenų santykius šioje srityje. Šio įstatymo 21 straipsnis apibrėžia asmenų gyvenamosios aplinkos saugą. Išvardinamos 8 priemonės, kuriomis užtikrinama saugi gyvenamoji aplinka. Viena iš priemonių – tai tinkamas mikroklimatas ir grynas oras.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2002 m. gruodžio 5 d. įsakymas Nr. 620 „Dėl lakiųjų organinių junginių, susidarančių naudojant tirpiklius tam tikrų veiklos rūšių įrenginiuose, emisijos ribojimo tvarkos patvirtinimo“;[16]

Šio dokumento tikslas yra sumažinti iš įrenginių LOJ išmetamus, kur naudojami tirpikliai, turintys LOJ. Šiame įsakyme nustatomos ribinės šios taršos išmetimo vertės, kurios priklauso nuo sunaudojamo tirpiklio kiekio per metus.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2005 m. liepos

25 d. įsakymas Nr. D1-379/4-273 „Dėl Lakiųjų organinių junginių kiekių, susidarančių naudojant organinius tirpiklius tam tikrų dažų, lakų ir transporto priemonių pakartotinės apdailos produktų sudėtyje, ribojimo taisyklių patvirtinimo“;[14]

Šiuo įsakymu nustatomi reikalavimai produktams, ribinės jų vertės, kurių sudėtyje yra LOJ, tai yra tam tikri dažai, lakai ir transporto priemonių pakartotiniai apdailos produktai. Reikalavimai nustatomi į Lietuvos rinką teikiamiems ir Lietuvos teritorijoje naudojamiems produktams. Šis įsakymas taip pat apibrėžia produktų ženklavimo ir patekimo į Lietuvos rinką tvarką. Nustatytos taisyklės nėra taikomos produktams, kuriais prekiaujama vykdant tam tikros rūšies veiklą, kuri apibrėžta anksčiau minėtame įsakyme: „Dėl Lakiųjų organinių junginių kiekių, susidarančių naudojant organinius tirpiklius tam tikrų dažų, lakų ir transporto priemonių pakartotinės apdailos produktų sudėtyje, ribojimo taisyklių patvirtinimo“.

1.5 Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių matavimo metodai

1.5.1 Lakiųjų organinių junginių matavimo metodai

Metodo pasirinkimas priklauso nuo tiriamųjų medžiagų. LOJ įvairovė didelė. Vieni metodai labiau tinka vienoms medžiagoms, kiti metodai – kitoms medžiagoms. Labai svarbu pasirinkti tinkamą metodą. Metodų įvairovė taip pat yra didelė. Dujų chromatografija – viena iš analitinės chemijos rūšių, skirtų atlikti LOJ kokybinę ir kiekybinę analizę. [27]

Dujų chromatografija yra paremta analizių pasiskirstymu tarp judrios ir nejudrios fazės. Lokieji organiniai junginiai yra išgarinami, pernešami dujų (mobilios fazės) ir sąveikauja su nejudria faze. Giminingesnės medžiagos sąveikauja stipriau, todėl jos atsiskiria vėliau, lyginant su kitomis analitėmis. [19]

Detektoriai yra skirti užfiksuoti išeinančio eliuento pokyčius. Šie pokyčiai gali būti lūžio rodiklio, elektroninio laidumo, optinių savybių ir kt. [19]

Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos parengtose 2013 m. rekomendacijose nurodyta, kokiais metodais tirti LOJ.

Šiluminio laidumo detektorius (thermal conductivity detector; TCD). Šis detektorius leidžia fiksuoti nešančio dujų srauto šiluminio laidumo pasikeitimus, šie pokyčiai atsiranda dėl iš kolonėlės išeinančios atskirtos mišinio komponentės.[27]

Katalitinio degimo detektorius (catalytic combustion detector; CCD). Šiuo detektorium nustatomi degūs angliavandeniliai ir vandenilis. [27]

Iškrovos jonizacijos detektorius (discharge ionization detector; DID). Detektoriaus principas – junginiai jonizuojami aukšta įtampa, todėl galima fiksuoti srovės pokyčius. [27]

Sauso elektrolitinio laidumo detektorius (dry electrolytic conductivity detector; DELCD). Detektorius yra skirtas fiksuoti chlorintiems junginiams. [27]

Elektronų pagavos detektorius (electron capture detector; ECD). Šiuo detektoriumi jonizuojami iš kolonėlės išeinantys junginiai ir fiksuojami srovės pokyčiai. Junginiai jonizuojami radioaktyvių beta dalelių dėka. Tiriami junginiai, kurių sudėtyje yra halogenų atomų, karbonilo, nitrilo, nitrofunkinių grupių ir metaloorganinių junginių. Šis metodas yra labai jautrus. [27]

Liepsnos fotometrinis detektorius (flame photometric detector; FPD). Detektoriaus principas – fiksuoti sudegintus vandenilio sraute junginių emisijų spektrus. Paskirtis – tirti fosforo, sieros, halogenų ir tam tikrų metalų junginius. [27]

Atominės emisijos detektorius (atomic emission detector; AED). Šiuo detektorium sukuriama mikrobangų plazma, todėl yra skaidomos iš kolonėlės išeinančios medžiagos ir fiksuojami cheminių elementų spektrai. [27]

Helio jonizacijos detektorius (helium ionization detector; HID). Šiuo detektorium yra jonizuojami helio atomai, kurie jonizuoja išeinančias iš kolonėlės medžiagas, taip sukuriama elektros srovės pokytis. [27]

Azoto – fosforo detektorius (nitrogen–phosphorus detector; NPD). Detektorius skirtas tik organiniams junginiams, kurių sudėtyje yra azoto, fosforo atomų. [27]

Infraraudonųjų spindulių detektorius (infrared detector; IRD). Šiuo būdu infraraudonųjų spindulių diapazone fiksuojami tiriamųjų junginių spektrai. [27]

Liepsnos jonizacijos detektorius (angl. Flame ionisation detectors). Tiriamoji medžiaga (LOJ), veikiama liepsnos, virsta jonais, sukurdamas elektros srovę. [26]

Foto jonizacijos detektorius (angl. Photo Ionisation Detection). Tiriamoji medžiaga (LOJ) veikiama UV spinduliuote, virsta įkrautomis dalelėmis, kurios sukuria elektros srovę. [26]

Pulsuojančios iškrovos detektorius (pulsed discharge ionization detector; PDD). Šiuo būdu jonizuojami helio atomai, kur fiksuojama kintama elektros srovė. [27]

Terminės jonizacijos detektorius (thermionic ionization detector; TID). Junginiai jonizuojami kaitinant elektronus, fiksuojant kintamą elektros srovę. Tiriami junginiai turintys azoto ir chloro grupes. [27]

Masių spektrometrinis detektorius (mass spectrometer; MS). Tiriamoji medžiaga jonizuojama ir pernešama į masių analizatorių, kur junginiai identifikuojami pagal jų jonų masės ir krūvio santykį. [27]

Masių Spektroskopijos (angl. Mass Spectroscopy) **metodas**. Metodo principas – tiriamoji medžiaga, kuri yra dujų pavidalo yra jonizuojama. Susidarę jonai yra skirstomi elektriniais ir magnetiniais laukais, priklausomai nuo masės santykio su krūviu. Šis metodas parodo dalelių masę, tam, kad sužinoti tiriamosios medžiagos cheminę struktūrą. Masių spektras arba pasirinkti jonai registruojami duomenų bazėje. Šiuo metodu galima tirti daug medžiagų iš karto.[26]

Metalo oksido ir puslaidininkio lauko tranzistoriaus metodas. Prietaisas yra sudarytas iš metalo, oksido ir puslaidininkio, kuriame srovė yra valdoma elektriniu lauku, kuris keičia pagrindinių krūvininkų srautą laidžiamame kanale. Laidus kanalas yra sukuriamas izoliuotu dielektriku (silicio oksidu), tuo tarpu kanalo laidumas yra valdomas keičiant krūvininkų koncentraciją kanale.[26]

