

Odraz preteklega rudarjenja v dravskih sedimentih

Martin Gaberšek, Mateja Gosar

Rečni sedimenti so bogat vir najrazličnejših podatkov o našem okolju. Mineralne in geokemične lastnosti sedimentov kažejo predvsem geološko zgradbo porečja, pogosto pa je v njih zapisan tudi vpliv onesnaževanja okolja, ki ga je povzročil človek. Posebno izrazit vpliv na geokemične lastnosti rečnega sedimenta ima rudarsko-topilniška industrija, ki je lahko še vrsto let po opustitvi dejavnosti vir potencialno strupenih elementov. Tudi sedimenti reke Drave nosijo bremena večstoletnega rudarjenja v zgornjem delu porečja.

Vpliv rudarjenja na okolje

Rudarjenje je bilo v zgodovini nedvomno eden izmed bistvenih in nepogrešljivih dejavnikov razvoja človeštva, enako bo zagotovo ostalo tudi v prihodnosti. Poleg pozitivnega prispevka pa je že dolgo znano, da lahko rudarjenje in z njim povezane aktivnosti, kot je topilništvo, negativno vplivajo na okolje in zdravje ljudi. Pereči so predvsem izpusti potencialno strupenih elementov v zrak, tla, vodo in rečne sedimente v obliki trdnih delcev, odplak ter plinov. Vpliv izpustov ni omejen le na najožja območja rudnikov, ampak se lahko po zraku in vodotokih razširja več deset in sto kilometrov daleč. V razvitejših državah današnje z rudarstvom povezane izpuste potencialno strupenih elementov v okolje bolj ali manj uspešno preprečujejo, medtem ko območja preteklega rudarjenja pogosto ostajajo obremenjena. Onesnažena tla in nakopičeni rudarski odpadki, bogati s potencialno strupenimi elementi, so lahko ob neustrezni sanaciji še vrsto let po opustitvi rudnikov podvrženi eroziji ter izpiranju v vodotoke, kjer se kopičijo v sedimentih ali pa prenašajo vzdolž rečnega toka ter odlagajo daleč od izvora (Žibret in sodelavci, 2018).

Rudarjenje v porečju Drave in vpliv na okolje

V porečju Drave v južni Avstriji in severni Sloveniji je v triasnih karbonatnih kamni-

nah veliko različno velikih rudnih nahajališč, kjer so več stoletij pridobivali in predelovali pretežno svinčevo (Pb) ter cinkovo (Zn) rudo. Najpomembnejša svinčevo-cinkova rudnika sta bila avstrijski Bleiberg (slovensko Pliberk) blizu Beljaka, ki je obratoval skoraj osemsto let, in slovenska Mežica s tristoletno zgodovino. Na severovzhodu Italije se ob meji s Slovenijo nahaja opuščeni Rabeljski rudnik, z območja katerega se površinske vode po Zilji iztekajo v Dravo. Raziskovalci so že pred nekaj desetletji začeli prepoznavati vplive rudarjenja na vsebnosti potencialno strupenih elementov v dravskih sedimentih. Avstrijski raziskovalci so odkrili visoke vsebnosti kadmija, svınca in cinka v reki Zilji ter naprej v Dravi, predvsem v okolici Beljaka, v manjši meri pa vse do slovenske meje. Pripisali so jih delno naravnemu preperevanju in eroziji rudnih območij, predvsem pa pretekli obsežni rudarsko-topilniški dejavnosti. Slovenski in hrvaški raziskovalci so visoke vsebnosti svınca in cinka ter tudi kadmija, arzena in molibdena odkrili v tleh, ki so se razvila na aluvialnih dravskih sedimentih vzdolž celotnega toka skozi Slovenijo ter na Hrvaškem do pritoka Mure, medtem ko so vsebnosti teh elementov na starejših (pleistocenskih) rečnih terasah v mejah naravnega ozadja (Šajn in sodelavci, 2011). V raziskavah sedimentov reke Meže, desnega pritoka Drave, je bilo ugotovljeno, da se vsebnosti svınca,



*Vzorčenje
recentnega
dravskega
sedimenta. Foto:
Martin Gaberšek.*

cinka, kadmija in molibdena v dravskih sedimentih po pritoku Meže zvišajo, kar je posledica vplivov rudarsko-topilniške dejavnosti v Zgornji Mežiški dolini, medtem ko so vsebnosti arzena razmeroma visoke že pred pritokom Meže (Miler in Gosar, 2011).

