



VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

APLINKOS APSAUGOS KATEDRA

Reda Adomaitytė

**BIOINDIKACINIS ORO TARŠOS VERTINIMAS IR EKSPERIMENTINIAI
TYRIMAI, NAUDOJANT SĖJAMĄJĄ PIPIRNĘ
METHOD OF BIOINDICATION FOR EVALUATION OF AIR POLLUTION
AND EXPERIMENTAL RESEARCH OF CRESS**

Baigiamasis magistro darbas

Aplinkos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H17004

Aplinkos apsaugos inžinerijos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vilnius, 2015

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS

APLINKOS APSAUGOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

(Parašas)

(Vardas, pavardė)

(Data)

Reda Adomaitytė

**BIOINDIKACINIS ORO TARŠOS VERTINIMAS IR EKSPERIMENTINIAI
TYRIMAI, NAUDOJANT SĖJAMĄJĄ PIPIRNĘ**

**METHOD OF BIOINDICATION FOR EVALUATION OF AIR POLLUTION AND
EXPERIMENTAL RESEARCH OF CRESS**

Baigiamasis magistro darbas

Aplinkos inžinerijos studijų programa, valstybinis kodas 621H17004

Aplinkos apsaugos inžinerijos specializacija

Bendrosios inžinerijos studijų kryptis

Vadovas

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Konsultantas

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Lietuvių kalbos konsultantas

(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė)

(Parašas)

(Data)

Vilnius, 2015

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Aplinkos inžinerijos fakultetas

Aplinkos apaugos katedra

ISBN

ISSN

Egz. sk.

Data-....-....

Aplinkos apsaugos technologijų studijų programos baigiamasis magistro darbas

Pavadinimas: **Bioindikacinis oro taršos vertinimas ir eksperimentiniai tyrimai, naudojant sėjamąją pipirnę**

Autorius **Reda Adomaitytė**

Vadovas **dr. Agnė Kazlauskienė**

Kalba

☐

lietuvių

☐

užsienio

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe analizuojamas bioindikacinis oro taršos vertinimo metodas, naudojant magelaninius kiminius, kaip teršalų biosorbentus, ir sėjamąsias pipirnes, kaip bioindikatorius. Darbe taip pat tiriamos sėjamųjų pipirinių reakcijos į šviną, sukaupią kiminiais biosorbentais.

Pirmajame skyriuje apžvelgti bioindikaciniai oro taršos vertinimo metodai, teršalų poveikis augalams, kurie naudojami bioindikaciniams tyrimams. Antrajame baigiamojo magistro darbo skyriuje pateikta bioindikacinio oro taršos vertinimo, naudojant sėjamąją pipirnę ir kimininius biosorbentus, metodika, atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodika, nustatant adsorbuoto švino kiekį kimininiuose biosorbentuose ir eksperimentinių tyrimų su sėjamąja pipirne metodika. Trečiajame skyriuje pateikti tyrimų rezultatai, gauti atlikus oro taršos tyrimus bioindikaciniu metodu, nustačius sukaupytus švino kiekius kiminiais biosorbentais ir taip pat atlikus eksperimentinius tyrimus, nustatant pipirinių reakcijas į skirtingas švino koncentracijas, atlikta analizė ir padarytos išvados. Ketvirtajame skyriuje pateiktas švino koncentracijos sklaidos modeliavimas tiriamosiose vietose. Modeliavimas atliktas ADMS modeliavimo programa.

Remiantis literatūros apžvalgos rezultatais ir atliktų oro taršos ir eksperimentinių tyrimų rezultatais, baigiamojo magistro darbo pabaigoje pateiktos apibendrinamosios išvados ir rekomendacijos.

Darbą sudaro 7 dalys: įvadas, literatūros apžvalga, metodikos aprašymas, rezultatų analizė, švino sklaidos modeliavimas, išvados ir rekomendacijos, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 108 p. be priedų, 59 pav., 18 lent., 95 literatūros šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai: bioindikacinis vertinimas, oro taršos tyrimai, bioindikatorius, biosorbentas, magelaninis kiminas, sėjamoji pipirinė, švinas.

Vilnius Gediminas Technical University
Environmental engineering faculty
Environment protection department

ISBN ISSN
Copies No.
Date-....-....

Environmental Protection Engineering study programme master thesis.

Title: Method of bioindication for evaluation of air pollution and experimental research of cress

Author: **Reda Adomaitytė**

Academic supervisor: **dr. Agnė Kazlauskienė**

Thesis language

☐

Lithuanian

☐

Foreign (English)

Annotation

In the Master's thesis is examining the method of bioindication for evaluation of air pollution using biosorbent by sphagnum and bioindicator by garden cress. In this thesis, is analyzing the dependencies between garden cress growth rates and lead concentrations in grown medium of garden cress.

In the first section is analyzed the methods of bioindication for evaluation of air pollution, reviewed the potential negative effects of air pollution for plants that are used as bioindicators. In the second section is presented the methodologies of bioindication for evaluation of air pollution using garden cress and sphagnum, atomic absorption spectroscopy and experimental research with garden cress reactions to lead. In the third section is presented the results of air pollution research using method of bioindication; results of setting the amount of lead which was sorbed with biosorbent by sphagnum from air and the results of experimental research with garden cress monitoring responses to different concentrations of lead in garden cress growing medium. Also, the analysis and conclusions is performed in this section. In the fourth section is presented processes of lead dispersion in the air modeling in the research areas. Dispersion modeling was made with *ADMS* modeling program.

At the end of the general conclusions, recommendations and the author's list of publications.

Structure: introduction, literature review, methodology of research and experimentals, results, modeling of lead dispersion, conclusions and recommendations, references.

Thesis consist of: 108 p. text without appendixes, 59 pictures, 18 tables, 95 bibliographical entries. Appendixes included.

Keywords: Bioindication method, air quality research, bioindicator, biosorbent, garden cress, sphagnum, lead.

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	7
LENTELIŲ SĄRAŠAS	10
SANTRUMPOS	11
ĮVADAS.....	12
1. BIOINDIKACINIŲ METODŲ TAIKYMAS ORO TARŠOS NUSTATYMOI.....	14
1.1. Aplinkos oro kokybės vertinimo metodai	14
1.2. Bioindikaciniai aplinkos kokybės vertinimo metodai	15
1.3. Augalų naudojimas bioindikacijai ir augalų reakcija į teršalus.....	17
1.3.1. Sunkiųjų metalų poveikis augalams	22
1.4. Bioindikacijos rūšys	24
1.4.1. Pasyvioji bioindikacija	25
1.4.2. Aktyvioji bioindikacija.....	32
1.5. Oro teršalų sklaidos modeliavimas.....	37
1.6. Pirmojo skyriaus išvados	41
2. BIOINDIKACINIO ORO TARŠOS TYRIMO IR EKSPERIMENTO METODIKA	43
2.1. Įvadas.....	43
2.2. Oro taršos tyrimams pasirinktų vietovių analizė	44
2.2.1. Vilniaus miesto bendrieji duomenys	44
2.2.2. Šiaulių miesto bendrieji duomenys	46
2.3. Oro taršos tyrimo kiminių biosorbentų ir sėjamųjų pipirnių, kaip bioindikatorių, metodika .	47
2.4. Atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodika	51
2.5. Eksperimentiniai tyrimai į pipirnių augimo terpę įmaišant skirtingas švino.....	52
3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ.....	55
3.1. Įvadas.....	55
3.2. Kompleksinės oro taršos tyrimų rezultatai ir analizė	55
3.2.1. Žiemos sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai.....	55
3.2.2. Pavasario sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai	60
3.2.3. Vasaros sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai.....	64
3.2.4. Rudens sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai.....	68
3.2.5. Vilniaus ir Šiaulių miestų tyrimo rezultatų palyginimas	73
3.3. Švino koncentracijos nustatymas, naudojant atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodą	77
3.4. Eksperimentiniai tyrimai su sėjamąja pipirne ir švino tirpalais	79
3.5. Trečiojo skyriaus išvados	86
4. ŠVINO SKLAIDOS MODELIAVIMAS	88
4.1. Įvadas.....	88
4.2. Švino koncentracijos matavimo ir modeliavimo metodika	88

4.3. Švino koncentracijos matavimų ir modeliavimo Vilniaus mieste rezultatai	90
4.4. Ketvirtojo skyriaus išvados	98
BENDROSIOS IŠVADOS	100
REKOMENDACIJOS	101
LITERATŪRA	102
AUTORĖS PASKELBTI DARBAI	110
1 PRIEDAS.....	111
2 PRIEDAS.....	112
3 PRIEDAS.....	114
4 PRIEDAS.....	115

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1 pav.** Ozono sukelti pažeidimai paprastajai avietei (Ignalinos raj.) ir baltalksniui (Šakių raj.) (Gedminas, Ozolinčius Lietuvos miškų institutas)
- 1.2 pav.** Vandenilio fluorida sukelta vynuogės lapo nekrozė (Gartel 2006)
- 1.3 pav.** Buko lapų pažeidimai – rudi taškeliai ir bronziskumas. Šveicarija (Schaub, Novak 2007)
- 1.4 pav.** Sąvokų reakcijos, sankaupos ir poveikio arba padarinio indikatoriai sąsajos (Markert ir kt.1997)
- 1.5 pav.** Klevo lapų pažeidimai sukelti grybo *Rhytisma acerinum* (Adams, Volk 2007)
- 1.6 pav.** *Frukticose* kerpės (Kansri 2003)
- 1.7 pav.** *Foliose* kerpės (Kansri 2003)
- 1.8 pav.** *Crustose* kerpės (Kansri 2003)
- 1.9 pav.** Kerpių matavimas (Kansri 2010)
- 1.10 pav.** Kerpių rūšinės įvairovės priklausomybė nuo atstumo iki miesto, Anglija (Gilbert 1965)
- 1.11 pav.** Magelaninis kiminas (lot. *Sphagnum magellanicum*) (Lindsey 2003)
- 1.12 pav.** Magelaninio kimino ląstelės, priartintos 250 kartų (Peters 2007)
- 1.13 pav.** Magelaninis kiminas (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006)
- 1.14 pav.** Magelaninio kimino mikrostruktūra (Spagnumsem 2013)
- 1.15 pav.** Valgomoji salota (lot. *Lactuca sativa*) naudojama tyrimuose (Toussaint et al 1995)
- 1.16 pav.** Sudygusios sėjamosios pipirnės Petri lėkštelėse eksperimento metu (Cinti 2010)
- 1.17 pav.** Bandymų su sėjamosiomis pipirnėmis eiga (Biohidrica 2014)
- 1.18 pav.** Bandymas su sėjamąja pipirne (Biohidrica 2014)
- 2.1 pav.** Kimininių biosorbentų paruošimas (Autorės nuotrauka)
- 2.2 pav.** Tinklinis maišelis(Autorės nuotrauka)
- 2.3 pav.** Eksponuojamas biosorbentas (Autorės nuotrauka)
- 2.4 pav.** Pipirnių sėjimas (Autorės nuotrauka)
- 2.5 pav.** Sudygusios pipirnės (lot. *Lepidium Savitum*) (5 diena) (Autorės nuotrauka)
- 2.6 pav.** Skirtingas mėginių našumas (Autorės nuotrauka)
- 2.7 pav.** Pipirnių džiovinimas (kairėje) ir svėrimas (dešinėje) (Autorės nuotrauka)
- 3.1 pav.** Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas pirmuoju laikotarpiu
- 3.2 pav.** Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas pirmuoju laikotarpiu
- 3.3 pav.** Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas antruoju laikotarpiu
- 3.4 pav.** Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas antruoju laikotarpiu
- 3.5 pav.** Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas trečiuoju laikotarpiu
- 3.6 pav.** Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas trečiuoju laikotarpiu

- 3.7 pav.** Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas ketvirtuoju laikotarpiu
- 3.8 pav.** Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas ketvirtuoju laikotarpiu
- 3.9 pav.** Vilniaus oro taršos pasiskirstymas žiemos (1), pavasario (2), vasaros (3) ir rudens (4) sezonais
- 3.10 pav.** Šiaulių oro taršos pasiskirstymas žiemos (1), pavasario (2), vasaros (3) ir rudens (4) sezonais
- 3.11 pav.** Vilniaus ir Šiaulių miestų viso tyrimo metu nustatytų užterštumo kategorijų ploto dalies kitimas (%) pagal sezoniškumą
- 3.12 pav.** Pipirnių augimo priklausomybė nuo nustatytos švino koncentracijos kimininiuose biosorbentuose
- 3.13 pav.** Pipirnių augimas pirminio eksperimento metu (4 para) 1 – esant 1 mg/l švino, 2 – esant 50 mg/l švino, 3 – esant 100 mg/l švino (Autorės nuotrauka)
- 3.14 pav.** Pirmojo eksperimento rezultatas po 7 parų (kairėje – išaugusios pipirnės, kurios augo esant 1 mg/l švino, viduryje – sudygusios sėklos esant 50 mg/l švino, dešinėje – nesudygusios sėklos esant 100 mg/l švino) (Autorės nuotrauka)
- 3.15 pav.** Pipirnių augimo rodiklių priklausomybės nuo švino koncentracijos tirpale ir pipirnių daigumo (kairėje) bei vidutinio augalų aukščio (dešinėje)
- 3.16 pav.** Pipirnių augimo priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje 7 parą (Autorės nuotrauka)
- 3.17 pav.** Pipirnių daigumo priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje
- 3.18 pav.** Pipirnių vidutinio aukščio priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje
- 3.19 pav.** Pipirnių svorio priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje
- 3.20 pav.** Pipirnės, augusios švinu neužteršame mėginyje ir esant dideliame užterštumui švinu
- 3.21 pav.** Pipirnių vidutinio šaknų ilgio priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje
- 4.1 pav.** Švino matavimų kimininiais biosorbentais vietos
- 4.2 pav.** Vidutinė paros oro temperatūra Vilniaus mieste pirmojo tyrimo laikotarpiu
- 4.3 pav.** Vėjų kryptių pasikartojimas Vilniaus mieste pirmuoju tyrimo laikotarpiu (Aplinkos apsaugos... 2014)
- 4.4 pav.** Pirmojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai
- 4.5 pav.** Vidutinė paros temperatūra Vilniaus mieste antruoju laikotarpiu
- 4.6 pav.** Vėjų kryptių pasikartojimas Vilniaus mieste antruoju tyrimo laikotarpiu
- 4.7 pav.** Antrojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai
- 4.8 pav.** Vidutinė paros temperatūra Vilniaus mieste trečiuoju laikotarpiu
- 4.9 pav.** Vėjų kryptių pasikartojimas Vilniaus mieste trečiuoju tyrimo laikotarpiu
- 4.10 pav.** Trečiojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai

4.11 pav. Vidutinė paros temperatūra Vilniaus mieste ketvirtuoju laikotarpiu

4.12 pav. Vėjų krypčių pasikartojimas Vilniaus mieste ketvirtuoju tyrimo laikotarpiu

4.13 pav. Ketvirtojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1 lentelė.** Jautriausiai ozono poveikiui augalai (Gedminas, Ozolinčius Lietuvos miškų institutas)
- 1.2 lentelė.** Medžių pažeidimo teršalais požymiai (Atmosferos tarša... 2013)
- 2.1 lentelė.** Teršalų išmetimas į atmosferą iš stacionarių taršos šaltinių Vilniaus mieste, t (Lietuvos statistikos departamentas 2015)
- 2.2 lentelė.** Kelių transporto priemonių skaičius metų pabaigoje Vilniaus m. sav. (Lietuvos statistikos departamentas 2015)
- 2.3 lentelė.** Teršalų išmetimas į atmosferą iš stacionarių taršos šaltinių Šiaulių mieste, t (Lietuvos statistikos departamentas 2015)
- 2.4 lentelė.** Kelių transporto priemonių skaičius metų pabaigoje Šiaulių m. sav. (Lietuvos statistikos departamentas 2015)
- 2.5 lentelė.** Užterštumo kategorijų skalė pagal bioindikatorių našumą (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006)
- 3.1 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste pirmuoju laikotarpiu
- 3.2 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste pirmuoju laikotarpiu
- 3.3 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste antruoju laikotarpiu
- 3.4 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste antruoju laikotarpiu
- 3.5 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste trečiuoju laikotarpiu
- 3.6 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste trečiuoju laikotarpiu
- 3.7 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste ketvirtuoju laikotarpiu
- 3.8 lentelė.** Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste ketvirtuoju laikotarpiu
- 3.9 lentelė.** Atominės absorbcinės spetrometrijos metodu atlikto tyrimo rezultatai
- 3.10 lentelė.** Kiminiais biosorbentais adsorbuojamo švino kiekiai per 40 parų ir per 1 s
- 3.11 lentelė.** Antrojo eksperimento rezultatai

SANTRUMPOS

AAA – Aplinkos apsaugos agentūra

DLK – Didžiausia leistina koncentracija

LAKD – Lietuvos automobilių kelių direkcija

LR – Lietuvos Respublika

RV – Ribinė vertė

VMPEI – Vidutinis metinis paros eismo intensyvumas

IVADAS

Tiriamoji problema

Viena iš aktualiausių miestų aplinkosaugos problemų yra pažeminio oro užterštumas, tai yra ne tik vietinė, bet ir daugiašalė problema, nes akivaizdžiai kenkia sveikatai, be to, sukelia aplinkos rūgštėjimą (Aplinkos oro kokybės... 2013).

Aplinkos oro kokybei didžiausią įtaką daro stacionarieji (pramonė ir energetika) bei mobilieji (kelių, geležinkelio, vandens ir oro transportas) taršos šaltiniai. Teršalų emisija į aplinkos orą iš stacionariųjų taršos šaltinių sudaro vieną trečiąją, o iš mobiliųjų – dvi trečiąsias bendrojo teršalų kiekio (Vaiškūnaitė 2005). Šaltuoju metų laiku oro tarša gali padidėti net kelis kartus dėl intensyvaus individualių gyvenamųjų namų ir centralizuoto šildymo bei nepalankių meteorologinių sąlygų oro teršalams išsisklaidyti (Kazlauskienė *ir kt.* 2011).

Ore esantys teršalai gali sukelti įvairių neigiamų pasekmių žmogaus organizmui. Kadangi daugiausiai oro teršalų patenka kvėpuojant – tai pirmiausiai nukenčia kvėpavimo organai, taip pat sumažėja atsparumas įvairiems virusams bei bakterijoms. Tai gali turėti įtakos bronchito, astmos, plaučių uždegimo susirgimus, širdies, kraujagyslių ir panašias ligas. Be to, užterštas oras gali dirginti akis. Jautriausi užterštai aplinkai yra vaikai, senyvo amžiaus asmenys, taip pat asmenys, sergantys kvėpavimo takų ligomis.

Aplinkos oro kokybės matavimo metodų yra įvairių. Pagal naudojamas priemones ir tyrimų pobūdį aplinkos kokybę galima vertinti fizikiniu, cheminiu, fizikiniu-cheminiu ir biologiniu metodais. Fizikinis, cheminis ir fizikinis-cheminis metodai yra ženkliai brangesni už biologinį oro taršos vertinimo metodą. Taigi, biologiniai oro kokybės matavimo metodai yra pigesni, tačiau nėra tokie tikslūs, kad būtų galima nustatyti tikslią tam tikru momentu teršalo koncentraciją. Bioindikatoriniai tyrimai tinka labiau kompleksinio teritorijos užterštumo nustatymui.

Šiame magistriniame darbe, kaip alternatyva minėtiems oro kokybės vertinimo metodams, nagrinėjamas bioindikacinis oro kokybės vertinimo metodas. Kompleksinei oro taršai nustatyti parinktas konkretus bioindikacinis aplinkos oro taršos vertinimo metodas, naudojant sėjamas pipirnes ir magelaninius kiminus. Tyrimai atlikti Vilniaus ir Šiaulių miestuose.

Miestų aplinkos oro kokybei didžiausią įtaką turi transporto išmetami teršalai. Vertinant oro kokybę šiuo metodu daug įtakos tyrimų rezultatams turi aplinkos ore esantis švinas. Švinas išmetamas autotransporto sektoriaus, eksploatuojant automobilius su benzininiais varikliais. Dėl šios priežasties papildomai nustatinėjamos pipirnių reakcijos į šviną jų augimo terpėje.

Darbo aktualumas

Kadangi viena didžiausių miestų problemų yra aplinkos oro kokybė, todėl reikalinga naujausia ir išsami informacija apie miesto gyvenamosios aplinkos oro kokybę. Ši informacija reikalinga norint vertinti aplinkos oro pokyčius ir prognozuoti pasekmes.

Darbo tikslas – bioindikaciniu metodu su sėjamosiomis pipirnėmis (*lepidium savitum*) atlikti kompleksinius oro taršos tyrimus Vilniaus ir Šiaulių miestuose, palyginant rezultatus, išanalizuoti tyrimo metodikos trūkumus, atlikti eksperimentinius tyrimus su sėjama pipirne, nustatant pipirnės reakcijas į skirtingas švino (Pb), vyraujančio užterštame aplinkos ore, koncentracijas.

Darbo uždaviniai

1. Atlikti tiriamųjų teritorijų zonavimą pagal bioindikaciniu metodu su sėjama pipirne nustatytas užterštumo kategorijas, palyginant gautus rezultatus, išanalizuojant ir išskiriant oro taršos padidėjimo zonų priežastis;
2. Išanalizuoti naudojamą bioindikacinį oro kokybės vertinimo metodą ir pateikti rekomendacijas metodikos tobulinimui;
3. Atlikti eksperimentinius tyrimus su sėjama pipirne, nustatant pipirnės reakcijas į sunkiojo metalo švino skirtingas koncentracijas jų augimo terpėje, nustatyti priklausomybes tarp koncentracijų ir augimo rodiklių, naudojant kiminus kaip augimo terpę;
4. Atlikti švino sklaidos tiriamosiose teritorijose modeliavimą.

Mokslinis darbo naujumas

Atliekami eksperimentiniai tyrimai, kurių tikslas nustatyti pipirnių reakcijas į skirtingas švino koncentracijas, esant tokiai pat augimo terpei, kaip ir prieš tai atliktų oro taršos tyrimų Vilniaus ir Šiaulių miestuose atveju. Eksperimentų metu pipirnių augimo rodikliai įvertinami atsižvelgiant į sėklų daigumą, pipirnių stiebų bendrą ir vidutinį aukštį, šaknų ilgį, sudygsių pipirnių masę bandiniuose, daigų vizualinius pakitimus didinant švino koncentracijas augimo terpėje.

Praktinė darbo vertė

Atliekant oro taršos tyrimus bioindikaciniu metodu su sėjamosiomis pipirnėmis gauti rezultatai nėra tokie tikslūs kaip kad naudojant instrumentinius metodus. Dėl šios priežasties kompleksiniai oro taršos tyrimai buvo atlikti Vilniaus ir Šiaulių miestuose analizuojant gautus rezultatus. Pagal esamą metodiką, nustatinėjant oro taršos padidėjimo zonas, skaičiavimams naudojami tik pipirnių daigų stiebų aukščiai. Norint nustatyti realias pipirnių reakcijas į skirtingas švino, vyraujančio užterštame aplinkos ore, koncentracijas, atlikti eksperimentiniai tyrimai su sėjama pipirne. Tuo siekiama nustatyti patikimiausias priklausomybes tarp švino koncentracijos kitimo mėginiuose ir tarp bendro ar vidutinio pipirnių daigų ir šaknų, augusių mėginyje, aukščių bei daigų masės, tam, kad pateikti siūlymus metodikos tobulinimui.

1. BIOINDIKACINIŲ METODŲ TAIKYMAS ORO TARŠOS NUSTATYMU

1.1. Aplinkos oro kokybės vertinimo metodai

Vertinimas – metodas, naudojamas pamatuoti, apskaičiuoti, numatyti (prognozuoti) ar įvertinti aplinkos oro užterštumo, kuriuo nors teršalu lygį (Aplinkos apsaugos agentūra 2006). Aplinkos oro kokybės nustatymas ir stebėsena yra vienas svarbiausių dalykų, siekiant užtikrinti sveiką gyvenamąją aplinką. Miestų augimas ir pramonės vystymasis sąlygoja kenksmingų junginių patekimą į atmosferą. Oro tarša sukelia sveikatos pavojų žmonėms, žalinga augalams, gyvūnams (Janick 1986; Nadal *et al* 2009).

Siekiant efektyviai reguliuoti į aplinką patenkančių teršalų kiekį, svarbu turėti objektyvią informaciją apie sieros dioksido, azoto oksidų, lakiųjų organinių junginių, sunkiųjų metalų, patvarių organinių ir kitų teršalų, išmetamų į atmosferą, kiekio ir koncentracijos dinamiką bei kitus veiksnius. Daugelis didžiausių pastarųjų dešimtmečių ekologinių problemų, pradedant lokaliniais „pramoninio smogo“ ir baigiant regioniniais bei globaliniais „rūgščių lietu“, „šiltnamio efekto“ ir „ozono skylių“ reiškiniais, kilo dėl oro užterštumo (Paulauskas, Klimas 2005).

Aplinkos oro kokybės vertinimas reikalingas aplinkos oro kokybės valdymui:

- 1) aplinkos oro kokybės gerinimui ten, kur nustatytos ribinės vertės yra viršijamos;
- 2) kiek galima geresnės aplinkos oro kokybės palaikymui ten, kur užterštumo lygiai nesiekia ribinių verčių;
- 3) aplinkos apsaugos veiksmų planų ir programų, užterštumo pavojaus žmonių sveikatai ir aplinkai mažinti, tikslingumui pagrįsti;
- 4) informacijos apie aplinkos oro kokybę surinkimui ir pateikimui visuomenei (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Tiriant aplinkos oro taršą, svarbu pasirinkti tinkamą vertinimo metodą norimų teršalų koncentracijoms nustatyti. Cheminiai analizės metodai skirstomi į kokybinius ir kiekybinius. Kokybinės analizės metodai leidžia pažinti ir identifikuoti cheminius elementus ar junginius, kurių kiekiai tiriamojoje medžiagoje nustatomi kiekybinės analizės metodais. Remiantis kiekybine analize, įvertinamos žaliavos, kontroliuojami technologiniai procesai, gaminių kokybė (Paliulis 2004).

Fizikiniai analizės metodai taikomi tiriant medžiagos arba tirpalo fizikines savybes. Daugelis šių metodų yra labai jautrūs, pasižymi nedidele tyrimo trukme. Pagrindiniai fizikinės analizės metodai: spektrinė ir radiometrinė analizė. Spektrinė analizė – tai dujų, skysčių, kietųjų medžiagų kokybinės ir kiekybinės sudėties nustatymas tiriant analizuojamo objekto spektrus. Radiometrine

analize pagrįsta tuo, kad kai kurios medžiagos, apšvitintos jonizuojančia spinduliuote, tampa aktyvios (Baltrėnas *ir kt.* 2008).

Fizikiniai – cheminiai analizės metodai naudojami mažiems ir labai mažiems medžiagų kiekiams nustatyti. Šie metodai pagrįsti tiriamosios medžiagos fizikinių parametrų matavimu įvykus cheminiai reakcijai. Pagrindiniai fizikinės cheminės analizės metodai: chromatografija, fotometrija ir elektrocheminiai metodai (Paliulis 2004).

Aplinkos taršą vertinant fizikiniais ar cheminiais metodais, gauname tik atskirų teršiančiųjų komponentų kiekius, kurie patekdami į organizmą yra modifikuojami įvairių veiksmų. Bioindikaciniais metodais galima nustatyti teršalus, sumišusius su kitomis medžiagomis, o to negalima padaryti kitais metodais, nes teršalai veikia kompleksiskai. Dar vienas metodų privalumas, kad jie, palyginti su fizikiniais ar cheminiais metodais, yra nebrangūs, jiems nereikalinga sudėtinga aparatūra. Kimininio bioabsorbento kaupimosi indukcijai įvertinti naudojami testuojamieji organizmai. Jie savo parametrais (augimo greitis, produktyvumas, senėjimas ir kt.) reaguoja į aktyviai ar pasyviai susikaupusius teršalus (Kranklalis, Aliošina 1997).

Biologiniai oro taršos vertinimo metodai. Biologinės sistemos – individai, rūšys, jų populiacijos, organizmų bendrijos, kurių gyvybinės funkcijos taip stipriai priklauso nuo aplinkos veiksmų, kad gali būti naudojami tų veiksmų poveikio vertinimui, yra bioindikacijos objektai, vadinami bioindikatoriais (Stravinskienė 2005).

Indikatoriniai matavimai, kurie paprastai nėra tokie tikslūs kaip pamatiniai matavimai, gali būti naudojami kaip vertinimo metodas, kai aplinkos oro koncentracijos lygis tam tikram teršalui yra mažesnis nei viršutinis vertinimo slenkstis. Indikatorinių matavimų metodai, pagrįsti mobilios laboratorijos (ar bet kokios mobilios ar transportuojamos matavimo platformos) naudojimu bei rankinio matavimo metodais, tokiais kaip difuzinis mėginių ėmimo būdas, yra itin patrauklūs dėl mažos jų savikainos ir paprasto veikimo, lyginant su fiksuoto monitoringo stotimis (Aplinkos apsaugos agentūra 2006).

1.2. Bioindikaciniai aplinkos kokybės vertinimo metodai

Yra žinoma, kad organizmai reaguoja į atmosferoje esančius teršalus. Augalai jaučia tokias šių medžiagų koncentracijas, kurių įtaka žmogui ar gyvūnui esamu momentu nereikšminga, bet ją galima prognozuoti. Tokie augalai – bioindikatoriai yra sensoriai, kuriuos galime naudoti tiek kokybinei, tiek kiekybinei aplinkos užterštumo charakteristikai (Kranklalis, Aliošina 1997).

Biologinis indikatorius yra gyvasis organizmas ar jų visuma, į užterštumą kenksmingosiomis medžiagomis reaguojanti tam tikrais pokyčiais (poveikio indikatorius, reakcinis indikatorius) arba kaupdami kenksmingas medžiagas (akumuliacinis indikatorius) (Weber, Webster 2002; Mikelsonaitė, Kazlauskienė 2011). Bioindikatoriais gali būti gyvi organizmai ar jų bendrijos.

Jie turi būti jautrūs aplinkos pokyčiams. Pagal bioindikatorių reakciją galima nustatyti, kokia yra aplinkos būklė (Batic *et al* 2004). Paprastai kaip bioindikatorius galima naudoti augalus (pvz., kerpės, pipirnes, salotas, tabaką), mikroorganizmus (pvz., pirmuonis), bei gyvūnus (pvz., žuvis). Bioindikatoriaus reakcija – tai kompleksinio oro užterštumo rodiklis tyrimo taške tiriamuoju laikotarpiu. Lygindami bioindikatorių vidutinius aukščius, naudodami santykinės reikšmės galima pateikti oro užterštumo grafinį vaizdą (Krankalis, Aliošina 1997).

Bioindikacija ir biostebėseną privalo suteikti informacijos apie ekosistemų užsiteršimo mastą arba degradaciją. Taikant bioindikaciją galima gauti dvejopos informacijos – bendrojo pobūdžio informacijos, rizikuojant pernelyg supaprastinti klausimus, ir specifinės, – kuri yra išsami, objektyvi, atkuriama ir tiksli. Pavyzdžiui, siekiant gauti daugiau bendrojo pobūdžio informacijos apie aplinką, tam tikras teršalas gali būti susietas su viena fiziologine reakcija bioindikatoriaus organizme. Ekstrapoliuojant bioindikacijos būdu gautus duomenis ir informaciją, subjektyvumo ir interpretavimo tikimybė tiek didesnė, kiek sudėtingesnė ir kautesnė sistema. Ši subjektyvumo padidėjimą, siejamą su informacijos pagausėjimu, vaizduoja „žinių laiptai“ (Roots 1992; Markert 2011). Šių laiptų pirmojo laiptelio pastebėjimai ir matavimų rezultatai, patikrinti pagal sutartus standartus, tampa duomenimis (Markert 2011).

Pagrindinis bioindikacijos metodo privalumas lyginant su aplinkos kokybės (užterštumo) vertinimu matuojant yra tas, kad gyvo organizmo reakcija į antropogeninį poveikį (taip pat ir aplinkos taršą) vertinama rodikliais, turinčiais biologinę prasmę. Tuos rodiklius galima pritaikyti žmogaus aplinkai vertinti (Mikelsonaitė, Kazlauskienė 2011).

Atliekant tyrimus ir analizuojant rezultatus bioindikatoriais, nereikia sudėtingų tyrimo priemonių ar įrangos. Galima vizualiai stebėti neigiamą taršos poveikį gyviems organizmams, galima įvertinti bendrą visų žinomų ir nežinomų aplinkos veiksnių poveikį organizmams ir daryti išvadas apie jų pavojingumą žmonių sveikatai (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Bioindikacijai tinkami organizmai parenkami pagal tai, ką norima tirti. Bioindikacinių organizmų rūšys:

1. **Pirmuonys.** Naudojami toksikologijos ir ekotoksiškumo tyrimams. Tyrimams gali būti naudojami pirmuonys *Tetrahymena pyriformis*. Tyrimų metu stebimi elgsenos pokyčiai, judrumas, ląstelių augimo greičiai, vystymosi fazės. Kuo stebimi pirmuonys yra švaresniame vandenyje, tuo jų judrumas ir augimo greičiai yra didesni. Kuo labiau užterštas vanduo, tuo visų procesų aktyvumas mažesnis (Sauvant *et al* 1999).
2. **Bakterijos.** Svarbūs organizmai vandens ekosistemoje. Jos yra lengvai kultivuojamos, jautrios toksinėms medžiagoms. Testavimo metu stebimas bakterijų augimas, kvėpavimas, jų fermentų aktyvumas (Stravinskienė 2005).

3. **Dumbliai.** Plačiai taikomi bioindikacijoje. Šie testiniai organizmai lengvai kultivuojami laboratorinėmis sąlygomis, greitai dauginasi, jautriai reaguoja į išorinės terpės pokyčius. Todėl bioindikacija dumbliais yra greitas, paprastas ir palyginti nebrangus. Mikrodumbliai naudojami ne tik atskirų teršiančių medžiagų buvimui aplinkoje įvertinti, bet ir vandens telkinių trofiniam potencialui nustatyti (Stravinskienė 2005).
4. **Žuvys.** Naudojamos vandens ekosistemos taršai vertinti. Skirtingai nei kiti gyvūnai, žuvys negali pasprukti nuo žalingo taršos poveikio, nes jų judėjimas yra ribotas, todėl dėl jų biologinių savybių, žuvis yra puiki priemonė sunkiųjų metalų bioakumuliacijai įvertinti (Vinodhini, Narayanan 2008; Idzelis *ir kt.* 2012).
Sunkieji metalai žuvų audiniuose akumuliuojasi selektyviai. Atlikus mineralizaciją yra nustatoma, kokių ir kokiuose audiniuose sunkiųjų metalų susikaupia daugiausia (Idzelis *ir kt.* 2011; Idzelis *ir kt.* 2012).
5. **Bestuburiai.** Dažniausiai toksiškumo testams naudojamos Dafnijos (lot. *Daphnia magna* *traus*). Tyrimų metu stebima:
 - eksponentinis populiacijų augimas;
 - vidinis augimo greitis;
 - nuo amžiaus priklausantis mirtingumas;
 - nuo amžiaus priklausantis vaisingumas;
 - palaikymas pastovaus pasiskirstymo pagal amžiaus grupes;
 - logistinis augimas (Četkauskaitė 1999).
6. **Augalai.** Naudojant tyrimams bioindikacinius metodus, augalai pirmiausiai skirstomi į du tipus pagal jų panaudojimo tyrimams pobūdį: augalus, kurie yra jautrūs teršalams ir naudojami kaip indikatoriai, ir augalus, kurie tinkami naudoti, kaip teršalų sorbentai. Kai augalai naudojami kaip bioindikatoriai, stebimos augalų reakcijos į teršalus (rūšinės įvairovės, populiacijos dydžio ar fiziologiniai pakitimai ir kt.). Kai augalai tyrimams naudojami, kaip biosorbentai, jų sukaupti teršalų kiekiai dažniausiai nustatomi laboratorijoje, taikant kitus metodus.

1.3. Augalų naudojimas bioindikacijai ir augalų reakcija į teršalus

Augalų indikatoriniai požymiai ir jų reakcijos į besikeičiančią aplinką yra geriau žinomi ir ištirti, palyginus su gyvūnais ir mikroorganizmais. Aplinkos užterštumo monitoringas, naudojant indikatorinius augalus, gali padėti objektyviai vertinti ekologinę situaciją, susidarančią dėl besikeičiančios aplinkos. Svarbu, kad augalai augtų tik jiems būdinguose vietose, savo audiniuose sukauptų žymiai didesnes teršalų koncentracijas už aplinkoje esančias (bioakumuliatyvūs

indikatoriai) ir jų jautrumas tam tikrų teršalų poveikiui labai skirtusi nuo kitų toje vietoje augančių augalų jautrumo (jautrūs indikatoriai) (Stravinskienė 2005).

Šios augalų savybės lemia, tai kad jie gali būti panaudojami kaip bioindikatoriai aplinkos oro užterštumui nustatyti. Aplinkos oro kokybės tyrimams tinkami tik tie augalai, kurie yra genetiškai vientisi, pakankamai jautrūs aplinkos oro kokybės pokyčiams, į kenksmingų medžiagų poveikį reaguoja kiekybiškai bei gerai dauginasi (Heinrich, Hergt 2000).

JAV aplinkos apsaugos agentūra bioindikacijai rekomenduoja šias augalų rūšis: *Lycopersicon esculentum*, *Cucumis sativus*, *Lactuca sativa*, *Glycine max*, *Brassica oleracea*, *Avena sativa*, *Lolium perenne*, *Allium cepa*, *Daucus carota*, *Zea mays*, *Raphanus sativus*, *Triticum aestivum*, *Trifolium pratense*, bei *Lepidum sativum*. Bioindikaciniai metodai su šiais sausumos augalais yra paprasti ir nebrangūs. Daugumai augalų taikoma panaši auginimo metodika – sėjamos sėklos Petri lėkštelėse, auginimo substratas drėkinamas tiriamuoju tirpalu ir po tam tikro dienų skaičiaus auginimo kontroliuojamomis apšvietimo ir temperatūros sąlygomis yra matuojami parametrai – sėklų sudygimas, šaknelių ir/ar daigelių ilgis (Stravinskienė 2005).

Norint iš augalų – indikatorių gauti ne tik kokybinę, bet ir kiekybinę informaciją apie aplinkos teršimą, reikia nustatyti ryšius tarp teršalų koncentracijos ore ir augalų reakcijos į tuos teršalus.

Tokius ryšius galima nustatyti 3 būdais:

- augalų pažeidimo laipsnio palyginimas su teršalų koncentracija ore;
- augalų, kaip teršalų absorbentų, panaudojimas;
- teršalų koncentracijos augaluose palyginimas su tų pačių teršalų koncentracija aplinkoje (Stravinskienė 2010).

Augalo bioindikacinę svarbą dažniausiai nusako morfologiniai ir anatomiciniai jo požymiai. Indikatoriniai požymiai yra įvairios augalų savybės, kuriomis augalai nurodo savo priklausomybę tam tikroms augavietėms arba indikuoja antropogeninį poveikį. Patekus teršalams į augalų audinius pakinta fiziologiniai procesai: mityba, fotosintezė, transpiracija, kvėpavimas bei baltymų, angliavandenių, lipidų metabolizmas (Van Doven, Ter-Braak 1999).

Augalų reakcija į skirtingo pobūdžio teršalus. Visos cheminės medžiagos, netgi tos, kurių nedideli kiekiai yra būtini organizmams, esant didelei jų koncentracijai tampa teršalais. Priklausomai nuo teršalų koncentracijos ir ekspozicijos trukmės skiriami stiprūs ir chroniški augalų pažeidimai. Didelės teršiančių medžiagų koncentracijos sukelia stiprius augalų pažeidimus. Dažniausiai pažeidžiami augalų lapai. Net tuo atveju, kai didelė teršalų koncentracija veikia trumpą laiką, yra galimas stiprus augalo pažeidimas. Augalo audinio žuvimo atveju pažeistos lapo vietos spalva kinta nuo sidabriškos iki bespalvės. Vėliau pažeistos lapų dalys iškrinta ir jie tampa skylėti. Mažoms koncentracijoms veikiant augalą ilgą laiką, dažniausiai įvyksta chroniški augalų pažeidimai. Chroniškiems lapų pažeidimams būdinga bronzinė spalva, chlorozė (pigmentacijos

sutrikimai), priešlaikinis senėjimas. Gamtoje dažnai sutinkamas to paties augalo tiek chroniškas, tiek stiprus pažeidimas bei jų abiejų požymiai (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2010).

Ilgos vegetacijos augaluose, pvz., medžiuose, sunkieji metalai patekdami per šaknis, lapus ir gali kauptis atskirose dalyse. Dėl šios savybės medžiai priskirtini aplinkos užtaršos bioindikatoriams, o kai kurios medžių rūšys geba ypač efektyviai kaupti sunkiuosius metalus antžeminėje dalyje, tokiu būdu sumažindami šių teršalų kiekį dirvožemyje. Aplinkos taršos bioindikatoriais medžiai naudojami stebint sunkiųjų metalų koncentracijas spygliuose, lapuose, žievėje ir medienos metinėse rievėse. Jei spygliuose aptinkama pastarųjų ketverių metų sunkiųjų metalų kiekiai, lapuose – paskutiniųjų metų sunkiųjų metalų sankaupos, o žievėje – galbūt ir visu vegetacijos laikotarpiu sukaupiti sunkiųjų metalų kiekiai, tai į besiformuojančias rieves patenka tais metais medžiui prieinami dirvožemyje esantys sunkieji metalai (Baltrėnaitė 2007).

Sieros dioksido poveikis. Sieros dioksido poveikis yra daugialypis, apimantis fotosintezės ir kvėpavimo sulėtėjimą, membranos pralaidumo padidėjimą (tai sąlygoja jonų išplovimą) ir ultrastruktūrinius pokyčius (Lange *et al* 1998; Giordani 2007).

Didelė sieros dioksido koncentracija gali stipriai pažeisti jautrių rūšių augalus ir slopinti jų augimą. Teršalas per žioteles patenka į lapus, prasiskverbia pro kutikulę ir pažeidžia augalo vidinę dalį. Pirminiai išoriniai pažeidimų požymiai pasireiškia smulkiais taškeliais tarp augalų lapų gyslų. Vėliau taškeliai virsta dėmėmis, pažeistų lapų vietos pakeičia spalvą, laikui bėgant – šviesėja, kol pažeidimai tampa visai bespalviai. Mirę lapų audiniai kartais iškrenta ir lapai tampa perforuoti. Tokie pat pažeidimai gali išryškėti ir lapų pakraščiuose. Per dideli SO₂ kiekiai gali sukelti ne tik lapų nekrozę, bet ir žymiai lėtesnį augalų augimą, mažinti augalų produktyvumą (Stravinskienė 2005).

