

FLUORIDŲ ŠALINIMO IŠ POŽEMINIO VANDENS TYRIMAI

Miglė BIRGĖLAITĖ¹, Marina VALENTUKEVIČIENĖ²

VG TU AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra

El. paštas: ¹migle.birgelaite@vanduo.lt; ²marina.valentukeviciene@vgtu.lt

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama, ar galima sumažinti fluoridų koncentracijas požeminiame geriamajame vandenyje, naudojant adsorbcijos procesą su sorbentais. Tyrimo metu buvo išbandyti šie sorbentai: polonitas, iškaitintos kriauklės, betonitas, apdorotos geležies prisotintos paplavos bei išdegtas molio ir paplavų mišinys. Patikrinus sorbentus, dėl geriausių sorbcinių savybių tolesnius tyrimus buvo pasirinkta atlikti su iškaitintu molio ir paplavų mišinio sorbentu. Minėto sorbento gamybai naudojamos apdorotos geležies prisotintos paplavos, kurios susidaro plovimo metu vandens gerinimo įrenginiuose ir molio milteliai, skirti keramikai gaminti. Vanduo tyrimams atlikti buvo paimtas iš Kalotės vandens ruošyklos gręžinio. Atlikus eksperimentą buvo nustatyta, kad 60–78 % fluoridų yra pašalinama iš požeminio vandens, vidutinė sorbento sorbcinė geba lygi $6,6 \cdot 10^{-3}$ mg/g, sorbento atsigavimo laipsnis jį regeneruojant su natrio šarmo tirpalu yra 39,3 %. Tyrimo metu buvo išmatuotas visų mėginių pH, elektrinis laidis, temperatūra.

Reikšminiai žodžiai: fluoridų šalinimas, adsorbcija, požeminio vandens gerinimas, paplavų ir molio sorbentas, sorbcinė geba.

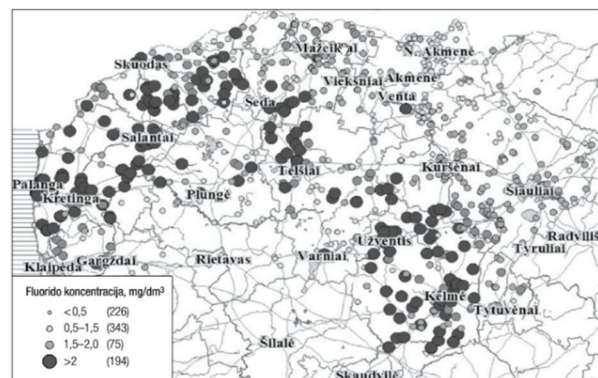
Įvadas

Lietuvoje pagrindinis geriamojo vandens šaltinis yra požeminis vanduo. Požeminio vandens mineralizacija ir cheminė sudėtis įvairiuose vandeninguose horizontuose bei jų dalyse yra nevienoda. Sudėtį lemia gamtiniai ir antropogeniniai veiksniai, o kokybę formuoja ištirpę cheminiai junginiai. Vakariniėje Lietuvos dalyje požeminiame vandenyje aptinkama toksinių rodiklių – fluoridų jonų. Klaipėdos, Kretingos, Skuodo, Plungės, Telšių ir Kelmės rajonuose (1 paveikslas) apie 49 % vandens analizių fluoridų koncentracijos buvo didesnės nei 2 mg/l, o toks vanduo yra jau netinkamas vartoti (Balčiūnienė, Milčuvienė, Giedraitienė ir Kadūnas, 2001).

