

Ilgalaikiai nitratų koncentracijos tyrimai karsto zonos gruntiniame vandenyje

Aurelija Rudzianskaitė

Aleksandro Stulginskio universitetas

Jautriausiai į taršą reaguoja arčiausia žemės paviršiaus esantis gruntinis vanduo. Šį vandenį iš šachtinių šulinių daugiausia naudoja savo reikmėms kaimo gyventojai. Karsto zonoje karstinės įgriuvos sudaro geras sąlygas paviršiniam vandeniui, o kartu ir taršos komponentams patekti į požeminį vandenį. Gruntinio vandens kokybė priklauso ne tik nuo antropogeninio poveikio, bet ir nuo daugelio kitų veiksnių. Dėl šiltėjančių žiemų sumažėjo išalo trukmė ir gylis, dažni atodreškiai padidino vandeningojo horizonto mitybą žiemą.

Darbo tikslas – remiantis ilgalaikiais tyrimais, nustatyti nitratų koncentracijos kaitos ypatumus karsto zonos gruntiniame vandenyje.

Gruntinio vandens kokybės tyrimai atlikti 1998–2011 m. aktyvaus karsto zonos moreniniuose priesmėliuose ir smėlinguose lengvuose priemoliuose, Biržų r. Lyglaukių k.

1 grėžinys (jo gylis $h=10,5$ m) įrengtas per 20 m nuo smegduobės, 2 grėžinys ($h=8,8$ m) – prie smegduobyno (keleto, senų susijungusių smegduobių). Smegduobės seniai susidariusios, uždurpėjusios ir apaugusio medžiais bei krūmais.

Nitratų (NO_3) koncentracija 1 grėžinyje buvo $0,0 - 41,17$ mg/l (vidutinė $7,11$ mg/l), 2 grėžinyje – $0,0 - 37,19$ mg L-1 (vidutinė $7,12$ mg/l) ir neviršijo geriamajam vandeniui didžiausiai leistinos. 1 grėžinyje labai geros kokybės ($\text{NO}_3 < 20$ mg L-1) vanduo nustatytas 86% ir 2 grėžinyje – 95% matavimų atveju.

Analizuojant tyrimų laikotarpio duomenis, abiejuose grėžiniuose pastebėta NO_3 koncentracijos mažėjimo tendencija.

Gruntinis vanduo, nitratai, karsto zona

Ivadas

Lietuvoje vyrauja labai geros ir geros kokybės požeminis vanduo – jis būdingas 84 proc. stebimųjų grėžinių. Gruntinio vandens kokybę prastina natūralūs organiniai junginiai pelkinėse ir jūrinėse nuogulose, sulfatai – gipsingų nuogulų paplitimo zonose, chloridai – mineralizuoto vandens iškrovos zonose (Arustienė, 2011).

Gruntinio vandens kokybę lemia žemėnauda, aeracijos zonos ir vandeningojo sluoksnio grunto litologinė sudėtis (Gregorauskas ir kt., 2011), gruntinio vandens lygis, krituliai (Muñoz-Carpena et al., 2005; Rudzianskaite et al., 2008). Lietuvoje regioniniu mastu azoto koncentracijos neviršija geriamojo vandens kokybės reikalavimų (50 mg/l (HN 24:2003), o didžiausias pasklidusios taršos poveikis gruntiniam vandeniui stebimas urbanizuotose teritorijose (vidutinė NO_3 koncentracija $45,14$ mg/l) bei intensyvios žemdirbystės plotuose (smėlinguose gruntuose $16,68$ mg/l ir molinguose gruntuose $9,67$ mg/l), pievose ir ganyklose – $2,85$ mg/l, foninė koncentracija (gamtinė aplinka) – $1,55$ mg/l (Gregorauskas ir kt., 2011). Analizuojant nitratų, amonio ir chloridų koncentracijos kaitą skirtingomis sąlygomis besiformuojančiame vandenyje matoma, kad jų pasiskirstymas laiko atžvilgiu išlieka gana stabilus. Dėl žemės ūkio įtakos besiformuojančiame vandenyje nustatyta nedidelė nitratų ir chloridų koncentracijos mažėjimo tendencija. Požeminio vandens cheminė būklė regioniniu mastu yra gera ir per 2005–2010 metus nepablogėjo (Arustienė, 2011).

Darbo tikslas – remiantis ilgalaikiais tyrimais, nustatyti nitratų koncentracijos kaitos ypatumus karsto zonos gruntiniame vandenyje.