Ozono poveikis. Ozonas patenka į augalų lapus per atviras žioteles, vykstant dujų apykaitai tarp augalo ir jį supančios aplinkos. Augalai yra ypač jautrūs ozonui. Palyginti nedidelės ozono koncentracijos 60 µg/m³, išsilaikančios ilgą laiką atmosferoje, gali sulėtinti jautresnių augalų ir medžių augimą (Stravinskienė 2005). Padidėjusi ozono koncentracija daro didelį neigiamą poveikį augalams: slopina fotosintezės produktyvumą ir augimą, skatina senėjimo procesus, padidina jautrumą ligoms ir kenkėjams, sukelia medžių lapų nekrozes bei defoliaciją (Sakalauskaitė *ir kt.* 2009). Įvairūs tyrimai rodo, kad ozonas, skverbdamasis į augalus, juos veikia tiesiogiai. Svarbios dvi aplinkybės. Pirma – biocheminiai pakitimai ląstelių lygyje veikia fotosintezės intensyvumą, vadinasi, ir augalų produktyvumą. Antra – ši įtaka dažnai yra neigiama, t. y., priežemio ozono koncentracijos padidėjimas sumažina augalų produktyvumą. Taip pat žinomas skirtingas augalų jautrumas įvairioms ozono koncentracijoms ir poveikio trukmei. Įvairiose augalų augimo fazėse jautrumas irgi yra skirtingas. Be abejo, jis skirtingas ir vienos rūšies įvairių veislių augalams

(Žukauskaitė 2003). Medžių, krūmų, bei žolinių augalų rūšys, kurios yra jautriausios ozono poveikiui, yra pateiktos 1.1 lentelėje.

1.1 lentelė. Jautriausiai ozono poveikiui augalai (Gedminas, Ozolinčius Lietuvos miškų institutas)

Medžiai ir krūmai	Žoliniai augalai
<i>Rubus</i> (avietės, gervuogės)	<i>Epilobium angustifolium</i> (siauralapis gaurometis)
<i>Salix</i> (gluosniai)	<i>Trifolium pratense</i> (raudonasis dobilas)
<i>Viburnum opulus</i> (paprastasis putinas)	<i>Plantago</i> (gysločiai)
<i>Alnus incana</i> (baltalksnis)	<i>Convolvulus arvensis</i> (dirvinis vijoklis)
<i>Fraxinus excelsior</i> (paprastasis uosis)	<i>Conyza canadensis</i> (kanadinė konyza)
<i>Frangula alnus</i> (paprastasis šalteknis)	<i>Artemisia vulgaris</i> (paprastasis kietis)
<i>Acer platanoides</i> (paprastasis klevas)	<i>Oenothera biennis</i> (dvimetė nakviša)
<i>Tilia cordata</i> (mažalapė liepa)	<i>Rumex obtusifolius</i> (bukalapė rūgštytė)
<i>Cornus</i> (sedulos)	<i>Stachys officinalis</i> (vaistinė notera)
<i>Corylus avellana</i> (paprastasis lazdynas)	<i>Lamium</i> (notrelė)

Kaip matyti 1.1 lentelėje, jautriausi ozono poveikiui medžiai yra gluosnis, baltalksnis, paprastasis uosis, paprastasis klevas, mažalapė liepa. Jautriausi krūmai yra gervuogės ir avietės. Iš žolinių augalų jautriausi yra siauralapis gaurometis, raudonasis dobilas, gysločiai, dirvinis vijoklis, kanadinė konyza ir kt. 1.1 lentelėje paminėti žoliniai augalai. Jie tinkami pasyviajam monitoringui, norint įvertinti ozono poveikį augalams.



1.1 pav. Ozono sukelti pažeidimai paprastajai avietei (Ignalinos raj.) ir baltalksniui (Šakių raj.) (Gedminas, Ozolinčius Lietuvos miškų institutas)

Ozono sukelti pažeidimai krūmui – paprastajai avietei ir medžiui – baltalksniui pavaizduoti 1.1 paveiksle. Šie augalai yra vieni jautriausių ozono poveikiui. Paveiksle matyti, jog abiejų augalų

lapų pažeidimai palyginti stiprūs, tai reiškia, kad tose vietose, kur yra jų augimo vieta, ozono koncentracija aplinkos ore padidėjusi.

Azoto oksidų poveikis. Nedidelė NO_2 koncentracija skatina augalų augimą. Kad azoto oksidai augalams sukeltų pažeidimus, azotų oksidų koncentracija aplinkoje turėtų būti gerokai padidėjusi. Aplinkoje dažniausiai azoto oksidų koncentracija būna per maža, kad stipriai pažeistų augalus. Didelės koncentracijos azoto iškritos gali tiesiogiai paveikti kai kurių rūšių augalų antžemines dalis, ypač samanų ir kerpes. Didelė NO_2 koncentracija stabdo medžių augimą, sumažėja produktyvumas; gali sukelti priešlaikinį jų kritimą (Dailland *et al* 2000).

Vandenilio fluorida poveikis. Fluoro vandenilis linkęs kauptis ląstelių chloroplastuose, citoplazmoje ir branduoliuose. Chroniškas fluoridų pakenkimas augalams pasireiškia augalų lapų chloroze išilgai gyslų (Stravinskienė 2005).

Nuo fluoridų poveikio pirmiausia nukenčia dviskilčių augalų lapų galiukai, vėliau chlorozė plinta žemyn išilgai lapų pakraščių ir į vidurį pagrindinės gyslos link. Lapų pakraščių nekrozė taip pat yra augalo stipraus fluoridų pažeidimo požymis, populiariai vadinamas lapo viršūnėlės nudegimu. Pažeidimas prasideda nuo lapo viršūnės ir plinta pagrindo link. Dėl to lapai gali deformuotis, mirusi, sausa lapo dalis gali tapti trapi, suteikti lapui skylėtą išvaizdą (Stravinskienė 2005).



1.2 pav. Vandenilio fluorida sukelta vynuogės lapo nekrozė (Gartel 2006)

Fluoridai dažnai pakenkia citrusiniams augalams, kukurūzams bei tuopoms. Spygliuočių medžių pažeidimų pagrindiniai požymiai: apdegę spyglių galai, pakraščiai arba viršūnės. Fluoridai turi savybę kauptis lapuose, ypač pakraščiuose ir viršūnėse, kol koncentracija tampa nuodinga. Jautriausi pažeidimams dar augantys jauni lapai ir spygliai, visiškai susiformavę lapai ir spygliai tampa atsparesni. Pažeisti labai jauni lapai nuo normalių gali skirtis dydžiu ir nebūdinga rūšiai forma (Szczepaniak, Biziuk 2003).

Kietųjų dalelių poveikis. Kietosios dalelės ir sunkieji metalai, nusėdę ant augalų paviršiaus yra nupučiami vėjo ar nuplaunami lietaus ir nusėda ant dirvos paviršiaus, kita dalis per lapų žioteles ar epidermio ląsteles patenka į lapų ar stiebų audinius (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2012).

Kietosios dalelės nėra toksiškos, tačiau sudarydamos junginius su kitomis medžiagomis gali tapti augalams nuodingomis. Nusėdusios ant lapų paviršiaus, kietosios dalelės blokuoja šviesos patekimą į lapus ir sumažina fotosintezės intensyvumą, gali užkimšti žioteles ir riboti lapų augimą (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2012).

1.3.1. Sunkiųjų metalų poveikis augalams

Sunkieji metalai yra antropogeninis stresorius, kurio poveikis augalams sukelia stresą. Sunkiesiems metalams būdingas ilgalaikis įvairiapusiškas toksinis poveikis, keliantis grėsmę gyvajai gamtai ir žmonių sveikatai, dėl savo galimybės transformuotis ir akumuliuotis dirvožemyje, taip patenkant į medžiagų apykaitos ciklus (Stravinskienė 2005).

Sunkieji metalai į augalus gali patekti iš oro, vandens, dirvožemio ir nuosėdų. Aukštesnieji augalai antžemine dalimi metalus gali paimti iš oro ir vandens. Iš dirvožemio, nuosėdų ar kitos augimo terpės augalai sunkiuosius metalus įsisavina šaknimis. Kad augalai metalus galėtų įsisavinti jie turi būti prieinamos formos (Prasad 2004; Račaitė 2009).

Augalams pavojingi kietųjų dalelių pavidalu nusėdę sunkieji metalai (Municipalinė aplinkos tyrimų...2006). Iš 100 ar daugiau elementų apie 80 galima priskirti metalams, o 3/4 jų – sunkiesiems metalams. Biologiškai svarbūs ir tiriamieji metalai yra kadmis, gyvsidabris, švinas, cinkas, chromas ir varis (Baltrėnas *ir kt.* 2008; Baltrėnas, Jankaitė 2003; Ašmenskas *ir kt.* 1997). Cinkas, kadmis ir varis sukelia augalų chlorozę, lapai pagelsta ir parausta (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2012).



1.3 pav. Buko lapų pažeidimai – rudi taškeliai ir bronziškumas. Šveicarija (Schaub, Novak 2007)

Esant natūralioms sąlygoms sunkieji metalai yra svarbūs elementai augalų gyvybinėms funkcijoms, vystymuisi, tačiau esant didelei antropogeninei taršai šie metalai ima turėti neigiamą poveikį augalams (Fatokia 1996). Sunkieji metalai gali lemti organizmų augimo ir vystymosi

nukrypimus, pažeisti jų reproduktyvines funkcijas. Metalai yra lengvai besikaupiantys dirvožemyje ir augaluose, bet sunkiai iš jų pasišalinantys (Szczepaniak, Biziuk 2003).

Sunkiųjų metalų kaupimosi intensyvumą augaluose nusako santykis tarp sunkiųjų metalų koncentracijos augaluose ir jų koncentracijos augimo terpėje. Intensyviausiai augaluose kaupiasi kadmis, vidutiniškai intensyviai, mažėjančia tvarka – cinkas, gyvsidabris, varis, švinas, o silpnai – manganas, nikelis, chromas. Intensyvių gyvsidabrio, švino, kadmio, arseno, cinko kaupimąsi galima paaiškinti tuo, kad ši grupė turi didelį panašumą su fiziologiškai augalams labai svarbiais junginiais ir gali juos išaktyvuoti (Aleksandro Stulginskio universitetas 2005).

Varis. Varis priskiriamas II pavojingumo klasei. Tačiau atliekant tyrimus bioindikaciniu pagrindu, šis metalas gali trukdyti nustatyti kompleksinę taršą, kadangi varis yra priskiriamas prie būtiniausių augalų mitybos elementų. Taigi, atliekant tyrimus su augalais vieni teršalai gali trikdyti augalo vystymąsi ar augimą, o kiti skatinti augimą ir dalinai kompensuoti kitų teršalų poveikį, kadangi varis gali veikti kaip trąša (Šlepetys ir kt. 2007). Jei vario koncentracija labai padidėja, tuomet tai gali augalų chlorozę, augalų lapų kraštai paruduoja.

Cinkas. Cinkas, kaip ir varis, yra priskiriamas prie būtiniausių augalų mitybos elementų. Taigi, jis lygiai taip pat gali veikti kaip trąša, apsunkindamas bioindikacinius tyrimus, kadangi tai elementas, kuris reikalingas augalų vystymuisi. Tačiau, jei cinko koncentracija labai padidėja, tuomet gali būti pristabdytas augalų vystymasis (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2010).

Kadmis. Kadmis priskiriamas I toksiškumo klasei. Kadmis – inertiškas metalas, kurio junginių gamtoje nėra daug. Jis patenka į aplinką dylant automobilių padangoms, stabdžių, sankabos detalėms, yrant katalizatoriams. Be to, kadmis į aplinką patenka su nutekamųjų vandenų dumbliu, fosforo trąšomis, kalkinėmis medžiagomis, azoto ir organinėmis medžiagomis. Daug jo sukaupia tabakas, krapai, salotos, svogūnų laiškai, bulvės, morkos, ridikėliai (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2010).

Chromas. Didesnė chromo koncentracija sukelia jaunų augalų lapų chlorozę, stabdo augalų šaknų augimą (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Nikelis. Nikelio pertekliui ypač jautrūs varpiniai augalai. Negatyvus nikelio poveikis pasireiškia augalų lapų tarpgyglių chloroze. Dėl šio augimo sutrikimo augalų lapai tampa pilkai žali, o šaknys – pilkos ir nusilpusios (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Švinas. Švinas yra nespecifinis toksinas. Augalų ir kitų gyvų organizmų gyvybinėms funkcijoms jis nėra būtinas: slopina fermentų aktyvumą. Švinas priskiriamas I toksiškumo klasei (Antanaitis 2001). Švino koncentracijos padidėjimas turi neigiamą įtaką augalams – pastebimas poveikis šaknims, augalo lapams. Švinas naudojamas pramonėje, metalurgijoje, benzino, bei dažų gamyboje, įvairiuose medicininiuose įrenginiuose (Dulskienė 2003).

Daugiausia švino į aplinką patenka per orą iš transporto priemonių, pramonės atliekų. Gamtoje švinas yra aptinkamas įvairių junginių pavidalais. Švinas augalams pradeda kenkti, kai dirvoje jo susikaupia dideli kiekiai – 100–200 mg/kg (Kadūnas *ir kt.* 1999).

Švino poveikio metu yra pažeidžiama chloroplasto ultrastruktūra, prislopinama chlorofilų, plastochinonų ir karotinoidų sintezė, sutrikdomas elektronų transportavimas (Sharma, Dubey 2005). Dėl švino poveikio augalų šaknys sutrumpėja, paruduoja, o viršūnėlės pagelsta, senilapai susisuka (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2010). Ypač jis kenksmingas rūgščiuose (pH <5,0) dirvožemiuose. Neutralioje ir šarminėje dirvožemio terpėje Pb yra mažai judrus. Judriosios formos sudaro tik apie 1,5 %, o potencialiai judrios – 10–18 % dirvožemyje esančio kiekio (Račaitė 2009).

1.4. Bioindikacijos rūšys

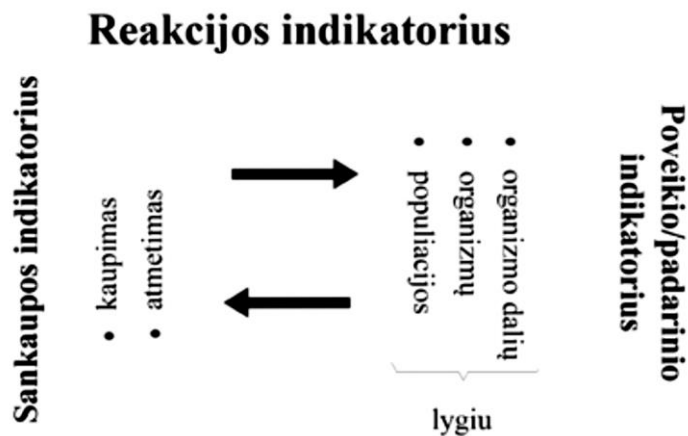
Dažniausiai naudojant įvairių rūšių augalus, norint įvertinti ir parodyti oro teršalų poveikį, gali būti vykdomas biomonitoringas, kuris vertinamas kaip vienas iš labai svarbių įrankių aplinkos stebėjime. Biomonitoringo metodai pateikia informaciją apie kiekybinį teršalų poveikį.

Bioindikacijos svarbiausios savybės:

- Rezultatai pabrėžia teršalų poveikį, o svarbiausias aplinkos saugojimo tikslas – žalingo poveikio užkirtimas;
- Fiksuoja teršalų veikimo pobūdį laike (išstis savaites). Dėl to jis neatima daug laiko ir nėra brangus;
- Nebrangus metodas, kuris leidžia didelį monitoringo tinklo išsiskirstymą erdvėje;
- Teikia informaciją apie pagrindinius pavojus įvertinimus vegetacijai ir teršalų perdavimą per maisto grandinę žmonėms ir gyvūnams;
- Tai viena iš priemonių teikianti informaciją apie galimus padarinius.

Bioindikacija ir biostebėseną yra perspektyvūs būdai stebėti išorinių veiksnių poveikį ekosistemai, jų raidai per ilgą laikotarpį arba lyginti vieną vietovę (pvz., neužterštą) su kita (užteršta) (Markert *et al* 2002; 2003a, b).

Galima išskirti aktyviąją ir pasyviąją bioindikaciją (biostebėseną). Apibūdinant indikatoriaus arba monitoriaus reakciją į aplinkos sąlygų pokyčius (ypač kalbant apie metalų bioindikaciją), literatūroje dažnai skiriami sankaupos indikatoriai ir poveikio ar padarinio indikatoriai. Reikia atkreipti dėmesį į tai, kad šis skyrimas nereiškia priešybių poros, o tik atspindi dvi analizės puses (Markert *et al* 1997; 2011).



1.4 pav. Sąvokų reakcijos, sankaupos ir poveikio arba padarinio indikatoriai sąsajos (Markert *et al* 1997)

Kadangi medžiagos sankaupos organizme rodo reakciją į šią medžiagą, bent jau tais atvejais, kai sankaupa yra didelė, šią medžiagą tam tikru mastu žymi bent vienas parametras, įeinantis į sampratą „poveikio indikatorius arba monitorius“ (pvz., morfologiniai pokyčiai ląstelių lygmeniu; junginių su metalais susidarymas daugelio bestuburių ląstelėse, vykstant metalų kaupimo procesams). Dažnai poveikio arba padarinio stebėsena galima tik tada, kai organizmų ląstelėse medžiagos susikaupia tiek, kad pastebimas poveikis (Markert *et al* 1997; 2011).

1.4.1. Pasyvioji bioindikacija

Pasyviosios bioindikacijos metu tiriamos ekosistemoje natūraliai aptinkamų organizmų reakcijos. Šiuo atveju organizmai (arba jų bendrijos) klasifikuojami pagal jų kilmę. Organizmų (arba jų bendrijų) klasifikavimo pagal jų reakcijos į medžiagą pobūdį pagrindas: sankaupų indikatoriai arba monitoriai yra organizmai, kurie kaupia vieną ar daugiau elementų arba junginių iš aplinkos. Poveikio arba padarinių indikatoriai arba monitoriai yra organizmai, iš kurių akivaizdi specifinė arba nespecifinė reakcija į tam tikrą elementą, jų junginį arba keletą medžiagų. Šios reakcijos gali apimti organizmų morfologijos, histologijos, ląstelių struktūros, metabolinių ir biocheminių procesų, elgsenos arba populiacijos struktūros pokyčius. Apskritai sąvoka reakcijos indikatorius, kaip minėta, taip pat apima sankaupos indikatorius arba monitorius bei poveikio arba padarinių indikatorius arba monitorius (Markert 2011).

Esant pasyviajai bioindikacijai, užterštumo poveikio tyrimui panaudojamos laisvai aplinkoje augančių augalų ar gyvūnų bioindikacinės savybės. Yra vertinama reakcija į visą kompleksą teršalų. Kompleksinio poveikio vertinimas leidžia padaryti svarbias išvadas apie teršalų poveikį žmogui, kadangi augalai bei gyvūnai, kaip ir žmogus, yra vienodai veikiami to paties teršalų komplekso. Morfometrinių bioindikacijos metodų privalumas yra tas, kad stebimieji augalai nepažeidžiami. Šiuos stebėjimus galima tęsti neribotą laiką (Chakraborty *et al* 2006).

Augalo indikatorinę svarbą atskleidžia tam tikri, dažniausiai morfologiniai ir anatomiciniai jo požymiai. Indikatoriniai požymiai yra įvairios augalų savybės, kuriomis augalai nurodo savo

priklausomybę tam tikroms augavietėms arba indikuoja antropogeninį poveikį. Aplinkos užterštumo monitoringas, naudojant indikatorinius augalus, gali padėti objektyviai vertinti ekologinę situaciją, susidarančią dėl besikeičiančios aplinkos (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Vykdamas pasyvų biomonitoringą stebima:

- Jautrių rūgštiniais teršalais ir sunkiesiems metalams indikatorių, kerpių augmenijos rūšinė sudėtis, pasikartojimo dažnumas;
- Eglių spyglių tyrimai; samanų monitoringas nusėdusių ir susikaupusių teršalų įvertinimui, nes samanos savo audiniuose kaupia teršalus, ir yra naudojamos kaip akumuliaciniai bioindikatoriai (Stravinskienė 2002).

Pasyviosios bioindikacijos metu kaip bioindikatoriai dažniausiai stebimi stebimi medžiai, grybai, kerpės.

Medžiai. Medžiai vertinami kaip jautrūs aplinkos būklės indikatoriai (Stravinskienė 2002). Paprastosios pušys (*Pinus sylvestris* L.) tarp jų gentinių yra labiausiai išplitusios. Visa Lietuvos teritorija patenka į paprastųjų pušų arealą (Navasaitis ir kt. 2003; Navasaitis 2008).

1.2 lentelė. Medžių pažeidimo teršalais požymiai (Atmosferos tarša... 2013)

Junginiai	Pažeidimo požymiai
Sieros oksidai	Spygliai įgauna rudai raudoną atspalvį. Ant lapų atsiranda raudonai rudos įvairaus dydžio dėmės
Floro junginiai	Iš pradžių spyglių galiukai nubąla, paskui patamsėja, vėliau patamsėja visas spyglis
Azoto oksidai	Spyglių galiukai raudonuoja. Ant lapų viršūnių ar pakraščių atsiranda juodai rudos dėmės
Chloro junginiai	Iš pradžių lapai pasidaro tamsūs su sidabrišku atspalviu, vėliau ant jų susidaro įvairių dydžių bespalvės dėmės
Etilenas	Ant lapų rausvos ir rudos dėmės
Magnio oksidas	Pirmamečiai spygliai pasidaro šviesiai žalio ar geltonai žalio atspalvio, antramečiai spygliai raudonuoja arba ruduoja. Ant lapų tarp gyslų atsiranda šviesiai žalios ir gelsvai žalios dėmės

Regioninio miškų monitoringo programoje plačiai tiriamieji šie medžių morfologiniai rodikliai: lapų defoliacija, lapijos dechromacija, viršūnės būklė, sausų šakų kiekis, derėjimo laipsnis, o spygliuočiams – dar ir spyglių išsilaikymo amžius (Ozolinčius, Stakenas 2001).

Nors medžių morfologiniai pokyčiai dažniausiai yra nespecifiniai, tačiau neblogai atspindi aplinkos būklę ir apie ją „signalizuoja“ lengvai matuojamais ir vizualiai vertinamais rodikliais. Pagal medžių būklę galima gana patikimai spręsti apie aplinkoje vykstančius pokyčius, nes jie yra geri gamtinės aplinkos būklės indikatoriai (Kauno miesto aplinkos... 2009).

Miestų želdiniai atlieka nepaprastai svarbią urboekologinę funkciją – stabilizuoja teritorijos ekologinę situaciją, teigiamai veikia miesto mikroklimatą, mažina oro užterštumą dujomis ir dulkėmis, papildo deguonies išteklius, skleidžia bakterijas naikinančius fitoncidus, sukuria buveines augalams ir gyvūnams ir kt. (Stravinskienė 2010).

Vertinant miesto apželdinimo lygį ir kokybę, sprendžiant želdynų sistemos vystymo klausimus, didelę reikšmę turi šie pagrindiniai rodikliai: miesto apželdinimo lygis, gyventojų aprūpinimas bendrojo naudojimo (viešaisiais) želdynais (miško parkais, miesto parkais ar jų kompleksais, gyvenamųjų rajonų parkais ir pan.), užstatytųjų teritorijų (gyvenamųjų, visuomeninės paskirties, komercinių, pramonės įmonių plotų ir pan.) apželdinimo lygis. Miesto apželdinimo lygis nustatomas pagal visų kategorijų miesto želdynų ploto santykį su miesto uždarnosios teritorijos plotu (Stravinskienė 2010).

Želdinių būklės blogėjimas pasireiškia ne tik sumažėjusiu medžių ir krūmų dekoratyvumu, bet ir jų radialiojo prieaugio, produktyvumo pokyčiais. Siekiant geriau suprasti želdynuose vykstančius procesus, būtina stebėti ir vertinti želdinių būklę bei numatyti jos kitimo tendencijas. Urbanizuotoje aplinkoje augantys medžiai dėl nedidelio jų bendrijų skalsumo akumuliuoja mažiau anglies dioksido ir išskiria į aplinką mažiau deguonies nei augantys miško ekosistemose, tačiau šie medžiai taip pat yra reikšmingi, nes fotosintezės metu mažina šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų koncentraciją ore (Stravinskienė 2010).

Grybai. Grybas *Rhytisma acerinum* sukelia kai kurių klevo rūšių lapų ligą. Subrendusiems medžiams šis grybas nekenkia arba kenkia labai nedaug (Weber, Webster 2002). Ant pažeistų lapų atsiranda geltonų dėmių, jose plečiasi smulkios dėmelės, kurios vėliau sudaro stambias, iškiliąs, blizgančias juodas dėmes su aiškiai pastebimu geltonu apvadu. *Rhytisma acerinum* grybas labai paplitęs ir jį stebėti nesudėtinga, lengva naudotis testu (Jankūnienė 2009).

Aplinkoje esantis SO₂ stabdo šio grybo vystymąsi. Ten, kur šių dujų gausu, dėmių ant lapų nėra. Jei lapai dėmėti, tai aplinka SO₂ požiriu yra švari. Šis metodas plačiai taikomas Anglijoje, Vokietijoje, Lenkijoje (Martinionienė 1999; Mikelsonaitė, Kazlauskienė 2011). Grybo *Rhytisma acerinum* pažeisti klevo lapai pavaizduoti 1.5 paveiksle. Ant pavaizduotų lapų matyti ryškūs išsiplėtę pažeidimai – tamsios dėmės su geltonais apvalkalais.



1.5 pav. Klevo lapų pažeidimai sukelti grybo *Rhytisma acerinum* (Volk, Adams 2007)

Kerpės. Kerpės gali būti naudojamos ir aktyviai, ir pasyviajai bioindikacijai.

Aplinkos būklės užterštumo vertinimas, atlikus kerpių floros įvairovės, gausumo ir būklės tyrimus, ir yra vadinamas lichenoidindikacija. Teršalų koncentracijas tiriamojame aplinkoje yra sprendžiama iš toje aplinkoje augančių kerpių (*Lichenes L.*) indikacinių savybių. Kerpės yra vienas geriausių bioindikatorių, kadangi geba kaupti mineralines medžiagas (tuo pačiu ir teršalus) visu savo kūnu (Herk 2001; Kłos *et al* 2011). Lichenoidindikaciniai metodai skirstomi į dvi pagrindines grupes: aktyviąją lichenoidindikaciją ir pasyviąją lichenoidindikaciją.

Aktyviosios lichenoidindikacijos atveju, kerpės kartu su substratu transplantuojamos iš nedidelio užterštumo teritorijų į tiriamąją vietovę. Dažniausiai taikoma tose teritorijose, kur dėl didelio oro užterštumo kerpės sutinkamos negausiai ar visai nebeauga (pramoniniai rajonai, miestų centrai ir pan.). Ekspozicijos periodu fiksuojami gniūžulų pakitimai bei nustatomi kitų rodiklių, tokių kaip biomasė, chlorofilo kiekis, pokyčiai po ekspozicijos.

Pasyviosios lichenoidindikacijos metu kerpių tyrimas atliekamas natūraliose jų buveinėse: pagal kerpių indikacinius požymius vertinama jų bendrijų išorinė būklė, kuri atspindinti kelerių paskutiniųjų metų oro kokybę (Conti, Cecchetti 2001).

Svarbiausios kerpių indikacinės aplinkos oro kokybės savybės yra šios:

- Kerpės – ilgai gyvenantys daugiamečiai organizmai, todėl, ilgą laiką veikiamos teršalų, jos atspindi bendrą informaciją apie ilgo laikotarpio aplinkos būklę;
- Kitaip nei aukštesnieji augalai, jos neturi atkrantinčių dalių, todėl negali išvengti teršalų poveikio;
- Kerpės neturi epidermio ir vaškinės kutikulės, specialių vandenį ir dujas praleidžiančių organų, dėl to nekontroliuoja dujų apytakos ir todėl drėgmė bei ore esančios medžiagos sugeriamos visu gniūžulo paviršiumi;
- Įvairios kerpių rūšys skirtingai reaguoja į oro užterštumą bei atskiras teršiančias medžiagas (Gries 2003).

Lietuvoje kerpės auga visur – miške ant medžių žievės ir medienos, ant trūnijančių kelmų, ant žemės ir netgi ant mėlynių krūmelių ar ant eglių spyglių; kopose – ant smėlio ir pernykščių žolių stiebų. Aptinkama jų ant granito, betono, šiferio, taip pat jos gyvena ir vandenyje (Stravinskienė 2010).

Kerpės (*Lichenes L.*) neigiamai veikia platus spektras teršalų ir procesų, tokių kaip: amoniakas, floro junginiai, šarminės dulkės, sunkieji metalai ir radionuklidai, chlorinti angliavandeniliai, rūgštieji lietūs, klimato šiltėjimas ir kt. (Nimis, Purvis 2002).

Kerpės priklausomos nuo atmosferos drėgnio: lietaus, rūko, rasos. Teršalai, ištirpę atmosferoje esančiame vandenyje, yra kenksmingi kerpėms. Kiekviena kerpių rūšis yra skirtingai jautri oro taršai (Kansri 2003).



1.6 pav. *Frukticose* kerpės (Kansri 2003)

Frukticose kerpės yra labiausiai jautrios teršalams. Šios rūšies kerpės pirmiausiai išnyksta iš užterštų teritorijų. Šios kerpės pavaizduotos 1.6 paveiksle.

Foliose kerpės (1.7 paveikslas) yra antros pagal jautrumą teršalams kerpės. Šios rūšies kerpės išnyksta antrosios po *Frukticose* kerpių dėl užterštų teritorijų.



1.7 pav. *Foliose* kerpės (Kansri 2003)

Crustose kerpės (1.8 paveikslas) yra labiausiai atsparios teršalams. Kai kurios *Crustose* kerpės išgyvena ir užterštų miestų teritorijose (Kansri 2003).



1.8 pav. Crustose kerpės (Kansri 2003)

Kerpių (*Lichenes*) tyrimų metodikų esmė – pagal kerpių rūšių gausumą ir dengiamą plotą tam tikrame objekte nustatatomas oro užterštumas (Jankūnienė 2009; Mikelsonaitė, Kazlauskienė 2011). Kuo labiau didesnė tarša, tuo kerpių rūšinė įvairovė arba populiacijos dydis yra mažesnis.

Aplinkos būklei vertinti dažniausiai naudojamos epifitinės kerpės, kadangi jos greitai ir jautriai reaguoja į aplinkos užterštumą sieros ir azoto oksidais, rūgštėjimą ir užterštumą sunkiaisiais metalais, metilenu, fluoro junginiais, ozonu. Pagal tai, kokios yra epifitinių kerpių rūšys, kada atsiranda arba išnyksta kerpių bendrijos, koks užimamas plotas, gniužulo dydis, plaušų ilgis ir fiziologiniai kerpių pokyčiai, sprendžiama apie oro užterštumą ir teršalų koncentraciją bei žmogaus veiklos sukeltus aplinkos pokyčius (Jucevičienė 2002).

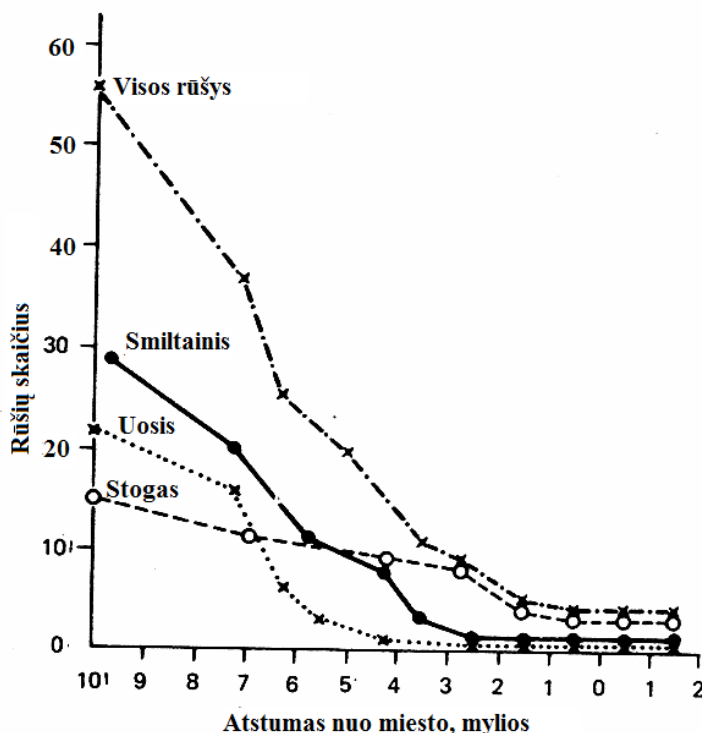
Du kerpių kaip bioindikatorių naudojimo metodai:

- Bendrijos pasikeitimai. Rūšių sudėties pakitimai skirtingais taršos lygiais (lėta reakcija);
- Fiziologiniai pakitimai. Chlorofilo permainingo turinys ir fotosintezė įvairiose oro kokybės (greita reakcija) (Kansri 2003).



1.9 pav. Kerpių matavimas (Kansri 2010)

Žemiau pateiktame grafike (1.10 paveikslas) pavaizduotos kreivės parodo priklausomybes tarp augančių kerpių skaičiaus ant smiltainio, asbesto stogų ir uosių paviršių ir atstumo iki miesto Niukaslio, esančio Anglijoje (Gilbert 1968).



1.10 pav. Kerpių rūšinės įvairovės priklausomybė nuo atstumo iki miesto, Anglija (Gilbert 1965)

Kaip matyti 1.10 paveiksle pateiktame grafike, mažėjant atstumui nuo miesto ir kartu jame esančios taršos, jautriausiai reaguoja kerpės, augančios ant smiltainių ir uosio, o mažiausiai jautrios taršai yra kerpės, augančios ant stogų, kadangi jų rūšinės įvairovės ir populiacijos pokytis ne toks didelis kaip kito pobūdžio kerpių. Taigi, mažėjant atstumui iki miesto, kerpių populiacijos ir rūšinė įvairovė ženkliai mažėja (Kansri 2003).

1.3 lentelė. Uosio žievės pH ir jautrių taršai kerpių dalis priklausomai nuo atstumo iki miesto New Castle (Kansri 2003)

Atstumas, Mylios	19	16,5	14,5	12,5	10,5	9,5	9	8	7	6,5	6	4,7	3	1,7	1	0
pH	4,2	4,2	4,3	4,3	4,4	4,4	3,9	3,6	3,3	3,6	3,4	3,9	3,4	3,6	3	4
Jautrių taršai kerpių dalis, %	66	66	57	54	25	23	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Pagal pateiktus 1.3 lentelės duomenis matomas jautrių taršai kerpių kiekio kitimas mažėjant atstumui iki miesto. Artėjant prie miesto, didėja tarša proporcingai mažėja jautriausių taršai Frukticose kerpių dalis bendrame augančių kerpių kiekyje pagal rūšis.

1.4.2. Aktyvioji bioindikacija

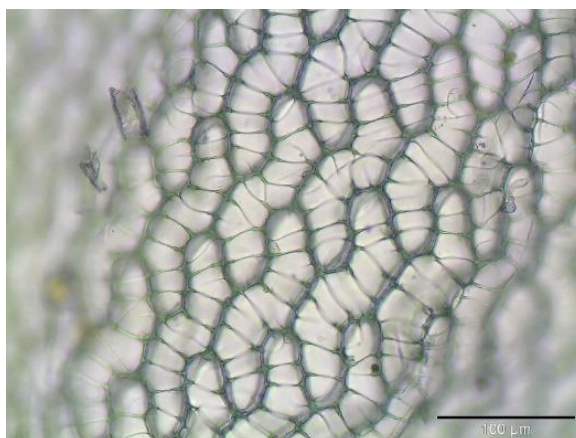
Aktyvioji bioindikacija esti tuomet, kai laboratorijose išauginti standartizuotos formos bioindikatoriai (biologiniai monitoriai) nustatytam laikotarpiui yra perkeliama į natūralias sąlygas, o pasibaigus šiam laikotarpiui fiksuojamos reakcijos arba analizuojami organizmo sukaupti ksenobiotikai (Markert 2011). Aktyviosios bioindikacijos metodams yra taikomi didesni reikalavimai lyginant su pasyviosios. Parinktoms tam tikros rūšies augalų kultūroms sudaromos vienodos ir standartizuotos sąlygos, pvz. šiltnamio sąlygos. Yra parenkamas laikotarpis ir augalai eksponuojami nustatytą laiką numatytose vietose (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Aktyviajai bioindikacijai naudojami augalai kaip biosorbentai. Bioabsorbentų gamybai labai plačiai yra naudojamos samanos, o ypač kiminai. Samanos pasižymi savybe sugerti iš aplinkos įvairius teršalus. Minėtuose augaluose gali susikaupti žymiai didesni teršalų kiekiai, negu jų yra supančioje aplinkoje (Bartkevičius 1993).



1.11 pav. Magelaninis kiminas (lot. *Sphagnum magellanicum*) (Lindsey 2003)

Geriausiais sunkiųjų metalų biosorbentais pripažintos šios kiminų rūšys: *Sphagnum magellanicum* (L.), *Sphagnum rubellum* (L.), *Polytrichum strictum* (L.), *Taccinium oxycoccus* (L.). Iš paminėtų kiminų rūšių daugiausia sunkiųjų metalų adsorbuoja magelaninis kiminas. Kaip tik ši kiminų rūšis ir naudojama bioabsorbentų gamybai (Bartkevičius 1993).



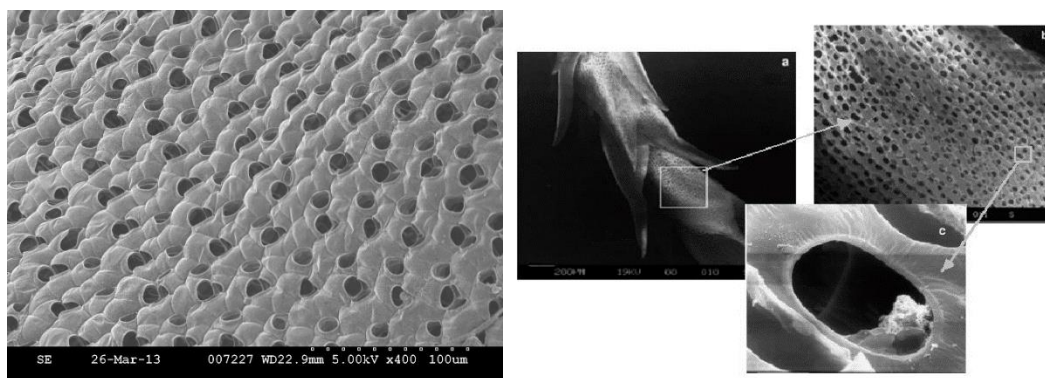
1.12 pav. Magelaninio kimino ląstelės, priartintos 250 kartų (Peters 2007)

Kiminiai, dar kitaip vadinami baltosiomis arba durpinėmis samanomis (lot. *Sphagnum*) – samanūnų (*Bryophyta*) augalas. Kiminų stiebas gausiai šakotas. Viršutinėje dalyje šakutės labai tankios ir sudaro galvutę. Lapai begysliai, sudaryti iš dvejopų ląstelių: chlorofilinių (jos labai siauros, žalios spalvos) ir vandeninių (platesnės ir bespalvės, įsiterpusios tarp chlorofilinių). Kiminai auga įvairių tipų pelkėse, jie neturi nei šaknų, nei rizoidų.



1.13 pav. Magelaninis kiminas (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006)

Kiminų bioakumuliacinės savybės lemia tai, kad jie turi poras, kurios įsiterpusios į vandenines ląsteles, o išdžiovinus kiminus šios vandens ląstelės yra kaip tuščios kiaurymės, į kurias ekspozicijos metu prisikaupia aerozolių pavidalo ore esantys įvairūs teršalai (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).



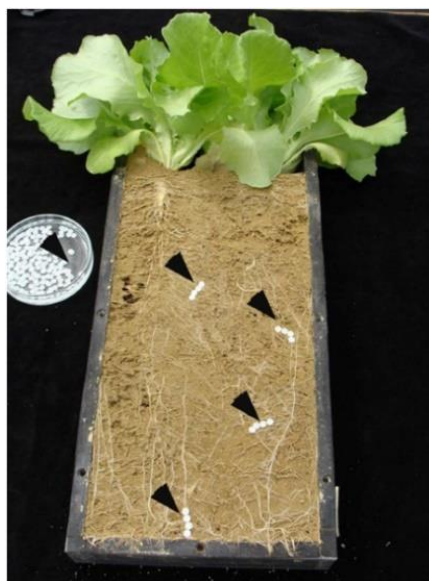
1.14 pav. Magelaninio kimino mikrostruktūra (Spagnumsem 2013)

Aktyviai bioinkacijai, kaip indikatoriniai augalai dažniausiai naudojami standartizuotos žolių kultūros, lapiniai kopūstai, kerpės, tabakas, pipirnės, pomidorai. Visi šie augalai yra jautrūs

aplinkoje esantiems teršalams ir taikomi bioindikatoriniuose tyrimuose (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006).

Tabakas. BSL W3 veislės tabakas – tai ozono (O₃) bioindikatorius. Ši tabako veislė buvo išvesta specialiai bioindikacijai. BSL W3 veislės tabakas yra toks jautrus ozonui ore, kad jo auginimas pramoninėse šalyse yra absoliučiai neracionalus. Netgi esant nedideliame ozono kiekiui ore, po kelių dienų ant viso lapo paviršiaus susidaro tankios sidabrinės spalvos dėmės. Nekrozių kiekį ant tabako lapų reikia vertinti reguliariai (pavyzdžiui, kas savaitę). Nekrozių dydis nustatomas procentais nuo lapo paviršiaus ploto. BSL W3 veislės tabakas rekomenduojamas kaip geras ozono bioindikatorius ir šiuo metu yra gana plačiai naudojamas daugelyje šalių, išstumdamas kitus ozono bioindikatorius. Pagal BSL W3 veislės tabako stebėjimo rezultatus sudaryta Didžiosios Britanijos salų užterštumo ozonu kartoschema (Bartkevičius 1993).

Salotos. Lyginant įvairius bioindikacijai naudojamus augalus, tyrimai rodo, kad valgomoji salota (lot. *Lactuca sativa*) (1.15 paveikslas) yra itin jautri įvairiems teršalams, ypač sunkiesiems metalams (Toussaint *et al* 1995).



1.15 pav. Valgomoji salota (lot. *Lactuca sativa*) naudojama tyrimuose (Toussaint *et al* 1995)

Valgomoji salota yra itin jautri sunkiųjų metalų poveikiui ir rekomenduojama šią rūšį naudoti nežinomų teršalų kompleksiniam poveikiui bioindikaciniuose metoduose vertinti. Esant žemesnėms teršalų koncentracijoms, šaknų augimas slopinamas labiau, nei sėklų dygimas. Dėl šios priežasties, valgomoji salota yra jautrus bioindikatorius ir galima vizualiai stebėti indikatoriaus reakcijas į skirtingas teršalų koncentracijas (Wang 1991).

