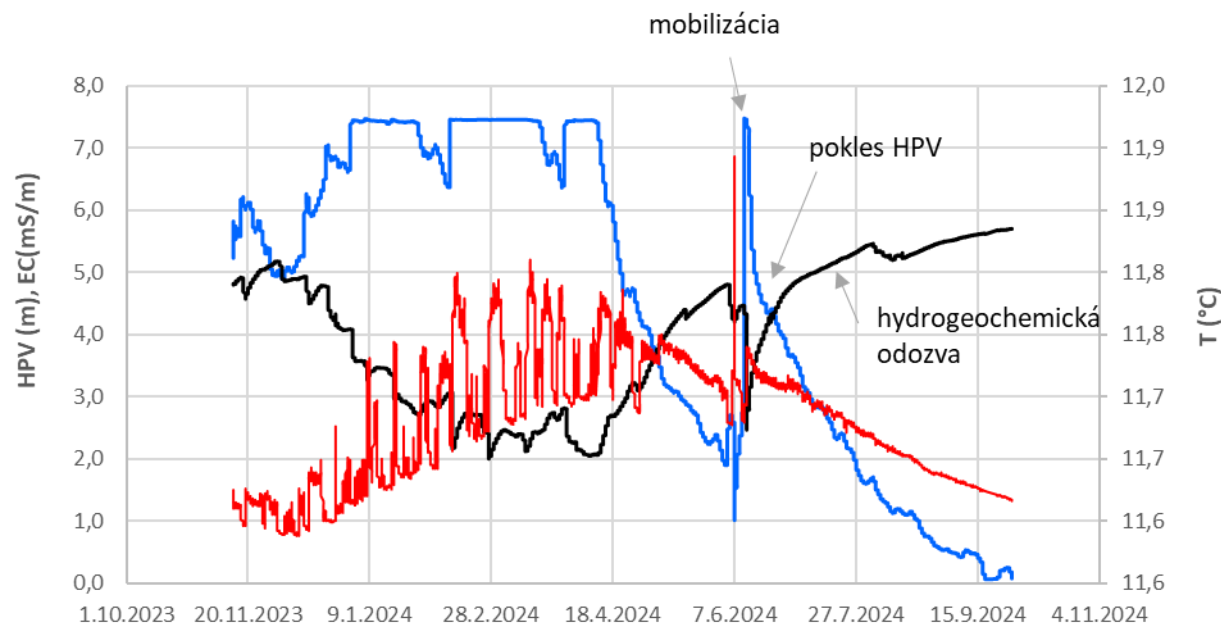


VYUŽITIE REŽIMOVÝCH MERANÍ PRI HODNOTENÍ VPLYVOV BANSKEJ ČINNOSTI NA KVALITU VÔD V PODMIENKACH DYNAMICKÉHO HORSKÉHO PROSTREDIA



RNDr. Slavomír Mikita, PhD.

Antimón - kritický prvok a nebezpečný kontaminant ovplyvňujúci biodiverzitu na lokalitách s ťažobnými odpadmi.

Evidenčné číslo projektu APVV-17-0317

Vybrané environmentálne záťaže ako stresový faktor ovplyvňujúci biodiverzitu a zdravotné riziká pre exponované skupiny obyvateľstva.

Evidenčné číslo projektu APVV-21-0212



Železozrudné bane Rožňava Úsek Rákoš Hg

Ložisko ortuťových rúd Rákos bolo objavené v roku 1956 pri geologickom prieskume železných rúd v regióne. Je najvýznamnejším prejavom ortuťovej mineralizácie v JZ časti Spišského gemerského rudohoria. Koncentrácie impregnačných ortuťových rúd sa vŕstia na výrazní zlomový násunový línii medzi horninami spodného triasu a permu. Samotné ložisko je tvorené veľmi nepravidelnou impregnačnou a tvoria ho mi drobné žilky karbonátov alebo kremeňa, prípadne žilky rumeky. Okrem cinabartu (rumeky) sa tu vyskytujú aj sídrené, baryt, hematit a sekundárne Cu-minerály.

Úsek bol vybudovaný a ťažba razená od roku 1970 do r.1972. Od roku 1973 sa začala ťažba samotnej rumky a trvala do roku 1987, kedy prestala byť ťažba ekonomicky výhodnou a začali práce na likvidácii úseku, ktoré skončili v roku 1989.

Úsek bane Rákoš

Minerály vo ťažisku: primárne vyskytujú sa: žltá - arsenit, hnedá - arsenit, biela - arsenit, červená - arsenit

Ortuť sa vydáva na ťažbu zlatom (Au), (Ag), (Zn), (Pb), (Al), pri výrobe zlata, na výrobu vysoký briliantový výbušnín, v medicíne, v elektrotechnike a chémii.

Tento úsek: Rákoš Hg, bane Rožňava
Práca: ťažba rumky
Úsekom úseku a výstavby: Rákoš Hg, bane Rožňava

Činabart je minerál kryštalickej v rhoritnej sústave, chemicky sulfid ortuťový - Hg₂S. Starší názov je rumeka. Tento minerál je jeho zafarbený svojou hnedočervenou alebo ľadovočervenou farbou. Je prísadný až nepriehľadný a vyznačuje sa diamantovým alebo polikrystalovým alebo matným leskom. Na vzduchu ani po dlhom čase farbu nemení.

Činabart sa vyskytuje v Slovensku: Rožňava, Ortuť, Malachov.