1.5.2 Kietųjų dalelių matavimo metodai

Didžiosios Britanijos Aplinkos departamentas kietąsias daleles rekomenduoja tirti vienu iš 5 metodų. [33]

Gravimetrinis metodas (Filter-based gravimetric). Principas – KD surenkamos ant filtro, kuris išmatuojamas gravimetru. Skirtas tirti (10 μm) KD. Matavimo laikas tik 24 val., brangiai kainuojantis metodas. [33]

TEOM (Tapered Element Oscillating MicroBalance) metodas. Principas – stiklinio vamzdelio svyravimo dažnis, parodo kietųjų dalelių kiekį. Leidžia atlikti matavimus einamuoju metu per trumpą laiką (mažiau nei 1 val.). Esant šiltam orui, pusiau lakiųjų medžiagų išmatuoti rezultatai nėra tikslūs. Brangiai kainuojantis metodas. [33]

BE (Beta Attenuation) metodas. Principas - beta dalelės absorbuojamos kartu su KD. Leidžia atlikti matavimus einamuoju metu per trumpą laiką (mažiau nei 1 val.). Esant šiltam orui, pusiau lakiųjų medžiagų išmatuoti rezultatai nėra tikslūs. Analizatorius turi radioaktyvių medžiagų. [33]

Optinis metodas (Optikal) metodas. Matuojama nešiojant rankoje nefelometrą, kuris pakraunamas baterija. Gali matuoti kelių dydžių daleles vienu metu. Metodo principas – optiniu būdu įvertinamas ore esantis KD santykis infraraudonųjų spindulių ar lazerio šviesos dėka. [33]

Juodo dūmo (Black smoke) metodas. Paprastas ir pigus, ilgai išlieka duomenys. Matavimo laikas 24 val. Kietosios dalelės renkamos ant filtro daugiau nei 24 val. Filtro tamsumas įvertinamas reflektrometru. Šis metodas labai senas, naudojamas daugiau nei prieš 50 m. [33]

Personalinis (Personal) metodas. Principas – dalelės matuojamos kvėpavimo zonoje apie 30

cm spinduliu. [33]

1.6 Būdingos lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių koncentracijos viešo naudojimo pastatų ore

2015 metais Portugalijoje mokslininkai P.T.B.S. Branco ir kt. atliko vaikų darželių vidaus patalpų oro kokybės tyrimą. Tyrimas atliktas Porto mieste, 4 skirtinguose darželiuose. Tyrimo metu 1 darželyje didžiausia LOJ koncentracija – 0.373 mg/m^3 , 2-ame – 2.320 mg/m^3 , 3-ame – 0.388 mg/m^3 , 4-ame – apie 0 mg/m^3 . Gauti rezultatai parodė, kad lakiųjų organinių teršalų koncentracijos padidėja vaikų buvimo darželyje metu. Tokį rezultatą galėjo sąlygoti vaikų užsiėmimai (piešimo priemonių ir klijų naudojimas), patalpų valymas ir vėdinimas. [22]

2014 metais Italijoje Gianluigi de Gennaro ir kt. atliko LOJ koncentracijos tyrimus grožio salonuose. Tam tikslui pasirinko 12 grožio salonų. Atlikus tyrimus, didžiausia vidutinė savaitės koncentracija viename iš salonų (ne ekologiški produktai) – 3.078 mg/m^3 , mažiausia gauta reikšmė viename iš salonų, kur naudojami ekologiški produktai – 0.278 mg/m^3 . Tai parodo, kad produktų (ekologiškų) pasirinkimas sąlygoja taršos lygį, nes koncentracijų skirtumas akivaizdus. [21]

2015 metais Porte (Portugalija) Joana Madureira ir kt. tyrė mokyklose vidaus patalpų orą. Tiriamos 20 mokyklų, 73 klasės. SLOJ vidutinė gauta reikšmė – 0.140 mg/m^3 , didžiausia – 0.820 mg/m^3 , mažiausia reikšmė – 0.088 mg/m^3 . $\text{PM}_{2.5}$ gauta vidutinė reikšmė – 0.82 mg/m^3 , PM_{10} – 0.127 mg/m^3 . [15]

Yuexia Sun ir kt. 2015 Kinijoje tyrė viešų patalpų koncentracijas. Šiam darbui Tianjino regione pasirinkti du pasatai, kuriuose yra ofisai ir du pastatai, kuriuose yra prekybos centrai. Gauti rezultatai parodė, kad nustatyta norma (0.6 mg/m^3) SLOJ nėra viršyta (ofisuose vidutinės koncentracijos yra 0.20 mg/m^3 ir 0.36 mg/m^3 , prekybos centruose – 0.29 mg/m^3 , 0.20 mg/m^3), bet koncentracija padidėjusi. Prekybos centruose nustatyta, kad suminių lakių organinių junginių koncentracija didesnė yra zonose, kur stovi buitinė technika ir baldai. [13]

2014 metais Moshood Olawale Fadeyin ir kt. suminių lakiųjų organinių junginių tyrė pradinėse mokyklose Jungtinėse Arabų Emyratuose. Tyrime dalyvavo 16 mokyklų. Gauta vidutinė SLOJ koncentracija 0.815 mg/m^3 , kuri viršijo nustatytą normą (0.3 mg/m^3). Didžiausia gauta reikšmė – 1.615 mg/m^3 . Įvairios rašymo, piešimo, kvėpinimo priemonės sąlygoja SLOJ taršą vidaus patalpose. [11]

2015 metais Wei Cai ir kt. Wuhane (Kinija) oro taršos tyrė pradinėje mokykloje. Gauti LOJ rezultatai neviršijo nustatytos normos (0.6 mg/m^3), rudenį didžiausia reikšmė – 0.152 mg/m^3 , žiemą – 0.454 mg/m^3 . Gauti kietųjų dalelių rezultatai rudenyje neviršijo nustatytos normos (0.75 mg/m^3),

PM_{2.5} - 0.332 mg/m³, PM₁₀ – 0.411 mg/m³, tačiau žiema nustatyta norma buvo viršyta, PM_{2.5} - 0.927 mg/m³, PM₁₀ – 1.09 mg/m³ Rezultatą sąlygojo žemesnė temperatūra ir sumažėjusi ventiliacija žiemos metu. [10]

2016 metais Cristiana Guerranti ir kt. mokslininkai oro kokybės LOJ tyrė istoriniame muziejuje Šv. Augustino bažnyčioje, Sienoje (Italija). Mėginiai imti pasyvios difuzijos ir analizuoti dujų chromatografijos - masės spektrometrijos metodu. Atliktas tyrimas parodė labai mažas lakiųjų organinių junginių koncentracijas. Gauti rezultatai parodė, kad oro kokybė yra gera ir istoriniai eksponatai nėra veikiami LOJ. [9]

Ana Mendes ir kt. 2015 metais Porte (Portugalija) tyrė senyvo amžiaus žmonių priežiūros centruose. Šiam tikslui pasirinko 22 priežiūros centrus. Gautos SLOJ koncentracijos: žiemą 0.13 mg/m³ (maksimumas – 0.93 mg/m³), vasarą – 0.11 mg/m³ (maksimumas – 2.53 mg/m³). Gautos kietųjų dalelių koncentracijos: KD_{2.5} žiemą 0.06 mg/m³ (maksimumas – 0.86 mg/m³), vasarą – 0.09 mg/m³ (maksimumas – 2.12 mg/m³); KD₁₀ žiemą 0.0067 mg/m³ (maksimumas – 0.43 mg/m³), vasarą – 0.0066 mg/m³ (maksimumas – 1.73 mg/m³). Gautus rezultatus sąlygojo patalpų vėdinimas, atidarant langus. Rekomenduojama gerai ventiliuoti patalpas, tam, kad būtų sumažinta tarša. [8]

2. TYRIMO METODIKA

2.1 Tyrimo objektas

Tyrimui buvo pasirinkti du prekybos centrai esantys (PC), esantys Kauno mieste.