Šalinant fluoridus iki 1,5 mg/l iš požeminio vandens, pagrindinis tikslas yra tas, kad geriamasis vanduo, kuris tiekiamas vartotojams, būtų išvalytas iki higienos normos HN 24:2017 reikalavimų. Fluoridų iš požeminio vandens šalinimas gali būti adsorbcija ir/ar jonų mainų būdai (Agarwal, Rai, Shrivastay ir Dass, 2003), naudojant koaguliaciją ir nusodinimą, taikant elektrocheminį metodą, taip pat taikant membranų technologijas. Dažniausiai Lietuvoje esančiose vandens ruošyklose naudojama fluoridų iš požeminio vandens šalinimui taikoma atvirkštinio osmoso

technologija. Ši technologija, nors ir yra itin efektyvi, tačiau labai neekonomiška, todėl norima ištirti adsorbcinių fluoridų šalinimo būdą, patikrinant, kuris būdas yra ekonomiškesisnis.

Darbe nagrinėjamas fluoridų jonų šalinimas ruošiamajame vandenyje naudojant iškaitintų paplavų ir molio mišinio adsorbcinį užpildą, atsižvelgus į filtravimo užpildo kiekį, pH vertę, elektrinį laidį bei fluoridų koncentracijos kitimą, naudojant sorbcinį užpildą.



1 paveikslas. Fluoridų koncentracijų pasiskirstymas Lietuvos požeminiame vandenyje (Klimas, 2005)

Tyrimų tikslas – nustatyti adsorbacinio užpildo fluoridų šalinimo efektyvumą iš požeminio vandens, kad būtų pasiekta leistina pagal higienos normas fluoridų koncentracija, norint nustatyti sorbento sorbcinę gebą, esant naujam užpildui ir jį regeneravus.

Tyrimo objektas ir metodika

Eksperto metu buvo tiriamas Klaipėdos rajono Kalotės miestelio vandenvietės gręžinio Nr. 11515 vanduo. AB „Klaipėdos vanduo“ mėginio vandens tyrimų metu (tyrimai atlikti 2016 m. rugpjūčio 1 d.) nustatyta, kad fluoridų koncentracija siekia 2,98 mg/l. Vilniaus Gedimino technikos universiteto laboratorijoje nustatytos tiriamajame vandenyje fluoridų koncentracijos nuo 2,3 mg/l iki 2,98 mg/l. Kadangi fluoridų koncentracijos reikšmė yra didesnė už 1,5 mg/l leistiną normą, vanduo yra tinkamas tyrimams atlikti.

Prieš atliekant detalesnius fluoridų jonų šalinimo iš vandens tyrimus ir pasirenkant vieną sorbcinį užpildą, patikrinami sorbciniai užpildai:

- Polonitas;
- Išdegintos kriauklės;
- Betonitas;
- Apdorotos geležies prisotintos paplavos;
- Išdegintas molio ir paplavų mišinys.

Tolesniems fluoridų šalinimo iš požeminio vandens tyrimams pasirenkamas adsorbacinis deginto molio ir paplavų mišinio užpildas. Pagaminto užpildo sudėtyje yra apie 60 % molio ir apie 40 % paplavų.

Pradinis smėlio–molio mišinys kartu su paplavomis džiovinami esant 100–105 °C temperatūrai, po to mišinys sijojamas per 0,63 mm sietą. Iš pradžių sausas komponentų mišinys yra sumaišomas, tada drėkinamas tol, kol tampa tinkamas formavimui. Sudrėkinta molio smėlio ir paplavų masė yra laikoma tris dienas drėgnoje aplinkoje (drėgnumas 95±5%), kad per šį laikotarpį drėgmė galėtų tolygiai pasiskirstyti. Po trijų kietėjimo dienų iš formavimo masės yra suformuojami 70×70×70 mm dirbiniai.

Iš pradžių pagaminti dirbiniai išdžiovinami natūraliomis sąlygomis laboratorijoje, vėliau jie dar dvi dienas džiovinami elektriniu džiovintuvu. Pirmąją dieną šiame džiovintuve mėginiai džiovinami 60±5 °C temperatūroje, kitą dieną – 105±5 °C. Mėginių deginimas atliekamas esant 1000 °C ir 1050 °C laipsnių temperatūrai, degimo laikas apie 34 val., iš jų 4 val. išlaikant didžiausią deginimo temperatūrą. Išdegti dirbiniai atvėsinami ir susmulkinami žiauniniu smulkintuvu, taip pagaminant sorbcinį užpildą (2 paveikslas).