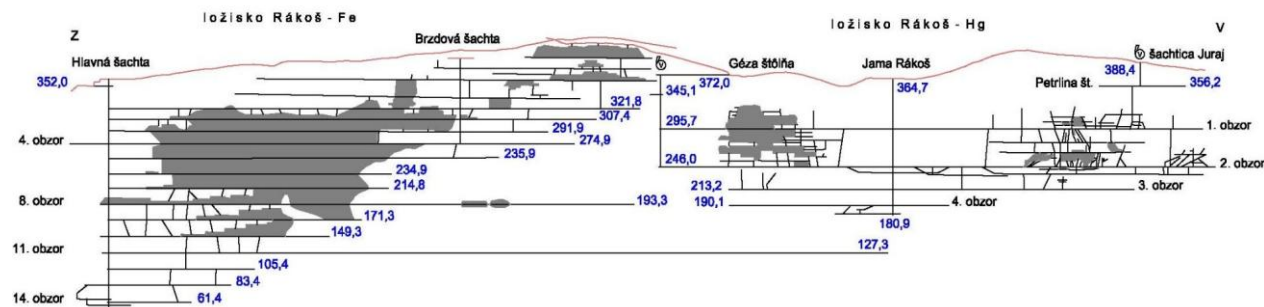
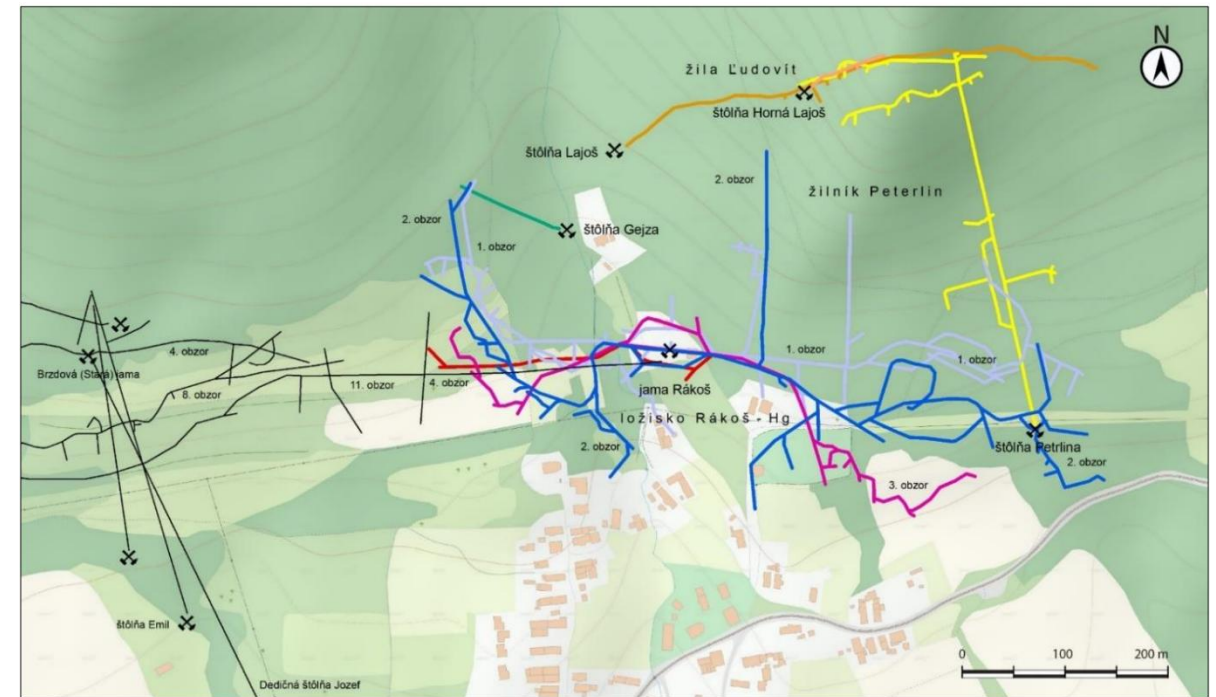
Úsek bane Rákoš - ťažba rumky

Úsek bane Rákoš - ťažba rumky

Úsek bane Rákoš - ťažba rumky

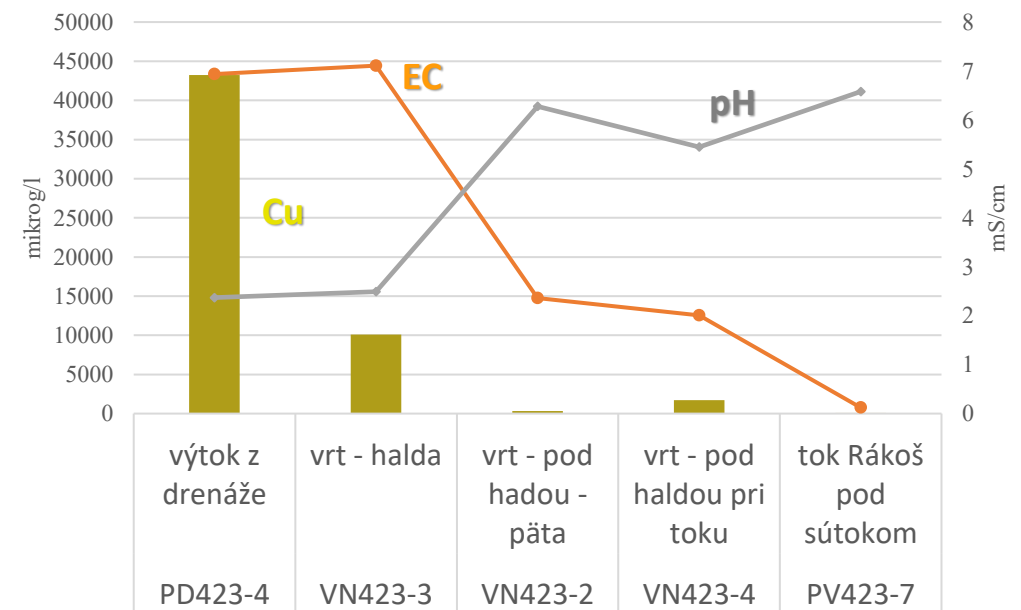
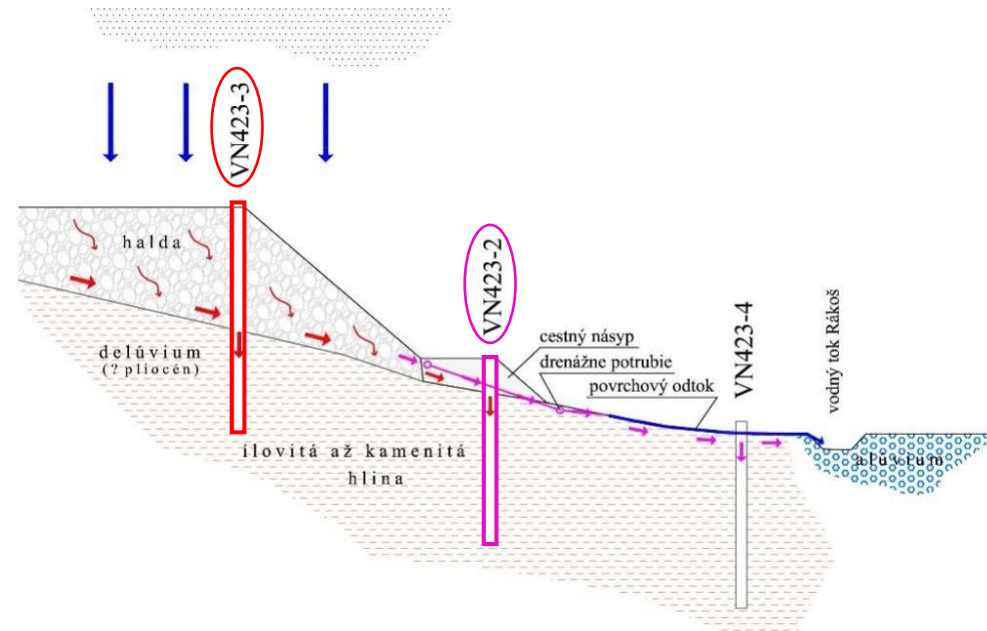
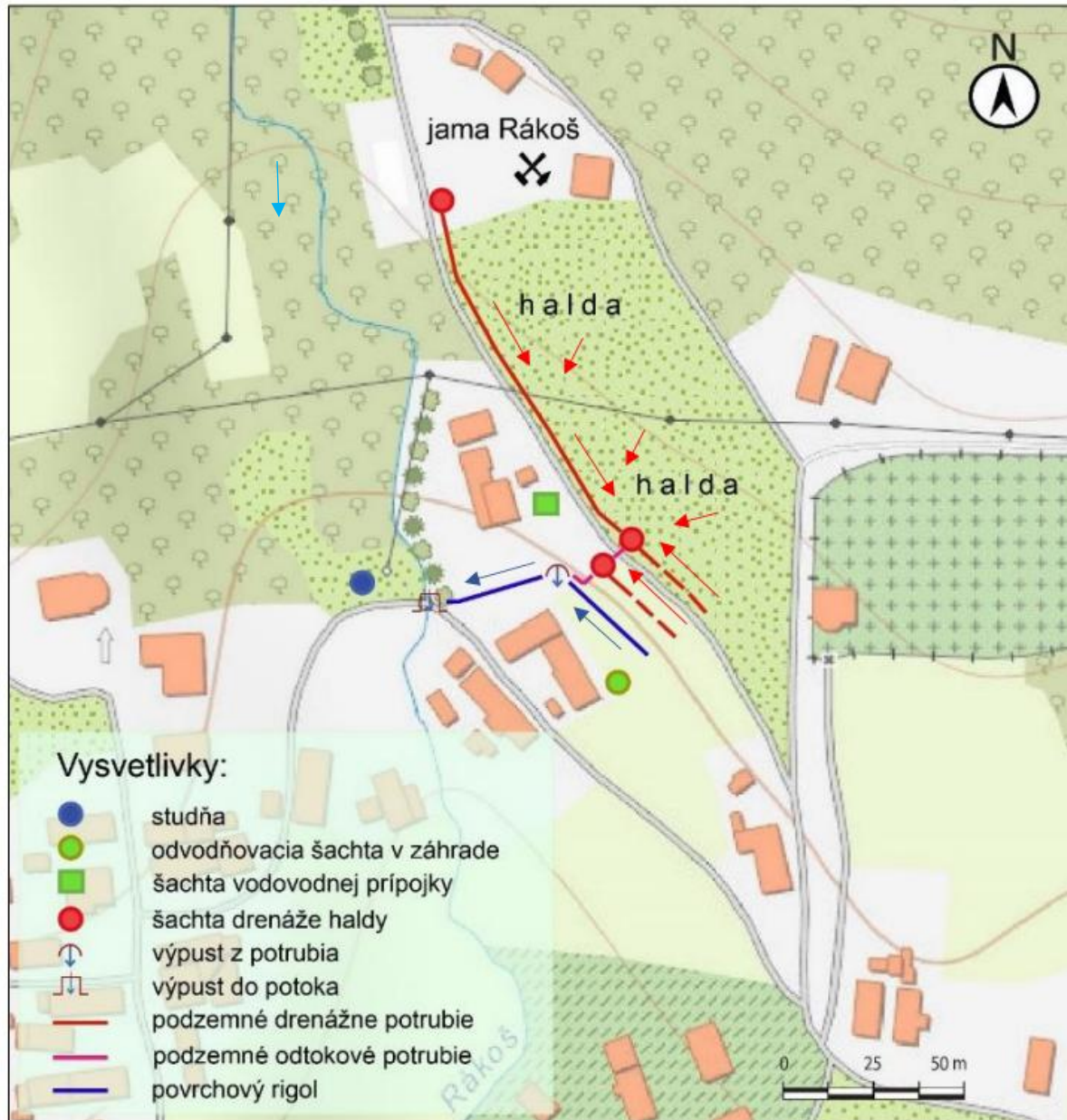
Úsek bane Rákoš - ťažba rumky