Viename iš prekybos centrų yra apie 200 įvairiausių parduotuvių: maisto prekės, drabužiai, statybinės medžiagos, interjero gaminiai, elektronikos ir telekomunikacinės prekės ir kt. Šis prekybos centras pasirinktas dėl prekių įvairovės. Maisto prekės, statybinės medžiagos, parfumerijos produktai galimai teršia orą LOJ ir KD.

Kitas prekybos centras pasirinktas dėl:

- šioje vietoje prekiaujamų statybinių medžiagų (tapetai, įvairūs medienos ir plastikos gaminiai, kilimai), kurios galimai teršia vidaus patalpų orą;
- antrame aukšte esančio baldų centro, taip pat potencialaus taršos šaltinio;

2.2 Tyrimo sąlygos

Tyrimo sąlygos paruoštos remiantis Nacionalinės visuomenės sveikatos priežiūros laboratorijos parengtomis 2013 m. rekomendacijomis.

Pirmiausia buvo nustatomas reikalingas mėginių kiekis, kuo didesnis mėginių kiekis, tuo tikslesni tyrimų rezultatai, kurie apibūdinami standartiniu nuokrypiu. Tam, kad rezultatai būtų tikslesni, viename taške buvo matuoti ne trumpiau kaip 5 min., duomenys fiksuoti kas 5 s. Ėminių matavimo prietaisai laikyti 75 – 120 cm aukštyje, matuoti nuo grindų ir 0,6 m atstumu nuo sienų. Labai svarbus ir mėginių ėmimo laikas. Matavimai atlikti rytą, 11 val. Ši rekomendacija yra susijusi su ventiliavimo sistema. Naktimis prekybos centrų patalpos nėra ventiliuojamos, kur tarša kyla iš patalpose esančių statybinių, higienos ir kt. prekių. Rytą, kol patalpos nėra išvėdintos, pasiekiami maksimali tarša. Matavimai pradėti išorinėje prekybos centro vietoje, ne arčiau kaip 1 m. nuo sienos.

Duomenys apdoroti Microsoft Excel ir PSPP programomis. Gauti rezultatai įvertinti taikant statistinius metodus, skaitines imties charakteristikas: vidurkį, standartinį nuokrypį.

Matavimai pradėti prie įėjimo durų, išorinėje pusėje, 1 m. atstumu. Įeita pro pagrindines duris ir iš eilės matuoti numatyti taškai. Viename iš prekybos centrų išmatuota koncentracija, kur prekiauta šiomis prekėmis:

1. galanterijos;
2. rūbais;
3. interjero;
4. laisvalaikio;
5. balais;
6. maisto;
7. higienos;
8. kosmetikos;
9. parfumerijos;
10. žaislais;
11. statybinėmis medžiagomis (tapetai, durys, medienos gaminiai, kilimai, linoleumas, automobilio prekės, plytelės, vonios gaminiai, gėlės);

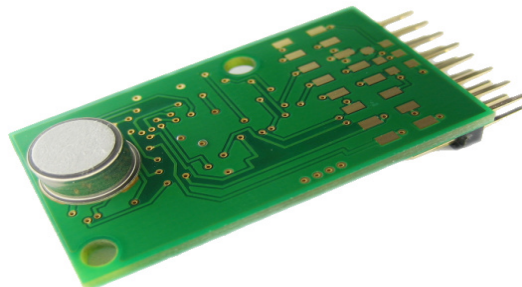
Kitame prekybos centre prekiauta šiomis prekėmis:

1. elektronikos;
2. automobilių;
3. baldais;
4. gėlėmis;
5. vonios gaminiais;

2.3 Tyrimo prietaisai

2.3.1 Lakiųjų organinių junginių tyrimas

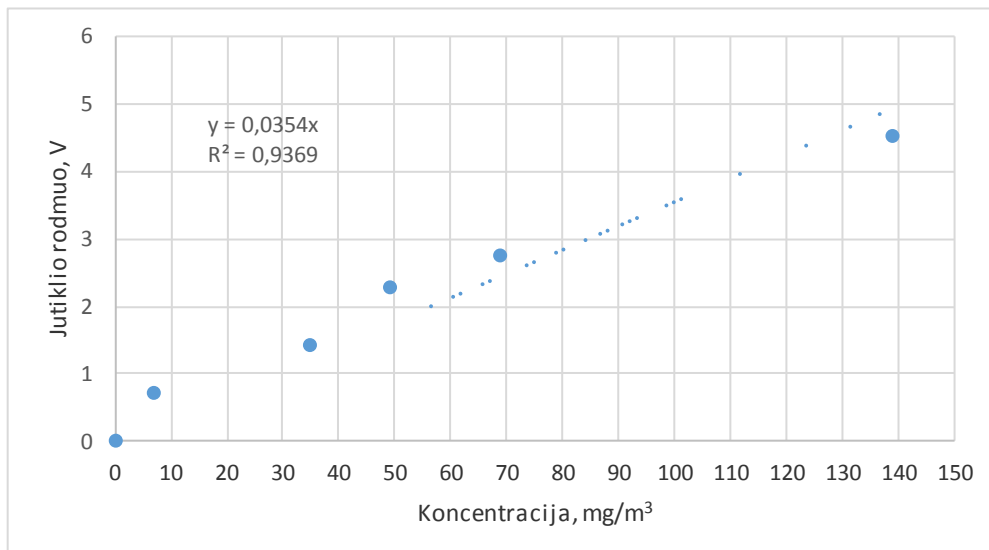
LOJ matuoti Metal Oxide Semiconductor (MOS) Sensor ir iAQ-2000 nešiojamu matuokliu (žr. 2.3.1.1 pav.). Abu šie prietaisai sujungti, kur metalo oksido puslaidininkis fiksuoja ore esančius LOJ.



2.1 pav. Metal Oxide Semiconductor (MOS) Sensor ir iAQ-2000. [24]

Duomenys pateikiami 0 – 5 V diapazone. Gauti duomenys voltais neparodo tikslios koncentracijos, nes mokslinėje literatūroje ir teisiniuose aktuose koncentracija nurodoma mg/m^3 . Tam, kad galima būtų palyginti ir įvertinti duomenys, atlikti matavimai laboratorijoje, sudaryta kalibracinė kreivė.

Bandymui atlikti, remiantis Europos Komisijos rekomendacija, pasirinktas tolueno tirpalas. [11] Šio tirpalo skirtinga koncentracija matuota 5 kartus. Pasirinktas kiekis: 0.001 ml, 0.005 ml, 0.007 ml, 0.01 ml, 0.02 ml, 0.05 ml. Į sandarią kamerą įdėtas įjungtas prietaisas ir įlašintas toluenas. Kamera sandariai uždaryta, kur duomenys fiksuoti 1 val. Po valandos atidaryta kamera, išvėdinta 20 min., vėl lašintas toluenas. Iš gautų duomenų vidurkių, sudaryta kalibracinė kreivė (žr. 2.3.1.1 pav.). Remiantis kalibracinės kreivės lygtimi, gauti duomenimis (V) prekybos centre perskaičiuoti į mg/m^3 .



2.2 pav. Lakiųjų organinių junginių kalibracinė kreivė.

2.3.2 Kietųjų dalelių tyrimas

Kietosios dalelės matuotos nešiojamuoju Personal DataRAM™ pDR-1000AN nefelometru (žiūrėti 2.3.2.1 pav.)



