

Dirvožemio monitoringas (2018)

2018 m. rugpjūčio 08 Alytaus miesto teritorijoje ne didesnė kaip 250 m² aikštelėse prie aplinkos taršos šaltinių (žr. 1 lentelė) buvo atlikti viršutinio dirvožemio sluoksnio tyrimai. Tyrimams vadovavo prof. dr. Laima Česonienė.

Sprendžiant svarbias ekologines rajono plėtros, ekologinės būklės valdymo ir prognozavimo problemas, būtina žinoti ir stebėti jo antropogeninę apkrovą, besikaupiančią dirvožemio paviršiuje, identifikuoti ir įvertinti antropogeniškai pažeistas vietas ir antropogeninės veiklos lemiamos dirvožemio degradacijos parametrus. Šiems tikslams pasiekti keliami uždaviniai: svarbiausių dirvožemio kokybės rodiklių – bendrųjų savybių, organinės medžiagos būklės ir rūgštingumo pokyčių vertinimas; dirvožemio pasklidusios taršos iš pramonės veiklos masto vertinimas atsižvelgiant į grėsmę, kad suintensyvėjus pramoninei veiklai gali padidėti užterštumas azoto ir fosforo junginiais; iš kitų stacionarių taršos šaltinių išmetamų teršalų poveikis dirvožemio kokybei. **Pagrindinis Alytaus miesto dirvožemio monitoringo tikslas** – stebėti, vertinti dirvožemio būklės rodiklių pokyčius. Gautos informacijos pagrindu galima rengti atitinkamas rekomendacijas, planuoti neigiamo poveikio mažinimo programas, valymo planus ir įgyvendinti jose numatytas priemones, teikti informaciją specialistams ir visuomenei. Pagrindinės užduotys – vykdyti socialiai jautrių, viešų teritorijų, užterštų ar potencialiai užterštų teritorijų dirvožemio ir grunto monitoringą, stebėti foninį lygį.

Tyrimo tikslas: Stebėti dirvožemio geocheminių, elektrocheminių, derlingumo rodiklių pokyčius antropogeninės taršos įtakoje, juos prognozuoti ir teikti informaciją, reikalingą priimant ūkinius ir kitus svarbius Alytaus miesto bendruomenei sprendimus.

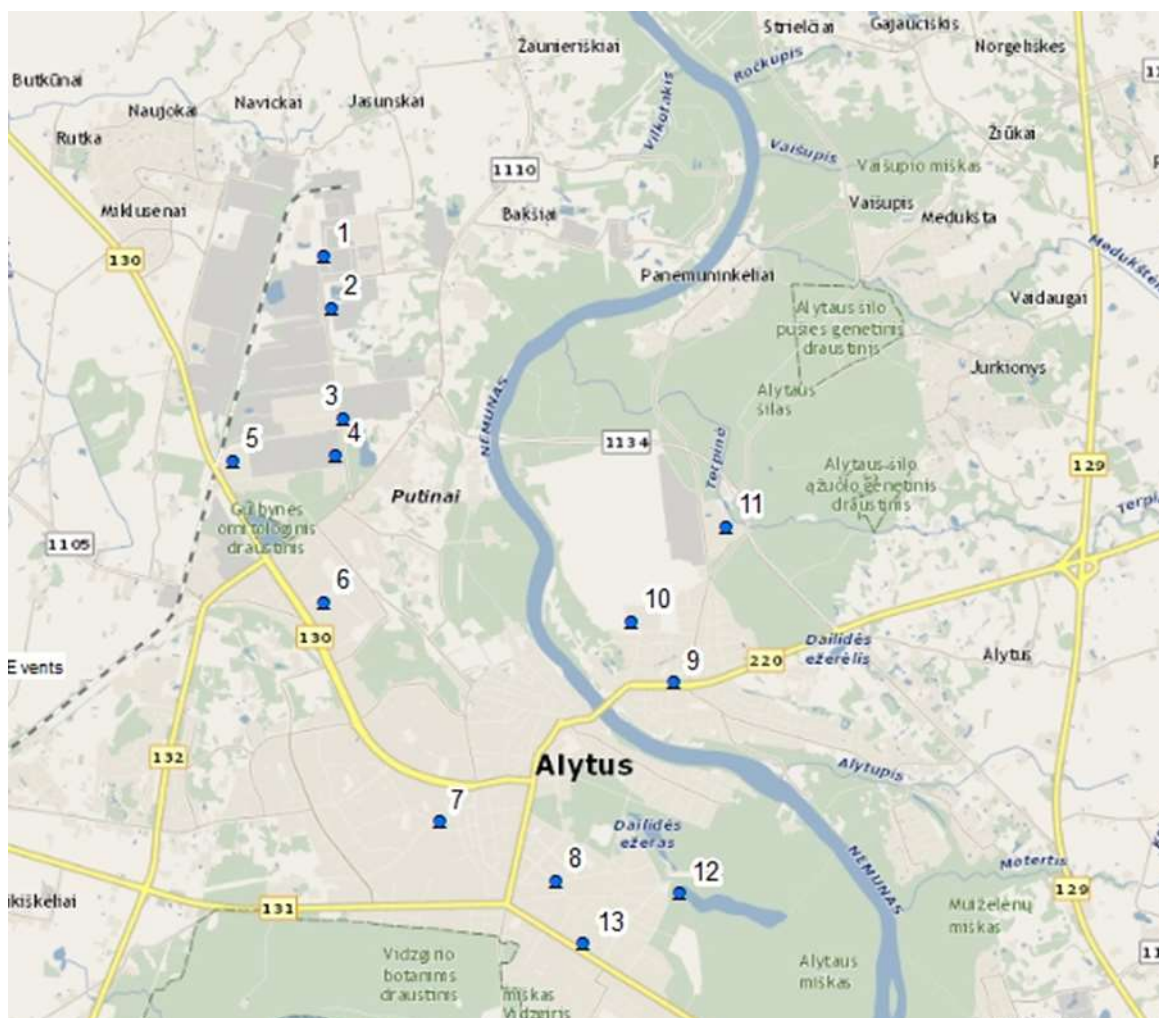
Tyrimo uždaviniai:

- Parinktose vietose periodiškai imti dirvožemio ėminių bendrųjų savybių, cheminės sudėties, elektrocheminių parametrų ir sunkiųjų metalų (tik prie technogeninės taršos šaltinių – transporto ir energetikos) nustatymui;
- Prie Alytaus miesto transporto taršos šaltinių surinktuose mėginiuose nustatyti sunkiųjų metalų (Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Mo; Cu, Zn, Co, Hg) koncentracijas
- Prie Alytaus miesto pramonės taršos objektų surinktuose mėginiuose nustatyti: bendroji dirvožemio cheminė sudėtis: (pH, Judrusis fosforas, Judrusis kalis, Ca, Mg), Įvertinti šių rodiklių pokyčius ir jų tendencijas;
- Duomenis teikti į integruotą Alytaus miesto savivaldybės stebėsenos programos duomenų bazę, organizuotą GIS principais, kurioje bus kaupiama visa stebėsenos informacija, rengti pasiūlymus dėl stebimų procesų valdymo ir gautos informacijos naudojimo.

Tyrimo objektas: viršutinio dirvožemio sluoksnio stebėsenos vietos koordinatės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. Užterštų ir potencialiai užterštų teritorijų, socialiai jautrių teritorijų dirvožemio monitoringo vietos

Nr.	Vietovės pav.	Adresas	X	Y
7	Užteršta teritorija	Sudvajų g. / Topolių g.	502227	6028468
8	Užteršta teritorija	Seinų/ Sakalausko g.	503187,6	6027978,9
9	Alytaus Piliakalnio progimnazijos teritorijoje	A. Juozapavičiaus g. 1	504147,6	6029608
10	Užteršta teritorija	Klevų g. 18	503797,3	6030106
11	AB „Alytaus chemija“ teritorijoje	Sakų g. 3	504587,8	6030885
12	Prie Dailidės ežero		504195,3	6027877,3
13	AB mašinų gamyklos „Astra“ teritorijoje	Gamyklos g.	503414	6027465



1. pav. Užterštų ir potencialiai užterštų teritorijų, socialiai jautrių teritorijų dirvožemio monitoringo vietos

Tyrimo metodika

Dirvožemio ėminiai buvo imami remiantis metodinėmis Šiaurės šalių integruoto monitoringo rekomendacijomis bei tarptautiniais standartais. Dirvožemio mėginiai paruošiami

analizėms remiantis ICP/IM, 1998 rekomendacijomis bei tarptautiniais standartais. Bendrosios dirvožemio savybės ir teršalų koncentracijos nustatomos standartizuotomis metodikomis. Dirvožemio bendrosios savybės vertinamos pagal Lietuvos dirvožemiams būdingus agrocheminius kriterijus. Dirvožemio užterštumas sunkiaisiais metalais vertinamas remiantis LR sveikatos apsaugos ministro 2004 m. kovo 8 d. įsakymu Nr. V-114 "Dėl Lietuvos higienos normos 60:2004 "Pavojingų cheminių medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos dirvožemyje" patvirtinimo". Užterštumo lygio vertinimui naudojami koncentracijos koeficientai, apskaičiuoti dalijant nustatytas metalų koncentracijas dirvožemyje iš foninių koncentracijų atitinkamo tipo dirvožemyje (HN 60:2004). Užterštumo pavojingumas vertinamas naudojant didžiausių leidžiamų koncentracijų dirvožemyje (DLK) reikšmes (HN 60:2004).