Pipirnės. Bioindikacijai naudojamos sėjamosios pipirnės (lot. *Lepidium sativum*) sėklos, pasižymi greitu ir beveik šimtaprocentiniu daigumu. Sudygusių sėklų tolimesnis vystymasis yra slopinamas aplinkoje esančiais teršalais (Stravinskienė 2005).

Sėjamosios pipirnės kaip bioindikacinio augalo privalumai:

- Greitas augimas lemia tai, kad tyrimų rezultatai gaunami palyginti greitai,
- Jautrumas teršalams. Tai būtina sąlyga bioindikatoriniams organizmams, tačiau sėjamąją pipirnę galima taikyti plačiai, nes jautri daugumai teršalų,
- Smulkumas. Patogu naudoti tyrimams.
- Kaina.

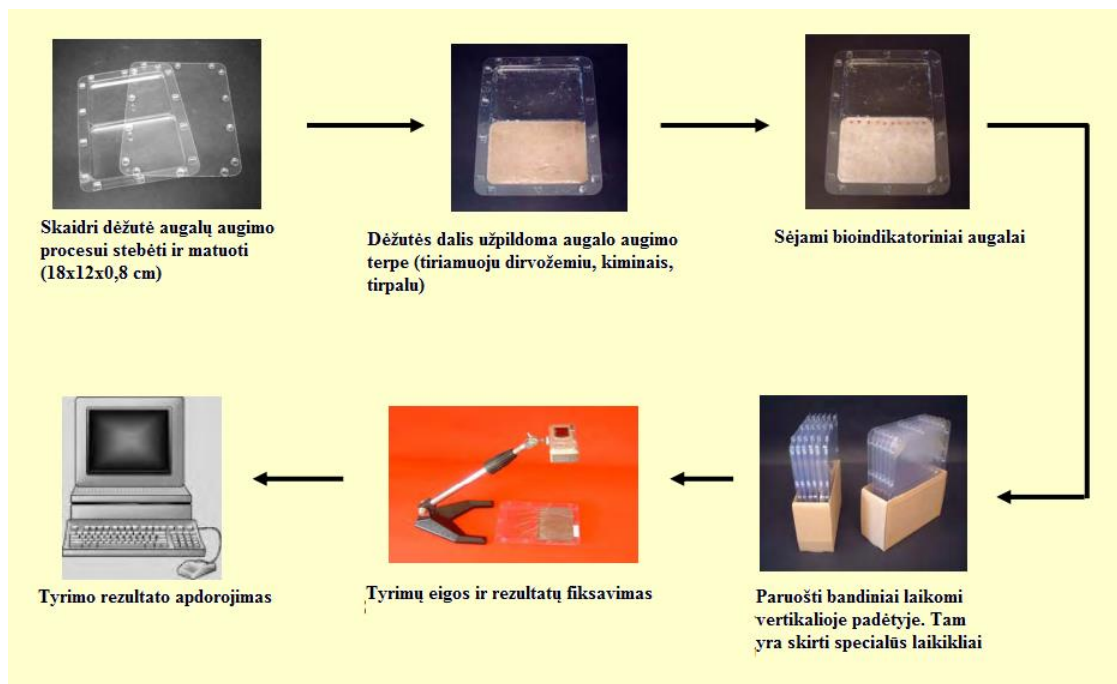
Sėjamoji pipirnė tinkama tirti:

- Diržvožemio užterštumui;
- Vandens užterštumui;
- Oro užterštumui.



1.16 pav. Sudygosios sėjamosios pipirnės Petri lėkštelėse eksperimento metu (Cinti 2010)

1.16 paveiksle pateiktas eksperimentas, kurio metu sėjamosios pipirnės buvo auginamos iš sėklų tarp fluorescencinių dažų ir vandens tirpalo Petri lėkštelėse. Eksperimento tikslas – ištirti, kaip pipirnės pasisavina įvairias medžiagas – šiuo atveju, fluorescencinius dažus (Cinti 2010).



1.17 pav. Bandymų su sėjamosiomis pipirnėmis eiga (Biohidrica 2014)

Vienas patogiausių būdų, kaip galima matuoti mėginių našumą su sėjamosiomis pipirnėmis, pavaizduotas 1.17 paveiksle. Mėginys – augalo augimo terpė patalpinamas į specialią plokščią dėžutę. Tuomet dėžutėje vienoje linijoje sėjamos pipirnės sėklos (ar kitų bioindikatorinių augalų sėklos) ir sudrėkinamos. Dėžutės laikomos vertikalioje padėtyje, kad augalai augtų tinkama kryptimi, kad būtų patogu matuoti jų augimo rodiklius, tam yra skirti specialūs laikikliai. Šių dėžučių privalumas tas, kad matosi ne tik pipirnių dalis virš augimo terpės, bet ir šaknys (1.18 pav.). Visas augalas auga išilgai, todėl patogu matuoti pipirnių stiebų, šaknų ilgus. Toliau atliekami tolimesni skaičiavimai, tyrimų rezultatams apdoroti.



1.18 pav. Bandymas su sėjamąja pipirne (Biohidrica 2014)

Atliekami tyrimų metodai su sėjamosiomis pipirnėmis yra gana paprasti ir labai panašūs į tyrimus su valgomąja salota. Tiriamasis mėginys yra panaudojamas, kaip pipirnės augimo terpė, nepriklausomai nuo to, ar mėginys yra dirvožemis, ar susmulkinti augalai (pavyzdžiui, magelaniniai

kinimai), ar skysčio pavidalo. Sėjamosios pipirnės teršalų pasisavinimo lygiai, iš įvairių agregatinių būsėnų tiriamųjų mėginių, yra panašūs.

1.5. Oro teršalų sklaidos modeliavimas

Miestų oro kokybė priklauso nuo teršalų emisijos iš mobiliųjų ir stacionariųjų taršos šaltinių bei meteorologinių sąlygų. Lietuvoje vyrauja palankios teršalams sklaidai sąlygos – nepastovūs, vėjuoti orai, dažni krituliai greitai išsklaido arba išplauna ir nusodina teršalus. Monitoringo neįmanoma vykdyti nuolat visuose potencialiai pavojinguose rajonuose, todėl oro užterštumui įvertinti tiksliausia būtų taikyti skaitinius modelius (Petraitis, Vasarevičius 2001). Europos Sąjungos oro kokybės direktyvos skatina modelių naudojimą, nes jie leidžia tiksliau įvertinti erdvinį teršalų pasiskirstymą (Šerevičienė 2012).

Paprastai oro taršos sklaidos modeliavimo programos skirstomos į paprastus, vidutinio sunkumo ir sudėtingus modelius. Toliau pateikiamos dažniausiai naudojamos oro teršalų sklaidos modeliavimo programos, tinkamos modeliuoti teršalų sklaidai iš mobilių ir stacionarių taršos šaltinių.

Paprasti modeliai:

- ADMS-SCREEN – tai oro kokybės sklaidos skaičiavimo modelis, kuriuo galima gana paprastai nusistatyti dėl būtinybės pradėti išsamesnę situacijos analizę. Atliekant skaičiavimus naudojami meteorologiniai duomenys, vietovės reljefo tipas, vietovės užstatymas, atsižvelgiant į pastatų aukščius. Modelis labiausiai tinka orientaciniam oro kokybės modeliavimui nedideliuose taršos šaltiniuose, taip pat skirtas optimaliam kamino aukščio apskaičiavimui (ADMS SCREEN... 2014). Atrankos modelis ADMS-SCREEN yra industrijos oro užterštumo atrankos modelis, sukurtas ADMS 3 modelio pagrindu. ADMS-SCREEN yra lengvai naudojamas modelis, reikalaujantis minimalaus parametrų skaičiaus norint greitai įvertinti vieno kamino įtaką oro kokybei (Cidzikienė 2010).
- CAR – tai Gauso tipo modelis sukurtas Nyderlanduose ir naudojamas užterštumui nuo transporto įvertinti. Įvertina pastatus ir medžius palei kelią, fotochemiją. Emisijos faktorius ir vėjo greitį nustato vartotojas. Skaičiuoja teršalų NO₂, CO, Pb, benzeno koncentracijų metinį vidurkį ir 98 procentiles (Aplinkos apsaugos agentūra 2014).

Vidutinio sudėtingumo modeliai:

- ISC-SCREEN – tai modelis, kuris skaičiuoja vieno taškinio, paviršinio arba tūrinio šaltinio įtaką oro kokybei esant blogiausiomis meteorologinėmis sąlygomis, skaičiuoja maksimalią galimą valandos vidutinę koncentraciją įvairiais atstumais nuo šaltinio bei atstumą iki maksimalios koncentracijos taško. Šiuo modeliu taip pat galima įvertinti netoliese esančių pastatų bei nesudėtingo vietovės reljefo įtaką koncentracijoms. Daugelio taškinių šaltinių

įtaką maksimalioms galimoms koncentracijoms teoriškai galima skaičiuoti sukuriant vieną virtualų taškinį šaltinį, atstojantį daugelį taškinių šaltinių, arba skaičiuojant kiekvieno taškinio šaltinio įtaką maksimalioms koncentracijoms ir gautus rezultatus sudedant. Tai gana sudėtingi veiksmai, todėl skaičiuoti daugelio šaltinių įtaką maksimalioms koncentracijoms šiuo modeliu nerekomenduojama (Cidzikienė 2010).

- AEOLIUS – gatvės kanjono modelis, kuris skaičiuoja NO_x , NO_2 , CO, SO_2 , KD_{10} , benzeno, 1,3-butadieno 1 valandos koncentracijas. Taip pat skaičiuoja 98 % NO_2 ir maksimalų 8 valandų CO lygį. Naudoja valandinius transporto srautų ir meteorologinius duomenis. Emisijos faktorius nustato vartotojas (Aplinkos apsaugos agentūra 2014).
- R91 (DISTAR) – Gauso modelis skirtas taškiniams šaltiniams, ribotas vietovės reljefo ir pastatų aukščio įvertinimas. Modelis skaičiuoja 1 valandos, mėnesio ir metinius vidurkius, tačiau neskaičiuoja procentilių. Naudoja statistinę meteorologiją ir įvertina sausas ir šlapias nuosėdas (Aplinkos apsaugos agentūra 2014).

Sudėtingi modeliai:

- CALINE – linijinio šaltinio modelis, sukurtas Kalifornijoje, JAV. Tai Gauso modelis skirtas vertinti kelių transporto emisiją, esant laisvam autotransporto srautui. Gali modeliuoti sankirtas, gatvės kanjonus, parkavimo vietas, tiltus ir viadukus. Skaičiuoja 1 valandos koncentracijas, vertingas analizuojant NO_2 ir CO maksimalias koncentracijas. Valandiniai meteorologiniai parametrai apibrėžiami vartotojo, emisijos kiekis turi būti apskaičiuojamas nepriklausomai, vertinant transporto priemonių greičius, srauto sudėtį ir patvirtintus emisijos faktorius. Vertinant fotocheminius procesus, reikalinga detalūs duomenys apie tiriamosios vietovės NO_2 , NO ir O_3 lygius. Modelis gali skaičiuoti iki 20 kelio atkarpų ir 20 receptorių (Aplinkos apsaugos agentūra 2014).
- ADMS – naujos kartos daugiašaltinis dispersijos modelis. Vertina sausą ir šlapią nusodinimą, pastatų įtaką, sudėtingą reljefą ir pakrantės įtaką. Gali skaičiuoti taškinių, ploto, tūrio ir linijinių šaltinių ilgo ir trumpo laikotarpio koncentracijas. Naudoja miesto ir kaimo vietovės dispersijos koeficientą, gali skaičiuoti procentilius (Aplinkos apsaugos agentūra 2014).
- ADMS 3 yra lokalaus mastelio (mikromastelio) atmosferos dispersijos modeliavimo sistema. Tai naujos kartos oro dispersijos modelis, kuris reiškia, kad atmosferos ribinio sluoksnio savybės yra aprašomos dviem parametrais – ribinio sluoksnio gyliu ir Monino-Obuchovo ilgiu – vietoj vieno diskretaus parametro – Paskvilio stabilumo klasės. Dispersija konvekciniomis meteorologinėmis sąlygomis skaičiuojama asimetriniu Gauso koncentracijų pasiskirstymu (Cidzikienė 2010).
- ADMS-Urban – oro kokybės valdymo programa tinkama miestų teršalų sklaidai modeliuoti. Modelis naudojamas įvertinti poveikį didelėje miesto teritorijoje iš daug taršos

šaltinių. Versija ADMS-Urban modeliu galima įvertinti iki 4 100 linijinių šaltinių, taip pat yra gatvės kanjono modulis (ADMS Urban... 2014).

Pagrindiniai ADMS-Urban modelio įvesties parametrai yra:

1. Emisijos intensyvumas – tai teršalų kiekis, išmetamas iš taršos šaltinio per tam tikrą laiko tarpą. Taršos šaltiniai: kaminai, statybos įmonių teritorijos, namų ūkiai ir autotransportas.
 2. Teršalų išmetimo sąlygos – tai fizinės taršos šaltinio charakteristikos, kurios apsprendžia teršalų sklaidą atmosferoje, pvz.: kamino aukštis, išmetamų dujų temperatūra ir kt.
 3. Meteorologiniai faktoriai – tai vėjo greitis, kryptis, atmosferos turbulencijos intensyvumas, ir kiti meteorologiniai veiksniai veikiantys teršalų išsisklidimą atmosferoje.
 4. Fonas – tai foninės koncentracijos esančios pasirinktoje teritorijoje.
 5. Vietinė aplinka – tai vietovės reljefas ir šalia esantys pastatai (Oro užterštumo modeliavimas 2014).
- ADMS Roads – oro taršos sklaidos modeliavimo programa, skirta įvertinti oro kokybę ir apskaičiuoti oro taršos sklaidą iš linijinių taršos šaltinių nedidelėms vietovėms. Ši programa leidžia viename skaičiavimo cikle modeliuoti taršos sklaidą daugelio (iki 7 000) kelių atkarpų ir keleto pramonės taršos šaltinių. Modeliuojant oro taršą, atsižvelgiama į kelių tinklą, transporto srauto greitį, gali būti atsižvelgiama ir į tai, kad gatvė pagal užstatymą yra kanjono tipo. Programa gali būti naudojama optimaliausiam kelių tinklui ir triukšmo sienų efektyvumams nustatyti (ADMS Roads... 2014).
 - ADMS Airport – oro kokybės valdymo programa skirta oro uostų ir aplink juos esančių teritorijų teršalų sklaidai modeliuoti. Atliekant skaičiavimus teritorijoje gali būti įtraukti veiksniai, turintys įtakos aplinkos oro kokybei, tokie kaip: orlaivių išmetami teršalai, pagalbinė antžeminė įranga, pagalbinės jėgainės, kelių eismas, geležinkeliai, pramonės objektai, gyvenamieji namai (šildymo metu) ir kiti žinomi taršos šaltiniai (ADMS Airport... 2014).
 - AERMOD – yra modeliavimo sistema, sudėta iš trijų komponentų: AERMOD dispersijos modelio, AERMAP vietovės charakteristikų preprocesoriaus ir AERMET meteorologinio preprocesoriaus. Šiuo metu oro teršalų sklaidai modeliuoti naudojamas AERMOD modelis, kuris detalai įvertina meteorologinių parametrų poveikį, landšaftą ir kt. parametrus. Modelio rezultatai parodo teršalų koncentracijų paplitimą ir kryptį, iš to galima daryti prielaidą, kur kvapas bus nebeaptinkamas. Svarbu žinoti, kokie kvapą turintys teršalai išsiskirs iš taršos

šaltinio, nustatyti jų emisijas ir teršalų sklaidos modeliu sumodeliuoti sklaidą (Cidzikiene 2010).

- AAQuIRE – tai modeliavimo sistema, apjungianti keletą JAV AAA modelių, skirtų modeliuoti kartu taškinis, ploto, tūrio ir linijinius šaltinius. Skaičiuoja valandos vidurkius ir jų procentilius, taip pat kitus vidurkius (Aplinkos oro modeliavimas... 2014).
- AIRVIRO – sistema skirta miestų oro kokybės vertinimui. Apjungia kelis modelius: Gauso, gatvės kanjono, sunkiųjų dujų, tinklelio. Modeliams reikia daug duomenų apie teršalų išmetimus ir vietovės meteorologines sąlygas bei didelių kompiuterinių resursų. Yra vėjo modelis, įvertina vietovę, turi tiesioginį ryšį su dinamine emisijos duomenų baze, kurioje yra taškiniai, ploto ir linijiniai šaltiniai bei tinklelio sluoksniai (Aplinkos apsaugos agentūra 2014).

Taršos šaltinių tipai, kurie gali būti modeliuojami. Yra trys pagrindiniai oro taršos šaltiniai:

- kelių transportas – išmetamosios dujos, garavimas
- pramonė, namų ūkis
- neorganizuoti šaltiniai (išsiliejimas, akmens skaldykla, karjeras).

Išvardinti taršos šaltiniai skirstomi į 4 pagrindinius teršalų išsiskyrimo į aplinkos orą tipus:

- Taškiniai šaltiniai – kaminai;
- Linijiniai šaltiniai – išmetimai iš kelių transporto;
- Ploto šaltiniai – grupė taškinų arba linijinių šaltinių;
- Tūrio šaltiniai – tai gali būti ploto šaltiniai su vertikaliu aukščiu.

Yra dvi pagrindinės teršalų grupės:

- Teršalai, kurie tiesiogiai išmetami į aplinkos orą (pirminiai);
- Teršalai, kurie susiformuoja atmosferoje ir žinomi, kaip antriniai teršalai (Aplinkos apsaugos agentūra 2013).

Modelio tipo pasirinkimas. Kurį modelio tipą naudoti priklauso nuo eilės faktorių, įskaitant teršalų išmetimo pobūdį ir atitinkamą periodą per kurį koncentracijos bus nagrinėjamos. Daugelis įprastinių tiriamųjų teršalų patenka į aplinkos orą kaip gebančios kilti dujos išmetimai iš kaminų, NO_x išmetimai iš automobilių), todėl daugelis dispersijos modelių buvo sukurti nagrinėti šių karštų dūmų kamuolių dispersiją atmosferoje. Daugelis sudėtingesnių modelių taip pat turi savyje formules, kurios skaičiuoja iškritas dėl kritulių, gravitacijos. Yra modelių, kurie gali įvertinti chemines reakcijas, vykstančias pernešant teršalus, pvz. NO, NO₂ ir O₃ fotochemija, nors daugelis modelių yra tinkami chemiškai neaktyviems (inertiniams) teršalams (Aplinkos oro modeliavimas... 2014).

Modeliavimo rezultatai. Modeliavimo rezultatai didžia dalimi susideda iš teršalo koncentracijos verčių, kurios gali būti pateikiamos įvairiais būdais. Teršalo koncentracija ore – tai teršiančios medžiagos kiekis kiekviename kubiniame metre oro. Koncentracija, priklausomai nuo jos dydžio, gali būti išreikšta gramais, miligramais, mikrogramais kubiniame metre oro. Taip pat ji gali būti išreikšta ppm arba ppb. Teršalo koncentracija dėl atmosferos turbulencijos labai varijuoja laike. Praktiniam naudojimui koncentracija yra nurodoma per tam tikrą laiko periodą (Aplinkos oro modeliavimas... 2014).

Foninė koncentracija. Daugelyje situacijų modeliai naudoja foninę koncentraciją, kuri yra sudedama su taršos šaltinio išmetamo teršalo sumodeliuota koncentracija. Dispersijos modeliai gali suskaičiuoti pažemio koncentraciją tik iš tų taršos šaltinių, kurie yra įvesti į modelį, tačiau visada atsiranda tokių šaltinių, kurie nebus įvertinti modelyje, todėl šiuo atveju būtina naudoti foninę koncentraciją (Aplinkos oro modeliavimas... 2014).

Modelio rezultatų neapibrėžtumas. Nors atmosferos modeliai yra vienas iš pagrindinių įrankių vertinant oro kokybę, tačiau į jų trūkumus turi būti atkreiptas dėmesys. Pasirenkant ir taikant modelį visada reikia turėti galvoje, kad modelio rezultatų neapibrėžtumas gali būti didelis dėl pačios modelio koncepcijos ir/arba įvesties parametrų (Aplinkos oro modeliavimas... 2014).

1.6. Pirmojo skyriaus išvados

1. Norint oro taršą įvertinti didelėje teritorijoje, aplinkos užterštumui vertinti tinkamas sprendimas yra bioindikacinio metodo pasirinkimas, kurio pagrindas yra gyvo organizmo reakcija į susikaupusius teršalus.
2. Pagrindiniai bioindikacinio metodo pranašumai prieš kitus metodus yra galimybė surinkti informaciją didelėje teritorijoje, galima vizualiai stebėti organizmų reakciją į teršalus, nereikia sudėtingos įrangos ar priemonių, norint atlikti tyrimus.
3. Atlikus literatūros analizę, nustatyti pasirinkto bioindikacinio metodo didžiausi trūkumai – šis metodas neįvertina teršalų kiekybinių parametrų ir kadangi vieni aplinkoje esantys teršalai skatina, kiti slopina augalų vystymąsi, tai gali nulemti tai, kad tyrimų rezultatai gali būti netikslūs ir kokybiniu atžvilgiu.
4. Atlikus literatūros analizę, tolimesniems tyrimams pasirenkamas bioindikacinis oro taršos vertinimo metodas, taikant magelanių kiminą, kaip oro teršalų biosorbentą, ir sėjamąją pipirnę, kaip bioindikatorinį augalą.
5. Modelių naudojimas leidžia tiksliau įvertinti erdvinę teršalų sklaidą ir pasiskirstymą iš mobilių ir stacionarių taršos šaltinių, pavyzdžiui, vietose, kur vyrauja palankios teršalams

sklaidytis sąlygos – nepastovūs, vėjuoti orai, dažni krituliai greitai išsklaido arba išplauna ir nusodina teršalus.

2. BIOINDIKACINIO ORO TARŠOS TYRIMO IR EKSPERIMENTO METODIKA

2.1. Įvadas

Aplinkos oro tarša yra viena aktualiausių miestų aplinkosauginių problemų. Siekiant įvertinti aplinkos oro būklę, galima remtis bioindikatoriniais oro taršos vertinimo metodais. Tokių metodų pagrindinis privalumas yra tas, kad galima vizualiai stebėti organizmų reakcijas į aplinkoje esančius teršalus, veikiančius kompleksiskai. Augalai, naudojami bioindikacijai, dažniausiai skirstomi į du tipus: augalus, naudojamus kaip teršalų biosorbentus, ir augalus, naudojamus kaip teršalų indikatorius. Kaip teršalų biosorbentai, dažniausiai naudojami kiminai, o ypač magelaninis kiminas (lot. *Sphagnum magellanicum*). Kiminų, kaip biosorbentų, savybes lemia jų poringa struktūra. Būtent magelaniniai kiminai buvo naudoti biosorbentų gamybai, atliekant bioindikacinį oro taršos vertinimą. Atliekant oro taršos tyrimus, kiminai nustatytą laiką eksponuojami tiriamojame teritorijoje, po to susmulkinami ir juose sėjami pasirinkti bioindikatoriniai augalai. Kimininio bioadsorbento kaupimosi indukcijai įvertinti naudojami testuojamieji organizmai. Jie savo parametrais (augimo greitis, produktyvumas, senėjimas ir kt.) reaguoja į aktyviai ar pasyviai susikaupusius teršalus (Krankalis, Aliošina 1997). Atliekant oro taršos ir eksperimentinius tyrimus, teršalų bioindikacijai pasirinktos sėjamosios pipirnės (lot. *Lepidium savitum*). Šie augalai yra labai jautrūs taršai, pasižymi greitu daigumu. Sėjamoji pipirnė tinkama tirti: dirvožemio, vandens ir oro užterštumui. Tiriamasis mėginys yra panaudojamas, kaip pipirnės augimo terpė, nepriklausomai nuo to, ar mėginys yra dirvožemis, ar susmulkinti augalai, ar skysčio pavidalo. Sėjamosios pipirnės teršalų pasisavinimo lygiai, iš įvairių agregatinių būsenų tiriamųjų mėginių, yra panašūs.

Kadangi kiminai yra geri sunkiųjų metalų adsorbentai, todėl toliau analizuojant bandinius, nustatomi sukaupti sunkiųjų metalų kiekiai atominės adsorbcinės spektrometrinės analizės metodu. Kadangi tyrimų vietos pasirinktos daugiausiai prie intensyvaus eismo sankryžų, todėl tolimesniems bandinių tyrimams pasirenkamas sunkusis metalas švinas, kuris labiausiai susijęs su transporto išmetamais teršalais. Sunkusis metalas švinas yra būdingas pakelių teršalas, išsiskiriantis automobilių transporto eksploatacijos metu (Jankaitė, Vasarevičius 2007). Švinas priskiriamas I toksiškumo klasei ir koncentracijos padidėjimas turi neigiamą įtaką augalams (Dulskienė 2003).

Atlikus kompleksinės oro taršos tyrimus bioindikaciniu metodu ir nustačius sukauptus švino kiekius eksponuotuose kiminuose, tam, kad nustatyti realias pipirnių reakcijas į daugiausiai išmetamą iš autotransporto sektoriaus į aplinkos orą sunkųjį metalą – šviną, atliekami eksperimentiniai tyrimai. Sunkiojo metalo koncentracijos buvo įterpiamos į pipirnių augimo terpę tirpalų pavidalu laistant. Kaip augimo terpė sėjamosioms pipirnėms naudojami susmulkinti kiminai, kaip ir oro taršos tyrimo atveju.

2.2. Oro taršos tyrimams pasirinktų vietovių analizė

Oro taršos tyrimams pasirinkti du miestai – Vilnius ir Šiauliai. Oro taršos tyrimams atlikti pasirinktas Vilniaus miestas, kadangi tai yra didžiausias šalies miestas, kuris yra tankiausiai apgyvendintas ir jame yra didžiausias eismo intensyvumas. Rezultatų palyginimui, tyrimams atlikti pasirinktas 4 pagal dydį šalies miestas – Šiauliai, kuriame eismo intensyvumas, palyginti su Vilniaus miestu, yra ženkliai mažesnis.

Tyrimo vietos Vilniaus ir Šiaulių miestuose buvo pasirinktos tinklelio principu. Tyrimo vietų tankumas tam tikrose teritorijose pakoreguotas pagal tos vietos oro taršos pasiskirstymus, esančius svarbesnius objektus (mokymosi įstaigas, ligonines, pramoninius objektus ir kt.), sankryžas, atsižvelgiant į jų eismo intensyvumą.

Kad tyrimų rezultatai būtų tikslesni, biosorbentų nepatartina kabinti šalia rūkymo zonų ar labai arti taršos šaltinių. Kadangi atliekamas užterštumo zonavimas lankytinose ar gyvenamosiose teritorijose, kuriose esantiems žmonėms gali turėti įtakos aplinkos oro užterštumas nuo įvairių taršos šaltinių, tai biosorbentų ekspozicijos vietos pasirenkamos nuo taršos šaltinio artimiausioje žmonių gyvenamosiose zonoje, viešose lankytinose vietose, pėsčiųjų takuose prie kelio.

Vilniaus mieste tyrimų vietų pasirinkta 46. Didžioji dalis tyrimo vietų yra prie sankryžų, kuriose eismas intensyvus. Palyginimui pasirinktos kelios vietos gyvenamųjų namų rajonuose, parkuose, pramoniniuose rajonuose. Tyrimo vietų žemėlapis ir adresai su koordinatėmis Vilniuje pateiktos 1, 2 prieduose.

Tam, kad būtų galima palyginti tyrimų rezultatus gautus Vilniaus mieste, tyrimai lygiagrečiai atliekami ir Šiaulių mieste. Tyrimo vietų pasirinkta 50. Tyrimo vietų žemėlapis ir adresai su koordinatėmis Šiaulių mieste pateikti 3, 4 prieduose.

2.2.1. Vilniaus miesto bendrieji duomenys

Vilnius – Lietuvos sostinė ir didžiausias šalies miestas. Miestas yra patogioje geopolitinėje padėtyje. Remiantis statistikos departamento duomenimis, miškai užima net 35,6 % visos Vilniaus savivaldybės teritorijos, užstatyta teritorija – 34,8 %, keliai – 4,8 %, vandenys – 1,5 %, žemės ūkio naudmenos – 20,7 %, kita žemė – 2,6 %. 2014 metų pradžioje gyventojų skaičius siekė 529022. Per 2010–2014 metų laikotarpį gyventojų skaičius sumažėjo – 0,5 %. Ypač gyventojų skaičius mieste smarkiai krito per 2010–2012 metų laikotarpį, 2012–2014 metais gyventojų skaičiaus vėl ėmė didėti. Tokį gyventojų skaičiaus kitimą mieste labiausiai lėmė nedarbingumo lygio kitimas tuo laikotarpiu.

Stacionarūs taršos šaltiniai. Pagal Lietuvos statistikos departamento duomenis, teršalų išmetimai iš stacionarių taršos šaltinių palaipsniui mažėja (2.1 lentelė). Tam įtakos turi aplinkosauginė pažanga – vis didesni išmetimų ribojimai, reikalavimai ir skatinimas diegti aplinkai

draugiškas technologijas. Efektyvesni valymo įrenginiai, didėjantis dėmesys alternatyvių energijos išteklių panaudojimui – gerina aplinkos oro kokybę. Tačiau tarša Vilniaus mieste, palyginti su kitais Lietuvos miestais, yra didelė.

2.1 lentelė. Teršalų išmetimas į atmosferą iš stacionarių taršos šaltinių Vilniaus mieste, t (Lietuvos statistikos departamentas 2014)

Teršalai / metai	2009	2010	2011	2012	2013
Visi teršalai	3550	3851	2730	2672	2201
Kietosios medžiagos	164	187	203	253	249
Dujinės ir skystosios medžiagos	3386	3663	2528	2419	1952
Sieros dioksidas, tonos	1803	1964	938	747	424
Azoto oksidai, tonos	774	844	750	767	698
Anglies monoksidas, tonos	554	602	585	589	482
Lakūs organiniai junginiai	242	234	222	275	301
Fluoras ir kiti teršalai	14	19	32	43	48

Mobilūs taršos šaltiniai. Iš 2.2 lentelės duomenų matyti, jog kasmet transporto priemonių skaičius Vilniaus mieste didėja. Lentelės duomenys nėra tikslūs, kadangi sudėtinga nustatyti tikslų skaičių eksploatuojamų transporto priemonių mieste.

2.2 lentelė. Kelių transporto priemonių skaičius metų pabaigoje Vilniaus m. sav. (Lietuvos statistikos departamentas 2014)

Transporto priemonė / metai	2009	2010	2011	2012	2013
Motociklai	4 915	5 359	5 941	6 514	7 168
Lengvieji automobiliai	321944	314201	316438	324535	332 368
Autobusai	2 411	2 293	2 219	2 112	2 187
Krovininiai automobiliai	18 236	18 150	20 243	21 378	23 471
Puspriekabių vilkikai	4 556	4 578	5 125	5 669	5 795
Puspriekabės	5 204	5 570	6 058	6 453	6 609
Specialūs automobiliai	3 050	3 105	3 107	3 120	3 034

Į Vilniaus miestą kasmet atvyksta gyventi žmonės dėl studijų ar darbo vietų. Tokių žmonių transporto priemonės nėra registruotos Vilniuje, tačiau jomis mieste nuolat naudojamos. Dėl šios priežasties realus skaičius transporto priemonių mieste padidėja ir dalis Vilniaus mieste registruotų transporto priemonių nėra eksploatuojamos, tačiau nėra išregistruotos. Šiuo atveju, realus transporto priemonių skaičius gali šiek tiek sumažėti. Dėl šių pagrindinių priežasčių tampa sunku nustatyti realų eksploatuojamų transporto priemonių skaičių mieste. Nors transporto priemonės vis ekonomiškesnės ir išmetimai mažesni iš pavienių transporto priemonių, tarša nesumažėja dėl bendro transporto priemonių skaičiaus didėjimo.

Remiantis Regitros pateiktais duomenimis, trečdalis visų automobilių pagal degalų tipą, varomi benzinu. Nors šiuo metu naudojamas bešvinis benzinas, tačiau automobilinio bešvinio 95 markės benzino sudėtyje vis dar yra švino iki 5 mg/l (faktiškai apie 2,5 mg/l), todėl švino problema vis dar nėra išspręsta, nors, žinoma, taršos lygis švinu, ženkliai sumažėjęs.

2.2.2. Šiaulių miesto bendrieji duomenys

Šiauliai – Šiaurės Lietuvos miestas, įkurtas 1236 metais. Bendras miesto žemės plotas 81,13 km² (sudaro 0,9 % apskrities ploto). Viso miesto žemės ploto žalieji plotai užima 18,87 km², vandens plotai – 12,78 km². Miesto administracinių žemės ribų perimetras 70,32 km (Šiaulių miesto savivaldybė 2014). Užstatyta teritorija mieste sudaro 51,3 %, vandenys – 15,8 %, miškai – 8,4 %, keliai – 3,9 %, žemės ūkio naudmenos – 9 %, kita žemė – 11,6 %. Tai svarbiausias pramonės, kultūros, mokslo centras Šiaurės Lietuvoje. Per Šiaulius eina geležinkeliai į Taliną, Kaliningradą, Minską, Liepoją, Vilnių ir kitur, automobilių kelias Via Baltica. Yra didelis karinis ir civilinis Zoknių oro uostas. Mieste plėtojama maisto, lengvoji, medžio apdirbimo pramonė (Lietuvos statistikos departamentas 2010).

Nors Šiauliai yra ketvirtas pagal dydį pagal gyventojų skaičių miestas Lietuvoje, Šiaulių mieste kiekvienais metais gyventojų skaičius intensyviai mažėja. Remiantis statistikos departamento duomenimis, 2014 metų pradžioje gyventojų skaičius siekė tik 105610. Per 2010–2014 metų laikotarpį gyventojų skaičius ženkliai sumažėjo – net 7,8 %. Tokį gyventojų skaičiaus kitimą mieste daugiausiai lemia emigracija dėl aukšto nedarbo lygio. Remiantis statistikos departamento duomenimis, 2010 metais nedarbingumo lygis Šiaulių mieste buvo pakilęs net iki 19,1 %, po to nedarbingumas palaipsniui ėmė mažėti ir 2014 metais nukrito iki vidutiniškai 14,8 %. Tačiau nedarbingumo lygis išlikęs gana aukštas, todėl vis dar palyginti didelė žmonių dalis emigruoja iš miesto.

Stacionarūs taršos šaltiniai. Šiauliuose teršalų išmetimai kaip ir Vilniaus mieste nuolatos mažėja, tai matyti 2.3 lentelėje. Tačiau bendri taršos išmetimai iš stacionarių taršos šaltinių šiuose dviejuose miestuose ženkliai skiriasi.

2.3 lentelė. Teršalų išmetimas į atmosferą iš stacionarių taršos šaltinių Šiaulių mieste, t (Lietuvos statistikos departamentas 2014)

Teršalai / metai	2009	2010	2011	2012	2013
Visi teršalai	625	630	526	449	578
Kietosios medžiagos	26	30	33	35	47
Dujinės ir skystosios medžiagos	599	601	493	414	530
Sieros dioksidas, tonos	23,9	0,3	0,1	5,0	21,6
Azoto oksidai, tonos	159	167	141	96	84
Anglies monoksidas, tonos	385	395	315	274	394
Lakūs organiniai junginiai	31	38	36	38	30

Kadangi Vilniaus miestas yra apytiksliai 5 kartus didesnis pagal plotą, lyginant su Šiaulių miestu, išmetimai iš stacionarių taršos šaltinių taip pat ženkliai didesni (8–9 kartus). Lietuvos statistikos departamento duomenimis, teršalų išmetimai atsižvelgus į plotą, tarp Vilniaus ir Šiaulių

miesto skirtumas nėra toks didelis. Vilniuje teršalų kiekis, tenkantis 1 km² yra apytiksliai 17 % didesnis nei Šiauliuose.

Mobilūs taršos šaltiniai. Remiantis statistikos departamento pateiktais duomenimis nustatyta, jog kiekvienais metais įvairių transporto priemonių skaičius (2.4 lentelė) auga nors ir mažėja gyventojų skaičius mieste. Tokį transporto priemonių skaičiaus kitimą gali šiek tiek lemti ir tai, kad savininkai savo nebeeksploatuojamų transporto priemonių tiesiog neišregistruoja, todėl duomenys nėra tikslūs.

2.4 lentelė. Kelių transporto priemonių skaičius metų pabaigoje Šiaulių m. sav. (Lietuvos statistikos departamentas 2014)

Transp. priem. / metai	2009	2010	2011	2012	2013
Motociklai	897	1 002	1 119	1 191	1 273
Lengvieji automobiliai	56 433	55 760	56 112	57 109	58 336
Autobusai	778	769	757	733	711
Krovininiai automobiliai	4 935	4 758	4 845	4 058	4 141
Puspriekabių vilkikai	1 517	1 666	2 055	2 397	2 627
Puspriekabės	1 647	1 760	1 887	2 011	2 101
Specialūs automobiliai	675	662	683	684	691

Į Šiaulių miestą kasmet atvyksta gyventi žmonės dėl studijų ar darbo vietų iš aplinkinių vietovių. Tokių žmonių transporto priemonės nėra registruotos Šiauliuose, tačiau jomis mieste nuolat naudojamos. Dėl šių priežasčių realų skaičius transporto priemonių mieste padidėja. Dalis Šiaulių mieste registruotų transporto priemonių nėra eksploatuojamos, tačiau kartu nėra ir išregistruotos. Šiuo atveju, realus transporto priemonių skaičius gali šiek tiek sumažėti. Dėl šių pagrindinių priežasčių tampa sunku nustatyti realų eksploatuojamų transporto priemonių skaičių mieste. Nors transporto priemonės vis ekonomiškesnės ir išmetimai mažesni iš pavienių transporto priemonių, tarša nesumažėja vien dėl bendro transporto priemonių skaičiaus didėjimo.

2.3. Oro taršos tyrimo kimininių biosorbentų ir sėjamųjų pipirnių, kaip bioindikatorių, metodika

Aplinkos oro tarša matuota bioindikaciniu oro taršos vertinimo metodu. Atliekant tyrimus buvo remtasi gamtos mokslų daktaro E. Bartkevičiaus kimininių biosorbentų ir sėjamųjų pipirnių, kaip bioindikatorių, metodika. Norint palyginti tyrimų rezultatus ir sezoniškumo įtaką aplinkos oro taršai ir jos pasiskirstymui, tyrimai Vilniaus ir Šiaulių miestuose atlikti keturis kartus – visais keturiais metų laikais:

1. Žiemos – 2014 m. sausio 25 d.–2014 m. kovo 5 d.;
2. Pavasario – 2014 m. kovo 22 d.–2014 m. gegužės 1 d.;
3. Vasaros – 2014 m. liepos 22 d.–2014 m. rugpjūčio 30 d.;

4. Rudens – 2014 m. rugsėjo 23 d.–2014 m. lapkričio 1 d.

Pagal metodiką, kaip teršalų pasyvieji sorbentai, naudojami Magelaniniai kiminai, kadangi šie augalai pasižymi itin geromis sorbcinėmis savybėmis. Sorbcines savybes lemia Magelaninių kiminų poringa struktūra. Kiminai gali adsorbuoti į savo poras iki 20 kartų didesnę masę vandens, negu kad sveria patys kiminai.

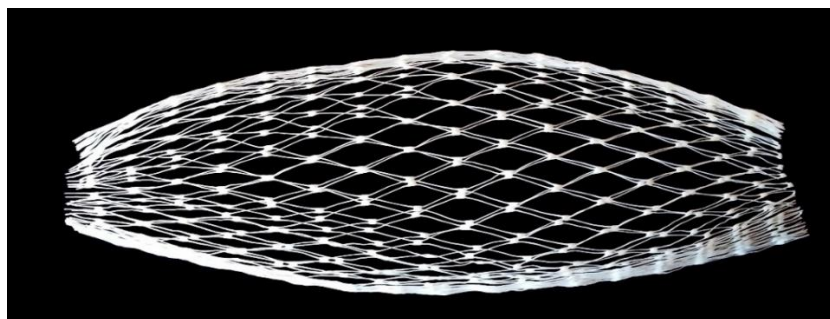
Biosorbentų paruošimas. Kiminai renkami iš santykinai neužterštos teritorijos Kurtuvėnų regioninio parko Vainagių girininkijoje prie Vainagių ežero. Paimti iš pelkės kiminai kruopščiai perenkami ir tris paras plaunami distiliuotu vandeniu. Vanduo keičiamas kas 24 valandas. Per tiek laiko iš kiminų turi pašalinti visi juose esantys teršalai.

Kiminai džiovinami iki pastovios masės. Tuomet kiminai susveriami po $3\pm 0,05$ gramus ir dedami į tinklinius maišelius, kaip pavaizduota 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Kimininių biosorbentų paruošimas (Autorės nuotrauka)

Tinkliniai maišeliai. Tinklinių maišelių (2.2 paveikslas) tarpeliai yra apytiksliai $0,5\pm 0,05$ cm pločio ir $1,5\pm 0,05$ cm ilgio. Viso tinklinio maišelio ilgis apytiksliai yra $17,0\pm 0,5$ cm ilgio ir 10,0 cm pločio. Tarpelių ir viso tinklinio maišelio matmenys kinta priklausomai nuo maišelio užpildymo. Pateikti matmenys į maišelį įdėjus 3 g paruoštų tyrimui kiminų.



2.2 pav. Tinklinis maišelis (Autorės nuotrauka)

Biosorbentų eksponavimas. Taip paruošti biosorbentai iškabinami ant tiriamosiose vietose esančių medžių 150–200 cm aukštyje. Pakabintas biosorbentas pavaizduotas 2.3 paveiksle.

Biosorbentai eksponuojami 40 parų. Biosorbentų ekspozicijos metu, stebimos ir fiksuojamos meteorologinės sąlygos. Kol biosorbentai yra eksponuojami, fiksuojama temperatūra, vėjo greitis ir kryptis, kadangi šie meteorologiniai faktoriai turi įtakos tyrimų rezultatams.



2.3 pav. Eksponuojamas biosorbentas (Autorės nuotrauka)

Po 40 ekspozicijos dienų biosorbentai surenkami, kiekvieną atskirai dedant į polietileninius maišelius su atitinkamais skaičiais, nurodančiais, kokioje vietoje jie buvo eksponuojami.

Mėginių sėjimas ir auginimas. Biosorbentai išdžiovinami. Kiminai iš kiekvieno biosorbento atskirai susmulkinami ir supilami į Petri lėkšteles. Taip paruošiama terpė pipirnių sėjimui ir auginimui. Taip pat kartu analogiškai daromas ir vienas bandomasis mėginys, kuriame, vietoje kiminų, surinktų iš eksponuotų tyrimo vietų, naudojami švarūs susmulkinti kiminai. Į kiekvieną mėginį sėjamos po 25 pipirnės sėklos. Kad rezultatai būtų patikimi, būtina sėklas sėti taisyklingai išdėstant, kad daigai vienas kito augimui neturėtų įtakos. Pasėjus pipirnes, mėginiai sudrėkinami distiliuotu vandeniu (naudojamas kiekis – 25 ml/ mėginiui) ir po to drėkinami pagal poreikį vienodais kiekiais distiliuoto vandens.

