



AKMENIŲ EROZINIO KLONIO SAPROPELIO GEOCHEMINĖS SUDĖTIES TYRIMAI

Ligita BIKELYTĖ¹, Vaidotas VALSKYS², Gytautas IGNATAVIČIUS³,
Marijus PILECKAS⁴, Zenonas GULBINAS⁵

VU GMC Biomokslų institutas

*El. paštas: ¹ligita.bikelyte@gmail.com; ²vaidas.valskys@gmail.com; ³gytautas.ignatavicius@gf.vu.lt;
⁴marijus.pileckas@leu.lt; ⁵zenonas.gulbinas@leu.lt*

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama Akmenių erozinio klonio sapropelio geocheminė sudėtis ir užterštumas minerogeniniais ir sunkiaisiais metalais. Tyrimai atlikti rentgeno fluorescenciniu spektrometru *Niton XL2*. Analizuojami kokybiniai Šamuko, Antakmenių ir Drabužaičio ežerų parametrai: minerogeninių elementų (Rb, Zr, Sr) ir sunkiųjų metalų (As, Cr, Cu, Zn, Pb) koncentracijų pasiskirstymas paviršiniuose (0,0–0,6 m) ir giluminiuose (0,6–2,0 m) sluoksniuose. Pateikiami ir aptariami tyrimų duomenys, kurie lyginami su aplinkosauginiais normatyvais (foninėmis ir didžiausiomis leistinomis koncentracijomis (DLK)) bei rodikliais: suminiu užterštumu (Zd) ir praturtinimo faktoriumi (EF). Tyrimų rezultatai ir jų analizė leidžia nustatyti ežerų būklę, juose vykstančius procesus ir pokyčius per kelių šimtų metų laikotarpį.

Reikšminiai žodžiai: sapropelis, dugno nuosėdos, rentgeno fluorescencinė spektrometrija, minerogeniniai elementai, sunkieji metalai, koncentracijos, suminis užterštumas, praturtinimo faktorius.

Įvadas

Ežerai – tai esminė Lietuvos kraštovaizdžio dalis, kuri formuoja estetinę, kultūrinę, rekreacinę, ūkinę, gamtosauginę bei komercinę vertę (Balevičius, Ciunys ir Bukelskis, 2009). Įvairių tyrimų rezultatai rodo, kad ežerai nuo pat žmonių įsikūrimo šalies teritorijoje yra nepaprastai svarbūs. Žmonės įkurdavo savo gyvenvietes šalia ežerų ir taip galėjo apsirūpinti maistu bei gynyba nuo plėšrūnų. Toliau vystantis ūkiui ir technologijoms, ežerų panaudojimas augo. Ežerų vanduo vis dažniau buvo naudojamas pramonės, energetikos bei laukų drėkinimo reikmėms. Pramonės ir žemės ūkio srityse naudojamas vanduo ir į ežerus išleidžiamos nuotekos sukėlė ežerų aplinkos taršą, ekosistemos žalą ir nykimą (Daubarienė ir Valiuškevičius, 2012).

Šiuo laikotarpiu yra atliekama daug tyrimų su ežerų dugno nuosėdomis, norint nustatyti jų užterštumą sunkiaisiais metalais ir įvertinti ežero ekologinę būklę. Vienas iš tyrimų: sunkiųjų metalų pasiskirstymas Talkšos ežero dugno nuosėdose (Kozlovska, Petraitis ir Šerevičienė, 2012). Tiriama vario (Cu), cinko (Zn), chromo (Cr), nikelio (Ni), švino (Pb) ir mangano (Mn) kiekiai. Buvo pastebėta, kad, palyginti su paviršiniu sluoksniu,

daugumos sunkiųjų metalų kiekis sapropelyje sumažėja. Mažiausia sunkiųjų metalų koncentracija yra 200–250 cm gylyje (Kozlovska et al., 2012).

Kaimyninės šalies Latvijos ežerų (Padėlis, Pilcines ir Pilveļu) dugno nuosėdų profiliuose nustatyti 13 elementų koncentracijų pasiskirstymai. Jų koncentracijos yra susijusios su pagrindinėmis cheminėmis savybėmis sapropelyje – tai drėgmė, organinės medžiagos, karbonatų kiekis ir elementinė sudėtis. Iš tirtųjų ežerų duomenų matyti, kad sapropelis nėra užterštas pramoniniais šaltiniais ir gali būti laikomas perspektyvia medžiaga žemės ūkiui ir kitoms reikmėms (Stankevica, Kalvins ir Rutina, 2012).

Sapropelis – bestruktūrė, koloidinės sandaros vienalytė ar mikrosluoksniuota ežerų nuosėda, primenanti nuo skystų drebučių iki tankios, plastiškos arba purios, daugiausia tamsios spalvos konsistencijos vienalytę ar mikrosluoksniuotą ežerų nuosėdą, turinčią ne mažiau kaip 15 % organinės kilmės medžiagos (Geologijos tarnyba 2016). Ežerų sapropelio sudėtis atspindi aplinkos pokyčius ir poveikį ežerų ekosistemoms. Per pastaruosius šimtmečius sapropelio sudėčiai įtakos turėjo nenuoseklūs

miesto ir pramonės pokyčiai (Stankevica, Kalvins, Kalnina ir Cerina, 2015).