Tyrimų metodika

Hidrogeologinės ir hidrologinės sąlygos

Šiaurės Lietuvos karstinis rajonas – teritorija (Biržų, Pasvalio administraciniai rajonai ir dalis Panevėžio rajono), kur dėl gipso tirpimo formuojasi požeminės tuštumos, o žemės paviršiuje aptinkamos senos ir atsiranda

naujos karstinės formos (ertmės, įdubos, smegduobės ir kt.) (STR 1.04.03:2012).

Karsto vystymosi intensyvumą lemia viršutiniojo karstėjančių uolienų slūgsojimo gylis, jų plyšiuotumas, karstinių uolienų dangos litologinė sudėtis, karstinio vandens apytakos intensyvumas (Марцинкявичюс, Буцявичюте, 1986). Vanduo kanalais ir vertikaliais plyšiais juda tol, kol visuose pasiekia vienodą lygį. Plyšių suaižytuose gipso klotuose karstinis vanduo cirkuliuoja daug sudėtingiau negu paprastas gruntinis vanduo (Narbutas ir kt., 2001). Priklausomai nuo karstinio vandens apykaitos karstiniai procesai itin aktyvėja aeracijos ir karstinių vandenų lygio sezoninio svyravimo zonose, upių slėniuose, slėnių šlaituose ir prieslėnių zonose. Kur danga nestora (iki 5 m) ir viršutinio devono Tatulos svitos dalies gipsingos uolienos slūgso aeracijos ir sezoninio karstinio vandens svyravimo zonose, plotai ypač sukarstėję. Karstinio rajono požeminio vandens hidrogeodinamines sąlygas lemia vandeningose uolienose vykstantys karstiniai procesai (Juodkazis, 1992).

Daugelis regione esančių smegduobių yra sausos arba tik per pavasarinį potvynį ar poplūdį surenka ir trumpam sulaiko kritulių ir gruntinį vandenį. Ten, kur prasmegusių uolienų kraigo viršus atsiduria žemiau gruntinio vandens žemiausio lygio, susidaro karstiniai ežerai (Taminskas, 1999).

Karsto zona yra Baltijos artezinio baseino rytinėje dalyje. Čia nėra ištisinių vandensparinių sluoksnių, dėl to vandens sąmaiša vyksta 270 m storumėje, slūgsančioje virš vidurinio devono Narvos vandensparos. Šioje apykaitos zonoje išskirti keturi vandeningi horizontai ir kompleksai: kvartero, viršutinio–vidurinio devono–Įstos–Tatulos, Kupiškių–Suosos ir Šventosios–Upninkų (Juodkazis, 1992; Paukštys, 1996). Šių horizontų vanduo naudojamas regiono pramonės, žemės ūkio reikalams ir gyventojų reikmėms.

Gruntinio vandens tyrimų vieta ir metodika

Gruntinio vandens kokybės tyrimai atlikti 1998–2011 m. aktyvaus karsto zonos moreniniuose priesmėliuose ir

smėlinguose lengvuose priemoliuose. Tyrimų vieta yra Mūšos-Nemunėlio lygumos šiaurės rytinėje dalyje, Apaščios dešiniojo intako G-1 upelio aukštupyje, Biržų r. Lyglaukių ir Paežerių k. (1 pav.).



1 pav. Tyrimų vietos schema: 1 – gręžinys.
Fig. 1. The scheme of study area: 1 – well

1 paveikslas parengtas, remiantis skaitmeninio žemėlapiu (<https://www.maps.lt/>) pagrindu.

G-1 baseine vidutinis paviršiaus nuolydis (tarp takoskyros ir upelio vagos) 0,5-1,5%. Baseino ploto miškingumas – 14,2%, žemės naudmenų sudaro 57% ganyklos ir 25% ariamoji. Po tyrimų vietovės dirvožemiais slūgso karstėjantys gipsingo dolomito (giliau – gipso) sluoksniai. Literatūros (Narbutas ir kt., 2001) duomenimis, tyrimų vietose kvartero nuogulų storis yra nuo 5 iki 7,5 m.

1 gręžinys (jo gylis $h=10,5$ m) įrengtas per 20 m nuo smegduobės, 2 gręžinys ($h=8,8$ m) – prie smegduobyno (keleto, senų susijungusių smegduobių). Smegduobės seniai susidariusios, uždurpėjusios ir apaugusios medžiais bei krūmais, dažniausiai vasarą išdžiūstančios.