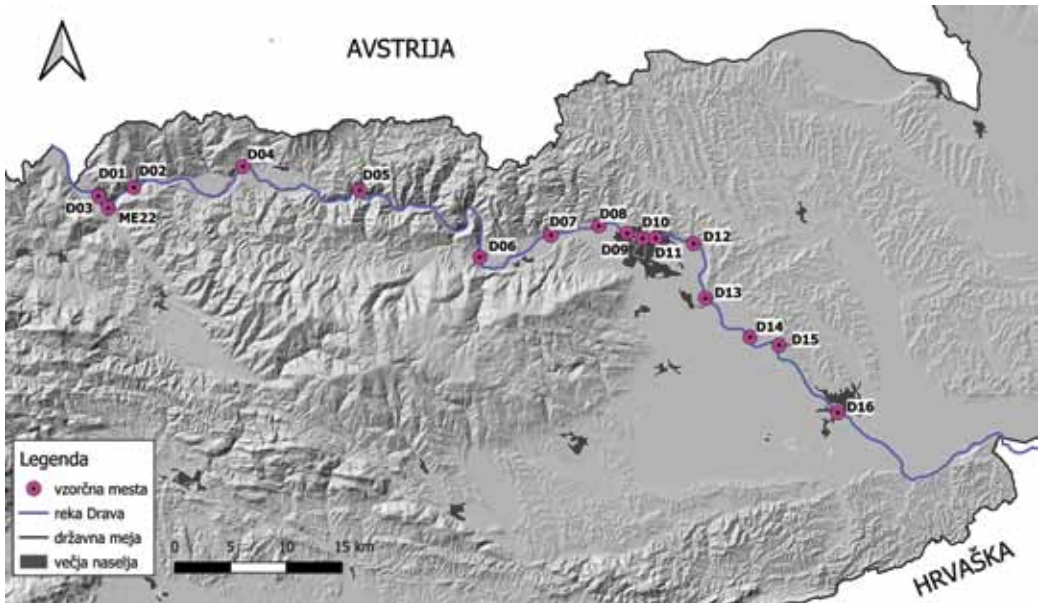
Kakšno je geokemično stanje dravskega sedimenta danes?

V najnovejši raziskavi Geološkega zavoda Slovenije smo prvič preučili geokemične lastnosti dravskih sedimentov vzdolž celotnega rečnega toka v Sloveniji. Za primerjavo smo vzorčili tudi sediment reke Meže pred izlivom v Dravo. Vzorčili smo najdrobnejše sedimente na obrežju tik ob vodni gladini do globine približno tri centimetre, s čimer smo pridobili recentne («aktivne») sedimente. Vsebnosti potencialno strupenih elementov običajno merimo v drobnostnih velikostnih razredih, kjer so vsebnosti običajno tudi najvišje. Zato smo analizirali vsebnosti petinšestdesetih kemičnih elementov v sedimentnih zrnih, manjših od 0,125 milimetra in manjših od 0,063 milimetra.

Z uporabo statističnih metod in analizo spreminjanja vsebnosti elementov vzdolž

rečnega toka smo opredelili, kateri elementi v dravskih sedimentih izvirajo pretežno iz naravnega preperevanja kamnin in kateri iz človekovih dejavnosti v porečju Drave. Arzen, aluminij, železo, kalij, kobalt, litij in številni drugi izvirajo iz preperevanja metamorfnih in magmatskih kamnin, medtem ko so barij, kalcij, magnezij in stroncij povezani predvsem s preperevanjem karbonatnih kamnin. Njihove vsebnosti se vzdolž toka bistveno ne spreminjajo. Tudi vsebnosti v Mežinih sedimentih so podobne kot v dravskih, z izjemo arzena in barija, katerih vsebnosti so zaradi naravnih danosti izrazito višje v dravskih sedimentih.