2 paveikslas. Sorbcinis užpildas iš molio ir paplavų mišinio

Ekspertas pradamas nuo užpildo paruošimo. Užpildui naudojamas deginto molio ir vandens ruošimo paplavų mišinys. Pasirinkta užpildo frakcija intervale nuo 0,6 mm iki 3,15 mm dydžio dalelės. Išskyrus tinkamą frakciją su reikiamos frakcijos sietais, užpildas praplaunamas iki skaidraus filtrato.

Mažesniems kiekiams pamatuoti naudojami vienodo tūrio matavimo indai, į kuriuos įpilama po 1,0 l tiriamojo vandens ir įdedami skirtingi deginto molio ir paplavų mišinio užpildo kiekiai (0,5 g, 1 g, 2 g, 2,5 g, 3 g, 4 g). Šiuose matavimo induose esantis tiriamasis vanduo ir adsorbacinis užpildas yra maišomi maišyklėmis 20 min 120 aps/min greičiu. Po maišymo 15 min palaukiama, kol nusistovės vanduo, ir tada pamatuojama fluoridų jonų koncentracija vandenyje panaudojant MERC sistemos testus (matuojama spektrofotometru (modelis *Spectroquant NOVA 60*)). Taip pat pamatuojama pH vertė, elektrinis laidis ir temperatūra.

Didesniam sorbcinio užpildo kiekiui tirti švarus užpildas supilamas į kolonėlę ir užpilamas tiriamuoju vandeniu. Po 20 min kontaktinio laiko su adsorbciniu užpildu, tiriamasis vanduo nupilamas atsukus išleidimo sklendę. Palaukus 15 min, kol nusistovės vanduo, nustatoma fluoridų koncentracija vandenyje panaudojant MERCK sistemos testus (matuojama spektrofotometru (modelis *Spectroquant NOVA 60*)). Taip pat pamatuojama pH vertė, elektrinis laidis ir temperatūra.

Norint nustatyti, kokia yra sorbcinio užpildo sorbcinė geba, nepakeičiant adsorbertyje panaudoto užpildo, anksčiau aprašytas bandymas kartojamas tol, kol tiriamajame vandenyje fluoridų koncentracija nesumažėja iki higienos normos (HN 24:2017) nustatytos ribos.

Naudojant gautus rezultatus, nustatoma fluoridų šalinimo priklausomybė nuo esančio adsorbacinio užpildo kiekio bei tiriamojo užpildo sorbcinė geba, kuri apskaičiuojama:

$$q = (c_o - c) \cdot V/m, \text{ mg/g}, \quad (1)$$

čia: q – adsorbuotos medžiagos kiekis, mg/g; V – tiriamojo vandens tūris, l; c_o – pradinė fluoridų koncentracija, mg/l;

c – fluoridų koncentracija po adsorbcijos, mg/l; m – sauso sorbento masė, g.

Naudojant gautus rezultatus, nustatoma sorbcinio užpildo išvalymo laipsnis:

$$IL = [(c_o - c) / c_o] \cdot 100, \% \quad (2)$$

čia IL – sorbcinio užpildo išvalymo laipsnis, %.

Kai sorbcinis užpildas nebeadsorbuoja fluoridų, užpildui regeneruoti panaudojamas natrio šarmo (NaOH) 10 % tirpalas (Singh, J., Singh, P. ir Singh, A., 2013). Natrio šarmo tirpalas supilamas į adsorberį taip, kad būtų apsemtas visas adsorbcinis užpildas. Po 30 min regeneracinis tirpalas išleidžiamas, sorbcinis užpildas praplaunamas. Užpilamas tiriamasis vanduo ir po 20 min kontaktnio laiko su adsorbciniu užpildu nupilamas atsukus išleidimo sklendę. Palaikus 15 min, kol vanduo nusistovės, nustatoma fluoridų koncentracija.