Trakų rajone, Aukštadvario regioniniame parke esantys ežerai: Šamukas, Antakmenių ir Drabužaitis telkšo tame pačiame dubaklonyje, kuris geologų vadinamas Akmenių eroziniu kloniu. Šie ežerai yra skirtingi savo gyliu, dydžiu, forma, nuotakumu ir naudojimu. Antakmenių ežeras yra didžiausias ir sudėtingiausios formos (84,9 ha). Seklesni yra Šamukas (iki 8 metrų gylio) ir Drabužaitis (iki 6 metrų gylio). Šamuko ir Drabužaičio ežerai patenka į Strėvos, o Antakmenių – į Verknės upių baseinus. Antakmenių ežeras yra labiau paveiktas ir pertvarkytas žmogaus veiklos. Šamukas ir Drabužaitis yra ganėtinai natūralūs ežerai, o ypač savo gamtinę aplinką yra išlaikęs Drabužaičio ežeras. Šiuos ežerus supa agrarinis kraštovaizdis: kaimai, sodybos ir žemės ūkio naudmenos.

Buvo tirti, tik ne taip detaliai, daugelis Aukštadvario regioninio parko didesniųjų ežerų. Daugiausia ežerų išmatuota per 1960 m. ir 1970 m. laikotarpį. Todėl šiuo metu prasipylusios šiuolaikinių tyrimų galimybės leidžia vėl atgaivinti ir toliau plėtoti informaciją apie šiuos ežerus.

Tiriami ežerų minerogeniniai elementai – rubidis (Rb), stroncis (Sr), cirkonis (Zr). Potencialiai antropogeniniai sunkieji metalai – arsenas (As), cinkas (Zn), chromas (Cr), švinas (Pb), varis (Cu).

Tokie minerogeniniai elementai, kaip Rb, Zr, Sr, gali būti gaminami iš uolienu natūralių atmosferos procesu metu. Rb, Zr, Sr buvimas šiuose ežeruose gali parodyti baseino žemėnaudos struktūros kaitą / pokyčius. Dėl atšalusio klimato ir sumažėjusios augalijos dangos padidėja cheminis ir fizinis dūlėjimas, kuris taip pat veikia minerogeninių elementų prietaką į ežero ekosistemą.

As, Cu, Zn, Pb, Cr koncentracijų padidėjimas gali būti siejamas su ežero vandens lygio svyravimais ir maisto medžiagų perdirbimu (Stankevica et al., 2012). Kai kuriuose ežerų sluoksniuose Zn koncentracija gali būti padidėjusi. Toks koncentracijos padidėjimas gali įvykti dėl natūralių uolienu dūlėjimo poveikio (Stankevica et al., 2012). Didelis As kiekis gaunamas iš tam tikrų trąšų ir gyvūnų pašarų. Todėl padidėjusi As koncentracija ežeruose gali susidaryti dėl netoliese vykdomos antropogeninės ir žemės ūkio veiklos. Pb pasklidimas į ežerų paviršinius sluoksnius gali būti paveiktas daugiausia dėl oro taršos, paviršinio vandens transporto ir automobilių vidaus degimo variklių (Stankevica et al., 2015).

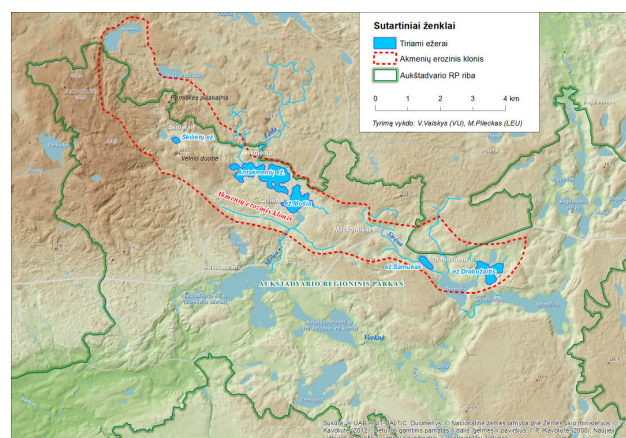
Rodikliai, tokie kaip Z_d ir EF, padeda greičiau ir tiksliau pamatyti sunkiųjų metalų buvimą ir poveikį

ežeruose. Suminis užterštumas (Z_d), laikomas vienu iš tiksliausių nustatytų nuosėdų užterštumo metalais ar kitais mikroelementais rodiklių, ir yra populiariausias Lietuvos mokslininkų indeksas (Z_d) (Raulinaitis, 2012). Praturtinimo koeficientas (EF) yra vienas iš plačiai naudojamų būdų apibūdinti antropogeninės taršos laipsnį, siekiant nustatyti praturtinimo koeficientus. Iš pradžių buvo sukurtas sudedamųjų dalių praturtinimo faktorius, kad būtų galima spręsti apie elementų kilmę atmosferoje, krituliuose arba jūros vandenyje, tačiau jis buvo palaipsniui išplėstas ir pritaikytas dirvožemio, ežerų nuosėdų, durpių, atliekų ir kitų aplinkos medžiagų tyrinėjimui. Praturtinimo faktorius yra patogi priemonė, naudojama geocheminėms tendencijoms ir palyginimui tarp sričių, kad būtų galima įvertinti užterštumo aplinkoje dydį (Goher, Farhat, Abdo ir Salem, 2014).

Tyrimo tikslas – įvertinti Šamuko, Antakmenių ir Drabužaičio ežerų dugno nuosėdų geocheminę sudėtį ir užterštumą minerogeniniais elementais ir sunkiaisiais metalais.