Visiems mėginiams privaloma sudaryti vienodas aplinkos sąlygas. Palaikoma 24 °C temperatūra. Petri lėkštelėse esantys mėginiai turi būti uždengti stikliniu dangteliu, iki kol sudygs pipirnių sėklos (sėklos sudygs apytiksliai per vieną parą). Sudygu sėkloms, mėginiai atidengiami. Pagal poreikį drėkinama distiliuotu vandeniu.



2.4 pav. Pipirnių sėjimas (Autorės nuotrauka)

Sudygusioms pipirnės sėkloms reikalingas tinkamas apšvietimas. Būtina, kad apšvietimo sąlygos būtų vienodos, kadangi pipirnės labai jautrios šviesai.



2.5 pav. Sudygusios pipirnės (lot. *Lepidium Savitum*) (5 diena) (Autorės nuotrauka)

Mėginių našumo skaičiavimas. Po 7 parų skaičiuojami mėginių našumai. Nustatomi pipirnės augimo kiminuose rodikliai:

1. Bendras sudygusių sėklų skaičius;
2. Vidutinis pipirnių aukštis (mm) mėginyje;
3. Santykinis pipirnių aukštis (%) mėginyje lyginant su didžiausią našumą parodžiusiu mėginiu.

Norint nustatyti mėginių našumus, pirmiausia, iš kiekvieno mėginio atskirai raunamos pipirnės ir matuojami jų stiebų aukščiai (mm). Aukštis matuojamas nuo stiebo pradžios iki pipirnės lapelių išsišakojimo. Skaičiuojama kiekvieno mėginio bendra stiebų aukščių sumos, vidurkiai. Didžiausias vieno iš visų mėginių vidutinis aukštis prilyginamas 100 %.

Santykinis aukštis h_{s_i} apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę:

$$h_{s_i} = \frac{h_i}{h_{maks}} \cdot 100, \% , \quad (2.1)$$

čia: h_{s_i} – santykinis aukštis, %; h_{maks} – didžiausią našumą parodžiusio mėginio pipirnių vidutinis aukštis, mm; h_i – i -tojo mėginio pipirnių vidutinis aukštis, mm.



2.6 pav. Skirtingas mėginių našumas (Autorės nuotrauka)

Kuo labiau užterštoje teritorijoje yra eksponuojamas kimininis biosorbentas, tuo mažesnis yra pipirnių daigumas. Tokie augimo rodikliai pateikti 2.6 paveiksle. Pagal gautus rezultatus galima spręsti apie tos vietos, kurioje buvo eksponuojamas biosorbentas, kompleksinis oro užterštumas. Kadangi miestuose labai skirtingas oro užterštumas įvairiose vietose, dėl šios priežasties dažniausiai pastebimas labai nevienodas pipirnių daigumas.

Nustatoma užterštumo kategorija pagal aplinkos užterštumo kategorijų lentelę (2.5 lentelė). Užterštumo kategorijos pritaikytos oro miestų oro taršai klasifikuoti, naudojant medžių defoliacijos klasifikaciją pagal Bartkevičiaus miškų monitoringo metodiką. Pagal šią kvalifikaciją, medžiai, netekę iki 10 % spyglių ar lapų, laikomi sveikais, 11–25 % – silpnai pažeistais, 25–50 % – vidutiniškai pažeistais, o daugiau 51 % – stipriai pažeistais. Tuo pačiu principu suskirstytos ir aplinkos oro užterštumo kategorijos, atsižvelgiant į bioindikatoriaus našumą.

2.5 lentelė. Užterštumo kategorijų skalė pagal bioindikatorių našumą (Municipalinė aplinkos tyrimų... 2006)

Bioindikatoriaus našumas, %	Užterštumo kategorijos
91–100	I (santykinai neužteršta)
76–90	II (Mažai užteršta)
51–75	III (Vidutiniškai užteršta)
<50	IV (Stipriai užteršta)

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas pagal 2.5 lentelę, tirtos teritorijos teršalų pasiskirstymą galima pavaizduoti žemėlapyje *Surfer* programa. Tuomet vizualiai matomos vietos, tiriamojoje teritorijoje, kuriose užterštumas yra didžiausias ir mažiausias.

2.4. Atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodika

Atliekant tyrimus bioindikaciniais metodais, aplinkos tarša įvertinama labiau iš kokybinės pusės. Tam, kad įvertinti ir iš kiekybinės galima papildomai naudoti atominės absorbcinės spektrinės analizės metodą. Jį naudojant, rezultatai gaunami tikslesni, nes nustatomos konkrečios teršalų koncentracijos. Tai patogus ir spartus metodas elementų kiekiui nustatyti įvairios kilmės medžiagose (Aleksandro Stulginskio universitetas 2014).

Kadangi kiminai yra geri sunkiųjų metalų adsorbentai, todėl toliau analizuojant bandinius, nustatomi sukaupiti sunkiųjų metalų kiekiai atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodu. Tyrimų vietos pasirinktos daugiausiai prie intensyvaus eismo sankryžų, todėl tolimesniems bandinių tyrimams pasirenkamas sunkusis metalas švinas, kuris iš sunkiųjų metalų labiausiai susijęs su transporto išmetamais teršalais.

Lietuvos keliuose ir šalia jų aptinkama švino, nikelio, chromo, mangano; šalia geležinkelių – cinko, varios ir kitų sunkiųjų metalų (Motuzas *et al* 2001). Sunkusis metalas švinas yra būdingas pakelių teršalas, išsiskiriantis automobilių transporto eksploatacijos metu (Jankaitė and Vasarevičius 2007).

Atominė absorbcinė spektroskopija iš esmės yra naudojama metalų koncentracijai nustatyti. Metodus, palyginti su kitais metodais, yra jautres. Liepsnai sudaryti naudojamos skirtingos dujos, pvz. propano ir butano arba acetileno dujos. Naudojant acetileno dujas, galima nustatyti daugiau metalų, nes pasiekama aukštesnė liepsnos temperatūra. Oksidarotiumi galima naudoti orą, deguonį arba azoto suboksido dujas. Naudojant deguonį yra pasiekama aukštesnė liepsnos temperatūra negu naudojant orą (Paliulis 2004).

Išskiriamos šios mėginio analizės stadijos:

1. Mėginyje esančių metalų ištirpinimas;
2. Analizuojamo tirpalo įsiurbimas į liepsną;
3. Metalų atomizavimas liepsnoje (gaunami laisvi metalų atomai);
4. Šviesos absorbcijos matavimas;
5. Metalų koncentracijos nustatymas (Paliulis 2004).

Susidarę laisvi tiriamųjų elementų atomai absorbuoja charakteringus šviesos bangos ilgius. Elemento kiekis bandinyje nustatomas pagal absorbcijos reikšmės dydį.

Kiekvienam metalui reikia parinkti jam tinkamas analizės sąlygas:

1. Parinkti bangos ilgį;
2. Parinkti plyšio plotį;
3. Parinkti liepsnai sudaryti naudojamas dujas (Paliulis 2004).

Siekiant nustatyti sukaupto sunkiojo metalo švino bendrąsias koncentracijas eksponuotuose kiminuose, prieš tai išdžiovinti kiminai iki pastovios masės krosnyje, mineralizuojami mineralizatoriuje.

Švino koncentracija mėginių tirpaluose analizuojama liepsnos metodu atominiu absorbciniu spektrofotometru AAS-1N. Gauti rezultatai perskaičiuojami mėginio masės kiekiui mg/kg.

2.5. Eksperimentiniai tyrimai į pipirnių augimo terpę įmaišant skirtingas koncentracijas švino

Kimininiai biosorbentai buvo eksponuojami vietose, kur galimai būna padidėjusi oro tarša, pavyzdžiui, prie didžiausių miesto sankryžų ir šalia kelių su didžiausiu vidutiniu paros eismo intensyvumu ar individualių gyvenamųjų namų mikrorajonuose, kur aplinkos oro tarša padidėja patalpų šildymo sezonu. Pagrindinis teršalų šaltinis, turintis daugiausiai įtakos visais metų laikais, aplinkos oro kokybei, šiuo atveju, yra autotransportas.

Atlikus kompleksinės oro taršos tyrimus bioindikaciniu metodu ir nustačius sukaupus švino kiekius eksponuotuose kiminuose, tam, kad nustatyti realias pipirnių reakcijas į daugiausiai išmetamą iš autotransporto sektoriaus į aplinkos orą sunkųjį metalą – šviną (Pb), atliekami eksperimentiniai tyrimai. Sunkiojo metalo koncentracijos buvo įterpiamos į pipirnių augimo terpę tirpalų pavidalu laistant. Kaip augimo terpę sėjamosioms pipirnėms naudojami susmulkinti kiminai,

kaip ir oro taršos tyrimo atveju. Šio eksperimento metu buvo matuojami sėjamųjų pipirnių daigų svoriai, stiebų aukščiai, šaknų ilgiai, skaičiuojamas bendras daigumas, po to nustatinėjamos priklausomybės tarp šių rodiklių ir švino kiekio bandinyje.

Pipirnių augimo terpės paruošimas. Kiminai naudojami tie patys, kaip ir oro taršos tyrimams. Išplauti distiliuotu vandeniu kiminai, išdžiovinami iki pastovios masės. Kiminai susveriami po 2 gramus, susmulkinami ir dedami į Petri lėkšteles.

Pipirnių sėjimas ir auginimas. Į paruoštas augimo terpes sėjamos po 25 pipirinės sėklos taisyklingai išdėstant. Mėginiai drėkinami vienodais kiekiais distiliuoto vandens ir tam tikru kiekiu metalo tirpalu. Pradžiai atliekamas kontrolinis bandymas, po to pagal gautus rezultatus nusistatomos koncentracijos tolimesniems eksperimentiniams tyrimams

Švino tirpalų koncentracijų pasirinkimas. Pirmajam bandymui pasirenkamos tokios švino tirpalų koncentracijos, kad nustatyti slenkstinius dydžius tarp švino kiekio ir pipirnių daigumo mėginyje. Antrajam bandymui pasirenkamos tokios švino tirpalų koncentracijos, kurios yra artimos atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodu nustatytiems sukauptiems švino kiekiams eksponuotuose kimininiuose biosorbentuose. Dėl šios priežasties švino koncentracijos tirpaluose pasirenkamos nuo 1 iki 5 mg/l. Siekiant, kad bandymo rezultatai apimtų didesnę reikšmių intervalą, didinamos švino tirpalų koncentracijos nuo 5 mg/l ir mažinamos nuo 1 mg/l. Remiantis pirmojo eksperimento rezultatais, nustatoma antrajam eksperimentui riba, iki kurios didinamos švino tirpalų koncentracijos, t.y. iki 50 mg/l, nes tuomet pipirnių daigumas yra mažiausias.

Tirpalų pipirnių laistymui paruošimas. Tirpalams su skirtingomis švino koncentracijomis paruošti, naudojamas standartinis švino tirpalas, kurio koncentracija 1000 mg/l. Atitinkamai skiedžiant šį standartinį tirpalą distiliuotu vandeniu, gaunamos reikiamos koncentracijos pipirnių augimo terpių drėkinimui. Toliau pateikiamos švino koncentracijos, naudojamos eksperimentiniams tyrimams:

1. Pirmojo bandymo švino tirpalų koncentracijos:

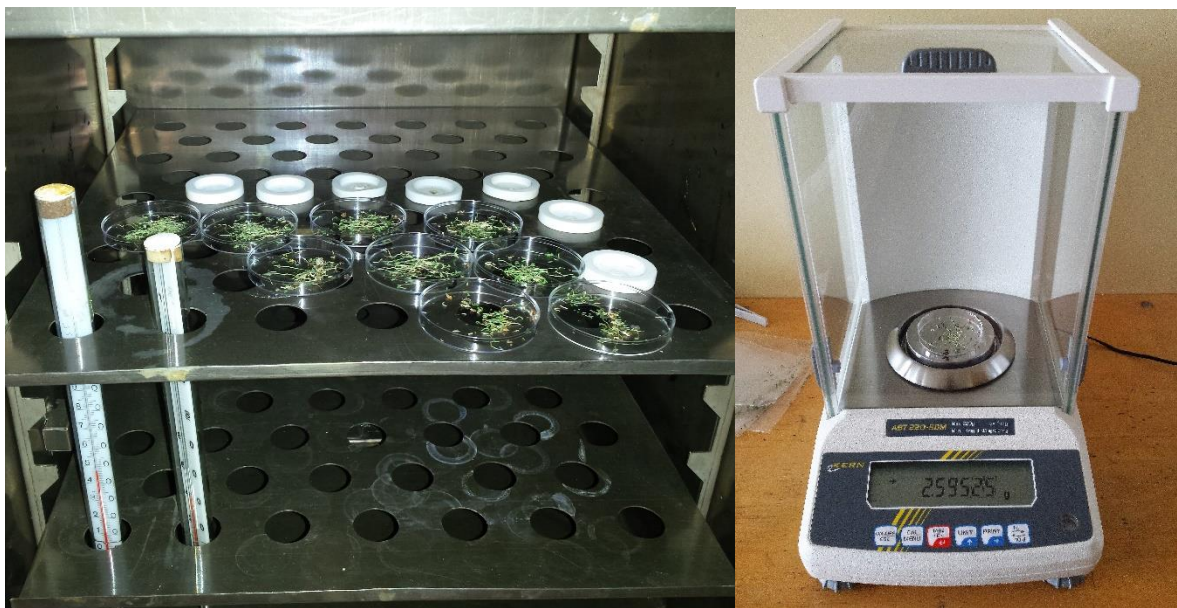
- | | |
|------------|--------------|
| a. 0 mg/l; | c. 50mg/l; |
| b. 1 mg/l; | d. 100 mg/l. |

2. Antrojo bandymo švino tirpalų koncentracijos:

- | | |
|----------------|-------------|
| a. 0,001 mg/l; | h. 5 mg/l; |
| b. 0,01 mg/l; | i. 10 mg/l; |
| c. 0,5 mg/l; | j. 20mg/l; |
| d. 1 mg/l; | k. 30 mg/l; |
| e. 2 mg/l; | l. 40 mg/l; |
| f. 3 mg/l; | m. 50 mg/l. |
| g. 4 mg/l; | |

Kontrolėi vienas mėginys pasėjamas pipirnėmis švarioje, sunkiuoju metalu neužterštoje augimo terpėje, ir auginimo metu mėginys drėkinamas tik distiliuotu vandeniu. Siekiant, kuo tikslesnių rezultatų, pipirnių sėklos atrenkamos vizualiniu būdu, kad būtų kuo panašesnės – vienodo dydžio, spalvos, jos taip pat turi būti nepažeistos.

Tiek kontroliniai, tiek bandomieji mėginiai auginami vienodomis sąlygomis – esant vienodai temperatūrai bei apšvietimui, drėkinama vienodu kiekiu tirpalais ir tuo pačiu metu. Po 7 parų auginimo, nustatomi pipirnių augimo kiminuose rodikliai.



2.7 pav. Pipirnių džiovinimas (kairėje) ir svėrimas (dešinėje) (Autorės nuotrauka)

Stiebų aukščiai matuojami, kaip ir bioindikacinio oro taršos vertinimo metu, šaknų ilgiai matuojami nuo šaknų galo iki stiebo pradžios. Norint nustatyti tikslų mėginyje sudygusių pipirnių daigų svorį, pirmiausiai pipirnės išdžiovinamos iki pastovios masės krosnyje. Krosnyje sėjamųjų pipirnių daigai džiovinami 40 min esant 50 °C temperatūrai. Po to sveriamos svarstyklėmis, kurių paklaida yra $\pm 10^{-4}$ g.

Pagal atliktus matavimus, nustatomos priklausomybės tarp teršalų koncentracijos pipirnių augimo terpėje ir pipirnių daigumo bei augimo kiminuose rodiklių. Nustatomos priklausomybės nuo pipirnių stiebų aukščių, šaknų ilgių, svorio, bendro vaizdų (vizualinių) pakitimų.

3. TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ ANALIZĖ

3.1. Įvadas

Šiame skyriuje aptariami ir analizuojami atliktų tyrimų ir eksperimentų rezultatai. Pirmiausiai buvo atlikti oro taršos tyrimai bioindikaciniu metodu, naudojant sėjamąją pipirnę. Gavus tyrimų rezultatus, pasirinktinai 16 mėginių buvo nustatytas ekspozicijos metu sukauptas švino kiekis kiminuose atominiu adsorbciniu spekrometriniu metodu. Buvo pasirinkta po 4 mėginius iš kiekvienos ekspozicijos, kurie buvo priskirti skirtingoms užterštumo kategorijoms.

Toliau pateikiami atliktų eksperimentinių tyrimų su sėjamąja pipirne rezultatai. Eksperimentų metu buvo stebimi pipirnių augimo rodikliai, kai į jų augimo terpę buvo įterpiami skirtingi švino kiekiai. Buvo nustatinėjamos priklausomybės tarp švino koncentracijos ir tarp pipirnių daigumo, vidutinio stiebų aukščio, šaknų ilgio bei daigų masės mėginyje.

3.2. Kompleksinės oro taršos tyrimų rezultatai ir analizė

Oro taršos tyrimai bioindikaciniu metodu, naudojant magelaninius kiminus ir sėjamąsias pipirnes, atlikti Vilniuje ir Šiauliuose tiriamosiose vietose eksponuojant kiminus po 40 parų. Nustatyti oro taršos padidėjimai bioindikaciniu metodu visais 4 sezonais ir nustatytos priklausomybės tarp pipirnių daigumo eksponuotuose kiminuose ir sukaupto švino kiekio.

3.2.1. Žiemos sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai

Vilniaus miesto tyrimo rezultatai

Pirmojo tyrimo laikotarpio rezultatai Vilniaus miesto teritorijoje pateikiami 3.1 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 35 mėginio (Dvaro g. 51), kuris buvo eksponuotas Verkių regioniniame parke. Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bioindikatorių santykiniai vidutiniai aukščiai, %. Tuomet pagal 2.5 lentelę nustatomos užterštumo kategorijos procentais.

3.1 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste pirmuoju laikotarpiu

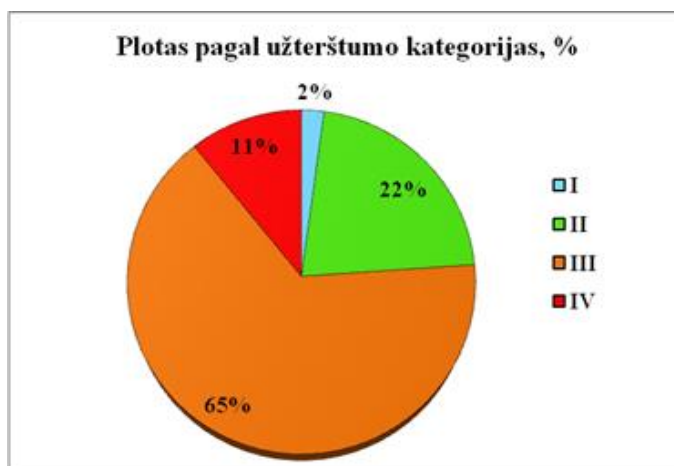
Eil. Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Dvarčionių g. 2	22	498	23	65	III
2	Pupojų ir Juodvarnių g. sankryža	24	575	24	68	III
3	Saulėtekio al. 19	23	423	18	53	III
4	Šatrijos raganos g. 10 B	23	370	16	46	IV
5	Antakalnio g. 124	25	539	22	62	III

3.1 lentelės tęsinys						
6	Antakalnio g. 59	24	463	19	55	III
7	Antakalnio g. 1	23	509	22	63	III
8	Olandų g. 57	23	581	25	72	III
9	Belmonto parkas	24	537	22	64	III
10	Šventragio g. 1	22	516	23	67	III
11	Didžioji g. 31	22	556	25	72	III
12	Geležinkelio g. 12	23	498	22	62	III
13	Pelsos g. 10 A	22	427	19	56	III
14	Dariaus ir Girėno, Tūkstantmečio ir Žirnių g. žiedas	22	584	27	76	II
15	Dariaus ir Girėno g. 77	23	664	29	82	II
16	Laisvės pr. 2	24	758	32	90	II
17	Vilkpėdės g. 20	25	727	29	83	II
18	Žemaitės g. 28	24	598	25	71	III
19	J. Basanavičiaus g. 41	24	563	23	67	III
20	N. Riovonių g. 10	24	570	24	68	III
21	M. K. Čiurliono g. 88 A	22	501	23	65	III
22	M. K. Čiurliono g. 100	23	423	18	53	III
23	Konstitucijos, Geležinio Vilko g. ir Narbuto g. žiedas	19	320	17	49	IV
24	Bitėnų g. 5	24	497	21	59	III
25	Laisvės pr. 58	17	289	17	49	IV
26	Architektų g. 59.	23	428	19	53	III
27	Rygos g. 2	22	410	19	53	III
28	Ukmergės g. 50	24	421	18	50	III
29	Baltupio g. 14	23	500	22	62	III
30	Baltupio g. 49	25	614	25	70	III
31	Ozo g. 25	25	759	30	87	II
32	Ozo g. 18	25	707	28	81	II
33	Ozo g. 10 A	25	675	27	77	II
34	Kalvarijų g. 121	18	417	23	66	III
35	Dvaro g. 51	25	842	34	100	I
36	Gariūnų g. 70	25	646	26	74	II
37	Paneriškių ir Jočionių g. Sankryža	25	709	28	81	II
38	Pirklių g. 9	22	543	25	71	III
39	Rasų g. 33	24	683	28	81	II
40	Liepkalnio g. 67	25	535	21	61	III
41	Salininkų žiedas	21	402	19	55	III
42	Pergalės g. 24.	23	549	24	68	III
43	S. Batoro g. 43 A	25	744	30	85	II
44	Žarijų g. 14.	23	586	25	73	III

3.1 lentelės tęsinys						
45	Titnago g. 1	25	579	23	66	III
46	Naugarduko 96	23	645	28	80	II

Labiausiai užterštos vietos atlikus tyrimus žiemos laikotarpiu nustatytos tyrimo vietose, kurių numeriai yra 4, 13, 25, 28. Biosorbentas Nr. 4 buvo eksponuojamas individualių gyvenamųjų namų rajone. Tarša toje vietoje galėjo padidėti dėl intensyvaus individualių gyvenamųjų namų šildymo šaltuoju metų laiku. Nr. 23, 25, 28 biosorbentai buvo eksponuojami vietose prie sankryžų, kur yra itin didelis eismo intensyvumas, todėl tikimiausia, kad tose pasirinktose vietose oro taršos padidėjimą lėmė transporto sukeliamą taršą.

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.1 paveiksle. Šioje skritulinėje diagramoje matyti, kokia užterštumo kategorija, kokią dalį užima viso bendro tiriamojo ploto.



3.1 pav. Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas pirmuoju laikotarpiu

Iš visų tirtųjų mėginių, tik vienas mėginys, kuris buvo prilygintas 100 % našumui, priskiriamas I užterštumo kategorijai – santykinai neužterštai. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 10 mėginių, tai sudaro 22 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta daugiausia mėginių – 30 ir tai sudaro 65 % visų tirtųjų mėginių žiemos tyrimo laikotarpiu ir, galiausiai, IV kategorijos (stipriai užterštos) plotas sudarė 11 % viso tiriamojo ploto, tai yra buvo nustatyti 5 mėginiai.

Šiaulių miesto tyrimo rezultatai

Šiaulių miesto pirmojo tyrimo laikotarpio (žiemos) rezultatai pateikiami 3.2 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje 3.2, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 43 bandinio (Žemaitės g.71). Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bandinių vidutiniai aukščiai, %. Tuomet pagal 2.7 lentelę nustatomos užterštumo kategorijos.

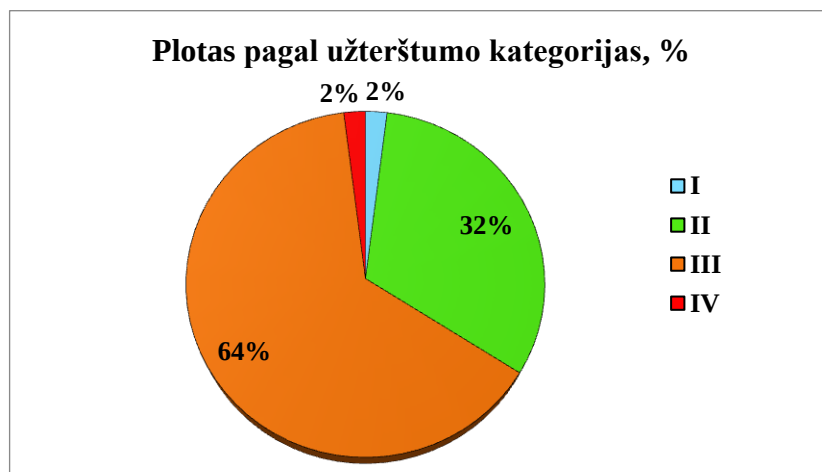
Pagal duomenis pateiktus 3.2 lentelėje, matyti, jog labiausiai užterštas aplinkos oras yra biosorbento, eksponuoto tyrimo vietoje Nr. 14. Šis biosorbentas buvo eksponuotas centrinėje miesto dalyje, kurioje yra gana didelis eismo intensyvumas ir nepalankios sąlygos sklaidytis teršalams dėl užstatymo pastatais. Kitų tyrimo vietų, kuriose eksponuoti biosorbentai parodė didžiausią taršą, numeriai yra 4, 13, 20 ir 35. Šios vietos yra gyvenamosiose zonose, kurios yra tankiai apstatytos aukštais pastatais. Taigi, iš to galima spręsti, kad oro taršos padidėjimui tam tikrose vietose šiuo tyrimo laikotarpiu daugiausiai įtakos turėjo transporto sukeliama tarša, individualių namų šildymas ir nepalankios sąlygos sklaidytis teršalams dėl užstatymo.

3.2 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste pirmuoju laikotarpiu

Eil.Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis,%	Užterštumo zona
1	Gegužių g. 85	24	793	33	79	II
2	K.Korsako g. 22	24	784	33	78	II
3	Kviečių g. 7	25	821	33	78	II
4	K.Korsako g. 6	25	834	33	79	II
5	Dainų g. 28	22	701	32	76	II
6	Dainų g. 11	24	822	34	82	II
7	Dainų g. 31	22	825	38	89	II
8	Gardino g. 4	23	710	31	73	III
9	Tilžės g. 41	25	744	30	71	III
10	Tiesos g. 1	25	818	33	78	II
11	Statybininkų g. 7	23	696	30	72	III
12	Saulės takas 7	22	708	32	77	II
13	Dariaus ir Girėno g. 22	25	1045	42	100	I
14	V.Grinkevičiaus g. 22	20	477	24	57	III
15	Gegužių g. 37	24	605	25	60	III
16	Žaliūkių g. 76	24	685	29	68	III
17	Pramonės g. 2	25	757	30	72	III
18	Pagėgių g. 46	25	861	34	82	II
19	Tilžės g. 85	25	771	31	73	III
20	Pramonės g. 15A	25	771	31	73	III
21	Pramonės g. 67	24	836	35	83	II
22	Pabalių g. 63	23	850	37	88	II
23	Radviliškio g. 86	25	767	31	73	III
24	Radviliškio g. 66	22	807	37	87	II
25	Vyšnių g. 19	25	683	27	65	III
26	Vilniaus g. 38d	25	628	25	60	III
27	Žuvininkų g. 10	22	796	36	86	II
28	K.Kalinausko g. 19	24	754	31	75	III
29	Dubijos g. 57	25	713	29	68	III

3.2 lentelės tęsinys						
30	Ežero g. 6a	24	745	31	74	III
31	S.Šalkauskio g.3	25	883	35	84	II
32	Ežero g.70	22	693	32	75	III
33	Rūdės g. 6	25	885	35	84	II
34	Tilžės g. 137	25	775	31	74	III
35	A.Mickevičiaus g. 9	24	733	31	73	III
36	P.Cvirkos g. 60	22	685	31	74	III
37	Žemaitės g. 2	25	782	31	74	III
38	Vytauto g. 132	22	679	31	73	III
39	Vytauto g. 235	25	773	31	74	III
40	Vilniaus g. 297	24	746	31	74	III
41	M.Valančiaus g.31a	19	393	21	49	IV
42	S.Daukanto g.71	25	780	31	74	III
43	Žemaitės g.71	25	743	30	71	III
44	Dvaro g. 129	25	750	30	71	III
45	Smėlio g. 2	25	750	30	71	III
46	Tilžės g. 248	24	749	31	74	III
47	Spindulio g.7	25	761	30	72	III
48	J.Basanavičiaus g. 92	25	782	31	74	III
49	Birutės g. 40	22	579	26	63	III
50	V.Bielskio g. 59	24	595	25	59	III

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.2 paveiksle.



3.2 pav. Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas pirmuoju laikotarpiu

Iš visų tirtųjų mėginių, tik vienas mėginys priskiriamas I užterštumo kategorijai – santykinai neužterštai. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 16 mėginių, tai sudaro 32 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta didžiausia dalis mėginių, išviso buvo nustatyti 32 mėginiai ir tai sudaro 64 % viso tirtojo ploto. IV kategorijos (stipriai užterštos) plotas sudarė 2 % viso tiriamojo ploto, tai yra buvo nustatytas 1 mėginys.

3.2.2. Pavasario sezono tyrimo su sėjama pipirne rezultatai

Vilniaus miesto tyrimo rezultatai

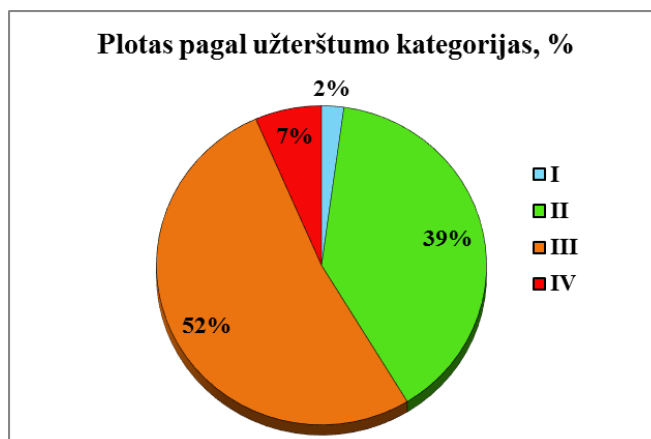
Antrojo tyrimo laikotarpio, kuris buvo prasidėjęs nuo 2014 metų kovo 22 dienos ir truko iki balandžio 30 d., rezultatai Vilniaus miesto teritorijoje pateikiami 3.3 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 35 mėginio (Dvaro g. 51), kuris buvo eksponuotas Verkių regioniniame parke. Ši reikšmė prilyginama 100%. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bandinių santykiniai vidutiniai aukščiai, %. Labiausiai užterštos vietos atlikus tyrimus nustatytos tyrimo vietose, kurių numeriai yra 10, 11, 23. Biosorbentai Nr. 10 ir 11 buvo eksponuojami miesto centre, kur yra gana intensyvus eismas ir nepalankios sąlygos sklaidytis teršalams. Biosorbentas Nr. 23 buvo eksponuojamas prie vieno iš intensyviausių Vilniaus miesto autotransporto žiedų. Pagal gautus rezultatus galima spręsti, kad oro taršos padidėjimą šiuo laikotarpiu pasirinktose vietose labiausiai lėmė transporto sukeliama tarša.

3.3 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste antruoju laikotarpiu

Eil. Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Dvarčionių g. 2	22	630	29	64	III
2	Pupojų ir Juodvarnių g. sankryža	24	725	30	67	III
3	Saulėtekio al. 19	24	649	27	60	III
4	Šatrijos raganos g. 10 B	24	831	35	77	II
5	Antakalnio g. 124	25	627	25	56	III
6	Antakalnio g. 59	25	588	24	52	III
7	Antakalnio g. 1	25	669	27	59	III
8	Olandų g. 57	24	759	32	70	III
9	Belmonto parkas	23	837	36	81	II
10	Šventragio g. 1	22	460	21	46	IV
11	Didžioji g. 31	22	495	23	50	IV
12	Geležinkelio g. 12	25	808	32	72	III
13	Pelsos g. 10 A	25	828	33	74	III
14	Dariaus ir Girėno, Tūkstantmečio ir Žirnių g. žiedas	25	681	27	61	III
15	Dariaus ir Girėno g. 77	24	617	26	57	III
16	Laisvės pr. 2	24	917	38	85	II
17	Vilkipėdės g. 20	24	780	33	72	III
18	Žemaitės g. 28	23	804	35	78	II
19	J. Basanavičiaus g. 41	23	766	33	74	III
20	N. Riononių g. 10	25	794	32	71	III

3.3 lentelės tęsinys						
21	M. K. Čiurliono g. 88 A	22	500	23	51	III
22	M. K. Čiurliono g. 100	23	547	24	53	III
23	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	24	454	19	42	IV
24	Bitėnų g. 5	23	904	39	87	II
25	Laisvės pr. 58	23	727	32	70	III
26	Architektų g. 59.	23	888	39	86	II
27	Rygos g. 2	20	748	37	83	II
28	Ukmergės g. 50	24	732	31	68	III
29	Baltupio g. 14	22	861	39	87	II
30	Baltupio g. 49	23	868	38	84	II
31	Ozo g. 25	22	856	39	86	II
32	Ozo g. 18	24	943	39	87	II
33	Ozo g. 10 A	25	937	37	83	II
34	Kalvarijų g. 121	23	752	33	73	III
35	Dvaro g. 51	25	1190	48	100	I
36	Gariūnų g. 70	24	765	32	71	III
37	Paneriškių g. ir Jočionių g. Sankryža	23	843	37	81	II
38	Pirklių g. 9	23	801	35	77	II
39	Rasų g. 33	22	730	33	74	III
40	Liepkalnio g. 67	23	817	36	79	II
41	Salininkų žiedas	25	931	37	83	II
42	Pergalės g. 24.	25	909	36	81	II
43	S. Batoro g. 43 A	21	731	35	77	II
44	Žarijų g. 14.	24	699	29	65	III
45	Titnago g. 1	24	714	30	66	III
46	Naugarduko 96	25	749	30	67	III

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.3 paveiksle.



3.3 pav. Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas antruoju laikotarpiu

Šioje skritulinėje diagramoje matyti, kokią dalį viso tiriamojo ploto, užima tam tikra užterštumo kategorija antruoju tyrimo laikotarpiu Vilniaus mieste. Iš visų tirtųjų mėginių, tik vienas mėginys, kuris buvo prilygintas 100 % našumo mėginiui, priskiriamas I užterštumo kategorijai (santykinai neužterštai). II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 18 mėginių, tai yra 39 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta šiek tiek daugiau nei pusė tirtųjų mėginių – 24 vienetai ir tai sudaro 52 % visų mėginių. IV kategorijos (stipriai užterštos) plotas sudaro 7 % viso tiriamojo ploto, t.y. nustatyti 3 mėginiai.

Šiaulių miesto tyrimo rezultatai

Antrojo tyrimo rezultatai pateikiami 3.4 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje 3.4, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 13 bandinio (Dariaus ir Girėno g. 22). Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bioindikatorių vidutiniai aukščiai, %.

Pagal duomenis pateiktus 3.4 lentelėje, matyti, jog didžiausia oro tarša yra tyrimo vietose Nr. 14, 15, 26, 41 ir 50. Visi šie biosorbentai buvo eksponuoti vietose, kuriose yra padidėjęs eismo intensyvumas, todėl galima spręsti, kad Šiaulių mieste, kaip ir Vilniuje oro taršos padidėjimui šiuo laikotarpiu tam tikrose zonose didžiausią įtaką turėjo transporto sukeliama tarša.

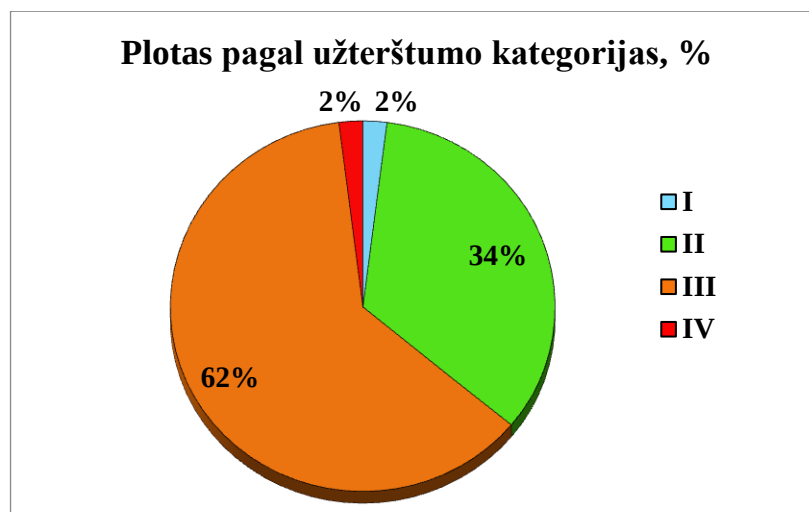
3.4 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste antruoju laikotarpiu

Eil.Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Gegužių g. 85	24	793	33	79	II
2	K.Korsako g. 22	24	784	33	78	II
3	Kviečių g. 7	25	821	33	78	II
4	K.Korsako g. 6	25	834	33	79	II
5	Dainų g. 28	22	701	32	76	II
6	Dainų g. 11	24	822	34	82	II
7	Dainų g. 31	22	825	38	89	II
8	Gardino g. 4	23	710	31	73	III
9	Tilžės g. 41	25	744	30	71	III
10	Tiesos g. 1	25	818	33	78	II
11	Statybininkų g. 7	23	696	30	72	III
12	Saulės takas 7	22	708	32	77	II
13	Dariaus ir Girėno g. 22	25	1045	42	100	I
14	V.Grinkevičiaus g. 22	20	477	24	57	III
15	Gegužių g. 37	24	605	25	60	III
16	Žaliūkių g. 76	24	685	29	68	III
17	Pramonės g. 2	25	757	30	72	III
18	Pagėgių g. 46	25	861	34	82	II

3.4 lentelės tęsinys						
19	Tilžės g. 85	25	771	31	73	III
20	Pramonės g. 15A	25	771	31	73	III
21	Pramonės g. 67	24	836	35	83	II
22	Pabalių g. 63	23	850	37	88	II
23	Radviliškio g. 86	25	767	31	73	III
24	Radviliškio g. 66	22	807	37	87	II
25	Vyšnių g. 19	25	683	27	65	III
26	Vilniaus g. 38d	25	628	25	60	III
27	Žuvininkų g. 10	22	796	36	86	II
28	K.Kalinausko g. 19	24	760	32	76	II
29	Dubijos g. 57	25	713	29	68	III
30	Ežero g. 6a	24	745	31	74	III
31	S.Šalkauskio g. 3	25	883	35	84	II
32	Ežero g. 70	22	693	32	75	III
33	Rūdės g. 6	25	885	35	84	II
34	Tilžės g. 137	25	775	31	74	III
35	A.Mickevičiaus g. 9	24	733	31	73	III
36	P.Cvirkos g. 60	22	685	31	74	III
37	Žemaitės g. 2	25	782	31	74	III
38	Vytauto g. 132	22	679	31	73	III
39	Vytauto g. 235	25	773	31	74	III
40	Vilniaus g. 297	24	746	31	74	III
41	M.Valančiaus g. 31a	19	393	21	49	IV
42	S.Daukanto g. 71	25	780	31	74	III
43	Žemaitės g. 71	25	743	30	71	III
44	Dvaro g. 129	25	750	30	71	III
45	Smėlio g. 2	25	750	30	71	III
46	Tilžės g. 248	24	749	31	74	III
47	Spindulio g. 7	25	761	30	72	III
48	J.Basanavičiaus g. 92	25	782	31	74	III
49	Birutės g. 40	22	579	26	63	III
50	V.Bielskio g. 59	24	595	25	59	III

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.4 paveiksle. Iš visų tirtųjų mėginių, nustatytas tik vienas mėginys, kuris ir buvo prilygintas 100 % našumo mėginiui, priskiriamas I užterštumo kategorijai (santykinai neužterštai).

Kaip ir pirmojo bandymo laikotarpiu, II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 16 mėginių, tai sudaro 32 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta didžiausia dalis mėginių – 32 vienetai ir tai sudaro 64 % viso tirtų ploto. IV užterštumo kategorijai (stipriai užterštos) priskirtas vienas mėginys ir užima tokią pačią viso tiriamojo ploto dalį kaip ir I kategorija – 2 %.



3.4 pav. Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas antruoju laikotarpiu

Pagal nustatytas užterštumo kategorijų dalis visame tiriamame plote, oro tarša Šiauliuose antruoju laikotarpiu mažesnė nei pirmuoju. Iš visų tirtųjų mėginių, vienas mėginys priskiriamas I užterštumo kategorijai – santykinai neužterštai. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 17 mėginių (34 % viso tiriamojo ploto), III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirtas 31 mėginys (62 % viso tiriamojo ploto). IV kategorijai (stipriai užterštos) priskirtas 1 mėginys (2 % viso tiriamojo ploto).

3.2.3. Vasaros sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai

Vilniaus miesto oro taršos tyrimų rezultatai

Trečiojo tyrimo laikotarpio rezultatai Vilniaus miesto teritorijoje pateikiami 3.5 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 35 mėginio (Dvaro g. 51), kuris buvo eksponuotas Verkių regioniniame parke. Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bioindikatorių santykiniai vidutiniai aukščiai, %.

Labiausiai užterštos vietos atlikus tyrimus nustatytos tyrimo vietose, kurių numeriai yra 10, 11, 23. Biosorbentai Nr. 10 ir 11 buvo eksponuojami miesto centre, kur yra gana intensyvus eismas ir nepalankios sąlygos sklaidytis teršalams. Biosorbentas Nr. 23 buvo eksponuojamas vietoje prie vieno iš intensyviausių Vilniaus miesto žiedų. Pagal gautus rezultatus galima spręsti, kad oro taršos padidėjimą šiuo laikotarpiu pasirinktose vietose labiausiai lėmė transporto sukeliama tarša.

