



**ŠIAULIŲ MIESTO SAVIVALDYBĖS POŽEMINIO VANDENS IR
DIRVOŽEMIO MONITORINGAS
2019 m.**

Parengė:
Vyr. geologė

(duomenys neskelbtini)

Direktorius

(duomenys neskelbtini)

Šiauliai, 2020

TURINYS

	psl.
1. Bendrieji duomenys.....	4
1.1. Požeminio vandens monitoringo tinklas	4
1.2. Dirvožemio monitoringo tinklas.....	6
1.3. Monitoringo darbų apimtys ir stebimi parametrai	8
1.4. Tyrimų metodika.....	9
1.5. Vertinimo kriterijai	10
2. Požeminio vandens monitoringo rezultatai	12
2.1. Požeminio vandens lygis	12
2.2. Požeminio vandens fiziniai-cheminiai rodikliai	16
2.3. Požeminio vandens cheminės sudėties tyrimai.....	17
3. Dirvožemio monitoringo rezultatai	20
4. Išvados.....	34
Literatūra	36

Paveikslai

1 pav. Požeminio vandens monitoringo tinklas (2019 m.)	5
2 pav. Dirvožemio monitoringo tinklas (2019 m.)	7
3 pav. Gruntinio vandens lygis ir srauto judėjimo kryptis (2019 m. lapkritis).....	13
4 pav. Gruntinio vandens lygių kaitos grafikai (2005–2019 m.).....	14
5 pav. Vandens lygio kaitos grafikai stebimuosiuose sluoksniuose	15
6 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (2019 m. ruduo)	18
7 pav. ChDS vertės gruntiniame vandenyje (2019 m. ruduo)	20
8 pav. Mineralinio azoto koncentracija gruntiniame vandenyje (2019 m. ruduo).....	21
9 pav. Gręžinių gruntinio vandens cheminės sudėties rodiklių kaita (2005–2019 m.).....	23
10 pav. Tarpmoreninio sluoksnio požeminio vandens cheminės sudėties rodiklių kaita (2005–2019 m.).....	27
11 pav. Cheminės sudėties rodiklių kaita šulinio 30s ir gr. 17366 vandenyje (2005–2019 m.)	28
12 pav. Permo sluoksnio požeminio vandens cheminės sudėties rodiklių kaita (2005–2019 m.).....	31

Lentelės

1 lentelė. Šiaulių m. savivaldybės požeminio vandens monitoringo tinklas.....	4
2 lentelė. Dirvožemio mėginių paėmimo vietų duomenys.....	6
3 lentelė. Monitoringo darbai	8
4 lentelė. Atliktų tyrimų metodai.....	9
5 lentelė. Požeminio vandens lygio matavimo rezultatai	12
6 lentelė. Požeminio vandens fiziniai-cheminiai parametrai.....	16
7 lentelė. Požeminio vandens cheminė sudėtis (2019 m. rudenį)	19
8 lentelė. Naftos produktų koncentracija (2019 m. rudenį).....	24
9 lentelė. Dirvožemio tyrimo rezultatai (2019 m. lapkritis).....	32

Priedai

1. 2019 m. gruntinio vandens lygio ir fizinių-cheminių parametrų matavimų rezultatai (protokolai);
2. 2019 m. atliktų vandens cheminių analizių rezultatai (protokolai);
3. 2019 m. dirvožemio mėginių cheminių analizių rezultatai (protokolai);
4. Leidimas tirti žemės gelmes;
5. Laboratorijų leidimai užsiimti tyrimais.

1. Bendrieji duomenys

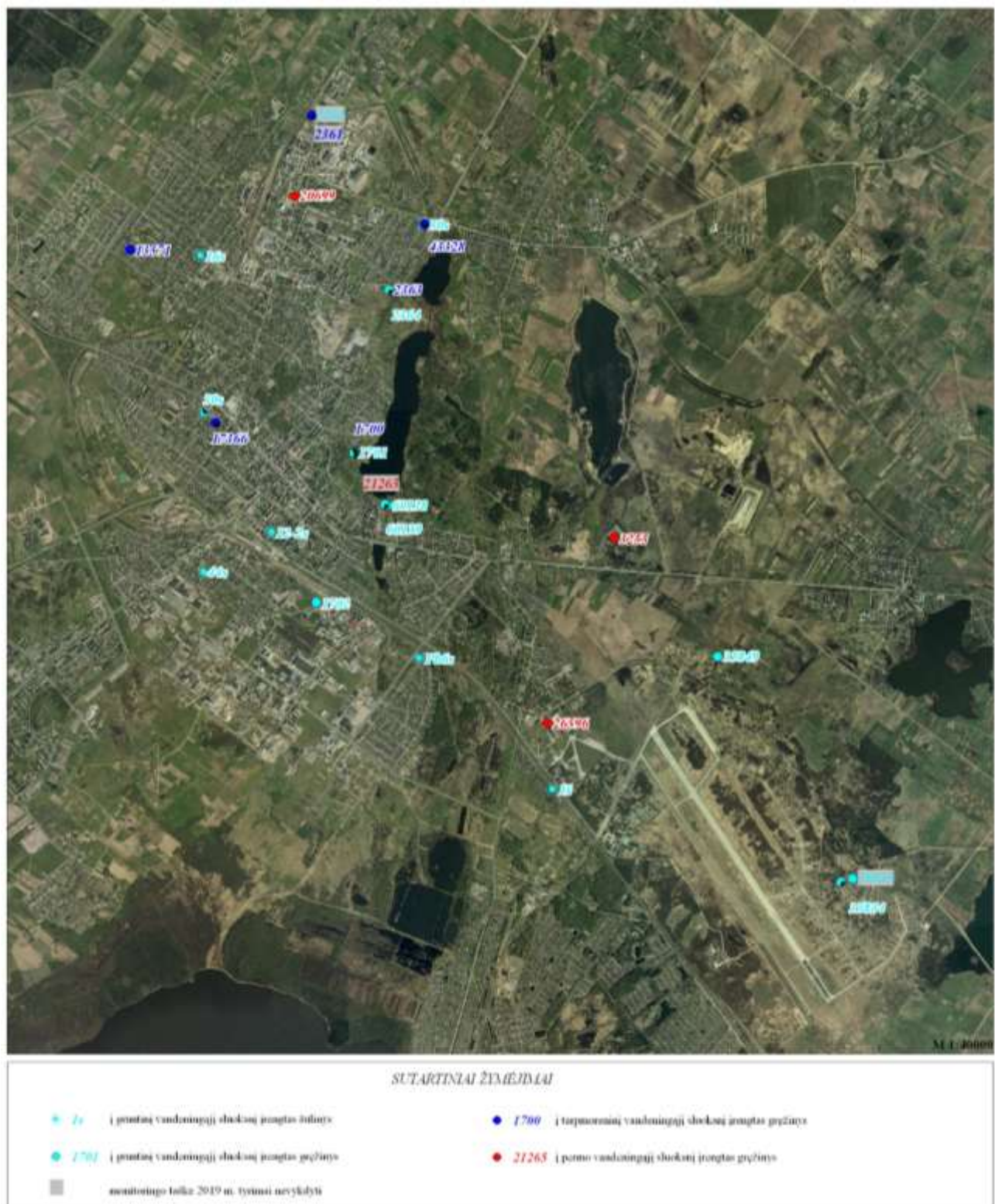
1.1. Požeminio vandens monitoringo tinklas

Šiaulių m. savivaldybės požeminio vandens monitoringo tinklą šiuo metu sudaro 27 tyrimo taškai. Į *gruntinio (kvartero)* vandens sluoksnį įrengta 16 tyrimo taškų, iš jų 9 yra specialūs monitoringo gręžiniai ir 7 gyventojų šachtiniai šuliniai. Į *kvartero tarpmoreninius* sluoksnius yra įrengti 7 monitoringo taškai, iš jų yra 3 specialūs monitoringo ir 4 požeminio vandens gavybos gręžiniai. Į *viršutinio permo* sluoksnį įrengti 4 tyrimo taškai – 1 specialiai monitoringui ir 3 eksploataciniai gręžiniai.

2019 metais monitoringo darbai buvo vykdomi 23-juose monitoringo tinklo taškuose. Buvo tiriami gruntinio, tarpmoreninio ir permo vandeningieji sluoksniai. Jokie tyrimai nevykdyti dvejuose monitoringo gręžiniuose, įrengtuose į gruntinį bei po vieną – į tarpmoreninį ir permo vandeningąjį sluoksnį (viso netirti keturi gręžiniai) (1 pav., 1 lentelė).

1 lentelė. Šiaulių m. savivaldybės požeminio vandens monitoringo tinklas

Gręžinio/šulinio numeriai			Adresas	LKS-94 koordinatės		Taško tipas	Vandeningas sluoksnis
registro	pirminis	papild.		X	Y		
2019 metais tirti monitoringo taškai							
–	–	30s	Valančiaus g. 16	6 200 543	456 360	šulinys	gruntinis
–	–	44s	Pagėgių g. 13	6 198 829	456 361	šulinys	gruntinis
–	–	Pb6s	Pabalių g. 6	6 197 906	458 687	šulinys	gruntinis
–	–	12-2s	Kražių g. 19a	6 199 258	457 094	šulinys	gruntinis
–	–	1š	Margių g. 20	6 195 247	460 132	šulinys	gruntinis
–	–	50s	Pasvalio g. 50a	6 202 586	458 743	šulinys	gruntinis
–	–	16s	Sodo g. 45	6 202 240	456 327	šulinys	gruntinis
1702	1120	1657	Ragainės g.	6 198 505	457 575	monitoringo gręž.	gruntinis
1701	1117	1656	Uosių g.	6 200 116	457 980	monitoringo gręž.	gruntinis
2364	1115	1654	Spindulio g.	6 201 876	458 359	monitoringo gręž.	gruntinis
35849	24	–	Pročiūnų g.	6 197 921	461 909	monitoringo gręž.	gruntinis
35854	73	–	Pročiūnų g.	6 195 491	463 237	monitoringo gręž.	gruntinis
60138	60138	Nr. 1	Elnio g. 17	6 199 554	458 342	monitoringo gręž.	gruntinis
60139	60139	Nr. 2	Elnio g. 17	6 199 565	458 317	monitoringo gręž.	gruntinis
1700	1116	1655	Uosių g.	6 200 117	457 981	monitoringo gręž.	tarpmoreninis
2363	1114	1653	Spindulio g.	6 201 875	458 360	monitoringo gręž.	tarpmoreninis
43328	–	–	Pasvalio g. 50a	6 202 583	458 747	gavybos gręž.	tarpmoreninis
13571	5828	–		6 202 312	455 568	gavybos gręž.	tarpmoreninis
17366	5962	–		6 200 442	456 490	gavybos gręž.	tarpmoreninis
26565	6302	–		6 197 706	452 765	gavybos gręž.	tarpmoreninis
3255	4910	–	Aleksandrija, Šiaulių raj.	6 199 201	460 790	gavybos gręž.	permo
20699	6034	–	J.Basanavičiaus g. 101a	6 202 887	457 339	gavybos gręž.	permo
26596	26596	–	Aerouosto g. 11	6 197 205	460 066	gavybos gręž.	permo
2019 metais netirti monitoringo taškai							
2362	1113	1652	J.Basanavičiaus g.	6 203 759	457 528	monitoringo gręž.	gruntinis
35845	18	–	Pročiūnų g.	6 195 526	463 363	monitoringo gręž.	gruntinis
2361	1112	1651	J.Basanavičiaus g.	6 203 759	457 527	monitoringo gręž.	tarpmoreninis
21265	1M	26	Uosių g.	6 200 116	457 984	monitoringo gręž.	permo



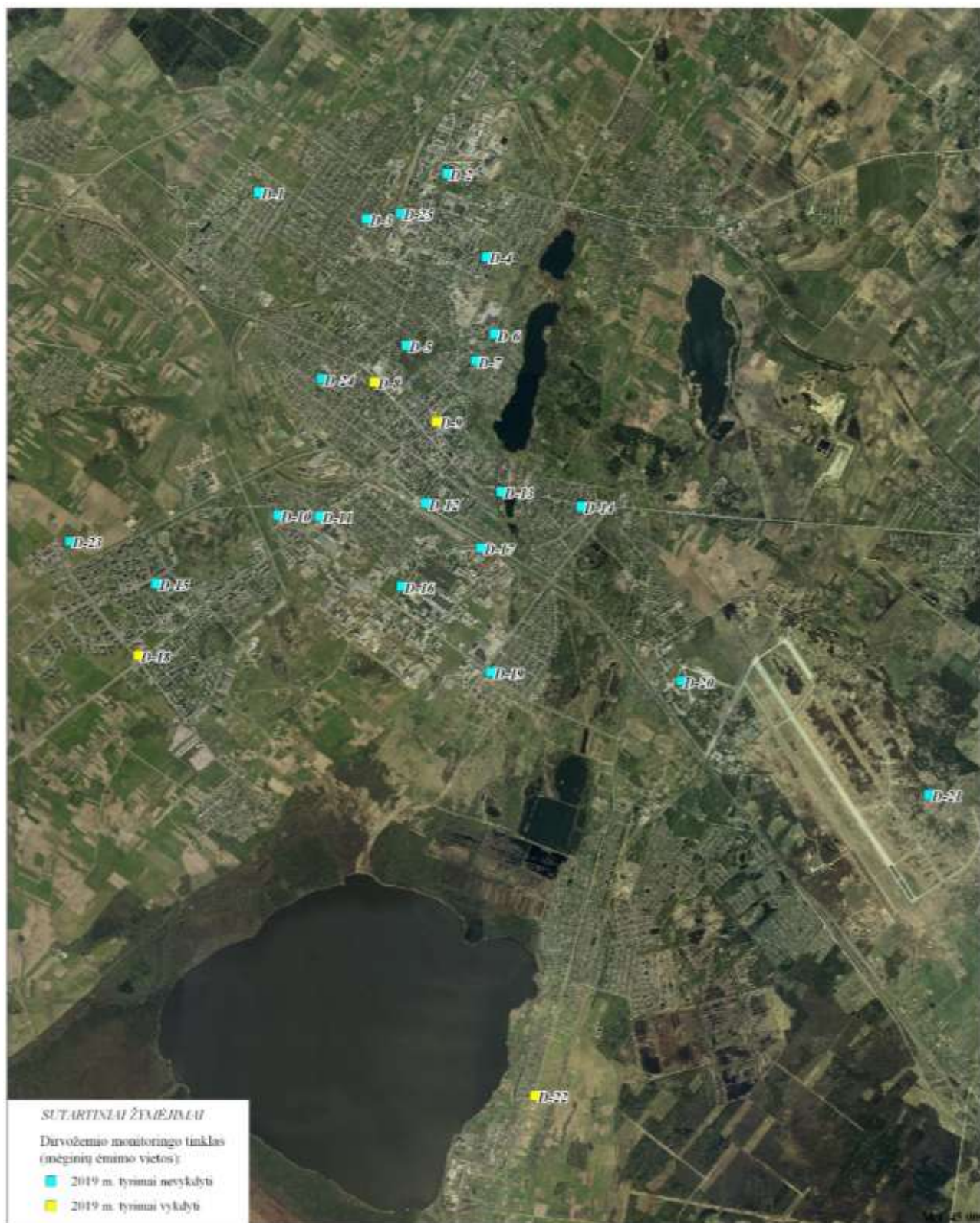
1 pav. Požeminio vandens monitoringo tinklas (2019 m.)