Metodika

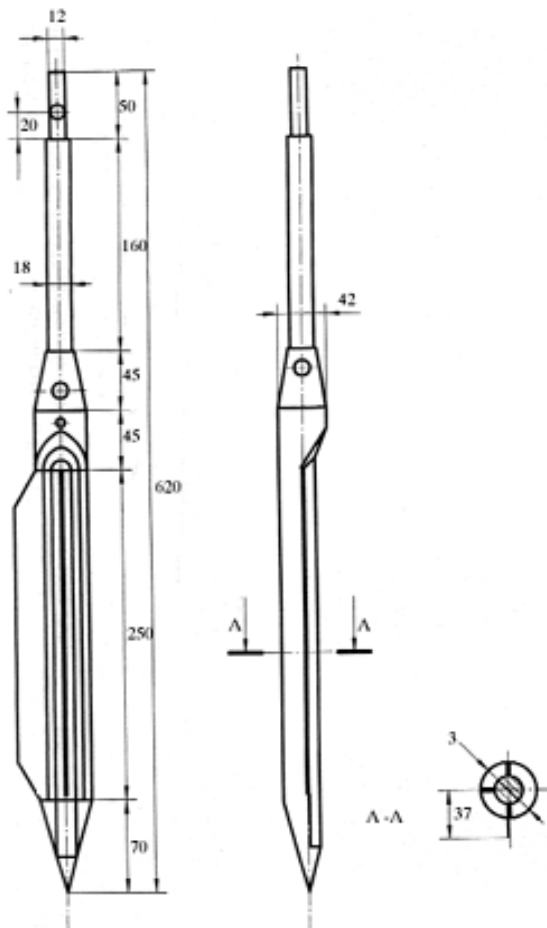
Tyrimai vykdyti Trakų rajone, Aukštadvario apylinkėse, Akmenių eroziniame klonyje. Jame telkšo Šamuko, Drabužaičio ir Antakmenių ežerai (1 paveikslas).



1 paveikslas. Tiriamų ežerų išsidėstymas Akmenių erozinio klonio geomorfologiniame mikrorajone

Mėginių ėmimas. Šamuko, Antakmenių ir Drabužaičio ežerų dugno nuosėdų mėginiai buvo renkami žiemą ledo durpių grąžtais (2 paveikslas). Norint gauti kuo detalesnius rezultatus ir jų analizę, mėginiai buvo imami 2,0 m sapropelio klodų kolonėle, kuri skaidoma kas 10 cm, taip suformuojant mėginius. Sapropelio mėginiai suskirstyti dviem sluoksniais – paviršinis (0,0–0,6 m) ir giluminis (0,6–2,0 m). Kiekvienas mėginys įdedamas į

atskirą polietilenu talpą, kad būtų išvengtas kryžminis užterštumas (Domaševičius, Giedraitienė, Gregorauskienė ir Kadūnas, 1999).



2 paveikslas. Dumblų sapropelio grąžtas stratifikuotai dumblo kolonėlei paimti (Domaševičius et al., 1999)

Mėginių paruošimas. Surinktieji mėginiai buvo transportuojami į laboratoriją. Ežerų dugno nuosėdos sudėtos į „Petri“ lėkštelę. Sudėtus mėginius reikėjo prieš ir po džiovavimo pasverti. Taip buvo norima sužinoti, koks drėgmės kiekis išgaravo iš sapropelio. Pasverti mėginiai buvo sudėti į džiovavimo spintą 9 valandoms džiuoti 110 °C temperatūroje iki pastovios masės. Vėliau išdžiovinti mėginiai buvo vėl pasverti ir toliau susmulkinti porceliano grūstuvėje iki vienalytės masės ir frakcionuojami per tris skirtingo aktyvumo sietus – 2,00 mm, 250 μm ir 125 μm tankumo tinkleliais. Po to sausas filtratas buvo subertas į specialias analizei paruoštas kapsules, kurios buvo įstatytos į spektrometrą. Mėginiai tirti *Thermo Scientific Niton® XL2* serijos rentgeno spindulių fluorescenciniu spektrometru.

Iš viso buvo tirti 28 elementai (Ca, K, S, As, Cd, Cu, Zn, Ba, Sb, Sn, Ag, Pd, Zr, Sr, Rb, Pb, Se, Hg, Au, W, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, V, Ti, Sc). Rezultatų analizei

atrinkti minerogeniniai elementai – Rb, Zr, Sr ir sunkieji metalai – As, Cu, Zn, Pb, Cr, kurie yra galimai antropogeninės kilmės ir potencialiai pavojingi.

Suminių užterštumo rodiklio (Z_d) ir praturtinimo faktoriaus (EF) nustatymo metodika. Tiriamųjų ežerų dugno nuosėdose gautos metalų (As, Cu, Zn, Pb, Cr) koncentracijos yra vertinamos pagal suminį užterštumo rodiklį Z_d . Jeigu dirvožemis yra užterštas ne viena chemine medžiaga arba cheminiu elementu (metalu), bet keliais, tuomet dirvožemio užterštumo laipsnis yra vertinamas pagal suminį užterštumo rodiklį Z_d , kuris lygus (HN 60:2004):

$$Z_d = \sum K_K - (n-1), \quad (1)$$

n – cheminių elementų skaičius; K_K – kiekvieno elemento koncentracijos koeficientas, kuris apskaičiuojamas kiekvienam tiriamam elementui atskirai. K_K parodo bandinyje nustatyto cheminio elemento kiekio santykį su foniniu ir yra apskaičiuojamas pagal formulę:

$$K_K = \frac{C_M}{C_F}, \quad (2)$$

C_M – cheminio elemento koncentracija mėginyje (mg/kg);
 C_F – cheminio elemento foninė koncentracija (mg/kg).

Atlikus suminių užterštumo vertinimą, nustatytos vertės yra lyginamos su Lietuvos Respublikos higienos normose apibrėžtomis vertėmis. Pagal tai nustatomas užterštumo laipsnis (kategorija): <16 – leistinas užterštumo laipsnis, 16–32 vidutinio pavojingumo, 32–128 pavojingas, >128 ypač pavojingas.