Práca v laboratóriu



- Pardubice • 1.–4. 9. 2026

SITUÁCIA NA LOKALITE RÁKOŠ



PRIESKUM A MONITOROVANIE



Teleso haldy



Vtok drenážnej šachty do potoka



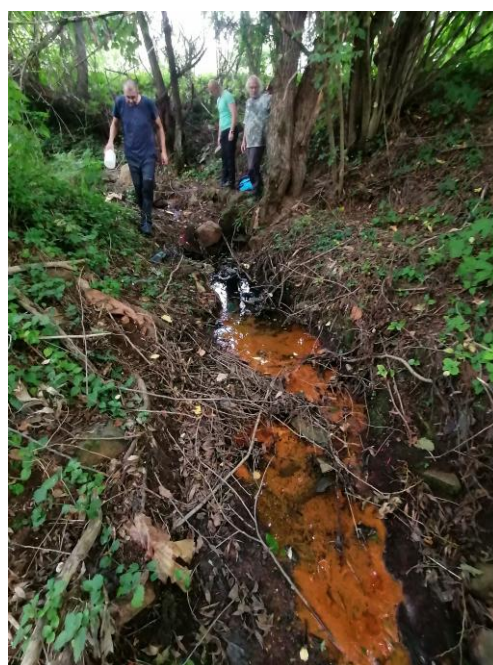
Potok pod sútokom s priesakmi



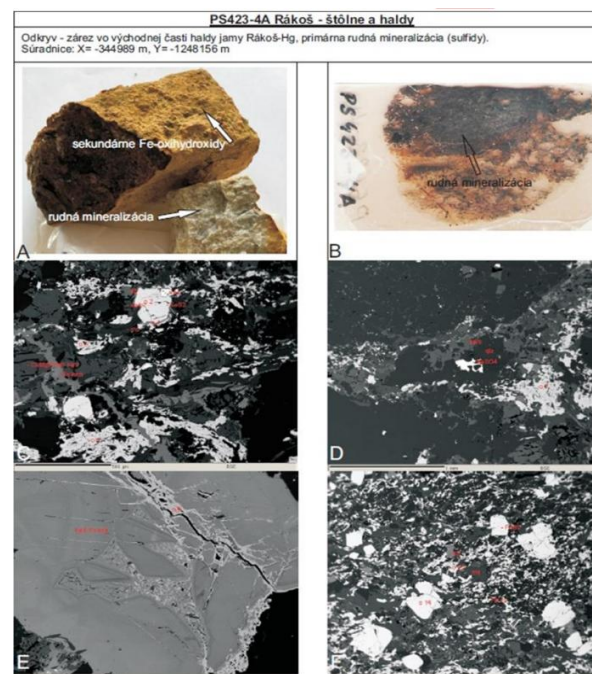
Odber precipitátov a dnových sedimentov



Hydrometrovanie



Prestup priesakov do toku



BSE snímky



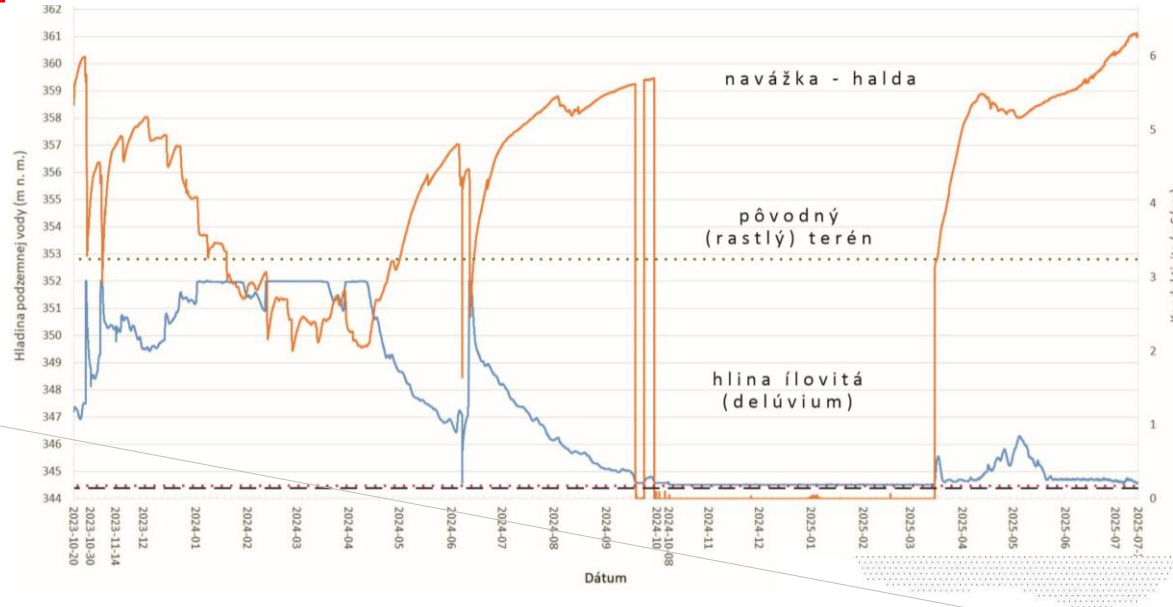
Studňa úžitkovej vody hĺbky 12 m

REŽIM ZDROJA A JEHO BEZPROSTREDNÉHO OKOLIA

*Zdroj znečistenia nie je hydraulicky ani hydrochemicky stabilný
– jeho reakcia sa výrazne mení v čase.*