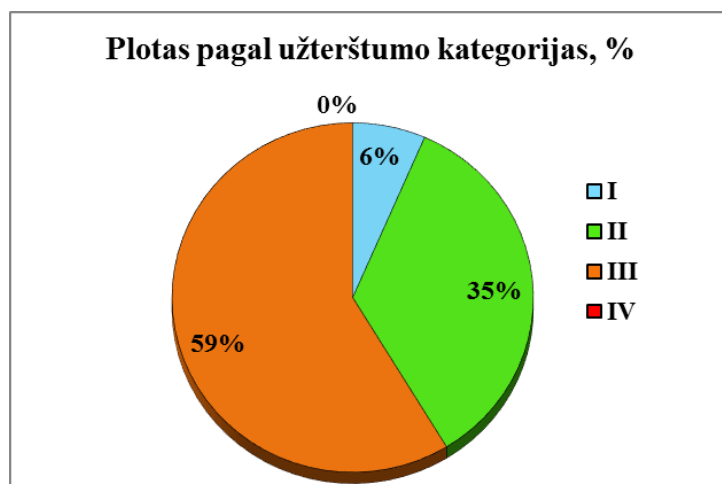
3.5 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste trečiuoju laikotarpiu

Eil. Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Dvarčionių g. 2	24	636	27	60	III
2	Pupojų ir Juodvarnių g. sankryža	24	725	30	69	III

3.5 lentelės tęsinys						
3	Saulėtekio al. 19	24	801	33	76	II
4	Šatrijos raganos g. 10 B	24	835	35	79	II
5	Antakalnio g. 124	25	768	31	70	III
6	Antakalnio g. 59	25	743	30	68	III
7	Antakalnio g. 1	23	679	30	67	III
8	Olandų g. 57	24	824	34	78	II
9	Belmonto parkas	25	755	30	69	III
10	Šventragio g. 1	24	750	31	71	III
11	Didžioji g. 31	24	779	32	74	III
12	Geležinkelio g. 12	25	689	28	63	III
13	Pelsos g. 10 A	24	645	27	61	III
14	Dariaus ir Girėno g., Tūkstantmečio g. ir Žirnių g. žiedas	24	697	29	66	III
15	Dariaus ir Girėno g. 77	23	631	27	62	III
16	Laisvės pr. 2	24	879	37	83	II
17	Vilkpėdės g. 20	24	803	33	76	II
18	Žemaitės g. 28	24	860	36	81	II
19	J. Basanavičiaus g. 41	23	752	33	74	III
20	N. Riovonių g. 10	25	780	31	71	III
21	M. K. Čiurliono g. 88 A	23	643	28	64	III
22	M. K. Čiurliono g. 100	22	690	31	71	III
23	Konstitucijos g., Geležinio Vilko g. ir Narbuto g. Žiedas	25	642	26	55	III
24	Bitėnų g. 5	24	899	37	85	II
25	Laisvės pr. 58	25	653	26	58	III
26	Architektų g. 59.	24	909	38	86	II
27	Rygos g. 2	23	670	29	66	III
28	Ukmergės g. 50	23	700	30	69	III
29	Baltupio g. 14	22	711	32	73	III
30	Baltupio g. 49	23	768	33	76	II
31	Ozo g. 25	23	836	36	83	II
32	Ozo g. 18	23	893	39	88	II
33	Ozo g. 10 A	24	913	38	86	II
34	Kalvarijų g. 121	23	789	34	78	II
35	Dvaro g. 51	25	1168	47	100	I
36	Gariūnų g. 70	25	989	40	90	II
37	Paneriškių ir Jočionių g. sankryža	23	899	39	89	II
38	Pirklių g. 9	24	993	41	94	I
39	Rasų g. 33	23	971	42	96	I
40	Liepkalnio g. 67	22	716	33	74	III
41	Salininkų žiedas	25	900	36	82	II

3.5 lentelės tęsinys						
42	Pergalės g. 24.	25	659	26	60	III
43	S. Batoro g. 43 A	24	623	26	59	III
44	Žarijų g. 14.	24	715	30	68	III
45	Titnago g. 1	24	734	31	70	III
46	Naugarduko 96	24	762	32	72	III

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.5 paveiksle. Diagramoje matyti, kokia kategorija, kokią dalį užima viso bendro tiriamojo ploto.



3.5 pav. Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas trečiuoju laikotarpiu

Iš visų tirtųjų mėginių, trys mėginiai priskiriami I užterštumo kategorijai (santykinai neužterštai) ir tai sudaro 6 % visų tirtųjų mėginių. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 16 mėginių ir tai sudaro 35 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta daugiau nei pusė tirtųjų mėginių – 27 ir tai sudaro 52 % iš visų mėginių ir IV kategorijos (stipriai užterštos) mėginių nebuvo nustatyta. Tokiems rezultatams daugiausiai įtakos turi tai, kad vasaros sezono metu eismo intensyvumas ženkliai sumažėja ypač studentų ir moksleivių atostogų metu.

Šiaulių miesto oro taršos tyrimų rezultatai

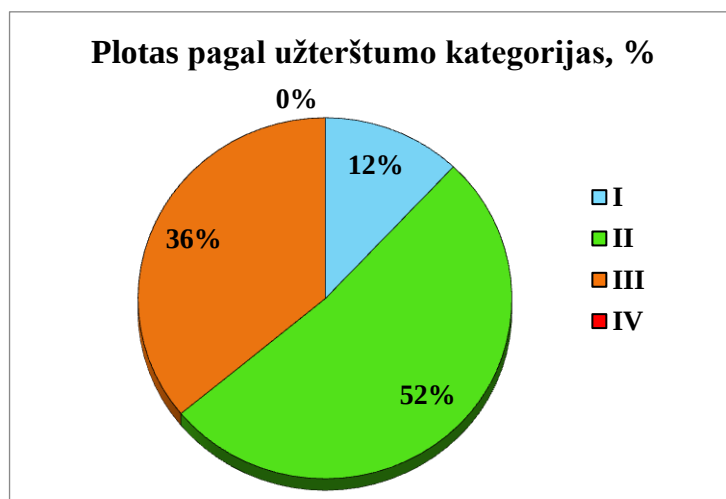
Trečiojo tyrimo laikotarpio rezultatai pateikiami 3.6 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje 3.6, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 23 bandinio (Radviliškio g. 86). Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio mėginio reikšmę skaičiuojami visų kitų likusių mėginių vidutiniai santykiniai aukščiai, %. Pagal duomenis pateiktus 3.6 lentelėje, matyti, jog didžiausia oro tarša yra tyrimo vietose Nr. 15, 26, 29, 34 ir 40. Visi šie biosorbentai buvo eksponuoti vietose šalia pagrindinių miesto gatvių, kuriose yra didžiausias eismo intensyvumas, todėl pagal tai galima spręsti, kad Šiaulių mieste, kaip ir Vilniuje oro taršos padidėjimui tam tikrose zonose didžiausią įtaką vasaros tyrimo laikotarpio metu turėjo transporto sukeliama tarša.

3.6 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste trečiuoju laikotarpiu

Eil. Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Gegužių g. 85	25	899	36	82	II
2	K.Korsako g. 22	24	976	41	92	I
3	Kviečių g. 7	24	944	39	89	II
4	K.Korsako g. 6	25	1045	42	95	I
5	Dainų g. 28	24	796	33	75	III
6	Dainų g. 11	25	945	38	86	II
7	Dainų g. 31	24	949	40	90	II
8	Gardino g. 4	25	817	33	74	III
9	Tilžės g. 41	24	856	36	81	II
10	Tiesos g. 1	24	941	39	89	II
11	Statybininkų g. 7	25	800	32	73	III
12	Saulės takas 7	24	814	34	77	II
13	Dariaus ir Girėno g. 22	25	979	39	89	II
14	V.Grinkevičiaus g. 22	25	894	36	81	II
15	Gegužių g. 37	24	696	29	66	III
16	Žaliūkių g. 76	24	788	33	75	III
17	Pramonės g. 2	24	756	31	72	III
18	Pagėgių g. 46	25	990	40	90	II
19	Tilžės g. 85	25	887	35	81	II
20	Pramonės g. 15A	25	886	35	81	II
21	Pramonės g. 67	25	961	38	87	II
22	Pabalių g. 63	24	978	41	93	I
23	Radviliškio g. 86	25	1045	42	100	I
24	Radviliškio g. 66	25	1034	41	97	I
25	Vyšnių g. 19	25	785	31	71	III
26	Vilniaus g. 38d	25	722	29	66	III
27	Žuvininkų g. 10	25	915	37	83	II
28	K.Kalinausko g. 19	24	920	38	87	II
29	Dubijos g. 57	25	764	31	69	III
30	Ežero g. 6a	25	824	33	75	III
31	S.Šalkauskio g. 3	25	900	36	82	II
32	Ežero g. 70	24	797	33	75	III
33	Rūdės g. 6	25	921	37	84	II
34	Tilžės g. 137	25	725	29	66	III
35	A.Mickevičiaus g. 9	25	826	33	75	III
36	P.Cvirkos g. 60	25	875	35	80	II
37	Žemaitės g. 2	25	899	36	82	II
38	Vytauto g. 132	24	781	33	74	III
39	Vytauto g. 235	25	889	36	81	II
40	Vilniaus g. 297	25	758	30	69	III

3.6 lentelės tęsinys						
41	M.Valančiaus g.31a	25	806	32	73	III
42	S.Daukanto g.71	25	804	32	73	III
43	Žemaitės g.71	25	810	32	74	III
44	Dvaro g. 129	25	909	36	83	II
45	Smėlio g. 2	24	863	36	82	II
46	Tilžės g. 248	24	864	36	82	II
47	Spindulio g.7	24	875	36	83	II
48	J.Basanavičiaus g. 92	25	919	37	84	II
49	Birutės g. 40	25	1002	40	91	I
50	V.Bielskio g. 59	25	986	39	90	II

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.6 paveiksle. Diagramoje matyti, kokia kategorija, kokią dalį užima viso bendro tiriamojo ploto.



3.6 pav. Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas trečiuoju laikotarpiu

Iš visų tirtųjų mėginių 6 mėginiai priskiriami I užterštumo kategorijai (santykinai neužterštai) ir tai sudaro 6 % visų tirtųjų mėginių. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 25 mėginiai ir tai sudaro 52 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta 18 mėginių ir tai yra 36 % visų tirtųjų mėginių. IV kategorijos (stipriai užterštos) mėginių šiuo tyrimo laikotarpiu nebuvo nustatyta. Tokiems rezultatams daugiausiai įtakos turi tai, kad vasaros sezono metu eismo intensyvumas ženkliai sumažėja ypač studentų ir moksleivių atostogų metu.

3.2.4. Rudens sezono tyrimo su sėjamąja pipirne rezultatai Vilniaus miesto oro taršos tyrimų rezultatai

Ketvirtojo tyrimo laikotarpio rezultatai Vilniaus miesto teritorijoje pateikiami 3.7 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 35 mėginio (Dvaro g.

1), kuris buvo eksponuotas Verkių regioniniame parke. Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bioindikatorių santykiniai vidutiniai aukščiai, %.

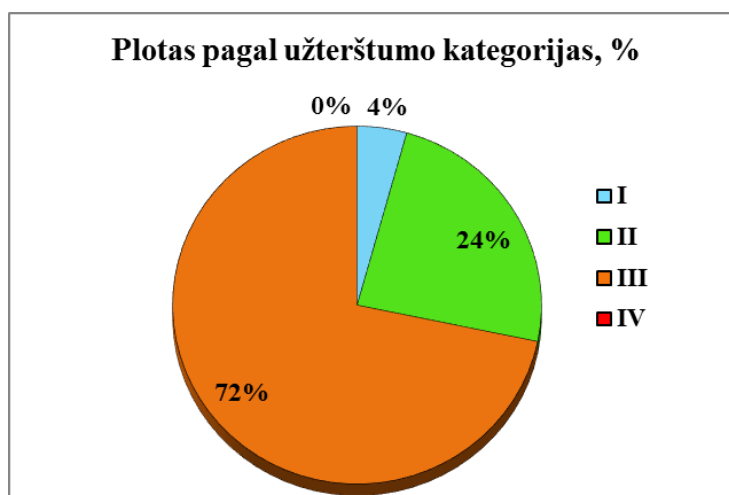
Labiausiai užterštos vietos atlikus tyrimus nustatytos tyrimo vietose, kurių numeriai yra 8, 10, 11, 16, 19. Biosorbentai Nr. 8, 16 buvo eksponuoti prie žiedų su dideliu eismo intensyvumu, Nr. 10 ir 11 buvo eksponuojami miesto centre, kur yra gana intensyvus eismas ir nepalankios sąlygos sklaidytis teršalams. Biosorbentai Nr. 16, 19 buvo eksponuojami vietose prie sankryžų su gana dideliu eismo intensyvumu. Pagal gautus rezultatus galima spręsti, kad oro taršos padidėjimą šiuo laikotarpiu pasirinktose vietose labiausiai lėmė transporto sukeliama tarša.

3.7 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Vilniaus mieste ketvirtuoju laikotarpiu

Eil. Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudugusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Dvarčionių g. 2	23	678	29	72	III
2	Pupojų ir Juodvarnių g. sankryža	24	721	30	73	III
3	Saulėtekio al. 19	24	661	28	67	III
4	Šatrijos raganos g. 10 B	25	741	30	72	III
5	Antakalnio g. 124	25	731	29	71	III
6	Antakalnio g. 59	22	620	28	69	III
7	Antakalnio g. 1	23	808	35	86	II
8	Olandų g. 57	25	611	24	60	III
9	Belmonto parkas	23	628	27	67	III
10	Šventragio g. 1	23	527	23	56	III
11	Didžioji g. 31	22	503	23	56	III
12	Geležinkelio g. 12	24	667	28	68	III
13	Pelsos g. 10 A	25	694	28	68	III
14	Dariaus ir Girėno, Tūkstantmečio ir Žirnių g. žiedas	25	736	29	72	III
15	Dariaus ir Girėno g. 77	22	740	34	82	II
16	Laisvės pr. 2	25	652	26	64	III
17	Vilkpėdės g. 20	23	627	27	66	III
18	Žemaitės g. 28	24	826	34	84	II
19	J. Basanavičiaus g. 41	24	600	25	61	III
20	N. Rionų g. 10	24	658	27	67	III
21	M. K. Čiurliono g. 88 A	23	591	26	63	III
22	M. K. Čiurliono g. 100	23	689	30	73	III
23	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	24	632	26	63	III
24	Bitėnų g. 5	24	862	36	88	II
25	Laisvės pr. 58	25	644	26	63	III
26	Architektų g. 59.	24	759	32	77	II

27	Rygos g. 2	24	709	30	72	III
28	Ukmergės g. 50	23	851	37	90	II
29	Baltupio g. 14	23	704	31	75	III
3.7 lentelės tęsinys						
30	Baltupio g. 49	23	710	31	75	III
31	Ozo g. 25	24	785	33	80	II
32	Ozo g. 18	24	736	31	75	III
33	Ozo g. 10 A	25	798	32	78	II
34	Kalvarijų g. 121	22	653	30	72	III
35	Dvaro g. 51	25	1024	41	100	I
36	Gariūnų g. 70	25	748	30	73	III
37	Paneriškių ir Jočionių g. Sankryža	25	805	32	79	II
38	Pirklių g. 9	24	923	38	94	I
39	Rasų g. 33	23	745	32	79	II
40	Liepkalnio g. 67	23	690	30	73	III
41	Salininkų žiedas	24	838	35	85	II
42	Pergalės g. 24.	25	711	28	69	III
43	S. Batoro g. 43 A	25	769	31	75	III
44	Žarijų g. 14.	23	633	28	67	III
45	Titnago g. 1	25	728	29	71	III
46	Naugarduko 96	23	681	30	72	III

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, kaip ir kitais atvejais, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.7 paveiksle.



3.7 pav. Tiriamojo ploto dalys Vilniaus mieste pagal užterštumo kategorijas ketvirtuoju laikotarpiu

Diagramoje matyti, kokia kategorija, kokią dalį užima viso bendro tiriamojo ploto. Iš visų tirtųjų mėginių rudens tyrimo laikotarpiu buvo tik 2 mėginiai priskiriami I užterštumo kategorijai – santykinai neužterštai ir tai sudaro 4 % visų tirtųjų mėginių. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskirta 11 mėginių, t.y. 24 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai

(vidutiniškai užterštai) – priskirta 40 mėginių ir tai yra 72 % visų tirtųjų mėginių. IV kategorijos (stipriai užterštos) mėginių nebuvo nustatyta.

Šiaulių miesto oro taršos tyrimų rezultatai

Ketvirtojo tyrimo laikotarpio rezultatai pateikiami 3.8 lentelėje. Pagal sudygusių augalų skaičių ir bendrą augalų aukščių sumą apskaičiuojamas augalų vidutinis aukštis. Kaip matyti lentelėje 3.8, didžiausia vidutinio aukščio reikšmė gauta Nr. 8 bandinio (Gardino g. 4). Ši reikšmė prilyginama 100 %. Pagal šio bandinio reikšmę skaičiuojami visų bioindikatorių vidutiniai aukščiai, %.

Pagal duomenis pateiktus 3.8 lentelėje, matyti, jog didžiausia oro tarša yra tyrimo vietose Nr. 5, 6, 7, 34, 36 ir 38. Biosorbentai, eksponuoti vietose Nr. 5, 6 ir 7 buvo eksponuoti tankiai užstatytoje gyvenamojoje zonoje, kurioje yra ypač nepalankios sąlygos sklaidytis teršalams. Likę biosorbentai, kuriuose nustatyta didžiausia tarša buvo eksponuojami vietose, kuriose yra gana didelis eismo intensyvumas.

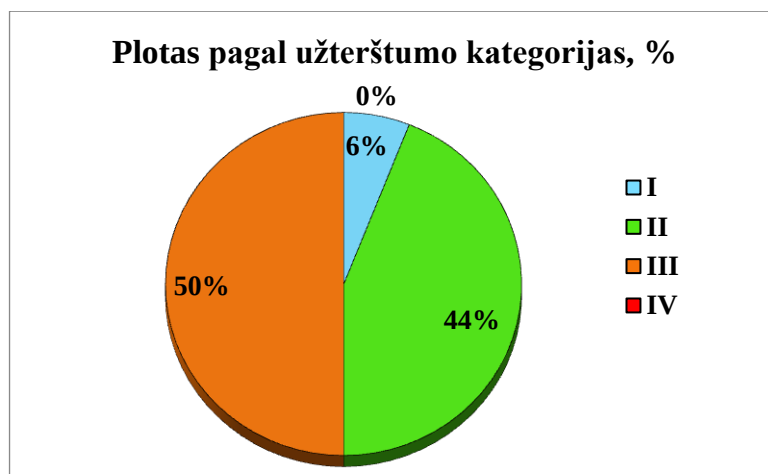
Pagal tai galima spręsti, kad Šiaulių mieste šiuo tiriamuoju laikotarpiu oro taršos padidėjimui tam tikrose zonose didžiausią įtaką vasaros tyrimo laikotarpio metu turėjo transporto sukeliamą taršą ir tankus užstatymas, kuris turėjo įtakos nepalankioms teršalų sklaidos sąlygoms.

3.8 lentelė. Bioindikacinio oro taršos vertinimo rezultatai Šiaulių mieste ketvirtuoju laikotarpiu

Eil.Nr.	Tyrimo vietos numeris, adresas	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona
1	Gegužių g. 85	22	639	29	69	III
2	K.Korsako g. 22	24	737	31	73	III
3	Kviečių g. 7	22	684	31	74	III
4	K.Korsako g. 6	24	869	36	86	II
5	Dainų g. 28	22	599	27	65	III
6	Dainų g. 11	24	598	25	59	III
7	Dainų g. 31	22	613	28	66	III
8	Gardino g. 4	25	1000	40	100	I
9	Tilžės g. 41	23	731	32	76	III
10	Tiesos g. 1	21	682	32	77	II
11	Statybininkų g. 7	23	794	35	82	II
12	Saulės takas 7	22	655	30	71	III
13	Dariaus ir Girėno g. 22	22	745	34	81	II
14	V.Grinkevičiaus g. 22	22	636	29	69	III
15	Gegužių g. 37	22	676	31	73	III
16	Žaliūkių g. 76	20	571	29	68	III
17	Pramonės g. 2	20	600	30	71	III
18	Pagėgių g. 46	23	772	34	80	II

19	Tilžės g. 85	25	905	36	86	II
20	Pramonės g. 15A	24	945	39	94	I
21	Pramonės g. 67	23	895	39	93	I
22	Pabalių g. 63	24	698	29	69	III
3.8 lentelės tęsinys						
23	Radviliškio g. 86	22	723	33	78	II
24	Radviliškio g. 66	22	764	35	83	II
25	Vyšnių g.19	25	863	35	82	II
26	Vilniaus g. 38d	23	814	35	84	II
27	Žuvininkų g.10	23	782	34	81	II
28	K.Kalinausko g.19	24	801	33	79	II
29	Dubijos g. 57	23	710	31	74	III
30	Ežero g. 6a	25	848	34	81	II
31	S.Šalkauskio g.3	22	720	33	78	II
32	Ežero g.70	22	745	34	81	II
33	Rūdės g. 6	24	749	31	74	III
34	Tilžės g. 137	23	604	26	63	III
35	A.Mickevičiaus g. 9	24	897	37	89	II
36	P.Cvirkos g. 60	25	668	27	64	III
37	Žemaitės g. 2	19	584	31	73	III
38	Vytauto g. 132	22	627	29	68	III
39	Vytauto g. 235	21	659	31	75	III
40	Vilniaus g. 297	24	772	32	77	II
41	M.Valančiaus g.31a	25	857	34	82	II
42	S.Daukanto g.71	21	670	32	76	III
43	Žemaitės g.71	23	724	31	75	III
44	Dvaro g. 129	23	731	32	76	III
45	Smėlio g. 2	22	686	31	74	III
46	Tilžės g. 248	23	801	35	83	II
47	Spindulio g.7	24	796	33	79	II
48	J.Basanavičiaus g. 92	21	755	36	86	II
49	Birutės g. 40	24	760	32	75	III
50	V.Bielskio g. 59	23	753	33	78	II

Pagal nustatytas užterštumo kategorijas, braižoma skritulinė diagrama, kuri pavaizduota 3.8 paveiksle.



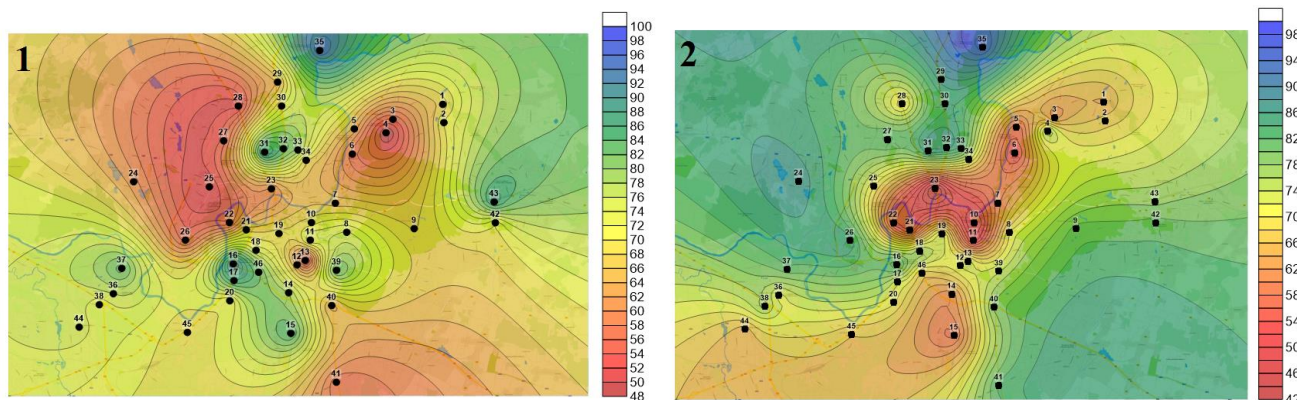
3.8 pav. Tiriamojo ploto dalys Šiaulių mieste pagal užterštumo kategorijas ketvirtuoju laikotarpiu

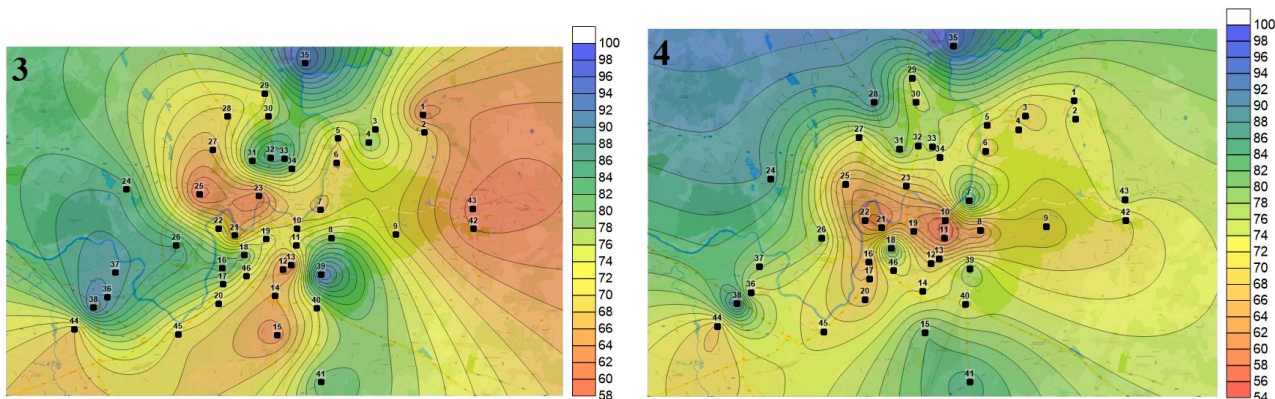
Diagramoje matyti, kokia kategorija, kokią dalį užima viso bendro tiriamojo ploto. Iš visų tirtųjų mėginių, 3 mėginiai priskiriami I užterštumo kategorijai (santykinai neužterštai) ir tai sudaro 6 % visų tirtųjų mėginių. II užterštumo kategorijai (mažai užterštai) priskiriami 22 mėginiai, t.y. 44 % viso tiriamojo ploto, III užterštumo kategorijai (vidutiniškai užterštai) – priskirta daugiau lygiai pusė tirtųjų mėginių – 25 ir tai sudaro 50 % iš visų mėginių ir IV kategorijos (stipriai užterštos) mėginių nebuvo nustatyta.

3.2.5. Vilniaus ir Šiaulių miestų tyrimo rezultatų palyginimas

Tyrimai buvo atlikti visais keturiais metų laikais po vieną kartą, eksponuojant kimininius biosorbentus po 40 dienų, Vilniaus ir Šiaulių miestuose. Toliau palyginami Vilniaus ir Šiaulių miestų tyrimo rezultatai. Tyrimų rezultatai pavaizduoti *Surfer* programa ir pateikti 3.9 (Vilniaus tyrimų rezultatai) bei 3.10 (Šiaulių tyrimų rezultatai) paveiksluose.

Atliekant tyrimus Vilniaus mieste, visais metų laikais, didžiausią našumą parodė mėginiai, eksponuoti šiaurinėje miesto dalyje, esančiame Verkių parke. Šie mėginiai prilyginti 100 % našumui ir pagal juos nustatyti visų kitų santykiniai mėginių našumai lyginamuoju būdu.

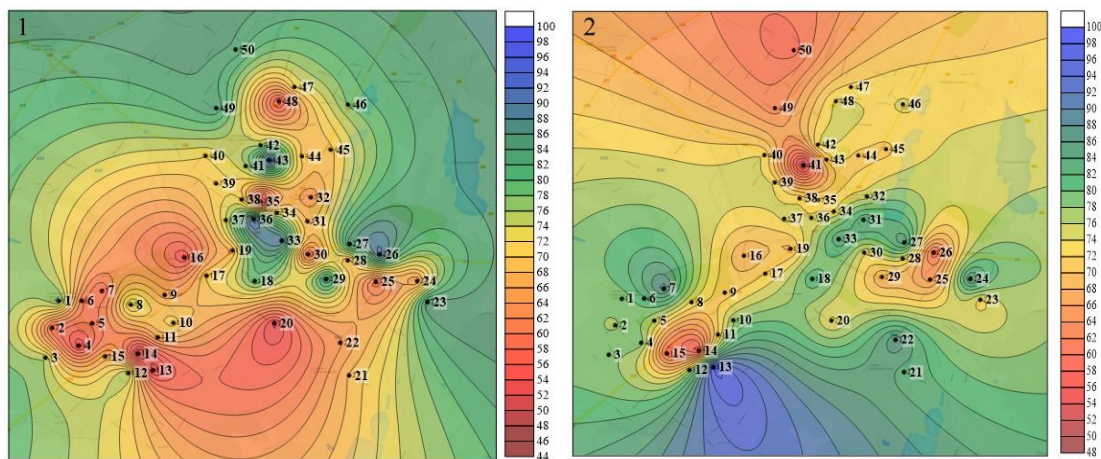


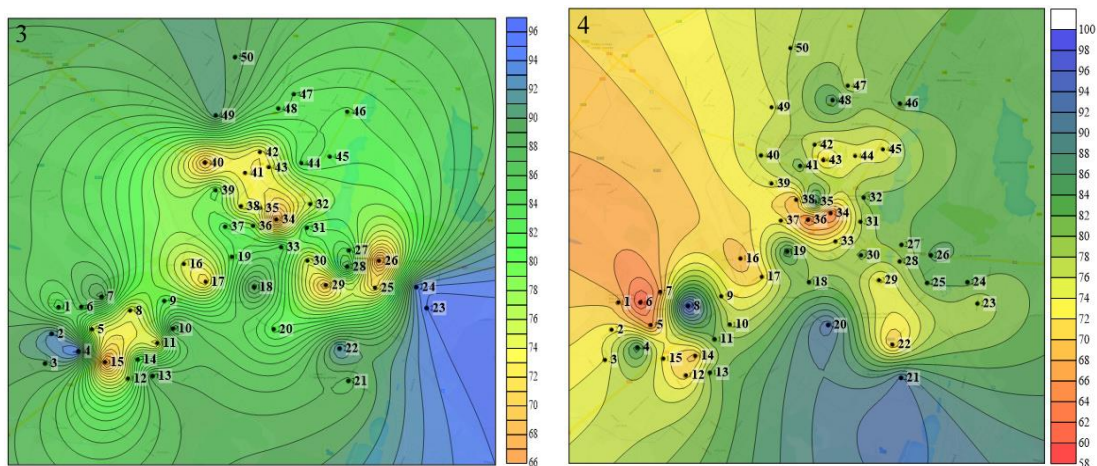


3.9 pav. Vilniaus oro taršos pasiskirstymas žiemos (1), pavasario (2), vasaros (3) ir rudens (4) sezonais

Kaip matyti 3.9 paveiksle, žiemos sezono tyrimo metu lyginant su kitų laikotarpių metu gautais tyrimų rezultatais, pirmuoju tiriamuoju laikotarpiu nustatyta žemiausia vidutinė temperatūra ($-2,9^{\circ}\text{C}$) ir didžiausia oro tarša. Nustatyta stipri priklausomybė tarp temperatūros ir oro užterštumo ypač tose vietose, kur yra individualių gyvenamųjų namų rajonai. Tarša padidėjusi tose vietose, dėl patalpų šildymo. Taip pat nustatyti oro taršos padidėjimai vietose prie gatvių su dideliu eismo intensyvumu. Pavasario tiriamuoju laikotarpiu vidutinė aplinkos oro temperatūra buvo apytiksliai 15°C aukštesnė, nei pirmuoju ir abiejuose miestuose, tarša pastebimai sumažėjo individualių gyvenamųjų namų rajonuose, kur žiemos sezono metu buvo padidėjusi dėl patalpų šildymo. Dėl šios priežasties vertinant taršą santykinai, oro taršos padidėjimai nustatyti prie pagrindinių miestų gatvių. Pavasario sezono metu atlikus tyrimus, matyti, jog tarša padidėjusi centrinėje miesto dalyje prie gatvių, kur yra didelis transporto eismo intensyvumas. Vasaros tyrimo metu nustatyta, kad tarša padidėjusi centrinėje – vakarinėje miesto dalyje, o rudens metu nustatyta, kad tarša šiek tiek padidėjusi centrinėje miesto dalyje. Pastaraisiais dviem sezonais, pagrindinis veiksnys, kuris turėjo daugiausiai įtakos oro užterštumui, buvo autotransporto sukeliama tarša.

Atliekant tyrimus Šiaulių mieste, visais metų laikais, didžiausią našumą parodė mėginiai, eksponuoti pietrytinėje miesto dalyje. Tyrimo rezultatai pateikti 3.10 paveiksle.



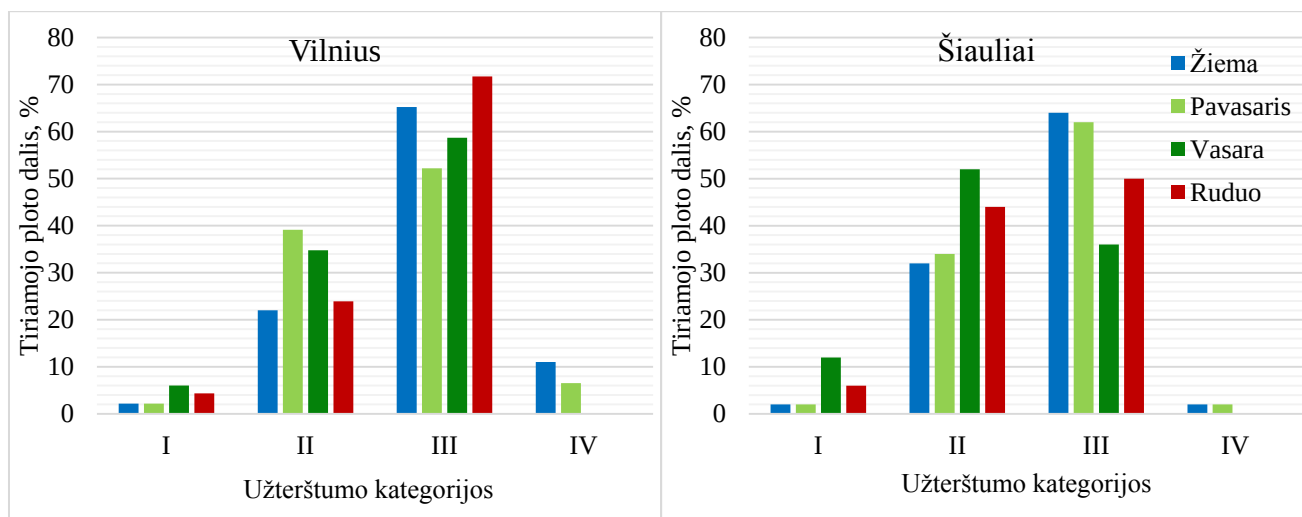


3.10 pav. Šiaulių oro taršos pasiskirstymas žiemos (1), pavasario (2), vasaros (3) ir rudens (4) sezonais

Žiemos sezono metu Šiaulių mieste aplinkos oro tarša padidėjusi pietinėje miesto dalyje. Oro taršos padidėjimai pastebimi gyvenamųjų namų mikrorajonuose, kadangi buvo šildomos patalpos. Šio tiriamojo laikotarpio vidutinė aplinkos oro temperatūra buvo $-3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vietose prie gatvių su dideliu eismo intensyvumu taip pat pastebimi oro taršos padidėjimai. Pavasario sezono metu atlikus tyrimus, matyti, jog tarša, pakilus vidutinei tiriamojo laikotarpio oro temperatūrai, sumažėjo gyvenamųjų namų mikrorajonuose ir oro taršos pasididėjimai nustatyti prie gatvių ar sankryžų, kur yra didelis transporto eismo intensyvumas. Vasaros tyrimo metu nustatyta, kad tarša padidėjusi centrinėje – vakarinėje miesto dalyje, o rudens metu nustatyta, kad tarša šiek tiek padidėjusi centrinėje miesto dalyje. Šiais dviem sezonais, pagrindinis veiksnys, kuris turėjo daugiausiai įtakos oro užterštumui, buvo taip pat autotransporto sukeliamą tarša.

Kaip matyti 3.9 ir 3.10 paveiksluose, Vilniuje ir Šiauliuose didžiausia oro tarša nustatyta žiemos ir pavasario sezonų metu. Atliekant tyrimus ir skaičiuojant bandinių našumus, šiais dviem metų laikais buvo nustatyti didžiausi skirtumai tarp pipirnių, augintų kiminuose iš skirtingų ekspozicijos vietų, augimo rodiklių skirtinguose mėginiuose. Panašiausios reikšmės tarpusavyje gautos vasaros sezono metu. Tokie rezultatai rodo, kad vasaros sezono metu tarša skirtingose ekspozicijų vietose, yra, palyginti su kitais sezonais, panaši. Šiek tiek didesnė tarša nei vasaros sezono metu nustatyta rudenį. Tai galėjo sąlygoti padidėjęs eismo intensyvumas.

Toliau 3.11 paveiksle pateikiamos diagramos, kuriose matyti tyrimo metu nustatytų užterštumo kategorijų ploto dalies kitimas (%) visais keturiais metų laikais Vilniaus ir Šiaulių miestuose. Kaip matyti paveiksle, abiejuose miestuose didžiausią dalį visų sezonų tyrimo laikotarpiu užima vidutiniškai užterštos (III) ir šiek tiek mažiau mažai užterštos (II) kategorijų plotas. Mažiausią dalį atliktų tyrimų metu visais sezonais, užima stipriai užterštos (IV) kategorijos plotas. Vasaros ir rudens tyrimų metu šios kategorijos nebuvo nustatyta. Švariausios – santykinai neužterštos (I) kategorijos plotas taip pat visais sezonais užėmė mažą ploto dalį, nedidelis šios kategorijos ploto padidėjimas bendrame tirtajame plote pastebimas vasaros sezono metu.



3.11 pav. Vilniaus ir Šiaulių miestų viso tyrimo metu nustatytų užterštumo kategorijų ploto dalies kitimas (%) pagal sezoniškumą

Didžiausia oro tarša bioindikaciniu metodu nustatyta žiemos sezono metu. Šio sezono metu pagal gautus tyrimo rezultatus Vilniuje ir Šiauliuose daugiausiai tiriamosios teritorijos ploto užima vidutiniškai užterštos (III) kategorijos plotas (Šiauliuose – 64 %, Vilniuje – 65 %). Abiejuose miestuose tokią pat dalį užima santykinai neužterštos (I) kategorijos plotas – po 2 %. Vilniaus mieste tirtosios teritorijos plote mažai užterštos (II) kategorijos plotą užima 22 %, kai Šiaulių mieste užima šios kategorijos plotas didesnę dalį – 32 %. Sunkiai užterštos (IV) kategorijos dalis bendroje tirtosios teritorijos plote taip pat skiriasi ženkliai – Vilniaus mieste – 11 %, o Šiaulių mieste žymiai mažiau – 2 %.

Pavasario sezono metu pagal atliktus tyrimo rezultatus Vilniuje ir Šiauliuose daugiausiai tirtosios teritorijos ploto užima vidutiniškai užterštos (III) kategorijos plotas (Šiauliuose – 62 %, Vilniuje – 52 %). Abiejuose miestuose tokią pat dalį užima santykinai neužterštos (I) teritorijos plotas – po 2 %. Vilniuje tirtosios teritorijos plote mažai užterštos kategorijos (II) plotą užima 39 %, kai Šiauliuose – 34 %. Sunkiai užterštos kategorijos (IV) dalis bendroje tirtosios teritorijos plote – Vilniuje – 7 %, o Šiauliuose – 2 %.

Lyginant Vilniaus ir Šiaulių miestuose vasarą atliktus tyrimo rezultatus, tiek Vilniuje, tiek Šiauliuose daugiausiai tirtosios teritorijos ploto užima vidutiniškai užterštos (III) kategorijos plotas: Vilniuje – 59 %, Šiauliuose mažiau – 36 % viso tirtojo ploto. Santykinai neužterštos kategorijos plotas abiejuose miestuose užėmė Vilniuje – 6 %, Šiauliuose – 12 %. Vilniaus mieste tirtosios teritorijos plote mažai užteršta kategorija užima 35 %, o Šiaulių mieste užima didesnę dalį – 52 %. Sunkiai užterštos kategorijos ploto vasaros sezono metu nebuvo nustatyta nei viename mieste.

Lyginant Vilniaus ir Šiaulių miestuose rudens metu atliktų tyrimų rezultatus, santykinai neužterštos kategorijos plotas Vilniaus mieste užėmė 4 %, o Šiaulių mieste šiek tiek daugiau – 6 % visos tiriamosios teritorijos ploto. Vilniaus mieste tirtos teritorijos plote mažai užteršta kategorija

užima 24 %, Šiaulių mieste užima beveik dvigubai didesnę dalį – 44 %. Lyginant abiejų miestų tirtas teritorijas, vidutiniškai užterštos kategorijos plotas Vilniuje užėmė 72 %, Šiauliuose mažiau – 50 % viso tirtto ploto. Nei viename mieste nebuvo nustatyta mėginių, kurie būtų priskirti sunkiai užterštai kategorijai. Apibendrinant, šiuo tyrimo laikotarpiu, ženkliai didesnė tarša nustatyta Vilniaus mieste.