1.2. Dirvožemio monitoringo tinklas

Pilną dirvožemio monitoringo tinklą sudaro 25 dirvožemio tyrimo vietos, išdėstytos visame Šiaulių mieste. Ataskaitiniais 2019 metais dirvožemio mėginiai buvo ištirti keturiose tyrimo vietose (2 pav., 2 lentelė).

2 lentelė. Dirvožemio mėginių paėmimo vietų duomenys

Numeris	Adresas	Centro koordinatės LKS-94 koord. sistema	
		x	y
2019 metais tirtos monitoringo vietos			
D-8	Sukilėlių g./Vilniaus g., sukilėlių žudynių vieta ir kapai	6 200 472	456 613
D-9	Tilžės g./Aušros al., Prisikėlimo aikštės dalis	6 200 001	457 366
D-18	Tilžės g. 1 (PC Akropolis)	6 197 180	453 766
D-22	Poilsio g./Bačiūnų g.	6 191 868	458 551
2019 metais netirtos monitoringo vietos			
D-1	Palangos – Karklų g. sankryža	6 202 763	455 217
D-2	J. J. Basanavičiaus g. 146-148	6 202 993	457 492
D-3	Marijampolės/ Klaipėdos g. sankryža	6 202 445	456 522
D-4	Spindulio g. 7	6 201 983	457 965
D-5	Žemaitės g. 83a	6 200 922	457 002
D-6	Smėlio g. 2	6 201 053	458 059
D-7	M. Valančiaus g. 16	6 200 733	457 835
D-10	Žaliūkų g. 76	6 198 873	455 449
D-11	Tilžės g. 67	6 198 861	455 951
D-12	Dubijos g. 11	6 199 019	457 236
D-13	Vilniaus g.	6 199 151	458 141
D-14	Vilniaus g. 21	6 198 975	459 104
D-15	Dainų g. 41	6 198 047	453 987
D-16	Išradėjų g. 5	6 198 017	456 944
D-17	Dubijos g. 89	6 198 475	457 903
D-19	Pramonės/ Pabalių g. sankryža	6 196 980	458 018
D-20	Margių g. 16-20	6 196 873	460 313
D-21	Pročiūnų g.	6 195 504	463 297
D-23	Liepų g.	6 198 559	452 943
D-24	Vytauto g. 23	6 200 514	455 974
D-25	Bielskio g.	6 202 514	456 926



2 pav. Dirvožemio monitoringo tinklas (2019 m.)

1.3. Monitoringo darbų apimtys ir stebimi parametrai

Pagrindiniai požeminio vandens ir dirvožemio monitoringo darbai 2019 metais buvo:

- požeminio vandens lygio matavimai;
- požeminio vandens fizinių-cheminių parametru matavimai;
- požeminio vandens ir dirvožemio mėginių surinkimas;
- požeminio vandens ir dirvožemio cheminės sudėties tyrimai;
- surinktų duomenų apdorojimas.

Monitoringo metu buvo atlikti lauko darbai ir laboratoriniai tyrimai. Monitoringo metu atliktų darbų rūšys ir apimtys pateiktos 3 lentelėje.

3 lentelė. Monitoringo darbai

<i>Darbu aprašymas</i>	<i>Mato vnt.</i>	<i>Kiekis 2019 m.</i>
Lauko darbai		
Požeminio vandens lygio matavimas	vnt.	16
Požeminio vandens fizinių-cheminių parametru matavimas	vnt.	23
<i>Vandens mėginių paėmimas:</i>		
bendrajai cheminei sudėčiai nustatyti	vnt.	23
Fe (bendrosios) nustatyti	vnt.	1
mikroelementams nustatyti	vnt.	2
lengviesiems aromatiniams angliavandeniliams nustatyti	vnt.	2
halogeniniams angliavandeniliams nustatyti	vnt.	2
<i>Dirvožemio mėginių paėmimas:</i>		
mikroelementams (sunkiesiems ir kt. metalams) nustatyti	vnt.	4
naftos produktų kiekiui nustatyti	vnt.	4
chloridų, natrio, kalio, kalcio, magnio, kalio, fosforo koncentracijai nustatyti	vnt.	4
Laboratoriniai tyrimai		
<i>Vandens tyrimai:</i>		
bendrosios cheminės sudėties nustatymas	vnt.	23
Fe (bendrosios) nustatymas	vnt.	1
mikroelementu nustatymas	vnt.	2
lengvųjų aromatinių angliavandeniliu nustatymas	vnt.	2
halogeninių angliavandeniliu nustatymas	vnt.	2
<i>Dirvožemio tyrimai:</i>		
mikroelementu (sunkiųjų ir kt. metalu) nustatymas	vnt.	4
naftos produktų kiekiu nustatymas	vnt.	4
chloridų, natrio, kalio, kalcio, magnio, kalio, fosforo koncentracijos nustatymas	vnt.	4

Lauko darbai atlikti 2019 metų lapkritį. Lauko darbų kompleksą sudarė vandens lygio matavimai, vandens fizinių-cheminių parametru (temperatūros, vandenilio jonų koncentracijos pH, savitojo elektros laidžio (SEL) ir oksidacijos-redukcijos potencialo Eh) matavimai, vandens bei dirvožemio mėginių paėmimas laboratoriniams tyrimams.

Laboratorijoje buvo ištirta vandens bendroji cheminė vandens sudėtis, apimanti pagrindinių anijonų (chlorido, sulfato, hidrokarbonato) ir katijonų (natrio, kalio, kalcio ir magnio) bei mineralinio azoto junginių (nitrato, nitrito ir amonio) koncentracijas, keletas bendrojo pobūdžio rodiklių (bendroji ištirpusių medžiagų koncentracija, vandens kietumas) bei organinės medžiagos kiekį vandenyje apibūdinantys rodikliai – permanganato bei bichromato indeksai. Dvejuose

mėginiuose nustatytas mangano, sunkiųjų metalų, lengvųjų aromatinių, benzino, dyzelino eilės bei halogeninių angliavandenilių kiekis, viename mėginyje – bendrosios geležies koncentracija.

Dirvožemio trijuose mėginiuose laboratorijoje buvo ištirtos mikroelementų (Ag, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn ir Hg), naftos produktų koncentracijos (dyzelino eilės ir sunkiųjų angliavandenilių kiekis, naftos produktų indeksas), nustatytos želdinių būklės stebėsenai aktualių elementų (chloridų, natrio, kalio, kalcio, magnio, kalio, fosforo) koncentracijos.

1.4. Tyrimų metodika

Gruntinio vandens lygis monitoringo tyrimo vietose matuotas tam pritaikyta įranga – elektrine garsine matuokle. Matavimo tikslumas siekė $\pm 0,5$ cm. Šuliniuose lygis matuotas nuo šulinio rentinio viršaus. Gręžiniuose vandens lygis matuotas nuo niveliuoto matavimo taško. Vandens fiziniai-cheminiai parametrai matuoti portatyviu multimetru HACH HQ 40d multi.

Vandens mėginiai iš šulinių imti prie šulinio esančia sėmimo įranga arba specialia semtuve. Iš gręžinių vandens mėginiai imti tam pritaikytu panardinamu elektriniu siurbliu, prieš tai tinkamai išvalius gręžinius.

4 lentelė. Atliktų tyrimų metodai

Rodiklis	Tyrimo metodas, standartas	Laboratorija
Vandens tyrimai:		
Fiziniai-cheminiai parametrai (temperatūra, pH, Eh, savitasis elektros laidis)	potenciometrinis, konduktometrinis (multimetras HACH HQ 40d multi)	UAB „Geomina“
Permanganato indeksas (PS)	LST EN ISO 8467:2002	
Bichromato indeksas (ChDS)	ISO 15705	
Na, K	LST EN ISO 9964-3:1998	
Ca,	LST ISO 6058:2008	
Mg	apskaičiuojamas	
NH ₄	LST ISO 7150-1:1998	
NO ₂ , NO ₃ , Cl, SO ₄	LST EN ISO 10304:2009	
HCO ₃	LST ISO 9963-1:1999	
Bendroji geležis	LST ISO 6332:1995	
Manganas		
Lengvieji aromatiniai angliavandeniliai	ISO 11423-1	
Benzino ir dyzelino eilės angliavandeniliai	US EPA 8015C	UAB „Vandens tyrimai“
Mikroelementai	LST EN ISO 15586:2003	
Halogeniniai angliavandeniliai	ISO 10301:1997	
Dirvožemio tyrimai:		
Sunkieji ir kt. metalai (Ag, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, V, Zn ir Hg)	ISO 11047:1998, ISO 20280:2007	UAB „Vandens tyrimai“
Naftos produktai	LST EN ISO 16703:2011	UAB „Geomina“
Judrusis fosforas (P ₂ O ₅) ir judrusis kalis (K ₂ O)	LVP D-07:2016	Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas agrocheminių tyrimų laboratorija
Judrusis kalcis (Ca) ir magnis (Mg)	LVP D-13:2016	
Judrusis natrio (Na)	LVP D-09:2016	
Chloridai (Cl)	argentometrinis	

Matuojant vandens fizinius-cheminius parametrus, vadovautasi LGT parengtomis metodinėmis rekomendacijomis [3], imant ir gabenant mėginius – minėtomis rekomendacijomis ir

šios rūšies darbus reglamentuojančiais Lietuvos standartais LST ISO 5667-11:2009 [9] LST EN ISO 5667-3:2006 [10].

Dirvožemio mėginiai imti iš 0,1–0,25 m gylio dirvožemio sluoksnio, naudojantis nerūdijančio metalo kastuvu. Kiekvieną mėginį sudarė 5 sėminiai, išdėstyti voko principu. Paimtas dirvožemis supiltas į polietileninį, maisto produktams laikyti skirtą maišelį. Kiekvieną mėginį sudarė apie 1 kg dirvožemio. Prieš siunčiant į laboratoriją kiekvieno mėginio gruntas buvo kruopščiai sumaišomas ir imant iš skirtingų jo vietų perdedamas į specialiai laboratorijai skirtą indą. Mėginiai imti laikantis Lietuvos higienos normos HN 60-2004 [8] bei standartų [11–14] reikalavimų.

Laboratoriniai gruntinio vandens ir grunto tyrimai atlikti UAB „Geomina“, UAB „Vandens tyrimai“ ir Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo agrocheminių tyrimų laboratorijos analizės skyriaus laboratorijose. Šios laboratorijos turi leidimus atlikti taršos šaltinių išmetamų į aplinką teršalų ir teršalų aplinkos elementuose matavimus ir tyrimus, išduotus Aplinkos apsaugos agentūros (5 priedas). Atliktų tyrimų metodų sąrašas pateiktas 4 lentelėje.

1.5. Vertinimo kriterijai

Požeminio vandens būklė vertinta pagal šiuose norminiuose dokumentuose pateiktus vertinimo kriterijus:

- Lietuvos higienos norma HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“ [4]. Joje pateiktos geriamojo vandens (tame tarpe ir šulinių) toksinių rodiklių ribinės vertės (RRV) ir indikatorinių rodiklių specifikuotos vertės (SRV). Ji taikoma tik geriamajam, t.y. šulinių bei gavybos gręžinių (tarpmoreninių ir permo sluoksnių), vandeniui.
- Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai [5]. Juose pateiktos teršiančių medžiagų ribinės vertės (RV) požeminiame vandenyje.
- Pavojingų medžiagų išleidimo į požeminį vandenį inventorizavimo ir informacijos rinkimo tvarka [6]. Joje pateiktos kai kurių cheminių medžiagų didžiausios leistinos koncentracijos (DLK). Šie vertinimo kriterijai taikomi tuo atveju, kai analitės koncentracijos neriboja kiti teisės aktai.

Dirvožemio būklė vertinta pagal šiuose dokumentuose pateiktus vertinimo kriterijus:

- Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai [5]. Juose pateiktos teršiančių medžiagų ribinės vertės (RV) grunte.
- Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai LAND 9-2009. Juose pateiktos taršos naftos produktais ribinės vertės (RV) grunte.

- Lietuvos higienos norma HN 60:2004 „Pavojingų cheminių medžiagų ribinės vertės dirvožemyje“ [8]. Joje pateiktos pavojingų cheminių medžiagų didžiausios ribinės vertės (RV) Šios normos reikalavimai taikomi tik gyvenamųjų ir rekreacinių teritorijų bei žemės ūkiui naudojamam dirvožemiui.

2. Požeminio vandens monitoringo rezultatai

2.1. Požeminio vandens lygis

2019 metais vandens lygis šuliniuose ir gręžiniuose buvo pamatuotas vieną kartą prieš imant vandens mėginius. Tirtas gruntinis ir tarpmoreninis vandeningasis sluoksnis. Vandens lygio matavimo rezultatai pateikti 5 lentelėje ir 3–5 pav.