Praturtinimo faktorius (EF) (angl. *Enrichment Factor*) yra rodiklis, naudojamas norint įvertinti metalų buvimą ir antropogeninio užteršimo ant dirvožemio paviršiaus intensyvumą. Šis potencialus užterštumo rodiklis apskaičiuoja vieno metalo koncentraciją atsižvelgiant į etaloninio elemento koncentraciją. Etaloninis elementas – tai elementas, kuris yra ypač stabilus dirvožemyje. Jam būdingas vertikalaus judrumo ir / ar degradacijos reiškinų nebuvimas. Pasirinkta sudedamoji dalis taip pat turėtų būti susijusi su smulkesnėmis dalelėmis (su grūdelių dydžiu) ir jų koncentracija neturėtų būti antropogeniškai pakeista. Tipiniai elementai, naudojami daugelyje tyrimų, yra Al, Fe, Mn ir Rb, taip pat bendras organinės anglies ir grūdelių dydis yra tarp labiausiai naudojamų. Metalo praturtinimo faktorius (EF) apskaičiuojamas formule:

$$EF = \frac{(C_x / C_{Fe})_{\text{sample}}}{(C_x / C_{Fe})_{\text{average crust}}}, \quad (3)$$

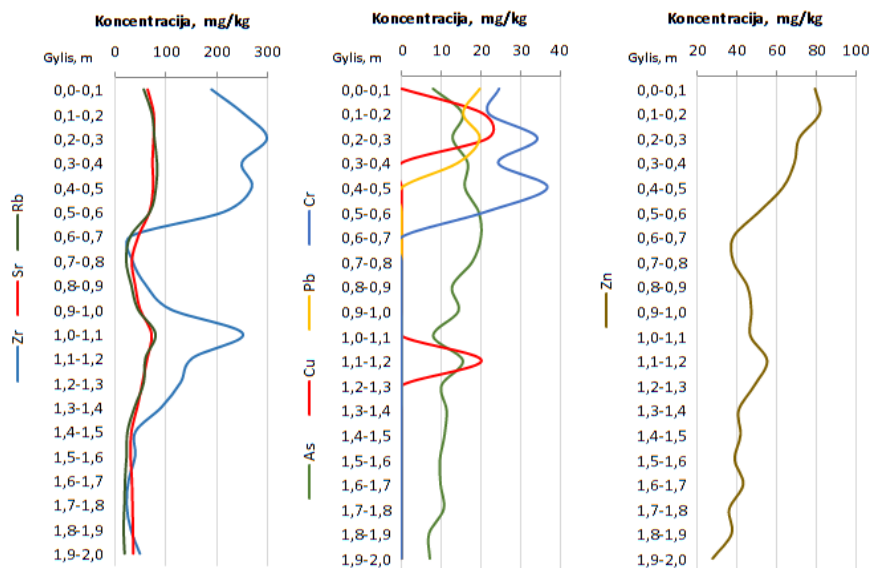
$(C_x / C_{Fe})_{\text{sample}}$ yra tiriamojo elemento (C_x) koncentracijos santykis su Fe (C_{Fe}) koncentracija mūsų tiriamajame nuosėdų mėginyje. $(C_x / C_{Fe})_{\text{average crust}}$ yra toks pat santykis neužterštoje etaloninėse bazėse. EF vertės: $EF < 2$ – trūksta iki minimalaus praturtėjimo, $2 < EF < 5$ – vidutinis praturtinimas, $5 < EF < 20$ – reikšmingas praturtėjimas, $20 < EF < 40$ – labai aukštas praturtinimas, $EF > 40$ – ypač aukštas praturtinimas (Barbieri, 2016).

Rezultatai ir jų analizė

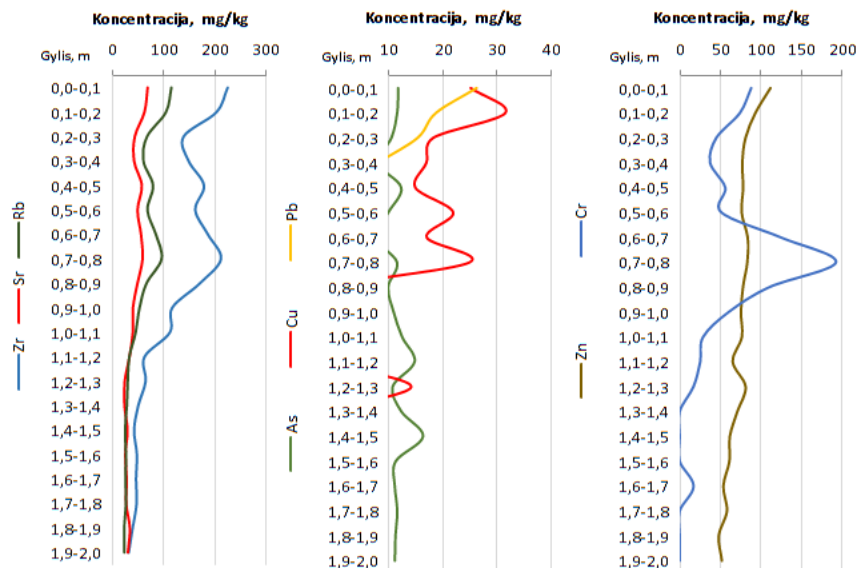
Atlikus mėginių analizę RFS metodu, buvo gautos sunkiųjų metalų koncentracijos. Pasirinkti nagrinėti šie mineralogeniniai elementai: Rb, Zr, Sr ir sunkieji metalai: As,

Cu, Zn, Pb, Cr. Šamuko, Antakmenių ir Drabužaičio ežeruose mineralogeninių elementų koncentracijos vyrauja daugiau paviršiniame sluoksnyje. Šamuko ir Antakmenių ežeruose akivaizdžiai matome, kad Zr koncentracija yra žymiai didesnė, nei Rb ir Sr. Vietomis Zr koncentracija yra net kelis kartus didesnė už kitų mineralogeninių metalų. Drabužaičio ežere Zr koncentracija yra didesnė už Rb ir Sr tik paviršiniame sluoksnyje, o giluminiame sluoksnyje jo koncentracija sumažėja apytiksliai 3 kartus (3, 4 ir 5 paveikslai).