2 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas Sudvajų g. / Topolių g.



3 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas Seinų/ Sakalausko g.



4 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas Alytaus AB mašinų gamyklos „Astra“ teritorijoje Gamyklos g.1



5 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas Alytus, A. Juozapavičiaus g. 1



6 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas AB „Alytaus chemija“ teritorijoje Sakų g. 3



7 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas prie Dailidės ežero



8 pav. Dirvožemio ėminių rinkimas Klevų g. 18

Metodai ir procedūros:

1. ISO 10694:1995. Soil quality. Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).
2. ISO 11263:1994. Soil quality. Determination of phosphorus. Spectrometric determination of phosphorus soluble in sodium hydrogen carbonate solution
3. ISO 11265:1994. Soil quality. Determination of the specific electrical conductivity.
4. ISO 11272:1998 . Soil quality. Determination of dry bulk density.
5. ISO 11464:1994. Soil quality. Pretreatment of samples for physico-chemical analyses.
6. ISO 11465: 1993: Determination of dry matter and water content on a mass basis: Gravimetric method.
7. ISO 14869-1:2001. Soil quality. Dissolution for the determination of total element. Part 1: Dissolution with hydrofluoric and perchloric acids.
8. ISO 14255:1998. Soil quality. Determination of nitrate nitrogen, ammonium nitrogen and total soluble nitrogen in air-dry soils using calcium chloride solution as extractant.
9. ISO 15903:2002. Soil quality. Format for recording soil and site information.
10. ISO 16133:2004. Soil quality. Guidance on the establishment and maintenance of monitoring programmes.
11. Lietuvos dirvožemių agrocheminės savybės ir jų kaita: monografija; T.R. Adomaitis [et al.]; sudarė J. Mažvila; Lietuvos žemdirbystės inst. Agrocheminių tyrimų centras, Kaunas: LŽI, 1998.
12. LST CEN ISO/TS 17892-4:2005. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 4 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas (ISO/TS 17892-4:2004).
13. LST CEN ISO/TS 17892-4:2005/AC:2006 Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 4 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas (ISO/TS 17892-4:2004).
14. LST ISO 10381-1:2005. Dirvožemio kokybė. Ėminių ėmimas. 1 dalis. Ėminių ėmimo programų sudarymo vadovas (tapatus ISO 10381-1:2002).
15. LST ISO 10381-2:2005. Dirvožemio kokybė. Ėminių ėmimas. 2 dalis. Ėmimo būdų vadovas (tapatus ISO 10381-2:2002).
16. LST ISO 10390:2005. Dirvožemio kokybė. pH nustatymas (tapatus ISO 10390:2005).

2 lentelė. Pavojingų cheminių medžiagų ribinių verčių lentelė (HN 60:2015)

Medžiagos pavadinimas	Didžiausia leidžiama koncentracija (DLK), mg/kg
Chromas (Cr)	80
Cinkas (Zn)	300
Kadmis (Cd)	1,5
Nikelis (Ni)	75
Švinas (Pb)	100
Kobaltas (Co)	40
Varis (Cu)	75
Gyvsidabris (Hg)	0,5
Manganas (Mn)	1500
Molibdenas (Mo)	5
Naftos produktai (bendras angliavandenilių kiekis C ₅ -C ₄₀)	5300
Nitratai (NO ₃)	130

Judrusis P (P₂O₅). Judrusis P tai fosforo ir deguonies junginys (P₂O₅), kuris dirvožemyje atlieka mineralinio junginio vaidmenį ir dalyvauja augalų apykaitos procesuose. Patręštuose dirvožemiuose judriojo P kiekis būna didesnis, netręštuose – mažesnis.

Dirvožemio pH. Tai yra vienas iš svarbiausių dirvožemio cheminių savybių rodiklių. Visos (bio)cheminės reakcijos dirvožemyje priklauso nuo protonų H⁺ aktyvumo, kuris išmatuojamas kaip dirvožemio pH. Daugumos natūralių dirvožemių pH reikšmės (nustatytos CaCl₂ ištraukoje) svyruoja nuo < 3,00 (ypač rūgštūs) iki 9,00 (labai šarminiai). Dirvožemiai skirstomi į: 9.0 (labai šarmiškas); 8.0 (šarmiškas); 7.0 (neutralus); 6.0 (vidutinio rūgštumo); 5.0 (labai rūgštus); 4.0 (ypač rūgštus).