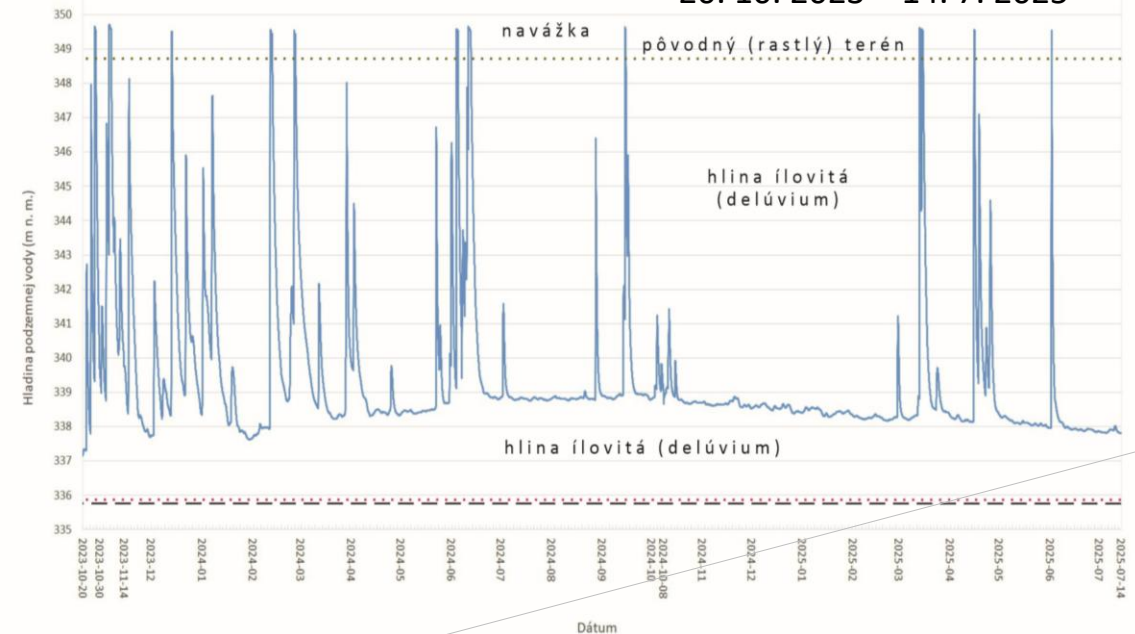
VN423-3 / zdroj – halda

20. 10. 2023 – 14. 7. 2025



VN423-2 / vrt pod haldou

20. 10. 2023 – 14. 7. 2025



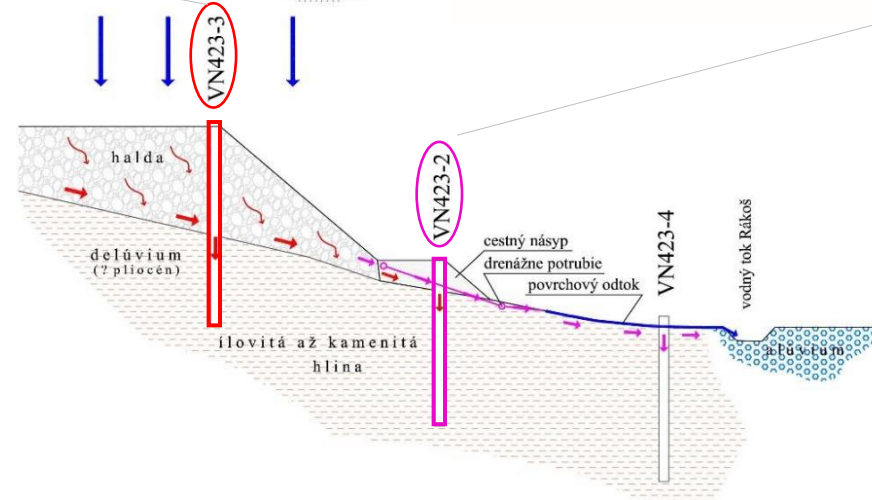
EC: 0–631,8 mS/m

HPV: 344,5–352,0 m n. m.

rozkyv: 7,5 m

HPV: 337,1–349,7 m n. m.