Nustatomas sorbcinės gebos atsistatymo laipsnis AL , atsistatymas laikomas 100 %, kai regeneravus sorbcinį užpildą gaunama pradinė apskaičiuota sorbcinė geba:

$$AL = q_{reg} / q_{pr} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

čia: AL – sorbcinės gebos atsistatymo laipsnis, %; q_{pr} – pradinė apskaičiuota sorbcinė geba, mg/g; q_{reg} – regeneruoto užpildo sorbcinė geba, mg/g.

Norint išsiaiškinti esamą situaciją apie Vakarų Lietuvoje fluoridų šalinimą iš požeminio vandens, vandens tiekimo įmonėms buvo pateikti klausimynai. Klausimynai buvo išsiųsti 5 Lietuvos vandentvarkos įmonėms, kurios iš požeminio vandens šalina fluoridus.

Buvo pateikti tokie klausimai:

1. Kiek vandens per parą paruošia membraniniai įrenginiai?

2. Kaip dažnai yra plaunami membraniniai įrenginiai?

3. Kiek vandens procentais atmeta su koncentruotais tirpalais membranas?

4. Kiek vandens nuostolių (procentais) susidaro ruošiant vandenį naudojant membraninius įrenginius?

Iš atsakymų siekta nustatyti, kokie nuostoliai nuo pakelto vandens kiekio yra patiriami dėl atvirkštinės osmozės įrenginių naudojimo ir kokios išlaidos susidaro dėl šių nuostolių. Gavus atsakymus iš fluoridų šalinančių vandens ruošimo įrenginių, rezultatai buvo apibendrinti.

Tyrimų rezultatai ir jų analizė

Prieš išsirenkant tolesniems tyrimams sorbcinį užpildą, patikrinami skirtingi sorbciniai užpildai: polonitas, išdegintos kriauklės, betonitas, apdorotos geležies prisotintos paplavos, išdegintas molio ir paplavų mišinys.

Norint patikrinti, ar pasirinktas užpildas yra tinkamas iš požeminio vandens šalinti fluoridų jonus, visas adsorberis buvo pripildytas tiriamojo sorbcinio užpildo ir vandens. Po 20 min kontakto pamatuota fluoridų koncentracija vandenyje. Tyrimų rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Skirtingų sorbcinių užpildų bandymai

Užpildas	Pradinė F- koncentracija, mg/l	F- koncentracija po 20 min, mg/l
Polonitas	2,98	2,53
Išdegintos kriauklės	2,98	2,98
Betonitas	2,97	2,71
Apdorotos geležies prisotintos paplavos	2,88	1,56
Išdegintas molio ir paplavų mišinys	2,76	1,33

Nustatyta, kad polonito, išdegintų kriauklių, betonito sorbciniai užpildai yra netinkami fluoridams šalinti. Tik apdorotos geležies prisotintos paplavos ir išdegintų molio ir paplavų mišinio užpildai yra tinkami fluoridams šalinti iš vandens, nes fluoridų koncentracija sumažėja iki higienos normos nustatytos vertės. Tolesniems tyrimams pasirinkta naudoti išdeginto molio ir paplavų mišinio sorbcinį užpildą, nes šis užpildas geriausiai iš vandens pašalina fluoridų jonus.

Sorbacinio užpildo gamybai buvo sunaudota 2,4 kg molio ir 1,6 kg sausų išdegintų paplavų. Sausajame mišinyje molio dalis sudarė 60 %, o paplavų – 40 %. Iš šio kiekio gauta 2,114 kg sorbcinio užpildo.

Išskiriama frakcija nuo 0,6 mm iki 3,15 mm dydžio dalelių. Atliekamas sausasis sijojimas ir pasveriami išsijotų dalelių masė. Procentais išreiškiama kiekviena išsijota frakcijos dalis. Svėrimo rezultatai užrašyti į 2 lentelę.

