

UŽSAKOVAS:

ALYTAUS MIESTO SAVIVALDYBĖ

Rotušės a., 4, LT-62504 Alytus;
tel. 8-315-55102, faksas 8-315-55191

ATASKAITĄ PARENGĖ:

UAB “VILNIAUS HIDROGEOLOGIJA”

J.Basanavičiaus g. 37-1, LT-03109 Vilnius;
tel. ir faksas 8-5-2135058, el. paštas vh@zmail.lt;
LGT leidimo tirti žemės gelmes Nr. 20, išd. 2002-08-14

Egz. Nr.

Autorius:

A. Bendoraitis

**ALYTAUS MIESTO SAVIVALDYBĖS
POŽEMINIO VANDENS MONITORINGO 2013 M.
REZULTATAI**

(pagal 2012-2015 m. programą)

UAB “Vilniaus hidrogeologija”
Direktorius

Z.Šonta

Vyriausiasis hidrogeologas

Habil. dr. A.Klimas

Vilnius, 2013

TURINYS

	<i>Psl.</i>
1. ĮVADAS.....	3
2. POŽEMINIO VANDENS MONITORINGO DARBŲ SUDĖTIS IR APIMTYS.....	4
3. POŽEMINIO VANDENS MONITORINGO REZULTATAI.....	6
3.1. Požeminio vandens lygių, temperatūros ir naftos plėvelės storio kitimas.....	7
3.2. Požeminio vandens cheminė sudėtis ir jos pokyčiai.....	8
4. IŠVADOS.....	19
LITERATŪRA	20

ILIUSTRACIJOS

1. Alytaus savivaldybės požeminio vandens monitoringo tinklo schema.....	22
1a. Paviršinio vandens monitoringo postų p1 ir p2 schema.....	23
1b. Paviršinio vandens monitoringo posto p3 schema.....	24
2. Geologinis – hidrogeologinis pjūvis A-B.....	25
3. Požeminio vandens lygio Alytuje svyravimų grafikai.....	26
4. Požeminio vandens temperatūros Alytuje svyravimų grafikai.....	27
5. Naftos produktų plėvelės storio dinamika buvusios Alytaus naftos bazės rajone.....	28
6. Kai kurių rodiklių verčių kitimas gruntiniame vandenyje monitoringo taškuose sc90 (sc90a), sc134, sc170 (sc170a), sc182, sc232 (2 lapai).....	29
7. Ištirpusių gruntiniame vandenyje aromatinių angliavandenilių (AA) ir benzeno koncentracijų kitimas gręžiniuose 2s, 10s ir 17s.....	31

PRIEDAI

1. Išrašas iš paslaugų sutarties Nr. 80/2012 (2012-08-03).....	33
2. Hidrodinaminių stebėjimų duomenys (2011-2013 m.).....	35
3. Požeminio vandens makrokomponentinė sudėtis (išrašas iš duomenų banko).....	39
4. Požeminio vandens mikrokomponentinė sudėtis (išrašas iš duomenų banko).....	44
5. Angliavandeniliai požeminiame vandenyje (išrašas iš duomenų banko).....	45
6. Specifiniai komponentai (fenoliai) požeminiame vandenyje (išrašas iš duomenų banko).....	46
7. Biogeniniai komponentai požeminiame vandenyje (išrašas iš duomenų banko).....	47
8. Požeminio vandens dujinė sudėtis (išrašas iš duomenų banko).....	48
9. Vandens bendrosios cheminės analizės, individualių cheminės sudėties rodiklių, sunkiųjų metalų, aromatinių ir daugiacyklių aromatinių angliavandenilių analizės rezultatų protokolai (2013 m.).....	49

1. ĮVADAS

Pagal Aplinkos monitoringo įstatymą savivaldos institucijos turi organizuoti savivaldybių monitoringą ir vykdyti šias funkcijas: stebėti savo teritorijos gamtinės aplinkos (požeminio vandens) būklę; vertinti ir prognozuoti jos pokyčius bei galimas pasekmes; teikti informaciją visuomenei ir valstybės institucijoms. Miesto teritorijoje esantys ūkio subjektai vykdo taršos šaltinių ir jų poveikio aplinkai monitoringą ir teikia informaciją valstybės bei savivaldos institucijoms. Ūkio subjektų požeminio vandens monitoringo programų rengimo, organizavimo ir vykdymo tvarka buvo reglamentuota 2000 m., vėliau (2003, 2009-2011 m.) ji buvo patikslinta [12]. Savo ruožtu, savivaldybių požeminio vandens monitoringas atliekamas, remiantis galiojančiais bendraisiais savivaldybių aplinkos monitoringo nuostatais [1] bei Lietuvos geologijos tarnybos parengtomis Savivaldybių dirvožemio ir požeminio vandens monitoringo rekomendacijomis [11].

Alytus – vienas iš nedaugelio Lietuvos miestų, kuriuose savivaldybės ir ūkio subjektų monitoringai suderinti tarpusavyje ir gerai papildo vienas kitą. Kaip ir kituose panašaus dydžio miestuose, požeminio vandens šaltinius čia jau daug metų neigiamai veikia koncentruota technogeninė apkrova ir intensyvi ūkinė veikla. Nuo miesto taršos pirmiausiai nukenčia neapsaugotas gruntinis vanduo, kurį dalis miesto gyventojų tebergia iš šachtinių šulinių. Be to, esant palankioms hidrogeologinėms sąlygoms, gruntinis vanduo migruoja gilyn, nešdamas teršalus į tarpfluoksninius vandeninguosius horizontus. Tai kelia grėsmę geriamojo tarpfluoksninio spūdinio vandens – pagrindinio centralizuotai tiekiamo geriamojo vandens Alytuje šaltinio – kokybei [2]. Monitoringas čia ypač svarbus ir dėl to, kad neskaitant komunalinės-buitinės ir pramoninės taršos, pačiame mieste gruntiniame sluoksnyje ties buvusią naftos produktų saugyklą yra susiformavęs didžiulis koncentruotos taršos naftos produktais židiny. Šio židinio likvidavimo (požemio išvalymo) darbai atlikti 1995-1999 m. [8]. Nors buvo išsiurbta didesnė virš gruntinio vandens paviršiaus susitelkusių skystų naftos produktų dalis, tačiau gruntinis vanduo čia vis dar yra stipriai užterštas ir toks bus dar ilgą laiką, nes daug naftos produktų susikaupę požemio uolienose.

Alytuje savivaldybės požeminio vandens monitoringas pradėtas vykdyti 1998 m. pabaigoje ir visą šį laiką buvo nenutrūkstamai tęsiamas. Nuo pat pradžių jis atliekamas pagal Alytaus regiono aplinkos apsaugos departamente ir Lietuvos geologijos tarnyboje suderintas programas. Šiuo metu galiojanti programa, apimanti 2012-2015 m. laikotarpį, buvo parengta 2011 m. [5].

Ši hidrogeologinė ataskaita skirta 2013 m. atliktų monitoringo darbų rezultatams. Pagal programą [5] pirmuosius 3 metus (2012-2014 m.) monitoringo informacija turi būti pateikiama trumpose metinėse hidrogeologinėse ataskaitose, tad čia, panašiai kaip ir ankstesnėse analogiško pobūdžio ataskaitose, pateikiami faktiniai šių metų monitoringo duomenys, jų tam tikras apibendrinimas ir glausta analizė.

Požeminio vandens monitoringo lauko darbus atliko UAB “Vilniaus hidrogeologija” specialistai – R.Tamošaitis, M.Paukštė. Vandens cheminės sudėties ir įvairių kokybės rodiklių tyrimai atlikti UAB “Grota”, o kai kurie iš jų – UAB “Vandens tyrimai” laboratorijose. Duomenis apdorojo ir šią hidrogeologinę ataskaitą rengė A.Bendoraitis, padedant L.Zdanavičiūtei.

2. POŽEMINIO VANDENS MONITORINGO DARBŲ SUDĖTIS IR APIMTYS

Pagal programą [5] savivaldybės monitoringo tinklas sudarytas iš 29 taškų, t.y. 2 daugiau, nei ankstesnėje monitoringo programoje. Savivaldybės 1-os eilės monitoringo tinklą sudaro 23 stebėjimo taškai – 16 šulinių ir 7 gręžiniai, o 2-os eilės monitoringo tinklą – 3 taškai (šuliniai). Į prioritetinio savivaldybės monitoringo sistemą įjungta nemažai gręžinių, išgręžtų buvusioje naftos bazėje bei jos artimiausiose priegose. Toks šios užterštos zonos monitoringo tinklas kol kas yra optimalus, atsižvelgiant į pasiektus požemio išvalymo rezultatus ir sumodeliuotą taršos sklaidos mieste dinamiką, jis apima tiek gruntinį, tiek produktyvųjį tarpmoreninį Žemaitijos-Dainavos vandeninguosius sluoksnius (horizontus).

Be to, savivaldybės monitoringo tinklo struktūroje yra 3 paviršinio vandens postai. Alytaus savivaldybė vykdo ežerų išvalymo projektą ir yra įsipareigojusi atlikti paviršinių telkinių (Didžiosios Dailidės, Mažosios Dailidės ežerų bei Dailidės ežerėlio) vandens kokybės tyrimus (stebėseną). Vienas iš šių postų (Mažosios Dailidės ež.) jau anksčiau buvo įtrauktas į savivaldybės monitoringo programas, o kituose pagal naująją programą stebėjimai pradėti 2012 m.

