



Projekt ARIS MURmap

**Sledne prvine v vodi reke Mure, njenih pritokih in pitni vodi iz
obrečnih črpališč**

dr. Polona Kralj

Geološki zavod Slovenije – Regionalna geologija

Radenci, 29. november 2024

Po drugi svetovni vojni so hitro rastoča industrializacija ter intenzivno pridobivanje mineralnih in energetskih surovin povzročili onesnaženje okolja neslutnih razsežnosti. V zadnjih 20 letih so se povsod po svetu pričeli kopičiti tudi odpadki sodobnih elektronskih naprav saj je materiale, iz katerih so zgrajeni, zelo težko ali pa sploh nemogoče reciklirati.



Sodobne tehnologije so prinesle rabo **tehnološko kritičnih elementov (TCE)** ter njihovih zlitin in spojin. To so nepogrešljivi materiali v vseh sodobnih elektronskih napravah kot so računalniki, mobilni telefoni, električna vozila, postroji za pridobivanje zelene energije. Nahajajo se v polprevodnikih, mikročipih, optičnih vlaknih, monitorjih, permanentnih magnetih. TCE so elementi, ki se v Zemljini skorji pojavljajo v zelo majhnih količinah, ekonomsko jih je mogoče izkoriščati le v nahajališčih redkih mineralov in posebnih kamninah. Med TCE štejemo platinoide (**Ir, Os, Pd, Pt, Rh, Ru**), **Ga, Ge, Be, In, Ta, Te, Nb, Co, Zr, Hf, Li** ter **elemente redkih zemelj**.



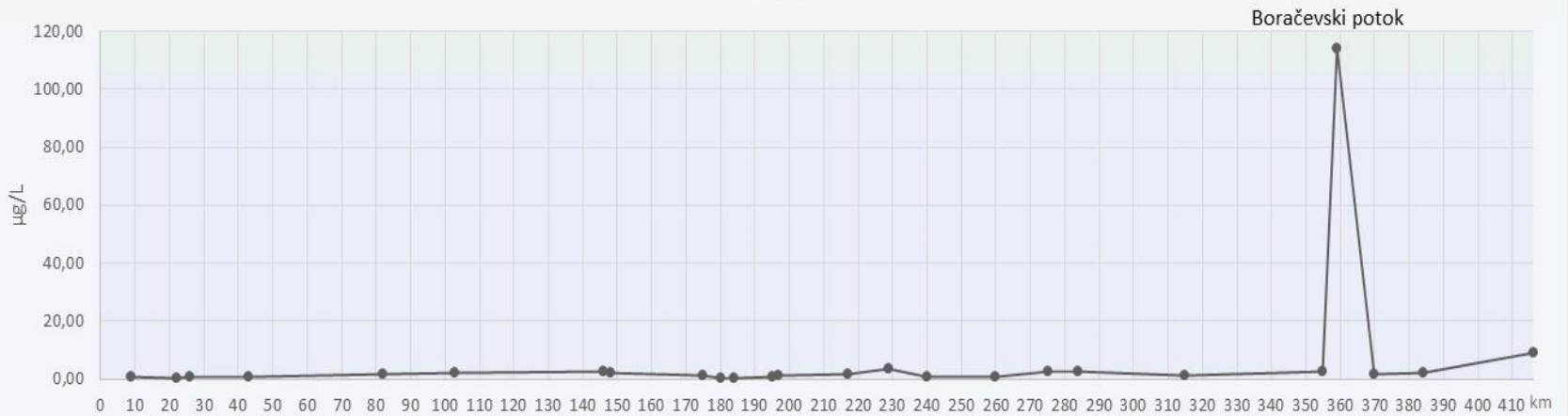
Vsebnosti TCE smo določili v vzorcih rečne vode Mure, ki so bili odvzeti na 40 vzorčnih mestih med 7 km in 416 km rečnega toka, od bližine izvira v Visokih Turah, do tromeje s Hrvaško in Madžarsko. Dodatno smo odvzeli tudi vzorce vode iz 25 Murinih pritokov. Analize smo napravili z ICP-MS - spektroskopijo z induktivno sklopljeno plazmo in masnim analizatorjem. Vsebnosti TCE se najpogosteje gibljejo od nekaj $\mu\text{g/L}$ do nekaj $10 \mu\text{g/L}$ (ppb), za nekatere elemente pa so bile še nižje, v razponu nekaj ng/L ali desetink ng/L (npr., In, Nd, Ta). Rezultate raziskav bom podala na primerih **Li, Co, Cs** in **elementov redkih zemelj**.