2.3 pav. Personal DataRAM™ pDR-1000AN. [23]

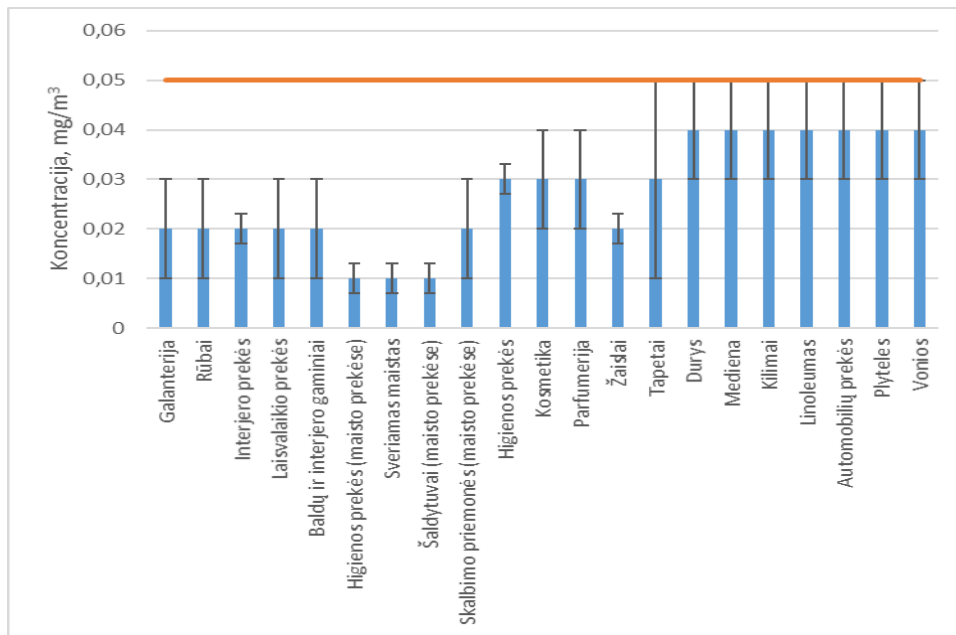
DataRAM™ - nefelometras, paremtas šviesos sklaidos technologija, kur infraraudonieji spinduliai fiksuoja dalelių sklaidą. Dulkių koncentraciją matuojama esamuju momentu. Gali fiksuoti 0,1 - 10 μm dydžio daleles. Pritaikytas išmatuoti nuo 0.001 mg/m^3 iki 400 mg/m^3 koncentracijas.

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR DISKUSIJA

3.1 Kietųjų dalelių koncentracija

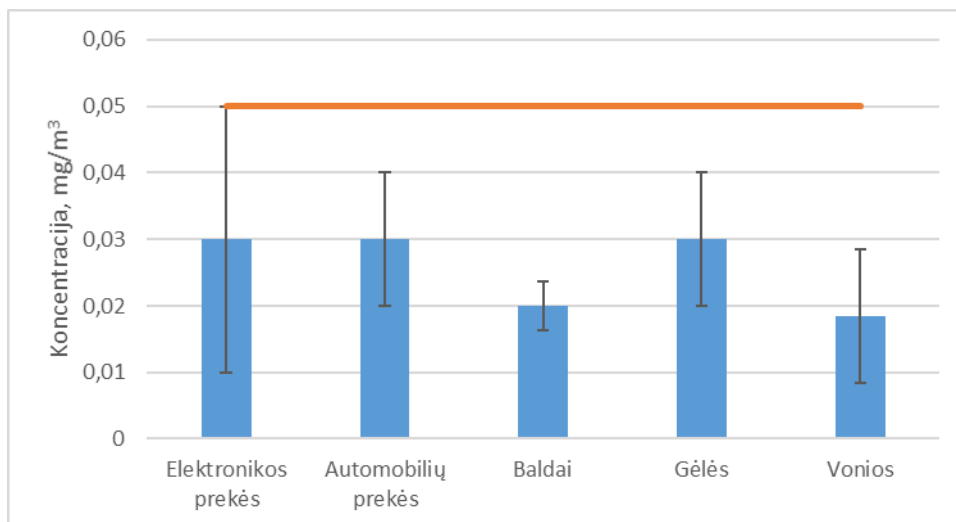
Kietosios dalelės matuotos 2 kartus: sausio ir kovo mėnesį, dviejuose prekybos centruose, kuriuos galima įvardinti: Nr. 1 ir Nr. 2.

Sausio mėnesio matavimai prekybos centre Nr.1 parodė, kad didžiausios KD koncentracijos yra prie statybinių prekių – 0.04 mg/m³. Prie maisto prekių tarša mažiausia – 0.01 mg/m³. Likusiuose prekybos centro parduotuvėse koncentracija svyravo nuo 0.02 mg/m³ iki 0.03 mg/m³ (žr. 3.1.1 pav.).



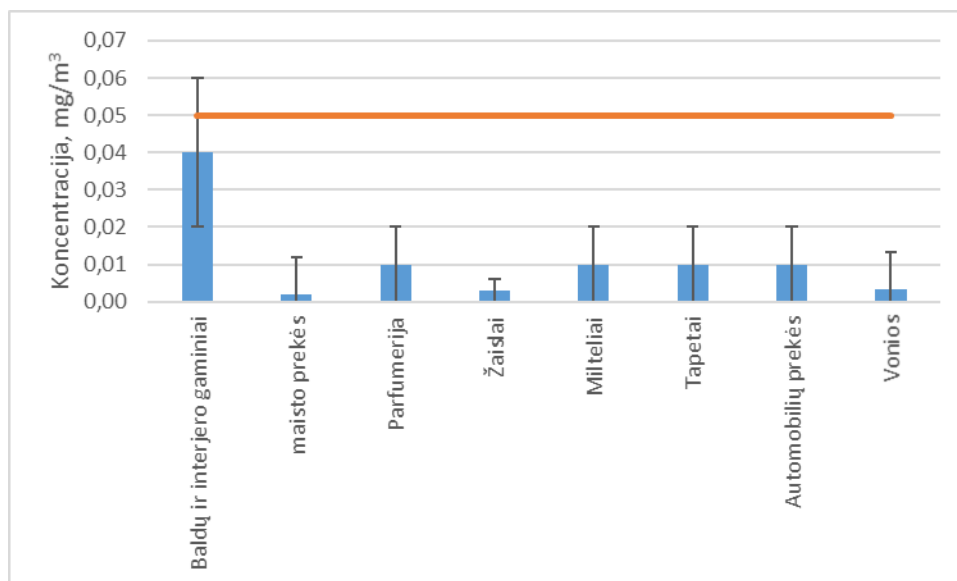
3.1 pav. Kietųjų dalelių koncentracija ir standartinis nuokrypis sausio mėnesį, PC Nr. 1.

Sausio mėnesio matavimai statybinių prekių prekybos centre Nr. 2 parodė, kad koncentracijos svyravo nuo 0.01 mg/m³ iki 0.02 mg/m³ (žr. 3.1.2 pav.).