Visi savivaldybės monitoringo tinklo taškai parodyti 1 pav. (detalesnės paviršinio vandens postų p1, p2, p3 situacijos schemos papildomai pateiktos 1a ir 1b pav.) ir 2.1 lentelėje.

2.1 lentelė. Alytaus savivaldybės požeminio vandens monitoringo tinklas

Eil. Nr.	Taško Nr.	Stebėjimo taško tipas	Vandeningasis sluoksnis	Adresas ir pastabos
Požeminio vandens 1-os eilės:				
1.	sc185	privatus šulinys	gruntinis	Turistų 25
2.	sc182	privatus šulinys	gruntinis	Snaigių 20
3.	sc190	privatus šulinys	gruntinis	Giriakalnio 41
	sc190a	privatus šulinys	gruntinis	Giriakalnio 43 (stebimas nuo 2012 m., vietoj sc190)
4.	sc21	privatus šulinys	gruntinis	Gedimino 15
5.	sc232	privatus šulinys	gruntinis	Domantonių 26
6.	sc39	privatus šulinys	gruntinis	Piliakalnio 10
7.	sc144	privatus šulinys	gruntinis	Lelijų 107
8.	sc134	privatus šulinys	gruntinis	Basanavičiaus 7
9.	s25a	privatus šulinys	gruntinis	Seirijų 7 (stebimas nuo 2007 m., vietoj s25)
10.	sc220	privatus šulinys	gruntinis	Geležinkelio 1
11.	sc90a	privatus šulinys	gruntinis	Ažuolų 7 (stebimas nuo 2010 m., vietoj sc90)
12.	sc172	privatus šulinys	gruntinis	Santaikos 2
13.	sc170a	privatus šulinys	gruntinis	Sūduvos 14 (stebimas nuo 2007 m., vietoj sc170)
14.	sc125	privatus šulinys	gruntinis	Gardino 9
15.	sc73a	privatus šulinys	gruntinis	Liškiavos 14 (stebimas nuo 2005 m., vietoj sc73)
16.	sc111	privatus šulinys	gruntinis	Vytauto 37
17.	10s/24579	gręžinys	gruntinis	buv. naftos bazės teritorija

2.1 lentelės tęsinys

18.	17s/24586	gręžinys	gruntinis	buv. naftos bazės teritorija
19.	2s/35149	gręžinys	gruntinis	buv. naftos bazės teritorija
20.	23s/24592	gręžinys	tarpmoreninis (agl II žm-dn)	buv. naftos bazės teritorija
21.	14s/24583	gręžinys	gruntinis	Bijūnų g-vė
22.	25s/35150	gręžinys	tarpmoreninis (agl II žm-dn)	Bijūnų g-vė
23.	28s/35151	gręžinys	tarpmoreninis (agl II md-žm)	Basanavičiaus g-vė
Požeminio vandens 2-os eilės:				
24.	sc146	privatus šulinys	gruntinis	Lelijų 37
25.	sc120	privatus šulinys	gruntinis	Vytauto 5a
26.	sc133	privatus šulinys	gruntinis	Maironio 22
Paviršinio vandens:				
27.	p1	Mažosios Dailidės ežeras	paviršinis	
28.	p2	Didžiosios Dailidės ežeras	paviršinis	
29.	p3	Dailidės ežerėlis	paviršinis	

Priminsime, jog 2012 m. monitoringo šulinys sc190 tapo neprieinamas stebėjimams, tad vietoj jo laikinai buvo parinktas artimiausias kokybiškas stebėjimo taškas – šulinys sc190a (Giriakalnio 43).

Pagal programą savivaldybės monitoringo darbus sudaro:

- vandens lygio ir naftos plėvelės storio matavimai;
- hidrocheminiai tyrimai lauko sąlygomis (pH, Eh, temperatūra, savitasis elektros laidis);
- vandens mėginių paėmimas ir jų laboratoriniai tyrimai;
- kompiuterinių duomenų bazių papildymas;
- monitoringo informacijos sisteminimas, apdorojimas, analizė, trumpų hidrogeologinių ataskaitų apie monitoringo rezultatus (kasmet) ir baigiamosios – apibendrinančiosios hidrogeologinės ataskaitos (paskutinais programos galiojimo metais) paruošimas.

Programoje numatyta, jog pagrindiniai monitoringo lauko darbai (vandens mėginių ėmimas) atliekami 2 kartus, o kai kurie iš šių tyrimų – 4 kartus per metus. Pažymėtina, jog pagal sutartį (žr. 1 priedą) monitoringo darbai pradėti antroje 2012 m. pusėje, tad jų apimtys tais metais atitinkamai buvo kiek sumažintos [4]. Tuo tarpu 2013 metais atlikti visi programoje numatyti tyrimai (2.2 lentelė).

Pilna ir trumpa cheminė analizė, aromatinių ir daugiaciklių aromatinių angliavandenių, fenolių analizė atlikta UAB “Grotas” laboratorijoje. Mikroelementai nustatyti UAB “Vandens tyrimai” laboratorijoje (visų laboratorinių tyrimų protokolų kopijos pateiktos 9 priede, kur nurodyti ir naudojami tyrimų metodai). Vandens lygio, naftos plėvelės storio matavimus ir tam tikrus hidrocheminius tyrimus (pH, Eh, savitasis elektros laidis, temperatūra) lauko sąlygomis, prie vandens mėginių ėmimo punktų, atliko UAB “Vilniaus hidrogeologija” (žr. 3 priedą).

2.2 lentelė. Požeminio vandens monitoringo darbų 2013 m. apimtys

Darbų rūšis	Mato vnt.	Kiekis
1. Lauko tyrimai:		
Vandens lygio matavimai	1 mat.	27 tšk.x 2 k.+24 tšk. x 2k.
Naftos plėvelės virš gruntinio vandens paviršiaus storio matavimai	1 mat.	3 tšk.x 4 k.
Hidrocheminiai tyrimai lauko sąlygomis (pH, Eh, savitasis elektros laidis, temperatūra)	1 tyr.	25 tšk.x 2 k.+3 tšk. x 4 k.
2. Laboratoriniai tyrimai:		
Pilna cheminė (makrokomponentų) analizė	1 an.	23
Analizė pagal "trumpąjį" sąrašą: permanganato indeksas (PI), nitritas (sulfatas), chloridas, nitratas, hidrokarbonatas, amonis	1 an.	25
Cheminiis deguonies suvartojimas (ChDS)	1 an.	23
Ištirpęs deguonis	1 an.	2
Ištirpęs deguonis, PI, ChDS, BDS, azoto ir fosforo junginiai (paviršinio vandens postuose)	1 an.	12
Mikroelementai Pb, Ni, Cr, Cd, Mn, Se, Fe, Cu (Hg)	1 an.	8
Aromatiniai angliavandeniliai	1 an.	14
Daugiacikliai aromatiniai angliavandeniliai	1 an.	4
Fenoliai	1 an.	13

Visi monitoringo duomenys kaupiami UAB "Vilniaus hidrogeologija" kompiuterinėse duomenų bazėse, šių metų duomenys sudėti į šios ataskaitos priedus (2-9 priedai), jie apibendrinti įvairiose pateikiamose iliustracijose bei lentelėse.

3. POŽEMINIO VANDENS MONITORINGO REZULTATAI

Priminsime, kad mieste yra du pagrindiniai geriamojo vandens šaltiniai: gruntinis vanduo, kurį gyventojai semia iš nuosavų šachtinių šulinių, ir tarpstuoksninis vanduo, siurbiamas iš gręžinių centralizuotose vandenvietėse, o taip pat iš pavienių individualių gręžinių, kuriuos turi kai kurios miesto įmonės ar privatūs asmenys [2, 3].

Alytaus rajone ir mieste gėlas požeminis vanduo paplitęs šiuose trijuose svarbiausiuose tarpstuoksniniuose vandeninguosiuose horizontuose bei kompleksuose: kvartero (Q); viršutinės kreidos (K₂); apatinės kreidos (K₁).

Kvartero vandeningajame komplekse, be jau minėto gruntinio, galima išskirti keletą tarpstuoksninių (tarpmoreninių) spūdinių vandeningųjų horizontų (sluoksnių), iš kurių svarbiausias – Žemaitijos-Dainavos. Mieste dar paplitęs Medininkų-Žemaitijos horizontas (anksčiau vadintas Varduvos-Žemaitijos horizontu) yra pusiau spūdinis ir užima lyg ir tarpinę padėtį tarp gruntinio ir Žemaitijos-Dainavos horizontų. Visus šiuos vandeninguosius sluoksnius ir juos skiriančias vandensparas galime matyti geologiniame-hidrogeologiniame pjūvyje (2 pav.), kertančiame senąją miesto dalį (žr. 1 pav.).

Trumpai panagrinėkime 2013 m. savivaldybės požeminio vandens monitoringo, sąlyginai suskirstyto į hidrodinaminį ir hidrocheminį monitoringą, rezultatus.

3.1. Požeminio vandens lygių, temperatūros ir naftos plėvelės storio kitimas

Savivaldybės požeminio vandens monitoringo hidrodinaminiai tyrimai sudaryti iš vandens lygio ir naftos plėvelės virš gruntinio vandens paviršiaus storio stebėjimų. Per nagrinėjamą 2013 m. laikotarpį atliktų matavimų duomenys pateikti 2 priede (palyginimui čia parodyti ir 2011-2012 m. matavimų rezultatai).