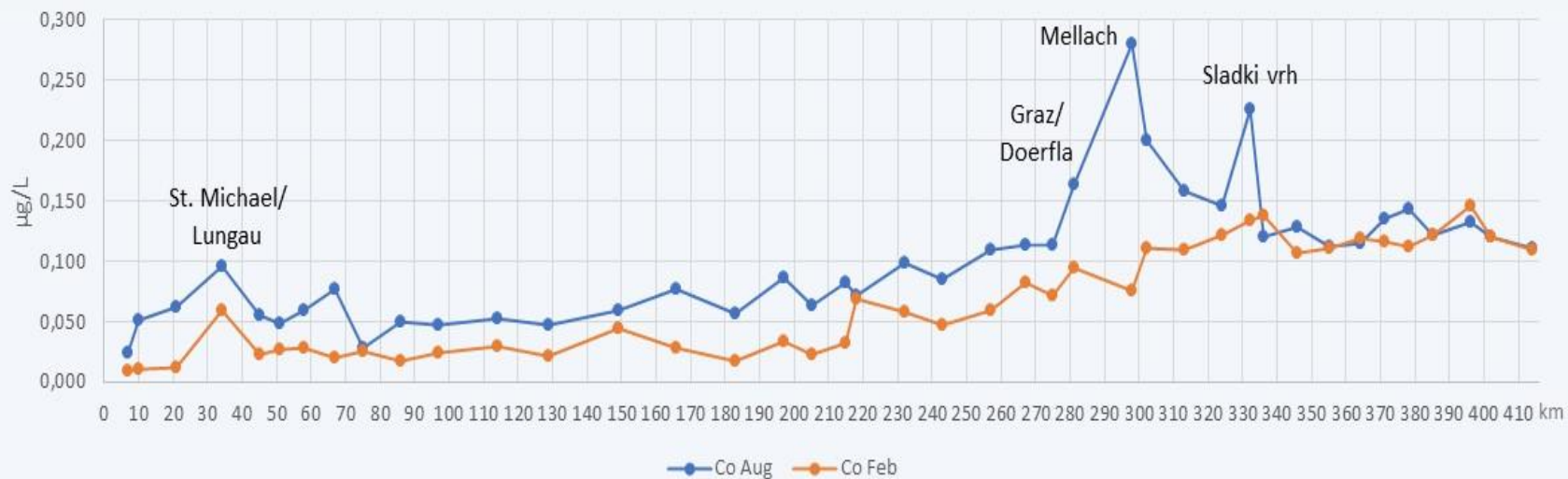
Li Mura



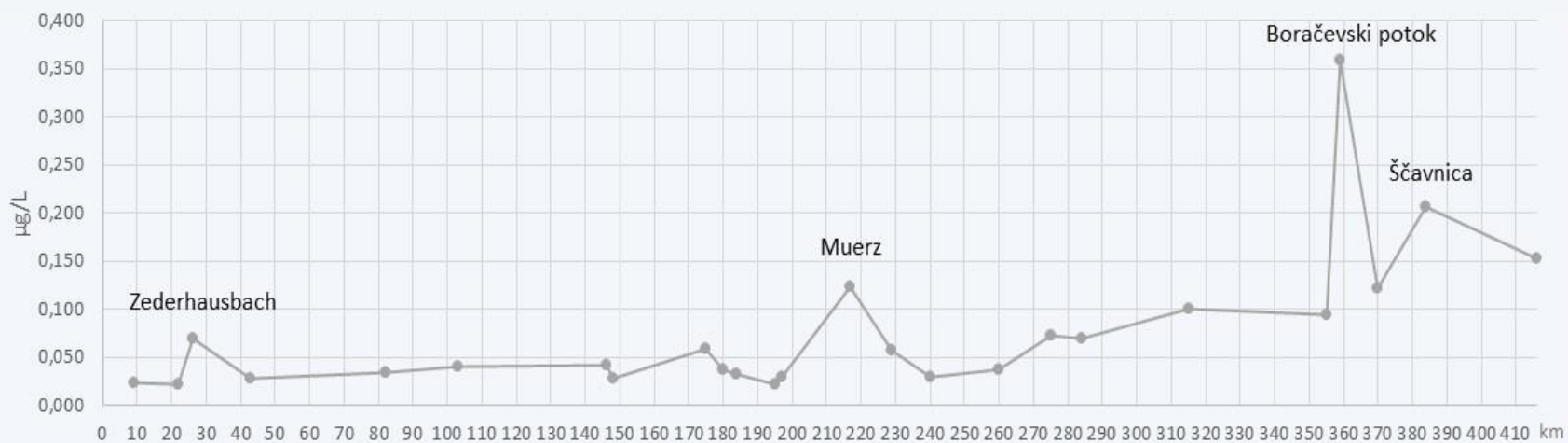
Li pritoki



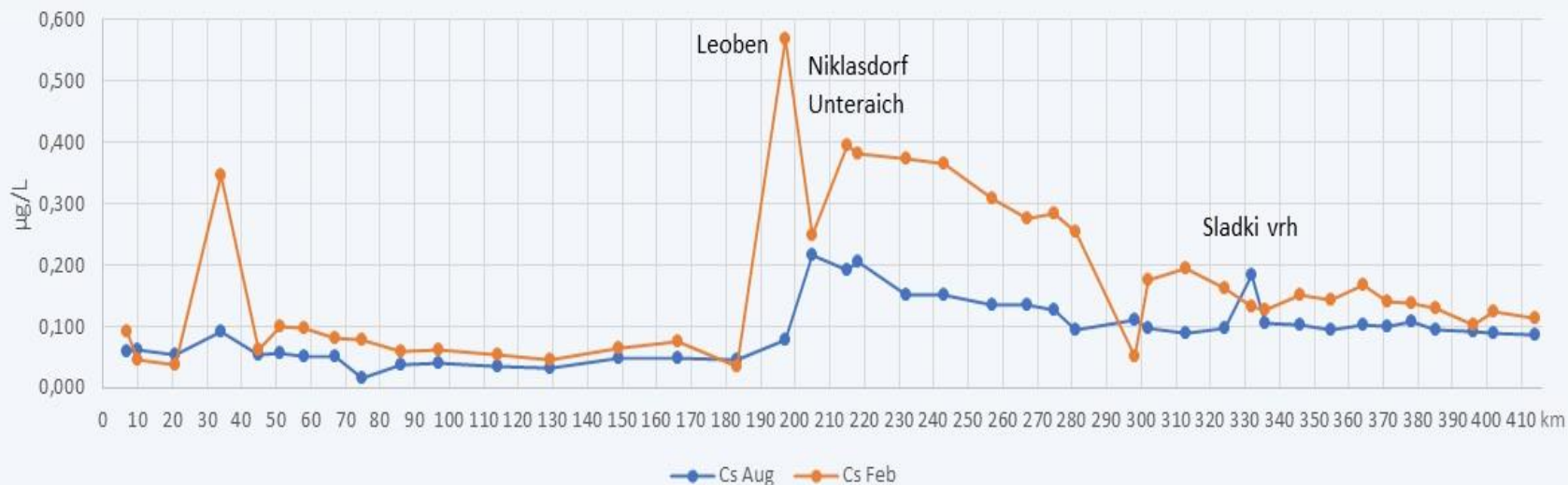
Co Mura



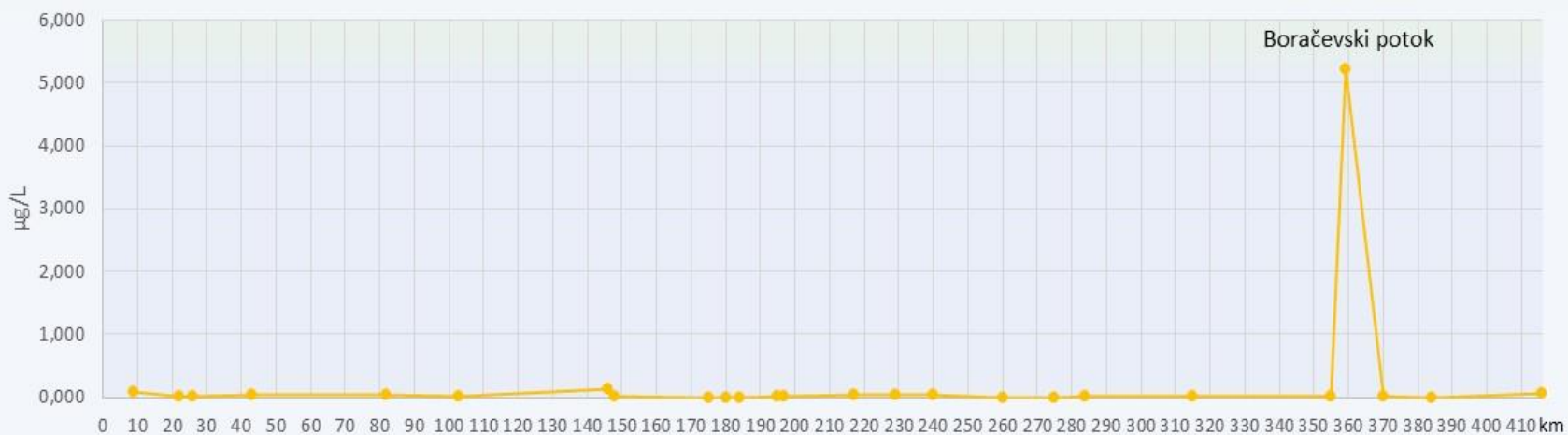
Co pritoki



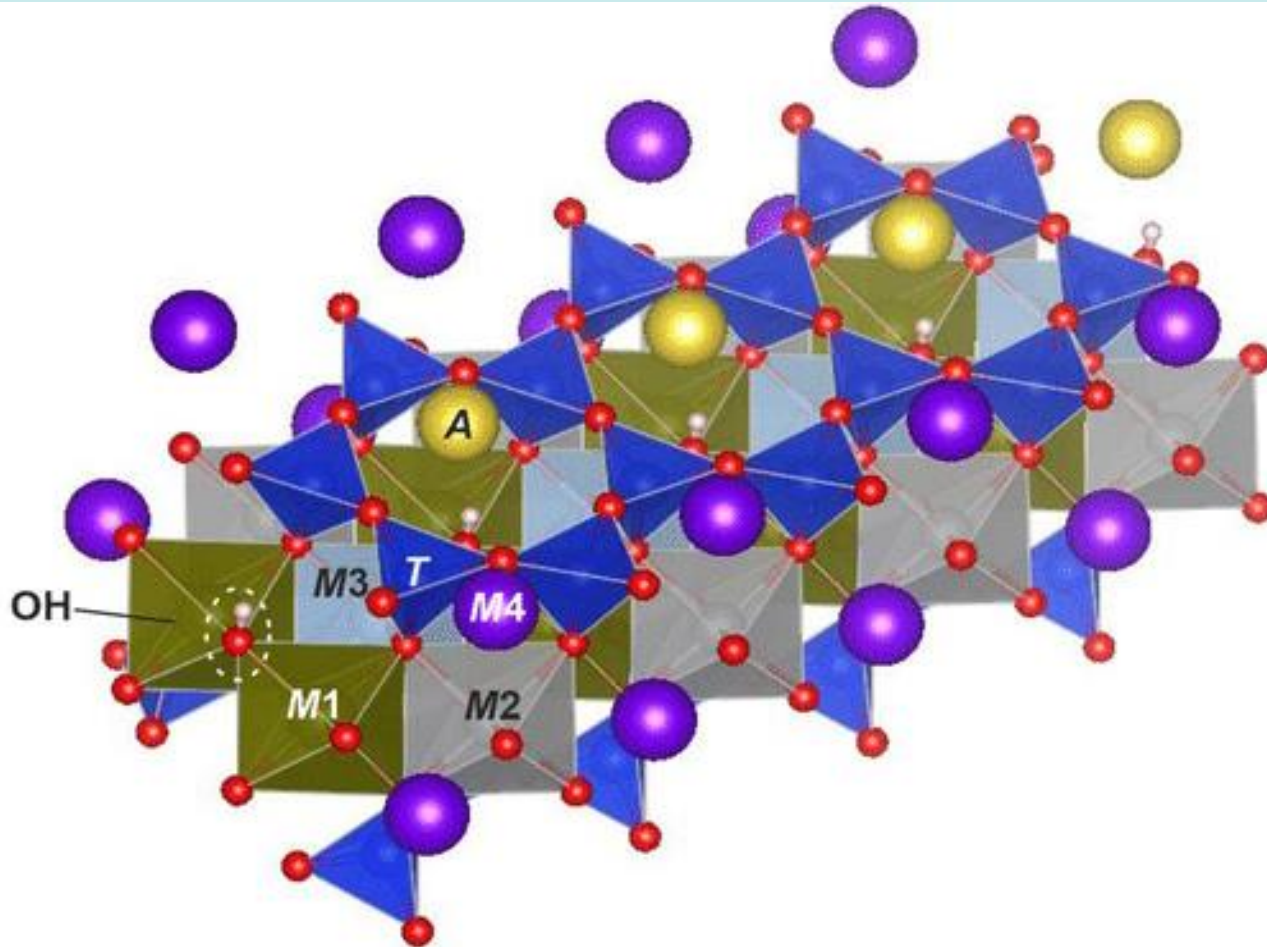
Cs Mura



Cs pritoki

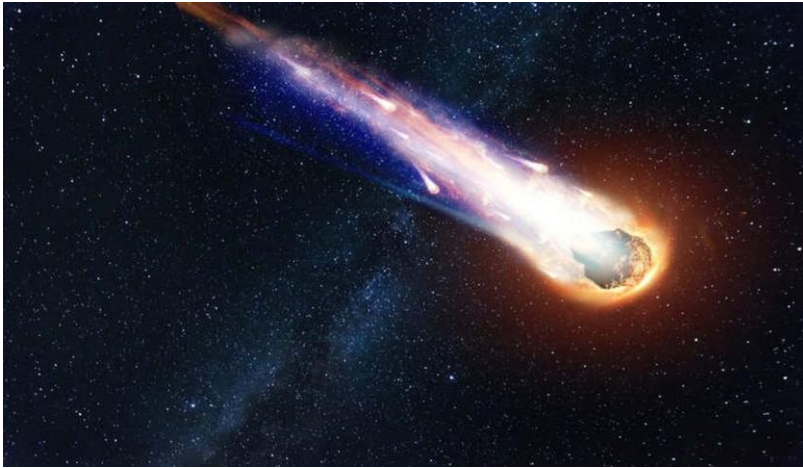


Izredno pomembni TCE so elementi redkih zemelj REE. Mednje štejemo lantanoide - **La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu**, ter **Y** in **Sc**. Elementi redkih zemelj se naravi pojavljajo v številnih kamninotvornih mineralih, tudi tistih, ki gradijo sedimente Murske udorine ali pa naplavine reke Mure, vendar v zelo majhnih količinah. Najpogosteje v kristalni strukturi mineralov zamenjujejo Ca ali Mg. Lahko so tudi adsorbirani na površine glinenih mineralov.



- Kristalna struktura rogovače
- **A** Na
- **M4** Ca
- **M1, M3** Mg

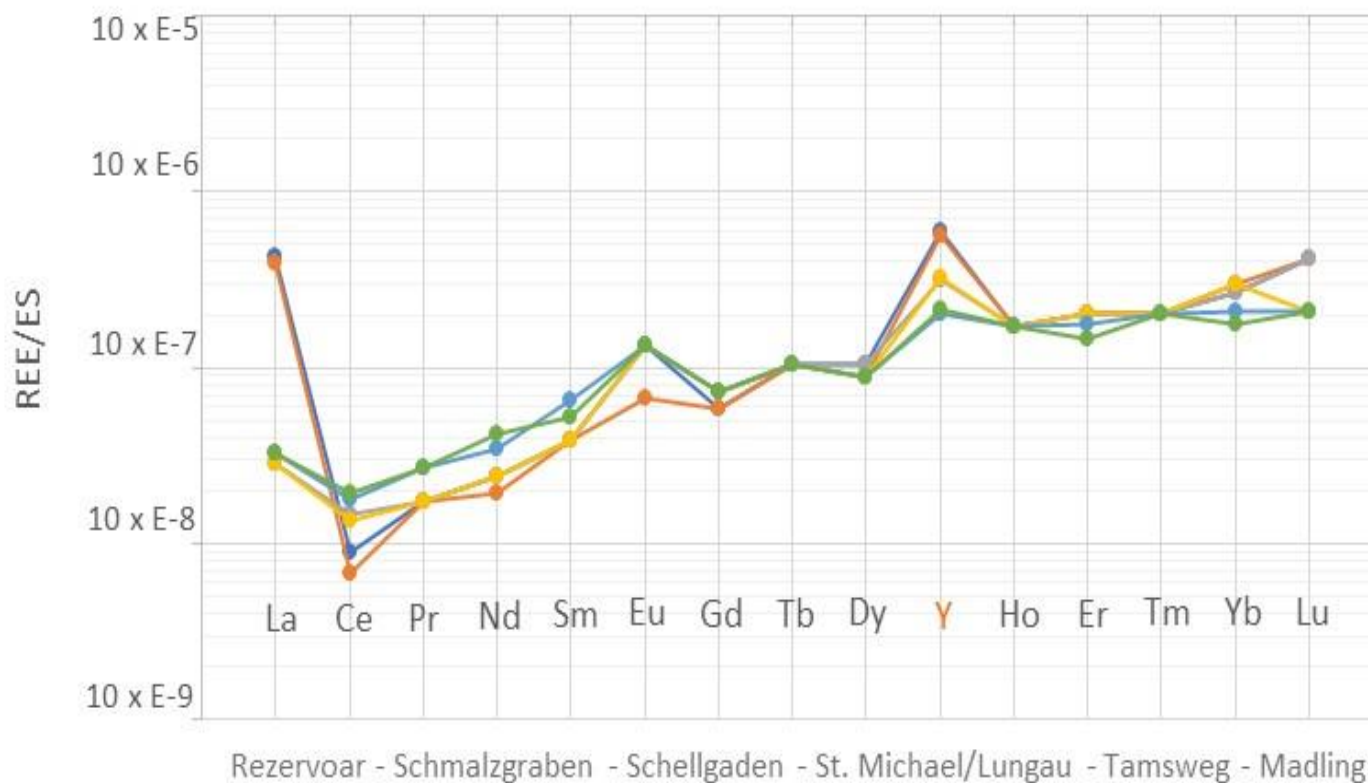
Absolutne vsebnosti elementov redkih zemelj nam ne povedo veliko o geokemičnih procesih, temveč jih moramo primerjati z vsebnostmi v kamninah, ki predstavljajo neke prvotne kamnine Zemljini skorje . Za vulkanske in magmatske kamnine uporabljamo vsebnosti REE v meteoritih hondritih, za sedimente in vode pa vsebnosi v postarhajskih skrilavcih, ki so stari od 3800 do 2500 milijonov let (PAAS, ES). **Primerjane vrednosti imenujemo normalizirane.**