2 lentelė. Užpildo granulimetrinė analizė

Sieto akučių skersmuo, mm	Bendra užpildo masė md , g	Atskirų frakcijų masė mn , g	Frakcijos dalis fd , %
>3,15	2144	43,8	2,0
0,6–3,15		2020,5	94,2
<0,6		79,7	3,7

Didžiausia frakcijos dalis (>3,15 mm dydžio dalelės) ir mažiausia frakcijos dalis (<0,6 mm dydžio dalelės) adsorberijoje kaip užpildas nebus naudojami. 94,2 % pagaminto užpildo yra tinkami naudojant jį adsorberijoje.

Mažesniems sorbento kiekiams ištirti naudojami vienodo tūrio matavimo indai, į kuriuos įpilama po 1,0 l tiriamojo vandens ir įdedami skirtingi deginto molio ir paplavų mišinio užpildo kiekiai (0,5 g, 1 g, 2 g, 2,5 g, 3 g,

4 g). Šiuose matavimo induose esantis tiriamasis vanduo ir adsorbacinis užpildas yra maišomi maišyklėmis 20 min 120 aps./min greičiu, tada vandenyje pamatuojama fluoridų jonų koncentracija (3 lentelė).

3 lentelė. Tyrimų rezultatai naudojant maišyklę

Sorbento masė, g	0,5	1	2	2,5	3	4
Pradinė F- koncentracija, mg/l	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56	2,56
F- koncentracija po 20 min mg/l	2,56	2,42	2,48	2,44	2,41	2,39
Pradinė pH koncentracija	7,85	7,85	7,85	7,88	7,87	7,87
pH koncentracija po 20 min	8,28	8,26	8,25	8,3	8,28	8,28
Pradinis SEL, $\mu\text{S}/\text{cm}$	865	865	871	871	871	872
SEL po 20 min, $\mu\text{S}/\text{cm}$	870	878	892	897	896	900
T, $^{\circ}\text{C}$	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5

Didesniam sorbcinio užpildo kiekiui ištirti pusė adsorberio tūrio (aukštis 22 cm, vidinis skersmuo – 4,6 cm, pusės kolonėlės tūris – 365,4 cm³) pripildoma adsorbacinio užpildo. Kolonėlė su užpildu praplaunama 6 l distiliuotu vandeniu. Bandymų rezultatai pateikti 4 lentelėje.

Fluoridų jonų koncentracija tiesiogiai mažėjo, didėjant sorbento kiekiui tiriamajame vandenyje. Didėjant sorbcinio užpildo kiekiui, didėjo pH ir elektrinio laidžio reikšmės.

4 lentelė. Tyrimų rezultatai naudojant adsorberį

Laikas	F ⁻ koncentracija, mg/l	pH	SEL, $\mu\text{S}/\text{cm}$	T, $^{\circ}\text{C}$
1 bandymas				
1 užpylimas				
0 min	2,76	7,8	869	18,8
20 min	1,33	8,1	1102	18,8
2 užpylimas				
0 min	2,76	7,8	869	18,8
20 min	2,54	8,14	1043	19,0
2 bandymas				
1 užpylimas				
0 min	2,5	7,98	869	19,0
20 min	1,05	8,16	1038	19,0
2 užpylimas				
0 min	2,5	7,98	869	19,0
20 min	2,2	8,16	1121	19,1

4 lentelės pabaiga

3 bandymas				
1 užpylimas				
0 min	2,44	8,0	869	19,0
20 min	1,28	7,96	1116	19,0
2 užpylimas				
0 min	2,44	8,0	869	19,0
20 min	1,69	7,93	1277	19,1

Pirmojo bandymo metu, kai naudojama 248 g sorbento ir 0,54 l tiriamojo vandens, sorbcinis užpildas iš tiriamojo vandens adsorbavo 1,43 mg ir 0,22 mg fluoridų kiekį. Apskaičiuojama sorbcinė geba lygi $7,2 \cdot 10^{-3}$ mg/g. ir išvalymo laipsnis lygus 59,8 %.