Esamas monitoringo tinklas apima įvairius miesto geomorfologinius rajonus. Jo stebėjimo taškuose (šuliniuose, gręžiniuose) 2013 metais gruntinis vanduo buvo aptinkamas nuo 0,57-0,64 m (šulinys sc185) iki 12,35-12,50 m (gręž. 14s) gylyje. Kituose tinklo taškuose jo lygis paprastai slūgso maždaug 3-11 m gylyje. Gruntinio vandens lygio abs. aukščių intervalas gana platus – nuo 72,3-72,6 (sc134) iki 156,4 m NN (sc185). Tarpmoreninio Medininkų-Žemaitijos vandeningojo sluoksnio vandens lygis gręžinyje 28s svyravo 16,41-17,82 m gylyje (73,0-74,4 m NN), o Žemaitijos-Dainavos sluoksnyje gręžiniuose 23s, 25s jo gylis siekė 29,45-31,33 m (64,3-66,1 m NN – žr. 2 priedą).

Vandens lygių kitimo mieste tendencijų išaiškinimui sistemingai tęsiami jų svyravimų kai kuriuose charakteringuose taškuose grafikai (3 pav.). Nustatyta, kad gruntinio vandens lygio svyravimai daugiausiai susiję su gamtiniais veiksniais – ilgalaikiais šio vandens mitybos pokyčiais. Tarpmoreninio Žemaitijos-Dainavos horizonto vandens lygio kilimui tam tikros reikšmės turėjo ir 2001 m. sustabdyta Alytaus centralizuotos Vidzgirio vandenvietės eksploatacija (vandenvietėje ilgą laiką buvo eksploatuojamas būtent šio sluoksnio požeminis vanduo) [2-4].

Minėtame 3 pav. matyti, jog 2013 m. daugelyje monitoringo taškų vandens lygis vis dar yra kiek žemesnis, lyginant su 2010-2011 m. sandūroje buvusiu jo pakilimu. Panašios tendencijos būdingos tiek gruntinio (įskaitant ir paviršinio Mažosios Dailidės ež. vandens lygi), tiek ir tarpmoreninių sluoksnių vandens lygiams. Tačiau bendras hidrodinaminės situacijos pobūdis mieste nepasikeitė. Kaip ir anksčiau, čia tebevyrauja slūgstanti požeminio vandens filtracija: gruntinio vandens lygis slūgso aukščiausiai, todėl šis vanduo gali pertekėti gilyn – pirmiausia į Medininkų-Žemaitijos, o vėliau – ir į Žemaitijos-Dainavos vandeninguosius sluoksnius.

Vandens temperatūra matuojama tik tuomet, kai semiami jo mėginiai įvairiems hidrocheminiams tyrimams (žr. 3 priedą). Tad šie stebėjimai neapima visos sezoninių pokyčių amplitudės, ir jų analizė nėra labai išsami. Tam tikras temperatūrų pokyčių tendencijas galime matyti sudarytuose grafikuose (4 pav.). Jau anksčiau nustatyta, kad didžiausi sezoniniai svyravimai (6-16 °C) būdingi sekliausiai (0,5-2,5 m gylyje) slūgsančiam gruntiniam vandeniui (šul. sc182, sc185). Giliau (10-18 m gylyje) gruntinio vandens temperatūra metų bėgyje stabilesnė ir svyruoja daugiausia tarp 8-12 °C. Gręžinių 14s, 17s, 2s vandens temperatūra paprastai būna kiek aukštesnė, tai siejama su tam tikrais biocheminiais procesais taršos naftos produktais areale, o taip pat ir su kitais reiškiniais [2, 3]. Monitoringo tinklo taškuose 2013 m. vandens temperatūra buvo pamatuota 2 kartus. Paviršinio vandens (3 ežerėliuose) temperatūra svyravo nuo 8,0 iki 24,0 °C, gruntinio vandens – 8,5-17,4 °C, tarp sluoksninio vandens – 9,1-10,7 °C (žr. 3 priedą, 4 pav.).

Gręžiniuose 2s, 10s, 17s, išgręžtuose buvusios Alytaus naftos bazės taršos zonoje, sistemingai atliekami naftos produktų (NP) plėvelės storio matavimai (žr. 1, 2, 5 pav.). Priminsime, kad nuo 1995 m. iki 1999 m. rugpjūčio mėn. bazės teritorijoje UAB "Grota" atliko požemio valymo darbus, kurių metu buvo išsiurbta didesnė dalis ten per daugelį metų susikaupusių skystų NP. Po valymo NP sankaupa ant gruntinio vandens paviršiaus liko tik lokaliuose vietose. Buvusios naftos bazės teritorijos vakarinėje dalyje jos plotas –

apie 400 m², o NP sluoksnio storis – iki 0,58 m. Už bazės ribų (link Vidzgirio miško) ši sanauka paplitusi 3200 m² plote, o NP sluoksnio storis dviejuose šuliniuose – 0,3-0,4 m [8].

Stebėjimų duomenys rodo, jog atlikus naftos siurbimo darbus, situacija čia dar nėra ir, matyt, dar ilgai nebus stabili, tekant gruntinio vandens srautui ir svyruojant jo lygiui, virš jo esančio NP sluoksnelio storis keičiasi. Tai galima matyti iš 2 priede ir 5 pav. parodytų NP sluoksnelio matavimų duomenų ir grafikų.

2013 metais NP sluoksnelis čia dar labiau suplonėjo. Jo storis gręž. 10s (taršos epicentre), po valymo ir kiek vėliau siekęs net 50-92 cm, 2013 m. buvo sumažėjęs iki 1-4 cm, o gręžinyje 2s, kuriame anksčiau maksimalus jo storis siekė 54 cm, – iki 1-6 cm. Gręžinyje 17s pastaraisiais metais fiksuojama labai plona, vos kelių milimetrų NP plėvelė. Kituose matuotuose taškuose, kaip ir anksčiau, susikaupusių virš gruntinio vandens lygio laisvų naftos produktų kol kas nerandama (žr. 2 priedą).

3.2. Požeminio vandens cheminė sudėtis ir jos pokyčiai

Pagrindiniai gruntinio ir tarp sluoksninio vandens cheminės sudėties formavimosi ir jo taršos pasiskirstymo mieste dėsningumai jau yra žinomi iš įvairių specialiųjų tyrimų ir ilgalaikio požeminio vandens monitoringo rezultatų [2-4, 8]. Alytuje, kaip ir kiekviename panašaus dydžio Lietuvos mieste, gruntinis vanduo yra gerokai užterštas, o įvairiose miesto dalyse taršos pobūdis ir intensyvumas gerokai skirtingi. Pvz., senojoje miesto dalyje akivaizdžiai pastebimi komunalinės-buitinės taršos požymiai. Be to, čia išsidėstęs ir pagrindinis požeminio vandens taršos židinis mieste – buvusi naftos bazė ir nuo jos miesto centro link nutįsęs naftos produktų šleifas. Buitinio pobūdžio tarša būdinga ir miesto pakraščiuose esantiems individualių namų kvartalams. Su miesto pramone sietinos integruotos gruntinio vandens taršos anomalijos daugiausiai formuojasi ties šiauriniu ir pietiniu pramoniniais rajonais (žr. 1 pav.).

Dėl mažo hidrocheminių procesų greičio požemyje vandens cheminės sudėties anomalijų pokyčiai nėra staigūs ir dideli. Visgi ilgalaikio monitoringo metu vienur pastebėti tam tikri požemio savivalos reiškiniai, kitur – kiek didėjantis užterštumas. Tai susiję ne vien su realiais pokyčiais, bet ir su didėjančiu atliekamų tyrimų detalumu, naujai ištirtų teritorijų plotais, plečiantis ūkio subjektų monitoringo tinklui mieste, t.y. vis gausėjančia informacija apie gruntinio vandens būklę mieste. Iš įvykusių teigiamų pokyčių pažymėtinas pastaraisiais metais pamažėjęs taršos aromatiniais ir daugiacykliais aromatiniais angliavandeniliais mastas Alytaus naftos bazės poveikio zonoje [3], nors, kaip pamatysime, jis dar yra pakankamai didelis.

Analizuodami ataskaitinio laikotarpio hidrocheminių tyrimų duomenis, kaip ir ankstesnėse ataskaitose, juos pirmiausia palyginsime su geriamojo vandens higienos normos HN 24:2003 reikalavimais [7]. Šis palyginimas gana sąlyginis, nes daugelis stebimųjų monitoringo taškų yra labiausiai užterštoje centrinėje miesto dalyje, kurioje gruntinis vanduo gėrimui nevertojamas (žr. 1 pav.). Todėl šiuos duomenis tikslinga palyginti ir su Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimais [6].

Vandens kokybės rodikliai savivaldybės požeminio vandens monitoringo tinklo taškuose apibendrintai parodyti 3.1 lentelėje. Joje Žemaitijos-Dainavos sluoksnio vandenį charakterizuoja bandiniai, paimti iš gręž. 23s, 25s. Visi kiti bandiniai (išskyrus 3 paviršinio vandens postus p1, p2, p3) iš esmės apibūdina gruntinį vandenį; jam čia sąlyginai priskirtas ir Medininkų-Žemaitijos sluoksnio požeminis (gręž. 28s) vanduo.