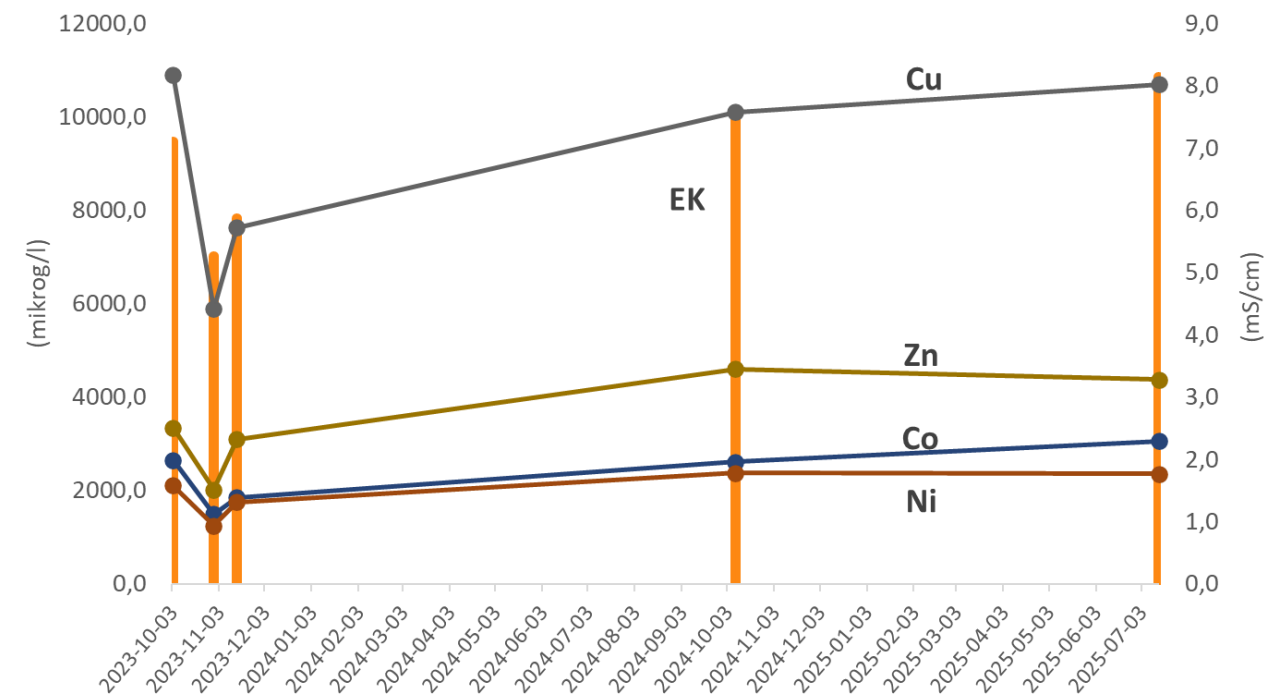
rozkyv: 12,6 m



BODOVÉ MONITOROVANIE vs. KONTINUÁLNE MONITOROVANIE

Bodové monitorovanie

- 5 analýz



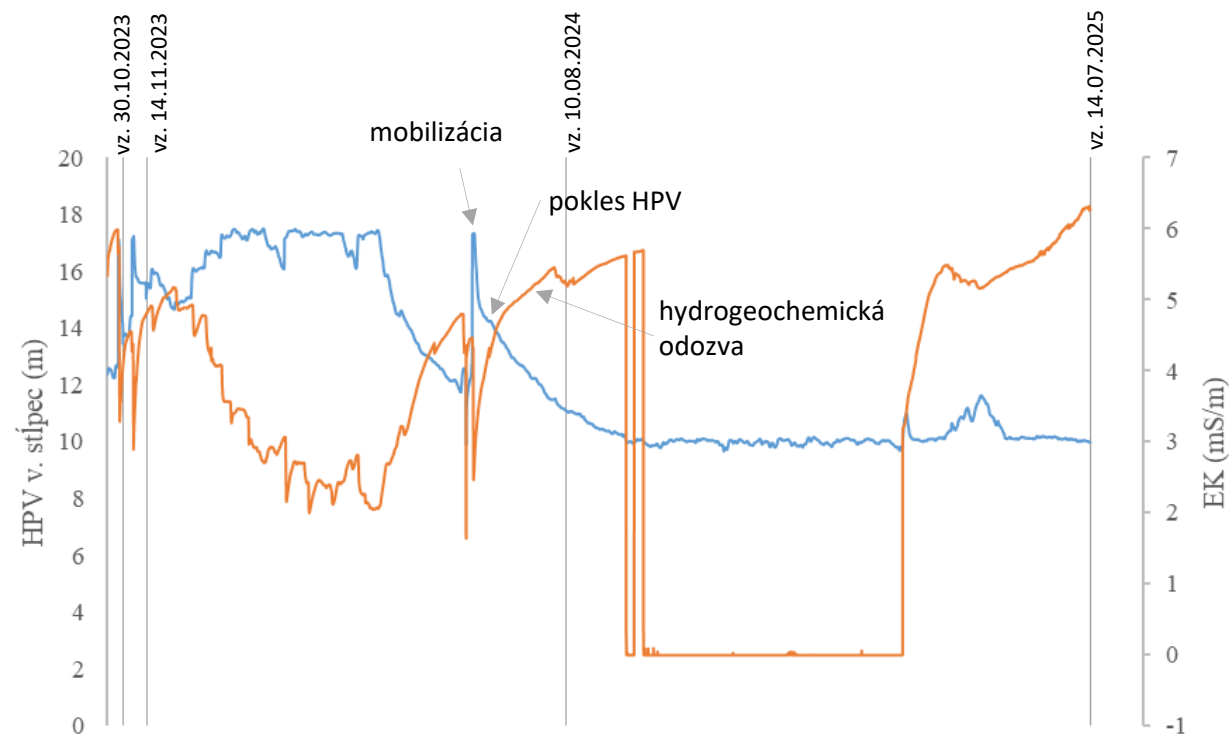
Bodové monitorovanie

STAV

- Koncentrácia
- Okamih
- Výsledok

Kontinuálne monitorovanie

- 15 186 záznamov v hod. intervaloch



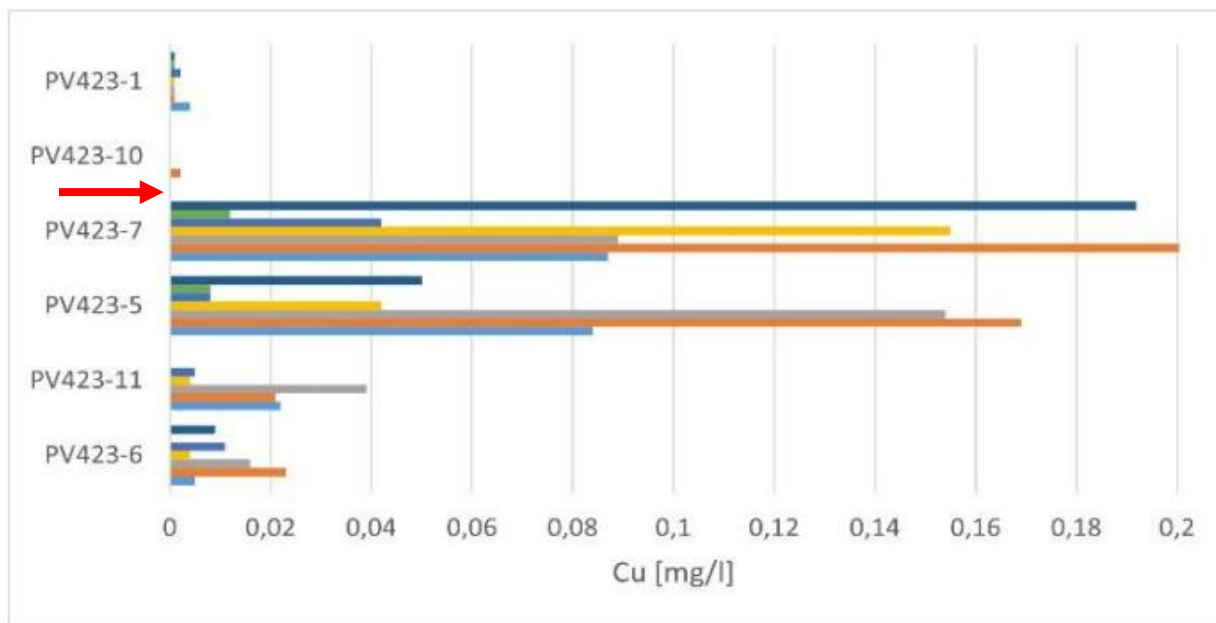
Kontinuálne monitorovanie