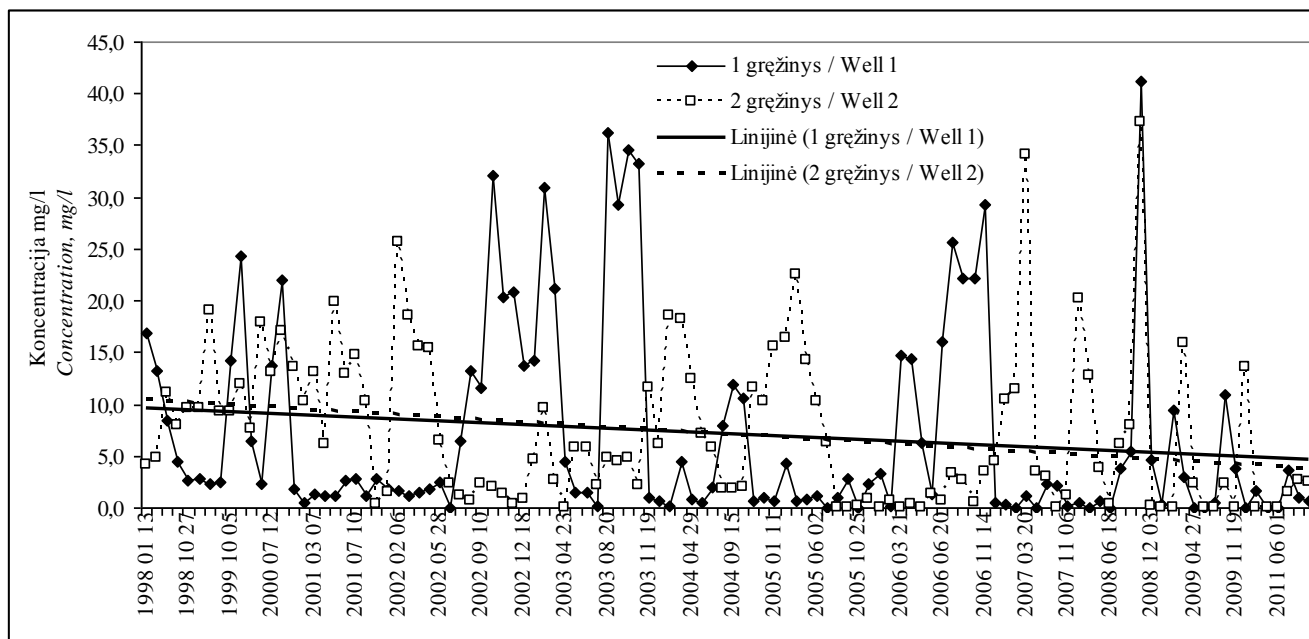
Vandenyje nitratų (NO_3) koncentracija nustatyta fotokolorimetriniu metodu su analizatoriumi FIA star 5012 system Aleksandro Stulginskio universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto Vandens tyrimų instituto Cheminėje analitinėje laboratorijoje.

Nitratų koncentracijos vandenyje kitimo tendriai įvertinti naudotas statistinės analizės neparimetrinis dalinis Mann-Kendall (MK) kriterijus. Šis testas yra plačiai naudojamas aplinkos moksluose (Hirsch et al., 1984; Libiseller et al., 2002; Stålnacke et al., 2003; Povilaitis, 2006; Sileika et al., 2006; Kaown et al., 2012). Kitimo trendas yra statistiškai reikšmingas esant reikšmingumo lygmeniui $p < 0,05$. Apskaičiuotas Mann – Kendall parametro ženklas rodo kitimo tendencijos kryptį – mažėjimo/didėjimo.

Tyrimų duomenų skirtumų statistiniam reikšmingumui įvertinti buvo panaudotas Stjudento kriterijus ($t_{\text{apsk.}}$).