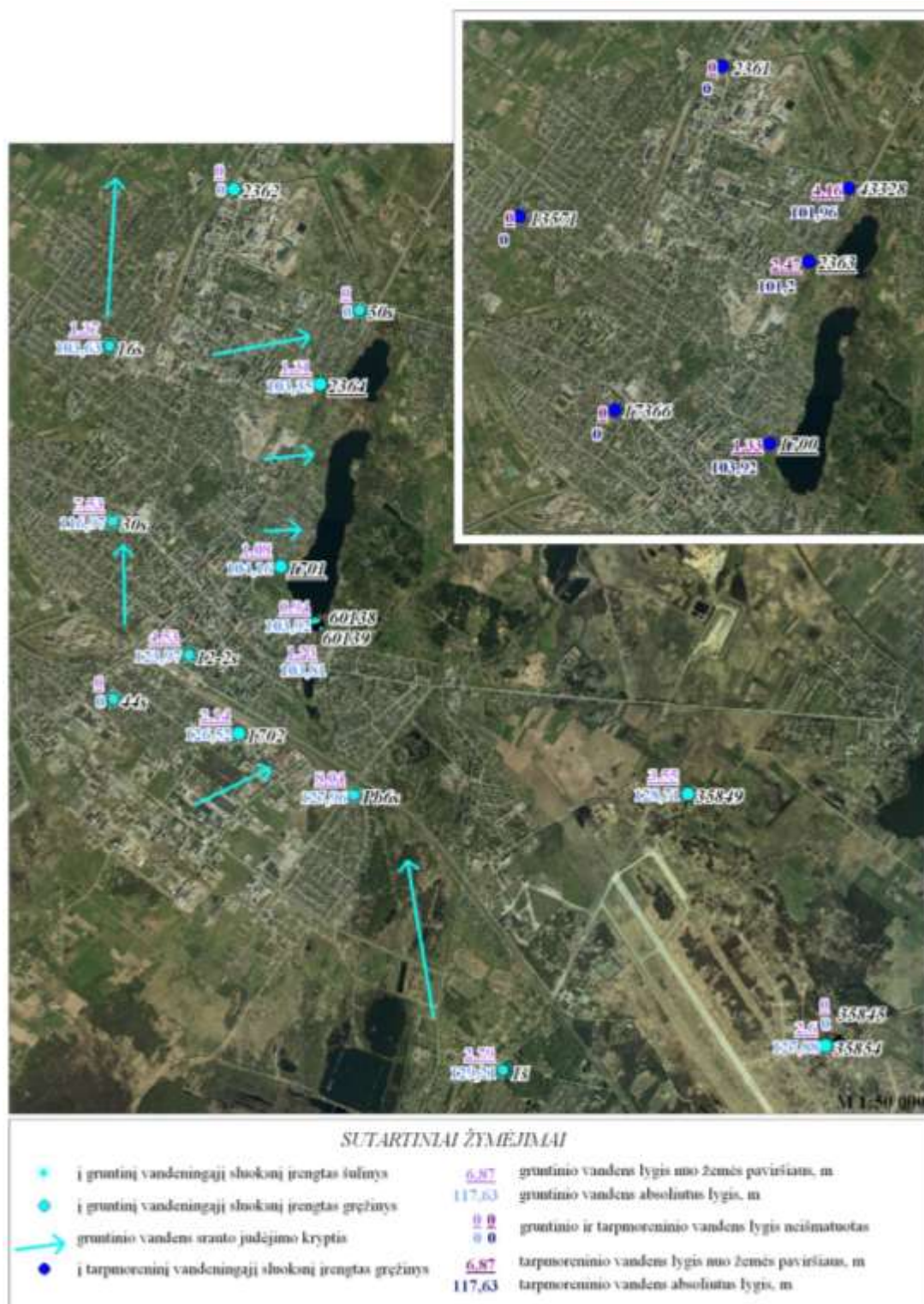
5 lentelė. Požeminio vandens lygio matavimo rezultatai

Lygio matavimo vieta	Adresas	Data	nuo žemės paviršiaus, m	altitudė, m abs. a.
<i>Gruntinis vanduo, šuliniai</i>				
12-2s	Kražių g. 19a	2019-11-22	4,53	123,97
30s	Valančiaus g. 16	2019-11-22	7,53	116,97
16s	Sodo g. 45	2019-11-22	1,37	103,63
1š	Margių g. 20	2019-11-21	2,79	129,21
Pb6s	Pabalių g. 6	2019-11-21	8,04	127,96
50s	Pasvalio g. 50	2019-11-25	2,59	103,42
<i>Gruntinis vanduo, gręžiniai</i>				
1701	Uosių g.	2019-11-21	1,08	104,17
1702	Ragainės g.	2019-11-21	2,14	126,52
2364	Spindulio g.	2019-11-21	1,31	103,35
35849	Pročiūnų g.	2019-11-21	3,55	128,71
35854	Pročiūnų g.	2019-11-21	2,60	127,88
60138	Elnio g. 17	2019-11-21	0,94	103,92
60139	Elnio g. 17	2019-11-21	1,23	103,81
<i>Tarpmoreninis vanduo, gręžiniai</i>				
1700	Uosių g.	2019-11-21	1,33	103,92
2363	Spindulio g.	2019-11-21	2,47	101,20
43328	Pasvalio g. 50a	2019-11-25	4,16	101,96

2019 metų lapkričio pabaigoje **gruntinis vanduo** aptiktas 1,06–7,98 m gylyje nuo žemės paviršiaus (3 pav.). Šiaulių miesto požeminio vandens monitoringo tyrimo taškai yra parinkti skirtingose geologinėse sąlygose, todėl nenuostabu, kad gruntinis vanduo aptinkamas nevienodame gylyje. Giliausiai gruntinis vanduo aptiktas šulinyje Pb6s (8,04 m), esančiame pietinėje miesto dalyje, o taip pat šulinyje 30s (7,53 m), esančiame vakarinėje miesto dalyje. Kituose tyrimo taškuose (šuliniuose ir gręžiniuose) gruntinio vandens lygis buvo aukštesnis nei 5 m nuo ž. pav. (0,94–4,53 m).

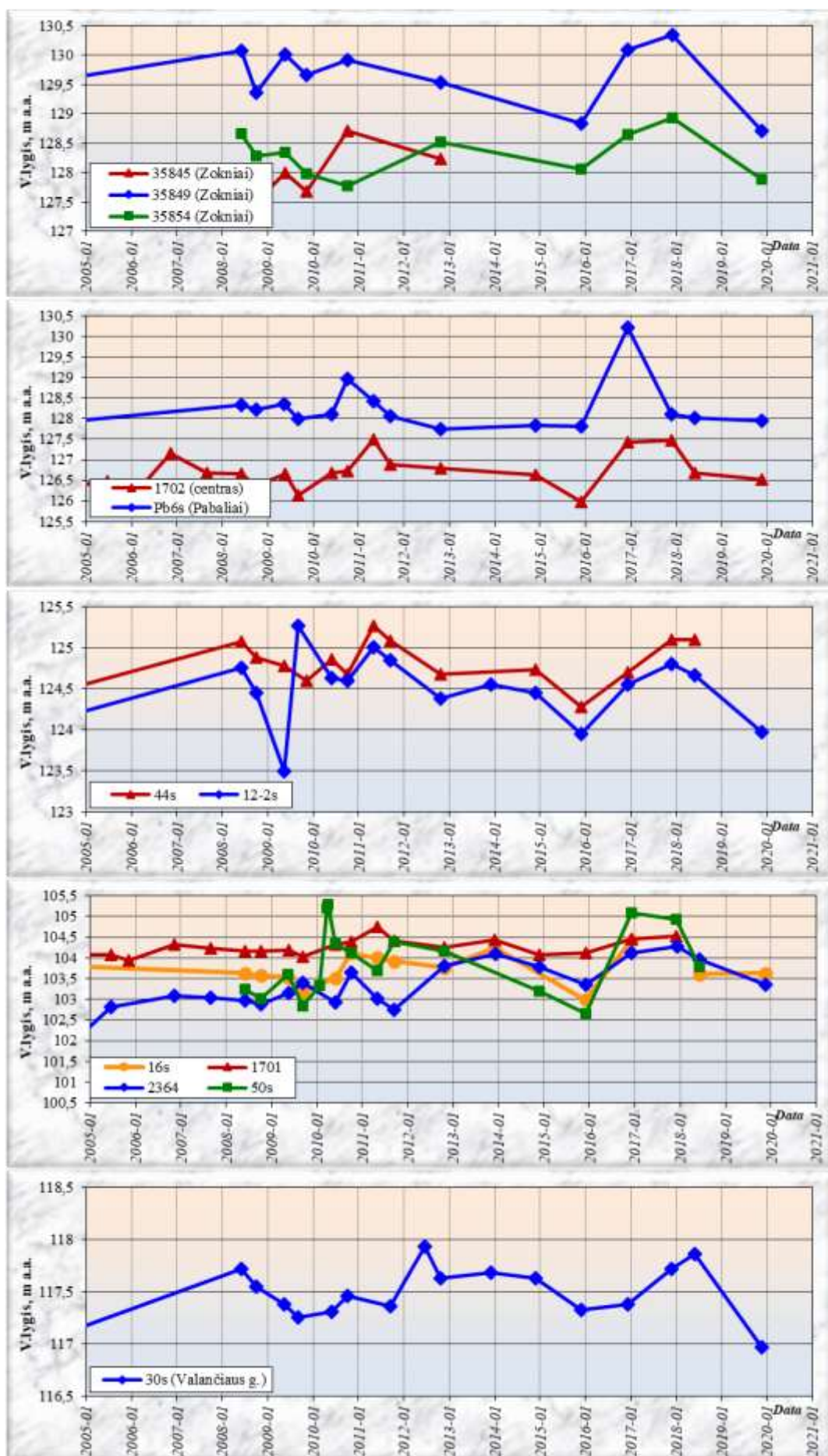
Gruntinio vandens lygio altitudės monitoringo tyrimo metu buvo 103,35–129,21 m absoliutiniame aukštyje. Aukščiausiai absoliutus gruntinio vandens lygis buvo pietinėje miesto dalyje (šulinyje 1š) (žr. 3 pav.). Vandens lygio altitudės žemėjo šiaurės ir šiaurės rytų kryptimi. Pagrindinė gruntinio vandens srauto filtracijos kryptis Šiaulių mieste nukreipta į šiaurę, šiaurės rytus. Be to, gruntinio vandens lygis žemėja link paviršinio vandens telkinių. Tokia pati gruntinio vandens srauto struktūra buvo ir ankstesniais monitoringo vykdymo metais. Lyginant su pernai metų birželio mėnesiu ar 2017 metų gruodžiu, gruntinio vandens lygis daugumoje gręžinių ir šulinių nukrito (4 pav.). Tam įtakos turėjo sausringa pastarųjų metų vasara.

Tarpmoreninio sluoksnio vandens lygis matuotas trijuose gręžiniuose, esančiuose rytiniame

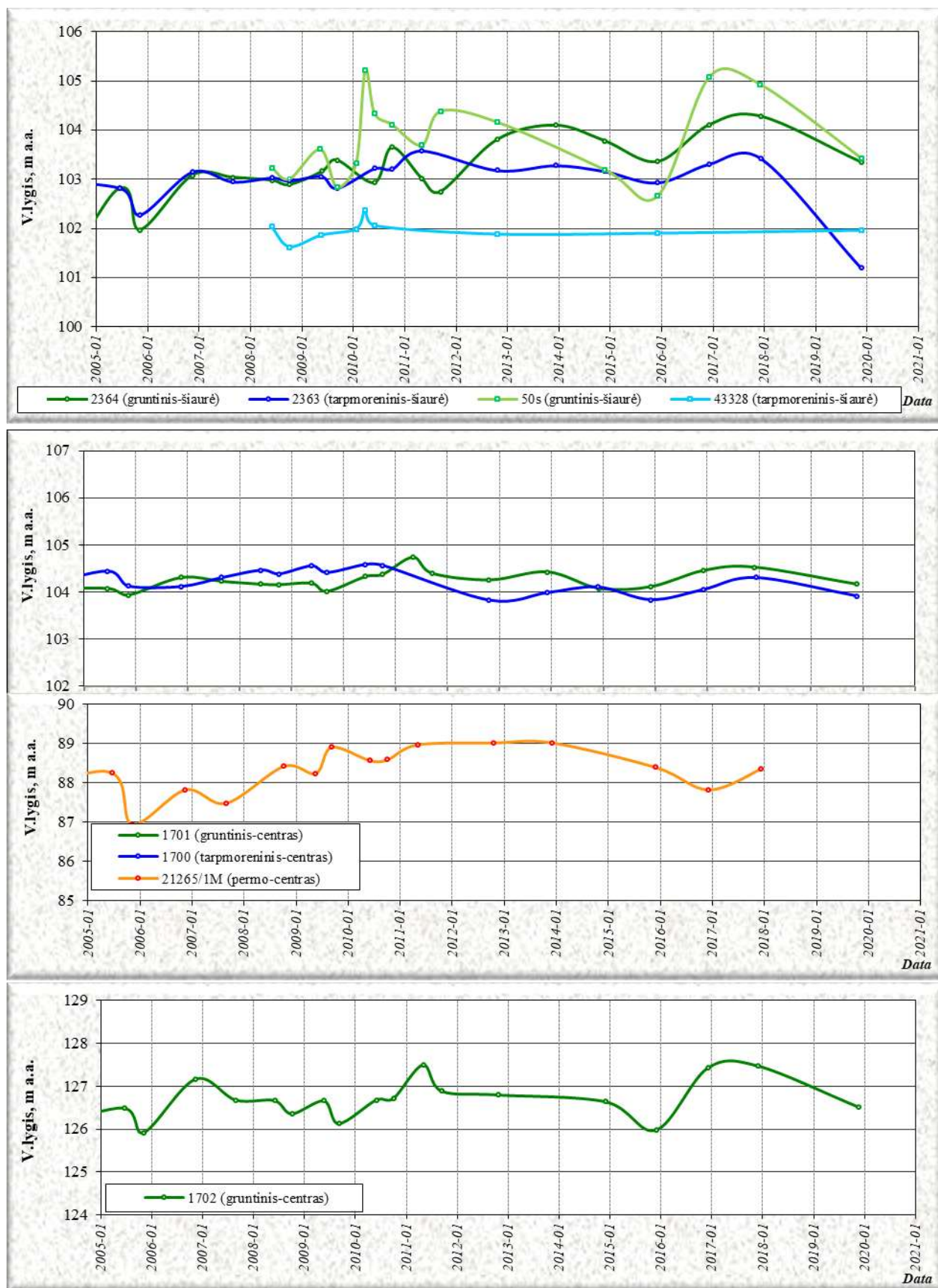


3 pav. Grunto vandens lygis ir srauto judėjimo kryptis (2019 m. lapkritis)

miesto pakraštyje. Vandens lygis kito 1,33–4,16 m gylio nuo ž. pav. intervale. Absoliutus vandenslygis fiksuotas 101,20–103,92 m gylyje. Gręžinių 2363 ir 1700 apylinkėse matuotas ir grunto vandens lygis (atitinkamai gręžiniuose 2364 ir 1701). Tyrimų rezultatai rodo (3, 5 pav.), kad tarpmoreninio sluoksnio absoliutus lygis yra žemesnis nei grunto. Tokiu atveju grunto vanduo turi galimybę papildyti tarpmorininius vandeninguosius sluoksnius, o esant taršai – ir užteršti.



4 pav. Gruntinio vandens lygių kaitos grafikai (2005–2019 m.)



5 pav. Vandens lygio kaitos grafikai stebimuosiuose sluoksniuose

2.2. Požeminio vandens fiziniai-cheminiai rodikliai

Monitoringo tinklo gręžiniuose ir šuliniuose prieš imant požeminio vandens mėginius lauko sąlygomis buvo išmatuoti kaitūs fiziniai-cheminiai parametrai – vandens temperatūra, vandenilio jonų koncentracija pH, oksidacijos-redukcijos potencialas Eh, vandens savitasis elektros laidis (SEL) (6 lentelė).

Gruntiniame vandenyje 2019 metų lapkričio pabaigoje temperatūra tyrimo taškuose kito 4,2–10,8 °C ribose. Vidutinė visų tyrimo taškų vandens temperatūra buvo 9,16 °C. Pernai vasarą vidutinė temperatūra nustatyta aukštesnė – 11,45 °C. Žemiausia lapkričio mėnesį gruntinio vandens temperatūra buvo šulinyje 44s (4,2 °C) ir gręžinyje 35849 (8,6 °C). Kituose monitoringo taškuose temperatūra kito 8,7–10,8 °C ribose. Pastebima, kad gręžiniuose (vid. 9,94 °C) gruntinio vandens temperatūra buvo aukštesnė nei šuliniuose (vid. 8,37 °C).