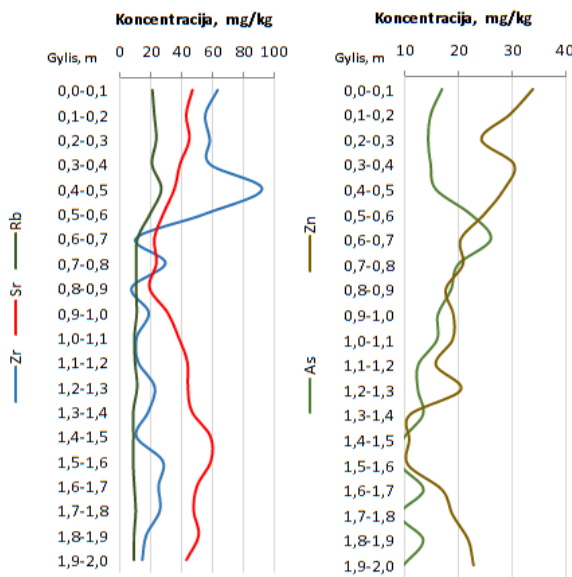
Šamuko, Antakmenių ir Drabužaičio ežero nuosėdose sunkiųjų metalų (As, Cu, Zn, Pb, Cr) koncentracijos paviršiniame sluoksnyje yra didžiausios, palyginti su



3 paveikslas. Šamuko ežero mineralogeninių elementų (Zr, Rb, Sr) ir sunkiųjų metalų (As, Cu, Zn, Pb, Cr) koncentracijos, mg/kg



4 paveikslas. Antakmenių ežero mineralogeninių elementų (Zr, Rb, Sr) ir sunkiųjų metalų (As, Cu, Zn, Pb, Cr) koncentracijos, mg/kg



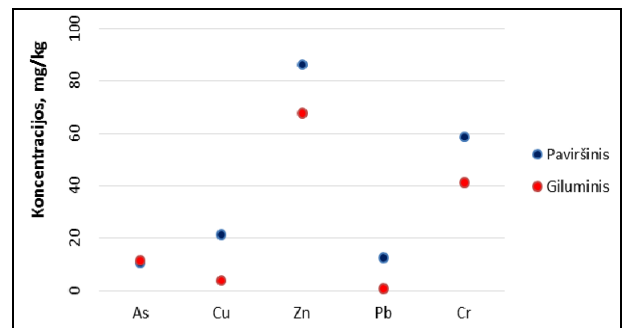
5 paveikslas. Drabužaičio ežero minerogeninių elementų (Zr, Rb, Sr) ir sunkiųjų metalų (As, Cu, Zn, Pb, Cr) koncentracijos, mg/kg

giluminiu sluoksniu (žr. 3, 4 ir 5 paveikslus). Šamuko ežere daugiausiai paviršiniame sluoksnyje aptikta Zn – jo koncentracija siekia 81,89 mg/kg. Matomas ryškesnis trijų sunkiųjų metalų As, Cu, Zn koncentracijų padidėjimas ties 1,1 m gyliu. Pb ir Cr koncentracijos giluminiame sluoksnyje nebuvo aptiktos. Cr koncentracija (17,14 mg/kg) Antakmenių ežere aptinkama ties 1,5–1,7 m gyliu. Drabužaičio ežere aptiktos tik dviejų sunkiųjų metalų (As ir Zn) koncentracijos. As didžiausia koncentracijos vertė – 26,05 mg/kg ties 0,6–0,7 m gyliu, mažiausia koncentracijos vertė – 9,19 mg/kg ties 1,5–1,6 m gyliu. Zn paviršiniame sluoksnyje siekia didžiausią koncentraciją – 33,94 mg/kg. Pb koncentracija buvo aptikta tik Šamuko ir Antakmenių ežerų paviršiniame sluoksnyje (3, 4 ir 5 paveikslai).

Vienas iš lengviausiai atsekamų rodiklių yra ryškus sunkiųjų metalų koncentracijos padidėjimas paviršiniame nuosėdų sluoksnyje, nurodantis, kad per praėjusį šimtmetį padidėjo žmogaus poveikis (Stankevičiaus et al., 2015). Šamuko ir Antakmenių ežerų sunkiųjų metalų kiekis paviršiniame – 0,25 m sluoksnyje gerokai padidėja: Šamuko ežero As – 15,35 mg/kg, Zn – 81,89 mg/kg, Antakmenių As – 11,57 mg/kg, Zn – 93,38 mg/kg.

Rezultatai palyginti pagal didžiausias leistinas sunkiųjų metalų koncentracijas (DLK), reglamentuojamas Higienos normoje 60:2004, fonines sunkiųjų metalų koncentracijas dirvožemyje, kurios pateiktos Lietuvos geocheminiame atlase (Kadūnas et al., 1999), taip pat pagal gautas Zd reikšmes.