Antrojo bandymo metu naudojant 265 g sorbento ir 0,46 l tiriamojo vandens, sorbcinis užpildas iš tiriamojo vandens adsorbavo 1,45 mg ir 0,3 mg fluoridų kiekį. Apskaičiuojama sorbcinė geba lygi $6,1 \cdot 10^{-3}$ mg/g. ir išvalymo laipsnis lygus 70 %.

Trečiojo bandymo metu, naudojant 280 g sorbento ir 0,47 l tiriamojo vandens, sorbcinis užpildas iš tiriamojo vandens adsorbavo 1,16 mg ir 0,75 mg fluoridų kiekį. Apskaičiuojama sorbcinė geba lygi $6,4 \cdot 10^{-3}$ mg/g. ir išvalymo laipsnis lygus 78,3 %.

Vidutinė sorbcinio užpildo sorbcinė geba lygi $6,6 \cdot 10^{-3}$ mg/g. Naudojamo sorbcinio užpildo fluoridų išvalymo laipsnis siekia 60–78 %, dažniausiai išgaunamame požeminiame vandenyje reikia pašalinti 13–33 % esančių fluoridų, todėl sorbcinio užpildo išvalymo laipsnis yra pakankamas.

Po trijų bandymų nustatyta, kad jau po antrojo užpylimo sorbentas nebeadsorbuoja fluoridų jonų, todėl užpildas regeneruojamas. Užpildui regeneruoti panaudojamas natrio šarmo (NaOH) 10 % tirpalas. Pradinė fluoridų koncentracija tiriamajame vandenyje siekė 2,65 mg/l. Pripildžius adsorberį tiriamojo vandens, po 20 min kontaktinio laiko fluoridų koncentracija sumažėjo iki 1,99 mg/l. Antrą kartą pakartojus bandymą su jau prieš tai panaudotu tiriamuoju vandeniu, dar po 20 min kontaktinio laiko fluoridų koncentracija sumažėjo iki 1,90 mg/l. Rezultatai surašyti į 5 lentelę.

Regeneravus užpildą su natrio šarmo tirpalu, užpildas neatsigaivina visiškai. Nustatyta panaudoto užpildo sorbcinė geba jį regeneravus pirmojo bandymo metu yra $2,6 \cdot 10^{-3}$ mg/g, antrojo bandymo metu – $2,2 \cdot 10^{-3}$ mg/g. Apskaičiavus gauta, kad regeneruotas 1 g sorbento vidutiniškai adsorbuoja $2,4 \cdot 10^{-3}$ mg fluoridų ir tai yra apie 2,5 karto mažiau nei naujo sorbcinio užpildo sorbcinė geba.

skaičiavus gauta, kad regeneruotas 1 g sorbento vidutiniškai adsorbuoja $2,4 \cdot 10^{-3}$ mg fluoridų ir tai yra apie 2,5 karto mažiau nei naujo sorbcinio užpildo sorbcinė geba.

5 lentelė. Sorbcinio užpildo regeneravimo tyrimai

Laikas	F ⁻ koncentracija, mg/l	pH	SEL, μS/cm	T, °C
1 bandymas				
0 min	2,65	7,98	866	18,9
20 min	1,99	8,96	965	18,9
40 min	1,90	9,35	1038	19,1
2 bandymas				
0 min	2,44	8,00	869	19,0
20 min	1,85	8,99	959	19,0
40 min	1,80	9,40	1020	19,0

Naudojamo sorbcinio užpildo fluoridų išvalymo laipsnis siekia 26÷28 %, dažniausiai išgaunamame požeminiame vandenyje reikia pašalinti 13–33 % esančių fluoridų, todėl sorbcinio užpildo išvalymo laipsnis regeneravus nėra pakankamas. Regeneravus užpildą, jis atsistato tik 39,3 %, jo išvalymo laipsnis, palyginti su pradine adsorbicine geba, yra mažas, todėl tolesniam fluoridų šalinimui iš požeminio vandens nėra tinkamas.