6 lentelė. Požeminio vandens fiziniai-cheminiai parametrai

Monitoringo taško numeris	Data	Temperatūra, °C	pH	Eh, mV	Savitasis elektros laidis, $\mu\text{S/cm}$
<i>Gruntinis vanduo, šuliniai</i>					
12-2s	2019-11-22	8,8	7,91	31	1031
16s	2019-11-22	8,7	7,62	10	1505
1š	2019-11-21	8,7	7,97	87	1143
30s	2019-11-22	9,1	7,49	-23	856
44s	2019-11-21	4,2	7,69	64	1527
50a	2019-11-25	9,9	7,48	10	1139
Pb6s	2019-11-21	9,2	8,08	86	924
50s	2019-11-25	9,9	7,48	10	1139
<i>Gruntinis vanduo, gręžiniai</i>					
1701	2019-11-21	9	8,07	-189	1750
1702	2019-11-21	10,6	7,83	73	1342
2364	2019-11-21	10,6	7,68	-202	694
35849	2019-11-21	8,6	7,83	68	1236
35854	2019-11-21	9,8	7,95	95	1033
60138	2019-11-21	10,2	6,94	23	3870
60139	2019-11-21	10,8	6,69	13	2390
<i>Tarpmoreninis vanduo, gręžiniai</i>					
1700	2019-11-21	8,3	8,72	-266	1657
2363	2019-11-21	10,7	9,22	-20	463
13571	2019-11-22	10,1	7,46	21	931
17366	2019-11-22	12,1	7,30	74	1486
26565	2019-11-22	13,4	7,42	54	1150
43328	2019-11-25	9,9	7,49	-45	880
<i>Permo vanduo, gręžiniai</i>					
3255	2019-11-21	12,7	8,21	39	695
20699	2019-11-22	14,6	7,41	27	876
26596	2019-11-21	13,4	8,09	54	553

x – atkreiptinas dėmesys, galimi taršos požymiai.

Vandenilio jonų koncentracija pH gruntiniame vandenyje ataskaitiniais metais kito 6,69–8,08 ribose. Monitoringo tyrimo vietose gruntinis vanduo buvo silpnai šarminas ar šarminas, tik gr. 60138 ir 60139 – silpnai rūgštus. Šarminis vandens pH yra būdingas gamtinės kilmės ledyninėse

kvartero nuogulose susikaupusiam požeminiam vandeniui. Esant gruntinio vandens taršai, jo pH kinta (rūgštėja).

Oksidacijos-redukcijos potencialas (Eh) daugumos tyrimo taškų vandenyje buvo teigiamas (Eh 10–95 mV), tik šulinio 30s ir gręžinių 1701, 2364 – neigiamas (Eh -23– -202 mV). Teigiamos Eh vertės rodo, kad gruntinio vandens sluoksnyje vyrauja oksidacinės, deguonimi praturtintos sąlygos. Neigiamos Eh vertės būdingos redukciniams, deguonies stokojančioms, sąlygoms. Deguonies stygius vandeningame sluoksnyje susidaro organinės medžiagos oksidacijos pasėkoje.

Savitasis elektros laidis (SEL) apytiksliai rodo vandenyje ištirpusių mineralinių medžiagų kiekį, o kartu – ir bendro pobūdžio vandens taršą. Šio rodiklio vertės monitoringo tyrimo vietose kito 694–3870 $\mu\text{S/cm}$ ribose. Sprendžiant pagal šį rodiklį, nežymios taršos požymių galima tikėtis šulinių 16s, 44s, gręžinių 1701 ir 1702 vandenyje (SEL atitinkamai lygus 1505, 1527, 1750 ir 1342 $\mu\text{S/cm}$), o intensyvios taršos – buvusio „Elnio“ fabriko teritorijoje esančių gręžinių 60138 ir 60139 (SEL – 3870 ir 2390 $\mu\text{S/cm}$) vandenyje. Kitų monitoringo tyrimo taškų vanduo tik nestipriai praturtintas mineralinėmis medžiagomis.

Tarpmoreninio sluoksnio požeminio vandens temperatūra buvo artima gruntiniam – kito 8,3–13,4 °C ribose (vid. 10,8 °C). Vandenyje vyravo silpnai šarminė ir šarminė (pH 7,42–9,22), tiek silpnai oksidacinė (Eh 21–74 mV), tiek redukcinė (Eh -266 – -20 mV) aplinka. SEL rodiklis gręžinių vandenyje kito 463–1657 $\mu\text{S/cm}$ ribose. Gręžiniuose 2363, 13571 ir 43328 nesiekė 1000 $\mu\text{S/cm}$ ribos ir atitiko mažo užterštumo lygį. Kituose gręžiniuose parametro vertės aukštesnės, tad stebimas vandens vidutinio užterštumo lygis.

Permo sluoksnio požeminiame vandenyje temperatūra kito 12,7–14,6 °C ribose (vid. 13,6 °C). Vandenyje vyravo neutrali, silpnai šarminė (pH 7,41–8,21), oksidacinė (Eh 27–54 mV) aplinka. SEL rodiklis nebuvo padidintas, kito 553–876 $\mu\text{S/cm}$ ribose.

2.3. Požeminio vandens cheminės sudėties tyrimai

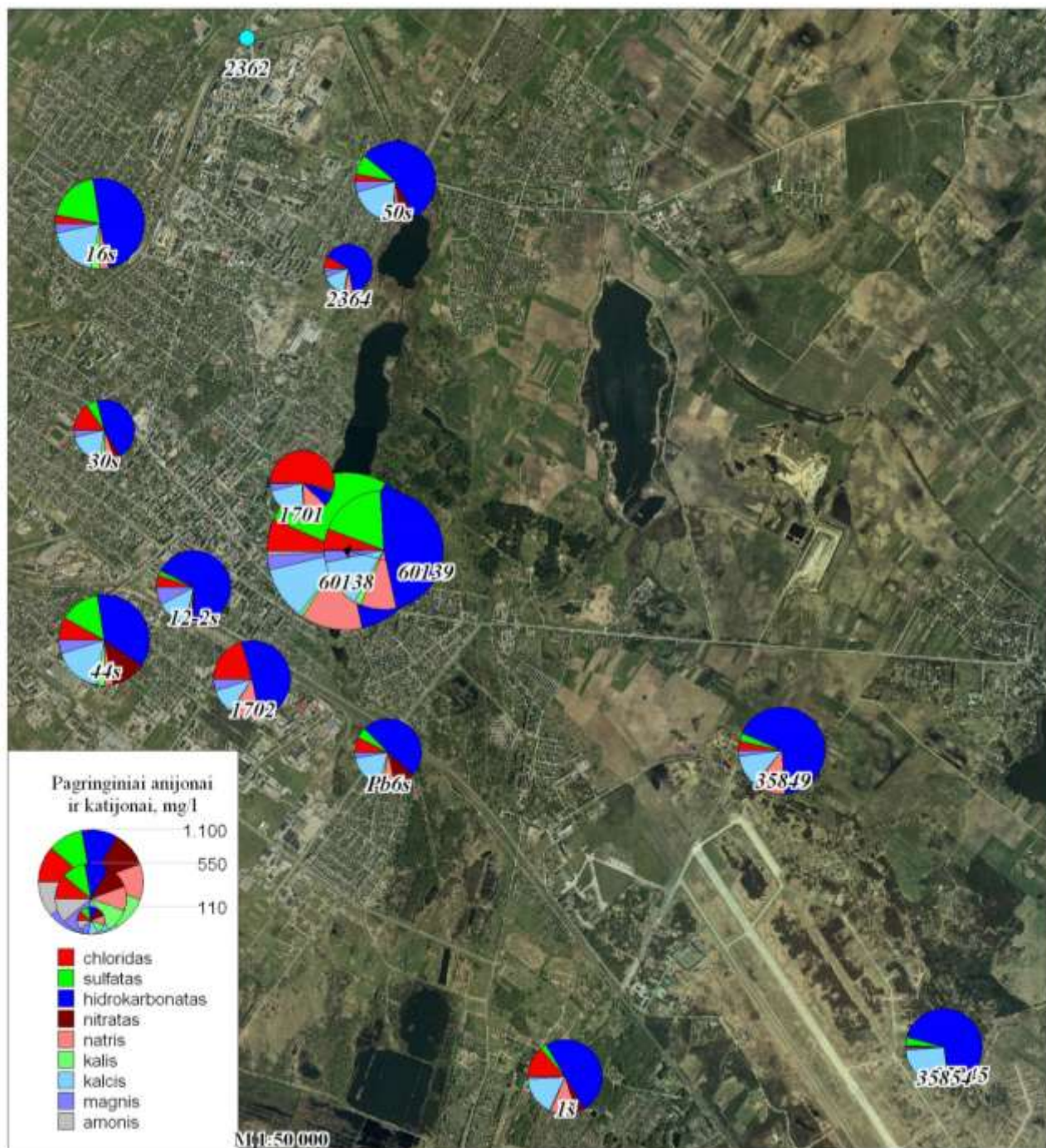
Šiaulių miesto poveikio požeminiam vandeniui monitoringas apima gruntinio (gręžiniuose ir šuliniuose), tarpmoreninio ir viršutinio permo (gręžiniuose) vandeningųjų sluoksnių stebėseną. Atskaitiniais 2019 metais buvo tirta visų šių vandeningųjų sluoksnių vandens cheminė sudėtis. Pagrindinių tirtų rodiklių vertės, palygintos su vertinimo kriterijais, pateiktos 7 lentelėje, visų laboratorinių tyrimų protokolai – 2 priede.

2.3.1. Gruntinio vandens kokybė

Gruntinio vandens kokybė tiriama gyventojų naudojamų šulinių ir specialiai monitoringui įrengtų gręžinių vandenyje. 2019 metų gruntinio vandens tyrimo rezultatai pateikti 7 ir 8 lentelėje

bei 6–9 pav., kai kurių gręžinių cheminės sudėties rodiklių kaitos grafikai – 11 pav.

Šulinių vanduo buvo vidutinės ir truputį padidintos mineralizacijos: bendroji ištirpusių mineralinių medžiagų koncentracija (BIMMK) kito 529–1086 mg/l ribose (vid. 822 mg/l, pernai – vid. 653 mg/l). Mažiausiai ištirpusių mineralinių medžiagų buvo Valančiaus g. esančiame šulinyje 30s, daugiausiai – Sodo g. esančiame šulinyje 16s.



6 pav. Gruntinio vandens cheminė sudėtis (2019 m. ruduo)

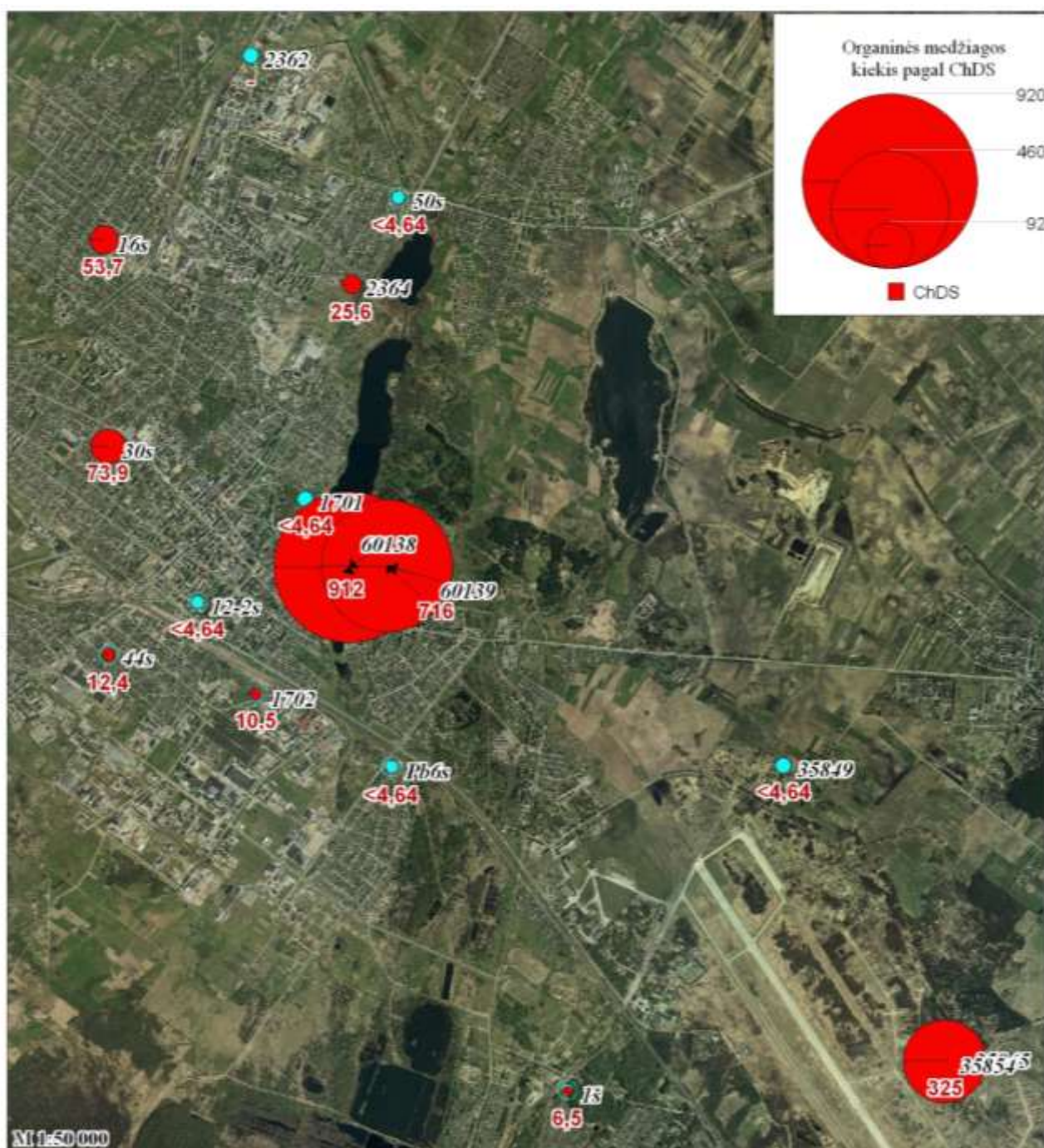
7 lentelė. Požeminio vandens cheminė sudėtis (2019 m. ruduo)