Vsebnosti svinca, cinka in kadmija pričakovano najbolj izrazito kažejo človekove vplive. Izrazito se zvišajo po pritoku Meže v Dravo in nato vzdolž rečnega toka nekoliko nihajo, a ostajajo razmeroma visoke, kar je lepo vidno na primeru svinca na priloženem grafu. Zanimive so vsebnosti kroma in niklja, ki so zaradi jeklarsko-železarske industrije v dolini Meže precej višje v Mežinih sedimentih, a ne povzročijo izrazitega povišanja vsebnosti v dravskih sedimentih. Vsebnost bakra se nekoliko zviša v bližini industrijskega območja Melje v Mariboru,



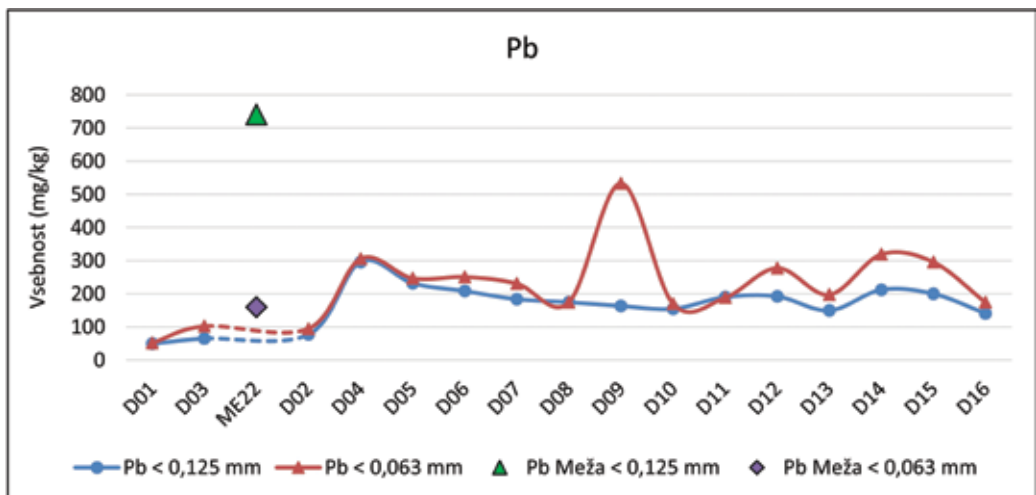
Prikaz vzorčnih mest dravskih sedimentov na digitalnem modelu površja.

