



GARAŽŲ TERITORIJOS DIRVOŽEMIO KOKYBĖS IR UŽTERŠTUMO VERTINIMAS

Jurgita ALEKNAITĖ¹, Kristina KLEPAITĖ², Vaida ŠEREVIČIENĖ³, Vaidotas VALSKYS⁴

^{1, 2, 3}VGTU AIF Aplinkos apsaugos katedra

⁴VU GMF Ekologijos ir aplinkotyros centras

El. paštas: ¹jurgita.aleknaitė@stud.vgtu.lt; ²kristina.klepaitė@stud.vgtu.lt;

³vaida.sereviciene@vgtu.lt; ⁴vaidotas.valskys@gf.vu.lt

Anotacija. Lietuvos geologijos tarnyba, atlikusi preliminarius tyrimus, turi informacijos apie daugiau nei 12000 užterštų teritorijų, kurias būtina tvarkyti. Straipsnyje pateiktas vienos iš tokių teritorijų tyrimas – nagrinėta garažų teritorijos dirvožemio kokybė, teršalų kiekiai ir galima jų sklaida. Norint nustatyti dirvožemio kokybės pokytį buvo tiriamas dirvožemio drėgnis, pH, granulimetrinė sudėtis ir bendrosios anglies kiekis, o rezultatai lyginami su kontroliniu švaraus dirvožemio mėginiu. Nustatyta, kad teritorijoje vyrauja smėlingas gruntas, kurio pH yra padidėjęs į šarminę pusę, o bendrosios anglies kiekis yra nepastovus ir priklauso nuo teršalų kiekio. Ištirti naftos produktų ir sunkiųjų metalų kiekiai teritorijoje tiek horizontaliai, tiek ir vertikaliai iki 0,5 m gylio. Nustatyta, kad naftos produktai viršija leistinas HN 60:2004 normas teritorijos viduryje, kur vykdyta daugiau veiklos, paviršiniame (0–10 cm) sluoksnyje nuo 1,35 iki 3,5 karto ir prasisverbia iki 30 cm gylio. Sunkieji metalai aptikti visame plote ir tirtajame gylyje (iki 50 cm). Daugiausia vyrauja cinkas (aptikta iki 818,07 mg/kg), varis (iki 2401,76 mg/kg), manganas (iki 540,12 mg/kg), chromas (iki 75,25 mg/kg), švinas (iki 1833,85 mg/kg) ir vanadis (iki 77,79 mg/kg). Paviršiniame sluoksnyje (0–10 cm) aptikti sunkiųjų metalų leistinų koncentracijų viršijimai. Pagal gautus rezultatus apskaičiuotas teritorijos užterštumo naftos produktais koeficientas ($K = 4,32$) ir bendras dirvožemio užterštumo sunkiaisiais metalais koeficientas ($Z_d = 37,35$). Nustatyta pavojinga teritorijos dirvožemio užterštumo klasė.

Reikšminiai žodžiai: dirvožemio kokybė, naftos produktai, sunkieji metalai, užterštumo koeficientas, užteršta teritorija.

Įvadas

Užteršta teritorija – tai tokia teritorija, kurios grunte ar gruntiniame vandenyje pavojingų cheminių medžiagų koncentracijos viršija teisės aktuose nustatytas ribines vertes. Arba teritorija yra laikoma užteršta tais atvejais, jeigu joje pagal paskirtį negali būti naudojamas dirvožemis, gruntas ar požeminis vanduo (Kadūnas *et al.* 2011).

Manoma, kad užterštos teritorijos Lietuvoje atsirado dėl praityje vykdytos, taip pat ir šiuo metu vykdomos pramoninės, komercinės ar intensyvios žemės ūkio veiklos. Dėl šios veiklos naudojant įvairius chemikalus bei toksines medžiagas neretai kenksmingos medžiagos išsilieja į aplinką ir per dirvožemį, gruntą, migracijos keliu patenka į požeminį vandenį.

Lietuvos geologijos tarnybos iniciatyva 1997 m. buvo parengta programa su potencialių taršos židinių inventorizavimo metodika, o programos pagrindu sukurta Geologinės aplinkos taršos židinių informacinė sistema, kurioje visi galimi geologinės aplinkos taršos židiniai yra grupuojami į atskirus tipus bei potipius ir atsižvelgiama į jų būklę inventorizacijos metu (1 lentelė).

Šiuo metu Geologinės aplinkos taršos židinių duomenų bazėje yra 12089 potencialūs taršos židiniai ir įvertintas jų pavojingumas aplinkai. Didžiausią dalį sudaro vidutinio pavojingumo tipui priskiriami pramonės, energetikos, transporto ir paslaugų objektai (59 % visų taršos židinių) – tai buvę technikos kiemai ir veikiančios ar baigusios veiklą naftos bazės (Kadūnas *et al.* 2011).

Tokių teritorijų dirvožemyje daugiausia aptinkama naftos produktų ir sunkiųjų metalų, kurių patekimo į aplinką priežastys yra šios: neleistina teritorijos savininkų veikla, technikos remonto metu įvykstantys nutekėjimai ir netinkamai šalinamos susidarančios įvairios atliekos (p dangos, tekstilė, automobilių dalys, katalizatoriai, tepalai, įvairios statybinės medžiagos), nesaugomas gruntas nuo galimų tepalų ar degalų išsipylimo, o išsipylus nenaudojami sorbentai.

Atliktuose panašiuose dirvožemio tyrimuose (Voronkienė *et al.* 2001; Idzelis *et al.* 2006; Šukys *et al.* 2012; Baltrėnas *et al.* 2010) nustatyta, kad aplinkai ypač

pavojingi **sunkieji metalai**. Jie turi savybę kauptis ir migruoti į gilesnius grunto sluoksnius ir gali užteršti požeminį vandenį ir neigiamai paveikti organizmų gyvybines sistemas (D'Aprile *et al.* 2007).