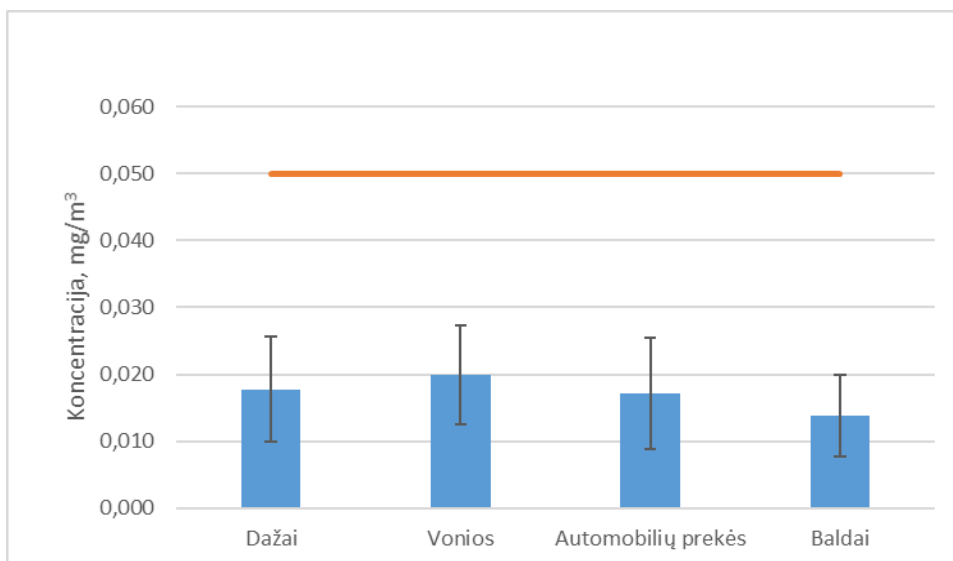
3.2 pav. Kietųjų dalelių koncentracija ir standartinis nuokrypis sausio mėnesį, PC Nr. 2

Kovo mėnesio matavimai prekybos centre Nr. 1 parodė, kad didžiausia KD koncentracija buvo baldų ir interjero parduotuvėje – 0.04 mg/m^3 . Kituose matuotuose taškuose koncentracija neviršijo 0.01 mg/m^3 (žr. 3.1.3 pav.).



3.3 pav. Kietųjų dalelių koncentracija ir standartinis nuokrypis kovo mėnesį, PC Nr. 1.

Kovo mėnesio matavimai prekybos centre Nr. 2 parodė, kad visame prekybos centre koncentracija svyravo nuo 0.01 mg/m^3 iki 0.02 mg/m^3 (žr. 3.1.4 pav.).



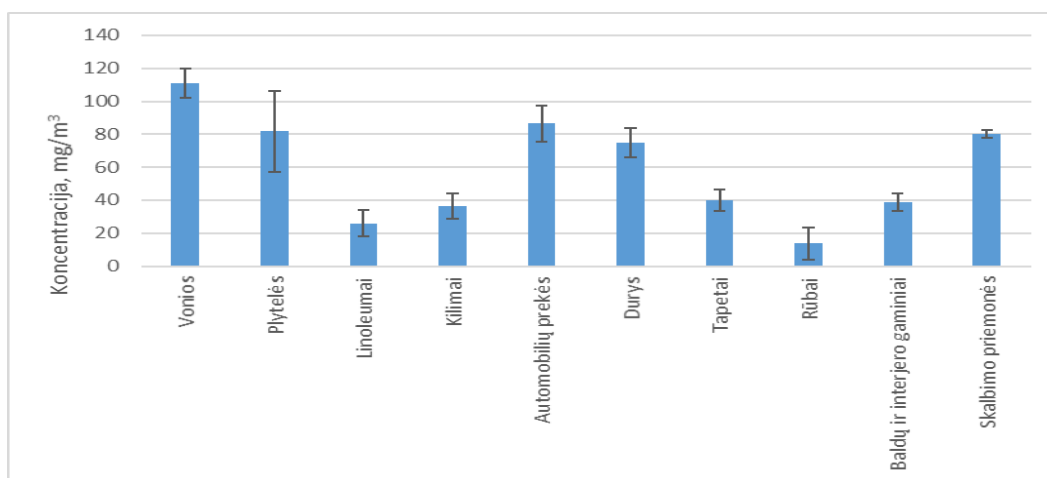
3.4 pav. Kietųjų dalelių koncentracija ir standartinis nuokrypis kovo mėnesį, PC Nr. 2.

Iš gautų rezultatų galima matyti, kad leistinos ribos nebuvo viršytos, tačiau koncentracija sausio mėnesį Nr. 1 prekybos centre buvo didelė, prie statybinių prekių pasiekė 0.04 mg/m^3 . Mažiausia koncentracija nustatyta maisto prekių parduotuvėje - mažiau nei 0.01 mg/m^3 .

3.2 Lakiųjų organinių junginių koncentracija

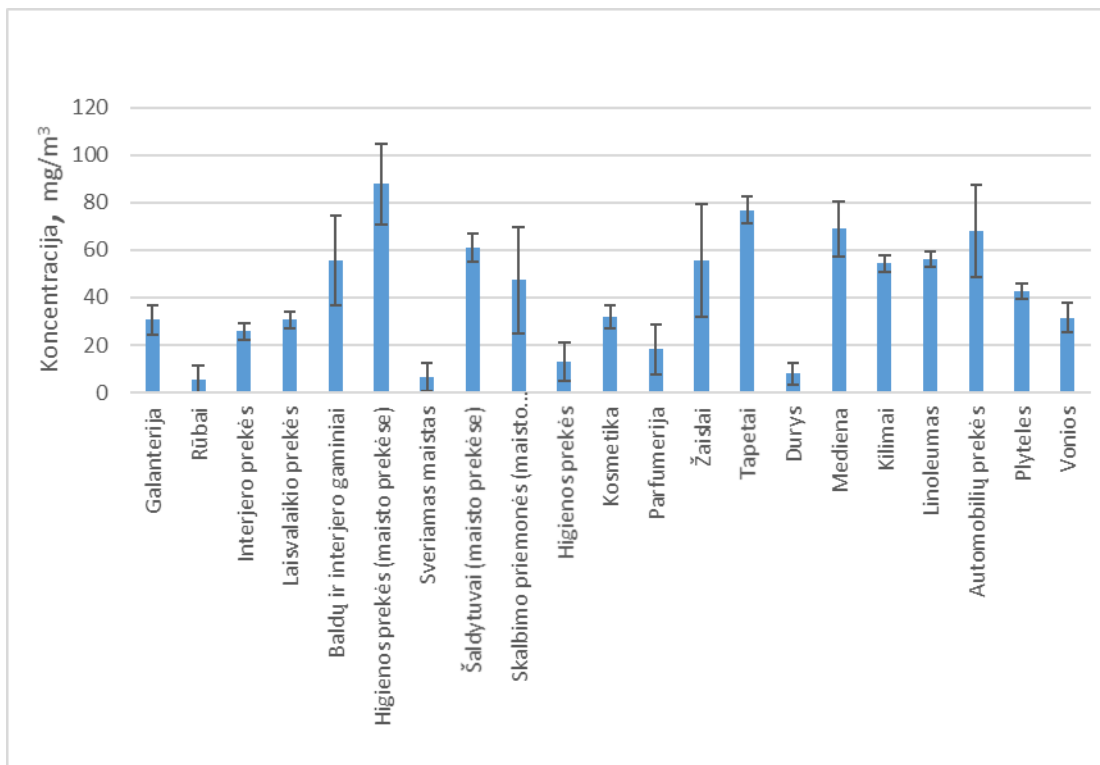
Lakieji organiniai junginiai matuoti 3 kartus: gruodžio, sausio ir kovo mėnesį, dviejuose pasirinktose prekybos centruose: Nr. 1, Nr. 2.

Gruodžio mėnesio matavimai prekybos centre Nr. 1 parodė, kad statybinių prekių parduotuvėje buvo didžiausios SLOJ koncentracijos, svyravo nuo 20 mg/m^3 iki 108 mg/m^3 . Didžiausia reikšmė buvo prie vonių – 108 mg/m^3 . Prie automobilių prekių, plytelių, skalbimo priemonių ir durų koncentracija svyravo nuo 70 mg/m^3 iki 90 mg/m^3 . Likusiuose matavimo taškuose koncentracija svyravo nuo 20 mg/m^3 iki 40 mg/m^3 , išskyrus rūbų parduotuvėje, kur užterštumas buvo 14 mg/m^3 (žr. 3.2.1 pav.).