Tyrimų rezultatai ir aptarimas

Nitratų koncentracija 1 gręžinyje svyravo nuo 0,0 iki 41,17 mg/l (vidurkis 7,11 mg/l, mediana 2,37 mg/l), 2 gręžinyje – nuo 0,0 iki 37,19 mg/l (vidurkis 7,12 mg/l, mediana 4,74 mg/l) ir neviršijo geriamajam vandeniui didžiausiai leistinos koncentracijos (50 mg/l (HN 24:2003)) (2 pav.). 1 gręžinyje labai geros kokybės ($\text{NO}_3 < 20$ mg/l) vanduo nustatytas 86% ir 2 gręžinyje – 95% matavimų atvejų. Esminis skirtumas tarp nitratų koncentracijos gręžiniuose nenustatytas ($t_{\text{apsk.}} = -0,015$, reikšmingumo lygmuo $p_{\text{apsk.}} = 0,988 > p_{\text{teor.}} = 0,05$). Tai lėmė panašios įrengimo sąlygos, t.y. abu šie gręžiniai įrengti



2 pav. NO_3 koncentracijos kaita gruntiniame vandenyje
Fig. 2. NO_3 concentration in groundwater

panašiuose gruntuose (priesmėliuose ir smėlinguose lengvuose priemoliuose) ir pievoje bei ganykloje.

Analizuojant tyrimo laikotarpio 1998-2011 m. duomenų chronologinę seką nustatyta nitratų koncentracijos mažėjimo tendencija, kurią patvirtina statistiniai skaičiavimai panaudojant Mann-Kendall (MK) testą (1 grėžinyje MK = -3,26, $\alpha < 0,05$, 2 grėžinyje – MK = -4,13, $\alpha < 0,05$).

Nors abiejuose grėžiniuose tirtų koncentracijų vidurkiai beveik vienodi, tačiau tyrimo duomenų variacija skirtinga (Lentelė). 1 grėžinyje daugiausia 67% matuotų atvejų NO₃ koncentracija kito mažiausių koncentracijų ribose (iki 4,9 mg/l). 2 grėžinyje taip pat daugiausia atvejų (53 %) nustatyta mažiausių koncentracijų ribose, tačiau 28 % atvejų NO₃ koncentracija svyravo nuo 10,1 iki 20,0 mg/l.

1 lentelė. NO₃ koncentracijos pasiskirstymas gruntiniame vandenyje
1 Table. Distribution of NO₃ concentration in groundwater

Koncentracija mg/l Concentration, mg/l	Atvejai % The cases, %	
	1 grėžinys Well 1	2 grėžinys Well 2
<4,9	67	53
5,0-10,0	6	15
10,1-20,0	13	28
>20,1	14	4

Nors gruntiniame vandenyje NO₃ koncentracija neviršijo geriamajam vandeniui didžiausiai leistinos koncentracijos ir pastebėta mažėjimo tendencija, tačiau koncentracijos svyravimas turėjo sezoninį pobūdį. Didžiausios koncentracijos 1 grėžinyje (vidutinė 14,3 mg/l, mediana 12,4 mg/l) buvo spalį, 2 grėžinyje (vidutinė 14,6 mg/l, mediana 15,7 mg/l) – kovą. Ši kaita susijusi su gruntinio vandens svyravimu, kai pavasarį vandens lygiai būna arčiau žemės paviršiaus ar rudenį, kuomet vandens lygis po sausmečio pradeda kilti. Šiais laikotarpiais didesni NO₃ kiekiai gali patekti su paviršiniu vandeniu. Nitratų koncentracijos skirtingą sezoninį pasiskirstymą grėžiniuose galėjo nulemti vandenyje esantis organinių medžiagų kiekis. Nemaža dalis požeminio vandens kokybės pokyčių yra susijusi su oksidacijos-redukcijos procesais, kuriuose aktyviai dalyvauja organinė medžiaga (Klimas, 2002). Ištirpusių organinių medžiagų migracijai daro poveikį šių medžiagų sudėties pasikeitimas per metus. Vasarą ir rudenį tirpios organinės medžiagos susidaro veikiant puvimo procesams (tai stiprios oksidacijos rezultatas), žiemą ir pavasarį išplaunamos kaip neseniai suardytos biomasės nuosėdos. Pastarąjį laikotarpį organinėms medžiagoms būdingas didesnis mobilumas, didesnė biodegradacija ir mažesnė sąveika su metalais. (Kaiser et al., 2001). Didesnis organinių medžiagų kiekis (pagal permanganato indeksą) buvo 2 grėžinyje (vidutinė koncentracija 3,66 mg / l O₂) negu 1 grėžinyje (2,08 mg O₂/l). Geriamajam vandeniui didžiausiai leistina koncentracija 5,0 mg / l O₂ (HN 24:2003). Organinių medžiagų kiekio skirtumas esminis ($t_{\text{apsk.}}=2,61$, reikšmingumo lygmuo $p_{\text{apsk.}}=0,01 < p_{\text{teor.}}=0,05$).