1 lentelė. Taršos židinių tipai ir potipiai (Kadūnas *et al.* 2011)

Taršos židinių tipai: I. Pramonės, energetikos, transporto ir paslaugų objektai; II. Teršiančių medžiagų kaupimo ir regeneravimo objektai; III. Gyvulininkystės objektai; IV. Teršiančių medžiagų avarinių išpylimų vietos.		Taršos židinių būklė pagal židinio eksploatacijos stadiją: – Veikiantis; – Rekonstruotas; – Neveikiantis; – Sugriautas.	
Potipiai			
I tipo Asfaltbetonio bazė; Autoservisas; Degalinė; Depo; Gamybos cechas; Garažas: Karinė teritorija; Katilinė; Naftos bazė; Plovykla; Skerdykla.	II tipo Automobilių demontavimo aikštelė; Filtracijos laukai; Gyvulių laidojimo vieta; Laistymo (filtracijos) laukai; Rezervuaras; Sandėlis; Saugojimo aikštelė; Sąvartynas; Užteršto grunto regeneravimo aikštelė; Valymo įrenginiai.	III tipo Avidė; Kiaulidė; Karvidė; Paukštynas; Žirgynas; Žvėrelių ferma.	IV tipo Automobilių keliai; Buitinių-gamybinių nuotekų kanalizacijos; Vamzdynai; Geležinkeliai; Naftotiekiai; Nuotekų kolektorai.

Sunkiųjų metalų migraciją skatina dirvožemio drėgmė, nes dauguma metalų junginių yra tirpūs (Bradl 2005). Sunkiųjų metalų kaupimuisi ir migracijai nemažos įtakos turi dirvožemių fizikinės ir cheminės savybės, tokios kaip dirvožemio rūgštingumas, humuso kiekis, dirvožemio kilmė, sorbciniai ypatumai ir dirvožemio granulimetrinė sudėtis, o ypač smulkioji (Rieuwerts *et al.* 1998). Susikaupę teršalai gali pakeisti jo pH – metalų tirpumas turi tendenciją didėti, kai pH mažėja ir mažėja, kai pH vertė didėja (Braz 2008), suardyti natūralią cheminę, fizinę ir biologinę pusiausvyrą. Didelė vandens jonų koncentracija skatina toksiškų elementų – Al, Mn, Fe, Cu ir Zn – junginių judrumą (Brady, Weil 2008). Sunkieji metalai dirvožemyje gali sudaryti junginius su įvairiais cheminiais elementais ar junginiais. Didelę įtaką dirvožemio granulimetrinei sudėčiai turi Cr, Ni, Cu ir Zn kiekiams. Didžiausi sunkiųjų metalų kiekių skirtumai yra tarp lengvos ir sunkios granulimetrinės sudėties dirvožemių, kurie labai skirtingi pagal fizinio molio dalelių kiekį (smėlinguose dirvožemiuose – iki 20 %, molinguose dirvožemiuose – daugiau kaip 40 %) (Mažvila 2001).

Automobilių pramonėje plačiai naudojami įvairūs sunkieji metalai. Nors ES direktyva 2000/53/EB numato atvejus, draudžiančius kadmio, švino, gyvsidabrio arba chromo naudojimą transporto priemonių medžiagose ir dalyse, technikos kiemai ir garažai vis dar teršiami šiomis aplinkai pavojingomis medžiagomis (Šukys *et al.* 2012).

Naftos teršalų patekimo į dirvožemį šaltiniai išskiriami tokie: nesandarios degalų saugyklos (benzenas, ksilenas, alkenai, alkanai), tirpiklių nutekėjimai, nuotėkiai iš automobilių vidaus variklių, atliekų sąvartynų filtratas, lietaus vanduo, pernešantis teršalus nuo gatvių (Šukys *et al.* 2012). **Naftos ir jos produktų** sklaidai bei būsenai uolienoje ir požeminiame vandenyje esminės įtakos turi fizikinės, cheminės jų savybės (klampumas, virimo temperatūra, tirpumas vandenyje ir kt.) ir požemio sąlygomis tarp jų patekusios medžiagos bei aplinkos procesai (oksidacija, sorbcija, difuzija, biodegradacija ir kt.) (Baltrėnas, Vaišis 2007). Dirvožemio taršos naftos produktais pasekmės gali būti šios: derlingojo sluoksnio sunaikinimas, dirvožemio erozija, padidėjęs dirvos rūgštingumas, patekę ant žemės paviršiaus naftos produktai, kurie, esant laidžiam gruntui, gali pasiekti ir užteršti gruntinį vandenį (Baltrėnas, Vaišis 2004). Teršalai, patekę degalų išsipylikimo metu, kadangi yra mažai tirpūs, gali padengti dirvožemį ir paviršinį vandenį plėvele arba disperguoti ir formuoti naftos ir vandens emulsijas (Nadim *et al.* 1999).

Nors nemažai užterštų objektų pakeitė gamybos pobūdį arba ją visai nutraukė, tokių vietų ekologinė būklė išlieka ypač bloga. Viena iš tokių teritorijų – tiriamoji garažų teritorija Vilniuje, Grigiškėse. Nors teritorijoje dalis garažų jau nebeekspluatuojami, tačiau galimai iš anksčiau kenksmingais produktais užterštas gruntas yra neprižiūrimas ir netvarkomas.

Šio straipsnio tikslas – ištirti minėtosios teritorijos taršos naftos produktais ir sunkiaisiais metalais mastą ir išanalizuoti galimą teršalų poveikį dirvožemio kokybei (pH, bendroji anglis, drėgnis).