3.3. Švino koncentracijos nustatymas, naudojant atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodą

Norint nustatyti, kokią įtaką turi sukauptas švino kiekis kimininiuose biosorbentuose, atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodu buvo nustatyti sukaupti švino kiekiai eksponuotuose kimininiuose biosorbentuose. Švino nustatymui pasirinkta po keturis mėginius iš kiekvieno sezono tyrimo. Šie mėginiai pasirinkti taip, kad būtų bent po vieną mėginį iš kiekvienos, prieš tai atlikto bioindikaciniu oro taršos vertinimu nustatytos, užterštumo kategorijos (I, II, III ir IV). Iš viso švino koncentracijai nustatymui buvo pasirinkta 16 mėginių. Atlikto tyrimo su nustatytomis švino koncentracijomis rezultatai pateikti 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Atominės absorbcinės spektrometrijos metodu atlikto tyrimo rezultatai

Sezonas	Eil. Nr.	Tyrimo vietos adresas	Sudygusių augalų skaičius	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, %	Užterštumo zona	C _{Pb} kiminiuose, mg/kg
Žiemos	35	Dvaro g. 51	25	34	100	I	2,6
	15	Dariaus ir Girėno g. 77	23	29	85	II	3,8
	7	Antakalnio g. 1	23	22	65	III	4,4
	23	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	19	17	49	IV	4,5
Pavasario	35	Dvaro g. 51	25	48	100	I	2,2
	15	Dariaus ir Girėno g. 77	24	26	57	III	3,1
	7	Antakalnio g. 1	25	27	59	III	3,7
	23	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	24	19	42	IV	3,8
Vasaros	35	Dvaro g. 51	25	47	100	I	1,9
	15	Dariaus ir Girėno g. 77	23	27	62	III	3
	7	Antakalnio g. 1	23	30	67	III	3,5
	23	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	25	26	55	III	3,7
Rudens	35	Dvaro g. 51	25	41	100	I	2,3

15	Dariaus ir Girėno g. 77	22	34	82	II	2,6
7	Antakalnio g. 1	23	35	86	II	3,2
23	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	24	26	63	III	3,1

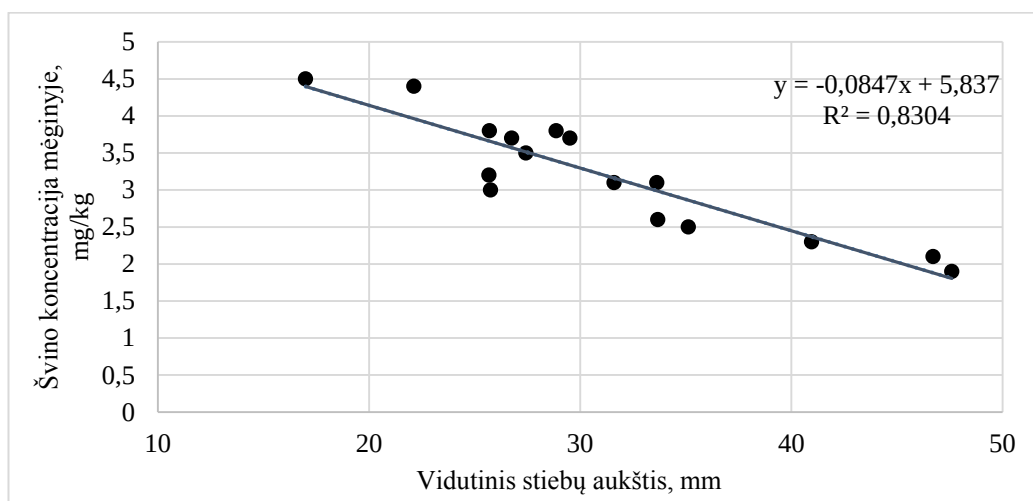
Išanalizuotuose kimininiuose biosorbentuose, pasirinktuose iš Vilniaus miesto, nustatytos švino koncentracijos, kurių reikšmės kito nuo 1,9 mg/l iki 4,5 mg/l. Ribinė švino vertė aplinkos ore yra 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, leistinas nukrypimo dydis 100 %, o vidurkinimo laikas – 1 metai. Kadangi kiminai buvo eksponuojami 40 parų, tai atominiu absorbciniu spetrometrinės analizės metodu nustatytos koncentracijos yra sukauptos būtent per tokį laiko tarpą. Norint nustatyti, kiek vidutiniškai per sekundę buvo adsorbuota švino kimininiais biosorbentais, gautas reikšmes reikia padalinti iš $3,456 \cdot 10^6$ (40 parų·24 val·60 min·60 s). Rezultatai pateikti 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Kiminiais biosorbentais adsorbuojamo švino kiekiai per 40 parų ir per 1 s

	Mėginio Nr.	35	15	7	23
Žiemos sezonas	Švino koncentracija, mg/kg/40 parų	2,6	3,8	4,4	4,5
	Švino koncentracija, $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{s}$	0,00075	0,00110	0,00127	0,00130
3.10 lentelės tęsinys					
Pavasario sezonas	Švino koncentracija, mg/kg/40 parų	2,2	3,1	3,7	3,8
	Švino koncentracija, $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{s}$	0,00063	0,00090	0,00107	0,00110
Vasaros sezonas	Švino koncentracija, mg/kg/40 parų	1,9	2,6	3,2	3,1
	Švino koncentracija, $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{s}$	0,00055	0,00075	0,00092	0,00090
Rudens sezonas	Švino koncentracija, mg/kg/40 parų	2,3	3,0	3,5	3,7
	Švino koncentracija, $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{s}$	0,00067	0,00087	0,00101	0,00107

Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros pateiktais monitoringo duomenimis, Vilniaus mieste (Žirmūnuose) 2014 metais vidutinė paskutinių 12 mėnesių išmatuota švino koncentracija lygi 0,004 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Švino kiekis matuojamas kiekvieną mėnesį. Kaip matyti 3.10 lentelėje, vidutiniškai per ekspozicijos laikotarpį per 1 sekundę kimininiais biosorbentais buvo adsorbuota švino nuo 0,00055 $\mu\text{g}/\text{kg}$ iki 0,0013 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Verkių parke (Nr. 35) esančiuose biosorbentuose švino buvo mažiausiai nustatyta ir koncentracijos svyravo nuo 0,00055 iki 0,00075 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Šiek tiek didesni adsorbuoto švino kiekiai nustatyti Dariaus ir Girėno gatvėje esančioje tiriamojoje vietoje (Nr. 15) ir esančiuose biosorbentuose švino koncentracijos svyravo nuo 0,00075 iki 0,0011 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Dariaus ir Girėno gatvėje esančioje tiriamojoje vietoje (Nr. 15) ir esančiuose biosorbentuose švino koncentracijos svyravo nuo 0,00075 iki 0,0011 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Dariaus ir Girėno gatvėje esančioje tiriamojoje vietoje (Nr. 15) ir esančiuose biosorbentuose švino koncentracijos svyravo nuo 0,00075 iki 0,0011 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Tyrimo vietoje, kuri yra prie Vilniaus mieste esančio vieno iš miesto transporto žiedų, į kurį įeina Antakalnio, T. Kosciuškos ir Olandų gatvės (Nr. 7), biosorbentuose švino koncentracijos siekė nuo 0,00092 iki 0,00127 $\mu\text{g}/\text{kg}$. Didžiausia švino koncentracija iš

tiriamųjų vietų buvo nustatyta vietoje prie vieno iš didžiausių transportų žiedų Vilniaus mieste, į kurį įeina T. Narbuto, Geležinio Vilko, Ukmergės gatvės ir Konstitucijos pr. (Nr. 23).



3.12 pav. Pipirnių augimo priklausomybė nuo nustatytos švino koncentracijos kiminiuose biosorbentuose

Kaip matyti 3.12 paveiksle, nors kiminiuose biosorbentuose ekspozicijos metu buvo sukauptas ne tik švinas, bet ir kiti teršalai, tačiau vis dėlto nustatytas stiprus ryšys tarp švino koncentracijos biosorbentuose ir pipirnių augimo rodiklių. Koreliacijos koeficientas lygus 0,91, tai rodo gana stiprų ryšį.

3.4. Eksperimentiniai tyrimai su sėjama pipirne ir švino tirpalais

Eksperimentinio tyrimo tikslas yra nustatyti pipirnių reakciją į skirtingas švino koncentracijas, esant tokiai pat augimo terpei kaip ir prieš tai atlikto oro taršos tyrimo atveju.

Pipirnių augimo terpės paruošimui, naudoti magelaniniai kiminai, kurie lygiai taip pat paruošti naudojimui, kaip ir oro taršos tyrimams. Kiekvienoje petri lėkštelėje sudėta po 1,5 gramo susmulkintų kiminų ir tarp jų pasėjama po 25 pipirnių sėklas. Mėginiai drėkinami vienodais kiekiais distiliuoto vandens su tam tikromis švino koncentracijomis. Pradžiai atliekamas kontrolinis bandymas.

Kontrolei vienas mėginys pasėjamas pipirnėmis švarioje, sunkiuoju metalu neužterštoje augimo terpėje ir auginimo metu mėginys drėkinamas distiliuotu vandeniu.

Tiek kontroliniai, tiek bandomieji mėginių augalai auginami vienodomis sąlygomis – esant vienodai temperatūrai bei apšvietimui, drėkinama tirpalų vienodu kiekiu ir tuo pačiu metu. Po 7 parų auginimo, nustatomi pipirnių augimo kiminiuose rodikliai. Pagal atliktus skaičiavimus, nustatomos priklausomybės tarp švino koncentracijos pipirnių augimo terpėje ir pipirnių daigumo bei augimo kiminiuose rodiklių. Po to pagal gautus rezultatus nustatomos koncentracijos tolimesniems eksperimentiniams tyrimams.

Atliekant kontrolinį bandymą, stebėtos pipirnių reakcijos su tokiais švino koncentracijomis tirpaluose:

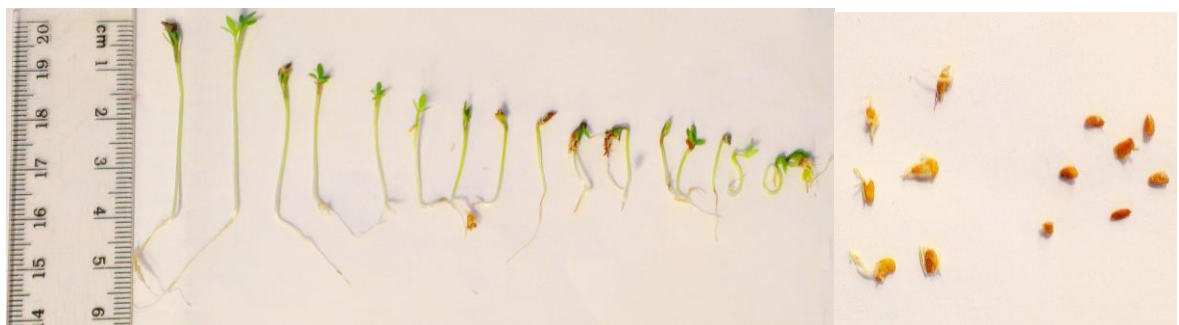
1. 1 mg/l;
2. 50mg/l;
3. 100 mg/l.

Pirmojo eksperimentinio tyrimo metu nustatyta, kad sėjamųjų pipirnių reakcija į šviną yra labai stipri. Pipirnių daigumas eksperimento metu pavaizduotas 3.13 paveiksle. Jame vizualiai galima matyti, kaip mėginiai su pasėtomis pipirnėmis atrodė 4 parą po sėklų pasėjimo laistant tirpalais su skirtingomis švino koncentracijomis.



3.13 pav. Pipirnių augimas pirminio eksperimento metu (4 para) 1 – esant 1 mg/l švino, 2 – esant 50 mg/l švino, 3 – esant 100 mg/l švino (Autorės nuotrauka)

Esant palankioms augimo sąlygoms, paprastai sėjamųjų pipirnių sėklos sudygsta per 1 parą. Esant skirtingai užtaršai švinu, pastebimas atitinkamas sėklų daigumas. Pirminio eksperimento metu, kaip matyti 3.13 paveiksle, 4 parą po sėklų pasėjimo 1-ame mėginyje, kuris drėkinamas tirpalu su 1 mg/l švino, sėklos sudygusios, tačiau jų augimo rodikliai pastebimai nedideli, 2-ame mėginyje, kuris drėkinamas tirpalu su 50 mg/l švino, sėklos pradeda dygti tik 4 parą, o 3-iam mėginyje, kuris drėkinamas tirpalu su 100 mg/l švino, sėklos nesudygo. Pipirnių sėklos jau po 7 parų auginimo pavaizduotos 3.14 paveiksle. Tuomet jau skaičiuojami pipirnių augimo kiminiuose rodikliai, įvertinant sudygusių pipirnių sėklų skaičių, bendrą ir vidutinį augalų aukštį.

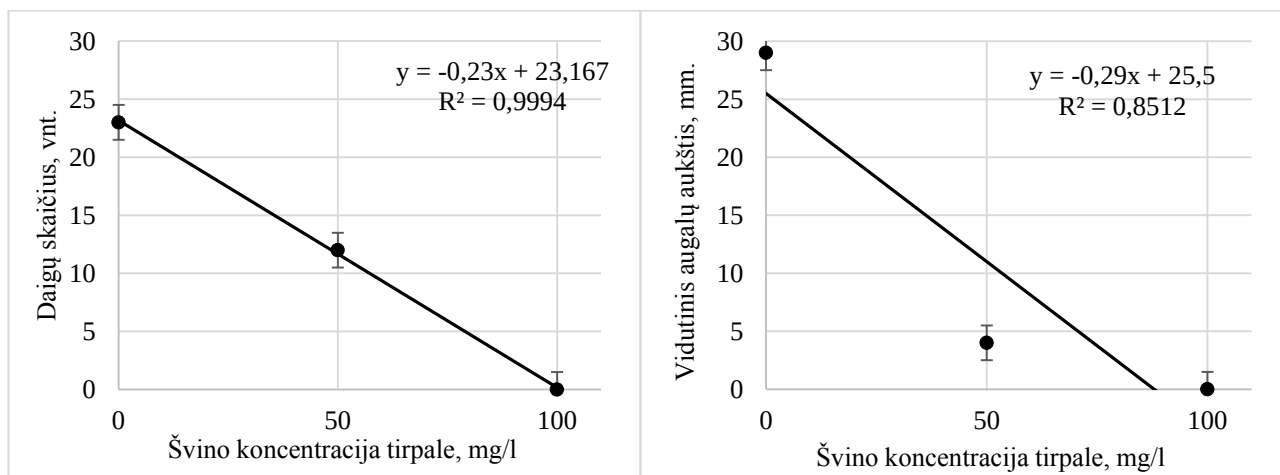


3.14 pav. Pirmojo eksperimento rezultatas po 7 parų (kairėje – išaugusios pipirnės, kurios augo esant 1 mg/l švino, viduryje – sudygusios sėklos esant 50 mg/l švino, dešinėje – nesudygusios sėklos esant 100 mg/l švino) (Autorės nuotrauka)

Drėkinant mėginį tirpalu, kurio švino koncentracija yra 1 mg/l, sudygo 23 iš 25 pasėtų pipirnių sėklų. Bendras pipirnių aukštis lygus 671 mm, o vidutinis 29 mm. Lyginant su prieš tai

atliktų oro taršos tyrimų rezultatais, tokie rezultatai yra palyginti prasti ir pipirnės rodo vidutinį užterštumą.

Esant švino koncentracijai 50 mg/l, pipirnės sudygo praėjus tik 4 paroms po jų pasėjimo. Daigumas nustatytas labai mažas, kadangi sudygo tik 12 iš 25 sėklų ir jų vidutinis aukštis po 7 parų siekė tik 4 mm. Esant švino koncentracijai 100 mg/l, per visą eksperimento laikotarpį pipirnės nesudygo. Po pirminio bandomojo eksperimento, rezultatai pavaizduoti 3.15 paveikslo grafike.



3.15 pav. Pipirnių augimo rodiklių priklausomybės nuo švino koncentracijos tirpale ir pipirnių daigumo (kairėje) bei vidutinio augalų aukščio (dešinėje)

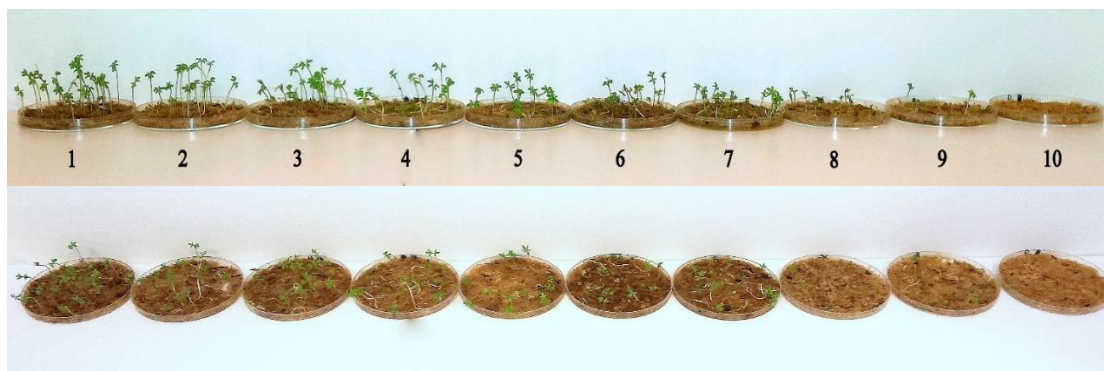
Kaip matyti 3.15 paveiksle, pirmojo eksperimento metu nustatytas labai stiprus ryšys tarp švino kiekio pipirnių augimo terpėje ir pipirnių daigumo pirmojo eksperimento metu (koreliacijos koeficientas lygus 0,99). Nustatant ryšį, tarp švino kiekio pipirnių augimo terpėje ir pipirnių vidutinių aukščių, nustatytas ženkliai mažesnis ryšys, koreliacijos koeficientas lygus 0,92.

Tokie rezultatai rodo, kad švinas labai stipriai slopina pipirnių augimą ir daigumą. Remiantis pirmojo eksperimento rezultatais, pasirenkamos kitos švino koncentracijos tirpaluose tolimesniems eksperimentams:

Švino tirpalų koncentracijos:

1. 0,001 mg/l;
2. 0,01 mg/l;
3. 0,5 mg/l;
4. 1 mg/l;
5. 5 mg/l;
6. 10 mg/l;
7. 20mg/l;
8. 30 mg/l;
9. 40 mg/l;
10. 50 mg/l.

Eksperimentas kartojamas analogiškai, kaip ir pirmuoju bandomuoju atveju. 3.16 paveiksle matyti pipirnių augimo nuo švino koncentracijos, įterptos į augimo terpę, priklausomybė.



3.16 pav. Pipirnių augimo priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje 7 parą
(Autorės nuotrauka)

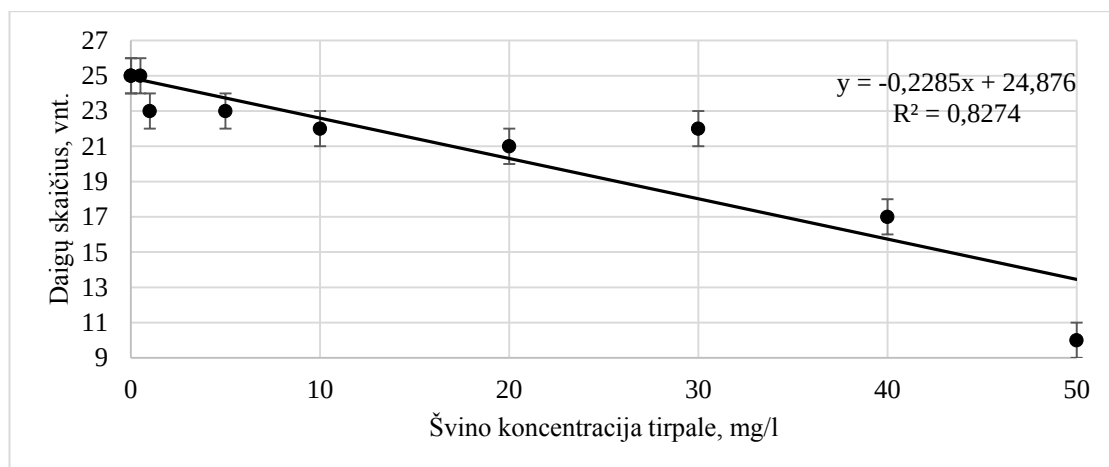
Po 7 parų skaičiuojami pipirnių augimo kiminuose rodikliai, esant skirtingai švino užtaršai. Gauti rezultatai pateikti 3.11 lentelėje.

3.11 lentelė. Antrojo eksperimento rezultatai

3.11 lentelė. Augalų eksperimento rezultatai							
Mėginio Nr.	Švino koncentracija tirpale, mg/l	Sunaudotas tirpalo kiekis drėkinimui, l	Švino kiekis mėginyje, mg	Sudygusių augalų skaičius	Bendras augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis, mm	Vidutinis augalų aukštis,%
1	0,001	0,05	$5 \cdot 10^{-5}$	25	943	38	90
2	0,01		$5 \cdot 10^{-4}$	25	903	36	86
3	0,5		0,025	25	834	33	79
4	1		0,05	23	671	29	69
5	5		0,25	23	599	26	62
6	10		0,5	22	516	23	56
3.11 lentelės tęsinys							
7	20	0,05	1	21	389	19	44
8	30		1,5	22	342	16	37
9	40		2	17	193	11	27
10	50		2,5	10	46	5	11

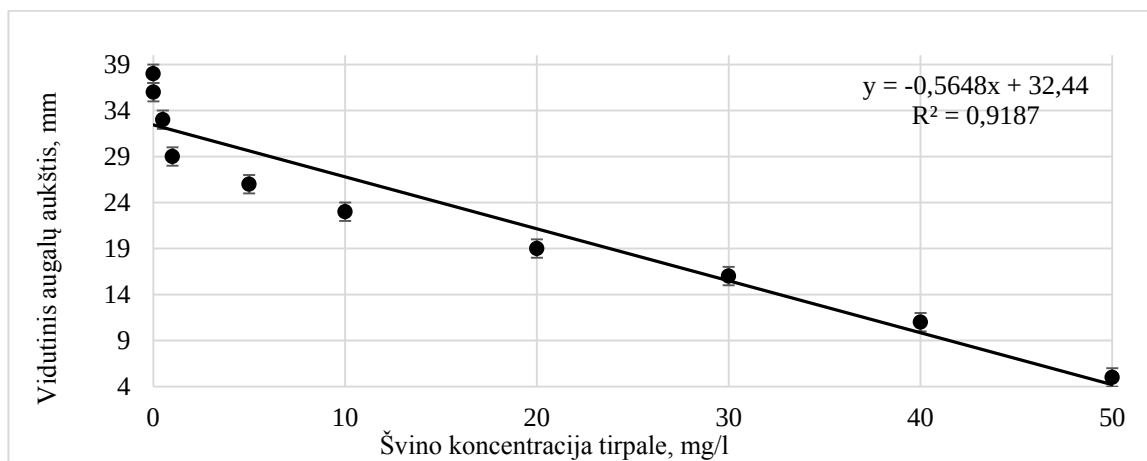
Galutinio eksperimento metu buvo nustatinėjami pipirnių augimo rodikliai 10-yje mėginių. Mėginiai su pasėtomis pipirnėmis buvo drėkinami tirpalais, kurių koncentracija buvo nuo 0,001 iki 50 mg litre. Kiekvienam bandiniui drėkinti buvo sunaudota po 50 ml kiekvienos koncentracijos tirpalo. Tuomet apskaičiuojama, kiek mg švino buvo kiekvienoje pipirnių augimo terpėje.

Priklausomybės tarp švino koncentracijos tirpale ir sudygusių pipirnių sėklų skaičiaus pavaizduotos 3.17 paveiksle. Eksperimento metu nustatyta, kad sudygusių sėklų kiekis mėginiuose mažėja didėjant švino koncentracijai juose. Koreliacijos koeficientas (r) lygus $-0,91$ ir reiškia, kad ryšys yra stiprus.



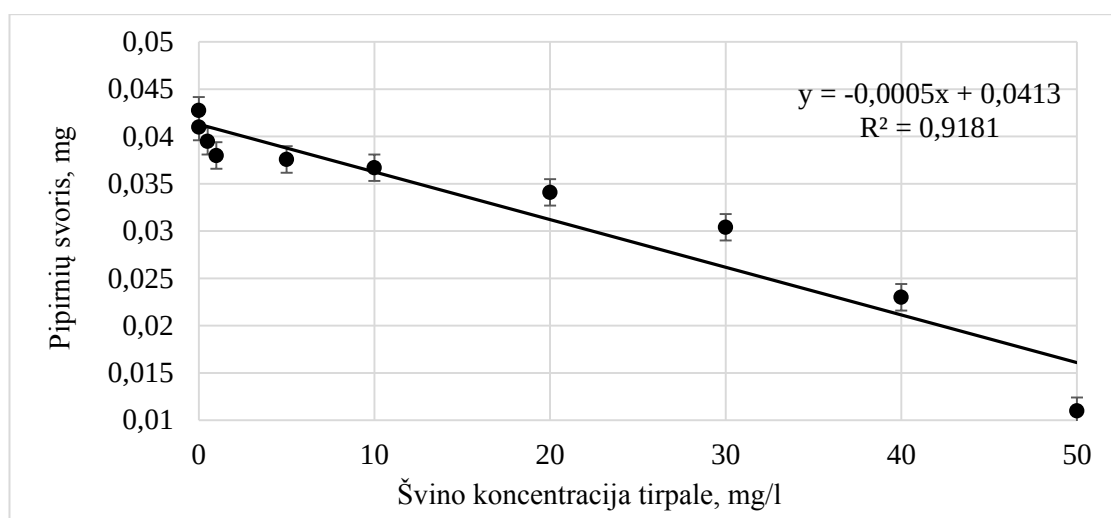
3.17 pav. Pipirnių daigumo priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje

Priklausomybės tarp švino koncentracijos tirpale ir vidutinio pipirnių vidutinio aukščio mėginyje pavaizduotos 3.18 paveiksle. Koreliacijos koeficientas (r) lygus $-0,96$ ir reiškia, kad ryšys yra labai stiprus.



3.18 pav. Pipirnių vidutinio aukščio priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje

Ypač staigus mėginyje augusių pipirnių daigų vidutinio aukščio sumažėjimas nustatytas, kai švino kiekis mėginiuose pakito nuo $5 \cdot 10^{-5}$ mg iki 0,05 mg. Skirtinguose mėginiuose esant švino kiekiui nuo 0,25 iki 2,5 mg, nustatytas tolygus kiekvieno mėginio vidutinio augalų aukščio mažėjimas, kuris buvo ne toks staigus, kaip kintant švino kiekiui augimo terpėje nuo 0,25 iki 2,5 mg.



3.19 pav. Pipirnių svorio priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje

Priklausomybės tarp švino koncentracijos tirpale ir pipirnių daigų svorio pavaizduotos 3.19 paveiksle. Koreliacijos koeficientas (r) lygus $-0,96$ ir reiškia, kad ryšys yra labai stiprus

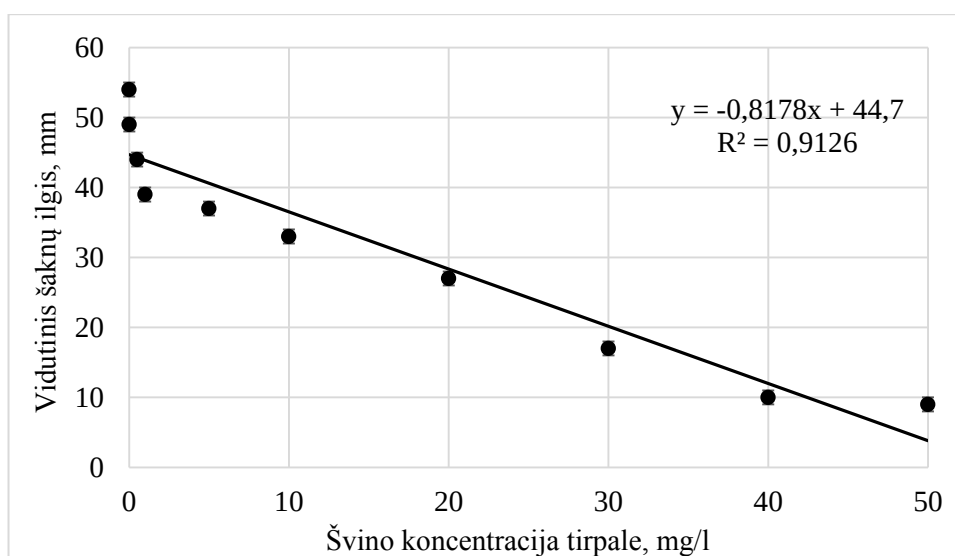
Atliekant eksperimentinius tyrimus pastebėta, kad yra didelė priklausomybė tarp pipirnių šaknų ilgio bei spalvos ir įterptos švino koncentracijos mėginyje. Pipirnėms būdingos gana ilgos plonos siūlelio formos šaknys. Šiuo atveju, sėjamųjų pipirnių šaknų ilgiai svyravo tarp 62 mm ir 43 mm ilgio. Vidutinis ilgis siekė 54 mm.

Sėjamosios pipirnės po auginimo pavaizduotos 3.20 paveiksle, kai jų augimo terpė nebuvo užteršta švinu (kairėje) ir esant dideliame užterštumui švinu, kai bandinys buvo drėkinamas 40 mg/l švino tirpalu (dešinėje). Mėginyje, kuriame nebuvo įterpta švino, pipirnių vidutinis šaknų ilgis nustatytas 87 mm ir ilgiai svyravo nuo 67 mm iki 104 mm. O esant dideliame užterštumui švinu, tiek pipirnių stiebų aukščiai, tiek šaknys yra palyginti trumpos. Pipirnių šaknų ilgiai svyravo tarp 13 mm ir 4 mm, o vidutinis ilgis siekė apie 9 mm.



3.20 pav. Pipirnės, augusios Pb neužteršame (kairėje) ir užterštame (dešinėje) mėginyje (Autorės nuotrauka)

Priklausomybės tarp švino koncentracijos tirpale ir vidutinio pipirnių šaknų ilgio mėginyje pavaizduotos 3.21 paveiksle. Koreliacijos koeficientas (r) lygus $-0,96$ ir reiškia, kad ryšys yra labai stiprus.



3.21 pav. Pipirnių vidutinio šaknų ilgio priklausomybė nuo švino koncentracijos augimo terpėje

Lyginant visų nagrinėtų rodiklių priklausomybes, stipriausi ryšiai nustatyti tarp švino koncentracijos tirpaluose, naudojant juos mėginių drėkinimui, ir tarp vidutinių pipirnių daigų stiebų aukščių, šaknų ilgių bei daigų svorio. Visų šių ryšių koreliacijos koeficientai lygūs -0,96. Šiek tiek mažesnis ryšys nustatytas tarp švino koncentracijos tirpaluose ir tarp sudygusių daigų skaičiaus. Šiuo atveju, koreliacijos koeficientas yra šiek tiek mažesnis nei kitais nagrinėtais atvejais ir lygus -0,91. Tam galėjo turėti įtakos ir tai, kad kai kurios neišdygusios sėklos galėjo būti nedaigios, nors ir vizualiniu būdu jos buvo atrinktos kaip sveikos ir tinkamos eksperimentui. Dėl šios priežasties vertinant bandinių našumą būtų netikslinga atsižvelgti į sėklų daigumą, nes tai gali iškraipyti tyrimų rezultatus. Taip pat pastebimas šaknų spalvos pokytis – kuo didesnė švino koncentracija augimo terpėje, tuo pipirnių šaknys tamsesnės. Didėjant koncentracijai, šaknys palaipsniui įgauna rudą atspalvį.

Pagal esama metodiką, atliekant oro taršos tyrimus kimininių biosorbentų ir sėjamųjų pipirnių, kaip bioindikatorių, metodika ir prieš atliekant teritorijų zonavimus pagal užterštumo kategorijas, bandinių našumai nustatinėjami santykinio aukščio h_{si} (2.1) formule.

Remiantis gautais eksperimento rezultatais, norint gauti patikimesnius tokio tyrimo rezultatus, reikia į skaičiavimus įtraukti šaknų ilgių ir daigų svorių vidurkius. Mėginį prilyginti 100 % rekuomenduojama tą, kurio augimo rodikliai būtų geriausi bendrai atžvelgus į šiuos visus vertinamus rodiklius. Tuomet atlikti tolimesnius skaičiavimus su santykiniais vidutiniais daigų stiebų aukščiais, daigų svoriais ir šaknų ilgiais.

Santykinis aukštis apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę:

$$h_{si} = \frac{h_i}{h_{maks}} \cdot 100, \%$$

Santykinė daigų masė apskaičiuojama pagal 3.1 formulę:

$$m_{s_i} = \frac{m_i}{m_{maks}} \cdot 100, \%, \quad (3.1)$$

čia: m_{s_i} – santykinė masė, %; m_{maks} – didžiausią našumą parodžiusio mėginio pipirnių vidutinė masė, mg; m_i – *i-tojo* mėginio pipirnių vidutinė masė, mg.

Santykinis daigų šaknų ilgis apskaičiuojamas pagal formulę 3.2:

$$l_{s_i} = \frac{l_i}{l_{maks}} \cdot 100, \%, \quad (3.2)$$

čia: l_{s_i} – santykinis daigų šaknų ilgis, %; l_{maks} – didžiausią našumą parodžiusio mėginio pipirnių šaknų vidutinis ilgis, mm; l_i – *i-tojo* mėginio pipirnių šaknų vidutinis ilgis, mm.

Atsižvelgiant į visus augimo rodiklius, išvedama galutinė formulė:

$$n_{s_i} = \left(0.33 \frac{h_i}{h_{maks}} + 0.33 \frac{m_i}{m_{maks}} + 0.33 \frac{l_i}{l_{maks}} \right) \cdot 100, \%, \quad (3.3)$$

čia: n_{s_i} – santykinis mėginio našumas pagal augimo rodiklius, %.

Galutinė formulė gauta, atsižvelgiant į visus augimo rodiklius, kuriais rekomenduojama remtis atliekant oro taršos vertinimą bioindikaciniu metodu su sėjama pipirne ir magelaniniais kiminiais. Kadangi visų šių pipirnių augimo rodiklių priklausomybė nuo švino kiekio jų augimo terpėje nustatyta vienoda, todėl atitinkamai santykinis stiebų aukštis, daigų masė ir šaknų ilgis padauginamas iš 0,33, kad jie būtų įvertinti vienodomis dalimis, skaičiuojant bendrą mėginio našumą.

3.5. Trečiojo skyriaus išvados

1. Atlikus oro taršos tyrimus Vilniaus ir Šiaulių miestuose su sėjama pipirne, didžiausia oro tarša bioindikaciniu metodu nustatyta žiemos sezono metu, mažiausia – vasaros metu. Visais sezonais abiejuose miestuose didžiausią dalį tiriamojo ploto užėmė vidutiniškai užterštos (III) kategorijos plotas. Mažiausiai abiejuose miestuose sudarė santykinai neužterštos (I) ir stipriai užterštos (IV) kategorijos plotai. Vasaros metu abiejuose miestuose tiek Vilniuje, tiek Šiauliuose stipriai užterštos kategorijos ploto nustatyta nebuvo. Esant skirtingiems sezonams, pagal nustatytus oro taršos padidėjimus tam tikrose miestų vietose, galima išskirti, kad aplinkos oro kokybei didžiausią įtaką turi transporto sukeliama tarša, o šaltuoju metų laiku nustatyti taršos padidėjimai taip pat ir gyvenamųjų namų mikrorajonuose dėl patalpų šildymo.

2. Išanalizavus oro taršos tyrimo rezultatus, buvo atrinkta 16 eksponuotų kimininių biosorbentų, kuriuose nustatytas sukauptas švino kiekis atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodu. Nustatytas stiprus ryšys tarp švino koncentracijos biosorbentuose ir pipirnių augimo rodiklių. Koreliacijos koeficientas lygus -0,91, tai rodo gana stiprų ryšį.
3. Atlikus pirmąjį eksperimentinį tyrimą, drėkinant sėjamųjų pipirnių augimo terpę tirpalais, kurių švino koncentracija buvo 0, 1, 50 ir 100 mg/l, nustatyta, kad pipirnių reakcija į šviną yra labai stipri ir švino kiekis pipirnių augimo terpėje turi neigiamos įtakos pipirnių sėklų daigumui.
4. Atlikus antrąjį eksperimentinį tyrimą, nustatyti pipirnių augimo rodikliai skirtingais švino kiekiais užterštose augimo terpėse. Pipirnės buvo drėkinamos 0,001; 0,01; 0,5; 1; 5; 10; 20; 30; 40 ir 50 mg/l švino tirpalais. Nustatyta, kad stipriausi ryšiai yra tarp švino kiekio ir pipirnių stiebų aukščių, šaknų ilgių, daigų svorių. Šių rodiklių koreliacijos koeficientai vienodi – (-0,96). Mažiausias ryšys iš nagrinėtų rodiklių – sudygusių daigų skaičius (koreliacijos koeficientas lygus -0,91).
5. Atliekant bioindikacinius oro taršos tyrimus, naudojant kimininius biosorbentus ir sėjamąsias pipirnes, kaip bioindikatorius, prieš atliekant teritorijų zonavimus pagal užterštumo kategorijas, bandinių našumai nustatinėjami santykinio aukščio h_{s_i} formule, kurioje įvertinti tik daigų stiebų aukščiai. Remiantis gautais eksperimento rezultatais, norint gauti patikimesnius tokio tyrimo rezultatus, reikia į skaičiavimus įtraukti daigų svorius ir šaknų ilgius. Mėginį prilyginti 100 % rekuomenduojama tą, kurio augimo rodikliai būtų geriausi bendrai atsižvelgus ir į visus šiuos augimo rodiklius. Tuomet atlikti skaičiavimus su santykiniais vidutiniais daigų stiebų aukščiais ir šaknų ilgiais.

4. ŠVINO SKLAIDOS MODELIAVIMAS

4.1. Įvadas

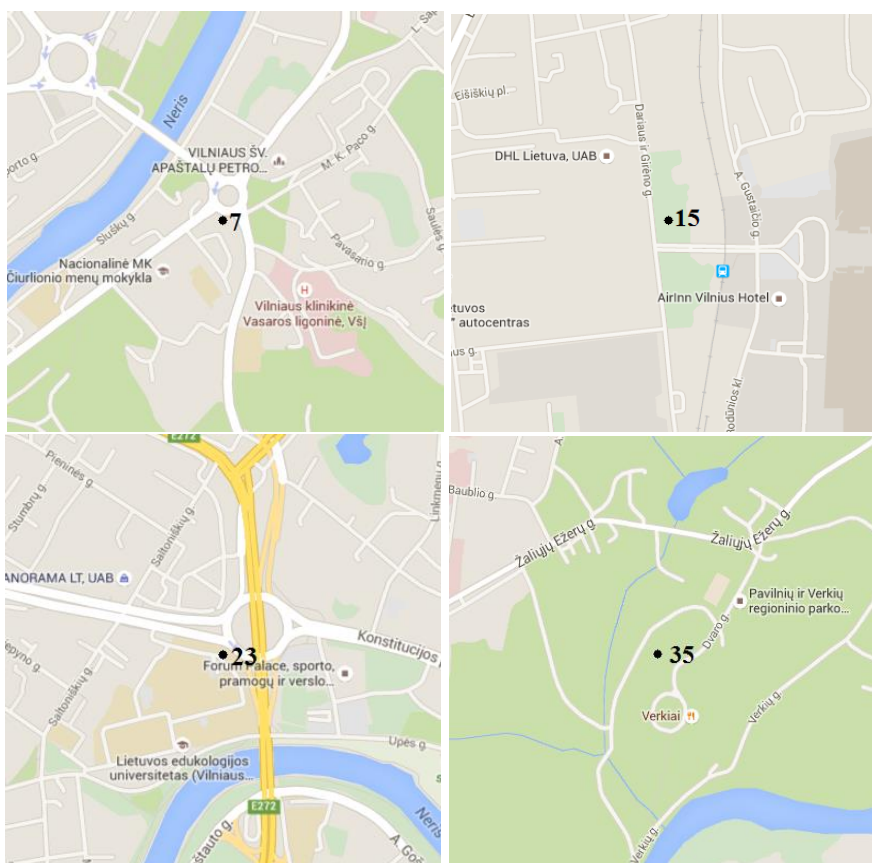
Pagrindiniai oro kokybės vertinimo metodai yra oro užterštumo matavimai, skaičiavimai ir teršalų sklaidos modeliavimas. Europos Sąjungos oro kokybės direktyvos skatina modelių naudojimą, nes jie leidžia tiksliau įvertinti erdvinį teršalų pasiskirstymą (Šerevičienė 2012). Oro teršalų sklaidą galima modeliuoti naudojant tokias programas kaip ADMS (Road, Urban ir kt.), Aermol, Airviro, Aeolius ir kt.

Kimininiuose biosorbentuose, kurie buvo naudoti bioindikaciniam oro taršos vertinimui, galima nustatyti tam tikro teršalo sukauptą kiekį ir, remiantis gautais rezultatais, modeliuoti teršalo sklaidą tiriamojame teritorijoje. Šiame skyriuje pateikti Vilniaus mieste pasirinktų tyrimo vietų švino matavimų kiminiais biosorbentais ir švino sklaidos modeliavimo rezultatai.

4.2. Švino koncentracijos matavimo ir modeliavimo metodika

Švino koncentracijos matavimų kiminiais biosorbentais metodika

Švino koncentracija matuota 4 matavimo vietose ir apimant visus prieš tai atlikto oro taršos tyrimo laikotarpius. Mėginiai pasirinkti taip, kad būtų bent po vieną mėginį, priskirtą skirtingai užterštumo kategorijai (I, II, III arba IV), prieš tai atlikus bioindikacinio oro taršos vertinimo tyrimą. Iš viso švino koncentracija buvo nustatyta 16 mėginių.



4.1 pav. Švino matavimų kiminiais biosorbentais vietos

Kaip matyti 4.1 paveiksle, pasirinktos 4 švino matavimo vietos, kurių numeriai yra 7, 15, 23 ir 35. Būtent šios vietos pasirinktos dėl to, kad atlikus kompleksinės oro taršos įvertinimą, visos tyrimo vietos buvo suskirstytos į 4 santykinės užterštumo kategorijas. Tyrimo vieta, kuri pažymėta nr. 35, priskirta santykinai neužterštai – I kategorijai. Ši tyrimo vieta yra Vilniaus miesto šiaurinėje dalyje, esančiame Verkių parke. Tyrimo vieta, kuri pažymėta nr. 15, priskirta mažai neužterštai – II kategorijai. Ši tyrimo vieta yra Vilniaus miesto pietinėje dalyje, prie Dariaus ir Girėno gatvės, netoli oro uosto. Tyrimo vieta, kuri pažymėta nr. 7, priskirta vidutiniškai užterštai – III kategorijai. Ši tyrimo vieta yra prie Vilniaus mieste esančio vieno iš miesto transporto žiedų, į kurį įeina Antakalnio, T. Kosciuškos ir Olandų gatvės. Tyrimo vieta, kuri pažymėta nr. 23, priskirta sunkiai užterštai – IV kategorijai. Ši tyrimo vieta yra Vilniaus mieste prie vieno iš didžiausių transportų žiedų, į kurį įeina T. Narbuto, Geležinio Vilko, Ukmergės gatvės ir Konstitucijos pr. Kiekvienoje iš šių matavimo vietų, prieš nustatant sukauptą švino kiekį, kimininiai biosorbentai buvo eksponuoti po 4 kartus:

- Nuo sausio 25 d. iki kovo 5 d.;
- Nuo kovo 22 d. iki gegužės 1 d.;
- Nuo liepos 21 d. iki rugpjūčio 30 d.;
- Nuo rugsėjo 23 d. iki lapkričio 2 d.

Koks yra sukaupto švino kiekis eksponuotuose kiminiuose biosorbentuose, buvo nustatyta atominiu absorbciniu spektrometrinės analizės metodu.

Švino sklaidos modeliavimo, naudojant ADMS programą, metodika

Švino sklaidai modeliuoti naudotas *ADMS 4.2* programinis paketas. Šią *ADMS* modeliavimo programą galima naudoti modeliuojant iš plotinių, taškinių ir linijinių taršos šaltinių išmetamų pasirinktų teršalų sklaidą. Modeliuojant *ADMS* programa naudojama *Surfer* programinė įranga – joje nustatomos žemėlapių pradinės ir galutinės bei tyrimo (arba taršos šaltinių) taškų koordinatės ir pavaizduojami galutiniai modeliavimo rezultatai.