Pastarąjį vandeningąjį horizontą ties 28s gręžiniu tik sąlyginai galima laikyti tarp sluoksniu, nes čia jį nuo gruntinio skiria labai mažas silpnai laidžių vandeniui nuogulų sluoksnelis. Dėl to šioje vietoje jų abiejų vandens cheminė sudėtis yra beveik identiška [2, 3].

3.1 lentelė. Gruntinio ir tarp sluoksninio vandens cheminė sudėtis savivaldybės monitoringo tinklo taškuose 2013 m.

Rodiklis	DLK pagal HN24:2003	DLK pagal ¹⁾	Gruntinis sluoksnis			agl Išm-dn sluoksnis, nuo-iki
			nuo-iki	vidurkis	mediana	
BM, mg/l	-	-	355-885	551,5	499	383-570
SEL, μS/cm	2500	-	501-1551	898	831	638-949
BK, mg-ekv/l	-	-	6,04-16,43	9,43	8,42	6,76-10,91
pH	6,5-9,5	-	6,68-8,03	7,39	7,36	7,01-7,6
Eh, mV	-	-	-44÷315	189	197	-14÷164
Temperatūra, °C	-	-	8,5-17,4	10,4	10,2	9,6-10,7
PI, mg/IO ₂	5,0	-	0,58- 25,4	3,05	1,45	0,87-3,2
ChDS, mg/IO ₂	-	-	<4,0-56,0	8,4	5,0	4,0
Cl, mg/l	250	500	10,7-168,9	53,9	42,2	33,7-147,5
SO ₄ , mg/l	250	1000	0,37-100,5	32,3	26,6	8,3-18,8
HCO ₃ , mg/l	-	-	223-701	397	371	148-429
NO ₂ , mg/l	0,50	-	<0,2-0,2	<0,2	<0,2	<0,2
NO ₃ , mg/l	50	100	<1,0- 121,8	43,1	37,4	<1,0-5,83
Na, mg/l	200	-	7,3-89,3	36,7	25,0	28,1-40,1
K, mg/l	-	-	2,4-40,5	12,4	10,8	2,2-4,0
Ca, mg/l	-	-	95,0-265,0	149,7	132,3	99,4-166,3
Mg, mg/l	-	-	15,8-39,0	23,8	24,2	21,9-31,7
Fe bendra, mg/l	0,2	-	0,055- 10,62	1,88	0,16	2,89-2,94
NH ₄ , mg/l	0,50	-	<0,02- 3,35	0,36	0,02	<0,02- 0,546
Mn, mg/l	0,050	-	0,008- 0,15	0,072	0,059	0,092-0,24
Cr, μg/l	50	100	<1-41	15	-	<1
Cd, μg/l	5,0	6,0	<0,3	<0,3	-	<0,3
Ni, μg/l	20	100	<2-3	<2	-	<2
Pb, μg/l	25	75	<1-7	3	-	<1-1
Cu, mg/l	2,0	2,0	0,003-0,006	0,005	-	0,001-0,002
Se, μg/l	10	100	<1	<1	-	<1
Hg, μg/l	1,0	1,0	<0,1	<0,1	-	-
DAA*, μg/l	0,10	2,26	0,178-1,316	-	-	<0,09
Benz(a)pirenas, μg/l	0,010	1,0	0,036-0,728	-	-	<0,02
Benzenas, μg/l	1,0	50	<2,0- 12767	-	-	<2,0
Fenoliai, mg/l	-	2,0	<0,05-0,993	-	-	<0,05

Pastabos ir sutrumpinimai:

¹⁾ ribinė vertė požeminiame vandenyje pagal Cheminės medžiagos užterštą teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimų 3 priedą, II, III, IV jautrių taršai teritorijų grupėms [6];

BM – bendroji mineralizacija; SEL – savitasis elektros laidis; BK – bendrasis kietumas; PI – permanganato indeksas; ChDS – cheminis deguonies suvartojimas; DAA* – daugiacykliai aromatiniai angliavandeniliai (benzo-b-fluoranteno, benzo-k-fluoranteno, benzo-ghi-perileno, indeno-1,2,3-cd-pireno verčių suma); paryškinta – rodiklių vertės, kurios viršija DLK pagal HN 24:2003.

Lentelėje matome, kad pagal daugelį rodiklių 2013 m. ištirtas gruntinis vanduo atitiko geriamojo vandens normas. Tik atskiruose taškuose DLK (specifikuotas ir ribines rodiklių vertes) viršijo organinės medžiagos pagal permanganato indeksą PI, azoto junginių (nitrato, amonio), o taip pat bendrosios geležies, mangano, įvairių toksinių

angliavandenilių (anksčiau kai kuriuose taškuose reišyškais DLK viršydavo ir vandens pH, kai kurių mikroelementų, chloridų, sulfatų vertės).

Alytuje gruntiniame vandenyje visuomet buvo aptinkama daug nitratų. Vis dėlto pastebėta, kad per visą stebėjimų laikotarpį, nors ir gana smarkiai svyruodama, šio komponento vidutinė koncentracija monitoringo tinklo taškuose po truputį mažėjo [2-4]. Tai matome iš vidurkinių ir medianinių NO_3^- reikšmių, kurios 2003 m. maksimaliai siekė 101,7 ir 80,6 mg/l, o pvz., per 2008-2011 m. laikotarpį vidutiniškai sudarė 67,1 mg/l ir 57,9 mg/l [3]. 2012 metais nitratų koncentracijos gruntiniame vandenyje svyravo nuo 2,3 iki 122,7 mg/l, o jų reikšmių vidurkis – 46,7 mg/l bei mediana – 42,8 mg/l [4]. Tuo tarpu 2013 metais šios vertės atitinkamai keitėsi nuo <1,0 iki 121,8 mg/l, jų vidurkis siekė 43,1 mg/l, o mediana – 37,4 mg/l (žr. 3.1 lentelę). Tad 2013 m. geriamojo vandens DLK (50 mg/l) viršijo tik 14 iš 43, t.y. apie 33% visų ištirtų gruntinio vandens mėginių. Tik dvi iš šių reikšmių yra didesnės ir už Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimuose [6] nurodytą leistiną 100 mg/l ribą.

Mažėjimo tendenciją turi ir absoliučiai didžiausios nitratų vertės. Pvz., 2013 m. maksimali nitratų vertė šulinyje sc134 – 121,8 mg/l, o anksčiau yra buvę ir žymiai didesnių verčių, 2001-2002 m. pasiekusių net 347-359 mg/l [3].

Daugelį metų didžiausios amonio, organinės medžiagos (pagal permanganato indeksą bei cheminę deguonies suvartojimą ChDS) vertės yra būdingos taršos naftos produktais arealui (ypač grėž. 2s, 17s). Šių grėžinių vandenyje 2013 m. amonio koncentracija siekė iki 1,94-3,35 mg/l, PI rodiklis – iki 11-25,4 mg/ IO_2 , CHDS – 28-56 mg/ IO_2 (žr. 3, 9 priedus).

Lietuvos higienos normoje HN 24:2003 nustatytą DLK geriamajam vandeniui pavieniais atvejais anksčiau viršydavo ir kai kurių toksinių mikrokomponentų (Cr, Pb) koncentracijos gruntiniame vandenyje. Didžiausi visame monitoringo tinkle chromo kiekiai nuolat aptinkami šuliniuose sc73 (ir sc73a), kurie patenka į iš anksčiau žinomą gruntinio vandens taršos sunkiaisiais metalais (Ni, Cd, Cr) plotą ties pietiniu pramonės rajonu, siejamą su buvusia Alytaus mašinų gamyklos veikla [3]. Daugiamečiai mikroelementų koncentracijų pokyčiai minėtų šulinių vandenyje parodyti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Chromo ir švino koncentracijos šulinio sc73 (sc73a) vandenyje

Data	Mikroelementų koncentracijos, $\mu\text{g/l}$	
	Chromas, Cr	Švinas, Pb
1999.02.24	78	4,4
1999.09.07	0,5	1
2001.09.25	-	11
2002.08.29	98	3
2003.08.27	53,2	9,5
2004.06.23	41	1
2004.10.15	74	2
2005.04.20	204	1
2005.09.01	4	16
2006.05.24	7	5
2006.09.12	9	1
2007.05.09	102	2
2007.10.29	27	7
2008.09.04	26	<1
2009.05.06	110	<1
2009.09.08	247	<1
2010.09.30	43	3

3.2 lentelės tęsinys

2011.04.27	27	3
2012.09.10	48	1
2013.06.11	40	<1
2013.10.24	41	5

Kaip matome, chromo koncentracija šiame taške dažnai būdavo didesnė už DLK. Švino kiekiai normų niekada neviršijo, tačiau jie būna didesni už foninius. Pastaruoju metu čia fiksuojamos kiek sumažėjusios chromo (40-41 µg/l) bei švino (<1-5 µg/l) koncentracijos. Kitų toksinių mikroelementų (kadmio, nikelio, vario, seleno, gyvsidabrio) kiekiai taipogi atitinka reikalavimus geriamajam vandeniui (žr. 4, 9 priedus, 3.1 lentelę). Ne tik čia, bet ir pačioje AB Mašinų gamyklos “Astra” teritorijoje mikroelementų kiekiai jau yra kiek sumažėję [3].