Tyrimų metodika

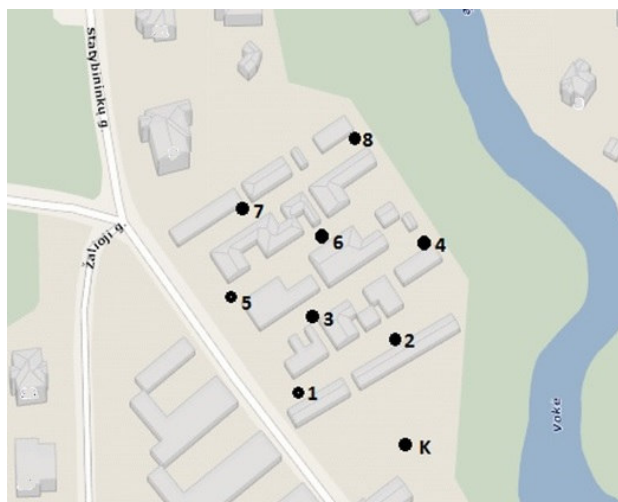
Grigiškės – miestas Vilniaus miesto savivaldybėje, nutolęs 17 km į vakarus nuo Vilniaus centro, išsidėstęs abipus Vokės upės ir kelio Vilnius–Kaunas–Klaipėda. Tiriamoji garažų teritorija yra Grigiškių šiaurės vakarinėje dalyje, Statybininkų gatvėje. Teritorijos plotas yra ~93 arai, perimetras – 370 m. Sąlyginės teritorijos koordinatės pagal LKS sistemą yra 569269, 6060432.

Pagal Lietuvos geologijos tarnybos programos nustatytus taršos židinių tipus (1 lentelė), teritorija yra I tipo – pramonės, energetikos, transporto ir paslaugų objektas ir I

potipio – garažų teritorija. Teritorijoje yra kelios dešimtys metalinių garažų, dalis jų nebeekspluatuojami. Teritorijos jautrumas taršai nustatomas pagal LAND 9-2009 „Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimus“. Pagal šį dokumentą, tiriamoji teritorija priskiriama taršai mažai jautrių teritorijų IV kategorijai.

Artimiausi gyvenamieji namai nuo nagrinėjamosios teritorijos yra už ~20 m į šiaurę ir už ~35 m į pietus. Atstumas iki arčiausiai esančios Vokės upės – ~50 m. Trumpiausias atstumas iki *Natura 2000* priklausančios Neries upės yra ~820 m į rytus; už ~2500 m į šiaurės rytus prasideda Neries regioninis parkas. Kadangi atstumai yra gana dideli, todėl garažų teritorijoje esanti tarša šioms saugomoms teritorijoms nekelia neigiamo poveikio.

Dirvožemio mėginiai imti iš paviršinio dirvožemio sluoksnio 0–10 cm gylio kastuvėliu tinklelio principu (1 pav.).



1 pav. Tyrimo mėginių ėmimo vietas (1–8 – mėginių ėmimo vietas; K – kontrolinio mėginio ėmimo vieta)

Norint išsiaiškinti teršiančių elementų migraciją, mėginiai imti ne tik nuo paviršiaus, bet ir iš gilesnių sluoksnių – 30 cm ir 50 cm gylių (2 lentelė).

2 lentelė. Mėginių ėmimo gyliai

Mėginio nr.	Mėginio ėmimo gylis, cm		
	0–10	10–30	30–50
1.	+	+	–
2.	+	+	+
3.	+	+	+
4.	+	+	–
5.	+	+	–
6.	+	+	+
7.	+	+	–
8.	+	+	+
K.	+	–	–

Bendras mėginių skaičius – 21 mėginys. Atvežti mėginiai išdžiovinami 105 °C temperatūroje iki pastovios masės ir susmulkinti.

Granulimetrinė dirvožemio sudėtis nustatyta remiantis Lietuvos standartu „LST CEN ISO/ TS 17892-4:2005. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 4 dalis. Granulimetrinės sudėties nustatymas“ (tapatus ISO/TS 17892-4:2004). Sijojimo metodas – naudojant sietus smėlio dalelės sugrupuotos į tam tikro dydžio: 5 mm; 4 mm; 2,5 mm; 1,6 mm; 900 μm; 200 μm ir mažiau nei 200 μm frakcijas.

Vandens kiekis ir sausoji dirvožemio masė, nustatyta gravimetrine analize mėginių išdžiovinus 105 °C temperatūroje, pateikta kaip išdžiovinoto dirvožemio svorio ar tūrio procentas.

Dirvožemio pH nustatytas potenciometrinio metodu, kurį reglamentuoja Lietuvos standartas „LST ISO 10390:2005 Dirvožemio kokybė. pH nustatymas“ (tapatus ISO 10390:2005), naudojant pH-metrą.

Norint nustatyti organinių medžiagų kiekį ir jų įtaką teršalų sklaidai, atliktas **bendrosios anglies** (vieno kaip organinės medžiagos komponento, kuris dažnai naudojamas kaip dirvožemio ar nuosėdų rodiklis) kiekio nustatymas. Matavimas atliktas naudojant bendrosios anglies analizatorių (TOC-V, SHIMADZU) kaitinant mėginius 900 °C temperatūroje, kurioje įvyksta anglies degimo redokso reakcija ir rezultatas gaunamas kaip reakcijos naudingumo koeficientas.

Naftos produktų koncentracija nustatyta remiantis tuo, kad mažiausiai nuo naftos produkto sudėties priklauso šviesos absorbcija IR spindulių spektro dalyje (PND 1998). Naftos produktai ekstrahuoti iš dirvožemio anglies tetrachloridu. Aliuminio oksidu užpildytoje chromatografinėje kolonėlėje naftos produktai atskirti nuo kitų organinių junginių, po to ekstrakte išmatuojama naftos produktų koncentracija. Naftos produktų koncentracija matuojama analizatoriumi AN-2 ir apskaičiuojama pagal 1 formulę:

$$X = \frac{C_1 \cdot V_1}{V} \cdot n \quad (1)$$

čia: X – naftos produktų koncentracija dirvožemyje, mg/kg; C₁ – naftos produktų koncentracija pagal prietaiso rodmenis, mg/l; V₁ – ekstrakcijai paimtas tirpiklio (anglies tetrachlorido) kiekis, ml; V – analizei paimtas tiriamojo dirvožemio kiekis, g; n – praskiedimo koeficientas.

Rezultatas lyginamas su ribine verte, kuri parinkta iš LAND 9-2009 „Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai“. Ribinė vertė pritaikyta smėliniam gruntui mažai jautriai teritorijai (3 lentelė).