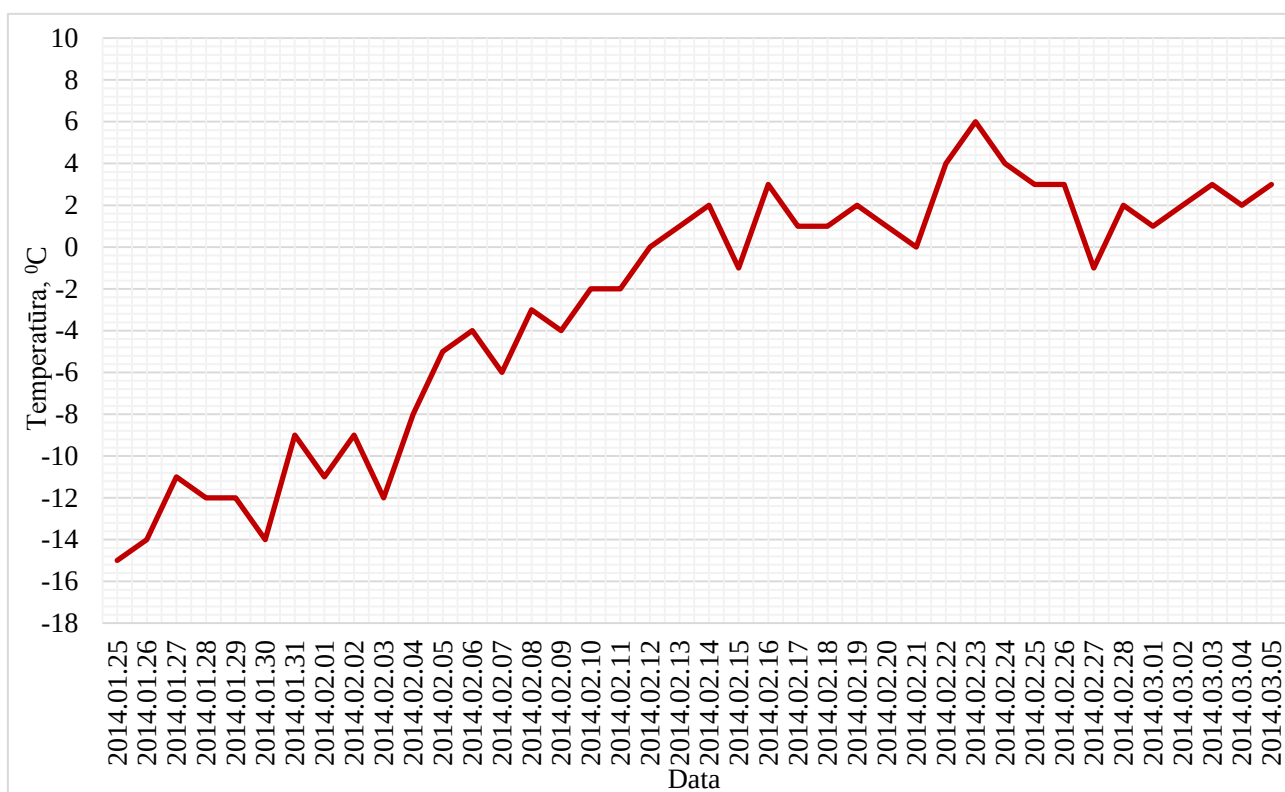
Modeliuojant *ADMS* programa reikia pasirinkti paviršiaus šiurkštumą, kuris priklauso nuo tiriamosios vietovės rūšies, aukštį, kuriame bus atliekami skaičiavimai, konkretaus teršalo nustatytos koncentracijos, jo ribinės vertės, foninė tarša. Taip pat modeliavimui reikalingi meteorologiniai duomenys, t.y. aplinkos temperatūra, vėjo greitis ir kryptis ir t.t. Kai suvedami visi reikalingi duomenys, naudojantis programa atliekami skaičiavimai ir gaunami galutiniai sklaidos rezultatai *Surfer* programoje.

4.3. Švino koncentracijos matavimų ir modeliavimo Vilniaus mieste rezultatai

Atliekant švino matavimus kimininiais biosorbentais ir atliekant švino sklaidos modeliavimą programa ADMS 4.2, reikia įvertinti tiriamųjų laikotarpių meteorologines sąlygas. Toliau pateikiami kiekvieno tiriamojo laikotarpio meteorologinės sąlygos ir švino sklaidos modeliavimo rezultatai.

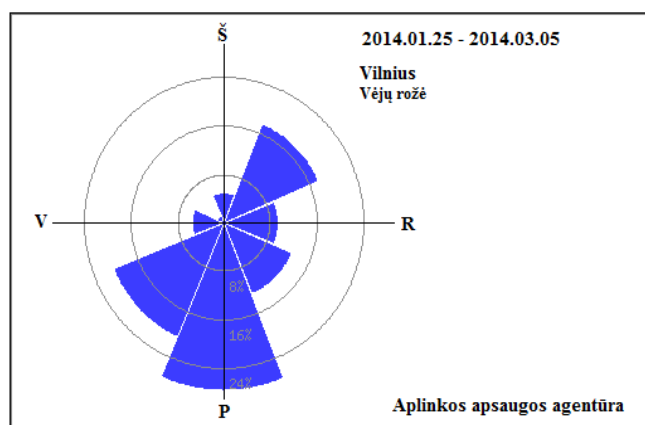
Pirmojo tiriamojo laikotarpio meteorologiniai duomenys ir rezultatai

Žiemos tyrimo laikotarpio metu (2014.01.25 – 2014.03.05) kiekvienos paros vidutinės oro temperatūros kitimas pateiktas 4.2 paveiksle. Viso tiriamojo laikotarpio vidutinė oro temperatūra Vilniaus mieste siekė minus 2,9 °C. Žemiausia vidutinė paros oro temperatūra tyrimo metu buvo nustatyta Vilniuje – minus 15 °C, aukščiausia – plus 6 °C.



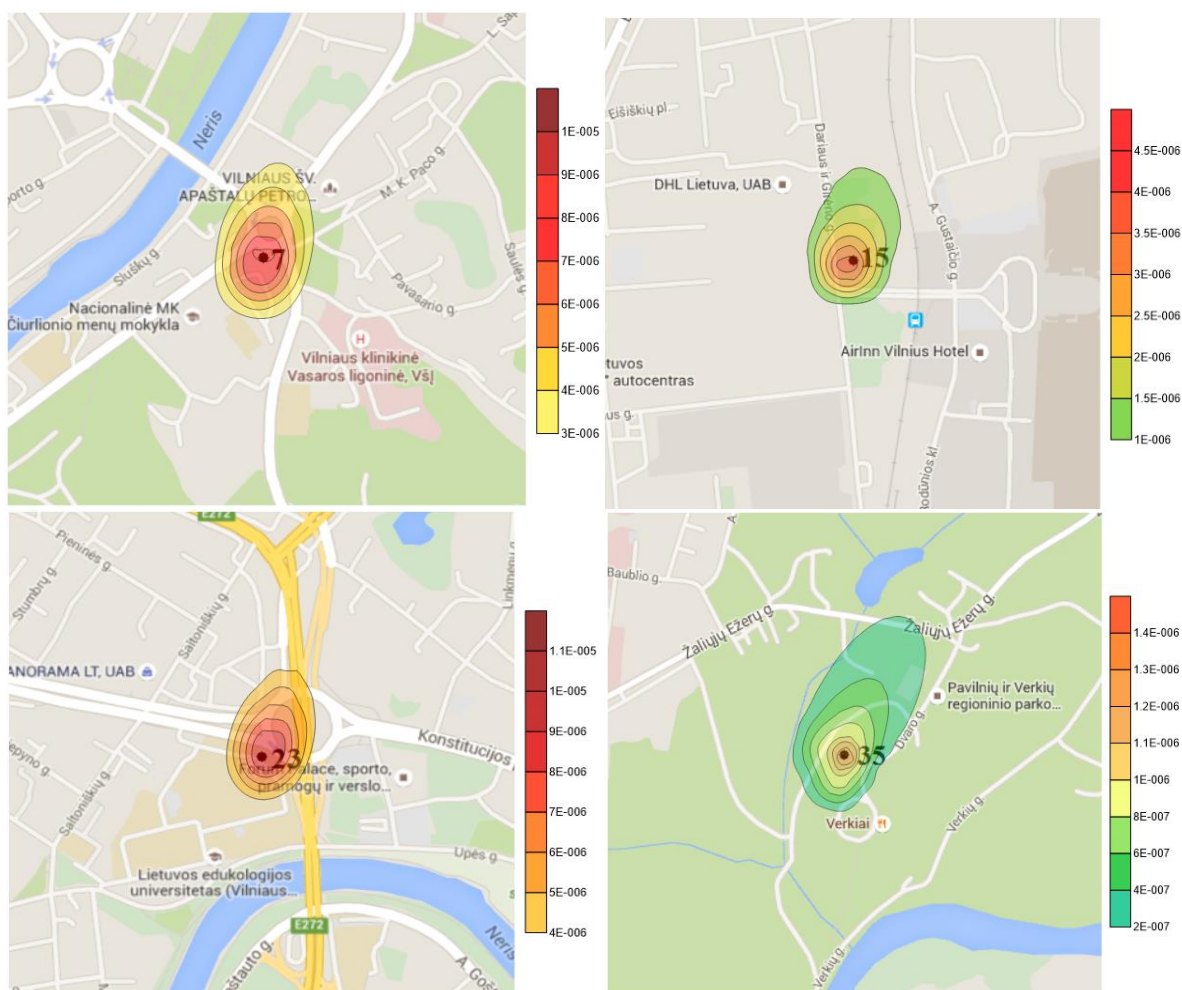
4.2 pav. Vidutinė paros oro temperatūra Vilniaus mieste pirmojo tyrimo laikotarpiu

Didžiausias vėjo greitis pirmojo tiriamojo laikotarpio metu siekė 15–21 m/s. Vidutinis vėjo greitis šiuos tyrimo laikotarpiu buvo 5,4 m/s. Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros monitoringo duomenimis, pirmuoju tiriamuoju laikotarpiu Vilniaus mieste vyravo pietų ir pietvakarių krypties vėjas. Vėjo krypčių pasiskirstymo diagrama pateikta 4.3 paveiksle.



4.3 pav. Vėjų krypčių pasikartojimas Vilniaus mieste pirmuoju tyrimo laikotarpiu (Aplinkos apsaugos... 2014)

Atsižvelgiant į meteorologinius duomenis ir nustatytus švino kiekius pasirinktuose eksponuotuose kimininiuose biosorbentuose (3.9 lentelė), buvo atliktas švino sklaidos modeliavimas *ADMS 4.2* modeliavimo programa. Švino sklaidos modeliavimo rezultatai pateikti 4.4, 4.7, 4.10 ir 4.13 paveiksluose.



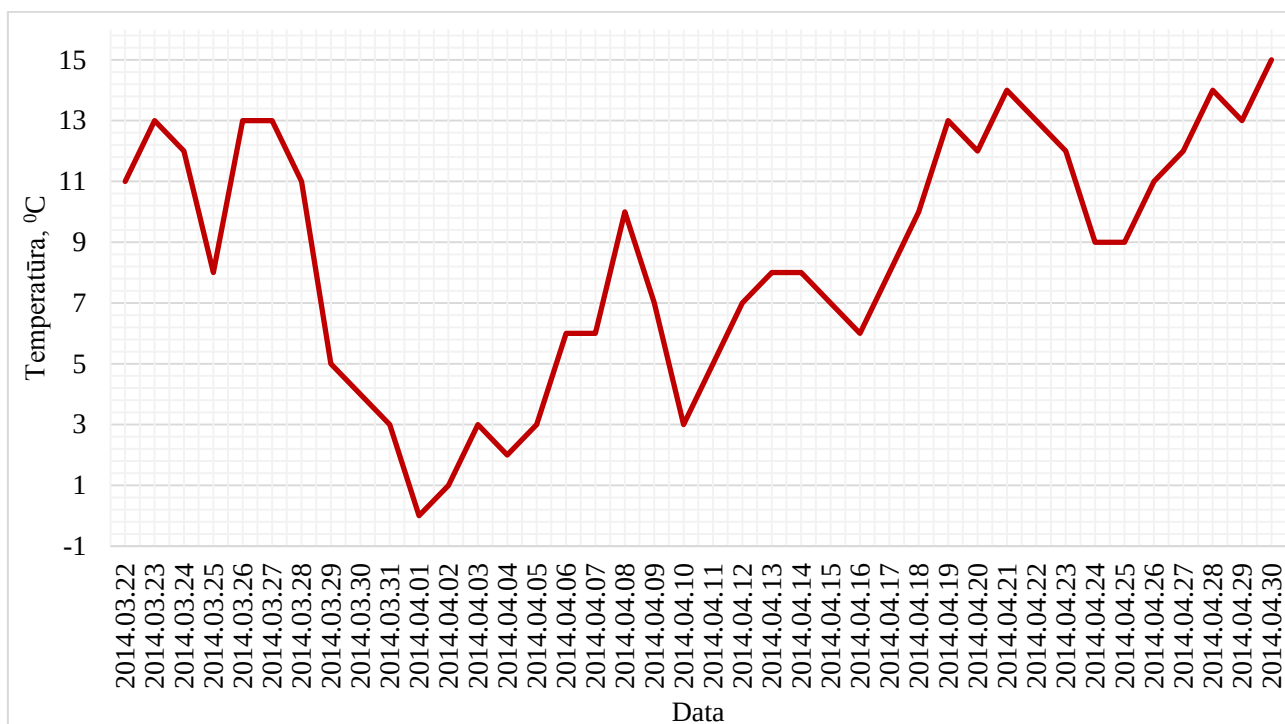
4.4 pav. Pirmojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai

Pirmojo tyrimo laikotarpio metu nustatyta, kad vidutiniškai per šį biosorbentų ekspozicijos laikotarpį per 1 sekundę kimininiais biosorbentais buvo adsorbuota švino nuo 0,00055 iki 0,0013 $\mu\text{g/kg}$ priklausomai nuo tyrimo vietos. Mažiausias švino kiekis nustatytas biosorbente, kuris buvo eksponuotas Verkių parke esančiame tiriamajame taške (Nr. 35). Šioje vietoje vidutiniškai švino adsorbuota žiemos metu 0,00075 $\mu\text{g/kg/s}$. Šiek tiek didesnis oro užterštumas švinu nustatytas tyrimo vietoje, pažymėtoje Nr. 15. Šioje vietoje vidutiniškai švino buvo adsorbuojama 0,0011 $\mu\text{g/kg}$. Biosorbente, kurio tyrimo vietos Nr. 7, buvo nustatytas švino kiekis didesnis nei biosorbentuose, kurių tiriamųjų vietų Nr. 35 ir 15. Šioje tiriamojoje vietoje kimininiais biosorbentu vidutiniškai buvo adsorbuojama 0,00127 $\mu\text{g/kg}$. Labiausiai užteršta vieta iš tiriamųjų teritorijų, nustatyta vietoje, kurios Nr. 23. Nustatyta, kad šioje vietoje biosorbentu vidutiniškai buvo adsorbuojama 0,00130 $\mu\text{g/kg}$ švino.

Atlikus teršalų sklaidos modeliavimą šiose vietose nustatyta, kaip ir kuria kryptimi sklinda švinas nuo tiriamosios vietos. Kadangi pirmuoju tiriamuoju laikotarpiu vyravo pietų ir vakarų krypties vėjas, todėl atitinkamai modeliavimo rezultatuose matyti, jog teršalai sklinda šiaurės rytų kryptimi.

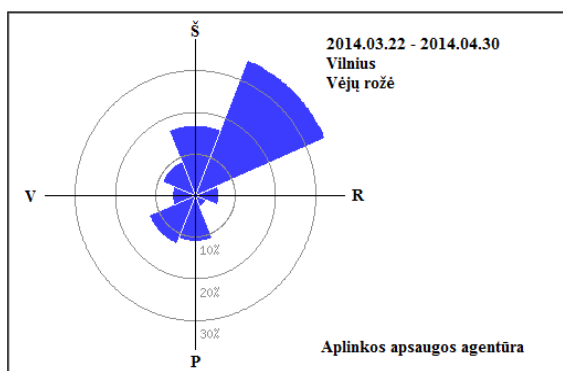
Antrojo tiriamojo laikotarpio meteorologiniai duomenys ir rezultatai

Pavasario tyrimo laikotarpio metu (2014.03.22 – 2014.05.01), kiekvienos paros vidutinė oro temperatūros kitimas pateiktas 4.5 paveiksle. Viso tiriamojo laikotarpio vidutinė oro temperatūra Vilniaus mieste siekė plus 8,5 $^{\circ}\text{C}$. Žemiausia vidutinė paros oro temperatūra tyrimo metu buvo Vilniuje – 0 $^{\circ}\text{C}$, aukščiausia – plus 15 $^{\circ}\text{C}$.



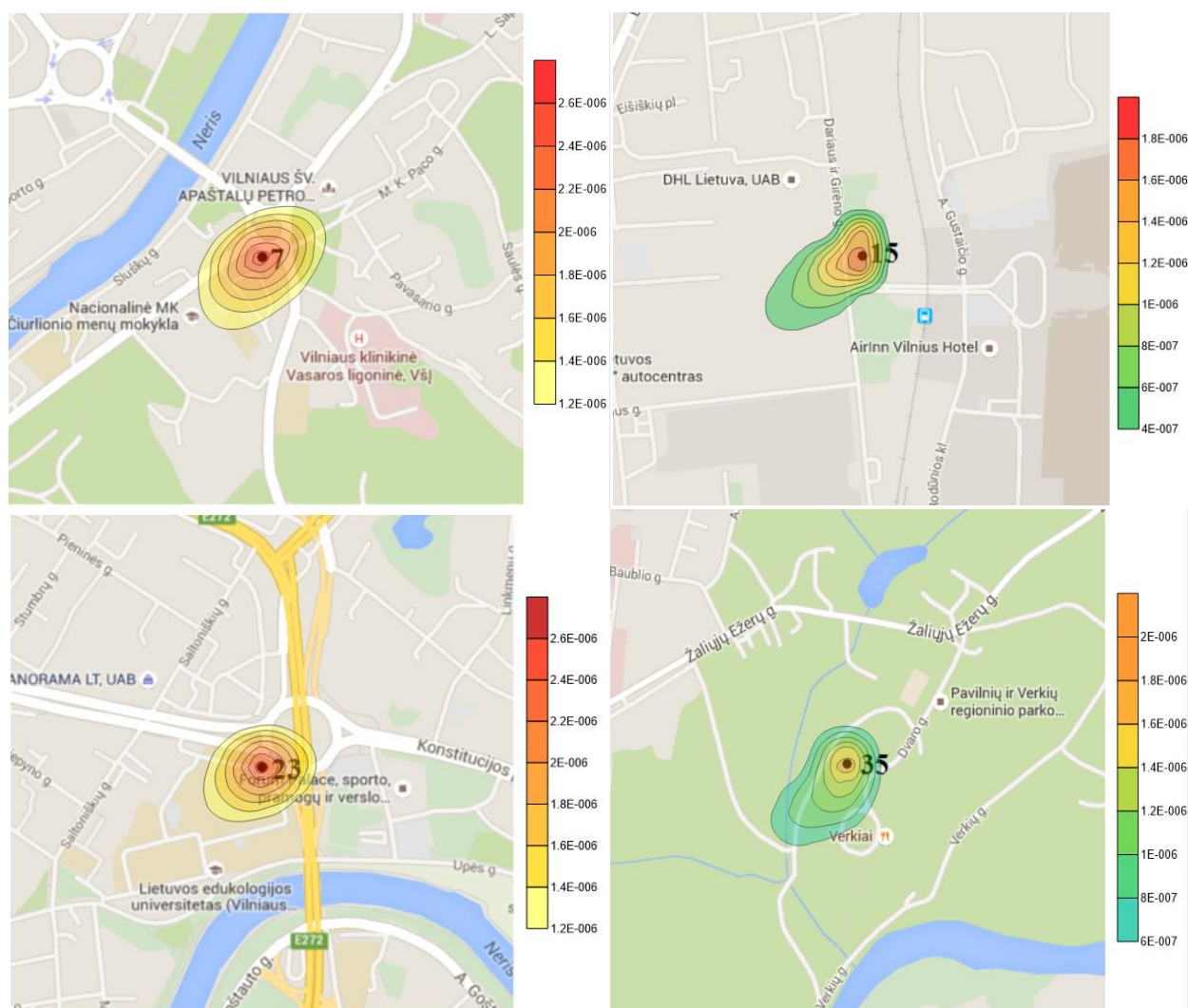
4.5 pav. Vidutinė paros temperatūra Vilniaus mieste antruoju laikotarpiu

Antruoju tiriamuoju laikotarpiu Vilniaus mieste vyravo šiaurės rytų krypties vėjas. Vidutinis vėjo greitis antruoju tiriamuoju laikotarpiu siekė 5,6 m/s. Vėjo krypčių pasiskirstymo diagrama pateikta 4.6 paveiksle.



4.6 pav. Vėjų krypčių pasiskirstymas Vilniaus mieste antruoju tyrimo laikotarpiu

Pavasario tiriamojo laikotarpio atliktas švino sklaidos modeliavimas ir švino sklaidos modeliavimo rezultatai visų 4 tiriamųjų vietų pateikti 4.7 paveiksle.



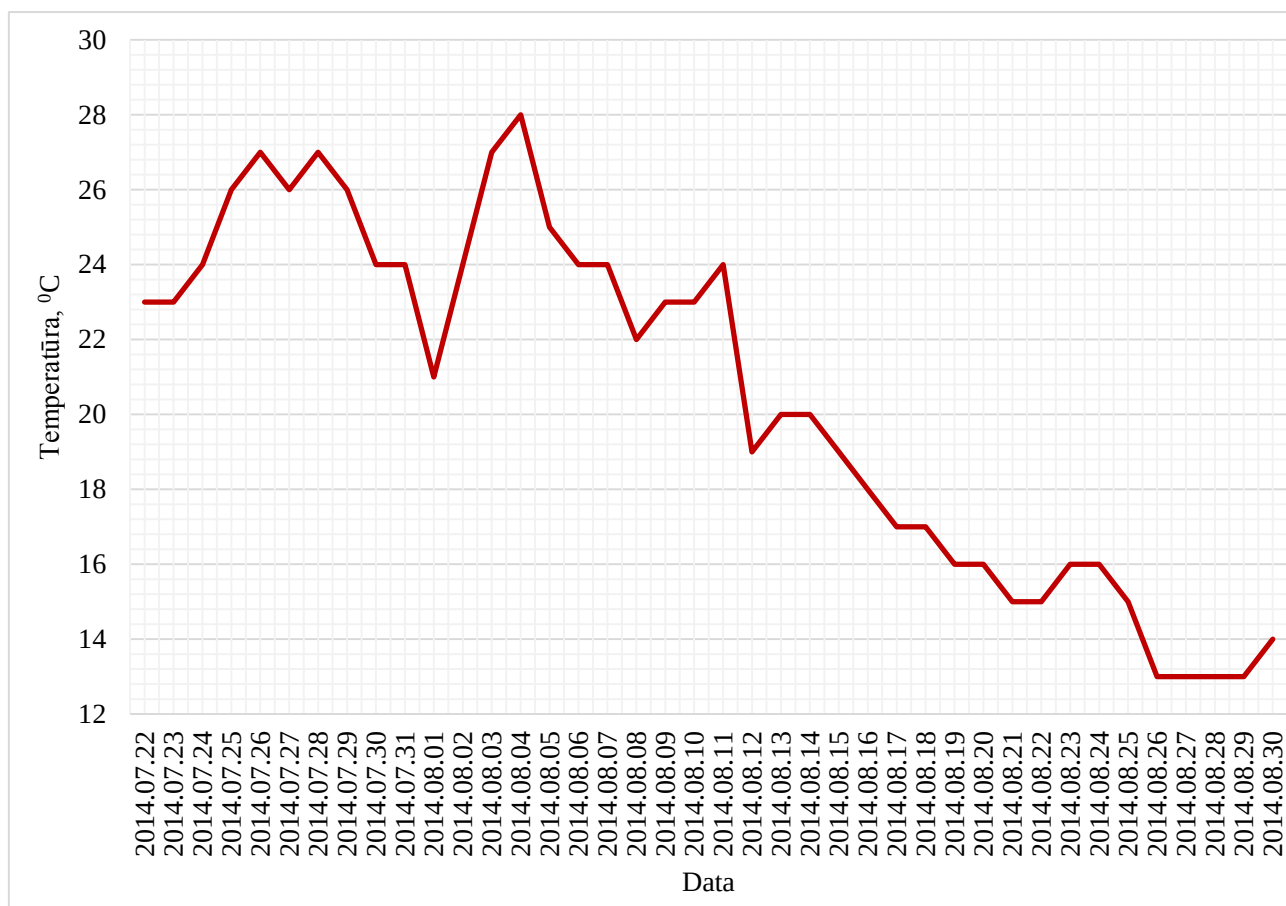
4.7 pav. Antrojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai

Antrojo tyrimo laikotarpio metu nustatyta, kad vidutiniškai per šį biosorbentų ekspozicijos laikotarpį per 1 sekundę kimininiais biosorbentais buvo adsorbuota švino nuo 0,00063 iki 0,0011 $\mu\text{g/kg}$. Antrojo, kaip ir pirmojo, tiriamojo laikotarpio rezultatai panašūs – biosorbentai pagal adsorbuotą švino kiekį išsidėstę ta pačia seka. Mažiausias švino kiekis nustatytas biosorbente, kuris buvo eksponuotas tiriamajame taške, kurio Nr. 35. Šioje vietoje vidutiniškai švino adsorbuota vasaros tiriamuoju metu 0,00063 $\mu\text{g/kg}$. Tyrimo vietoje, pažymėtoje Nr. 15 nustatyta, kad švino adsorbuojama buvo 0,00090 $\mu\text{g/kg}$. Biosorbente, kurio tyrimo vieta Nr. 7, ekspozicijos laikotarpiu vidutiniškai buvo adsorbuojama 0,00107 $\mu\text{g/kg}$ švino. Nustatyta, kad labiausiai užteršta švinu vietoje, kurios Nr. 23, ir biosorbentu vidutiniškai buvo adsorbuojama 0,00110 $\mu\text{g/kg}$ švino.

Atlikus teršalų sklaidos modeliavimą, atsižvelgiant į meteorologines sąlygas, šiose vietose, kaip matyti 4.7 paveiksle, teršalai nuo tiriamosios vietos intensyviausiai sklinda pietvakarių kryptimi, kadangi šiuo tiriamuoju laikotarpiu vyravo šiaurės rytų vėjas.

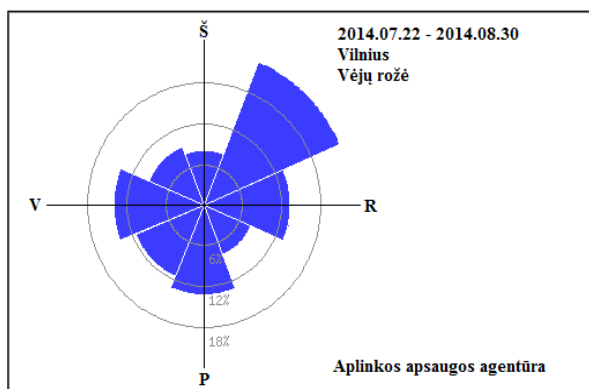
Trečiojo tiriamojo laikotarpio meteorologiniai duomenys ir rezultatai

Vasaros tyrimo laikotarpio metu (2014.07.22 – 2014.08.30), kiekvienos paros vidutinė oro temperatūra pateikta 4.8 paveiksle. Viso tyrimo laikotarpio vidutinė oro temperatūra Vilniaus mieste siekė plus 20,5 $^{\circ}\text{C}$. Žemiausia vidutinė paros oro temperatūra tyrimo metu buvo nustatyta – 13 $^{\circ}\text{C}$, aukščiausia – plus 28 $^{\circ}\text{C}$.



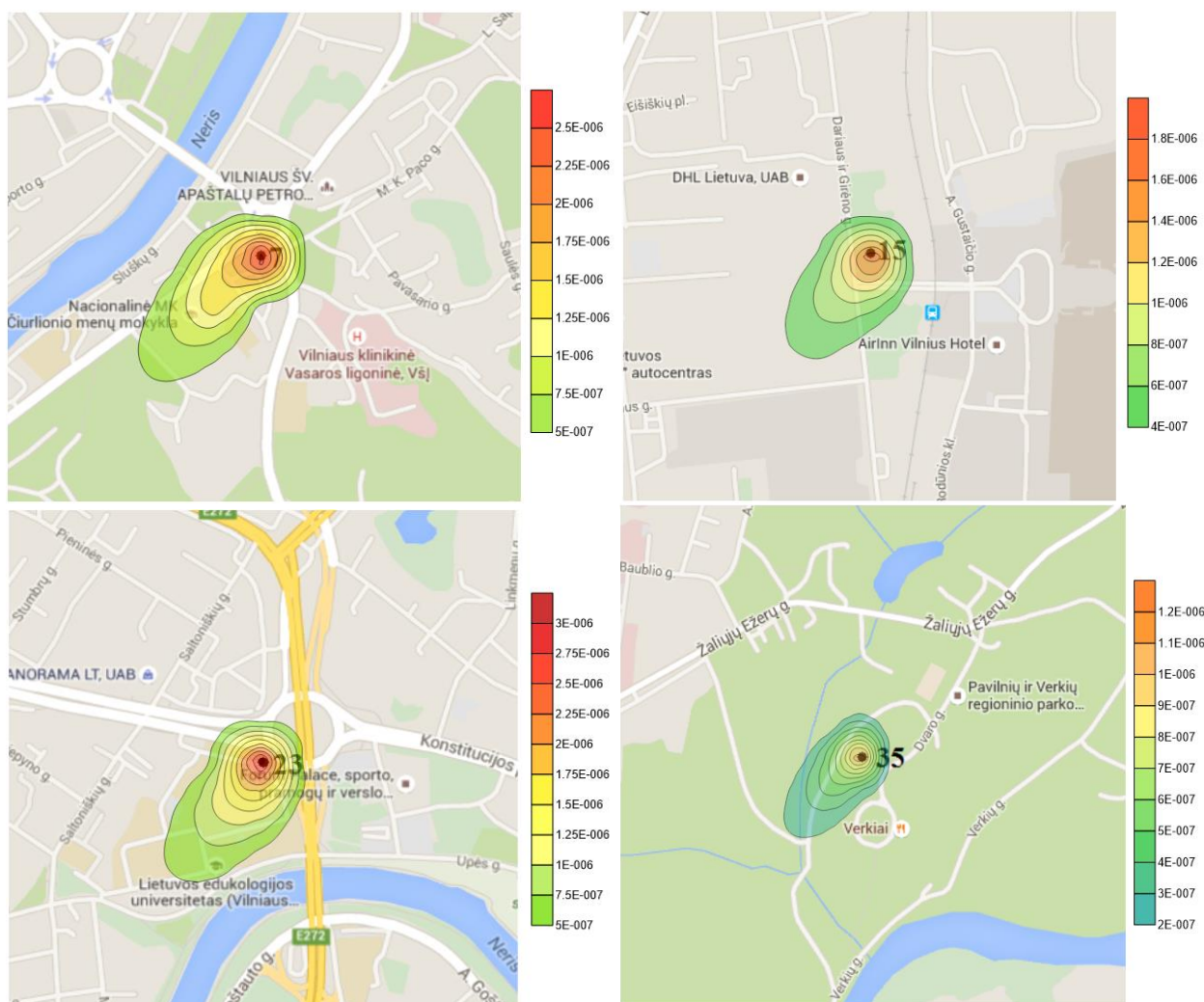
4.8 pav. Vidutinė paros temperatūra Vilniaus mieste trečiuoju laikotarpiu

Vidutinis vėjo greitis šiuo tiriamuoju laikotarpiu Vilniuje siekė 7,1 m/s. Vėjo krypčių pasiskirstymo diagramos pateiktos 3.12 paveiksle.



4.9 pav. Vėjų krypčių pasikartojimas Vilniaus mieste trečiuoju tyrimo laikotarpiu

Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros monitoringo duomenimis, trečiuoju tiriamuoju laikotarpiu Vilniaus mieste vyravo taip pat kaip ir antruoju laikotarpiu šiaurės rytų krypties vėjas. Vasaros tyrimo laikotarpiu vidutinis vėjo greitis, kaip ir vidutinė oro temperatūra, lyginant su kitų sezonų tyrimų laikotarpiais, buvo didžiausia, tai lėmė palankesnes sąlygas teršalų sklaidai aplinkos ore. Atsižvelgiant į meteorologinius duomenis, atliktas švino sklaidos modeliavimas ir švino sklaidos modeliavimo rezultatai visų 4 tiriamųjų vietų pateikti 4.10 paveiksle.



4.10 pav. Trečiojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai

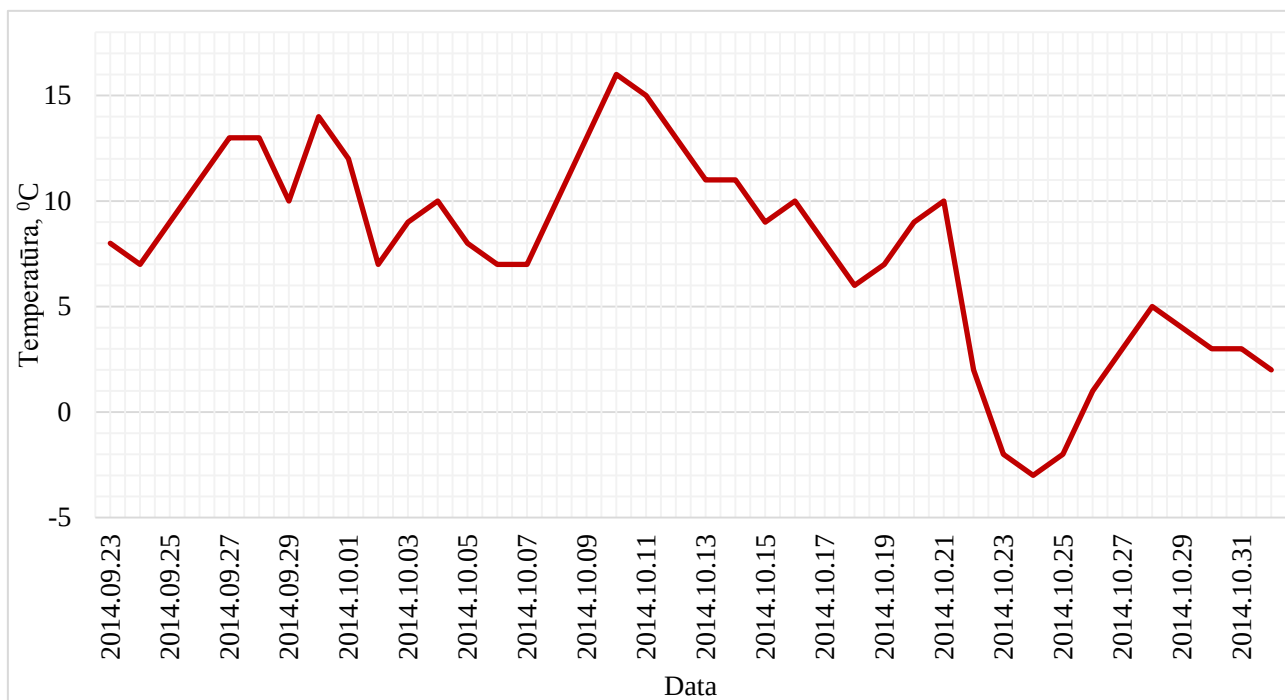
Trečiojo tyrimo laikotarpio metu nustatyta, kad vidutiniškai per šį biosorbentų ekspozicijos laikotarpį per 1 sekundę kimininiais biosorbentais buvo adsorbuota švino nuo 0,00055 iki 0,00092 $\mu\text{g/kg}$. Trečiuoju tiriamuoju laikotarpiu mažiausias švino kiekis, kaip ir kitais laikotarpiais, nustatytas biosorbente, kuris buvo eksponuotas tiriamajame taške, kurio Nr. 35 ir vidutiniškai švino adsorbuota 0,00055 $\mu\text{g/kg}$. Tyrimo vietoje, pažymėtoje Nr. 15 nustatyta, kad švino adsorbuojama buvo 0,00075 $\mu\text{g/kg}$. Vasaros tiriamuoju laikotarpiu nustatyta, kad biosorbentu, kurio tyrimo vieta Nr. 7, buvo adsorbuotas didesnis kiekis švino, nei biosorbentu, kurio Nr. 23. Biosorbentu Nr. 23 buvo adsorbuota 0,00090 $\mu\text{g/kg}$ švino, o biosorbentu Nr. 7 – 0,00092 $\mu\text{g/kg}$.

Kaip matyti 4.10 paveiksle, teršalai nuo tiriamųjų vietų, vasaros sezono tiriamuoju metu, sklido pietvakarių kryptimi, kadangi tuo metu vyravo šiaurės rytų vėjas.

Ketvirtąjo tiriamojo laikotarpio meteorologiniai duomenys ir rezultatai

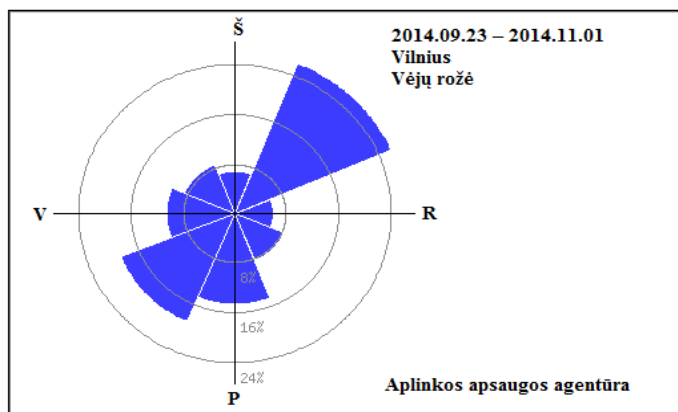
Toliau pateikiami duomenys apie ketvirtuoju tyrimo laikotarpiu vyrausią aplinkos oro temperatūrą, bei vėjo krypčių pasiskirstymus. Rudens tyrimo laikotarpio metu, kiekvienos paros vidutinė oro temperatūra pateikta 4.11 paveiksle. Viso tyrimo laikotarpio vidutinė oro temperatūra

Vilniaus mieste siekė plus 7,7 °C. Žemiausia vidutinė paros oro temperatūra tyrimo metu buvo nustatyta minus 3 °C, aukščiausia – plus 16 °C.



4.11 pav. Vidutinė paros temperatūra Vilniaus mieste ketvirtuoju laikotarpiu

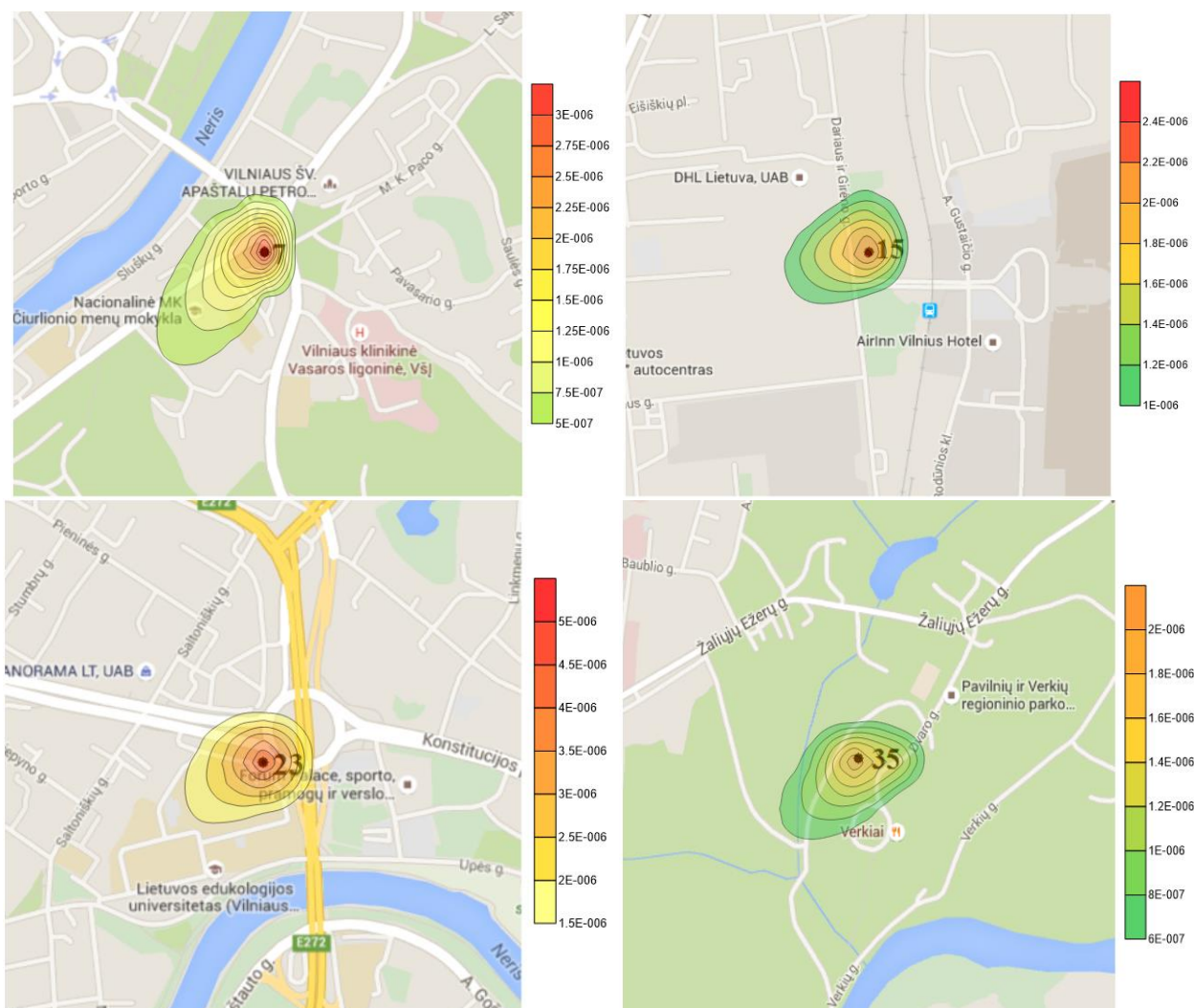
Vidutinis vėjo greitis šiuo tiriamuoju laikotarpiu Vilniuje siekė 5,1 m/s. Vėjo kryptių pasiskirstymo diagramos pateikta 4.12 paveiksle.



4.12 pav. Vėjų kryptių pasiskirstymas Vilniaus mieste ketvirtuoju tyrimo laikotarpiu

Remiantis Aplinkos apsaugos agentūros monitoringo duomenimis, ketvirtuoju tiriamuoju laikotarpiu Vilniaus mieste vyraavo šiaurės rytų krypties vėjas, taip pat dažnai pasikartojo pietvakarių krypties vėjas.

Kaip matyti 4.13 paveiksle, atlikus teršalų sklaidos modeliavimą, teršalai nuo tiriamosios vietos sklinda pietvakarių kryptimi.



4.13 pav. Ketvirtojo tyrimo laikotarpio švino sklaidos modeliavimo rezultatai

Ketvirtojo tyrimo laikotarpio metu nustatyta, kad vidutiniškai per šį biosorbentų ekspozicijos laikotarpį per 1 sekundę kiminiais biosorbentais buvo adsorbuota švino nuo 0,00063 iki 0,0011 $\mu\text{g/kg}$. Mažiausias švino kiekis nustatytas biosorbente, kaip ir visų kitų tiriamųjų laikotarpių metu, kuris buvo eksponuotas tiriamajame taške, kurio Nr. 35. Šioje vietoje vidutiniškai švino adsorbuota vasaros tiramuoju metu 0,00067 $\mu\text{g/kg}$. Tyrimo vietoje, pažymėtoje Nr. 15, nustatyta, kad švino adsorbuojama buvo 0,00087 $\mu\text{g/kg}$. Biosorbente, kurio tyrimo vieta Nr. 7, ekspozicijos laikotarpiu vidutiniškai buvo adsorbuojama 0,00101 $\mu\text{g/kg}$ švino. Nustatyta, kad labiausiai užteršta švinu vietoje, kurios Nr. 23, ir biosorbentu vidutiniškai buvo adsorbuojama 0,00107 $\mu\text{g/kg}$ švino.