Šulinio / gręžinio numeris	Ėminio paėmimo data, laikas	Ištirpusių min. m. suma, mg/l	Permanganato skaičius, mgO ₂ /l	ChDS, mgO ₂ /l	Bendras kietumas, mg-ekv/l	Karbonatinis kietumas, mg-ekv/l	Cl ⁻ , mg/l	SO ₄ ²⁻ , mg/l	HCO ₃ ⁻ , mg/l	NO ₂ ⁻ , mg/l	NO ₃ ⁻ , mg/l	Na ⁺ , mg/l	K ⁺ , mg/l	Ca ²⁺ , mg/l	Mg ²⁺ , mg/l	Fe, mg/l	NH ₄ ⁺ , mg/l	Cd, µg/l	Pb, µg/l	Cr, µg/l	Mn, µg/l	Zn, µg/l	Cu, µg/l	Ni, µg/l
Vertinimo kriterijus	RRV/SRV		5				250	250		0,5	50	200				0,2	0,5							
	RV						500	1000		1	100							6	75	100		1000	2000	100
	DLK*						350	450		0,5	50						2,57	5	25	50		3000	100	20
	DLK**						500	100		1	50						12,86	10	32	500		3000	100	40
Gruntinis vandeningasis sluoksnis																								
12-2s	2019-11-22	763	0,86	<4,64	10,9	8,46	39,8	16,2	516	<0,20	9,1	12,5	3,09	105	61,2		<0,006							
16s	2019-11-22	1086	15,1	53,7	13,1	8,7	31,9	213	531	<0,20	3,59	35	33,5	200	38		0,011							
1š	2019-11-21	760	<0,60	6,5	7,15	6,23	104	20,9	380	<0,20	26,5	85,3	4,5	131	7,35		0,026							
30s	2019-11-22	529	40,9	73,9	6,75	3,91	80,8	31,1	238	<0,20	15,5	28	14	101	20,8		0,029							
44s	2019-11-21	1073	<0,60	12,4	13,8	6,52	85,9	156	398	<0,20	130	30,6	29,9	190	52,6		0,009							
50a	2019-11-25	890	1,42	<4,64	11,9	8,22	27	69,7	501	<0,20	49,7	25	3,92	174	39,2		<0,006							
Pb6s	2019-11-21	656	1,11	<4,64	7,46	5,28	47,4	35	322	<0,20	65,9	37,1	11,6	119	18,4		0,029							
1701	2019-11-21	671	1,29	<4,64	8,16	0,75	392	4,15	45,7	<0,20	<0,53	67,1	11,1	125	23,3		3,03							
1702	2019-11-21	806	1,48	10,5	7,76	6,76	166	<0,42	412	<0,20	<0,53	97,5	1,95	86,8	41,6		0,36							
2364	2019-11-21	353	5,54	25,6	4,23	3,68	28,2	0,39	225	<0,20	<0,53	16,7	3,84	56,5	17,1		5,39							
35849	2019-11-21	988	1,54	<4,64	7,86	7,86	34,5	29,1	662	<0,20	1,32	116	2,18	121	22		0,018							
35854	2019-11-21	798	23,8	325	10,9	8,91	3,15	28,8	543	<0,20	<0,53	1,63	4,19	206	7,35		4,27							
60138	2019-11-21	2832	375	912	22,7	17,7	190	757	1082	<0,20	<0,53	356	21,8	313	85,7		26,1	<0,3	<1	1000	1645	<40	29	10
60139	2019-11-21	1726	369	716	16,1	13,4	99,4	319	815	<0,20	<0,53	168	32,1	232	55,1		5,48	<0,3	1	1100	1680	<40	37	75
Tarpmoreninis vandeningasis sluoksnis																								
1700	2019-11-21	1068	13,1	43,2	12,1	0,4	3,09	714	24,7	<0,20	<0,53	99,5	7,19	176	40,4		3,05							
2363	2019-11-21	342	0,74	<4,64	3,24	3,24	23,2	23,6	198	<0,20	<0,53	41,9	4,44	20,2	30,6		<0,006							
13571	2019-11-22	743	1,6	8,05	3,63	3,63	4,49	83,6	437	<0,20	0,93	158	2,71	30,3	25,7		0,049							
17366	2019-11-22	1008	1,35	10,5	11,4	7,37	40	113	450	<0,20	138	62,3	1,88	164	39,2		<0,006							
26565	2019-11-22	792	2,15	7,62	8,66	6,38	19,4	173	389	<0,20	3,97	45,5	7,09	125	29,4		0,008							
43328	2019-11-25	656	1,6	<4,64	8,66	7	15,8	42,3	427	<0,20	<0,53	17,5	3,32	113	36,7	2,35	0,36							
Permo vandeningasis sluoksnis																								
3255	2019-11-21	469	1,42	<4,64	4,13	4,13	3,29	28	315	0,3	<0,53	40,6	2,93	72,7	6,12		0,09							
20699	2019-11-22	619	1,85	7,5	6,95	6,15	30,7	48,5	375	<0,20	<0,53	39,6	2,79	94,9	26,9		0,26							
26596	2019-11-21	452	0,98	<4,64	5,84	5,24	2,86	<0,42	320	<0,20	<0,53	26,6	2,42	72,7	26,9		0,87							

x	– viršijama RV [5] ar RRV [4];
x	– viršijama DLK [6] ar SRV [4];
x	– padidėjusi rodiklio vertė
13571	– šulinys / vandens gavybos gręžinys

Pastabos: * – DLK kai požeminis vanduo apylinkėse naudojamas gėrimo ir buities reikmėms; ** – DLK kai požeminis vanduo apylinkėse nenaudojamas gėrimo ir buities reikmėms RV pateiktos III jautrumo taršai grupės teritorijai.

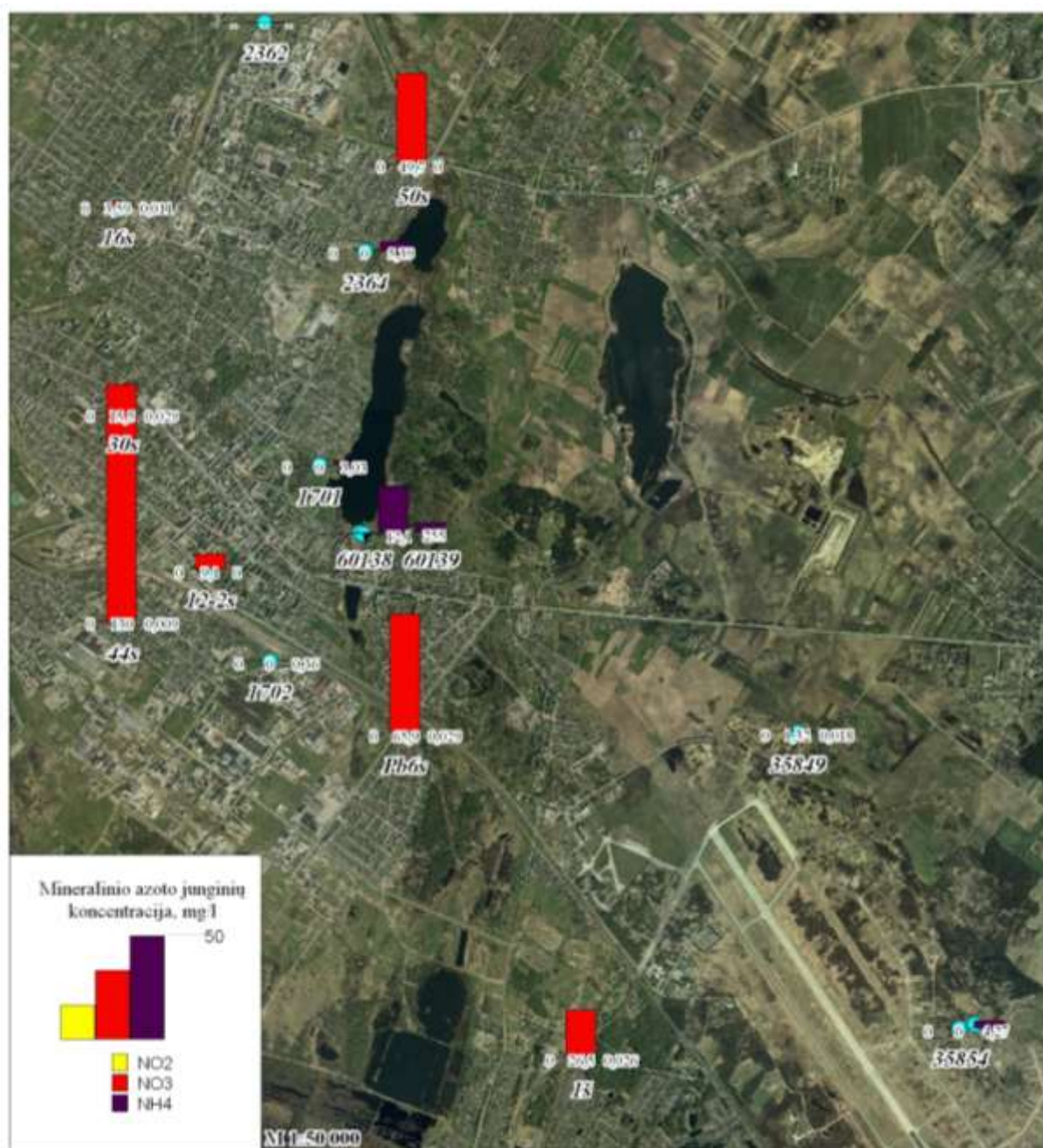
Šulinių gruntiniame vandenyje ištirpusios organinės medžiagos kiekis teritorijoje buvo kaitus. Permanganato indeksas (PI) rodiklis, atspindintis lengvai oksiduojamos organinės medžiagos kiekį, kito $<0,6\text{--}40,9$ mgO/l ribose (vid. 8,5 mgO/l, pernai vid. 5,2 mgO/l). ChDS rodiklis, atspindintis bendrą vandenyje esančios organinės medžiagos kiekį kito $<4,64\text{--}73,9$ mgO/l ribose. Didžiausia tarša organine medžiaga nustatyta šuliniuose 16s ir 30s. Jų vandenyje PI rodiklis SRV, taikomą geriamam vandeniui, viršijo 3–8 kartus.



7 pav. ChDS vertės gruntiniame vandenyje (2019 m. ruduo)

Tarp pagrindinių anijonų visų šulinių vandenyje dominuoja hidrokarbonatai (6 pav.). Jų

kiekis vandenyje išliko gana kaitus – 238–516 mg/l (vid. 412 mg/l, pernai vid. 356 mg/l). Chloridų koncentracija vandenyje išliko taip pat gana skirtinga (vid. 59,5 mg/l, pernai vid. 42,5 mg/l). Nedidelę jų koncentraciją nustatyta šuliniuose 16s, 50a, 12-2s, Pb6s. Čia chloridų kiekis buvo artimas gamtiškai švarioje aplinkoje besiformuojančiam vandeniui – 27–47,4 mg/l. Kitose tyrimo vietoje chloridų kiekis buvo kelis kartus didesnis ir kito 80,8–104 mg/l ribose. Kaitus buvo ir sulfatų kiekis – 20,9–213 mg/l. Padidintos koncentracijos aptiktos šulinių 16s ir 44s vandenyje. Pagrindinių tirtų anijonų kiekis šulinių vandenyje SRV, taikomų geriamam vandeniui, neviršijo. Lyginant su pernai metų rezultatais, šulinių vandenyje pagrindinių anijonų koncentracijos padidėjusios.



8 pav. Mineralinio azoto koncentracija gruntiniame vandenyje (2019 m. ruduo)

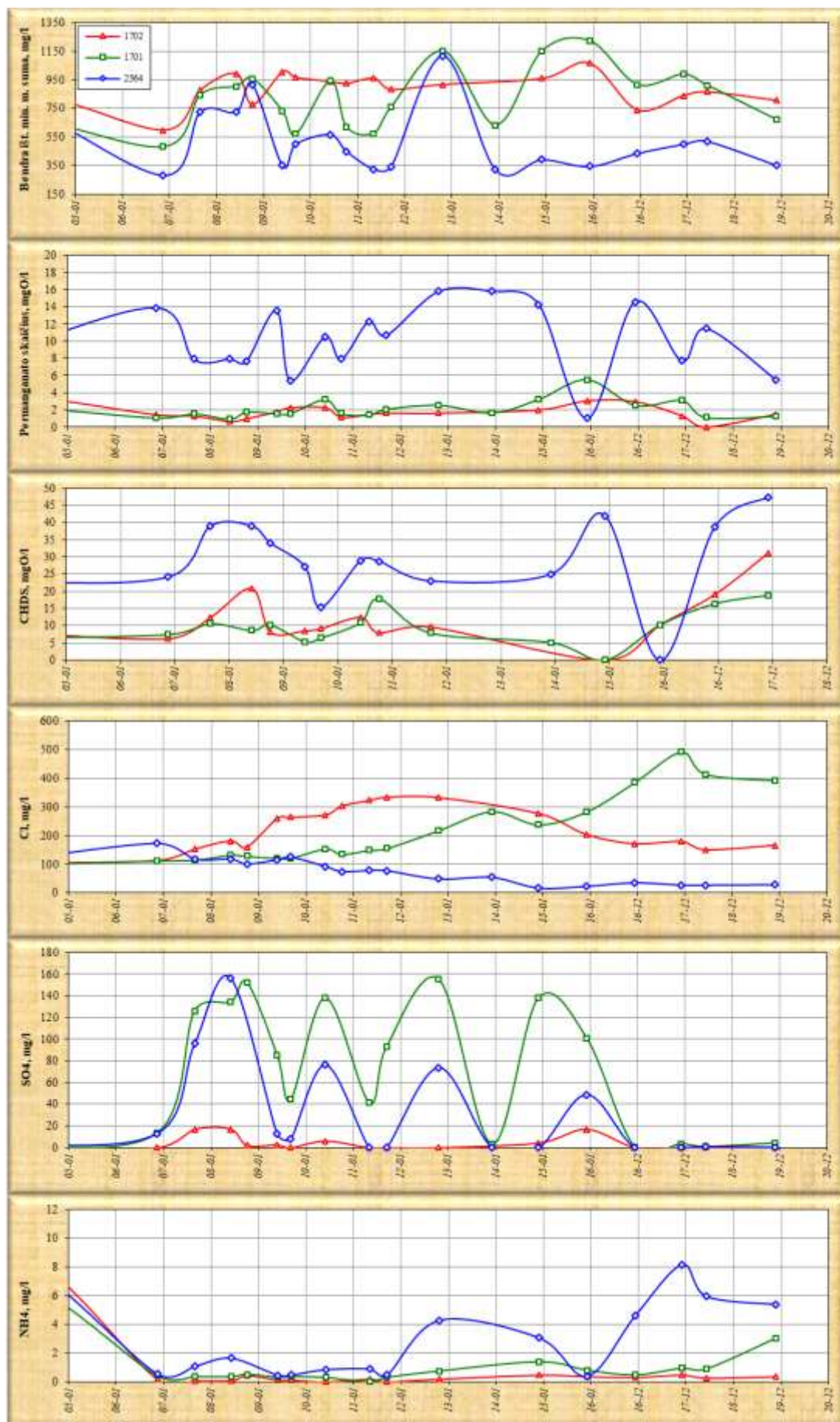
Tarp pagrindinių katijonų šulinių gruntiniame vandenyje dominuoja kalcio jonai. Kalcio kiekis šulinių vandenyje kito 101–200 mg/l ribose (vid. 146 mg/l, pernai vid. 120 mg/l). Didžiausia jo koncentracija nustatyta šulinyje 16s. Magnio kiekis šulinių vandenyje kito 7,35–52,6 mg/l intervale, didžiausia jo koncentracija nustatyta šulinio 44s vandenyje. Kaitus teritorijoje išliko ir natrio kiekis (12,5–85,3 mg/l, vid. 36,2 mg/l, pernai vid. 33,4 mg/l). Nežymiai padidinta natrio koncentracija išliko šulinio 1š (85,3 mg/l) vandenyje. Šiame šulinyje nustatyta ir fonines koncentracijas viršijanti chloridų koncentracija. Paprastai padidintos natrio chloridų koncentracijos gruntiniame vandenyje susidaro dėl kelių barstymo akmens druska. Pagrindinių katijonų vidutinės koncentracijos šiais metais nustatytos didesnės nei buvo pernai.