Išvados

1. Eksperimentai įrodė galimybę pašalinti fluoridų jonus iš požeminio vandens laboratorinėmis sąlygomis esant fluoridų jonų koncentracijai nuo 2,3 mg/l iki 2,98 mg/l, po filtravimo pro išdegintą sorbcinį molio ir paplavų mišinio (0,6 mm–3,15 mm) 220 mm aukščio užpildą fluoridų jonų filtruotame vandenyje pašalina iki higienos normos nustatytų reikalavimų – 1,5 mg/l.

2. Apskaičiavus gauta, kad 1 g sorbento vidutiniškai adsorbuoja $6,6 \cdot 10^{-3}$ mg/g fluoridų.

3. Naudojamo sorbcinio užpildo fluoridų išvalymo laipsnis siekia 60–78 %, dažniausiai išgaunamame požeminiame vandenyje reikia pašalinti 13–33 % esančių fluoridų, todėl sorbcinio užpildo išvalymo laipsnis yra pakankamas.

4. Regeneruojant užpildą, jis atsistato tik 39,3 %, jo išvalymo laipsnis, palyginti su pradine adsorbicine geba, yra mažas, todėl tolesniam fluoridų šalinimui iš požeminio vandens nėra tinkamas. Pasibaigus sorbcinio užpildo gebai, užpildas yra nebetinkamas naudoti ir turi būti pakeistas į naują.

5. Pateikus klausimynus vandens tiekimo įmonėms, kurios ruošdamos vandenį vartotojams šalina fluoridus iš žalio požeminio vandens, nustatyta, kad bendram vandens

poreikiui 17–42 % sudaro atvirkštinio osmoso įrenginiais paruoštas vanduo, todėl susidaro iki 25 % vandens nuostolių nuo bendro vartotojams pakelto vandens kiekio.

Padėkos

Autoriai nuoširdžiai dėkoja įmonei AB „Klaipėdos vanduo“ už bendradarbiavimą ir požeminio vandens, turinčio fluoridų jonų, mėginius, taip pat UAB „Vilniaus vandenys“ už pagalbą suteikiant apdorotų geležies prisotintų paplavų mėginius.

Literatūra

- Agarwal, M., Rai, K., Shrivastav, R., & Dass, S. (2003). Defluoridation of water using amended clay. *Journal of Cleaner Production*, 11, 439-444. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00065-3](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00065-3)
- Balčiūnienė, I., Milčuvienė, S., Giedraitienė, J. ir Kadūnas, K. (2001). *Ėduonies profilaktika ir fluoridas gėlame požeminiame Vakarų Lietuvos vandenyje: Praktikos vadovas*. Vilnius. 37 p.
- Klimas, A. (2005). *Vandens kokybė Lietuvos vandenvietėse. Pokyčių studija*. Vilnius. 487 p.
- Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. (2003). Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai (Lietuvos higienos norma 24:2017). *Valstybės žinios*, 2003-08-13, Nr. 79-3606.
- Singh, J., Singh, P., & Singh, A. (2013). Fluoride ions vs removal technologies: A study. *Arabian Journal of Chemistry*, 9(6), 815-824. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.06.005>

INVESTIGATION OF FLUORIDE REMOVAL FROM UNDERGROUND WATER

M. Birgėlaitė, M. Valentukevičienė

Summary

The paper examines whether it is possible to reduce fluoride ion concentrations in underground drinking water using adsorption. Polonite, sintered shells, betonite, treated iron-coated backwash sediments and a mixture of burnt clay and backwash sediments were tested as sorbents in the current research. Further investigations were made into the mixture of burnt clay and backwash sediments, characterised by best sorption properties in comparison to other sorbents. Water for the research was taken from the Kalotė water treatment plant borehole. Electrical conductivity, pH, and temperature were measured in all samples. The experiment showed that 60–78% of fluorides are eliminated from groundwater, the average sorbent capacity is $6.6 \cdot 10^{-3}$ mg/g, and the degree of recovery of the sorbent by regeneration with sodium hydroxide solution is 39.3%.

Keywords: fluoride removal, adsorption, groundwater treatment, sorbent of backwash and clay mixture, sorption capacity.