4.4. Ketvirtojo skyriaus išvados

1. Kimininiuose biosorbentuose, kurie buvo naudoti bioindikaciniam oro taršos vertinimui, buvo nustatytas švino sukaupimas per eksponavimo laikotarpį ir, remiantis gautais rezultatais, siekiant tinkamai įvertinti švino sklaidą, atliktas švino sklaidos tiriamuosiuose taškuose modeliavimas, naudojantis modeliavimo programa *ADMS 4.2*.

2. Atlikus teršalų sklaidos modeliavimą 4 ekspozicijos laikotarpiais (visais metų laikais po vieną kartą) pasirinktose vietose nustatyta kaip ir kuria kryptimi sklinda švinas nuo tiriamosios vietos. Žiemos sezono tiriamojo laikotarpio metu vyravo pietų ir vakarų krypties vėjas, todėl atitinkamai modeliavimo rezultatuose matyti, jog teršalai sklinda šiaurės rytų kryptimi. Pavasario sezono tiriamojo laikotarpio metu, teršalai nuo tiriamosios vietos intensyviausiai sklido pietvakarių kryptimi, kadangi šiuo tiriamuoju laikotarpiu vyravo šiaurės rytų vėjas. Vasaros sezono tiriamuoju metu teršalai sklido pietvakarių kryptimi, kadangi tuo metu vyravo šiaurės rytų vėjas. Rudens tiriamuoju metu teršalai nuo tiriamosios vietos sklido pietvakarių kryptimi. Kadangi žiemos sezono tiriamuoju laikotarpiu vidutinis vėjo greitis buvo didžiausias, lyginant su kitų laikotarpių metu atliktais tyrimais, todėl teršalų sklaida labiau koncentruota pavėjine kryptimi ir ne tokia pasklidusi, kaip kitais atvejais.
3. Atliekant švino sklaidos modeliavimą, pagrindiniai veiksniai, turintys daugiausiai įtakos teršalo sklaidai tiriamosios teritorijos ore, buvo vyravusio vėjo kryptys ir greitis bei teritorijos tipas, kurioje buvo eksponuotas kimininis biosorbentas.

BENDROSIOS IŠVADOS

1. Atlikus literatūros analizę, tolimesniems tyrimams pasirenkamas aktyviojo biomonitoringo metodas, taikant magelanių kiminą, kaip oro teršalų biosorbentą, ir sėjamąją pipirnę, kaip bioindikacinį augalą. Pagrindiniai bioindikacinio metodo pranašumai prieš kitus metodus yra galimybė surinkti informaciją didelėje teritorijoje, galima vizualiai stebėti organizmų reakciją į teršalus, nereikia sudėtingos įrangos ar priemonių, norint atlikti tyrimus.
2. Atlikus oro taršos tyrimus bioindikaciniu metodu Vilniaus ir Šiaulių miestuose su sėjamąją pipirne, visais sezonais abiejuose miestuose didžiausią dalį tiriamojo ploto užėmė vidutiniškai užterštos (III) kategorijos plotas, mažiausiai – santykinai neužterštos (I) ir stipriai užterštos (IV) kategorijos plotai. Pagal nustatytus oro taršos padidėjimus tam tikrose miestų vietose ir skirtingų sezonų metu, galima išskirti, kad aplinkos oro kokybei didžiausią įtaką turi transporto sukeliama tarša, o šaltuoju metų laiku nustatyti taršos padidėjimai taip pat ir gyvenamųjų namų mikrorajonuose dėl patalpų šildymo.
3. Išanalizavus atlikto bioindikacinio oro taršos tyrimo su sėjamosiomis pipirnėmis ir magelaniniais kiminiais rezultatus, buvo atrinkta 16 eksponuotų kimininių biosorbentų, kuriuose nustatytas sukauptas švino kiekis atominės absorbcinės spektrometrinės analizės metodu. Nustatytas stiprus ryšys tarp švino koncentracijos biosorbentuose ir pipirnių augimo rodiklių. Koreliacijos koeficientas lygus -0,91, tai rodo gana stiprų ryšį.
4. Atlikus pirmąjį eksperimentinį tyrimą, drėkinant sėjamųjų pipirnių augimo terpę švino tirpalais, kurių koncentracija buvo 0, 1, 50 ir 100 mg/l, nustatyta, kad pipirnių reakcija į šviną yra labai stipri ir švino kiekis pipirnių augimo terpėje turi neigiamos įtakos pipirnių sėklų daigumui ir sudygimo laikui.
5. Atlikus antrąjį eksperimentinį tyrimą nustatyta, kad stipriausi ryšiai yra tarp švino kiekio pipirnių augimo terpėje ir pipirnių stiebų aukščių, šaknų ilgių, daigų svorių. Šių rodiklių koreliacijos koeficientai vienodi ir lygūs -0,96. Mažiausias ryšys iš nagrinėtų rodiklių – sudygusių daigų skaičiaus (koreliacijos koeficientas lygus -0,91).
6. Siekiant tinkamai įvertinti švino sklaidą, atliktas švino sklaidos pasirinktuose tiriamuosiuose taškuose modeliavimas. Atliekus švino sklaidos modeliavimą, pagrindiniai veiksniai, turėję daugiausiai įtakos teršalo sklaidai tiriamosios teritorijos ore, buvo vyraavusio vėjo kryptys ir greitis bei teritorijos tipas, kurioje buvo eksponuotas kimininis biosorbentas.

REKOMENDACIJOS

Atliekant bioindikacinį oro taršos vertinimą, naudojant kimininius biosorbentus ir sėjamasias pipirnes, kaip bioindikatorių, bandinių našumai apskaičiuojami pagal santykinio daigų stiebų aukščio formulę – h_{s_i} . Remiantis gautais eksperimento rezultatais, norint gauti patikimesnius tokio tyrimo rezultatus, siūloma, skaičiuojant bandinių našumus, į skaičiavimus įtraukti daigų svorius ir šaknų ilgius. Mėginį prilyginti 100 % rekomenduojama tą, kurio augimo rodikliai būtų geriausi bendrai atsižvelgus į visus minėtuosius augimo rodiklius. Tokiu atveju, tyrimo rezultatai būtų tikslesni.

LITERATŪRA

- ADMS – Airport. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 m. gruodžio 16 d. Prieiga per internetą: <<http://www.environment.lv/upload/content/20130604162158.pdf>>.
- ADMS – Roads. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 m. gruodžio 16 d. Prieiga per internetą: <<http://www.environment.lv/upload/content/20130604162241.pdf>>.
- ADMS – Screen 3. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 m. gruodžio 16 d. Prieiga per internetą: <<http://www.environment.lv/upload/content/20130604162303.pdf>>.
- ADMS – Urban. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 m. gruodžio 16 d. Prieiga per internetą: <<http://www.environment.lv/upload/content/20130604162140.pdf>>.
- Antanaitis, J. 2001. Sunkiųjų metalų paplitimas gamtoje ir jų poveikis gyviesiems organizmams. Kn.: Mažvila J. (sud.). *Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose*. Kaunas: Lietuvos žemdirbystės institutas, p. 16–32.
- Aplinkos apsaugos agentūra. Aplinkos oro kokybės vertinimas naudojant modelius. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 m. spalio 31 d. Prieiga per internetą: <<http://aaa.am.lt/VI/files/0.258343001155980314.doc>>.
- Aplinkos apsaugos agentūra. Aplinkos oro kokybės vertinimo vadovas. Nacionalinių taršos mažinimo bei oro kokybės vertinimo programų paruošimas. [Interaktyvus]. 2006. Žiūrėta 2014 m. lapkričio 3 d. Prieiga per internetą: <http://gamta.lt/files/Aplinkos_oro_kokybes_vertinimo_vadovas.pdf>.
- Aplinkos apsaugos agentūra. Galutinė atrankos išvada dėl energijos gamybos iš atsinaujinančių energijos išteklių (biokuro) poveikio aplinkai vertinimo. [Interaktyvus]. 2013. Žiūrėta 2014 spalio 31 d. Prieiga per internetą: <http://gamta.lt/files/Galutine%20atrankos%20isvada%20del%20Kauno%20termofikacines%20elektrines_185%20MW%20katilo-1.pdf>.
- Aplinkos sveikata. Cheminė tarša. ASU. [Interaktyvus]. 2005. Žiūrėta 2014 m. kovo 10 d. Prieiga per internetą: <http://www.asu.lt/nm/l-projektas/-Aplinkos_tarsa/6.htm>.
- Ašmenskas, J.; Baubinas, A.; Obelenis, V.; Šimkunienė, P. 1997. Aplinkos medicina: vadovėlis gydomosios medicinos studentams. Vilnius: Avicena. 481 p.
- Baltrėnaitė, E. 2007. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, aplinkos inžinerija ir kraštotvarka. Sunkiųjų metalų pernašos iš dirvožemio į medį tyrimai ir įvertinimas. Vilnius: Technika. 154 p.

- Baltrėnas, P., Vaitiekūnas, P., Bačiulytė, Ž. 2008. Geležinkelio transporto taršos sunkiaisiais metalais dirvožemyje tyrimai ir įvertinimas. *Journal of environmental engineering and landscape management*. 17(4): 244-251.
- Baltrėnas, P.; Butkus, D.; Oškinis, V.; Vasarevičius, S.; Zigmontienė, A. 2008. *Aplinkos apsauga*. Mokomoji knyga. Vilnius: Technika. 545 p.
- Baltrėnas, P.; Jankaitė, A. 2003. Dirvožemio užterštumo sunkiaisiais metalais tyrimai magistralėje Via Baltica. *Rusijos ekologija ir pramonė*. Maskva. 41–44.
- Bartkevičius, E. 1993. Bioindikacinių ir biotestavimo metodų panaudojimas aplinkos užterštumo bei pakenktų medynų būklės produktyvumo vertinimui. Kaunas: VDU leidykla. 79 p.
- Batic, F.; Kastelec, D.; Mavsar, R., Mayrhofer, H.; Mrak, T. 2004. Epiphytic lichens as environmental indicators: Epiphytic lichens as indicators of anthropogenic impact and biodiversity in Slovenian forests. Ljubljana, Slovenia.
- Biohidrica. For determination of the direct effects of chemical on seed germination and early growth of plants. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2015 m. sausio 3 d. Prieiga per internetą: <<http://www.biohidrica.cl/pdfs/phytotestkit-protocol.pdf>>.
- Chakraborty, S; Paratkar, G. T. 2006. Biomonitoring of Trace Element Air Pollution Using Mosses. *Aerosol and Air Quality Research* 6(3): 247–258.
- Cidzikienė, V. Kvapų turinčių teršalų sklaidos modeliavimas valomo ežero aplinkoje. [Interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2015 m. sausio 10 d. Prieiga per internetą: <http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:J.04~2010~ISSN_1648-8776.N_3_28.PG_6-11/DS.002.0.01.ARTIC>.
- Cinti, L. Fluorescent cress plants. [Interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2014 m. vasario 21 d. Prieiga per internetą: <<http://c-lab.co.uk/experiments-details/fluorescent-cress-plants.html>>.
- Conti, M. E.; Cecchetti G. 2001. Biological monitoring: lichens as bioindicators of air pollution assessment: a review. *Environmental Pollution* 114(6): 471–492.
- Četkauskaitė, A. 1999. Ekotoksikologija: cheminių medžiagų veikimo mechanizmai. Mokomoji knyga. Vilnius: Vilniaus Universiteto leidykla. 455 p.
- Daillant, O.; Kirchner, G.; Beltramo, J. L.; Gueidan, C.; Jaquiot, L.; Joyeux, E.; Loizeau, M. N.; Paris, A.; Pognat, G.; Tillier, C. 2000. Lichens and new possibilities of bio-indication in France. *Biomonitoring of atmospheric pollution (with emphasis on trace elements) – BioMAP II*, 118–125.

- Dulskienė, V. 2003. Aplinkos oro užterštumas švinu ir sergamumas miokardo infarktu. *Medicina*. 39(9): 884–888.
- Fatokia, O. S. 1996. Trace zinc and copper concentration in roadside surface soils and vegetation – measurement of local atmospheric pollution in Alice, South Africa. *Environment International*. 22(6): 759–762.
- Gartel, W. Necrosis on a grape leaf caused by hydrogen fluoride emitted from an aluminum plant. American Phytopathological Society. [Interaktyvus]. 2006. Žiūrėta 2013 m. lapkričio 3 d. Prieiga per internetą: <<http://www.pbs.org/now/shows/226/hazardous-chemicals.html>>.
- Gedminas A., Ozolinčius R. Ozonas – miško draugas ar priešas. Lietuvos miškų institutas. [Interaktyvus]. Žiūrėta 2013 m. lapkričio 3 d. Prieiga per internetą: <http://gamta.vdu.lt/bakalaurai/pop_straipsniai/ozonas_miske/ozonas_miske.html>.
- Gilbert, O. L. 1965. Lichens as indicators of air pollution in the Tyne valley. Ecology and the Industrial Society, pp. 3s—47. Oxford.
- Gilbert, O. L. 1968. Bryophytes as indicators of the air pollution of air pollution in the tyne valley. Department of Botany, The University, Newcastle upon Tyne. 67, 15-30.
- Giordani, P. 2007. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy. *Environmental Pollution*. 146: 317–323.
- Gries, C. 2003. Lichens as indicators of air pollution. Lichen biology, Cambridge: University Press. 255 p.
- Heinrich, D.; Hergt, M. 2000. *Ekologijos atlasas*. Vilnius: Alma litera. 280 p.
- Herk, C. M. 2001. Bark pH and susceptibility to toxic air pollutants as independent causes of changes in epiphytic lichen composition in space and time. *Lichenologist* 33(5): 419–441.
- Idzelis, R. L.; Mockutė, E.; Svecevičius, G. 2011. Sunkiųjų metalų bioakumuliacijos sidabrinių karosų *carrasius auratus gibelio* (Bloch.) organuose eksperimentiniai tyrimai. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. 19(2):107–113.
- Idzelis, R. L.; Sauliūtė, G.; Grigėlevičiūtė, J.; Svecevičius, G. 2012. Švino bioakumuliacijos atlantinių lašišų (*Salmo Salar L.*) kūno audiniuose eksperimentinis tyrimas ir lyginamoji analizė. *Mokslas – Lietuvos ateitis*. 4(5):423–429.
- Janick, J. 1986. Horticultural science, 4th ed. Purdue University: W.H. Freeman and Company Printed in the United States of America, New York. 746 p.

- Jankaitė, A.; Vasarevičius, S. 2007. Use of Poaceae f. Species to decontaminate soil from heavy metals. *Ekologija*. Vilnius: Lietuvos mokslų akademijos leidykla. 84-89 p.
- Jankūnienė, A. 2009. Vilniaus miesto oro užterštumo SO₂ įvertinimas naudojant bioindikatorius – grybą (*Rhytisma Acerinum*) ir kerpes (*Lichenes*), *Mokslas – Lietuvos ateitis*. Science – future of Lithuania. 1(4): 56–59.
- Jucevičienė, N. 2002. Pasyviosios ir aktyviosios lichenoidikacijos metodų taikymo miestų aplinkos monitoringo sistemoje tyrimai. Kaunas: VDU leidykla. 84 p.
- Kadūnas, V.; Budavičius, R.; Gregorauskienė, V.; Katinas, V.; Kliaugienė, E.; Radzevičius, A.; Taraškevičius, R. 1999. Lietuvos geocheminis atlasas. Vilnius: Lietuvos geologijos tarnyba. 90 p.
- Kansri, B. 2003. Using lichen as bioindicator of air pollution. Department of Biology Ramkhamhaeng University Bangkok, Thailand.
- Kauno miesto savivaldybė. Kauno miesto aplinkos stebėseną. [Interaktyvus]. 2009. Žiūrėta 2013 m. spalio 18 d. Prieiga per internetą: <<https://www.aplinka.kaunas.lt/files/2cd9c67b39a37509818ee7ac0951233d.doc>>.
- Kazlauskienė, A.; Grubliauskas, R.; Idzelis, R. L.; Zigmontienė, A. 2011. Klaipėda region municipality monitoring programs environmental-methodological approaches. *Proceedings of 8th International Conference “Environmental Engineering”*. Vilnius: Technika, Vol. 1. p. 162–168.
- Kłos, A.; Rajfur, M.; Waclawek, M. 2011. Application of enrichment factor (EF) to the interpretation of results from the biomonitoring studies. *Ecological Chemistry and Engineering* 18(2): 171–172.
- Krankalis R.; Aliošina I. 1997. Aplinkos apsauga Šiauliuose. *Ekologinis monitoringas*. Šiauliai: Lututė. 13–20 p.
- Kupčinskienė E. 2006. Latentiniai paprastosios pušies pakitimai lokalsios taršos aplinkoje. Monografija. Kaunas: Lututė. 254 p.
- Lange, O. L.; Belnap, J.; Reichenberger, H. 1998. Photosynthesis of the cyanobacterial soil-crust lichen *Collema tenax* from arid lands in southern Utah, USA: role of water content on light and temperature responses of CO₂ exchange. *Functional Ecology* 12(1): 195–202.
- Lietuvos statistikos departamentas. Rodiklių duomenų bazė. [interaktyvus]. Žiūrėta 2014 m. sausio 15 d. Prieiga per internetą: <<http://db1.stat.gov.lt/statbank/default.asp?w=1280>>.

- Lietuvos statistikos departamentas. Šiaulių miesto savivaldybė. [interaktyvus]. 2008. Žiūrėta 2014 m. vasario 20 d. Prieiga per internetą: <http://regionai.stat.gov.lt/lt/siauliu_apskritis/siauliu_miesto_savivaldybe.html>.
- Lietuvos statistikos departamentas. Vilniaus miesto savivaldybė. [Interaktyvus]. 2008. Žiūrėta 2014 m. vasario 20 d. Prieiga per internetą: <http://regionai.stat.gov.lt/lt/vilniaus_apskritis/vilniaus_miesto_savivaldybe.html>.
- Markert, B. A.; Breure, A. M.; Zechmeister, H. G. 2003a. Bioindicators and Biomonitors. Principles, Concepts and Applications. Amsterdam: Elsevier. 997 p.
- Markert, B.; Breure, A.; Zechmeister, H. 2003b. Definitions, Strategies and Principles for Bioindication/Biomonitoring of the Environment, in B. Markert, A. Breure, H. Zechmeister (Eds.). *Bioindicators and Biomonitors. Principles, Concepts and Applications*. Amsterdam: Elsevier.
- Markert, B.; Fraenzle, S.; Fomin, A. 2002. From the biological system of the elements to biomonitoring, in E. Merian, M. Anke, M. Ihnat, M. Stoeppler. *Elements and Their Compounds in the Environment* (2nd ed.). Weinheim: Wiley-VCH.
- Markert, B.; Oehlmann, J.; Roth, M. 1997. General aspects of heavy metal monitoring by plants and animals, in G. Subramanian, V. Iyengar (Eds.). *Environmental Biomonitoring – Exposure Assessment and Specimen Banking*. ACS Symp. Ser. 654. Washington DC: American Chemical Society.
- Markert, B.; Wünschmann, S.; Baltrėnaitė, E. 2011. Aplinkos stebėsenos naujovės bioindikatoriai ir biomonitoriai: apibrėžtys, strategijos ir taikymas. EISN institutas. Vilnius. 221 p.
- Martinionienė, J. 1999. Ekologijos užduotys. metodinė medžiaga. Kaunas: Šviesa. 112 p.
- Miesto želdynų sistemos formavimas. [Interaktyvus]. 2010. Žiūrėta 2013 m. lapkričio 18 d. Prieiga per internetą: <http://www.hkk.gf.vu.lt/nauja/studentams/mikroklimatologija/mikro_13b.pdf>.
- Mikelsonaitė, N.; Kazlauskienė, A. 2011. Raseinių rajono oro užterštumo NO₂ ir SO₂ tyrimai, taikant pasyviųjų sorbentų bei bioindikacinius metodus. *Mokslas–Lietuvos ateitis* 3(5): 43–49.
- Motuzas, A.; Visvalavičius, R.; Prosyčėvas, I.; Stučinskienė, N.; Motuzienė, S.; Trimirka, V. 2001. Metodologiniai sunkiųjų metalų kiekio tyrimai autotransporto paveiktų zonų dirvožemiuose. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 1(15): 39-46.
- Municipalinis aplinkos monitoringas 2006 metų ataskaita. 2006. Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. Šiauliai. 94 p.

- Municipalinis aplinkos monitoringas 2010 metų ataskaita. 2010. Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. Šiauliai. 49 p.
- Municipalinis aplinkos monitoringas 2012 metų ataskaita. 2012. Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. Šiauliai. 36 p.
- Nadal, M.; Mari, M.; Schuhmacher, M.; Domingo, J. L. 2009. Multi-compartmental environmental surveillance of a petrochemical area: levels of micropollutants. *Environment International* 35: 227–235.
- Navasaitis, M. 2008. Dendrologija. Vilnius: Margi raštai. 856 p.
- Navasaitis, M.; Ozolinčius, R.; Smaliukas, D.; Balevičienė, J. 2003. Lietuvos dendroflora. Kaunas: Lututė. 576 p.
- Nimis P.L.; Purvis O.W. 2002. Monitoring lichens as indicators of pollution. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 10 p.
- Novak, K.; Schaub, M.; Fuhrer, J.; Skelly, J.M.; Hug, C.; Landolt, W.; Bleuler, P.; Kräuchi, N. 2005. Seasonal trends in reduced leaf gas exchange and ozone-induced foliar injury in three ozone sensitive woody plant species. *Environmental Pollution* 136:33-45.
- Oro užterštumo modeliavimas ir prognozė. Vilniaus aplinka. 2014. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 gruodžio 16 d. Prieiga per internetą: <<http://aplinka.vilnius.lt/lt/index.php/aplinkos-kokybe/oras/uzterstumo-modeliavimas-ir-prognoze/>>.
- Paliulis D. 2004. Aplinkos taršos nustatymo metodai. Mokomoji knyga. Vilnius: „Technika“. 103 p.
- Paulauskas, L.; Klimas, R. 2005. Aplinkos oro taršos lygio Šiauliuose tyrimai ir jo kaitos įvertinimas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 13(1): 17–22.
- Petraitis, E.; Vasarevičius, S. 2001. Kietųjų dalelių sklaidos atmosferoje skaitinis modeliavimas taikant „Varsa“ ir „Phoenics“ programas, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 9(1): 23–28.
- Prasad, M. N. V. 2004. Heavy metals stress in plants from biomolecules to ecosystems. India: Springer. 462 p.
- Račaitė, M. 2009. Daktaro disertacija. Biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra. Skirtingų sunkiųjų metalų poveikis vasariniams miežiams (*Hordeum vulgare* L. veislė „AURA DS“) ir kryžminės adaptacijos dėsningumai. Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas. 90 p.
- Roots, E. F. 1992. Environmental information – A step to knowledge and understanding, *Environmental Monitoring and Assessment* 50(4): 87–94.

- Sakalauskaitė, J.; Duchovskis, P.; Brazaitytė, A.; Urbonavičiūtė, A.; Samuolienė, G.; Sakalauskienė, S.; Šabajevienė, G. 2009. Pažemio ozono poveikis valgomajam ridikėliui (*Raphanus sativus* L.) šylančio klimato sąlygomis. *Sodininkystės ir daržininkystės mokslo tyrimai*. 22: 170-176
- Sauvant, N. P., Pepin, D., Piccinni, E. 1999. Tetrahymena pyriformis: A tool for toxicological studies. A review. *Chemosphere*. 38 (7): 1631–1669.
- Sharma, P; Dubey, R.S. 2005. Lead toxicity in plants. *Toxic metals in plants* 17(1):35-52.
- SI „Vilniaus planas“. Aplinkos oro kokybės valdymo 2012–2014 metų programos ir jos įgyvendinimo priemonių plano ataskaita už 2012 metus. [Interaktyvus]. 2013. Žiūrėta 2015 m. sausio 3 d. Prieiga per internetą: <http://aplinka.vilnius.lt/lt/wp-content/uploads/2013/03/2012_metu_ataska_2.pdf>.
- Sphagnumsem. [Interaktyvus]. 2013. Žiūrėta 2014 m. kovo 10 d. Prieiga per internetą: <<https://sphagnumsem.wordpress.com/>>.
- Stravinskienė, V. 2002. Klimato veiksnių ir antropogeninių aplinkos pokyčių dendrochronologinė indikacija: monografija. Kaunas: Lututė. 175 p.
- Stravinskienė, V. 2005. Bioindikaciniai aplinkos vertinimo metodai. Mokomoji knyga. Kaunas: VDU leidykla. 215 p.
- Stravinskienė, V. 2010. Medžių būklės stebėseną ir vertinimas Kauno miesto aplinkoje [Monitoring and assessment of tree health condition in Kaunas city environment]. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 18(3): 217–225.
- Szczepaniak, K.; Biziuk, M. 2003. Aspects of the biomonitoring studies using mosses and lichens as indicators of metal pollution. *Environmental Research* 93(3): 221–230.
- Šerevičienė, V. 2012. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai. Aplinkos inžinerija ir kraštotvarka. Azoto dioksido difuzinių ėmiklių tyrimai ir tobulinimas. Vilnius: Technika. 133 p.
- Šiaulių miesto savivaldybė. Paskutinis atnaujinimas. [Interaktyvus]. 2014. Žiūrėta 2014 m. vasario 20 d. Prieiga per internetą: <<http://edem.siauliai.lt/Faktai%20ir%20skai%C4%8Di%20194>>.
- Šlepetys, J.; Šikšnianienė, J. B.; Kadžiulienė, Ž.; Brazaitytė, A.; Duchovskis, P. 2007. Aukštesnės temperatūros, rūgštaus substrato bei kadmio ir vario poveikis mėlynžiedėms liucernoms. *Žemdirbystė*. 94(3): 47–59.
- Šulga, N.; Vaitiekūnas, P. Kietųjų dalelių sklaidos ore modeliavimas. 11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“. [Interaktyvus]. 2008. Žiūrėta 2015 m.

sausio 10 d. Prieiga per internetą:
<http://leidykla.vgtu.lt/conferences/Aplinka_2008/Aplinkos_konferencijos_PDF/6_sek_51_Sulga_Kietuju.pdf>.

Toussaint M.W., Shedd T.R., van der Schalie W.H., Leather G.R. 1995. A comparison of standart acute toxicity test with rapid-screening toxicity test. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 14(5): 907–915.

Vaiškūnaitė, R. 2005. Aplinkos oro užterštumo iš mobiliųjų taršos šaltinių vertinimo metodika: Metodikos nurodymai kursiniams projektams ir baigiamiesiems darbams. Vilnius: Technika. 52 p.

Van Doven, H. F.; Ter-Braak, C. J. F. 1999. Ranking of epiphytic lichen sensitivity to air pollution using survey data: A comparison of indicator scales. *Lichenologist* 31(2): 27–39.

Vinodhini, R.; Narayanan, M. 2008. Bioaccumulation of heavy metals in organs of fresh water fish *Cyprinus carpio* (Common carp), *International Journal of Environmental Science and Technology*. 5(2): 179–182.

Volk, T.; Adams, H. *Rhytisma acerinum* and *Rhytisma punctatum*, two causes of Tar Spot of maple. [Interaktyvus]. 2007. Žiūrėta 2013 m. spalio 18 d. Prieiga per internetą: <http://botit.botany.wisc.edu/toms_fungi/oct2007.html>.

Wang, W. 1991. Literature review on higher plants toxicity testing. *Water, Air, and Soil Pollution* 59(4): 381–400.

Weber, R. W. S.; Webster, J. 2002. Teaching techniques for mycology: 18. *Rhytisma acerinum*, cause of tar-spot disease of sycamore leaves, *Mycologist* 16(3): 120–123.

Žukauskaitė, I. 2003. Daktaro disertacija. Biomedicinos mokslai, ekologija ir aplinkotyra. Oro temperatūros, substrato rūgštumo ir sunkiųjų metalų kompleksinis poveikis sėjamajai pipirnei (*Lepidium sativum* L.) ir valgomajam pomidorui (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Kaunas: Vytauto Didžiojo universitetas. Lietuvos miškų institutas. 117 p.

AUTORĖS PASKELBTI DARBAI

Publikacijos

1. Adomaitytė, R.; Kazlauskienė, A. 2014. Bioindikacinių oro taršos tyrimų metodų analizė ir vertinimas. *Aplinkos apsaugos inžinerija: 17 – osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, Vilnius: Technika, 6-13.
2. Adomaitytė, R.; Kazlauskienė, A. 2014. Pollution reduction investigation of soil and nutritional plants contaminated with lead using natural zeolite. *9th International Conference „Environmental Engineering“*, Vilnius: Technika, 6 p.
3. Adomaitytė, R.; Kazlauskienė, A. 2015. Sėjamųjų pipirnių taikymas, nustatant aplinkos ore sukauptą švino kiekį kimininiais biosorbentais. *Aplinkos apsaugos inžinerija: 18 – osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencija „Mokslas – Lietuvos ateitis“* (straipsnis pateiktas spaudai).

Dalyvavimas konferencijose

1. Adomaitytė, R.; Kazlauskienė, A. 2014. Bioindikacinių oro taršos tyrimų metodų analizė ir vertinimas. Stendinis pranešimas *17 – osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2014 metų balandžio 10 dieną.
2. Adomaitytė, R.; Kazlauskienė, A. 2014. Pollution reduction investigation of soil and nutritional plants contaminated with lead using natural zeolite. Stendinis pranešimas *9th International Conference „Environmental Engineering“*, įvykusios Vilniuje 2015 metų gegužės 22–23 dienomis.
3. Adomaitytė, R.; Kazlauskienė, A. 2015. Sėjamųjų pipirnių taikymas, nustatant aplinkos ore sukauptą švino kiekį kimininiais biosorbentais. Žodinis pranešimas *18 – osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2015 metų balandžio 9 dieną.

1 priedas

Tyrimo vietų žemėlapis Vilniaus mieste

2 priedas

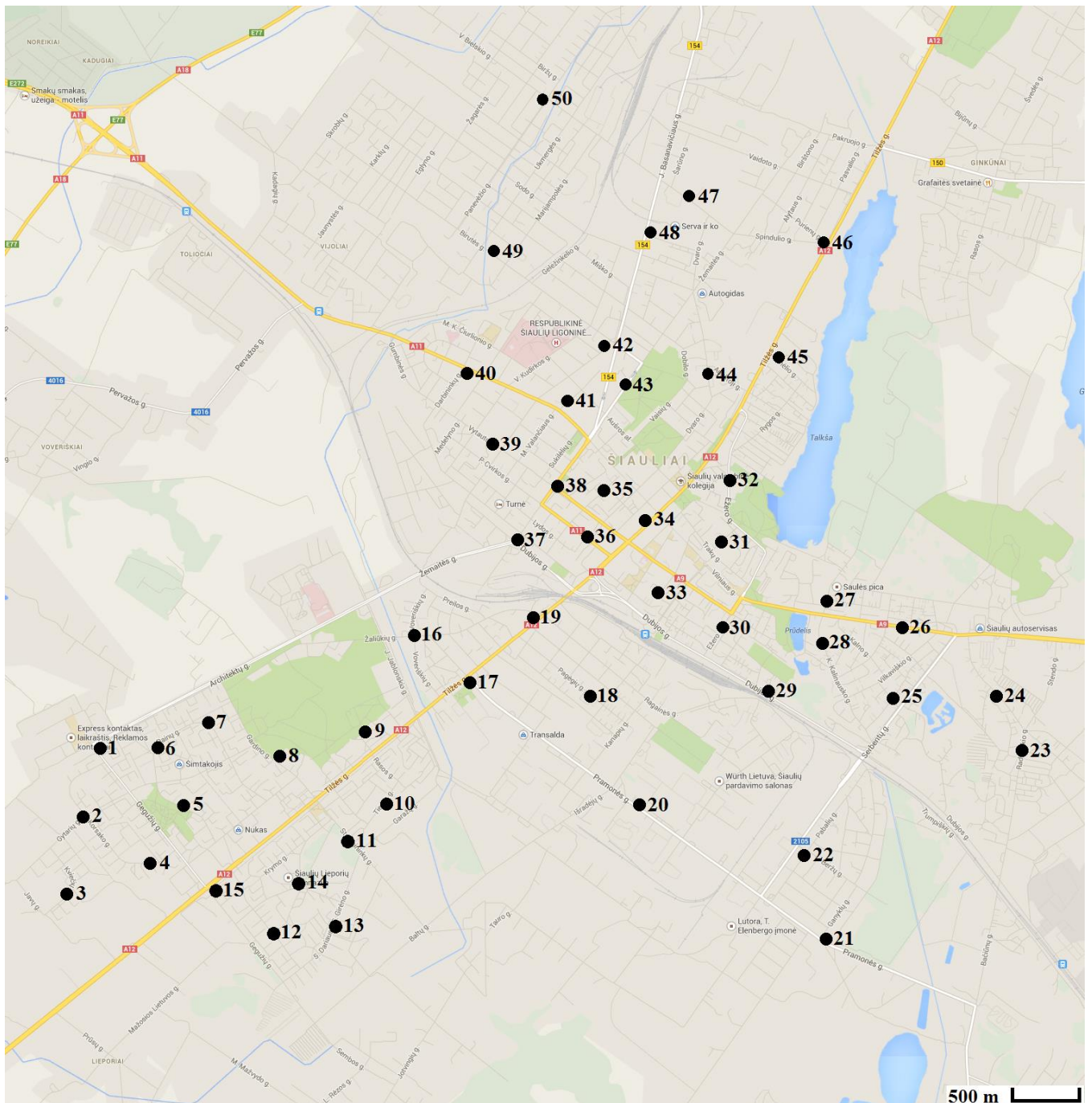
Tyrimo vietų adresai ir koordinatės Vilniaus mieste

Nr	koordinatės (LKS)		Adresas	
	x	y		
1	588533	6066770	Dvarčionių g. 2	AB „Dvarčionių keramika“
2	588672	6066033	Pupojų ir Juodvarnių g. sankryža	Individualūs gyvenamieji namai
3	586496	6066161	Saulėtekio al. 19	Gyvenamieji namai, transporto tarša
4	586298	6065403	Šatrijos raganos g. 10 B	Individualūs gyvenamieji namai
5	584851	6065610	Antakalnio g. 124	VU Antakalnio ligoninė
6	584720	6064586	Antakalnio g. 59	Antakalnio poliklinika
7	584091	6062614	Antakalnio g. 1	Vilniaus Petro ir Povilo banžnyčia
8	584658	6061419	Olandų g. 57	Olandų ir Batoro g. žiedas
9	586374	6061065	Belmonto parkas	Parko teritorija
10	583148	6061752	Šventragio g. 1	Katedros aikštė
11	583030	6060984	Didžioji g. 31	Rotušės aikštė
12	582569	6059978	Geležinkelio g. 12	Autobusų stoties teritorija
13	583018	6060017	Pelsos g. 10 A	Geležinkelio stoties teritorija
14	581968	6058617	Dariaus ir Girėno, Tūkstantmečio ir Žirnių g. žiedas	Transporto tarša
15	582245	6057038	Dariaus ir Girėno g. 77	Oro uosto teritorija
16	579698	6059923	Laisvės pr. 2	Transporto tarša
17	579760	6059291	Vilkipėdės g. 20	UAB „Vilniaus energija“ aplinka
18	580743	6060619	Žemaitės g. 28	Savanorių pr. ir Žemaitės g. Sankryža
19	581544	6061296	J. Basanavičiaus g. 41	Basanavičiaus, Kudirkos ir Švitrigailos g. sankryža.
20	579613	6058420	N. Riovonių g. 10	UAB „Atliekų tvarkymo centras“ aplinka
21	580473	6061377	M. K. Čiurliono g. 88 A	Transporto tarša
22	579585	6061661	M. K. Čiurliono g. 100	Parko teritorija
23	581506	6063085	Konstitucijos, Geležinio Vilko ir Narbuto g. žiedas	Transporto tarša
24	575547	6063426	Bitėnų g. 5	Gyvenamasis rajonas
25	578736	6063272	Laisvės pr. 58	Pilaitės pr., Laisvės pr. ir Narbuto g. Žiedas
26	577752	6060920	Architektų g. 59.	Gyvenamasis rajonas
27	579343	6065127	Rygos g. 2	Laisvės pr., Buivydiškių ir Rygos g. sankryža
28	579843	6066586	Ukmergės g. 50	Laisvės pr., Ateities ir Ukmergės g. sankryža
29	581494	6067638	Baltupio g. 14	Geležinio vilko ir Baltupio g. sankryža
30	581688	6066626	Baltupio g. 49	Geležinio vilko ir Didlaukio g. sankryža
31	581051	6064563	Ozo g. 25	Transporto tarša
32	581901	6064890	Ozo g. 18	Ozo g. ir Geležinonio vilko g. sankryža
33	582398	6064815	Ozo g. 10 A	Vilniaus Licejaus teritorija
34	582819	6064430	Kalvarijų g. 121	Gyvnamasis rajonas
35	583290	6068957	Dvaro g. 51	Verkių regioninio parko teritorija

Lentelės tęsinys				
36	574620	6058585	Gariūnų g. 70	Gariūnų turgaus aplinka
37	574969	6059708	Paneriškių g. ir Jočionių g. Sankryža	UAB „Vilniaus energija“ ir nuotekų valymo įrenginiai
38	574154	6058106	Pirklių g. 9	Grikiškės. Gariūnų g., Savanorių pr. ir Kirtimų g. Sankryža
39	584200 9	6059697	Rasų g. 33	Sukilėlių ir Rasų g. Sankryža
40	584039	6058301	Liepkalnio g. 67	Žirnių, Liepkalnio ir Minsko g sankryža
41	584296	6055065	Salininkų žiedas	Transporto tarša
42	590987	6061929	Pergalės g. 24.	Transporto tarša
43	590854	6062739	S. Batoro g. 43 A	Pergalės, S. Batoro ir Pramonės gatvių sankryža
44	573203	6057156	Žarijų g. 14.	Lentvario ir Žarijų g. sankryža
45	577811	6057056	Titnago g. 1	Savanorių pr. ir Titnago g. sankryža
46	580893	6059628	Naugarduko g. 96	Pramoninis rajonas

3 priedas

Tyrimo vietų žemėlapis Šiauliu mieste



4 priedas

Tyrimo vietų adresai ir koordinatės Šiaulių mieste

Nr.	koordinatės (LKS)		Adresas	
	x	y		
1	452998	6198195	Gegužių g. 85	Pietinis raj. Gyv. namai
2	452917	6197732	K.Korsako g. 22	Pietinis raj. Gyv. namai
3	452666	6197277	Kviečių g. 7	Pietinis raj. Gytarių pagrindinė mokykla
4	453261	6197358	K.Korsako g. 6	Pietinis raj. Gytariai L/d "Eglutė"
5	453573	6197774	Dainų g. 28	Pietinis raj. Dainai L/d "Dainelė"
6	453354	6197998	Dainų g. 11	Pietinis raj. L/d "Žiogelis"
7	453717	6198410	Dainų g. 31	Pietinis raj. L/d "Rugiagėlė"
8	454398	6198057	Gardino g. 4	Pietinis raj. Šiaulių prof. rengimo centras
9	454827	6198100	Tilžės g. 41	Pietinis raj. L/d "Trys nykštukai"
10	455198	6197835	Tiesos g. 1	Pietinis raj. "Rasos" pagrindinė mokykla
11	454788	6197608	Statybininkų g. 7	Pietinis raj. Lieporiai L/d "Pasaka"
12	454303	6196797	Saulės takas 7	Pietinis raj. Lieporiai L/d "Voveraitė"
13	454527	6196615	Dariaus ir Girėno g. 22	Pietinis raj. Lieporiai Gegužių pagr.m-kla
14	454429	6197170	V.Grinkevičiaus g. 22	Pietinis raj. Lieporiai Lieporių gimnazija
15	453866	6197103	Gegužių g. 37	Pietinis raj. Gyv. namai
16	455430	6199020	Žaliūkių g. 76	Šiaulių Ringuvos specialioji mokykla
17	455805	6198580	Pramonės g. 2	Tilžės-Pramonės sankryža
18	456632	6198547	Pagėgių g. 46	Centras. Šiaulių profesinio reng. centras
19	456212	6199105	Tilžės g. 85	Centras. Ragainės pagrindinė mokykla
20	457066	6197715	Pramonės g. 15A	Šiaulių Reabilitacijos centras
21	458385	6196728	Pramonės g. 67	Pabaliai. Ind. gyv. namai
22	458169	6197349	Pabalių g. 63	Pabaliai. Jaunimo mokykla
23	459843	6197981	Radviliškio g. 86	Zokniai L/d "Auksinis raktelis"
24	459866	6198293	Radviliškio g. 66	Zokniai Zoknių pagrindinė mokykla
25	458954	6198512	Vyšnių g. 19	Šimšė Gyv. namai
26	458884	6199010	Vilniaus g. 38d	Šimšė L/d "Salduvė"
27	458499	6199232	Žuvininkų g. 10	Šimšė Gyv. namai
28	458446	6198892	K.Kalinausko g. 19	Šimšė Salduvės pagrindinė mokykla
29	457901	6198617	Dubijos g. 57	Centras Gyv. namai
30	457684	6198974	Ežero g. 6a	Centras L/d "Žibutė"
31	457550	6199667	S.Šalkauskio g. 3	Centras S.Šalkauskio gimnazija
32	457782	6200374	Ežero g. 70	Centras L/d "Ežerėlis"
33	457205	6199312	Rūdės g. 6	Centras L/d "Ažuoliukas"
34	457092	6199813	Tilžės g. 137	Centras J. Janonio gimnazija
35	456796	6200056	A.Mickevičiaus g. 9	Centras Centro pradinė mokykla
36	456726	6199693	P.Cvirkos g. 60	Centras L/d "Kregždutė"
37	456151	6199699	Žemaitės g. 2	Centras Gyv. namai Dubijos-Žemaitės g.
38	456504	6200058	Vytauto g. 132	Centras Jovaro pagrindinė mokykla
39	455918	6200426	Vytauto g. 235	Šiaulių logopedinė mokykla
40	455742	6200971	Vilniaus g. 297	Vijolių vidurinė mokykla
41	456503	6200758	M.Valančiaus g. 31a	Centras L/d "Žirniukas"

Lentelės tęsinys				
42	456768	6201118	S.Daukanto g.71	Centras S.Daukanto gimnazija
43	456875	6200769	Žemaitės g.71	Centras J.Laužiko specialioji mokykla
44	457563	6200918	Dvaro g. 129	Šiaurinis raj.V.Kudirkos pagr. m-kla
45	458082	6201046	Smėlio g. 2	Kalniukas Gyv.namai
46	458462	6201945	Tilžės g. 248	Šiaurinis raj. Gyv.namai
47	457946	6201994	Spindulio g.7	Šiaurinis raj. L/d “Coliukė”
48	457159	6201994	J.Basanavičiaus g. 92	Šiaurinis raj. L/d ”Sigutė”
49	456125	6201758	Birutės g. 40	Medelyno pagrindinė mokykla
50	456380	6203004	V.Bielskio g. 59	Šiaurinis raj. Ind. gyv.namai