Įvairių junginių tirpumas dirvožemyje yra veikiamas dirvožemio pH (pvz., sunkiųjų metalų) bei mikroorganizmų aktyvumas. Dirvožemio pH dažnai vadinamas pagrindiniu dirvožemio kintamuoju, kuris daro poveikį eilei cheminių reakcijų ir procesų. Dirvožemio reakcija reiškia neigiamu vandenilio jonų logaritmu: $pH = -\log(H^+)$. Vandenilio jonų koncentracijai didėjant, t.y. neigiamam logaritmui mažėjant, rūgštumas didėja, o laipsnio rodikliui didėjant rūgštumas mažėja. Dirvožemiai, kurių pH < 7, yra rūgštūs, o tų, kurių pH > 7 yra traktuojami kaip šarminiai. Jei pH lygus 7, dirvožemis vadinamas „neutraliu“ (nei rūgščiu, nei šarminiu). Rūgšti dirvožemio reakcija būna tuomet, kai dirvožemio tirpale ar sorbuojamame komplekse vyrauja H⁺ jonai, neutrali – kai santykis tarp H⁺ ir OH⁻ jonų lygus, o šarminė – kai vyrauja OH⁻ jonai.

Dirvožemio pH žymiai paveikia maisto medžiagų prieinamumą ir mikroorganizmus. Esant mažam pH, Al, Fe ir Mn tampa tirpesniais ir gali būti toksiški augalams. Padidėjus pH, jų

tirpumas sumažėja. Augalams gali susidaryti kai kurių elementų trūkumas, kai pH padidėja iki neutralaus.

Viena iš svarbiausių problemų augalų augimui rūgščiame dirvožemyje yra aliuminio toksiškumas. Aliuminis dirvožemio tirpale yra sunykusių šaknų ir jautrių augalų viršūnių priežastis. Toksiškumo laipsnis priklauso nuo augalo tipo ir Al junginio. Mažas pH gali taip pat padidinti sunkiųjų metalų tirpumą, kurie gali taip pat būti žalingi augalams. Nerūgščiuose dirvožemiuose aliuminio aptinkama netirpių aliumosilikatų arba oksidų formos; jie neigiamo poveikio nedaro.

Dirvožemio pH yra dirvožemio chemijos ir derlingumo rodiklis. pH veikia elementų cheminį aktyvumą bei daugelį kitų dirvožemio savybių. Skirtingi augalai geriausiai auga, esant skirtingoms dirvožemio pH reikšmėms. Dirvožemio pH reguliuoja cheminę ir biologinę veiklą, kuri vyksta dirvožemyje ir taip pat indikuoja apie vietos klimatą, augaliją ir hidrologines sąlygas, kuriomis jis yra susidaręs. Dirvožemio pH (kiek jis yra rūgštus ar šarminis) yra veikiamas dirvodarinės uolienos, kritulių ir kitų iškritų, patenkančių į dirvožemį, cheminės sudėties, žemės ūkio ir organizmų (augalų, gyvūnų ir mikroorganizmų), gyvenančių ir tarpstančių dirvožemyje, veiklos. Pavyzdžiui, pušies spygliai yra labai rūgštūs ir jiems irstant, jie gali sumažinti dirvožemio pH.

Dirvožemio rūgštumo formos yra trys: 1) aktyvusis rūgštumas (angl. *active acidity*, dėl H^+ ir Al^{3+} jonų dirvožemio tirpale); 2) mainų rūgštumas (angl. *exchangeable acidity*, sudaro aliuminio ir vandenilio jonai, kurie pakankamai lengvai iš dirvožemio sorbuojamojo komplekso išstumiami neutralių druskų tirpalais) ir 3) hidrolizinis (angl. *residual acidity*, gali būti neutralizuotas kalkėmis ar kitomis šarminėmis medžiagomis, bet negali būti nustatytas mainų reakcijomis). Šie trys rūgštumo tipai sudaro bendrą dirvožemio rūgštumą. Bendras rūgštumas aktyvusis rūgštumas + mainų rūgštumas + rezervinis rūgštumas.

Aktyvusis rūgštumas – tai H^+ jonų aktyvumas dirvožemio tirpale. Jis apima labai nedidelę dalį bendro dirvožemio rūgštumo, lyginant su mainų ir likusiu rūgštumu. Nežiūrint to, aktyvusis rūgštumas yra labai svarbus, nes apsprendžia daugelio junginių tirpumą ir sudaro dirvožemio tirpalo terpę, kurios yra veikiamos augalų šaknys ir mikroorganizmai.