Tai, kad 2 grėžinys įrengtas šalia seniai susidariusios, uždūrpėjusios ir apaugusio medžiais bei krūmais,

dažniausiai vasarą išdžiūstančios smegduobės galėjo daryti poveikį gruntinio vandens kokybei. Literatūroje (Rudzianskaitė, 2012) teigiama, kad ypač didelė N-NO₃ koncentracija (vidutinė šaltojo laikotarpio 21, 78 mg l-1) nustatyta medžiais ir krūmais apaugusioje smegduobėje. Tuo metu vanduo dažniausiai laikosi žemės paviršiuje. Viena iš priežasčių lemianti tokių nitratų azoto kiekį gali būti gausaus medžių ir krūmų lapų kiekio mineralėjimas bei šio junginio patekimas su pačiais lapais.

Išvados

1. Gruntinio vandens kokybės tyrimai, atlikti 1998-2011 m. aktyvaus karsto zonos moreniniuose priesmėliuose ir smėlinguose lengvuose priemoliuose parodė, kad nitratų koncentracija neviršijo geriamajam vandeniui didžiausiai leistinos koncentracijos (50 mg/l). 1 grėžinyje labai geros kokybės (NO₃ < 20 mg/l) vanduo nustatytas 86% ir 2 grėžinyje – 95% matavimų atvejų.

2. Analizuojant tyrimo laikotarpio duomenų chronologinę seką nustatyta nitratų koncentracijos mažėjimo tendencija, kurią patvirtina statistiniai skaičiavimai panaudojant Mann-Kendall (MK) testą (1 grėžinyje MK = -3,26, $\alpha < 0,05$, 2 grėžinyje – MK = -4,13, $\alpha < 0,05$).

3. Gruntiniame vandenyje NO₃ koncentracijos svyravimas turėjo sezoninį pobūdį. Didžiausios koncentracijos 1 grėžinyje (vidutinė 14,3 mg/l, mediana 12,4 mg/l) buvo spalį, 2 grėžinyje (vidutinė 14,6 mg/l, mediana 15,7 mg/l) – kovą.

Literatūra

- ARUSTIENĖ J. Požeminio vandens cheminė sudėtis ir jos kaita. Iš: *Lietuvos požeminio vandens monitoringas 2002-2010 metais ir kiti hidrogeologiniai darbai*: straipsnių rinkinys. KADŪNAS K. (red.). Vilnius: LGT 2011, 158 p.
- GREGORAUSKAS, M., KLIMAS, A., DOMAŠEVIČIUS, A. ir kt. Požeminio vandens baseinų ir telkinių apibūdinimas. Iš: *Lietuvos vandens telkinių būklė ir ūkinės veiklos poveikis*. PAUKŠTYS, B. (red.). Vilnius, 2011, p.121-254.
- JUODKAZIS, V. Lithuanian Karst: Hydrogeology and Groundwater Protection: proceedings of the Lithuanian higher schools. *Geologija*, 1992, T. 13, 195 p.
- HIRSCH, R., M., SLACK, J., R. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, No 20, p.727-732.
- KAOWN, D., HYUN, Y., Bae, G.-O. et al., Evaluation of spatio-temporal trends of groundwater quality in different land uses using Kendall test. *Geosciences Journal*, Vol. 16, No. 1, p. 65-75.
- KAISER, K.; GUGGENBERGER, G.; HAUMAIER, L.; ZECH, W. Seasonal variations in chemical composition of dissolved organic matter in organic forest floor layer leachates of old-growth Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) stands in northeastern Bavaria, Germany. *Biogeochemistry*, 2001, 55 (2), p. 133-143.
- KLIMAS, A. Oksidacijos-redukcijos procesų vaidmuo formuojantis požeminio vandens cheminiai sudėčiai. *Geologija*, 2002, Nr.40, p. 46-54.
- LIBISELLER, C., GRIMVALL, A. Performance of partial Mann – Kendall tests for trend detection in the presence of covariates. *Environmetrics*. 2002. Vol. 13, p. 71-84.
- Lietuvos higienos norma HN 24:2003 „Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai“, patvirtinta Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2003 m. liepos 23 d. įsakymas Nr. V-455 (Žin., 2003, Nr.79-3606).
- MUÑOZ-CARPENA, R., RITTER, A., LI, Y., C. Dynamic factor analysis of groundwater quality trends in an agricultural area adjacent