3 lentelė. Smėlinio grunto užterštumo naftos produktais ribinės vertės (LAND 9-2009)

Teritorijos jautrumas taršai		Bendro naftos produktų kiekio ribinė vertė, mg/kg
Kategorija	Jautrumo lygis	
I	Labai jautri	100
II	Jautri	150
III	Vidutiniškai jautri	800
IV	Mažai jautri	4000

Sunkieji metalai nustatyti elektromagnetinės fluorescencijos metodu, kuriam buvo naudotas *Niton XRF* analizatorius. Tyrimas pagrįstas elektromagnetiniu spektru, kuris kiekvienam elementui yra skirtingas. Analizatoriaus detektorius užfiksuoja elemento sklaidžiamą elektromagnetinę energiją ir per pasirinktą laiko tarpą ją identifikuoja. Analizatoriaus kompiuteris pagal išmatuotą energijos dydį suskaičiuoja išmatuoto elemento koncentraciją. Galutinis rezultatas pateikiamas ppm (ang. *parts per million*) matavimo vienetais, kurie atitinka mg/kg (Thermo Fisher Scientific 2010). Rezultatai lyginami su ribinėmis vertėmis, pateiktomis HN 60:2004 (4 lentelė).

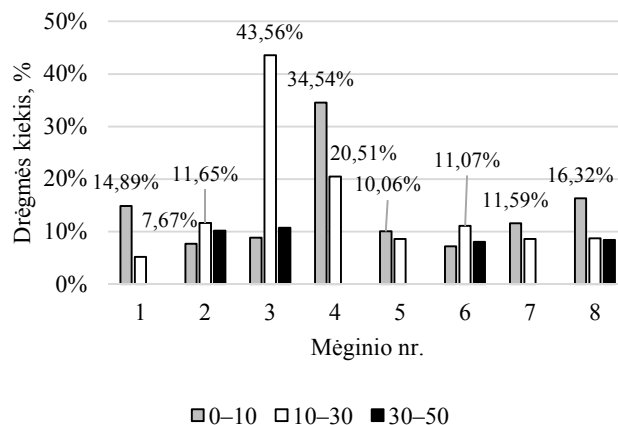
4 lentelė. Smėlinio grunto užterštumo sunkiaisiais metalais ribinės vertės (HN 60:2004)

Medžiagos pavadinimas	DLK, mg/kg	Foninis cheminės medžiagos kiekis, mg/kg smėlio ir priemolio dirvožemyje
Chromas (Cr)	100	30
Cinkas (Zn)	300	26
Manganas (Mn)	1500	427
Švinas (Pb)	100	15
Varis (Cu)	100	8,1
Vanadis (V)	150	32

Rezultatai ir jų analizė

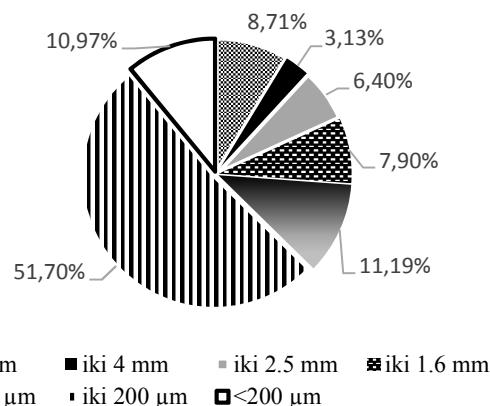
Dirvos drėgmeniui daugiausiai įtakos turi kritulių kiekis. Drėgmės kaupimasi dirvožemyje lemia auginamų augalų šaknų sistemos išsivystymas, sliekų kiekis, dirvožemio poringumas, granulometrinė dirvožemio sudėtis, dirvožemio struktūra.

Ištirus mėginių drėgnį, nustatyta, kad drėgniausia yra teritorijos viduryje (3, 4 mėginiai) ir drėgnis siekia net 43,56 % (2 pav.), gilesniuose sluoksniuose drėgmė sparčiai mažėja. Taip pat reikia įvertinti, kad drėgmės kiekis priklauso ir nuo meteorologinių sąlygų, pvz., imant lietingą dieną mėginių drėgnis gali skirtis nuo imtų saulėtą dieną mėginių drėgnio.



2 pav. Dirvožemio drėgno pasiskirstymas tiriamojoje teritorijoje

Atlikus granulometrinės sudėties tyrimą nustatyta, kad teritorijos dirvožemyje daugiausia vyrauja smulkusis smėlis (frakcija iki 200 μm) – 51,70 %, o mažiausią dalį sudaro smulkusis žvirgždas (frakcija iki 4 mm) – 3,13 % (3 pav).



3 pav. Teritorijos dirvožemio granulometrinė sudėtis procentais

Remiantis 2011 m. rugsėjo–spalio mėnesiais buvusiame garažų sklype Birštono mieste atliktais panašiais dirvožemio tyrimais, kurių metu buvo nustatytas praeities taršos poveikis gruntui, rasti panašūs grunto frakcijų rezultatai – vyraujančios smėlio ir priemolio frakcijos, sudarančios 59–93 % 10–60 cm gylio grunto sluoksniuose (Šukys *et al.* 2012).

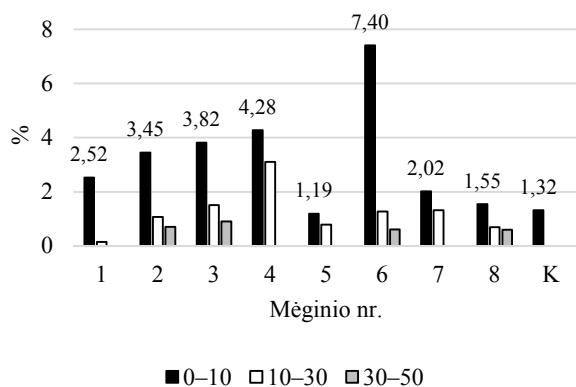
Ištirus mėginių pH nustatyta, kad teritorijos – tiek paviršinės dalies, tiek gilesnių sluoksnių – dirvožemis yra silpnai šarminis (pH nuo 7,2 iki 8,3), palyginti su kontroliniu mėginiu, kuris yra silpnai rūgštinis (pH 6,4).