Vandens kokybės kitimą laike padeda analizuoti specialūs grafikai, sudaryti tipingose miesto vietose anksčiau parinktiems tipingiems monitoringo taškams, iš esmės galintiems charakterizuoti visą jo tinklą [3]. Pvz., 6 pav. 2-se lapuose pateiktoje grafikų grupėje parodytas plataus makrokomponentų spektro (bendrojo kietumo, bendrosios mineralizacijos, chloridų, sulfatų, hidrokarbonatų, PI, ChDS, nitratų, pH, amonio) kitimas šuliniuose sc90 (nuo 2010 m. – sc90a), sc134, sc170 (sc170a), sc182, sc232. Grafikuose matome, kad nagrinėjamų rodiklių verčių pokyčiai per stebėjimų laikotarpį buvo nevienareikšmiai ir gana dideli. Tai gali būti susiję ne tik su taršos intensyvumo pasikeitimais, bet ir sezonine kai kurių komponentų koncentracijų kaita, kurią lemia vandens kiekio (lygio) gruntiniame horizonte svyravimai. Ryškėjančios atskirais laikotarpiais požeminio vandens kokybės pokyčių tendencijos buvo apibūdintos ankstesniuose darbuose [3]. Nustatytos 2013 m. pagrindinių rodiklių reikšmės šiek tiek skyrėsi nuo ankstesniųjų, tačiau išliko daugelis anksčiau pastebėtų dėsnų ir tendencijų. Minėtų grafikų visuma rodo tam tikrą vandens bendrosios mineralizacijos, sulfatų, nitratų, dalinai – bendrojo kietumo verčių mažėjimą bei rūgštingumo-šarmingumo rodiklio pH didėjimą. Kol kas nemažėja ir organinės medžiagos pagal PI, ChDS kiekiai (6 pav., 1-2 lapai). Šias ir kitas tendencijas ateityje išryškins monitoringo tąsa.

Paviršinio vandens kokybė Alytuje pagal ankstesnes savivaldybės monitoringo programas buvo tiriama tik Mažosios Dailidės ežere (monitoringo taškas p1). Tuomet buvo nustatyta, kad ji gana artima šiose apylinkėse išplitusio gruntinio vandens kokybei, tik ežero vanduo kiek švaresnis, nei gruntinis, nes jis epizodiškai būdavo papildomas geriamuoju vandeniu iš miesto vandentiekio tinklų [3]. Ataskaitiniais 2013 m. vanduo, kaip ir anksčiau, buvo palyginus nedidelės bendrosios mineralizacijos, kalcio hidrokarbonatinės sudėties. Vandens bendrasis kietumas – 4,99 mg-ekv/l, jame nemažai ištirpusios organinės medžiagos (PI – 2,15-8,73 mg/1O₂), tačiau palyginus nedaug azoto grupės junginių: nitritų <0,2 mg/l, nitratų <1,0 mg/l, amonio – iki 0,395 mg/l (žr. 3, 9 priedus). Lyginant su ankstesniais metais, šio paviršinio telkinio vandens cheminė sudėtis ir kokybė iš esmės nepakito [3, 4].

Nuo 2012 m. pagal naująją monitoringo programą papildomai pradėti Didžiosios Dailidės ežero (monitoringo postas p2) bei Dalidės ežerėlio (p3) vandens kokybės stebėjimai. Tiriamųjų rodiklių spektrą bei pirmuosius gautus rezultatus matome 3.3 lentelėje. Kaip ir Mažojoje Dailidėje, kituose 2 ežeruose taipogi užfiksuota padidėjusi organinės medžiagos (pagal PI, ChDS, BDS) koncentracija, kuri didžiausia – Dailidės ežerėlyje. Tikėtina, kad tai gali būti susiję su tam tikra tarša, patenkančia iš gretimo gyvenamojo individualių namų rajono (žr. 1 pav.).

3.3 lentelė. Kai kurių paviršinio vandens kokybės rodiklių vertės 2012-2013 m.

Rodikliai	Rodiklių vertės paviršinio vandens postuose, nuo-iki/vidutinės (skaitiklyje – 2012 m., vardiklyje – 2013 m.)		
	p1 Mažosios Dailidės ež.	p2 Didžiosios Dailidės ež.	p3 Dailidės ež.
Temperatūra, °C	6,0-19,1 8,0-23,2	5,6-18,4 9,1-24,0	6,3-20,2 8,1-20,7
SEL, µS/cm	248-434/370 229-485/407	569-589/579 631-808/730	350-399/375 275-459/391
pH	7,7-8,25/7,9 7,2-8,05/7,7	7,55-8,09/7,8 7,85-8,21/7,7	7,33-8,96/8,1 7,13-7,93/7,6
Eh, mV	146÷289/218 75÷217/170	165÷284/225 15÷233/172	182÷228/205 95÷246/202
PI, mg/IO ₂	4,65-7,56/6,1 2,15-8,73/5,9	5,24-6,69/6,0 2,8-12,8/6,7	7,85-8,44/8,1 1,85-13,6/8,7
ChDS, mg/IO ₂	22-31/26,5 9-18/14	7-32/19,5 11-18/15,5	33-39/36 9-33/22
BDS ₇ , mg/IO ₂	15-20/17,5 7-13/10	6-21/13,5 6-14/10,5	19-20/19,5 6-21/14
NO ₂ , mg/l	<0,05 <0,2	<0,05 <0,2	<0,05 <0,2
NO ₃ , mg/l	<0,5-0,775 <1,0	<0,5-1,32 <1,0	<0,5 <1,0
NH ₄ , mg/l	0,234-0,257 <0,02-0,395	<0,05 <0,02-1,149/0,66	<0,05-0,279 <0,02-1,921/0,53
Azotas (N) bendras, mg/l	0,46-1,18/0,79 0,08-1,1/0,47	0,41-1,38/0,90 0,18-1,4/0,73	0,39-1,01/0,70 0,12-1,8/0,64
Fosforas (P) bendras, mg/l	0,021-0,095/0,058 0,026-0,638/0,19	0,027-0,094/0,061 0,025-0,263/0,091	0,025-0,081/0,053 0,022-1,046/0,289
Fosfatas (PO ₄), mg/l	0,021-0,09/0,056 0,018-0,629/0,18	0,025-0,091/0,058 0,021-0,251/0,086	0,025-0,074/0,050 0,021-0,998/0,274
Ištirpęs deguonis (O ₂), mg/l	5,6-6,0/5,8 5,1-6,0/5,7	5,0-6,8/5,9 5,3-6,5/6,0	6,0-7,0/6,5 6,0-7,0/6,4

Remiantis galiojančia paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika [9], šių vandens telkinių, priskiriant juos ežerams arba tvenkiniams ir karjerams, ekologinė būklė pagal bendrąjį azotą, vertinant pagal visus 2013 m. tyrimų duomenis, yra arba labai gera ($N_b < 1,30$ mg/l), arba gera ($N_b = 1,30-1,80$ mg/l), o vertinat pagal jų metinius vidurkius – tik labai gera. Tuo tarpu pagal bendrąjį fosforą ši būklė būna ganėtinai įvairi: pagal atskiras reikšmes ji svyruoja nuo labai geros ($P_b < 0,04$ mg/l) iki blogos ($P_b = 0,091-0,140$ mg/l) ir labai blogos ($P_b > 0,140$ mg/l). Pagal bendrojo fosforo reikšmių metinius vidurkius šią būklę galima apibūdinti kaip blogą arba labai blogą. Tačiau atidžiau pažiūrėję į visų tyrimų rezultatus, pamatysime, kad labai bloga būklė užfiksuota tik pavasarinio (balandžio mėn.) mėginių ėmimo metu, kai visuose ežeruose P_b vertės siekė nuo 0,263 iki 1,146 mg/l. Visais kitais periodais jos svyravo tarp 0,022-0,053 mg/l ir atitiko labai geros ir geros būklės reikalavimus (žr. 3.3 lentelę, 9 priedą).

Žemaitijos-Dainavos vandeningojo sluoksnio požeminio vandens būklė stebima gręžiniuose 23s ir 25s, kurie patenka į taršos naftos produktais arealą (žr. 1, 2 pav.). Nustatyta, jog minėta tarša daro tam tikrą įtaką ir šiam gana giliai slūgsančiam vandeningajam sluoksniui. Be to, yra žinoma, kad padidintos kai kurių makrokomponentų (ypač chlorido ir natrio) vertės gręž. 25s vandenyje gali būti susijusios ne tik su tarša, bet ir su mineralizuoto vandens prietaka iš netoliese esančio jo iškrovos židinio [3].

Grėžinių 23s ir 25s vandens apibendrintą makrokomponentinę sudėtį, remiantis 2012-2013 m. duomenimis, galima išreikšti tokiomis formulėmis (ekv/%):

Grėž. 23s: $M_{0,38-0,40} \frac{HCO_3 \ 77-80 \ Cl \ 17-19 \ SO_4 \ 2-3}{Ca \ 62 \ Mg \ 22-23 \ Na \ 14-15}$

Grėž. 25s: $M_{0,52-0,57} \frac{HCO_3 \ 64-67 \ Cl \ 28-32 \ SO_4 \ 4}{Ca \ 63-65 \ Mg \ 20-22 \ Na \ 14}$

Grėž. 23s vanduo yra palyginus mažai pakitusios kalcio hidrokarbonatinės sudėties. Grėž. 25s vandens sudėtis dėl minėtos sūresnio vandens prietakos būna žymiai įvairesnė. Tai labiau pastebima, analizuojant daugiamečius duomenis [3].