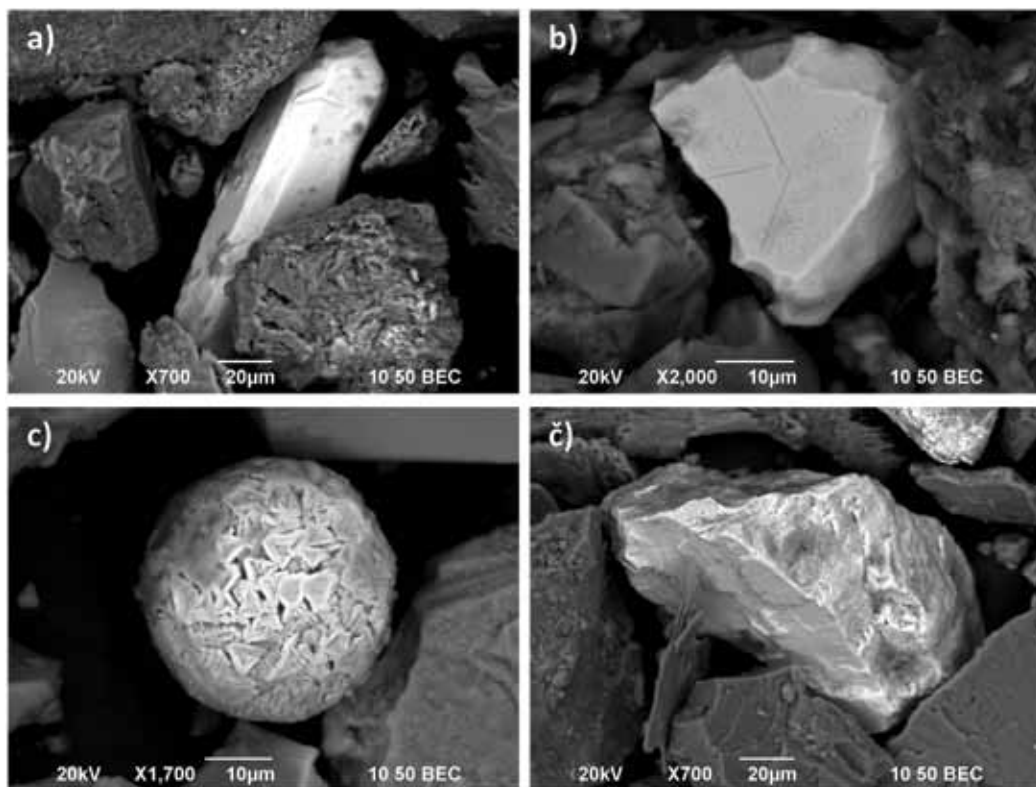
kar bi lahko povezali z bližnjo industrijsko dejavnostjo, katere vpliv smo ugotovili tudi pri geokemičnih raziskavah Maribora (Gaiberšek in Gosar, 2021).

Mikroskopski pogled v lastnosti sedimentov

Dragoceni vpogled v lastnosti rečnih sedimentov nam nudi uporaba elektronskega

Prikaz vsebnosti svineca (Pb) v dravskih sedimentih vzdolž rečnega toka od Dravograda (D01) do Ptuja (D16) v sedimentnih zrnih, manjših od 0,125 milimetra in manjših od 0,063 milimetra. Vzorčni mesti D01 in D03 sta pred pritokom Meže, ostala po pritoku. S trikotnikom in rombo sta označeni vsebnosti svineca v sedimentih reke Meže pred pritokom v Dravo.





Zrna dravskega sedimenta, fotografirana z elektronskim mikroskopom: a) mineral cirkon, b) mineral ilmenit, c) skeletno-dendritna kroglica, sestavljena pretežno iz železa in kisika, č) zrno cinkovega sulfida, verjetno mineral sfalerit.

Foto: Martin Gaberšek.

mikroskopa (SEM). Z njim lahko preučujemo velikost, obliko ter kemično in delno tudi mineralno sestavo posameznih sedimentnih zrn. Na podlagi teh lastnosti lahko sklepamo, ali zrna izvirajo iz naravnih ali antropogenih virov, v nekaterih primerih lahko prepoznamo tudi posamezne vire in opredelimo procese, ki vplivajo na zrna v okolju. Pri analizi dravskih sedimentov smo se osredotočili na zrna, ki so vsebovala potencialno strupene elemente. Opredelili smo tri skupine zrn:

1. zrna, ki zagotovo izvirajo iz naravnih oziroma geogenih virov;
2. zrna, ki zagotovo izvirajo iz človekovih dejavnosti;
3. zrna, katerih vir je lahko tako človeški kot naravni.

V prvo skupino sodijo zrna mineralov, ki izvirajo iz preperevanja in erozije matične kamninske podlage. To so na primer barit (BaSO_4), cirkon (ZrSiO_4 , slika a), ilmenit (FeTiO_3 , slika b) in monacit ($(\text{Ce, La, Th})\text{PO}_4$). V drugo skupino smo uvrstili zrna, katerih sestava in morfološke lastnosti nedvomno kažejo na njihov izvor v procesih, ki jih povzroča človek. Tak primer so železovi ostružki in kroglasti delci železovega oksida (slika c). Zadnjo skupino pa sestavljajo zrna, ki izvirajo tako iz erozije rudnenih kamnin kot iz rudarsko-predelovalne dejavnosti. Gre za svinčeve in cinkove rudne minerale: galenit, sfalerit (slika č), smitsonit, anglezit in ceruzit. Zrna rudnih mineralov so bila odkrita tudi na vzorčnem mestu pri Ptuj, ki je bilo najbolj oddaljeno od pritoka

Meže v Dravo, kar dokazuje prenos rečnega sedimenta daleč od rudarskih območij.