Bendrosios anglies dirvožemyje matavimo rezultatai pateikti 4 paveiksle, iš kurių matoma, kad didžiausias kiekis yra paviršiniame sluoksnyje, o gilyn kiekis sparčiai mažėja. Daugiausia bendrosios anglies aptikta teritorijos

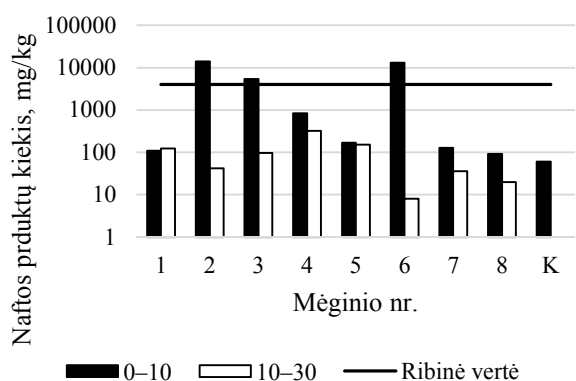
paviršiuje – centre (6 mėginys – 7,4 %; 4 mėginys – 4,3 %, 3 mėginys – 3,8 %).

Nustačius naftos produktų kiekį dirvožemyje, jis lyginamas su ribine verte. Ribinė vertė taikoma kaip mažai jautriai teritorijai. 5 paveiksle matoma, kad paviršinio sluoksnio 2 mėginys naftos produktai leistiną ribinę vertę (4000 mg/kg) viršija 3,5 karto (14000 mg/kg); 3 mėginys – 1,35 karto (5400 mg/kg); 6 mėginys – 3,3 karto (13200 mg/kg).

Tokį viršijimą šiuose taškuose galima pagrįsti tuo, kad mėginiai imti vietose, kuriose garažai galimai eksploatuojami, taip pat šalia šių mėginių ėmimo vietų aptikta daugiausia skystų atliekų (tepalų ir tepaluotos tekstilės). Gilesniuose sluoksniuose naftos produktai ribinės vertės neviršija, o dar gilesniame sluoksnyje (iki 50 cm) naftos produktų nerasta.



4 pav. Bendrosios anglies kiekis garažų teritorijos dirvožemyje

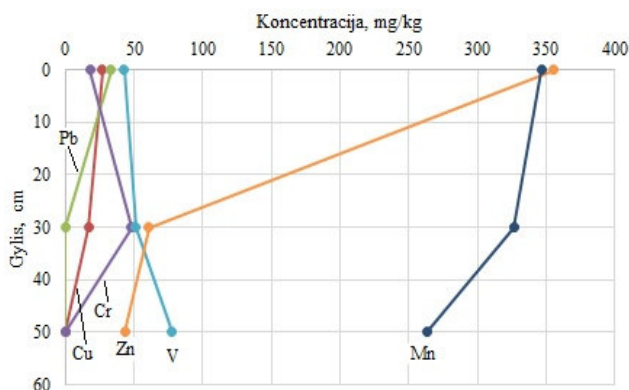


5 pav. Naftos produktų pasiskirstymas tiriamosios teritorijos dirvožemyje

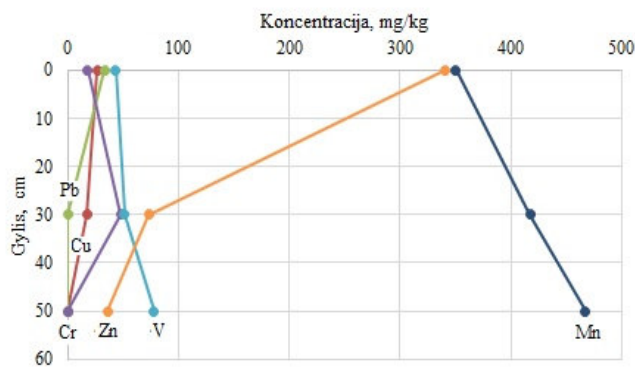
Birštono miesto garažų sklype atlikto tyrimo metu naftos teršalų rasta nuo 2 iki 120 kartų daugiau nei leidžia higienos norma. Daugiausia viršijimų aptikta ėminiuose, paimtuose iš 30–60 cm gylio sluoksnio (Šukys *et al.* 2012).

Vertinant sunkiųjų metalų koncentraciją, lyginamos keturiuose mėginių ėmimo taškuose (6–9 pav.) nustatytos vertės. Matavimo taškai išsidėstę įvairiose teritorijos vietose (2 – teritorijos krašte prie kelio, 3, 6 – centre, 8 – teritorijos krašte upės pusėje).

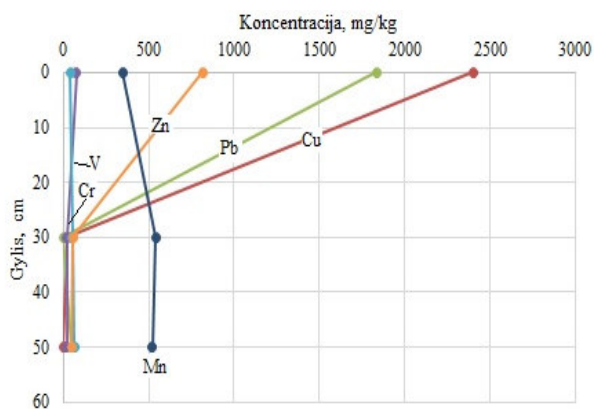
Pagal HN 60:2004 ribines vertes (4 lentelė) nustatyta, kad 2 mėginio ėmimo taške (6 pav.) paviršiniame sluoksnyje cinkas ribinę vertę (RV = 300 mg/kg) viršija 1,2 karto (355,76 mg/kg). 3 mėginio ėmimo taške (7 pav.) paviršiniame sluoksnyje varis viršija ribinę vertę (RV = 100 mg/kg) ~2,4 karto (241,17 mg/kg); cinkas ribinę vertę (RV = 300 mg/kg) viršija 1,12 karto (341,22 mg/kg). Daugiausia ribinių verčių viršijimų pastebėta 6 mėginio ėmimo taške (8 pav.) paviršiniame sluoksnyje. Varis viršija ribinę vertę (RV = 100 mg/kg) ~24 kartus (2401,2 mg/kg); cinkas ribinę vertę (RV = 300 mg/kg) viršija 2,7 karto (818,07 mg/kg); švinas ribinę vertę (RV = 100 mg/kg) viršija 18,3 karto (1833,85 mg/kg). 8 mėginio ėmimo taške (9 pav.) ribinių verčių viršijimo nenustatyta.