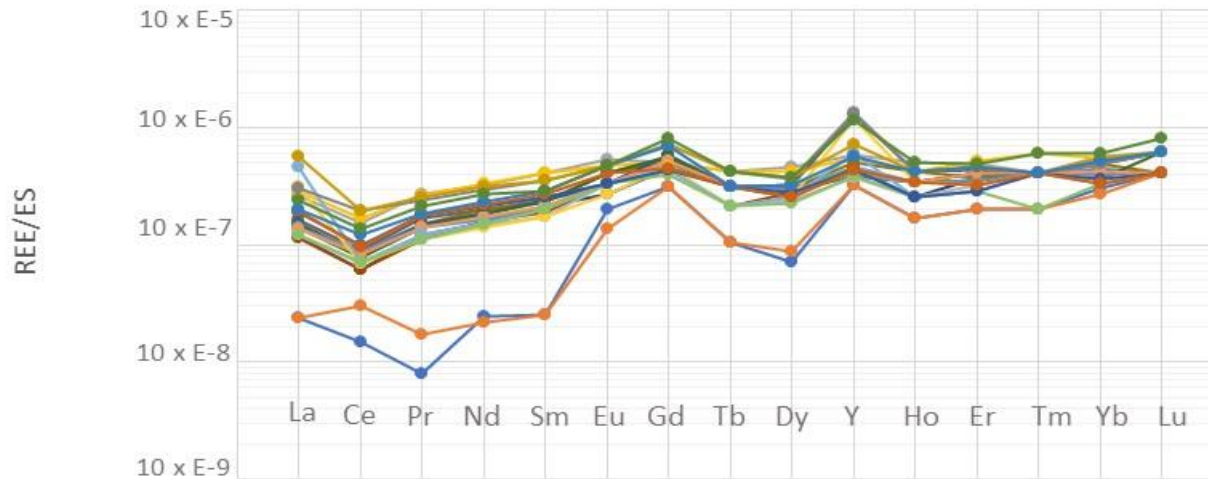
© Alexander S. Kunz // www.alex-kunz.com