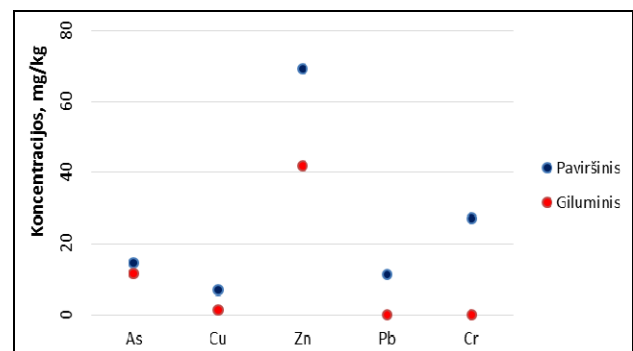
Analizė pagal fonines reikšmes ir DLK. Šamuko ežere fonines koncentracijas viršija As paviršiniame sluoksnyje – 5,8 karto, o giluminiame – 4,7 karto. Tik paviršiniame sluoksnyje viršija Zn – 1,1 ir Cr – 1 karto. Cu, Pb nei paviršiniame, nei giluminiame sluoksnyje neviršija foninės koncentracijos. Lyginant Šamuko ežero sunkiųjų metalų koncentracijas su didžiausiomis leistinomis koncentracijomis (DLK), vienintelis As tiek paviršiniame – 1,4 karto, tiek giluminiame sluoksnyje – 1,1 karto viršija didžiausią leistiną koncentraciją (6 pav. veiksas).



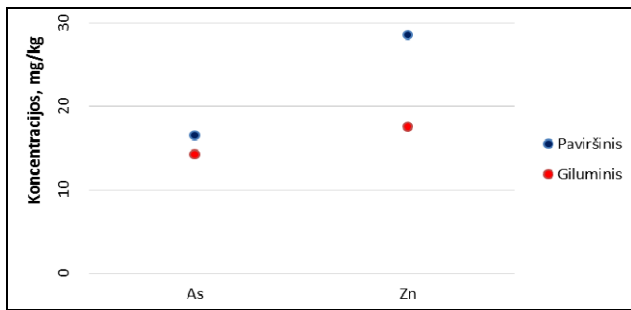
6 paveikslas. Šamuko ežero paviršinio (0,0–0,6 m) ir giluminio (0,6–2,0 m) dumblo sluoksnių, metalų koncentracijų vidutinė reikšmė visuose mėginiuose

Antakmenių ežere, kaip ir Šamuko ežere, foninę koncentraciją iš sunkiųjų metalų daugiausiai viršija As. Tik skirtumas tas, kad As koncentracija paviršiniame sluoksnyje – 4,2, o giluminiame – 4,6 karto. Kiek mažiau viršijo, bet tik paviršiniame sluoksnyje, Cu – apie 2 karto. Giluminiame sluoksnyje Pb nebuvo aptiktas. Didžiausią leistiną koncentraciją Antakmenių ežere viršija tik As – abiejuose sluoksniuose apie 1 karto (7 paveikslas).

Drabužaičio ežere, lyginant su Šamuko ir Antakmenių ežerais, As foninė koncentracija viršijo daugiausiai, paviršiniame – 6,6 karto, giluminiame – 5,7 karto.



7 paveikslas. Antakmenių ežero paviršinio (0,0–0,6 m) ir giluminio (0,6–2,0 m) dumblo sluoksnių, metalų koncentracijų vidutinė reikšmė visuose mėginiuose



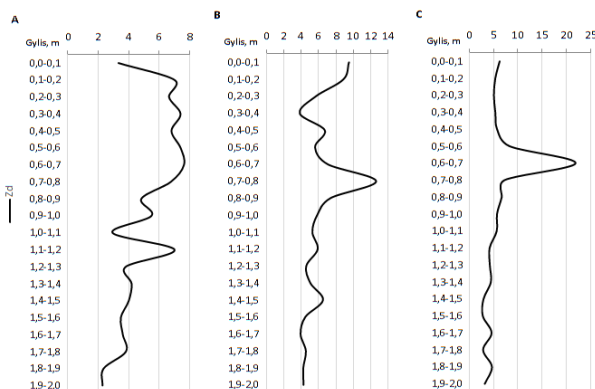
8 paveikslas. Drabužaičio ežero paviršinio (0,0–0,6 m) ir giluminio (0,6–2,0 m) dumblo sluoksnių, metalų koncentracijų vidutinė reikšmė visuose mėginiuose

Cu, Pb ir Cr šiame ežere nebuvo aptikti. Didžiausią leistiną koncentraciją Drabužaičio ežere taip pat viršija As, t. y. paviršiniame – 1,6 karto, giluminiame sluoksnyje – 1,4 karto (8 paveikslas).

Analizė pagal suminį užterštumą (Zd). Suminio užterštumo rodiklis Zd apskaičiuotas naudojant elementus, kurie nustatyti daugiau nei 50 % mėginių (As, Cd, Cu, Zn, Pb, Cr). Apskaičiuotos Zd reikšmės priskirtos dirvožemio užterštumo kategorijai – laipsniui.

Suminiai užterštumo rodiklio Zd rezultatai: suminis užterštumas Šamuko ežere yra didžiausias 0,6–0,7 m gylyje, $Z_d = 7,6$, o mažiausias $Z_d = 2,9$ 1,0–1,1 m gylyje. Antakmenių ežere 0,7–0,8 m gylyje $Z_d = 12,6$, yra didžiausias, o 0,3–0,4 m gylyje $Z_d = 3,8$, yra mažiausias. Drabužaičio ežere $Z_d = 21,8$, 0,6–0,7 m gylyje smarkiai pakilęs, pavyzdžiui, lyginant su Šamuko ežero didžiausiu Z_d (9 paveikslas). Tačiau reikia paminėti, kad šiuose ežeruose ryškiausias Z_d padidėjimas yra tarp 0,6–0,8 m gylio.