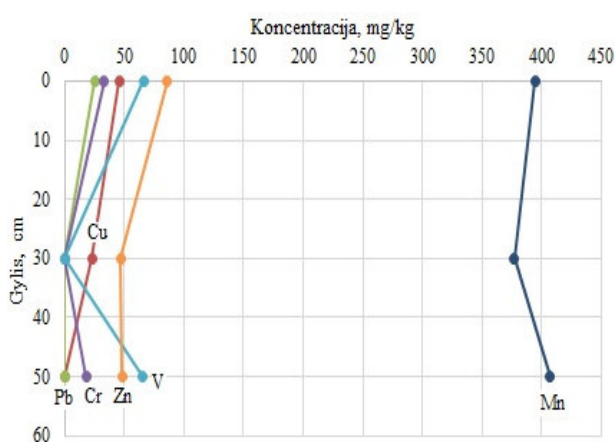
6 pav. Sunkiųjų metalų sklaida skirtinguose dirvožemio gyliuose 2 mėginio ėmimo taške



7 pav. Sunkiųjų metalų sklaida skirtinguose dirvožemio gyliuose 3 mėginio ėmimo taške



8 pav. Sunkiųjų metalų sklaida skirtinguose dirvožemio gyliuose 6 mėginio ėmimo taške



9 pav. Sunkiųjų metalų sklaida skirtinguose dirvožemio gyliuose 8 mėginio ėmimo taške

Birštono miesto garažų teritorijoje tirtų sunkiųjų metalų kiekiai lyginti su foniniais kiekiais, esančiais gretimuose sklypuose. Nustatyta, kad cinko kiekis 6–9 kartus didesnis už foninį kiekį; švino kiekis – 7–9 kartus; vario kiekis – iki 2 kartų; chromo kiekis – 1,5–5 kartus didesnis už foninį kiekį (Šukys *et al.* 2012).

Analizuojant tyrimo rezultatus, vertintas dirvožemio kokybės ir teršalų kiekio **koreliacinio ryšio** stiprumas paviršiniame teritorijos dirvožemio sluoksnyje (5 lentelė).

Pastebėtas stiprus koreliacinis ryšys tarp naftos produktų ir bendrosios anglies kiekio visoje teritorijoje ($r = 0,708$) – kuo daugiau naftos produktų, tuo daugiau bendrosios anglies, taip pat tarp naftos produktų ir smulkios dirvožemio frakcijos kiekio ($r = 0,68$). Atvirktinis ryšys yra tarp naftos produktų ir dirvožemio pH ($r = -0,75$) – esant daugiau naftos produktų pH mažėja. Naftos produktų priklausomybė nuo drėgnio – nežymi. Gilesniame sluoksnyje koreliacinis ryšys su bendrąja anglimi išlieka panašus, o su pH – tampa nežymus.

Stiprų koreliacinį ryšį su bendrąja anglimi paviršiniame sluoksnyje turi sunkieji metalai – varis ($r = 0,86$), cinkas ($r = 0,99$), švinas ($r = 0,88$) ir chromas ($r = 0,88$) – kuo didesnis bendrosios anglies kiekis, tuo didesni sunkiųjų metalų kiekiai, tokia tendencija išlieka ir gilesniame sluoksnyje; manganas ir vanadis – tiesinės priklausomybės neturi.

Neigiama priklausomybė yra tarp sunkiųjų metalų (Cu, Zn, Pb, Cr) ir dirvožemio pH (nuo $-0,48$ iki $-0,78$).

Sunkiųjų metalų koreliacinis ryšys su dirvožemio drėgmės kiekiu yra nežymus. Gilesniuose sluoksniuose sunkiųjų metalų koncentracijos priklausomybė nuo smulkios frakcijos kiekio dirvožemyje yra neigiama – daroma prielaida, kad kuo daugiau smulkios frakcijos (o kartu mažiau vandens porų, kuriose gali tirpti metalai) dirvožemio, tuo mažesnis sunkiųjų metalų kiekis.

Taip pat apskaičiuotas teršalų tarpusavio koreliacinis ryšys (6 lentelė). Nustatytas stiprus naftos produktų koreliacijos ryšys su variu ($r = 0,60$ – $0,71$), cinku ($r = 0,68$ – $0,76$) ir švinu ($r = 0,57$ – $0,86$). Manganas ir vanadis turi silpną ryšį, taigi į dirvožemį gali patekti kitais būdais.

5 lentelė. Dirvožemio kokybės ir teršalų koreliacijos koeficientai

Kokybės parametrai	0–10 cm gylyje				10–30 cm gylyje				30–50 cm gylyje			
	Drėgnis	Bendroji anglis	pH	Smulkios frakcijos kiekis	Drėgnis	Bendroji anglis	pH	Smulkios frakcijos kiekis	Drėgnis	Bendroji anglis	pH	Smulkios frakcijos kiekis
Teršalai												
Naftos produktai	-0,49	0,71	-0,75	0,68	0,22	0,63	0,06	-0,26	-	-	-	-
Varis	-0,29	0,86	-0,78	0,29	0,26	0,79	0,06	-0,51	-	-		
Cinkas	0,03	0,99	-0,69	0,19	0,33	0,97	-0,18	-0,65	-0,93	-0,99	0,65	-0,86
Švinas	-0,16	0,88	-0,79	0,20	0,27	0,90	-0,01	-0,55	-	-	-	-
Manganas	0,67	-0,20	0,14	-0,68	0,09	0,25	-0,74	-0,33	-0,43	0,02	0,32	-0,45
Chromas	0,19	0,88	-0,48	-0,11	-0,22	-0,18	-0,23	0,06	-0,05	-0,05	0,26	-0,16
Vanadis	0,40	0,14	0,05	-0,38	0,29	0,45	-0,23	0,12	-0,56	-0,56	0,26	-0,45