PROCES

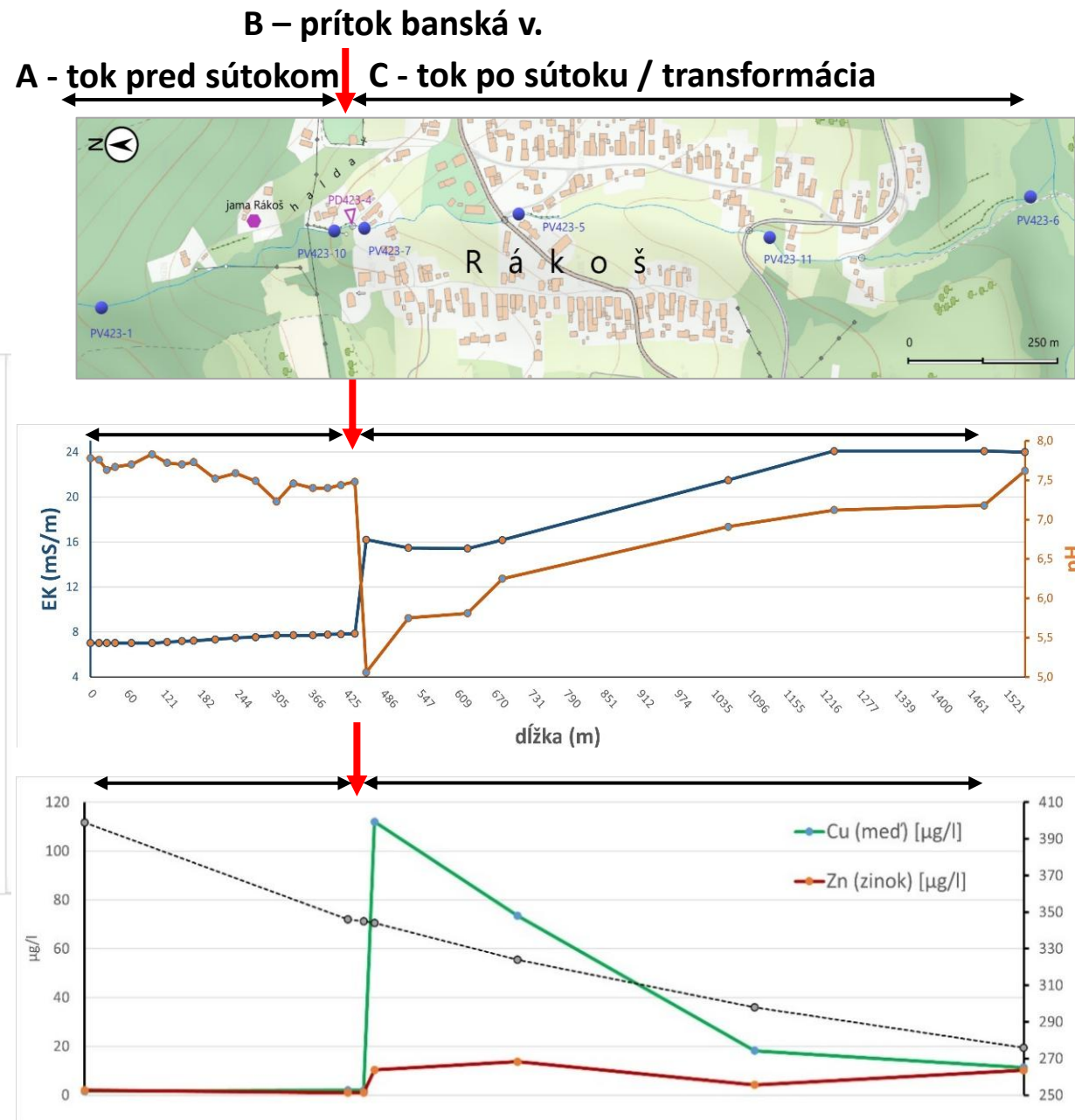
- Dynamika
- Časový priebeh
- Mechanizmus

TRANSPORT A TRANSFORMÁCIA

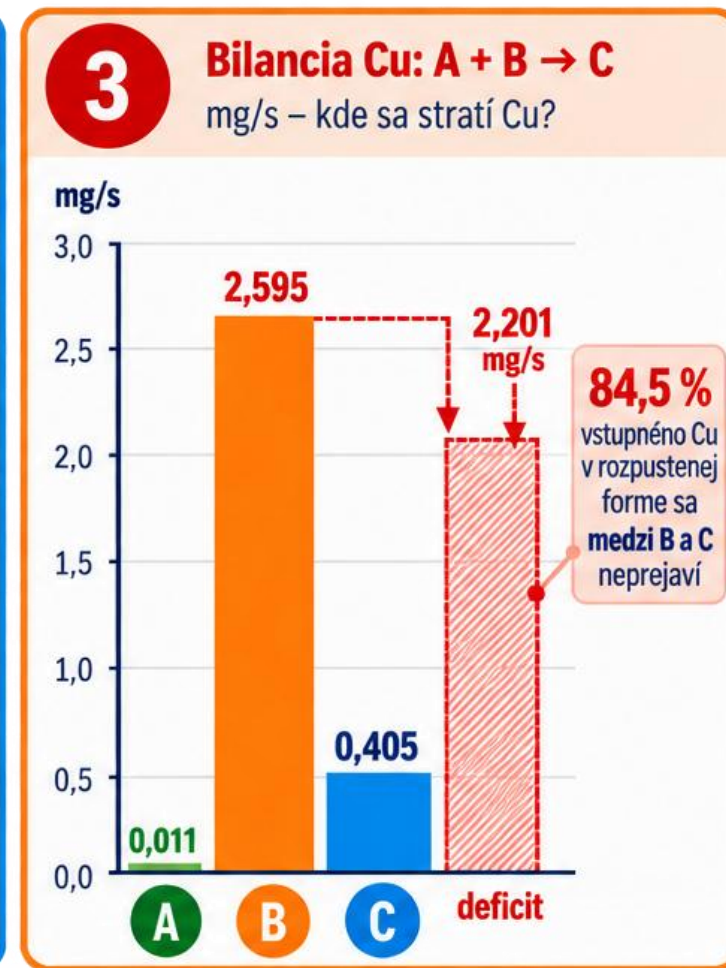
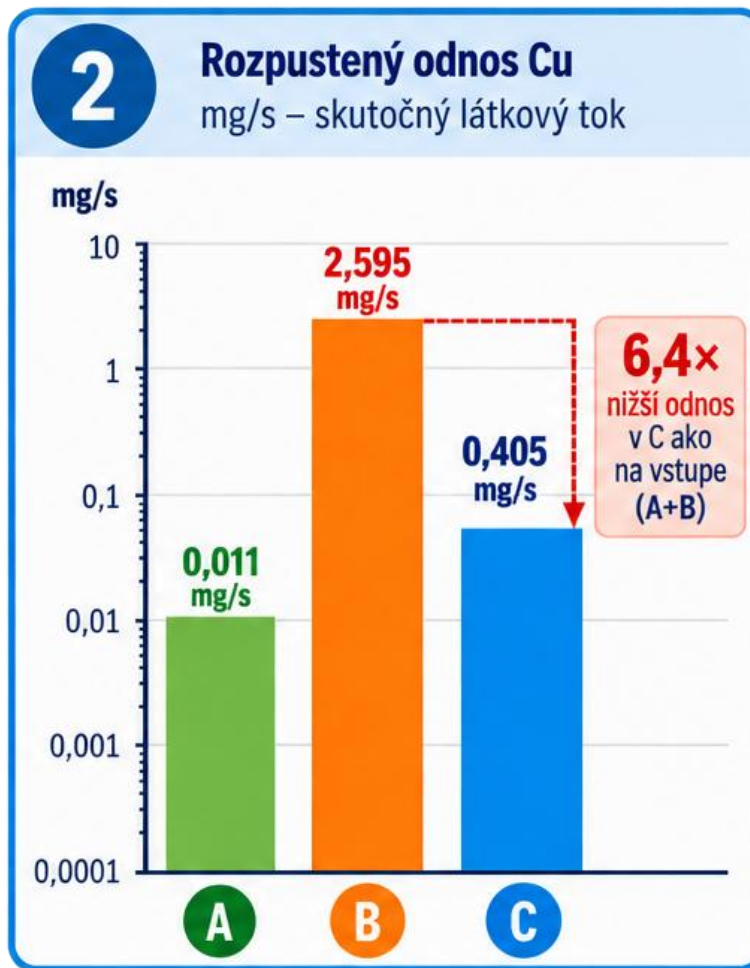
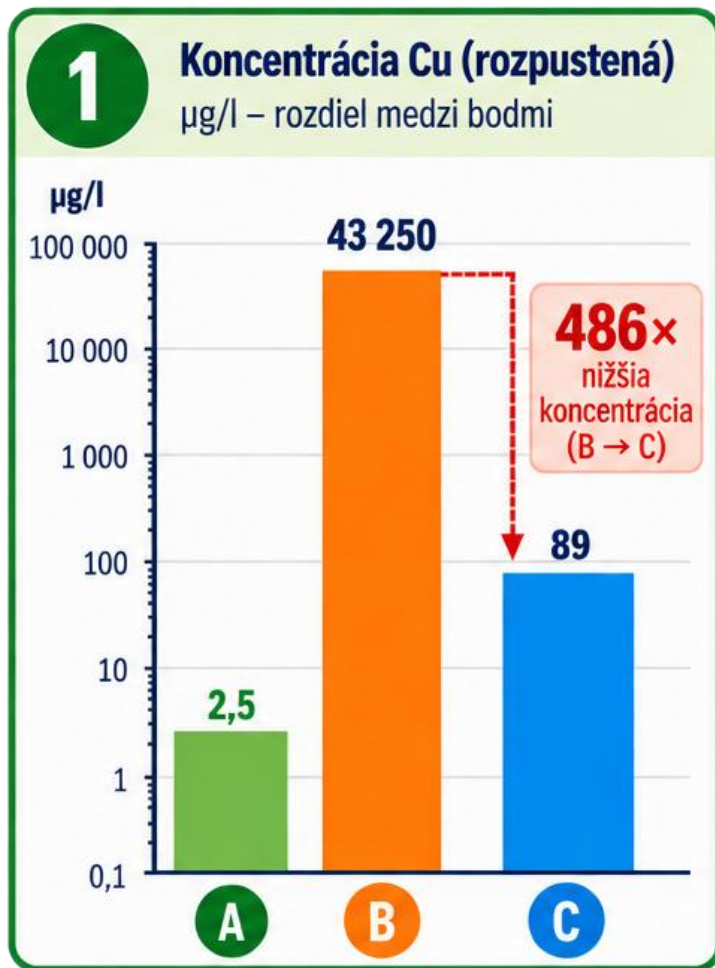
Po vstupe banskej vody do toku dochádza k rýchlej hydrochemickej transformácii a následnému poklesu koncentrácií pozdĺž toku.