Žemaitijos-Dainavos sluoksnio požeminis vanduo jau seniai čia pasižymi ir padidinta bendrosios geležies, mangano, kai kurių kitų mikrokomponentų koncentracija. Pvz., abiejuose grėžiniuose anksčiau būdavo aptinkami randami didoki, neretai viršijantys DLK geriamajame vandenyje, švino, o grėžinyje 25s – dar ir nikelio kiekiai. Ataskaitiniu 2013 m. laikotarpiu grėžiniuose 23s, 25s geležies koncentracija siekė 2,89-2,94 mg/l, mangano – 0,092-0,24 mg/l, o ištirtųjų toksinių mikroelementų koncentracijos buvo nedidelės ir neviršijo foninių reikšmių (žr. 3.1 lentelę, 4, 9 priedus).

Vandenyje ištirpę naftos produktai, t.y. aromatiniai (AA) ir daugiacikliai aromatiniai (DAA) angliavandeniliai, o taip pat fenoliai jau daug metų tiriami tik minėtame taršos šiais produktais areale – monitoringo taškuose 2s, 10s, 14s, 17s, 23s, 25s, s25 (s25a), 28s, sc170 (sc170a) ir šalia jo ribų (sc120). Lentelėje 3.4 pateikti visi svarbiausi vandenyje ištirpusių angliavandenilių tyrimų įvairiais laikotarpiais rezultatai, lyginant juos su 1999 m. pab. – 2000 m. (t.y. tuoj po UAB “Grotą” atliktų NP valymo darbų) duomenimis.

Matome, jog daugiausiai gruntiniame vandenyje ištirpusių naftos produktų, kurių pagrindinę dalį sudaro aromatiniai angliavandeniliai (AA), yra buvusiam šios taršos epicentre – grėž. 2s, kiek mažiau – grėž. 10s, dar mažiau – grėž. 17s. Daugiamečių stebėjimų duomenimis, angliavandenilių koncentracijos nėra pastovios ir turi tam tikrą mažėjimo laike tendenciją. Tai galime matyti ataskaitoje pateiktuose grafikuose, kuriuose parodytas tiek suminių aromatinių angliavandenilių verčių, tiek benzeno koncentracijų minėtuose trijuose grėžiniuose kitimas (7 pav.).

Šiame paveikslėlyje matome, kad 2013 m. duomenys iš esmės nepakeitė ankstesnių mažėjimo tendencijų, o tik dar labiau jas išryškino. Pavyzdžiui, grėžinyje 2s AA koncentracija 2013 m. siekė 15862-38856 µg/l, grėžinyje 10s – 1943-9636 µg/l, o grėžinyje 17s – 692-951 µg/l. Ištirpusio toksinio benzeno grėžinyje 2s šiais metais rasta 7773-12767 µg/l, grėžinyje 10s – 623-1398 µg/l, o grėžinyje 17s – 34-82 µg/l (žr. 5, 9 priedus).

Einant nuo taršos epicentro link naftos dėmės periferijos, NP koncentracija vandenyje tampa žymiai mažesnė. Visuose kituose 2013 m. ištirtuose savivaldybės monitoringo taškuose, išskyrus grėž. 28s, nei benzeno, nei aromatinių angliavandenilių apskritai neaptikta (t.y. jų koncentracija mažesnė nei 2 µg/l). Minėtame grėž. 28s, kuris yra taršos naftos produktais arealo šiauriniame pakraštyje (žr. 1 pav.), buvo aptiktos gana apčiuopiamos aromatinių angliavandenilių (90,1 µg/l) ir benzeno (8,7 µg/l) koncentracijos. Tolesnis monitoringas parodys, ar tai susiję su „naftos dėmės“ migracija ar su kokia nors vietine tarša.

3.4 lentelė. Vandenyje ištirpę angliavandeniliai

Tyrimų laiko- tarpis	Taš- ko Nr.	Koncentracija, µg/l					Anglia- vandenilių suma, mg/l
		Benzpire- nas	DAA*	DAA suma	Benzolas (benzenas)	Aromatinių angliavand. suma	
1	2	3	4	5	6	7	8
Gruntinis horizontas:							
1	2s	-	-	-	-	-	-
2		0,014	0,04	11,226	41100	115000	140
3		-	-	-	41500	116100	143
4		0,011	0,071	35,664	44700	117700	135
5		-	-	-	-	-	-
6		0,00	0,00	22,339	31200	105800	123,2
7		-	-	-	30500	80800	113,2
8		0,016	0,13	56,936	28300	86400	136,3
9		-	-	-	4550	24800	32,82
10		0,00	0,00	5,066	27500	68200	72,85
11		-	-	-	19439	38837	38,35
12		<0,002	0,006	6,215	11442	46415	51,65
13		-	-	-	26200	74900	80,8
14		<0,002	<0,026	1,84	17818	35752	-
15		0,103	<0,162	5,2	15723	38521	-
16		-	-	-	13301	58361	-
17		0,027	0,095	-	15527	56054	-
18		-	-	-	12015	54423	-
19		0,024	<0,032	2,83	25874	150206	-
20		-	-	-	12550	30899	-
21		0,327	0,67	284,8	10137	56053	-
22		-	-	-	12767	38856	-
23		0,563	1,289	1,852	7773	15862	-
1	10s	0,001	0,0018	178,913	12490	67740	-
2		0,00	0,030	81,462	1680	49800	103
3		-	-	-	13800	76600	126
4		0,003	0,011	11,045	12800	62000	86,2
5		-	-	-	-	-	-
6		0,00	0,00	21,469	9390	56800	83,1
7		-	-	-	2290	37900	121,5
8		0,006	0,038	28,747	5440	36600	55,98
9		-	-	-	27000	84300	139,2
10		0,00	0,00	2,718	5800	21500	36,75
11		-	-	-	3302	72243	322,47
12		<0,002	0,019	4,813	3170	30841	136,25
13		-	-	-	-	-	-
14		<0,002	0,077	5,08	3013	15206	-
15		0,036	<0,097	6,08	2032	22777	-
16		-	-	-	-	-	-
17		-	-	-	1742	18438	-
18		-	-	-	-	-	-
19		-	-	-	-	-	-
20		-	-	-	1052	5757	-
21		-	-	-	1606	18080	-
22		-	-	-	1398	9636	-
23		0,728	1,316	2,044	623	1943	-
13	11s	-	-	-	85,3	2030	6,04
1	14s	-	-	-	-	-	-
2		0,00	0,00	0,240	7,49	7,49	0,05
3		-	-	-	0,00	0,00	0,00

4	14s	0,00	0,00	0,056	4,97	4,97	<0,05	
5		-	-	-	0,00	0,00	0,00	
6		0,00	0,00	0,013	27,4	28,5	0,10	
7		-	-	-	0,00	0,00	0,00	
8		0,00	0,00	0,005	0,00	0,00	0,00	
9		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,06	
10		0,00	0,00	0,549	<1,0	<1,0	<0,06	
11		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,01	
12		<0,002	<0,026	-	<1,0	<1,0	<0,06	
13		-	-	-	38,0	144,0	0,3	
14		<0,002	<0,026	<0,1	<1,0	<1,0	-	
15		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
16		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
17		<0,002	<0,026	-	50,3	263,5	-	
18		-	-	-	-	-	-	
19		-	-	-	<2,0	<2,0	-	
20		-	-	-	<2,0	<2,0	-	
21		-	-	-	<2,0	<2,0	-	
22		-	-	-	<2,0	<2,0	-	
23		-	-	-	<2,0	<2,0	-	
1		17s	0,0057	0,00886	77,795	1120	2522	-
2			0,010	0,035	19,675	2550	14300	38,3
3			-	-	-	2730	10700	16,6
4	0,00		0,00	12,915	3580	10700	16,4	
5	-		-	-	1100	6520	10,6	
6	0,00		0,00	11,926	1400	7090	12,5	
7	-		-	-	362	1400	2,33	
8	0,00		0,00	5,216	903	5520	10,23	
9	-		-	-	385	4060	9,82	
10	0,00		0,00	1,437	1130	3670	7,42	
11	-		-	-	426	2348	4,77	
12	<0,002		<0,026	-	434	3753	7,17	
13	-		-	-	1770	6930	9,25	
14	<0,002		<0,026	0,63	175	1911	-	
15	<0,002		<0,026	3,04	521	2796	-	
16	-		-	-	456	3883	-	
17	-		-	-	1062	4615	-	
18	-		-	-	317,1	2136,3	-	
19	-		-	-	-	-	-	
20	-		-	-	611	1572,2	-	
21	-		-	-	255	1670	-	
22	-		-	-	34	950,6	-	
23	0,036		0,178	0,214	82	691,8	-	
1	s25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2		0,012	0,053	0,276	0,00	0,00	0,00	
3		-	-	-	-	-	-	
4		0,00	0,00	0,025	0,00	0,00	0,00	
5		-	-	-	-	-	-	
6		0,00	0,00	0,052	0,00	0,00	0,00	
7		-	-	-	-	-	-	
8		0,00	0,00	0,156	0,00	0,00	0,00	
9		-	-	-	-	-	-	
10		0,00	0,00	0,031	<1,0	<1,0	<0,06	
11		-	-	-	-	-	-	
12		<0,002	<0,026	-	<1,0	<1,0	<0,06	
14	s25a	<0,002	0,035	0,85	<1,0	<1,0	-	
15		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
16		-	-	-	-	-	-	
17		<0,002	<0,026	-	<1,0	<1,0	-	