Miesto gyventojų šulinių gruntiniame vandenyje stebima tarša mineralinio azoto junginiais, iš kurių pagrindinis – nitratas (8 pav.). Nitratus aptikta visų tiriamųjų šulinių vandenyje. Jų kiekis kito 3,59–130 mg/l ribose (vid. 42,9 mg/l, pernai vid. 33,4 mg/l). Padidinta, RRV, taikomą geriam vandeniui, viršijanti, nitratus koncentracija nustatyta šulinių 44s ir Pb6s vandenyje, čia jų kiekis kito 65,9–130 mg/l ribose. Šulinio 44s vandenyje nitratus kiekis viršijo ir RV (1,3 karto). Pernai šiame šulinyje nitratus rasta tik 39,2 mg/l. Šulinio 44s vandenyje pastaruosius dvejus metus nitratus koncentracija išliko gan stabili. Kituose šuliniuose vandens kokybė buvo geresnė, nitratus rasta 3,59–49,7 mg/l. Nitritų, lengviausiai oksiduojamų mineralinio azoto junginių, neaptikta nei viename mėginyje. Amonio pėdsakų aptikta praktiškai visų šulinių vandenyje (iki 0,029 mg/l). Jo koncentracija vertinimo kriterijų nesiekė. Gruntinio vandens užterštumas azoto junginiais paprastai siejamas su netvarkinga vietine nuotekų surinkimo sistema, gyventojų bandymu ūkininkauti.

Gręžinių gruntinio vandens kokybė tirta septyniuose gręžiniuose (1701, 1702, 2364, 35849, 35854, 60138 ir 60139). Gręžiniai 60138 ir 60139 įrengti buvusio „Elnio“ fabriko teritorijoje, kiti gręžiniai – išdėstyti mieste. Visi mėginiai surinkti lapkričio mėnesį. Tyrimo rezultatai pateikti 7, 8 lentelėje ir 6–9 pav.

2019 metų lapkričio mėnesį miesto teritorijoje išdėstytų gręžinių gruntinio vandens BIMMK kito 353–988 mg/l ribose (vid. 723 mg/l, pernai vid. 765 mg/l). Mažiausia vandens BIMMK nustatyta gr. 2364 esančiame Spindulio g., didžiausia – gr. 35849, esančiame Pročiūnų g. Šių gręžinių vandens mineralizacija maksimalios gėlo vandens mineralizacijos (1 g/l) neviršijo. Lyginant su pernai – 2018 metų vasarą, atliktų cheminės sudėties tyrimų rezultatais, vandens cheminė sudėtis gręžiniuose išliko stabili, mineralizacijos pokyčiai nedideli.

Gręžinių vandenyje ištirpusios organinės medžiagos kiekio rodiklių vertės buvo gana skirtingos. PI rodiklis kito 1,48–5,54 mgO/l ribose, o gr. 35854 vandenyje ji siekė 23,8 mgO/l. ChDS rodiklis šio gręžinio vandenyje taip pat buvo padidintas – 325 mgO/l. Kitų gręžinių vandenyje jis kito <4,64–25,6 mgO/l ribose.



9 pav. Grėžinių gruntinio vandens cheminės sudėties rodiklių kaita (2005–2019 m.)

Pagrindinių anijonų – hidrokarbonatų – kiekis gręžinių vandenyje kito 45,7–662 mg/l ribose. Mažiausia šių junginių koncentracija nustatyta gr. 1701, didžiausia – gr. 35849. Sulfatų gruntiniame vandenyje rasta iki 29,1 mg/l. Ši koncentracija nežymi. Chloridų kiekis kito 3,15–392 mg/l ribose, padidintomis jų koncentracijomis išsiskyrė gr. 1701 (392 mg/l) ir 1702 (166 mg/l). Gręžinio 1701 vandenyje chloridų koncentracija buvo artima RV, jis išliko vyraujančiu anijonu. Pernai šio elemento kiekis gr. 1701 vandenyje buvo nežymiai didesnis (414 mg/l). Tokią vandens sudėtį lemia gruntinį vandenį pasiekianti paviršinė tarša.

Pagrindinių katijonų – kalcio, kiekis gręžinių gruntiniame vandenyje kito 56,5–206 mg/l ribose. Gręžinio 1702 vandenyje kalcis nebuvo vyraujantis katijonas, čia vandenyje dominavo natrio. Toks katijonų pasiskirstymas nulemtas vandeningąjį sluoksnį pasiekiančios taršos poveikio. Mažiausia kalcio jonų koncentracija išliko gr. 2364. Magnio kiekis kito 7,35–41,6 mg/l ribose, natrio – 1,63–116 mg/l ribose. Natrio padidintas kiekis nustatytas 35849, kiek mažesnis – gr. 1702, vandenyje. Kalio koncentracija gręžinių vandenyje išliko nedidelė, teritorijoje kito nežymiai – 1,95–11,1 mg/l.

Skirtingai nei šulinių vandenyje, monitoringo gręžiniuose aptikta tik nežymios taršos mineralinio azoto junginiais požymių ir šioje vietoje dominavo ne nitratas kaip šuliniuose, o amonis. Amonio aptikta visų gręžinių vandenyje. Didesnė jo koncentracija išliko gr. 2364 (5,39 mg/l) bei nustatyta gr. 35854 (4,27 mg/l) ir 1701 (3,03 mg/l). Tačiau toks kiekis viršijo tik DLK, taikomą tuo atveju kai požeminis vanduo apylinkėse naudojamas buityje. Kituose gręžiniuose amonio koncentracija nesiekė 1 mg/l. Nitratų pėdsakų (iki 1,32 mg/l) rasta tik gręžinio 35849 vandenyje. Nitritų koncentracija visuose gręžiniuose buvo mažesnė metodo jautrumo ribos (<0,20 mg/l).

8 lentelė. Naftos produktų koncentracija (2019 m. ruduo)

Rodiklis	RV [5]	DLK [6]	35849	35854
Benzenas, µg/l	50	-	<2,0	44,8
Toluenas, µg/l	1000	-	<2,0	<2,0
Etilbenzenas, µg/l	300	-	<2,0	7,7
P- ir m- ksilenai, µg/l	500	-	<2,0	21
O- ksilenas, µg/l		-	<2,0	3,51
Benzino eil.angliav. C ₆ -C ₁₀ , mg/l	5	-	<0,11	0,66
Dyzel. eil. angliav. C ₁₀ -C ₂₈ , mg/l	-	-	<0,39	1,46

Gręžinių 35849 ir 35854 vandenyje buvo tiriamos lengvųjų aromatinių, benzino ir dyzelino eilės bei halogeninių angliavandenilių koncentracijos. Teršalų aptikta tik gr. 35854 vandenyje (8 lentelė). Šioje vietoje benzeno koncentracija siekė 44,8 µg/l, etilbenzeno – 7,7 µg/l, ksilenų – 3,51–21 µg/l, benzino eilės angliavandenilių – 0,66 mg/l, dyzelino eilės angliavandenilių – 1,46 mg/l. Aptikti teršalų kiekiai nesiekė RV, taikomos III-čios jautrumo taršai kategorijos teritorijoms. Gręžinio 35849 vandenyje visų tirtų naftos produktų kiekiai buvo mažesnis taikytų metodų jautrumo ribos. Halogeninių angliavandenilių koncentracijos šių gręžinių vandenyje buvo mažesnės

metodo jautrumo ribos (2 priedas).

Buvusio „Elnio“ fabriko teritorijoje gr. 60138 ir 60139 gruntinio vandens cheminė sudėtis per pastaruosius dvejus metus buvo nepastovi, tačiau taršos požymių išliko. Gręžinių vandens mineralizacija buvo padidinta, BIMMS siekė 1726–2832 mg/l. Aukštesnė vandens mineralizacija nustatyta gr. 60138. Pernai BIMMS kito 1339–4179 mg/l ribose, o didesnė vandens mineralizacija buvo gr. 60139. Šių gręžinių vandenyje išliko itin didelis vandenyje ištirpusios organinės medžiagos kiekis. ChDS rodiklis kito 716–912 mgO/l ribose. PI rodiklis siekė 369–375 mgO/l. Pernai metais šis rodiklis buvo dvigubai didesnis ir sudarė 580–748 mgO/l. Tokių mineralizacijos pokyčių priežastys nėra aiškios, jie gali būti nulemti tiek gamtinių (sezoniškumo, hidrodinaminio režimo), tiek teritorijoje vykdytos ūkinės veiklos (taip pat ir vykdytų tvarkymo darbų) sukeltų priežasčių.

Pagrindinių anijonų – hidrokarbonatų, koncentracija siekė 815–1082 mg/l. Gręžinių vandenyje vyravo padidintas sulfatų (319–757 mg/l) ir chloridų (99,4–190 mg/l) kiekis. Aptiktos pastarųjų anijonų koncentracijos RV nesiekė. Lyginant su pernai metais, abiejų gręžinių vandenyje sulfatų kiekis išaugo, chloridų ir hidrokarbonatų koncentracijos gr. 60138 – didėjo, o gr. 60319 – mažėjo.

Pagrindinių katijonų – kalcio, kiekis vandenyje siekė 232–313 mg/l. Natrio ir kalio kiekis buvo padidintas, kito atitinkamai 168–356 mg/l ir 21,8–32,1 mg/l ribose. Šių katijonų kiekis gruntiniame vandenyje nėra ribojamas, tačiau aptiktos koncentracijos viršija fonines ir nėra būdingos švarioje gamtinėje aplinkoje besiformuojančiam vandeniui. Gręžinio 60138 vandenyje natris buvo vyraujantis katijonas. Lyginant su 2019 metais, abiejų gręžinių vandenyje mažėjo kalio, išaugo kalcio koncentracija. Natrio ir magnio kiekis gr. 60138 vandenyje išaugo, o gr. 60139 – sumažėjo.

Gręžinių 60138 ir 60139 vandenyje išliko padidintos, DLK viršijančios, amonio koncentracijos (5,48–26,1 mg/l). Pernai metais gr. 61039 vandenyje amonio koncentracija siekė net 255 mg/l, šiemet sumažėjusi iki 5,48 mg/l. Gręžinio 61038 vandenyje amonio koncentracija išaugo nuo 12,1 iki 26,1 mg/l. Kitų mineralinio azoto junginių (nitritų ir nitratų) vandenyje neaptikta (atitinkamai <0,020 ir <0,53 mg/l). Šių teršalų praktiškai nerasta ir pernai.

Buvusio „Elnio“ fabriko teritorijos gruntiniame vandenyje išliko itin didelis chromo kiekis – 1000–1100 µg/l (pernai 1200–1400 µg/l). Tokia koncentracija RV viršijo 10–11 kartų. Padidintas, tačiau RV nesiekiantis, gr. 60139 vandenyje aptiktas ir nikelio kiekis – 75 µg/l. Tai vienintelis elementas, kurio kiekis, lyginant su 2019 metais, vandenyje išaugo.

Buvusio „Elnio“ fabriko teritorijos gruntinio vandens kokybė šių metų rudenį buvo bloga, išliko taršos, sietinos su kažkada teritorijoje vykdyta ūkine veikla, požymių. Lyginant su pernai metų tyrimo duomenimis, vandens kokybės parametrai gręžiniuose buvo nepastovūs ir teritorijoje

kito skirtingai. Vandens kokybės kaitos tendencijos, o ir priežastys, turėtų aiškėti tolimesnio monitoringo eigoje.

2.3.2. Tarpmoreninio sluoksnio požeminio vandens kokybė

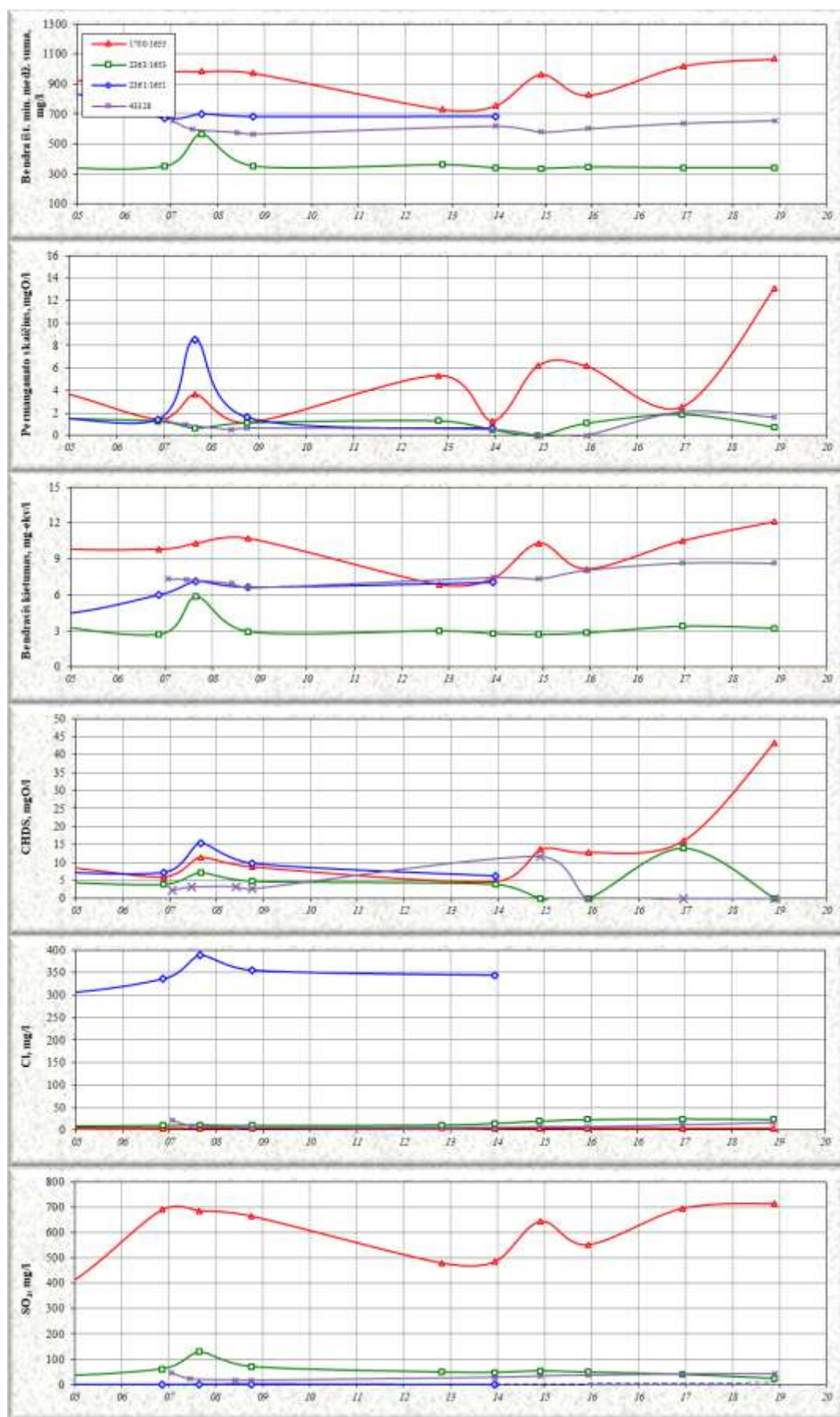
Tarpmoreninių sluoksnių vandens cheminės sudėties tyrimų rezultatai pateikti 7 lentelėje bei 10–11 pav.