Zaključek

Ugotovljene vsebnosti kemičnih elementov v dravskih sedimentih so pokazale, da so ti še vedno obremenjeni z nekaterimi potencialno strupenimi elementi kljub prenehanju rudarske dejavnosti v porečju Drave že pred več desetletji. Sklepamo, da na širšem območju nekdanjega rudnika Mežica še vedno prihaja do erozije in premeščanja tal, sedimentov in morebiti tudi rudarskih odpadkov, ki so obogateni s svincem, cinkom, molibdenom in kadmijem, ter njihovega premeščanja vzdolž Meže ter Drave. Hkrati se odvija tudi erozija že predhodno odloženih sedimentov, ki so prav tako obremenjeni s temi elementi in izvirajo z območja Mežice, delno pa tudi iz svinčevo-cinkovih nahajališč v Avstriji. Na erozijo, prenos in odlaganje sedimentov močno vplivajo številni jezovi na Dravi, zato je razširjanje sedimentov danes povsem drugačno, kot je bilo v preteklosti. Izrazitega vpliva industrije v Mariboru in drugih industrijsko-urbanih središčih v porečju Drave na geokemične lastnosti se-

dimenta nismo zaznali. V prihodnje bi bilo zanimivo v dravskih sedimentih preučiti še vsebnosti različnih organskih onesnaževal (na primer pesticidov), mikroplastike in drugih novodobnih onesnaževal.

Literatura:

- Gaberšek, M., Gosar, M., 2021: *Towards a holistic approach to the geochemistry of solid inorganic particles in the urban environment. Science of The Total Environment*, 763: 13 str., doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144214>.
- Gosar, M., Miler, M., 2011: *Anthropogenic metal loads and their sources in stream sediments of the Meža River catchment area (NE Slovenia). Applied Geochemistry*, 26: 1855–1866, doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2011.06.009>.
- Šajn, R., Halamić, J., Peb, Z., Galović, L., Alijagić, J., 2011: *Assessment of the natural and anthropogenic sources of chemical elements in alluvial soils from the Drava River using multivariate statistical methods. Journal of Geochemical Exploration*, 110: 278–289, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2011.06.009>.
- Žibret, G., Gosar, M., Miler, M., Alijagić, J., 2018: *Impacts of mining and smelting activities on environment and landscape degradation–Slovenian case studies. Land Degradation & Development*, 29 (12): 4457–4470, doi: <https://doi.org/10.1002/ldr.3198>.



Dr. Martin Gaberšek je zaposlen na Geološkem zavodu Slovenije. Njegovo raziskovalno delo zajema geokemične raziskave okolja, predvsem urbanega, s poudarkom na preučevanju geokemičnih lastnosti tal, rečnih sedimentov ter različnih vrst prahov in trdnih delcev v zraku. Pomemben del njegovih raziskav je prepoznavanje človeških virov anorganskih trdnih delcev z uporabo elektronske mikroskopije.



Dr. Mateja Gosar je znanstvena svetnica, zaposlena na Geološkem zavodu Slovenije, kjer vodi raziskovalni program Podzemne vode in geokemija ter je poleg tega tudi glavna in odgovorna urednica znanstvene revije *Geologija*. Že vrsto let raziskuje negativne vplive preteklega rudarjenja kovin na okolje. Rudarjenje kovin in njihova uporaba v industriji sta pogosto vzrok za močno povišane koncentracije kovin v okoliških tleh, sedimentih, vodnih telesih in ozračju. Natančni geokemični pregled obstoječih nakopičenj kovin v naravnih okoljih je zato bistvenega pomena za razumevanje stanja.