6 lentelė. Teršalų tarpusavio koreliacijos koeficientai

Sunkieji metalai	Naftos produktai (0–10 cm gylyje)	Naftos produktai (10–30 cm gylyje)
Varis	0,60	0,71
Cinkas	0,68	0,76
Švinas	0,57	0,86
Manganas	–0,44	–0,05
Chromas	0,41	–0,36
Vanadis	–0,07	0,13

Dirvožemio užterštumo vertinimas

Kuriai nors iš šių kategorijų („leistiniai“, „vidutinio pavojingumo“, „pavojingai“ ir „ypač pavojingai“) ištirtos dirvožemio vietos gali būti priskiriamos pagal tokią seką: įvertinama užterštumo kategorija pagal du pagrindinius rodiklius: dirvožemio užterštumo koeficientą K_0 ir suminį užterštumo rodiklį Z_d ; sugretinus abu rodiklius – K_0 ir Z_d , pagal didesnį vieno iš jų pavojingumo laipsnį yra nustatomas ir įvardijamas bendras dirvožemio užterštumo pavojingumo laipsnis (HN 60:2004).

Dirvožemio užterštumo naftos produktais koeficientas K_0 skaičiuojamas pagal HN 60:2004 užterštumo vertinimo reikalavimus ir kriterijus (7 lentelė).

Pagal apskaičiuotą $K_0 = 4,32$ reikšmę nustatyta, kad dirvožemio užterštumo pavojingumo laipsnis yra **pavojingas**.

7 lentelė. Dirvožemio užterštumo naftos produktais pavojingumo laipsniai (HN 60:2004)

Dirvožemio užterštumo pavojingumo laipsnis	K_0
Leistinas	$K_0 < 1$
Vidutinio pavojingumo	$1 < K_0 < 3$
Pavojingas	$3 < K_0 < 10$
Ypač pavojingas	$K_0 > 10$

Kadangi dirvožemis yra užterštas ne vienu sunkiuoju metalu, bet keliais, tad jo užterštumo laipsnis yra vertinamas pagal suminį užterštumo rodiklį Z_d (8 lentelė).

8 lentelė. Dirvožemio užterštumo sunkiaisiais metalais pavojingumo laipsniai (HN 60:2004)

Dirvožemio užterštumo pavojingumo laipsnis	Z_d
Leistinas	$Z_d < 16$
Vidutinio pavojingumo	$16 < Z_d < 32$
Pavojingas	$32 < Z_d < 128$
Ypač pavojingas	$Z_d > 128$

Koeficientą apskaičiavus kiekvienam elementui atskirai ir įvertinus foninį to elemento kiekį, gauname sumą $Z_d = 37,35$, kuri atitinka **pavojingą** užterštumo laipsnį.

Panašių tyrimų Birštono mieste metu nustatyta, kad didžiausią grėsmę kelia sklypo tarša naftos produktais: užterštumas kinta nuo vidutinio ($1 < K_0 < 3$) iki labai aukšto ($K_0 < 10$). Suminis grunto užterštumas sunkiaisiais metalais ir naftos produktais vertinamas kaip vidutinio pavojingumo ($Z_d = 16–32$) arba pavojingas ($Z_d = 32–128$) (Šukys *et al.* 2012).

Išvados

1. Ištyrus mėginių drėgnį, nustatyta, kad drėgniausia yra teritorijos viduryje (3, 4 mėginiai) ir drėgmė siekia 43,56 %. Atlikus granulometrinės sudėties tyrimą nustatyta, kad teritorijos dirvožemyje daugiausia vyrauja smulkusis smėlis (frakcija iki 200 μm) – 51,70 %, o mažiausią dalį sudaro smulkusis žvirgždas (frakcija iki 4 mm) – 3,13 %. Daugiausia bendrosios anglies aptikta teritorijos paviršiuje, centre (6 mėginyje – 7,4 %; 4 mėginyje – 4,3 %, 3 mėginyje – 3,8 %).

2. Nustatyta, kad paviršiniame sluoksnyje tarša naftos produktais leistiną ribinę vertę viršija nuo 1,35 iki 3,5 kartų vietose, kuriose garažai galimai dar eksploatuojami arba vietose, kuriose yra nelegaliai išmestų atliekų. Gilesniame nei 30 cm sluoksnyje naftos produktų nerasta.

3. Daugiausia aptikta sunkiųjų metalų higienos normos ribinių verčių viršijimų teritorijose centre (6 mėginyje). Cinkas ribinę vertę viršija 2,7 karto, švinas – 18,3 karto, varis – 24 kartus. Teritorijos krašte (8 mėginyje) ribinių verčių viršijimai nenustatyti.

4. Nustatytas stiprus koreliacinis ryšys tarp naftos produktų ir bendrosios anglies kiekio visoje teritorijoje ($r = 0,708$) – kuo daugiau naftos produktų, tuo daugiau bendrosios anglies, taip pat tarp naftos produktų ir smulkios dirvožemio frakcijos kiekio ($r = 0,68$). Atvirkštinis ryšys yra tarp naftos produktų ir dirvožemio pH ($r = -0,75$) – esant daugiau naftos produktų pH mažėja. Stiprų koreliacinį ryšį su bendrąja anglimi paviršiniame sluoksnyje turi sunkieji metalai – varis ($r = 0,86$), cinkas ($r = 0,99$), švinas ($r = 0,88$) ir chromas ($r = 0,88$), o manganas ir vanadis – tiesinės priklausomybės neturi. Neigiama priklausomybė yra tarp sunkiųjų metalų (Cu, Zn, Pb, Cr) ir dirvožemio pH (nuo $-0,48$ iki $-0,78$). Sunkiųjų metalų koreliacinis ryšys su dirvožemio drėgmės kiekiu yra nežymus.

5. Įvertinus dirvožemio užterštumą naftos produktais ($K_0 = 4,32$) ir sunkiaisiais metalais ($Z_d = 37,35$), nustatytas pavojingas teritorijos dirvožemio užterštumo laipsnis.