Mainų rūgštumas yra susijęs su mainų aliuminio ir vandenilio jonais, kurių gausu rūgščiuose dirvožemiuose. Šie jonai gali patekti į dirvožemio tirpalą katijonų mainų neutralia druska, tokia kaip KCl, proceso metu. Patekęs į dirvožemio tirpalą, aliuminis hidrolizuojasi, suformuodamas papildomą H^+ . Mainų rūgštumas ypač rūgščiuose dirvožemiuose paprastai yra tūkstantį kartų didesnis nei aktyvusis rūgštumas dirvožemio tirpale. Net vidutiniškai rūgščiuose dirvožemiuose kalkių, reikalingų neutralizuoti šio tipo rūgštumą, paprastai daugiau kaip 100 kartų didesnė nei reikalinga neutralizuoti dirvožemio tirpalą (aktyvųjį rūgštumą).

Hidrolizinis rūgštumas. Mainų ir aktyvusis rūgštumas sudaro tik dalį bendro dirvožemio rūgštumo. Likęs hidrolizinis rūgštumas (arba rezervinis) yra susijęs su vandenilio ir aliuminio jonais (įskaitant aliuminio hidroksi jonus), kurie yra surišti nemainų formose organinėje medžiagoje ir moliuose. Kai pH padidėja, surištas vandenilis disocijuoja ir surišti aliuminio jonai atlaisvinami ir iškrenta kaip amorfinis Al(OH)_3 . Šie pokyčiai atlaisvina neigiamas katijonų vietas ir padidina katijonų mainų gebą. Hidrolizinis rūgštumas yra daug didesnis nei aktyvusis ir mainų rūgštumas. Jis gali būti 1000 kartų didesnis nei dirvožemio tirpalo (aktyvusis) smėlio dirvožemyje ir 50 000 ar net 10 000 kartų didesnis priemoliuose turtinguose organine medžiaga.

Sunkieji metalai (Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Mo; Cu, Zn, Co, Hg). Tai metalai, kurie pasižymi dideliu tankiu – apie $5,0 \text{ g/cm}^3$ ar didesniu. Tai bendras apibrėžimas, naudojamas nurodyti tokius teršalus kaip kadmis, varis, švinas, arsenas, chromas, gyvsidabris, selenas ir cinkas. Dauguma tų metalų, net nedidelėmis koncentracijomis, yra nuodingi žmogui. Tie metalai gali būti vandenyje kaip tirpių druskų katijonai; jie paprastai atsiranda dėl pramonės keliamos taršos.

TYRIMO REZULTATAI

3-4 lentelėse pateiktos 2018 m. Alytaus miesto savivaldybės teritorijoje atliktų viršutinio dirvožemio sluoksnio tyrimų rezultatų suvestinės

3 lentelė. 2018 m. viršutinio dirvožemio sluoksnio tyrimų rezultatų suvestinė

Medžiagos pavadinimas	Ėminio adresas ir tyrimo rezultatai						
	Sudvųjų g. / Topolių g.	Seinų/ Sakalausko g.	A. Juozapavičiaus g. 1	Klevų g. 18	Sakų g. 3	Prie Dailidės ežero	AB mašinų gamyklos „Astra“ teritorijoje Gamyklos g.
pH	7,3	7,1	7,6	7,6	7,7	7,8	7,8
Judrusis fosforas (P ₂ O ₅) mg/kg	103	151	696	286	226	248	585
Judrusis kalis (K ₂ O) mg/kg	149	76	280	94	79	58	306
Kalcis (Ca) mg/kg	27580	1602	27470	21200	56200	37725	37675
Magnis (Mg) mg/kg	1760	250	2170	1340	1270	1432	1050
Azotas (nitratinis plus nitritinis suma) mg/kg	3,22	0,89	6,93	0,44	6,14	5,51	4,84
Azotas (amoniakinis) mg/kg	9,01	1,34	0,90	2,36	1,29	0,76	2,79
Mineralinis azotas mg/kg	12,23	2,23	7,83	2,8	7,43	6,27	7,63