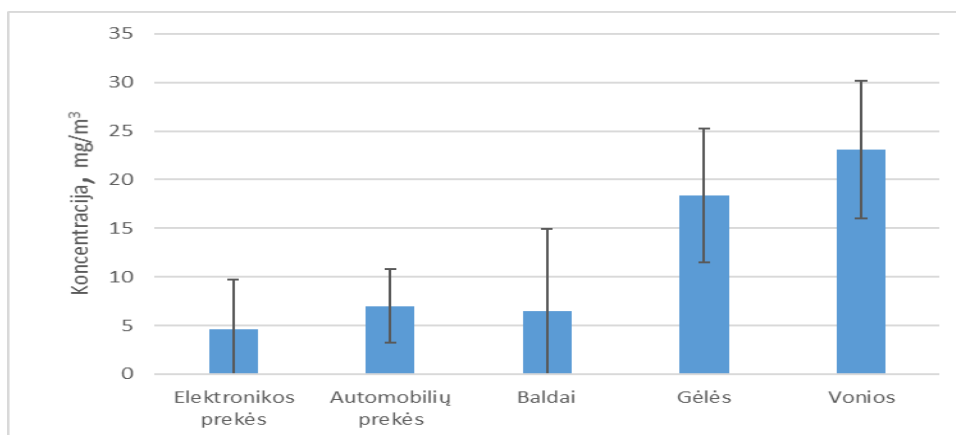
3.5 pav. Lakiųjų organinių junginių koncentracija ir standartinis nuokrypis gruodžio mėnesį, PC Nr. 1.

Sausio mėnesio matavimai prekybos centre Nr. 1 parodė, kad statybinių ir maisto prekių parduotuvėse didžiausia SLOJ koncentracija. Maisto prekių parduotuvėje svyravo nuo 40 mg/m³ iki 90 mg/m³, išskyrus prie sveriamo maisto, kur gauta vertė iki 10 mg/m³. Statybinių prekių parduotuvėje prie tapetų, medienos, kilimų, automobilio prekių, plytelių, vonių svyravo nuo 30 mg/m³ iki 70 mg/m³. Prie žaislų, baldų ir interjero prekių nustatyta šiek tiek daugiau nei 50 mg/m³. Laisvalaikio, kosmetikos, interjero, galanterijos parduotuvėse SLOJ koncentracijos viršijo 20 mg/m³. Likusiose parduotuvėse tarša neviršijo 20 mg/m³ (žr. 3.2.2 pav.).



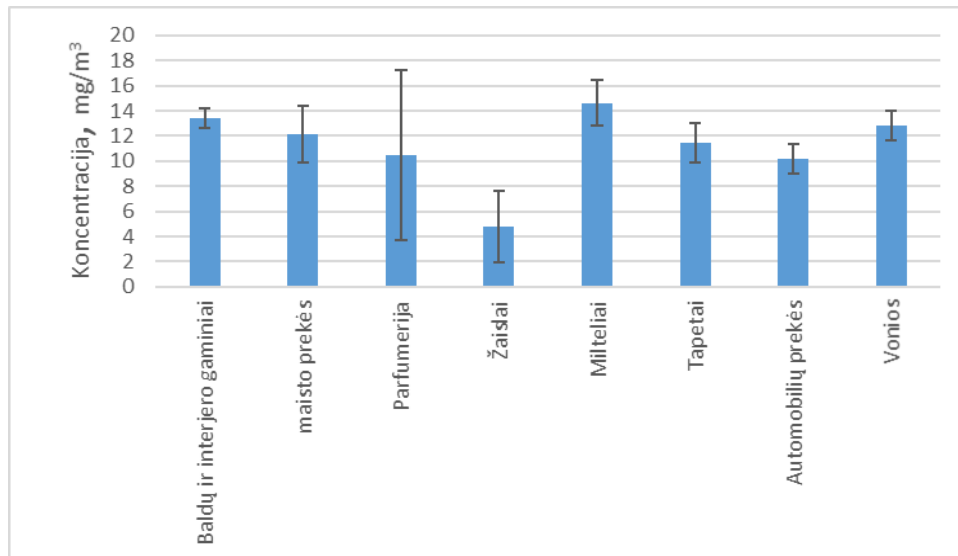
3.6 pav. Lakiųjų organinių junginių koncentracija ir standartinis nuokrypis sausio mėnesį, PC NR. 1.

Sausio mėnesio matavimai prekybos centre NR. 2 parodė, kad koncentracijos neviršijo 25 mg/m³ (žr. 3.2.3 pav.).



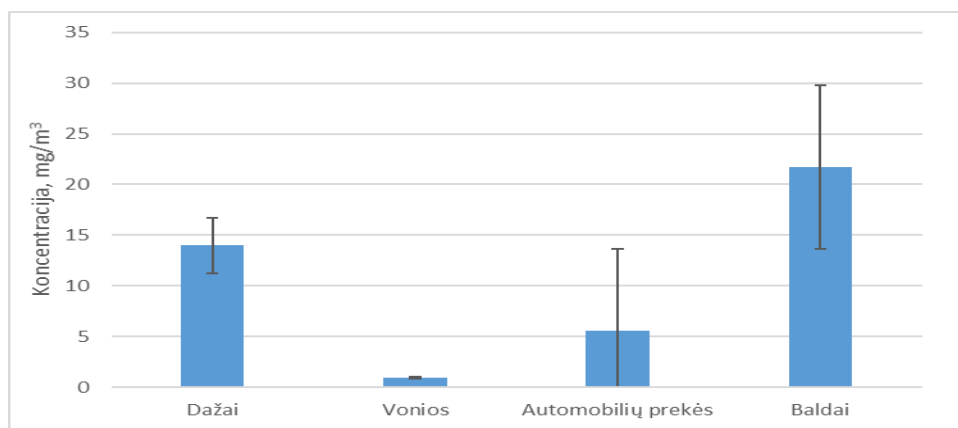
3.7 pav. Lakiųjų organinių junginių koncentracija ir standartinis nuokrypis sausio mėnesį, PC Nr. 2.

Kovo mėnesio matavimai prekybos centre Nr. 1 parodė, kad visuose matuotuose taškuose koncentracija neviršijo 15 mg/m^3 , didžiausia buvo baldų ir interjero, maisto parduotuvėse, atitinkamai – 13 mg/m^3 , 12 mg/m^3 ir 12 mg/m^3 . Statybinių prekių parduotuvėje, prie vonių ir skalbimo priemonių – 13 mg/m^3 , 15 mg/m^3 (žr. 3.2.4 pav.).



3.8 pav. Lakiųjų organinių junginių koncentracija ir standartinis nuokrypis kovo mėnesį, PC Nr. 1

Kovo mėnesio matavimai prekybos centre Nr. 2 parodė, kad koncentracija neviršijo 22 mg/m^3 . Didžiausia koncentracija nustatyta prie baldų – 22 mg/m^3 , likusiuose taškuose neviršijo 15 mg/m^3 (žr. 3.2.5 pav.).



3.9 pav. Lakiųjų organinių junginių koncentracija ir standartinės nuokrypis kovo mėnesį, PC Nr. 2.

Gauti rezultatai parodė, kad SLOJ koncentracija buvo gana didelė. Didžiausia pasiekta reikšmė prekybos centruose: Nr. 1 – 108 mg/m³ (prie vonių), Nr. 2 – 23 mg/m³ (prie vonių).

Mažiausios reikšmės abiejuose prekybos centruose nesiekė 10 mg/m³.

3.3 Diskusija

Cheminės oro taršos viešose patalpose ribas apibrėžia dvi higienos normos: HN 23:2011 ir HN 35:2007. HN 23:2011 normoje nustatytos cheminės taršos ribos darbo aplinkoje. HN 35:2007 normoje nustatytos cheminės oro taršos ribos gyvenamosiose ir viešosiose patalpose. Prekybos centre asmenis galima suskirstyti į dvi grupes: lankytojai (pirkėjai) ir darbuotojai. Lakiųjų organinių junginių ir kietųjų dalelių normas darbo vietose apibrėžta HN 23:2011, o vidaus patalpų normas apibrėžia HN 35:2007.