Tarpmoreninių sluoksnių požeminio vandens būklė gręžiniuose išliko įvairi, lyginant su ankstesniais (2017 m.), kito nežymiai. BIMMK kito 342–1068 mg/l ribose. Gręžinių 1700 ir 17366 vandens mineralizacija nustatyta nežymiai padidinta – BIMMS siekė 1008–1068 mg/l. Mažiausia mineralinių medžiagų koncentracija išliko gr. 2363 – 342 mg/l. Kituose gręžiniuose BIMMS kito 656–792 mg/l ribose.

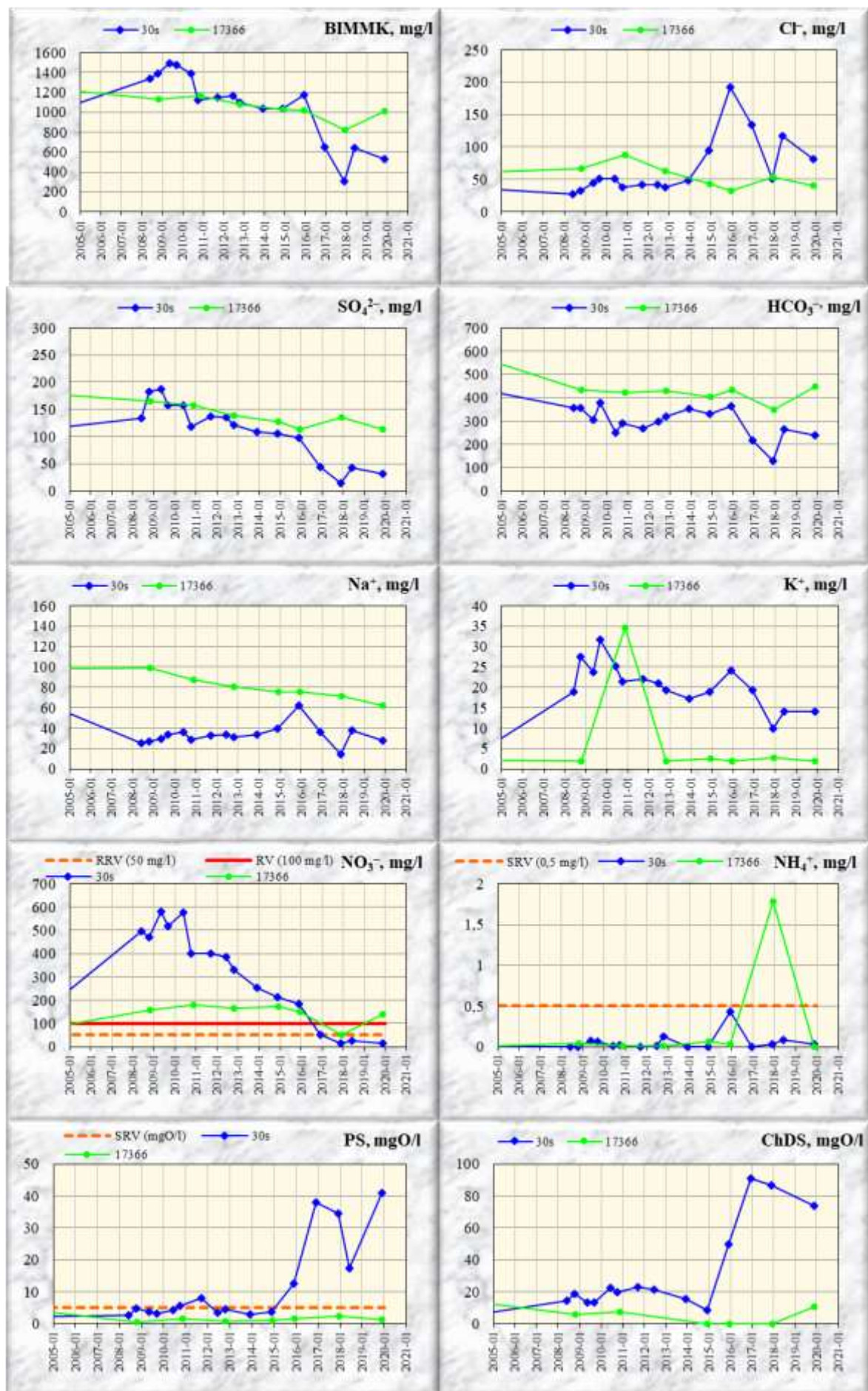
Tarpmoreninių sluoksnių požeminis vanduo pasižymėjo gana nedideliu vandenyje ištirpusios organinės medžiagos kiekiu. Kiek didesnės šių medžiagų koncentracijos išliko gr. 1700. Šio gręžinio vandenyje PS rodiklis siekė 13,1 mgO/l, ChDS – 43,2 mgO/l. Tai didžiausios organinės medžiagos kiekio vertės per pastaruosius dešimt tyrimo metų (2017 m. PS siekė 2,54, ChDS – 16 mgO/l). Kitų gręžinių vandenyje PS rodiklis siekė iki 2,15 mgO/l, ChDS – 10,5 mgO/l ir neviršijo ankstesnių metų kaitos intervalo.

Tarp anijonų daugumos gręžinių vandenyje dominavo hidrokarbonatai. Jų vandenyje rasta 24,7–450 mg/l. Mažiausia hidrokarbonatų koncentracija išliko gr. 1700, šio gręžinio vandenyje vyraujantis anijonas išliko sulfatas. Pastarojo koncentracija gręžinio vandenyje buvo padidinta – 714 mg/l. Tokia koncentracija viršija SRV, taikomą geriamam vandeniui. Šio gręžinio paskirtis – monitoringo, jo vanduo gėrimui nenaudojamas, tad palyginimas tik iliustracinis. Nustatyta koncentracija nėra būdinga gamtiškai švarioje aplinkoje besiformuojančiam vandeniui ir byloja apie jį pasiekiančią intensyvią taršą. Lyginant su 2017 metais sulfatų kiekis vandenyje išaugo nuo 696 mg/l iki 714 mg/l. Padidintas sulfatų kiekis taip pat išliko ir gr. 17366 (113 mg/l), o gr. 26565 ženkliai išaugo – nuo 12,5 iki 173 mg/l, gr. 13571 – nuo 14,5 iki 83,6 mg/l. Kituose gręžiniuose sulfatų kiekis išliko kelis kartus mažesnis – 23,6–42,3 mg/l. Chloridų koncentracija tarpmoreninių sluoksnių vandenyje buvo nedidelė ir kito 3,09–40 mg/l ribose. Aptiktos koncentracijos nežymiai mažesnės nei ankstesniais, 2017 metais. Didžiausias chloridų kiekis išliko gr. 17366.

Pagrindinių katijonų – kalcio – kiekis išliko nedidelis ir kito 20,2–164 mg/l ribose. Natrio vandenyje rasta 17,5–158 mg/l. Didžiausias, bet mažesnis nei 2017 m. (194 mg/l), kiekis nustatytas gr. 13571 vandenyje. Padidintas jo kiekis išliko gr. 1700. Gręžinių 13571 ir 2363 vandenyje natrio kiekis viršijo kalcio koncentraciją. Kalio kiekis vandenyje išliko nedidelis – 1,88–7,19 mg/l, magnio rasta 25,7–40,4 mg/l. Jų koncentracijos intervalas lyginant su 2017 metais nėra padidėjęs.



10 pav. Tarpmoreninio sluoksnio požeminio vandens cheminės sudėties rodiklių kaita (2005–2019 m.)



11 pav. Cheminės sudėties rodiklių kaita šulinio 30s ir gr. 17366 vandenyje (2005–2019 m.)

Tarpmoreninių sluoksnių požeminiame vandenyje nustatyta taršos mineralinio azoto junginiais požymių. Neleistina tarša nitratais išliko gr. 17366 vandenyje (11 pav.). Šiomet nitratų koncentracija buvo 138 mg/l ir RV viršijo 1,4 karto. Užpernai nitratų kiekis gręžinyje buvo beveik tris kartus mažesnis – 52 mg/l. Šio gręžinio apylinkėse stebima ir gruntinio vandens kokybė šulinyje 30s. Pastarojo vandenyje tai pat vyraavo itin didelis, tačiau mažėjantis nuo 2010 m., nitratų kiekis (2015 – 185 mg/l, 2016 – 51,7 mg/l, 2017 – 13,3 mg/l, 2018 – 27 mg/l, 2019 – 15,5 mg/l) (11 pav.). Tarpmoreninio sluoksnio (gr. 17366) požeminiame vandenyje nitratų kiekis 2011–2014 m. laikotarpiu buvo gana stabilus, po to trejus metus vyraavo koncentracijos mažėjimo tendencija, o šiemet šių teršalų kiekis vandenyje ženkliai išaugo. Eilės metų stebėjimai manyti, kad tai gali būti sietina su gruntinio vandens kokybės gerėjimu. Tačiau tai, kad toliau mažėjant nitratų kiekiui gruntiniame vandenyje, jo kiekis šoktelėjo tarpmoreniniame sluoksnyje rodo, kad tarpmoreninių sluoksnių tarša nitratais išliko intensyvesnė nei gruntiniame vandenyje, vandens kokybės gerėjimo procesas (jei jis buvo prasidėjęs) lėtesnis ir sudėtingesnis. Tolimesni tyrimai turėtų parodyti ar tai nėra susiję ir su papildomu taršos židiniu.

Kitų tarpmoreninio sluoksnio gręžinių vandenyje nitratų rasta labai nedaug – iki 3,97 mg/l. Nitritų neaptikta nei viename gręžinyje. Amonio junginių požeminiame vandenyje rasta iki 3,05 mg/l. Padidinta jų koncentracija rasta monitoringo gr. 1700 vandenyje. Rastas kiekis viršijo SRV (0,5 mg/l), taikomą geriamam vandeniui.

2.3.3. Viršutinio permio sluoksnių požeminis vanduo

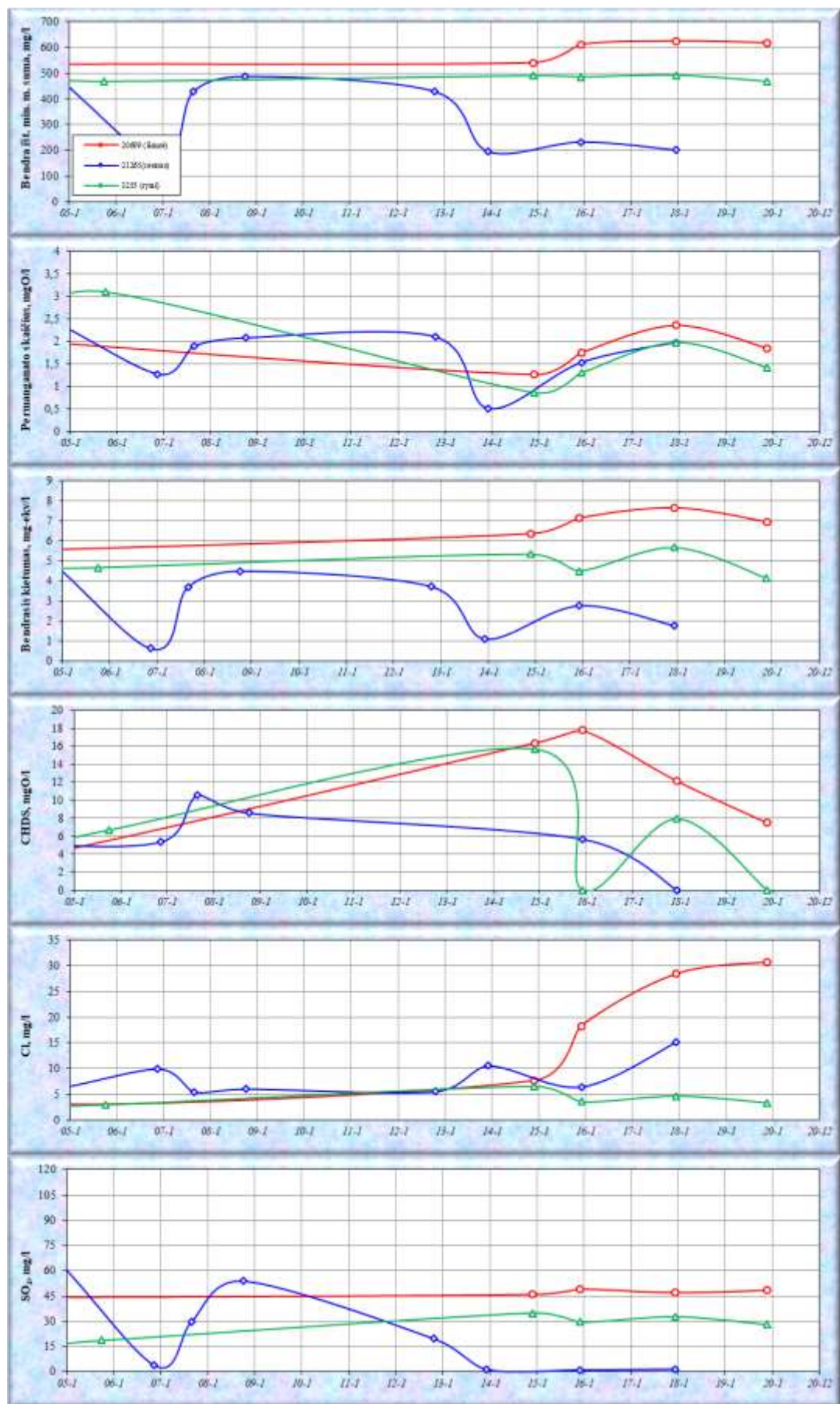
Permio vandeningo sluoksnio vandens kokybė buvo tirta trijuose gręžiniuose (7 lentelė, 12 pav.). Vandens kokybė buvo gera, tačiau cheminė sudėtis tarp gręžinių skyrėsi gana stipriai. BIMMS vandenyje buvo nedidelė ir kito 452–619 mg/l ribose. Tarp anijonų visų gręžinių vandenyje ryškiai dominavo hidrokarbonatai. Jų kiekis vandenyje buvo 315–375 mg/l. Sulfatų rasta iki 48,5 mg/l, chloridų – 30,7 mg/l. Šių junginių koncentracijos išliko nedidelės.

Tarp katijonų daugumos permio sluoksnio gręžinių vandenyje vyrauja kalcis – 72,7–94,9 mg/l. Natrio koncentracija sluoksnio vandenyje kito 26,6–40,6 mg/l. Magnio kiekis vandenyje kito 6,12–26,9 mg/l, kalio – 2,42–2,93 mg/l ribose.

Vandenyje ištirpusios organinės medžiagos kiekis visumoje išliko nedidelis. PS rodiklis kito 0,98–1,85 mg/l ribose, ChDS – siekė iki 7,5 mg/l. Lyginant su 2017 metais, organinės medžiagos kiekis vandenyje sumažėjo.

Mineralinio azoto junginių (nitratų, nitritų ir amonio) kiekis permio sluoksnio požeminiame vandenyje išliko nedidelis. Nitritų aptikta tik gr. 3255 vandenyje (0,3 mg/l). Nitratų visų gręžinių vandenyje kiekis buvo mažesnis metodo jautrumo ribos (<0,53 mg/l). Amonio rasta visų gręžinių

vandenyje – 0,09–0,87 mg/l. Amonio koncentracijos 26596 viršijo SRV, taikomą geriamam vandeniui. 2017 m. tyrimų metu padidintos (0,59 mg/l), SRV viršijančios, amonio koncentracijos nustatytos gr. 20699 vandenyje.