4 lentelė. viršutinio dirvožemio sluoksnio tyrimų rezultatai

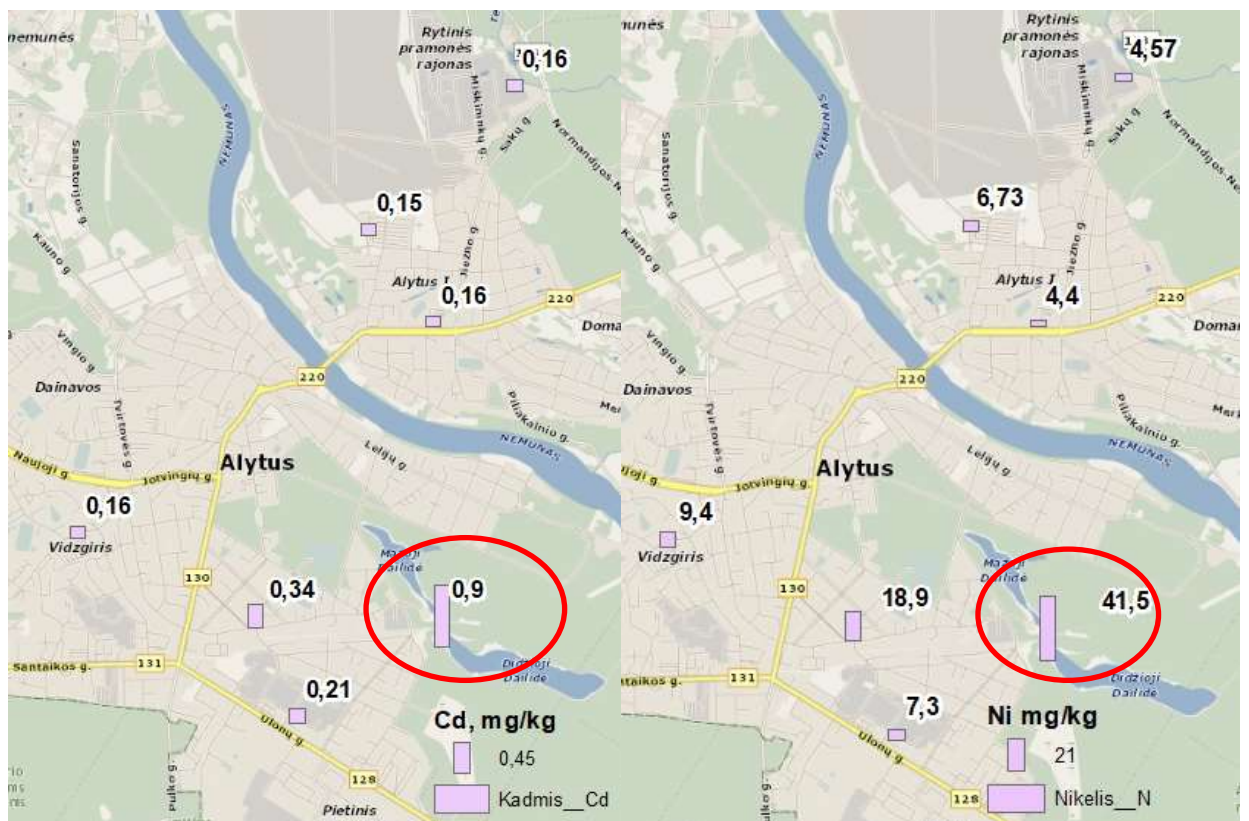
Medžiagos pavadinimas	Didžiausia leidžiama koncentracija (DLK), mg/kg	Ėminio adresas ir tyrimo rezultatai						
		Sudvųjų g. / Topolių g.	Seinų/ Sakalausko g.	A. Juozapavičiaus g. 1	Klevų g. 18	Sakų g. 3	Prie Dailidės ežero	AB mašinų gamyklos „Astra“ teritorijoje Gamyklos g.
Chromas (Cr)	80	12,4	19,4	6,20	7,13	5,97	46,1	12,0

Cinkas (Zn)	300	50,3	43,33	88,0	130	158	103	225
Kadmis (Cd)	1,5	0,16	0,34	0,16	0,15	0,16	0,90	0,21
Nikelis (Ni)	75	9,40	18,9	4,40	6,73	4,57	41,5	7,30
Švinas (Pb)	100	6,47	2,5	13,4	7,93	14,3	8,37	17,3
Kobaltas (Co)	40	2,53	0,63	1,73	1,33	1,23	1,37	1,97
Varis (Cu)	75	9,27	8,80	10,9	10,9	7,90	22,9	15,7
Gyvsidabris (Hg)	0,5	0,03	0,009	0,094	0,023	0,030	0,039	0,026
Manganas (Mn)	1500	250	34,7	260	196	192	172	233
Molibdenas (Mo)	5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Naftos produktai (bendras angliavandenilių kiekis C ₅ -C ₄₀)	5300	211	142	195	3090	553	304	381