Distribúciu Cu v povrchovom toku Rákoš (roky 2021 – 2023)



KONCENTRÁCIA vs. CELKOVÝ ODNOS LÁTKY (Cu)



A NAD SÚTOKOM
PV423-1
Q = 4,50 l/s
Cu (rozp.) = 2,5 µg/l

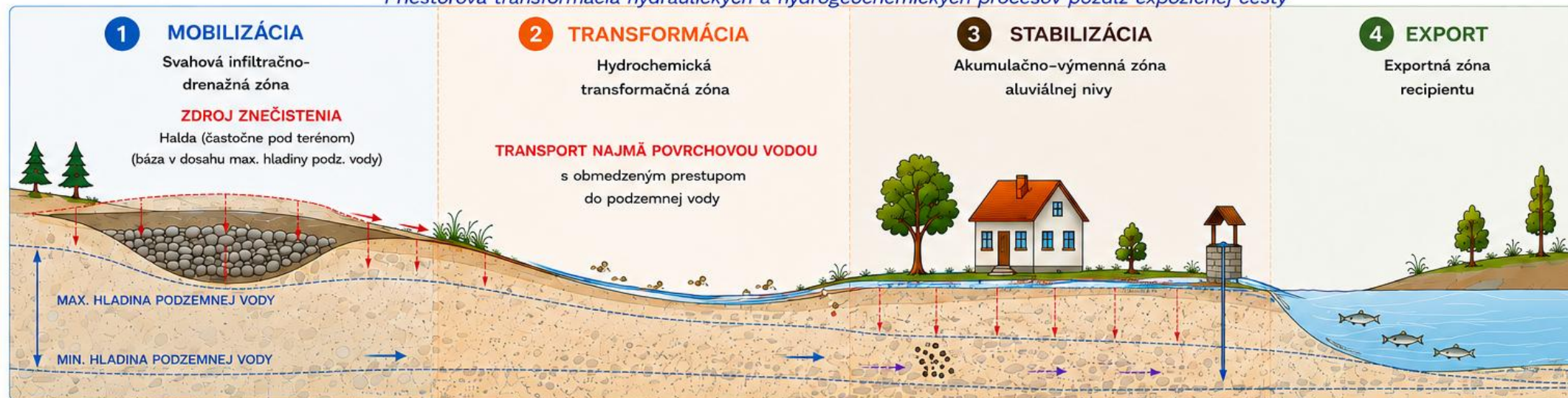
B VТОK PRIESAКOV
PD423-4
Q = 0,06 l/s
Cu (rozp.) = 43 250 µg/l



C POD SÚTOKOM – 30 m
PV423-7
Q = 4,55 l/s
Cu (rozp.) = 89 µg/l

Koncept hydrogeochemickej odozvy v dynamickom hydrogeologickom systéme

Priestorová transformácia hydraulických a hydrogeochemických procesov pozdĺž expozičnej cesty



Hydraulický proces	 Infiltrácia zrážok do haldy a podložia	 Tok povrchovou vodou, riedenie pritekajúcou neovplyvnenou vodou	 Infiltrácia znečisťujúcich látok do podzemnej vody, výmena medzi povrchovou a podzemnou vodou	 Riedenie, zachovanie odnosu, export z povodia
Hydrochemický proces	 Mobilizácia znečisťujúcich látok z haldy	 Transport znečisťujúcich látok povrchovou vodou s obmedzeným prestupom do podzemnej vody	 Infiltrácia znečisťujúcich látok do podzemnej vody, akumulácia, sorpcia, precipitácia pri zvýšených prietokoch	 Riedenie, zachovanie celkového odnosu, export z povodia
Schematické trendy	 Hladina podzemnej vody (HPV) max. min. čas	 Prietok povrchovej vody: vysoký, nízky, čas Konzentrácia v povrchovej vode: vysoká, nízka, čas Prestup do podzemnej vody: malý, žiadny, čas	 HPV: vysoká, nízka, čas Konzentrácia v podzemnej vode: vysoká, nízka, čas	 HPV: vysoká, nízka, čas Konzentrácia v podzemnej vode: vysoká, nízka, čas
Dominantný výsledok zóny	Mobilizácia kontaminantov z haldy, veľký rozkvy hladiny podzemnej vody	Transport znečistenia najmä povrchovou vodou s obmedzeným prestupom do podzemia; čiastočné riedenie a chemické zmeny, vznik precipitátov v povrchovej vode	Prestup do podzemnej vody a čiastočná stabilizácia; akumulácia a precipitácia v aluviálnych sedimentoch; menší rozkvy hladiny podzemnej vody	Export znečistenia z povodia riedením a zachovaním odnosu do recipienta

SMER TOKU VODY A TRANSPORTU LÁTKO POZDĹŽ EXPOZIČNEJ CESTY

povrchový odtok
 hladina podzemnej vody (max. / min.)
 infiltrácia znečisťujúcich látok
 podzemný (laterálny) transport zneč. látok
 transport znečistenia povrchovou vodou
 znečisťujúce látky (napr. Fe, Mn, Zn, Cu, Al a i.)
 precipitáty (Fe(OH)₃ a.i.)
 výmena PV ↔ PzV (povrchová ↔ podzemná voda)

PV – povrchová voda; PzV – podzemná voda; HPV – hydraulická dynamika (hladina podzemnej vody); EC – elektrická vodivosť; max. – maximálna hladina; min. – minimálna hladina

PREHĽAD ŠTUDOVANÝCH BANSKÝCH LOKALÍT S ORIENTAČNÝM POSÚDENÍM RIZIKA

Orientačné porovnanie vybraných lokalít podľa zdroja, transportu a expozície

ZDROJ

acidifikácia • množstvo priesakov
• kontaminanty a ich konc.