12 pav. Permo sluoksnio požeminio vandens cheminės sudėties rodiklių kaita (2005–2019 m.)

3. Dirvožemio monitoringo rezultatai

2019 metais dirvožemio tyrimai buvo atlikti 4 tyrimo vietose, išsidėstytose skirtingose miesto dalyse atsižvelgiant į želdinių būklės stebėsenos vietas (2 pav.). Dirvožemio mėginiuose ištirtos naftos produktų, mikroelementų (sunkiųjų ir kt. metalų) koncentracijos, nustatytos želdinių būklės stebėsenai aktualių elementų (chloridų, natrio, kalio, kalcio, magnio, kalio, fosforo) koncentracijos. Dirvožemio tyrimo rezultatai pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Dirvožemio tyrimo rezultatai (2019 m. lapkritis)

Rodiklis	RV II kat. [5,7,8]	Foninė vertė [16]	D-8	D-9	D-18	D-22
Ag, mg/kg	0,5	0,065	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
As, mg/kg	20	3,57	4	4	3	3
Cd, mg/kg	1,5	0,15*	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15
Cr, mg/kg	80	33,8	11	11	12	13
Cu, mg/kg	75	9,3	9	20	10	7
Mn, mg/kg	1500	356	300	360	310	220
Ni, mg/kg	75	11,9	7	9	14	<4
Pb, mg/kg	80	13,3	11	36	10	9
V, mg/kg	150	33,3	21	20	25	16
Zn, mg/kg	300	23,9	46	71	47	<20
Hg, mg/kg	0,5	0,075*	0,09	0,72	<0,05	<0,05
Sausų medžiagų kiekis, %	-	-	83,5	83,4	81,6	77,1
Dyzelino eilės angliavandeniliai (C ₁₁ -C ₂₈), mg/kg	300/350		<60,0	<60,0	<60,0	<60,0
Sunkieji angliavandeniliai (C ₂₉ -C ₄₀), mg/kg	1300		<50,0	<50,0	<50,0	<50,0
Naftos produktų indeksas, mg/kg	150/200		<50,0	<50,0	<50,0	<50,0
Z _d			2,25	14,56	2,22	-
Judrusis fosforas (P ₂ O ₅), mg/kg	-	-	432	873	220	68
Judrusis kalis (K ₂ O), mg/kg	-	-	164	193	219	130
Judrusis natrio (Na), mg/kg	-	-	40	120	52	31
Judrusis kalcis (Ca), mg/kg	-	-	15200	16240	12630	15992
Judrusis magnis (Mg), mg/kg	-	-	1912	2576	3384	1600
Chloridai (Cl), mg/kg	-	-	7,1	5,3	7,1	5,3

x – viršijama foninė vertė [16]

x – viršijama RV [5]

Pastabos: Rodiklių vertės pateiktos sausam gruntui; Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimuose [5] ir Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimuose LAND 9-2009 [7] nurodytos RV pateiktos II jautrumo taršai kategorijos (jautrioms taršai) teritorijoms.

* – pateikta HN 60:2004 [8] senoje redakcijoje (2004 m.) nurodyta foninė vertė (naujoje 2015 m. HN 60:2004 [8] redakcijoje foninės vertės nenurodytos); * – pateikta HN 60:2004 [8] nurodyta RV C₁₀-C₂₀ eilės angliavandeniliams.

Tirtuose dirvožemio mėginiuose naftos produktų koncentracijų, didesnių už nustatymo ribą (50–60 mg/kg sauso grunto), neaptikta. Jokių taršos naftos produktais požymių tirtuose mėginiuose neaptikta.

Dirvožemio mėginiuose tirtų metalų koncentracijos visumoje buvo nedidelės, dalis jų (sidabro, kadmio, chromo, vanadžio) nesiekė net foninių verčių būdingų Šiaulių miestui [16].

Tačiau buvo nustatyta neleistina tarša gyvsidabriu mėginio D-9 grunte. Šio elemento koncentracija siekė 0,72 mg/kg ir RV viršijo 1,4 karto.

Fonines vertes viršijo arseno koncentracija dirvožemio mėginiuose D-8 ir D-9, vario – D-9, ir D-18, mangano ir švino – D-9, nikelio – D-18, cinko – D-8, D-9 ir D-18, gyvsidabrio – D-8 ir D-9. Mėginiuose fonines koncentracijas viršijo nuo trijų iki šešių elementų. Tik mėginyje D-22 nei vieko elemento kiekis neviršijo Šiaulių miesto dirvožemiui būdingų sunkiųjų metalų koncentracijų.

Kompleksiniam foninių verčių viršijimui įvertinti pagal visus tirtus rodiklius buvo suskaičiuotas suminio užterštumo rodiklis Z_d . Skaičiavimams naudota lygtis [16]:

$$Z_d = \sum_{i=1...n} \frac{C_i}{C_f} - (n-1)$$

kur C_i – nustatyta junginio i koncentracija, C_f – foninė junginio i koncentracija, n – skaičiavimams imtų junginių skaičius. Skaičiavimams imamos tik tos junginių koncentracijos, kurios yra didesnės už foninę.

Suminio užterštumo rodiklio (Z_d) vertės kito 2,25–14,56 ribose (9 lentelė). Vertinant pagal šį rodiklį, dirvožemio būklė visuose mėginiuose atitinka leistino užterštumo kategoriją ($Z_d < 16$). Atskirų sunkiųjų metalų koncentracijų padidėjimą galima sieti su technogeniniu poveikiu.

4. Išvados

1. Šiaulių miesto teritorijos šulinių gruntinio vandens mineralizacija 2019 metų rudenį buvo vidutinė ir nežymiai padidinta (BIMMK 529–1086 mg/l), lyginant su pernai metais – padidėjusi. Pavieniuose šuliniuose išliko padidintos chloridų, sulfatų, kalio koncentracijos, padidėjęs vandenyje ištirpusios organinės medžiagos kiekis (dviejuose mėginiuose PS viršijo SRV (5 mgO/l), taikomą geriamam vandeniui). Vandenyje išliko, o lyginat su pernai metais – padidėjo, tarša mineralinio azoto junginiais (nitratais). Dviejuose mėginiuose nitratų kiekis viršijo RRV (50 mg/l), viename – ir RV (100 mg/l). Lyginant su pernai metų vasaros tyrimų rezultatais, vandens vidutinė mineralizacija išaugo, o šulinyje 44s net tris kartus padidėjo nitratų kiekis. 2019-ųjų vasara buvo sausringa, gruntinio vandens lygis ne visur pasiekęs įprastą rudeninį lygį, tad šie faktoriai, o taip pat ir technogeninis poveikis, galėjo įtakoti šulinių vandens kokybę.

2. Miesto teritorijoje esančių į gruntinio vandens sluoksnį įrengtų monitoringo gręžinių vandens kokybė buvo gan gera, BIMMK kito 353–988 mg/l. Pavieniuose gręžiniuose nustatytas padidintas chloridų, natrio kiekis, gr. 35854 – išaugusi organinės medžiagos koncentracija. Skirtingai nuo šulinių, gręžinių gruntiniame vandenyje taršos nitratais ir nenustatyta, šių teršalų rasta tik pėdsakų. Tačiau visų gręžinių vandenyje aptikta amonio (0,18–5,36 mg/l), kurio kiekis trijuose mėginiuose viršijo DLK, taikomą požeminiam vandeniui, kuris apylinkėse naudojamas buities poreikiams. Tokį mineralinio azoto junginių pasiskirstymą gruntiniame vandenyje tarp gręžinių ir šulinių galėjo lemti tiek tyrimo taškų dislokacijos vieta potencialių taršos židinių atžvilgiu, tiek vandeningojo sluoksnio oksidacinės-redukcinės sąlygos. Lyginant su pernai, 2018 m. vasarą, atliktų cheminės sudėties tyrimų rezultatais, vandens cheminė sudėtis gręžiniuose visumoje išliko stabili, mineralizacijos pokyčiai nedideli.

3. Buvusio „Elnio“ fabriko teritorijos gruntinio vandens kokybė šių metų rudenį buvo prasta, nustatyta padidinta vandens mineralizacija (BIMMS 1726–2832 mg/l) (didelis hidrokarbonatų, sulfatų, natrio, kalio kiekis), vertinimo kriterijus abiejuose gręžiniuose viršijo chromo kiekis, viename iš gręžinių – amonio koncentracija. Aptikta tarša sietinos su kažkada teritorijoje vykdyta ūkine veikla. Lyginant su pernai metais, vandens kokybė nustatyta geresnė. Vandens kokybės kaitos tendencijos, o ir priežastys, turėtų aiškėti tolimesnio monitoringo eigoje.

4. Tarpmoreninių sluoksnių vandens būklė vandens gavybos bei monitoringo gręžiniuose buvo skirtinga. Prasta vandens kokybė išliko gr. 1700. Jame išliko didelė natrio (99,5 mg/l), sulfato (714 mg/l), padidinta amonio (3,05 mg/l) koncentracijos. Šis gręžinys monitoringo, tačiau jei būtų naudojamas geriamojo vandens tiekimui, amonio ir sulfatų kiekis viršytų SRV. Vandens gavybos gręžinio 17366 vandenyje išliko tarša nitratais (138 mg/l), kurių kiekis lyginant su 2017 metais padidėjo daugiau nei du kartus (nuo 52,7 mg/l iki 138 mg/l) ir viršijo RRV bei RV.

5. Viršutinio permo vandeningojo sluoksnio vandens cheminėje sudėtyje aiškios paviršinės taršos požymių nenustatyta. Vandens kokybė išliko artima būdingai gamtiškai švariam vandeniui, vanduo kalcio-hidrokarbonatinio tipo. BIMMS gręžiniuose buvo nedidelė – 452–619 mg/l. Gręžinių vandenyje nustatytas nedidelis mineralinio azoto junginių, tarp junginių dominavo amonis, kiekis. Šių junginių nedidelės koncentracijos yra būdingos gilesnių sluoksnių požeminiam vandeniui ir su paviršine tarša nesietinos.

6. 2019 metų rudenį atliktų dirvožemio tyrimų duomenimis, mėginyje D-9 RV viršijo gyvsidabrio koncentracija. Kitų mėginių grunte jo kiekis viršijo fonines koncentracijas ar nesiekė metodo aptikimo ribos. Kitų tirtų metalų koncentracijos nesiekė joms nustatytų RV, dalies analičių – ir foninių koncentracijų. Naftos produktų grunte neaptikta. Vertinant pagal suminį užterštumą (Z_d 2,22–14,56), visuose mėginiuose dirvožemio būklė neviršija leistino ($Z_d < 16$) užterštumo kategorijos.

Literatūra

Teisės aktai ir norminiai dokumentai

1. Bendrieji savivaldybių aplinkos monitoringo nuostatai. Valstybės žinios, 2004, Nr. 130-4680, 2007, Nr. 76-3035, 2009, Nr. 159-7262, 2012, Nr. 50-2492, TAR, 2014-01439, TAR, 2015-19099.
2. Savivaldybių dirvožemio ir požeminio vandens monitoringo rekomendacijos. Valstybės žinios, 2011, Nr. 3-114
3. Požeminio vandens monitoringas: metodinės rekomendacijos. Sudarė: A. Domaševičius, J. Giedraitienė, V. Gregorauskienė ir kt.; ats. red. K. Kadūnas. Lietuvos geologijos tarnyba. Vilnius, 1999.
4. Lietuvos higienos norma HN 24:2003 Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai. Valstybės žinios, 2003, Nr. 79-3606, 2007, Nr. 127-5194, 2011, Nr. 3-107, 2011, Nr. 144-6778, 2012, Nr. 71-3690, 2012, Nr. 111-5644, TAR, 2015-12163, 2015-18015, 2016-30030.
5. Cheminėmis medžiagomis užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai. Valstybės žinios, 2008, Nr. 53-1987, 2013, Nr. 86-4325, TAR, 2015-16620.
6. Pavojingų medžiagų išleidimo į požeminį vandenį inventorizavimo ir informacijos rinkimo tvarka. Valstybės žinios, 2003, Nr. 17-770, 2011, Nr. 107-5091, 2013, Nr. 134-6875.
7. Naftos produktais užterštų teritorijų tvarkymo aplinkos apsaugos reikalavimai LAND 9-2009. Valstybės žinios, 2009, Nr. 140-6174.
8. Lietuvos higienos norma HN 60:2004 „Pavojingųjų cheminių medžiagų ribinės vertės dirvožemyje“. Valstybės žinios, 2004, Nr. 41-1357, TAR, 2015-21256.
9. LST ISO 5667-11:2009. Vandens kokybė. Bandinių ėmimas: 11-oji dalis. Nurodymai, kaip imti požeminio vandens bandinius. Lietuvos standartizacijos departamentas, Vilnius, 2009.
10. LST EN ISO 5667-3:2006 Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 3-oji dalis. Nurodymai, kaip konservuoti ir tvarkyti vandens mėginius. Lietuvos standartizacijos departamentas, Vilnius, 2006.
11. LST ISO 10381-1:2002. Dirvožemio kokybė. Ėminių ėmimas. 1 dalis. Ėminių ėmimo programų sudarymo vadovas.
12. LST ISO 10381-2:2002. Dirvožemio kokybė. Ėminių ėmimas. 2 dalis. Ėmimo būdų vadovas.
13. LST ISO 10381-3:2003. Dirvožemio kokybė. Ėminių ėmimas. 3 dalis. Saugos vadovas.
14. LST ISO 10381-5:2005. Dirvožemio kokybė. Ėminių ėmimas. 5 dalis. Miesto ir pramoninių sklypų dirvožemio taršos tyrimo vadovas.

Tyrimų ataskaitos, metodinio pobūdžio literatūra

15. Požeminio vandens monitoringas: metodinės rekomendacijos. Sudarė: A. Domaševičius, J. Giedraitienė, V. Gregorauskienė ir kt.; ats. red. K. Kadūnas. Lietuvos geologijos tarnyba. Vilnius, 1999.
16. V. Gregorauskienė. Šiaulių ploto geologinis kartografavimas M 1:50 000. Geologijos tarnyba. Vilnius, 1997.
17. R. Klimas, P. Lukošienė, I. Šaulienė, J. Miliukienė, M. Plankis. Šiaulių miesto savivaldybės aplinkos monitoringo programa 2015–2020 metams. Šiaulių m. savivaldybė, Šiaulių universitetas, Mindaugo Čegio įmonė. Šiauliai, 2015.

Interneto adresai

18. www.geoportal.lt (kartografinė informacija)

PRIEDAI

1 priedas.

*2019 m. gruntinio vandens lygio ir fizinių-cheminių parametrų matavimų rezultatai
(protokolai)*

2 priedas.

2019 metais atliktų vandens cheminių analizių rezultatai (protokolai)

3 priedas.

2019 m. dirvožemio mėginių cheminių analizių rezultatai (protokolai)

4 priedas.

Leidimas tirti žemės gelmes

5 priedas.

Laboratorių leidimai užsiimti tyrimais