18	s25a	-	-	-	-	-	-
19		-	-	-	-	-	-
20		-	-	-	-	-	-
21		-	-	-	<2,0	<2,0	-
22		-	-	-	-	-	-
23		-	-	-	<2,0	<2,0	-
1	sc120	-	-	-	0,00	0,00	0,00
2		-	-	-	0,00	0,00	0,00
3		-	-	-	-	-	-
4		-	-	-	0,00	0,00	0,00
5		-	-	-	-	-	-
6		-	-	-	0,00	0,00	0,00
7		-	-	-	-	-	-
8		-	-	-	0,00	0,00	0,00
9		-	-	-	-	-	-
10		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,06
11		-	-	-	-	-	-
12		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,06
13		-	-	-	-	-	-
14		-	-	-	<1,0	<1,0	-
15		-	-	-	<1,0	<1,0	-
16		-	-	-	-	-	-
17		-	-	-	<1,0	<1,0	-
18		-	-	-	-	-	-
19		-	-	-	-	-	-
20		-	-	-	-	-	-
21		-	-	-	-	-	-
22		-	-	-	-	-	-
23		-	-	-	<2,0	<2,0	-
1	sc170	-	-	-	0,00	6,47	<0,05
2		0,00	0,00	0,040	0,00	0,00	0,00
3		-	-	-	-	-	-
4		0,00	0,00	0,022	0,00	0,00	0,00
5		-	-	-	-	-	-
6		-	-	-	-	-	-
7		-	-	-	-	-	-
8		0,00	0,00	0,042	0,00	0,00	0,00
9		-	-	-	-	-	-
10		0,00	0,00	0,008	<1,0	<1,0	<0,06
11		-	-	-	-	-	-
12		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,06
14	sc170a	<0,002	<0,026	<1,0	<1,0	<1,0	-
15		-	-	-	<1,0	<1,0	-
16		-	-	-	-	-	-
17		<0,002	<0,026	-	<1,0	<1,0	-
18		-	-	-	-	-	-
19		-	-	-	-	-	-
20		-	-	-	-	-	-
21		-	-	-	<2,0	<2,0	-
22		-	-	-	-	-	-
23		-	-	-	<2,0	<2,0	-
5	sc172	-	-	-	-	-	-
6		0,00	0,00	0,008	0,00	0,00	0,00
Medininkų - Žemaitijos horizontas:							
1	28s	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2		0,00	0,00	0,008	0,00	0,00	0,00
3		-	-	-	0,00	0,00	0,00
4		0,00	0,00	0,011	0,00	0,00	0,00
5		-	-	-	0,00	0,00	0,00

6	28s	0,00	0,00	0,031	0,00	0,00	0,00	
7		-	-	-	0,00	0,00	0,00	
8		0,00	0,00	0,137	0,00	0,00	0,00	
9		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,06	
10		0,00	0,00	0,003	<1,0	<1,0	<0,06	
11		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,01	
12		<0,002	<0,026	-	<1,0	<1,0	<0,06	
13		-	-	-	<1,0	<1,0	<0,06	
14		<0,002	<0,026	<0,1	<1,0	<1,0	-	
15		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
16		-	-	-	-	-	-	
17		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
18		-	-	-	-	-	-	
19		-	-	-	-	-	-	
20		-	-	-	-	-	-	
21		-	-	-	<2,0	<2,0	-	
22		-	-	-	-	-	-	
23		-	-	-	8,7	90,1	-	
Žemaitijos - Dainavos horizontas:								
1		23s	0,000	0,00	0,009	3,25	3,25	-
2			0,014	0,046	0,479	7,50	8,13	0,05
3			-	-	-	0,00	0,00	0,00
4			0,00	0,00	0,006	0,00	0,00	0,00
5	-		-	-	16,2	16,2	0,05	
6	0,00		0,00	0,025	1,9	1,9	0,03	
7	-		-	-	-	-	-	
8	0,00		0,00	0,016	0,00	0,00	0,00	
9	-		-	-	-	-	-	
10	0,00		0,00	0,032	<1,0	<1,0	<0,06	
11	-		-	-	-	-	-	
12	<0,002		<0,026	-	<1,0	<1,0	<0,06	
13	-		-	-	-	-	-	
14	<0,002		<0,026	<0,1	<1,0	<1,0	-	
15	<0,002		<0,026	<0,123	<1,0	<1,0	-	
16	-		-	-	-	-	-	
17	-		-	-	<1,0	<1,0	-	
18	-		-	-	-	-	-	
19	-		-	-	-	-	-	
20	-		-	-	-	-	-	
21	-		-	-	<2,0	<2,0	-	
22	-		-	-	-	-	-	
23	<0,02		<0,09	<0,11	<2,0	<2,0	-	
1	25s	-	-	-	-	-	-	
2		0,00	0,00	0,069	0,00	0,00	0,00	
3		-	-	-	0,00	0,00	0,00	
4		0,00	0,00	0,219	0,00	0,00	<0,05	
5		-	-	-	0,00	0,00	0,00	
6		0,00	0,00	0,148	0,00	17,7	<0,08	
7		-	-	-	-	-	-	
8		0,00	0,00	0,008	0,00	0,00	0,00	
9		-	-	-	-	-	-	
10		0,00	0,00	0,571	<1,0	<1,0	<0,06	
11		-	-	-	-	-	-	
12		<0,002	<0,026	-	<1,0	<1,0	<0,06	
13		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
14		<0,002	<0,026	<0,1	-	-	-	
15		-	-	-	<1,0	<1,0	-	
16		-	-	-	-	-	-	
17		-	-	-	<1,0	<1,0	-	

18	25s	-	-	-	-	-	-
19		-	-	-	-	-	-
20		-	-	-	-	-	-
21		-	-	-	<2,0	<2,0	-
22		-	-	-	-	-	-
23		-	-	-	<2,0	<2,0	-

Pastabos:

a) DAA – daugiacykliai aromatiniai angliavandeniliai; b) *normuojama benzo-b-fluoranteno, benzo-k-fluoranteno, benzo-ghi-perileno, indeno-1,2,3-cd-pireno verčių suma (pagal HN 24:2003); c) 1-23 – tyrimų laikotarpiai: 1 – 1999 m. pab.-2000 m.; 2 – 2001 m.; 3 – 2002 m. balandis; 4 – 2002 m. rugpjūtis; 5 – 2003 m. gegužė; 6 – 2003 m. rugpjūtis; 7 – 2004 m. birželis; 8 – 2004 m. spalio; 9 – 2005 m. balandis; 10 – 2005 m. rugsėjis; 11 – 2006 m. gegužė; 12 – 2006 m. rugsėjis; 13 – 2007 m. gegužė; 14 – 2007 m. spalio; 15 – 2008 m. rugsėjis; 16 – 2009 m. gegužė; 17 – 2009 m. rugsėjis; 18 – 2010 m. gegužė; 19 – 2010 m. rugsėjis; 20 – 2011 m. balandis; 21 – 2012 m. rugsėjis; 22 – 2013 m. birželis; 23 – 2013 m. spalio.

Daugiaciklių aromatinių angliavandenilių tyrimai 2013 m. buvo atliekami taršos naftos produktais epicentre, monitoringo taškuose 2s, 10s, 17s, 23s, kuriuose jų buvo aptinkama ir anksčiau. Šiais metais normuojamų DAA suma gruntiniame vandenyje gręžiniuose 2s, 10s, 17s pasiekė 0,178-1,316 µg/l ir viršijo geriamojo vandens normatyvus (žr. 9 priedą). Juos čia viršijo ir benz(a)pireno koncentracija (0,036-0,728 µg/l). Tačiau nė viename taške DAA kiekiai neviršijo leistinų ribų pagal jau minėtus Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimus (žr. 3.1 lentelę).

Nedidelių NP koncentracijų jau anksčiau buvo pastebėta ir Žemaitijos-Dainavos horizonto vandenyje [3], tačiau 2013 m. gręž. 23s ir 25s nei aromatinių, nei daugiacyklių aromatinių angliavandenilių neaptikta, t.y. jų kiekiai buvo mažesni už laboratorinių tyrimų jautrumo ribas.

Jau minėtame taršos naftos produktais areale visada buvo aptinkama nemažai vandenyje ištirpusių fenolių. Jų koncentracijos 2013 m. gruntiniame sluoksnyje svyravo nuo <0,05 iki 0,993 mg/l; didžiausi šio komponento kiekiai, kaip ir anksčiau, užfiksuoti gręžinyje 2s (žr. 3.1 lentelę, 6 priedą). Kone visais atvejais nustatytos fenolių koncentracijos viršydavo ankstesnę DLK geriamajame vandenyje, kuri pagal HN 48-1994 buvo 0,001 mg/l. Jos dažnai viršijo ir LGT nustatytos pavojingų medžiagų išleidimo į požeminį vandenį tvarkos reikalavimus: kai ūkio subjekto apylinkėse požeminis vanduo naudojamas gėrimo ir buities reikmėms, didžiausia jame leidžiama fenolių koncentracija yra 0,005 mg/l [10]. Anksčiau šis kiekis sistemingai buvo viršijamas monitoringo taškuose 2s, 14s, 17s, s25a. Tačiau pažymėtina, kad ligi šiol nustatyti fenolių kiekiai kol kas dar neperžengė leistinos ribos pagal Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimus, pagal kuriuos ši riba siekia 2 mg/l [6].

Tarpmoreninio Žemaitijos-Dainavos vandeningojo sluoksnio vandenyje (gręž. 23s, 25s) 2013 m. fenolių neaptikta, t.y. jų kiekis buvo mažesnis, nei 0,05 mg/l (žr. 3.1 lentelę, 6, 9 priedus).