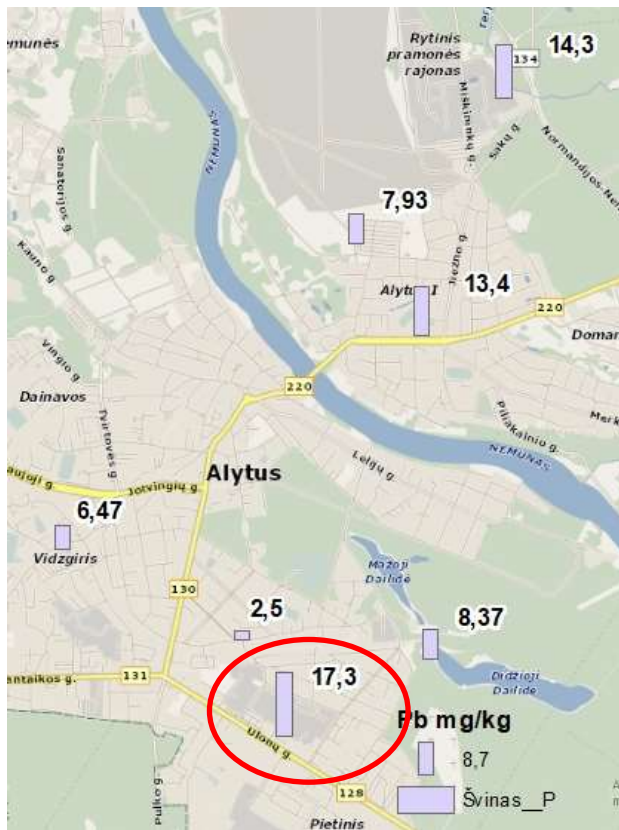
Viršutinių dirvožemio sluoksnių prie Alytaus miesto taršos objektų pH koncentracijos tiriamuoju laikotarpiu kito nuo 7,0 iki 7,3, o tai rodo, kad dirvožemiai yra šarminiai.

Viršutinio dirvožemio sluoksnio Alytaus miesto taršos objektų sunkiųjų metalų (Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Mo; Cu, Zn, Co, Hg). koncentracijos tiriamuoju laikotarpiu neviršijo dirvožemio sunkiųjų metalų koncentracijoms teisės aktuose nustatytų ribinių verčių. Nors palyginus pagal vietas, koncentracijos išsidėstė nevienodai.

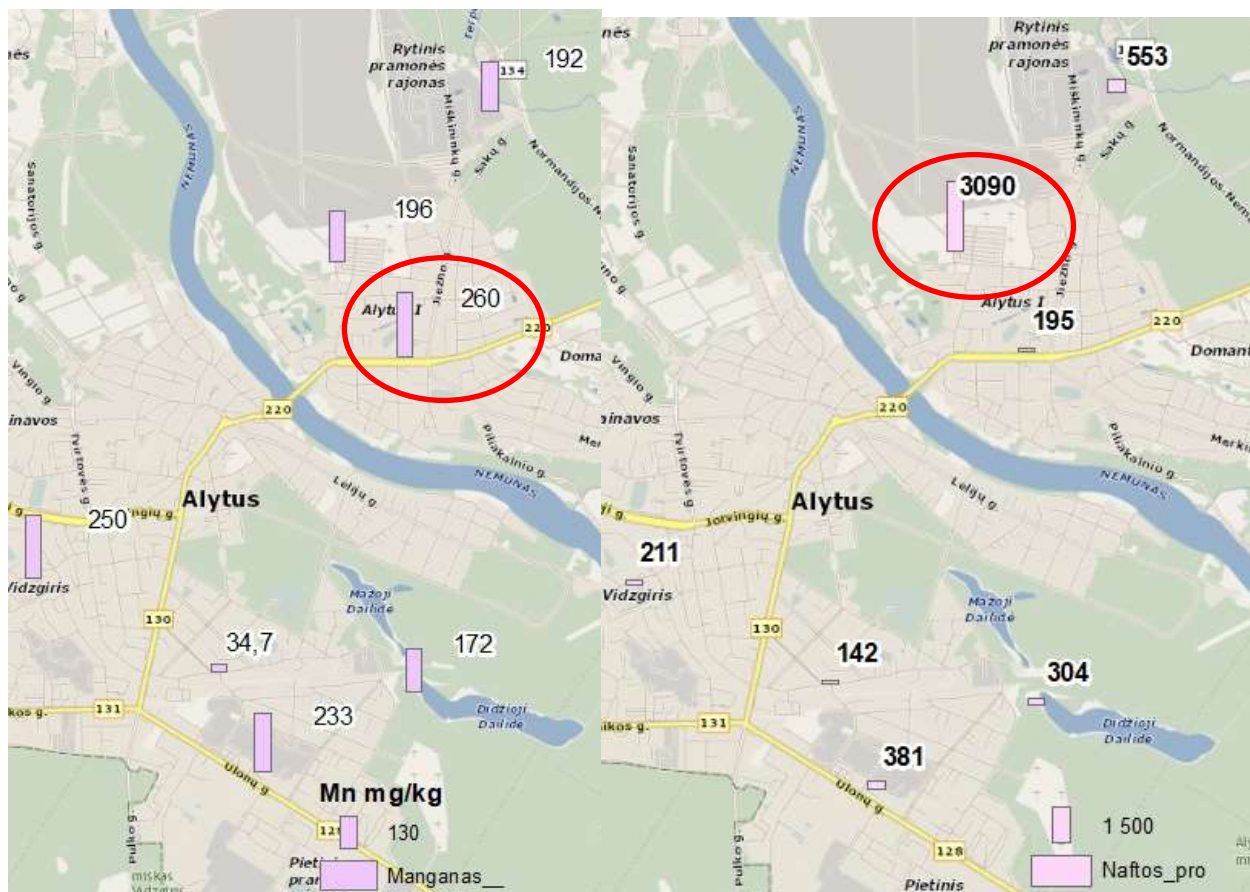
Sunkiųjų metalų koncentracijų viršutiniame dirvožemio sluoksnyje sklaidos žemėlapiai (9, 10 ir 11 paveikslai) pateikti žemiau.