Literatūra

- Baltrėnas, P.; Vaišis, V. 2007. *Naftos produktų sorbentai aplinkosaugoje*: monografija. Vilnius: Technika. 195 p.
<https://doi.org/10.3846/1342-M>
- Baltrėnas, P.; Vaitiekūnas, P.; Bačiūlytė, Ž. 2010. Geležinkelio transporto taršos sunkiaisiais metalais dirvožemyje tyrimai ir įvertinimas, *Journal of environmental engineering and landscape management* 17(4): 244–251.
<https://doi.org/10.3846/1648-6897.2009.17.244-251>
- Baltrėnas, P.; Vaišis, V. 2004. Experimental investigation of thermal modification influence on sorption qualities of biosorbents, *Journal of environmental engineering and landscape management* 13(1): 3–8.
- Brady, N. C.; Weil, R. R. 2008. *Soil acidity in the nature and properties of soils*. 14th ed. Prentice Hall: Pearson, 358–400.
- Bradl, H. 2005. *Heavy metals in the environment: origin, interaction and remediation*. Academic Press. 282 p.
- Braz, J. 2008. Copper adsorption as a function of solution parameters of variable charge soils, *Journal of the Brazilian chemical society* 19(5): 19–33.
- D'Aprile, L.; Tatano, F.; Musmecl, L. 2007. Development of quality objectives for contaminated sites: state of the art and new perspectives, *International Journal of Environment and Health* 1(1): 120–141.
<https://doi.org/10.1504/IJENVH.2007.012228>
- HN 60:2004. Pavojingų cheminių medžiagų didžiausios leidžiamos koncentracijos dirvožemyje, *Valstybės žinios* 41-1357.
- Kadūnas, K.; Radienė, R.; Šugalskienė, J. 2011. Užterštų teritorijų tyrimo raida Lietuvoje, *Baltica, Special Issue Geosciences in Lithuania: challenges and perspectives*: 61–64.
- LAND 9-2009. Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai, *Valstybės žinios* 140-6174.
- LST CEN ISO/TS 17892-4:2005. *Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Laboratoriniai grunto bandymai. 4 dalis. Granulometrinės sudėties nustatymas (tapatus ISO/TS 17892-4:2004)*. Vilnius, 2005. 33 p.
- LST ISO 10390:2005. *Dirvožemio kokybė. pH nustatymas (tapatus ISO 10390:2005)*. Vilnius, 2005. 7 p.
- Mažvila, J. 2001. *Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose*: monografija. LŽI Agrocheminių tyrimų centras. 343 p.
- Nadim, F.; Hoag, G.; Liu, S.; Carley, R.; Zack, P. 1999. Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: an overview, *Journal of Petroleum science and engineering* 26(2000): 169–178.
[https://doi.org/10.1016/S0920-4105\(00\)00031-0](https://doi.org/10.1016/S0920-4105(00)00031-0)
- Idzelis, R. L.; Greičiūtė, K.; Paliulis, D. 2006. Vandens telkinių taršos sunkiaisiais metalais ir naftos produktais Kairių kariniame poligone tyrimai ir vertinimas, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 14(4): 183–191.
- PND, F. 1998. *Kolichestvennyy khimicheskiy analiz pochv. Metodika vypolneniya izmereniy massovoy koncentratsii nefteproduktov v probakh pochv*. 12 p.
- Rieuwerts, J. S.; Thornton, I.; Farago, M. E.; Ashmore, M. R. 1998. Factors influencing metal bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical load approach for metals, *Journal of chemical speciation and bioavailability* 10(2): 61–76.
- Šukys, P.; Bastienė, N.; Poškus, V. 2012. Buvusio autogaražo sklypo Birštono mieste užterštumo sunkiaisiais metalais ir naftos produktais įvertinimas, *Vandens ūkio inžinerija* 40(60): 30–45.
- Thermo Fisher Scientific. 2010. *XRF Analyzer user manual*. 2 p.
- Voronkienė, J.; Ignatavičius, G.; Špaukaskas, V. 2001. Benzino skvarbos smėlyje tyrimai, *Aplinkos inžinerija* 9(3): 184–189.

INVESTIGATION OF SOIL QUALITY AND CONTAMINATION IN GARAGE AREA

J. Aleknaitė, K. Klepaitė, V. Šerevičienė, V. Valskys

Summary

Currently, it is necessary to ensure the quality of environment by looking after the landscape and protecting underground water from existing and potential environment pollution caused by hazardous substances. To date, the Lithuanian Geology Survey has carried out preliminary research on more than 12000 contaminated areas that need to be taken care of. One of the parameters researched is soil quality. This article analyses the amount and spread of pollutants in the contaminated garage area. In order to estimate soil quality, soil humidity, pH, soil composition and the amount of total carbon were investigated and the results were compared with a clean sample. It was proved that sandy soil with slightly alkaline pH dominates in the territory, the amount of total carbon is unstable and dependent on the intensity of pollution. Also, petroleum products and heavy metals were investigated both horizontally and vertically down to 0.5 m depth. It was found that the proportion of petroleum products in soil exceeds the Lithuanian hygiene standard HN 60:2004: in the centre of the territory – where there has been more activity – in the surface layer (0–10 cm) it is 1.35–3.5 times higher, and there were infiltrates found up to 30 cm depth. Heavy metals were detected in every sample around the area and down to 50 cm depth. The predominant metals were zinc (up to 818.07 mg/kg), copper (up to 2401.76 mg/kg), manganese (up to 540.12 mg/kg), chrome (up to 75.25 mg/kg), lead (up to 1833.85 mg/kg) and vanadium (up to 77.79 mg/kg). The proportion of heavy metals detected in soil exceeds the allowed concentration in the surface layer (0–10 cm) samples. Based on the results obtained, the contamination rate of petroleum products ($K = 4.32$) and total contamination rate of heavy metals ($Z_d = 37.35$) were calculated. It was determined that the area falls into the class of dangerous soil contamination.

Keywords: soil quality, petroleum products, heavy metals, contamination rate, contaminated area.