Kietųjų dalelių leistinos ribos nurodytos tik vienoje iš normų (HN 35:2007), KD₁₀ – 0.05 mg/m³ ir KD_{2.5} – 0.04 mg/m³. Iš gautų rezultatų galima matyti, kad leistinos ribos nėra viršytos, tačiau koncentracija sausio mėnesį Nr. 1 prekybos centre buvo gan arti DLK, statybinių prekių parduotuvėje pasiekė 0.04 mg/m³. Padidėjusią koncentraciją veikiausiai sąlygojo prekės, kurios yra KD šaltinis (statybinės prekės, baldai ir kt.). Mažiausia koncentracija nustatyta maisto prekių parduotuvėje, mažiau nei 0.01 mg/m³. Matavimo metu pastebėta, kad šioje parduotuvėje nuolat buvo atliekami drėgno valymo darbai, kas taip pat veikiausiai sąlygojo gautus rezultatus. Palyginus koncentracijas dviejuose prekybos centruose sausio mėnesį, galima matyti, kad prekybos centre Nr. 1 gautos didesnės koncentracijos, nei prekybos centre Nr. 2, nors prekiaujama tomis pačiomis prekėmis: statybinės, skalbimo, higienos. Tokius rezultatus, veikiausiai, sąlygojo prekybos centre Nr. 2 matavimo metu jaučiamai gerai ventiliuojamos patalpos.

Suminė lakiųjų organinių junginių koncentracija nėra reglamentuota nei vienoje higienos normoje (Lietuvoje). Rezultatai vertinami pasiremiant SLOJ poveikio sveikatai ribomis, kurias nurodo Europos Komisija [11]. Nurodoma, kad 0,5 mg/m³ - 1 mg/m³ jau dirgina, o viršijus 1 mg/m³ - pastebimai jaučiamas poveikis sveikatai [11]. Asmenims, dirbantiems šioje aplinkoje, kur darbo laikas apie 8 val. ir lankytojams, kurie dažnai pramogauja prekybos centre ir praleidžia šiose uždaroje patalpose pakankamai daug laiko – galimas gan žymus poveikis sveikatai.

Rezultatai parodė, kad SLOJ koncentracija buvo gana didelė abiejuose prekybos centruose: Nr. 1 ir Nr.2. Didžiausia pasiekta reikšmė buvo prekybos centruose: Nr. 1 – 108 mg/m³, Nr. 2 – 23

mg/m³. Didesnė nei 60 mg/m³ koncentracija nustatyta maisto ir statybinių prekių parduotuvėse. Mažiausios reikšmės abiejuose prekybos centruose nesiekė 10 mg/m³.

Palyginus dviejų prekybos centrų Nr. 1 ir Nr. 2 rezultatus, galima matyti ryškų skirtumą: prekybos centre Nr. 1 SLOJ koncentracija buvo didesnė (maksimali – 108 mg/m³) nei prekybos centre Nr. 2 (maksimali – 23 mg/m³), nors prekių asortimentas panašus. Matuojant stebėta ventiliacija, kur oras pastebimai geriau cirkuliavo prekybos centre Nr. 2. Veikiausiai tai pagrindinis veiksnys, kuris sąlygojo tokį skirtumą.

Kaip nurodo Europos Komisijos rekomendacija, SLOJ įvertinami 77 ± 37 % tikslumu, nes gautos matuotos reikšmės perskaičiuojamos sukalibravus pagal tolueną. [11] Kiti junginiai gali turėti kitokį atsaką ir tai lemia gan mažą nustatymo tikslumą. Tačiau kalibracija pagal tolueną yra taikoma tam, kad būtų galima palyginti skirtingų matavimų rezultatus.

IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę išsiaiškinta, kad prekybos centre kietųjų dalelių ir lakiųjų organinių junginių pagrindiniai emisijos šaltiniai yra prekės. Cheminės oro taršos viešose patalpose ribas apibrėžia dvi higienos normos: HN 23:2011 ir HN 35:2007. Didžiausia leistina kietųjų dalelių (KD_{10}) gyvenamosios aplinkos ore – $0,05 \text{ mg/m}^3$, tuo tarpu suminė lakiųjų organinių junginių ribinė vertė nėra nustatyta. Remiantis Europos Komisijos rekomendacija, suminė lakiųjų organinių junginių koncentracija neturi viršyti 1 mg/m^3 .
2. Gauti rezultatai parodė, kad kietųjų dalelių koncentracija leistinos ribos neviršijo, tačiau koncentracija sausio mėnesį Nr. 1 prekybos centre buvo gan arti ribinės vertės ($0,04 \text{ mg/m}^3$). Palyginus kietųjų dalelių koncentracijas dviejuose prekybos centruose, galima matyti, kad prekybos centre Nr. 1 sausio mėnesį gautos didesnės koncentracijos, nei prekybos centre Nr. 2. Tokius rezultatus, veikiausiai, sąlygojo prekybos centre Nr. 2 matavimo metu jaučiamai gerai ventiliuojamos patalpos.
3. Nustatyta suminė lakiųjų organinių junginių koncentracija abiejuose prekybos centruose buvo labai didelė, lyginant su EK nustatyta norma (1 mg/m^3). Didžiausia reikšmė prekybos centre Nr. 1 – 108 mg/m^3 , Nr. 2 – 23 mg/m^3 , kur galima matyti ryškų skirtumą tarp prekybos centrų, nors prekių asortimentas panašus. Oras pastebimai geriau cirkuliavo prekybos centre Nr. 2, veikiausiai tai pagrindinis veiksnys, kuris sąlygojo tokį skirtumą tarp prekybos centrų.
4. Kietųjų dalelių koncentracija prekybos centrų ore neviršijo nustatytos normos, tačiau suminių lakiųjų organinių junginių koncentracija ženkliai viršijo Europos Komisijos poveikio sveikatai ribinę vertę. Todėl galima manyti, kad yra potenciali rizika prekybos centrų lankytojų, o ypač dirbančiųjų sveikatai. Vadovaujantis tarptautine patirtimi, rekomenduotina Lietuvoje reglamentuoti suminių lakiųjų organinių junginių ribines vertes. Šiuo metu Lietuvos teisės aktai reglamentuoja tik pavienių organinių junginių ribines vertes. Visų jų koncentracijos matavimai mažai tikėtini, nes reikalauja daug resursų.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. MARC, M., ZABIEGALA, B., NAMIESNIK, J. Testing and sampling devices for monitoring volatile and semi-volatile organic compounds in indoor air. Trends in Analytical Chemistry [interaktyvus]. 2012, 32, 76-77 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993611003669>;
2. European chemicals agency [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <http://echa.europa.eu/lt/information-on-chemicals>;
3. Department of Health [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23] Prieiga per: <https://www.health.ny.gov/environmental/indoors/voc.htm>;
4. European Parliament [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/578986/IPOL_STU\(2016\)578986_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/578986/IPOL_STU(2016)578986_EN.pdf);
5. Aplinkos apsaugos agentūra [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <http://chemija.gamta.lt/cms/index?rubricId=22961753-9bc3-465e-a4b0-9003d14e9e41>;
6. Access to European Union law [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A22003A0717\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A22003A0717(01));
6. Minnesota Department of Health [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <http://www.health.state.mn.us/divs/eh/indoorair/voc/>;
7. MENDES, A., BONASSI, S., AGUIAR, L., PEREIRA, C., NEVES, P., SILVA, S., MENDES, D., GUIMARAES, L., MORONI, R., TEIXEIRA, J.P. Indoor air quality and thermal comfort in elderly care centers. Urban Climate [interaktyvus]. 2015, 14, 486–501 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S2212095514000522/1-s2.0-S2212095514000522-main.pdf?_tid=a69dd336-3fd9-11e7-9d10-00000aacb35e&acdnat=1495559149_b7faaf715377afc8d6362eb214adae3f;
8. GUERRANTI, C., BENETTI, F., CUCCINIELLO, R., DAMIANI, D., PERRA, G., PROTO, A., ROSSI, F., MARCHETTINI, N. Pollutants monitoring and air quality evaluation in a confined environment: The „Majesty“ of Ambrogio Lorenzetti in the St. Augustine Church in Siena