8 pav. Chromo (Cr), cinko (Zn), kadmio (Cd) ir nikelio (Ni) koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje Alytaus mieste



9 pav. Švino (Pb), kobalto (Co), vario (Cu) ir gyvsidabrio (Hg) koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje Alytaus mieste



10 pav. Mangano (Mn) ir naftos produktų (bendras angliavandenilių kiekis C₅-C₄₀) koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje Alytaus mieste

Didžiausios chromo (Cr), kadmio (Cd), nikelio (Ni), vario (Cu), koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje nustatytos taške Nr. 12 prie Dailidės ežero; didžiausios Cinko (Zn) ir Švino (Pb) koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje nustatytos taške Nr. 13, AB mašinų gamyklos „Astra“ teritorijoje, Gamyklos g.; didžiausios gyvsidabrio (Hg) ir mangano (Mn) koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje nustatytos taške Nr. 9 Alytaus Piliakalnio progimnazijos teritorijoje, A. Juozapavičiaus g. 1; didžiausios kobalto (Co) koncentracijos nustatytos taške Nr. 7 Sudvajų g. / Topolių g.; naftos produktų (bendras angliavandenilių kiekis C₅-C₄₀) - Klevų g. 18.

IŠVADOS

Išnagrinėjus 2018 m. Alytaus miesto prie taršos šaltinių atliktų viršutinių dirvožemio sluoksnių tyrimo rezultatus galima suformuluoti tokias išvadas:

Viršutinių dirvožemio sluoksnių prie Alytaus miesto taršos objektų pH koncentracijos tiriamuoju laikotarpiu kito nuo 7,1 iki 7,8, o tai rodo, kad dirvožemiai yra šarminiai.

Viršutinio dirvožemio sluoksnio Alytaus miesto taršos objektų sunkiųjų metalų (Cd, Cr, Ni, Pb, Mn, Mo; Cu, Zn, Co, Hg). koncentracijos tiriamuoju laikotarpiu neviršijo dirvožemio sunkiųjų metalų koncentracijoms teisės aktuose nustatytų ribinių verčių.

Didžiausios chromo (Cr), kadmio (Cd), nikelio (Ni), vario (Cu), koncentracijos viršutiniame dirvožemio sluoksnyje nustatytos taške Nr. 12 prie Dailidės ežero; Cinko (Zn) ir Švino (Pb) koncentracijos - taške Nr. 13, AB mašinų gamyklos „Astra“ teritorijoje, Gamyklos g.; gyvsidabrio (Hg) ir mangano (Mn) koncentracijos - taške Nr. 9 Alytaus Piliakalnio progimnazijos teritorijoje, A. Juozapavičiaus g. 1; didžiausios kobalto (Co) koncentracijos nustatytos taške Nr. 7 Sudvajų g. / Topolių g.; naftos produktų (bendrasis angliavandenilių kiekis C5-C40) - Klevų g. 18.

Tiriamuoju laikotarpiu identifikuota, kad Alytaus miesto aplinkos taršos šaltiniai neigiamos įtakos tirtiems viršutiniams dirvožemio sluoksniams nedaro.

LITERATŪRA

1. Brazauskienė D. M.. Agroekologija ir chemija – Kaunas, Naujasis lankas, 2004.
2. Daukšas J. Aplinkos apsaugos technologijos – Šiauliai, Šiaulių universiteto leidykla, 2004.
3. Dirvožemio reakcija, rūgštumas ir jo formos. Buivydaitė V., Motuzas A. (sud.).
4. Geologijos pagrindų ir dirvotyros laboratoriniai darbai.
5. Jankauskas B. Dirvožemio erozija – Vilnius, Margi raštai, 1996.
6. Manual for soil analysis – monitoring and assessing soil bioremediation. 2005. Margesin R, Schinner F. (eds.). Springer – Verlag Berlin.