Vzorčenje rečne vode Mure v oddaljenosti od 7 km do 51 km od izvira

Voda reke Mure, februar 2023

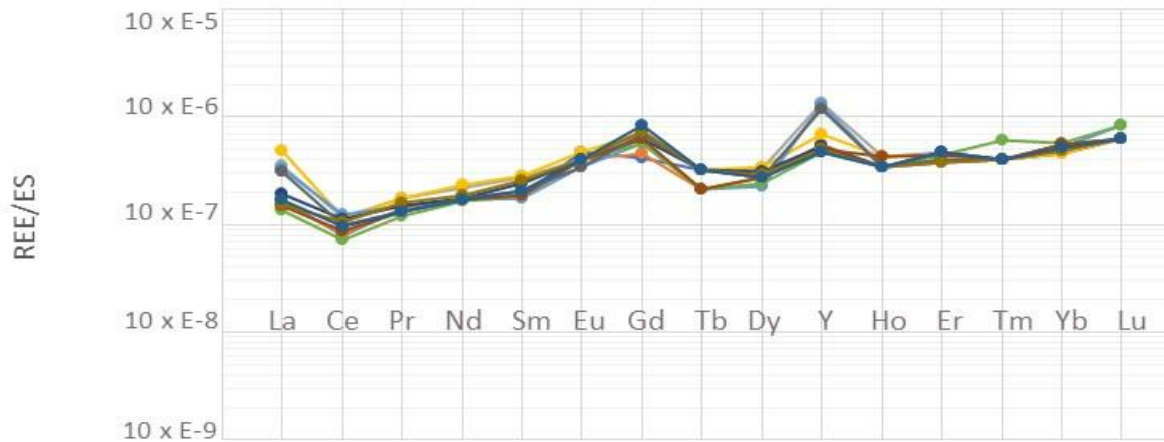


Voda reke Mure, februar 2023



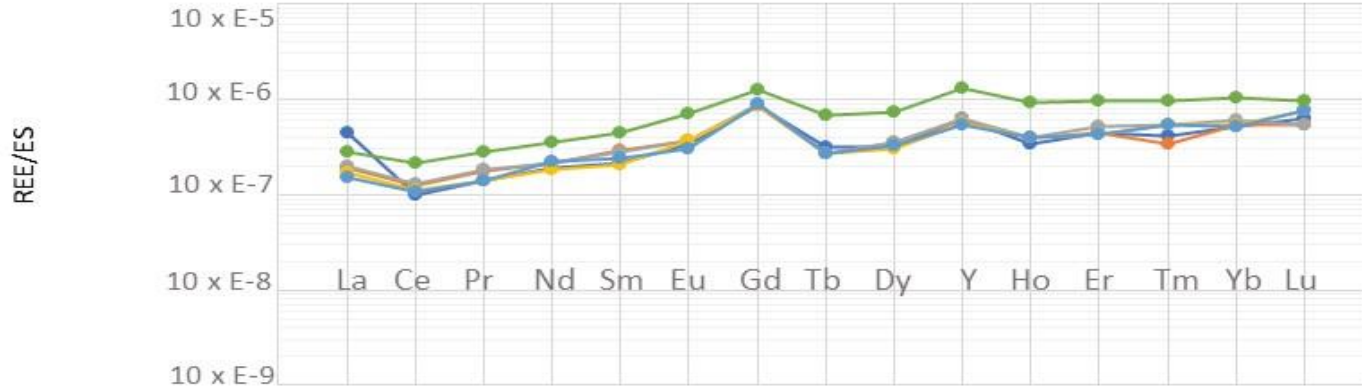
Predlitz/Turrach - Spielfeld

Voda reke Mure, februar 2023



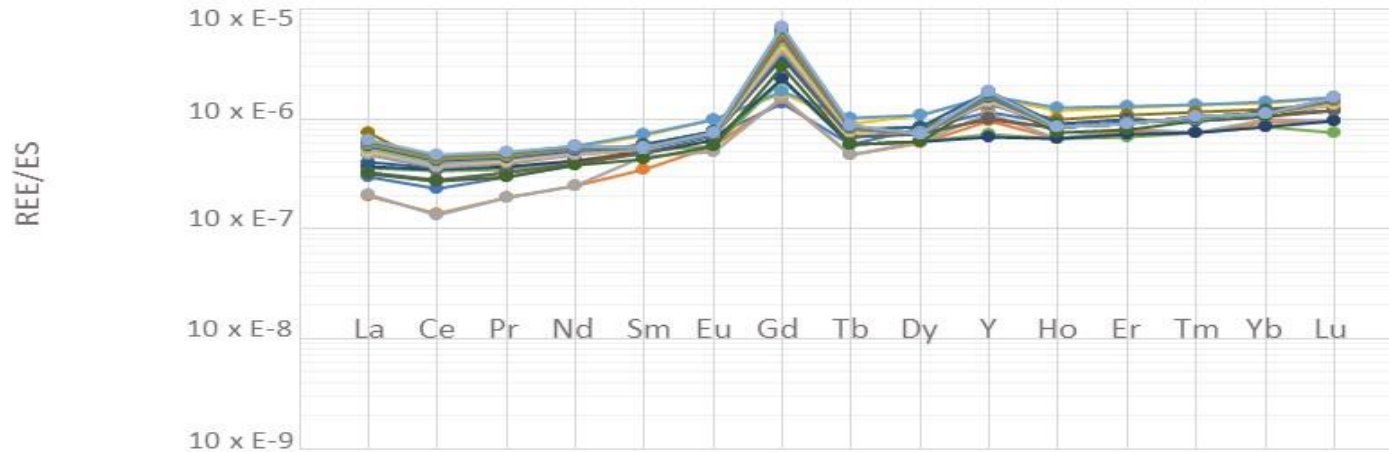
Sladki vrh - Dekanovci

Voda reke Mure, avgust 2022



Rezervoar - Schmalzgraben - Schellgaden - St. Michael/Lungau - Tamsweg - Madling

Voda reke Mure, avgust 2022

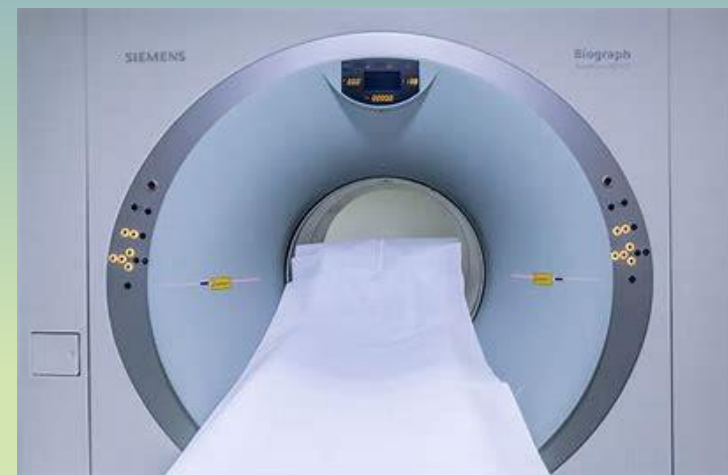


Predlitz/Turrach - Spielfeld

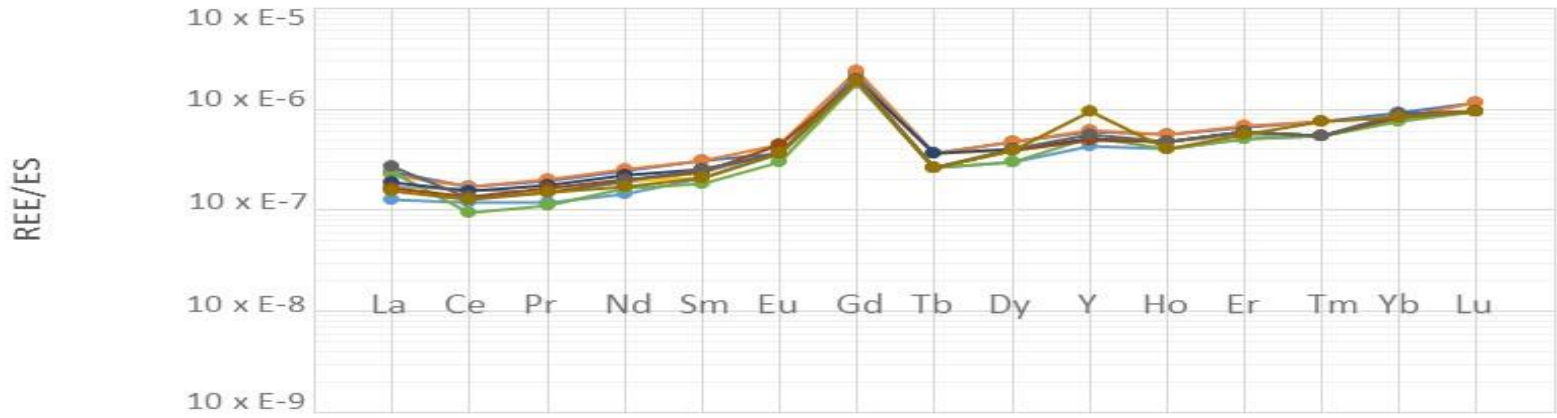
Gd kontrastna sredstva za preiskave z magnetno resonanco



Brand name	Chemical name	Structure	Comments
Magnevist®	gadopentetate (Gd-DTPA)	linear ionic	Oldest agent (FDA approved 1988) with historically largest world-wide market share and clinical experience; below average relaxivity; ↑risk NSF, restricted to intra-articular use in EU
MultiHance®	gadobenate (Gd-BOPTA)	linear ionic	Highest relaxivity of all extracellular gadolinium agents due to transient protein binding; 3-5% hepatocyte uptake; competitive inhibitor for cMOAT drugs (tamoxifen, methotrexate, cisplatin); QT prolongation; restricted to liver use in EU
Omniscan™	gadodiamide (Gd-DTPA-BMA)	linear nonionic	Low thermodynamic stability; disproportionately ↑risk NSF; may interfere with serum Ca ⁺⁺ measurements, lowest rate of reactions; use suspended in EU
Dotarem® Clariscan™	gadoterate (Gd-DOTA)	macrocyclic ionic	Guerbet's patent for Dotarem®, one of oldest agents with largest market share in Europe, expired allowing entry of GE's copycat Clariscan™ into US market in 2019 ; strongest Gd binding per Keq
ProHance®	gadoteridol (Gd-HP-DO3A)	macrocyclic nonionic	Lowest osmolality and viscosity of all agents; below average relaxivity
Gadavist®	gadobutrol (Gd-BT-DO3A)	macrocyclic nonionic	Highest viscosity due to 1.0M formulation (all others 0.5M); above average relaxivity; marketed as Gadovist® outside the US
Eovist® (USA) Primovist®	gadoxetate (Gd-EOB-DTPA)	linear ionic	Designed for liver imaging; ~50% uptake by hepatocytes after initial extracellular phase; joint renal & biliary excretion; very high relaxivity due to size and transient protein binding; may interfere with serum Fe measurements; QT prolongation