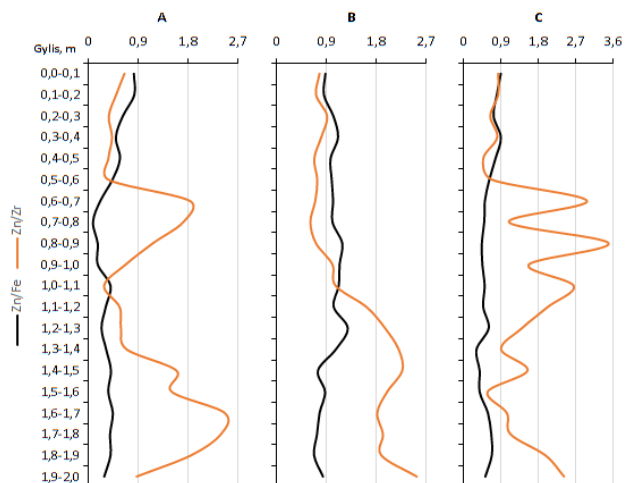
Palyginus su dirvožemio užterštumo laipsniais, Šamuko ir Antakmenių ežerų Z_d neviršija leistino (<16) užterštumo laipsnio, tačiau Drabužaičio Z_d patenka į vidutinio pavojingumo leistiną užterštumo laipsnį (16–32).



9 paveikslas. Suminis užterštumas (Z_d) ežeruose: A – Šamuko, B – Antakmenių, C – Drabužaičio

Analizė pagal praturtinimo faktorių. Tyrimui naudojamas etaloninis vienetas – geležis (Fe). Dauguma autorių, dirbančių su jūrų ir upių žiočių sedimentais, naudojami Fe. Tačiau geležis nėra matricos elementas, o jo geocheminis procesas panašus į daugelio fiksuojamų elementų oksines ir anoksines aplinkos sąlygas (Barbieri, 2016). Dėl fiksuojamų metalų, kuriuos gali veikti antropogeninė veikla, pavyzdžiui, Zn, buvo apskaičiuotas praturtinimo faktorius (EF) santykiu su etaloniniu elementu Zr. Normalizavimui naudojamas Zr, nes jis iš esmės yra netirpus, nestabilus ir atsparus atmosferos poveikiui elementas, kuris nėra naudojamas biologiškai ir neturi reikšmingų antropogeninių šaltinių. Tokiu būdu Zr gali būti plačiai naudojamas atmosferos tyrimuose kaip konservatyvus minerogeninis elementas, dėl kurio gali būti nagrinėjami elementarieji praturtinimai ir išekvojimas (Koinig, Shoty, Lotter, Ohlendorf ir Sturm, 2003). Skaičiavimams pasirinkti etaloniniai elementai – Fe ir Zr ir nagrinėjamas Zn praturtinimas (10 paveikslas). Naudojant etaloninį elementą Fe gautos EF vertės ežeruose: Šamuko ežero vidurkis yra 0,4, Antakmenių – 0,9, o Drabužaičio – 0,6. Paviršiniame sluoksnyje vyrauja aukštesnis EF koeficientas nei giluminiame. Lyginant su EF vertėmis, visų tiriamųjų ežerų gautos vertės rodo, kad Zn koncentracijos trūksta iki minimalaus praturtinimo, kadangi jos yra mažesnės už $EF < 2$.

Apskaičiavus su etaloniniu elementu Zr gautos EF vertės ežeruose: Šamuko ežero vidurkis yra apytiksliai – 1, Antakmenių – 1,4, o Drabužaičio – 1,5. Lyginant su EF vertėmis, visų tiriamųjų ežerų EF taip pat trūksta iki minimalaus praturtinimo.



10 paveikslas. Elemento (Zn) praturtinimo koeficientų EF metalas/Fe ir metalas/Zr pasiskirstymas: A – Šamuko, B – Antakmenių, C – Drabužaičio ežeruose (0,0–2,0 m gylyje)

Išvados

1. Šamuko, Antakmenių ir Drabužaičio dugno nuosėdose sunkiųjų metalų (As, Cu, Zn, Pb, Cr) koncentracijos paviršiniame sluoksnyje yra didžiausios. Šamuko ežere didžiausia koncentracija išsiskiria Zn, 0,1–0,2 m gylyje yra 81,89 mg/kg. Antakmenių ežere 0,0–0,1 m gylyje Zn yra 112 mg/kg, o Drabužaičio 0,0–0,1 m gylyje Zn yra 33,94 mg/kg. Drabužaičio ežere aptikti tik As ir Zn.

2. Palyginus sunkiųjų metalų vidutinės reikšmės su foninėmis koncentracijomis, Drabužaičio ežere paviršiniame sluoksnyje daugiausiai foninę koncentraciją viršijo As – 6,6 karto. Tik Antakmenių ežere, Cu koncentracija paviršiniame sluoksnyje viršijo leistinas ribas 2 kartus.

3. Lyginant su didžiausiomis leistinomis koncentracijomis, As koncentracija viršijo leistinas ribas visuose ežeruose, o daugiausiai Drabužaičio ežere: paviršiniame – 1,6 karto, giluminiame sluoksnyje – 1,4 karto. Paviršiniame sluoksnyje esantis As koncentracijos padidėjimas gali būti siejamas su antropogenine veikla, o giluminiame sluoksnyje gali atsirasti dėl natūralių procesų, tokių kaip dirvožemio ir uolienų irimas.