4. IŠVADOS

1. Alytaus savivaldybės požeminio vandens monitoringas, pradėtas dar 1998 m. pabaigoje, 2013 m. buvo tęsiamas pagal patvirtintą 2012-2015 m. programą. Monitoringo darbų metu 29-se monitoringo tinklo taškuose tiriama gruntinio, tarp sluoksninio ir paviršinio vandens cheminė sudėtis bei matuojamas vandens lygis ir naftos plėvelės virš gruntinio vandens paviršiaus storis buvusios Alytaus naftos bazės teritorijoje.

2. Gruntinio ir tarp sluoksninio vandens lygis pasižymi tam tikrais sezoniniais ir daugiamečiais svyravimais. Ataskaitiniu laikotarpiu jo pokyčiai, lyginant su 2012 m., buvo neįdomūs. Didesnioji miesto dalis yra požeminio vandens mitybos srityje, čia užterštas gruntinis vanduo gali pertekėti gilyn – į Medininkų-Žemaitijos bei Žemaitijos-Dainavos tarp sluoksninius horizontus. Naftos plėvelės storio matavimai rodo, jog atlikus naftos valymo (išsiurbimo) darbus, NP taršos areale situacija nėra stabili. Arealo centre (gręž. 2s, 10s) 2012 m. NP sluoksnio storis sumažėjo ir svyravo apie 1-6 cm.

3. Gruntinis vanduo mieste žymiai užterštas nitratais, kurių kiekis savivaldybės monitoringo tinklo taškuose 2013 m. buvo kiek sumažėjęs ir vidutiniškai siekė apie 37-43 mg/l (maksimalus – 122 mg/l), kitais azoto junginiais (amoniu), o taip pat neoksiduota organinė medžiaga. Didelės amonio, organinės medžiagos (pagal permanganato indeksą bei cheminę deguonies suvartojimą) vertės būdingos taršos naftos produktais arealui (ypač gręž. 2s, 17s). Šių gręžinių vandenyje 2013 m. amonio koncentracija siekė iki 1,94-3,35 mg/l, PI rodiklis – iki 11-25,4 mg/lO₂, CHDS – 28-56 mg/lO₂. Visame monitoringo tinkle stebimi įvairūs gruntinio ir tarp sluoksninio vandens cheminės sudėties rodikliai pasižymi gana sudėtingais pokyčiais, kuriuos rodo sudaryti jų kitimo laike grafikai.

4. Alytaus paviršinio vandens telkinių (Mažosios ir Didžiosios Dalidės ežerų bei Dalidės ežerėlio) vandens kokybės rodikliai buvo ištirti 4 kartus. Nustatyta, jog remiantis galiojančia paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika, šių vandens telkinių, priskiriant juos ežerams arba tvenkiniams ir karjerams, ekologinė būklė pagal bendrąjį azotą yra labai gera ($N_b < 1,30$ mg/l) arba gera ($N_b = 1,30-1,80$ mg/l). Tuo tarpu pagal bendrąjį fosforą ši būklė ganėtina įvairi: pagal atskiras 2013 m. nustatytas reikšmes (0,022-0,053 mg/l) didesnę metų dalį ji buvo labai gera ir gera, o pagal pavasarinio mėginių ėmimo (balandžio mėn.) rezultatus, kai P_b vertės siekė net 0,263-1,146 mg/l, visuose ežeruose ji apibūdinama kaip bloga arba labai bloga. Kol kas stebėjimų periodas dar labai trumpas, tad tikrąsias šių paviršinių telkinių vandens kokybės kitimo tendencijas išryškins monitoringo tąsa.

5. Nuo seno žinomame gruntinio vandens taršos sunkiaisiais metalais plote ties pietiniu pramonės rajonu (šul. sc73, sc73a) 2013 m. užfiksuota tik didoka chromo (41 µg/l) koncentracija. Kitų mikroelementų kiekiai čia palyginus nedideli ir gana stabilūs. Ši anomalija susijusi su buvusia Alytaus mašinų gamyklos (dabar – AB “Astra”) galvaninio cecho veikla. Pastaruoju metu tokia veikla čia nevykdoma, tad ir pačioje šios įmonės teritorijoje buvusi tarša blėsta. Mieste, taršos naftos produktais zonoje, 2013 m. ištirtųjų toksinių mikroelementų koncentracijos tiek gruntiniame, tiek ir tarp sluoksniniame vandenyje buvo nedidelės ir neviršijo foninių reikšmių.

6. Naftos produktų (aromatinių ir daugiacyklių aromatinių angliavandenilių) bei fenolių tyrimų buv. Alytaus naftos bazės poveikio zonoje rezultatai rodo, kad užterštumo mastas dar yra pakankamai didelis, nors per visą monitoringo laikotarpį jis turėjo mažėjimo tendenciją. Sudaryti grafikai rodo, jog 2013 m. duomenys iš esmės nepakeitė anksčiau pastebėtų šios taršos mažėjimo tendencijų. Taršos epicentre, gręžinyje 2s AA koncentracija 2013 m. siekė 15862-38856 µg/l, gręžinyje 10s – 1943-9636 µg/l, o

gręžinyje 17s – 692-951 $\mu\text{g/l}$. Ištirpusio toksinio benzeno gręžinyje 2s rasta 7773-12767 $\mu\text{g/l}$, gręž. 10s – 623-1398 $\mu\text{g/l}$, o gręž. 17s – 34-82 $\mu\text{g/l}$. Visuose kituose 2013 m. iširtuose savivaldybės monitoringo taškuose nei benzeno, nei aromatinių angliavandenilių apskritai nerasta, išskyrus gręž. 28s, kurio vandenyje aptikti apčiuopiami aromatinių angliavandenilių (90,1 $\mu\text{g/l}$) ir benzeno (8,7 $\mu\text{g/l}$) kiekiai. Tolesnis monitoringas parodys, ar tai susiję su „naftos dėmės“ migracija ar su kokia nors vietine tarša.

7. Daugiaciklių aromatinių angliavandenilių tyrimai 2013 m. buvo atliekami taršos naftos produktais epicentre, monitoringo taškuose 2s, 10s, 17s, 23s, kuriuose jų buvo aptinkama ir anksčiau. Šiais metais normuojamų DAA suma gruntiniame vandenyje gręžiniuose 2s, 10s, 17s pasiekė 0,178-1,316 $\mu\text{g/l}$, o benz(a)pireno koncentracija – 0,036-0,728 $\mu\text{g/l}$ ir viršijo geriamojo vandens normatyvus. Taršos naftos produktais areale tiek gruntiniame, tiek tarp sluoksniame vandenyje visada buvo aptinkama nemažai ištirpusių fenolių. Jų kiekiai 2013 m. svyravo nuo <0,05 iki 0,993 mg/l (didžiausi – taršos naftos produktais epicentre, gręžinyje 2s). Tačiau pažymėtina, kad ligi šiol nustatytos tiek fenolių, tiek ir daugiaciklių aromatinių angliavandenilių koncentracijos kol kas neperžengė leistinų ribų pagal Cheminėmis medžiagomis užterštą teritoriją tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimus.

LITERATŪRA

1. Bendrieji savivaldybių aplinkos monitoringo nuostatai (Žin., 2004, Nr. 130-4680; 2007, Nr. 75-2994).
2. Bendoraitis A., Gregorauskas M., Klimas A., Mikšienė L. Alytaus miesto požeminio vandens šaltinių apsaugos valdymo planas. UAB “Vilniaus hidrogeologija” ataskaita. V., 2000.
3. Bendoraitis A., Gregorauskas M. Alytaus miesto savivaldybės požeminio vandens monitoringo 2008-2011 m. apibendrinančioji ataskaita (pagal 2008-2011 m. programą). UAB “Vilniaus hidrogeologija”. V., 2011.
4. Bendoraitis A. Alytaus miesto savivaldybės požeminio vandens monitoringo 2012 m. rezultatai (pagal 2012-2015 m. programą). UAB “Vilniaus hidrogeologija”. V., 2012.
5. Bendoraitis A., Gregorauskas M. Alytaus miesto savivaldybės požeminio vandens monitoringo 2012-2015 m. programa. UAB “Vilniaus hidrogeologija”. V., 2011.
6. Cheminėmis medžiagomis užterštą teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai (Žin., 2008, Nr. 53-1987).
7. Lietuvos higienos norma HN 24:2003. Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai (Žin., 2003, Nr. 79-3606).
8. Marcinonis A., Legačinskaitė V., Abromavičiūtė A. Buvusios Alytaus naftos produktų bazės rajone naftos produktais užteršto gruntinio vandeningo horizonto valymo 1998-1999 m. rezultatai. UAB “Grotas”. V., 1999.
9. Paviršinių vandens telkinių būklės nustatymo metodika (Žin., 2010, Nr. 29-1363).
10. Pavojingų medžiagų išleidimo į požeminį vandenį inventorizavimo ir informacijos rinkimo tvarka (Žin., 2003, Nr. 17-770).
11. Savivaldybių dirvožemio ir požeminio vandens monitoringo rekomendacijos (Žin., 2011, Nr. 3-114).
12. Ūkio subjektų aplinkos monitoringo nuostatai (Žin., 2009, Nr. 113-4831; Žin., 2011, Nr. 148-6962).

ILIUSTRACIJOS

P R I E D A I