TRANSPORT

prietok • forma transportu • prestupy PzV ↔ tok

EXPOZÍCIA

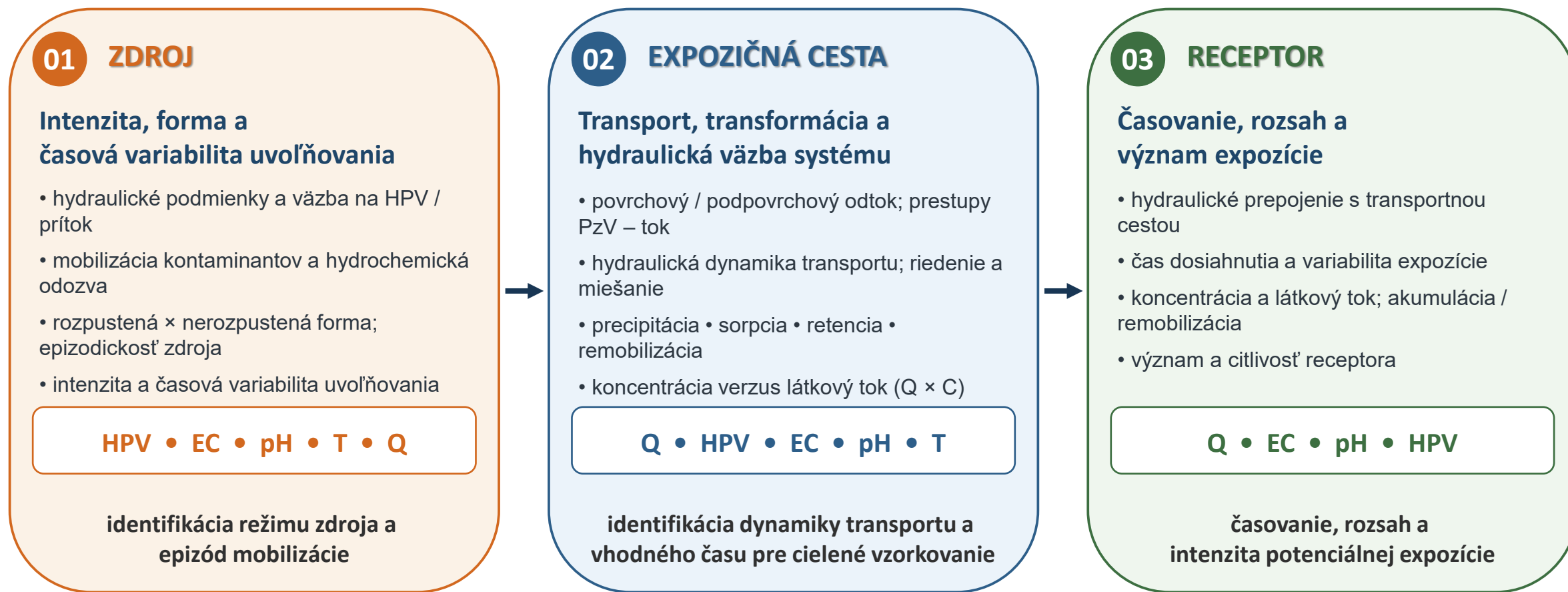
vzdialenosť • studne • vodárenské zdroje • biota

LOKALITA	DOMINANTNÉ FAKTORY	HLAVNÉ RECEPTORY A DOSAH	HODNOTENIE
Medzibrod	As, Sb relat. malé mn. priesakov rozpustená forma bez acidifikácie	studne a závlaha 100ky–1000ky m	NÍZKE
Dúbrava	relat. veľké množstvo priesak. z viacerých miest Sb, As výrazný prestup z toku do PzV	vodárenský zdroj domové studne a závlaha 100ky–1000ky m	VYSOKÉ
Rákoš	acidifikácia Cu, Ni, Co, As rozpustené látky + precipitáty prestupy PzV ↔ tok	domové studne a závlaha už v 10kách–100kách m	VYSOKÉ
Čučma	As, Sb relatívne malé množstvo priesakov rozpustená forma bez acidifikácie	relat. väčšia vzdial. od recipientu, 300 m studne a závlaha 100ky–1000ky m	NÍZKE
Zl. Idka	čiasoč. acidifikácia relat. veľké mn. priesakov As, Sb rozpustená forma + precipitáty prestupy PzV ↔ tok	vodárenské zdroje + studne 100ky–1000ky m	STREDNÉ
Mlynky	čiasoč. acidifikácia relat. malé mn. priesakov As, Sb, Cu, Zn rozpustená forma + precipitáty	studne a závlaha 100ky–1000ky m	NÍZKE–STREDNÉ
Gelnica	As, Sb, Pb, Zn, Hg, Cu, Cd relat. malé mn. priesakov bez acidifikácie	vodárenské zdroje + studne 100ky–1000ky m	NÍZKE

Potenciálne riziko je výsledkom kombinácie intenzity zdroja, hydraulickej dynamiky, transportu a expozície receptorov.

PRÍSTUP K HODNOTENIU VPLYVU BANSKÝCH LOKALÍT NA HYDROSFÉRU V HORSKOM PROSTREDÍ

Zdroj – expozičná cesta – receptor: všeobecný rámec, špecifický prístup



PODSTATNÝ PRINCÍP

Kontinuálne terénne údaje umožňujú efektívnejšie načasovať a priestorovo zacieliť chemické vzorkovanie a spresňovať koncepčný model systému.

Kontinuálne pozorovanie → identifikácia režimu → cielené vzorkovanie → interpretácia → spresnenie koncepčného modelu

ZÁVERY

1. Banské znečistenie v horskom prostredí je dynamický proces.

Hydrologické zmeny riadia mobilizáciu a transport kontaminantov.

2. Jednorazové analýzy zachytávajú stav, nie režim systému.

Kontinuálne merania odhaľujú časovú variabilitu a epizódy mobilizácie.

3. Koncentrácia sama o sebe nevystihuje význam transportu.

Rozhodujúci je aj látkový tok a jeho zmena pozdĺž expozičnej cesty.

4. Hydrochemická odozva je výsledkom transportu a transformácie.

Riedenie, miešanie, precipitácia, sorpcia, retencia a remobilizácia menia výslednú expozíciu.

5. Hodnotenie musí prepájať zdroj – expozičnú cestu – receptor.

V dynamickom prostredí je preto nevyhnutné pracovať s reálnym koncepčným modelom lokality.

6. Zaužívané postupy nemusia dostatočne vystihovať dynamiku transportu a transformácie znečistenia v banských lokalitách horského prostredia.

Zachytiť proces je často dôležitejšie ako zachytiť jednotlivý stav.