4. Apskaičiavus suminį užterštumą, šiuose ežeruose ryškiausias Z_d padidėjimas yra tarp 0,6–0,8 m gylio. Šamuko ir Antakmenių ežerų Z_d neviršija leistino (<16) užterštumo laipsnio, tačiau Drabužaičio ežere ties 0,6–0,7 m $Z_d = 21,89$, todėl patenka į vidutinio pavojingumo leistiną užterštumo laipsnį (16–32). Sunkiųjų metalų padidėjimas tokiam gylyje gali būti siejamas su praeityje vykusiais žemėnaudos pokyčiais.

5. Apskaičiavus EF praturtinimo koeficientą Zn su etaloniniais metalais Fe ir Zr, gautos vertės yra didesnės, kai etaloniniu metalu panaudojome Zr. Šamuko ežero vidurkis yra apytiksliai – 1, Antakmenių – 1,4, o Drabužaičio – 1,5. Šios vertės rodo, kad visų tiriamųjų ežerų Zn praturtinimo faktoriaus reikšmė yra trūkstanta iki minimalaus praturtinimo.

Literatūra

- Balevičius, A., Ciunys, A. ir Bukelskis, E. (2009). *Restauruotinių Lietuvos ežerų nustatymas ir preliminarus restauravimo priemonių parinkimas šiems ežerams, siekiant pagerinti jų būklę*. Ataskaita. Aplinkos apsaugos agentūra. Vilnius. UAB „Senasis ežerėlis“, 239 p.
- Barbieri, M. (2016). The Importance of Enrichment factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. *Journal of Geology & Geophysics*, 5, 237. <https://doi.org/10.4172/2381-8719.1000237>
- Daubarienė, J. ir Valiūškevičius, G. (2012). Lietuvos ežerų funkcinio panaudojimo klasifikacija. *Geografija*, 48(1), 44–54. <https://doi.org/10.6001/geografija.v48i1.2328>

- Domaševičius, A., Giedraitienė, J., Gregorauskienė, V. ir Kadūnas, K. (1999). *Požeminio vandens monitoringas*. Vilnius, 45 p.
- Goher, M. E., Farhat, H. I., Abdo, M. H., & Salem, S. G. (2014). Metal pollution assessment in the surface sediment of Lake Nasser, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 40(3), 213-224. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2014.09.004>
- Kadūnas, V., Budavičius, R., Gregorauskienė, V., Katinas, V., Kliaugienė, E., Radzevičius, A. ir Taraškevičius, R. (1999). *Lietuvos geocheminis atlasas*. Vilnius: Geologijos institutas, Geologijos tarnyba, p. 13-16.
- Koinig, K. A., Shoty, W., Lotter, A. F., Ohlendorf, C., & Sturm, M. (2003). 9000 years of geochemical evolution of lithogenic major and trace elements in the sediment of an alpine lake – the role of climate, vegetation, and land-use history. *Journal of Paleolimnology*, 30(3), 307-320. <https://doi.org/10.1023/A:1026080712312>
- Kozlovskaja, J., Petraitis, E., & Šerevičienė, V. (2012). Research of heavy metals distribution in bottom sediment of Lake Talkša (Lithuania). *Proceedings of ECOpole*, 6(1), 99-103.
- Lietuvos geologijos tarnyba prie aplinkos ministerijos. (2016). *Įsakymas dėl vandens telkinių nuosėdų litologinės klasifikacijos patvirtinimo*. 2016 rugšėjo 29 d. Nr. 1-190. Vilnius.
- Raulinaitis, M. (2012). *Effects of hydromechanical lake remediation on distribution of metals and metalloids in bottom sediments (Summary of doctoral dissertation)*. Vilnius, p. 7-48.
- Stankevica, K., Kalvins, M., Kalnina, L., & Cerina, A. (2015). *Records of the anthropogenic influence on different origin small lake sediments of Latvia*, p. 135-146.
- Stankevica, K., Kalvins, M., & Rutina, L. (2012). Accumulation of metals in sapropel. *Material Science and Applied Chemistry*, 26, 99-104.

GEOCHEMICAL COMPOSITION OF SAPROPEL IN LAKES OF AKMENIAI EROSION VALLEY

L. Bikelytė, V. Valskys, G. Ignatavičius, M. Pileckas, Z. Gulbinas

Summary

The lakes of Akmeniai erosive clones differ in size, depth, shape and origin. Samukas, Antakmeniai and Drabužaitis lakes were chosen as objects of the current study. In the sapropel of lakes, heavy metals are accumulated; their concentrations depend both on anthropogenic and natural factors, such as geological processes, geochemical conditions, morphometric indices and climate change. These factors influence the access, accumulation and migration of heavy metals in the lake sediment environment. Sapropel samples were taken from surface (0.0–0.6 m) and deep (0.6–2.0 m) sludge layers. The ice-peat drill was used for sampling. The samples were tested on a Thermo Scientific Niton® XL2 series X-ray fluorescence spectrometer. The following mineralogical elements were selected for the analysis of lake sediment: Zr, Rb, Sr, as well as potentially dangerous anthropogenic elements: As, Cu, Zn, Pb, Cr. The concentrations of the chemical elements obtained were compared with the background concentrations of the soil and the maximum allowable concentrations (DKL) according to HN 60: 2004. Also, the total pollution of the lakes (Z_d) and the enrichment factor (EF) were assessed.

Keywords: sapropel, bottom sediment, X-ray fluorescence spectrometry, mineralogical elements, heavy metals, concentration, total contamination, enrichment factor.