- to Everglades National Park. *Journal of Contaminant Hydrology*, No 80, p.49-70.
11. NARBUTAS, V.; LINČIUS, A.; MARCINKIČIUS, V. *Devono uolienų karstas ir aplinkosaugos problemos šiaurės Lietuvoje*. Vilnius, 2001. 191 p.
 12. PAUKŠTYS, B. *Hydrogeology and groundwater protection problems in karst region of Lithuania*. Scientific papers of the Geological Society of Lithuania, 1996, No. 6, p.1–72.
 13. POVILAITIS, A. Impact of agriculture decline on nitrogen and phosphorus loads in Lithuanian rivers. *Ekologija*, 2006, Nr. 1 p. 32-39.
 14. RUDZIANSKAITE, A., SUKYS, P. Effects of groundwater level fluctuation on its chemical composition in karst soils of Lithuania. *Environmental Geology*, 2008, Vol. 56, No. 2, p. 289–297.
 15. RUDZIANSKAITĖ, A. Vandens kokybė skirtingai apaugusiose smegduobėse Šiaurės Lietuvos karstiniame rajone. Vandens ūkio inžinerija, 2012, Vol. 40(60), p. 64-72.
 16. TAMINSKAS, J. Smegduobių susidarymas ir raida. *Geografijos metraštis*, 1999, Nr. 32, p. 194–203.
 17. SILEIKA, A., S., STĀLNACKĖ, P., KUTRA, S. et. al. Temporal and spatial variation of nutrient levels in the Nemunas river (Lithuania and Belarus). *Environmental Monitoring and Assessment*, 2006, Vol. 122, No 1-3, p. 335-354.
 18. STĀLNACKĖ, P., GRIMVALL, A., LIBISELLER, C., et al. Trends in nutrient concentrations in Latvian rivers and the response to the dramatic change in agriculture. *Journal of Hydrology*, Nr. 283, p. 184-205.
 19. STR 1.04.03:2012. Inžineriniai geologiniai ir geotechniniai tyrimai Šiaurės Lietuvos karstiniame rajone. 2012-03-15 (Žin., 2012, Nr. 32-1503).
 20. МАРЦИНКАВИЧЮС, В.И., БУЦЯВИЧЮТЕ, С.В. Геологические и гидрогеологические условия развития сульфатного карста в северной Литве. *Geologija*, 1986, Nr. 7, p. 104–121.

Aurelija Rudzianskaitė

Long-term researches of the nitrate concentration in groundwater of karst zone

Summary

Groundwater approximate from land surface is most responsive to pollution. This water from dug wells for their own use mainly rural population. In the karst zone sinkholes creates good conditions for surface water infiltrates into the groundwater. Ground water quality depends not only on the anthropogenic impact, but also on many other factors. Due to warmer winters, soil frost duration shortened, while depth of the frost decreased, frequent thaws increased feeding aquifer in the winter.

The objective of this paper is on the basis of long-term studies to determine the nitrate concentration change in groundwater in the karst zone.

The studies were carried out in moraine loam and sandy loam of active karst zone in 1998-2011. The site is situated at the headwaters of stream G-1 tributary of the Apaščia, in Biržai district.

Well 1 (depth $h = 10.5$ m) installed near 20 m from the sinkhole, well 2 ($h = 8.8$ m) installed near the sinkhole (the few old merged sinkholes). The sinkhole peat – filled, overgrown with trees and shrubs, it is dry in the summer.

In well 1 nitrate (NO_3) concentration was from 0.0 to 41.17 mg/l (average 7.11 mg / l), in well 2 - from 0.0 to 37.19 mg/l (average 7.12 mg/l) and drinking water did not exceed the maximum allowed. In well 1 very good quality water ($\text{NO}_3 < 20$ mg/l) was in 86% of measurements and in the well 2 was 95% of the measurements have determined.

In study period, NO_3 concentrations observed downward trend in the both well.

Groundwater, nitrate, karst zone

Gauta 2015 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2015 m. balandžio mėn.

Aurelija RUDZIANSKAITE. Aleksandro Stulginskio universiteto Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakulteto Vandens išteklių inžinerijos instituto vyresnioji mokslo darbuotoja, technologijos mokslų daktarė. Adresas: Universiteto g. 10, LT-53361 Akademija, Kauno r., el. paštas: Aurelija.Rudzianskaite@asu.lt.
Aurelija RUDZIANSKAITE. Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Institute of Water Resources Engineering, senior researcher, doctor of technology sciences. Address: Universiteto 10, LT-53361 Akademija, Kaunas distr., e-mail: Aurelija.Rudzianskaite@asu.lt.