(Italy). Atmospheric Pollution Research [interaktyvus]. 2016, 7, 754-761 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S1309104215301550/1-s2.0-S1309104215301550-main.pdf?_tid=90491e00-3fda-11e7-b8e5-00000aacb360&acdnat=1495559541_899e32fa80831e9b23a110a7b0f7d4ae;

9. CAIA, W., YOSHINO, H., ZHUA, S., YANAGI, U., KAGI, N., HASEGAWA, K. Investigation of Microclimate and Air Pollution in the Classrooms of a Primary School in Wuhan. Procedia Engineering [interaktyvus]. 2015, 121, 415 – 422 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S1877705815028155/1-s2.0-S1877705815028155-main.pdf?_tid=6580b326-3fdb-11e7-92d1-00000aab0f26&acdnat=1495559899_f172d7693dffe3a4b5046634f2d4aefc;

10. FADEYIN, M. O., ALKHAJA, K., SULAYEM, M. B., ABU-HIJLEH, B. Evaluation of indoor environmental quality conditions in elementary schools classrooms in the United Arab Emirates. Frontiers of Architectural Research [interaktyvus]. 2014, 3, 166–177 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S2095263514000144/1-s2.0-S2095263514000144-main.pdf?_tid=35308f24-3fdc-11e7-a082-00000aab0f27&acdnat=1495560247_ef2794c91c6b329d4bade358b4fdd818;

11. EU bookshop [interaktyvus] [žiūrėta 2017-05-23]. Prieiga per: <https://bookshop.europa.eu/en/european-collaborative-action-indoor-air-quality-and-its-impact-on-man--pbCLNA17675/?CatalogCategoryID=r2AKABstX7kAAAEjppEY4e5L;>

12. SUN, Y., WANG, P., ZHANG, Q., MA, H., HOU, J., KONG, X. Indoor Air Pollution and Human Perception in Public Buildings in Tianjin, China. Procedia Engineering [interaktyvus]. 2015, 121, 552 – 557 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S1877705815027605/1-s2.0-S1877705815027605-main.pdf?_tid=292191fa-3fdd-11e7-8806-00000aab0f27&acdnat=1495560656_0a63a226eacaf399f5f52504d640e76e;

13. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos ūkio ministro įsakymas: 2005 m. liepos 25 d. Nr. D1-379/4-273 [interaktyvus]. [žiūrėta 2015-08-12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F665F04AFEC5;>

14. MADUREIRA, J., PACIEENCIA, I., RUFO, J., RAMOS, E., BARROS, H., TEIXEIRA, J. P., FERNANDES, E. O. Indoor air quality in schools and its relationship with children's respiratory symptom. Atmospheric Environment [interaktyvus]. 2015, 118 145-156 [žiūrėta 2016-05-12].

Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S1352231015302272/1-s2.0-S1352231015302272-main.pdf?_tid=e12f2776-3fdd-11e7-81d5-00000aacb35e&acdnat=1495560965_eeed244d9f0df8116b2034da393363881;

15. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas: 2002 m. gruodžio 5 d. Nr. 620 [interaktyvus]. [žiūrėta 2015-08-12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.3449AA78250D>;

16. LIQUN, G., YANQUN, G. Study on building materials and indoor pollution. *Procedia Engineering* [interaktyvus]. 2011, 21, 789 – 794 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S1877705811049137/1-s2.0-S1877705811049137-main.pdf?_tid=73985894-3fde-11e7-a212-00000aab0f26&acdnat=1495561211_acdb1263a3b0f226174c7c46ca130488;

17. United States Environmental Protection Agency [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/technical-overview-volatile-organic-compounds>;

18. LIESIENĖ, Jolanta, BUIKA, Gintaras. Skysčių ir dujų chromatografijos pagrindai: mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2007. ISBN 978-9955-686-38-5;

19. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro įsakymas: 2007 m. gegužės 10 d. Nr. V-362 [interaktyvus]. [žiūrėta 2015-08-12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.34E2C5F24512>;

20. GENNARO, G., GENNARO, L., MAZZONE, A., PORCELLI, F., TUTINO, M. Indoor air quality in hair salons: Screening of volatile organic compounds and indicators based on

21. health risk assessment. *Atmospheric Environment* [interaktyvus]. 2014, 83, 119-126 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S1352231013008091/1-s2.0-S1352231013008091-main.pdf?_tid=f2cfc890-3fde-11e7-b8e5-00000aacb360&acdnat=1495561424_c2ac2673522fc5e3e6557c884b4282f7;

22. BRANCO, P.T.B.S., NUNES, R.A.O., ALVIM-FERRAZ, M.C.M., MARTINS, F.G., SOUSA, S.I.V. Children's exposure to indoor air in urban nurseries – Part II: Gaseous pollutants' assessment. *Environmental Research* [interaktyvus]. 2015 142, 662–670 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: <http://ac.els-cdn.com/S0013935115300700/1-s2.0-S0013935115300700->

main.pdf?_tid=93d1a5ce-3fdf-11e7-b3fa-

00000aab0f26&acdnat=1495561694_11f45431d760a78343fdd7b9923f47b4;

23. Thermo Fisher scientific [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/PDR-1000AN>;

24. CO2 Measurement Specialists [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <http://www.co2meter.com/products/iaq-2000-indoor-air-quality-sensortujų> dalelių tyrimas;

25. VARDOULAKIS, S., DIMITROULOPOULOU, C., THORNES J., LAI, K., TAYLOR, J., ISABELLA MYERS, HEAVISIDE, C., MAVROGIANNI, A., SHRUBSOLE, C., CHALABI, Z., NDAVIES, M., WILKINSON, P. Impact of climate change on the domestic indoor environment and associated health risks in the UK. Environment International [interaktyvus]. 2015, 85 299–313 [žiūrėta 2016-05-12]. Prieiga per: http://ac.els-cdn.com/S0160412015300507/1-s2.0-S0160412015300507-main.pdf?_tid=b0130740-3fe0-11e7-80fd-00000aacb35d&acdnat=1495562171_45ff988d48fb21dca2f612d2617c2591;

26. Environment Agency of UK [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/571565/LIT_6920.pdf;

27. Nacionalinė visuomenės sveikatos priežiūros laboratorija [interaktyvus] [žiūrėta 2016-01-23]. Prieiga per: <http://www.nvspl.lt/index.php?852793968>.

28. Departament of Health [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23] Prieiga per: <https://www.health.ny.gov/diseases/>;

29. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos visuomenės sveikatos priežiūros įstatymas: 2002 m. gegužės 16 d. Nr. IX-886 [interaktyvus] [žiūrėta 2015-08-12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.DD80CF948782>;

30. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro ir Lietuvos Respublikos socialinės apsaugos ir darbo ministro įsakymas: 2011 m. rugsėjo 1 d. Nr. V-

824/A1-389 [interaktyvus] [žiūrėta 2015-08-12]. Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/legalAct.html?documentId=TAR.8012ED3EA143>;

31. United States Environmental Protection Agency [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics#PM>;

32. United States Environmental Protection Agency [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-particulate-matter>;

33. Department of Environment Food and Rural Affairs [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/aqeg/ch5.pdf>;

34. United States Environmental Protection Agency [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockey=P1001EX6.txt>;

35. Environment and Climate Change Canada [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <https://www.ec.gc.ca/air/default.asp?lang=En&n=2C68B45C-1>;

36. Environmental Analytical Service, inc [interaktyvus] [žiūrėta 2016-05-23]. Prieiga per: <http://easlab.com/iaqref.htm>;