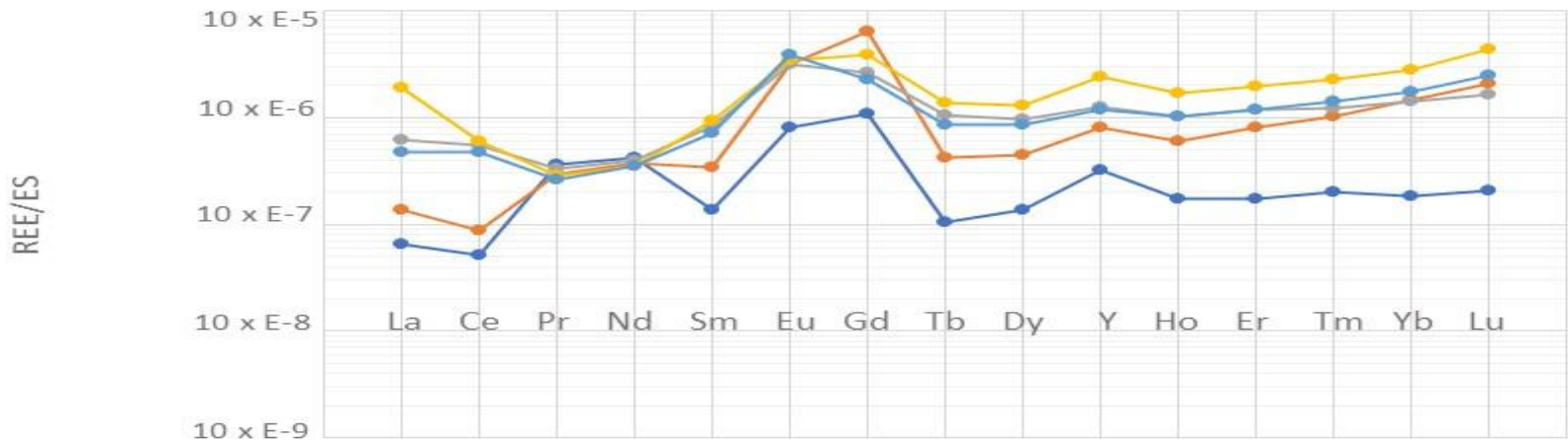


Voda reke Mure, avgust 2022



Sladki vrh - Dekanovci

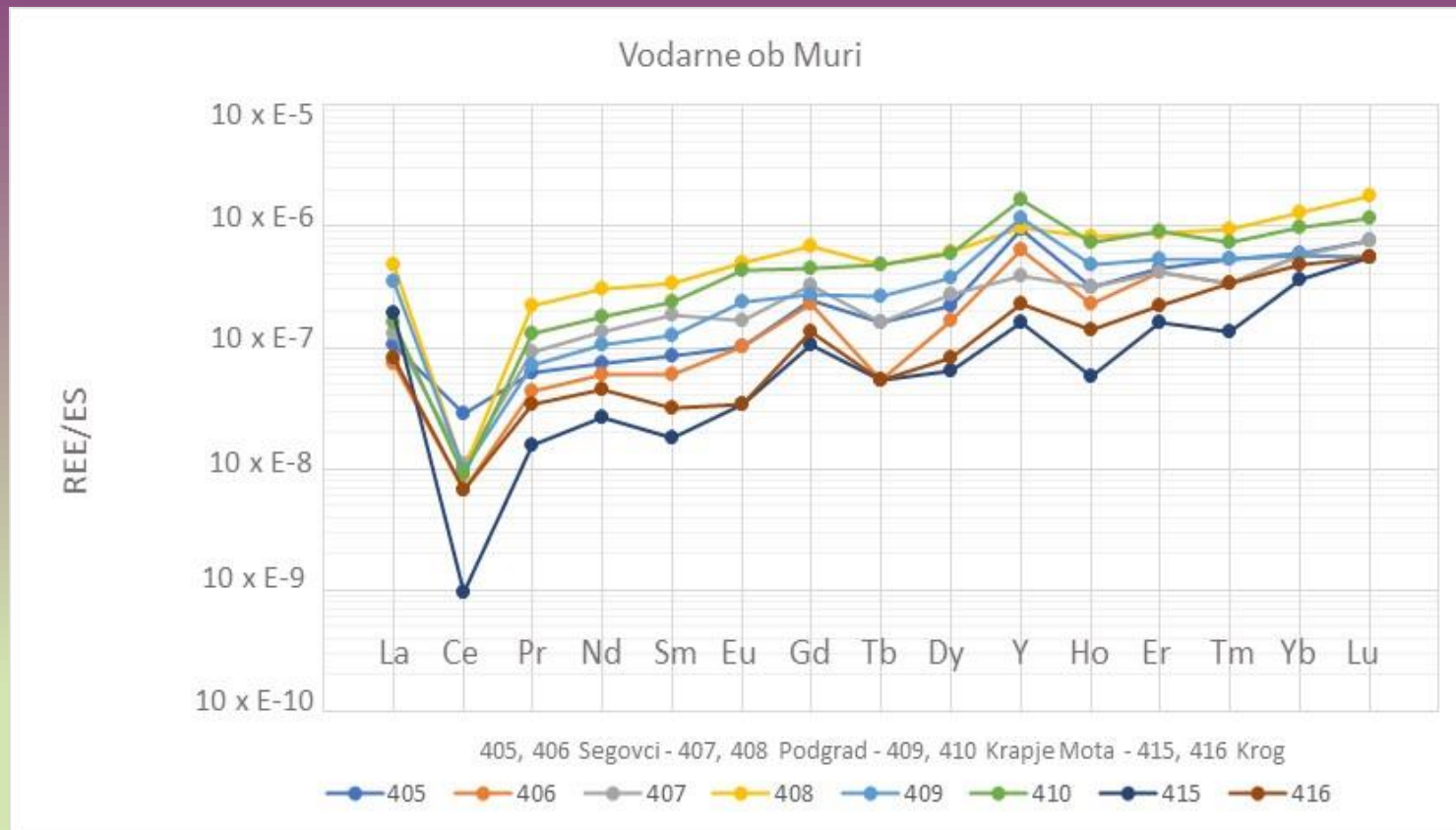
Pritoki reke Mure



Vordenbergerbach (Leoben) - Grazbach - Drachenbach (Bad Radkersburg) - Boračevski potok - Ledava

● 13 ● 18 ● 21 ● 22 ● 25

V črpališčih ob Muri iz katerih ki so vir pitne vode za Sistema C in B v Pomurju smo našli sicer zelo majhne a zaznavne Gd anomalije v vodarni Segovci, Podgrad in Krog, ne pa tudi v Moti. Absolutne vsebnosti Gd so izredno nizke: Segovci 1,47 – 1,57 ng/L, Podgrad 2,1 - 4,4 ng/L, Mota 1,8 - 2,9 ng/L in Krog 0,67 - 0,87 ng/L





Ugotovitve raziskav



- **Analize rečne vode Mure iz 40 vzorčnih mest od bližine izvira v Visokih Turah do tromeje s Hrvaško in Madžarsko pokazale zmerno prisotnost TCE. Prepoznali smo naravne geogene procese prehajanja TCE v vodo, na nekaterih mestih pa smo zaznali tudi onesnaženost, ki izvira iz industrijskih obratov in bolnišnic oziroma institucij, katere delujejo na področju biotehnologije. Onesnaženi so tudi nekateri pritoki, predvsem iz urbanih okolij. Sledove onesnaženj z Gd smo zaznali tudi v vodi iz črpališč ob Muri, so pa vsebnosti izredno nizke in ne predstavljajo tveganja za zdravje ljudi.**

