

KONTAMINACE POVODÍ PLOUČNICE RADIOAKTIVNÍMI LÁTKAMI Z TĚŽBY URANU A JEJÍ ZMĚNY ZA OBDOBÍ 1992–2009

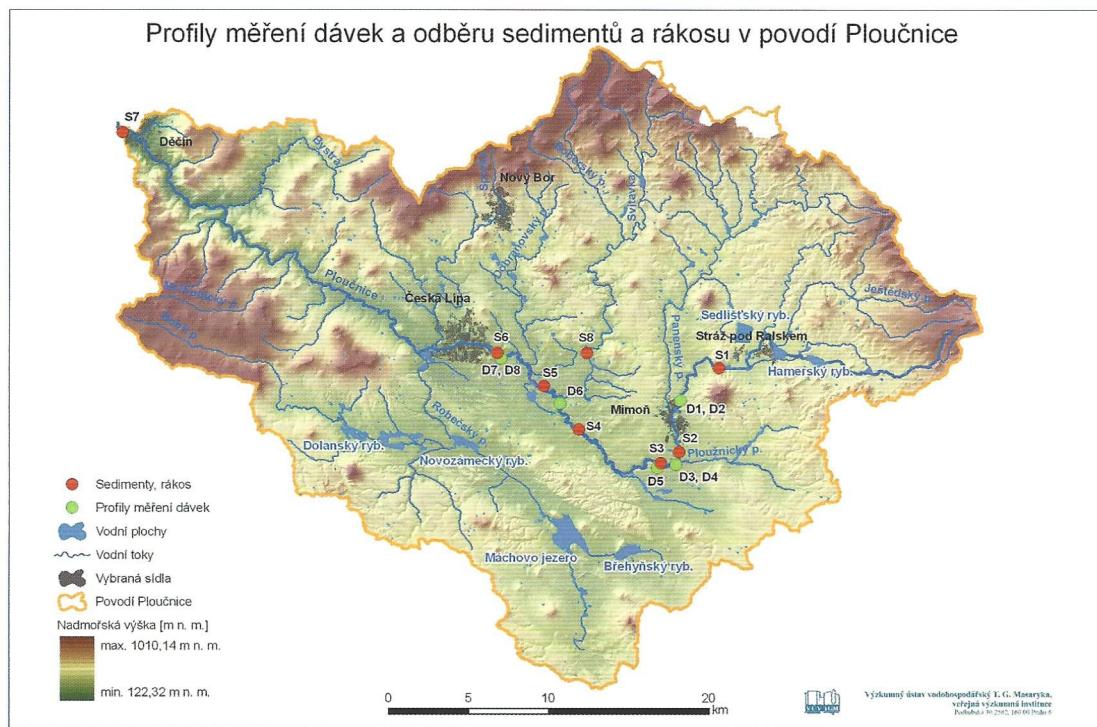
Na území České republiky probíhala intenzivní těžba uranových rud po 2. světové válce na Jáchymovsku, Příbramsku, ve Stráži pod Ralskem, Okrouhlé Radouni a Dolní Rožínce, kde dosud trvá. Nejvýznamnější svými dopady na hydrosféru byla lokalita ve Stráži pod Ralskem, kde byla recipientem důlních vod řeka Ploučnice. Cílem výzkumu bylo sledování a hodnocení vývoje kontaminace říčních sedimentů a záplavových území v povodí Ploučnice v úseku Noviny–Děčín v období 1992–2009.

V lokalitě Stráž pod Ralskem v severních Čechách probíhala těžba uranu hornickým způsobem a souběžně kyselým loužením in situ od konce 60. let. Ve vypouštěných odpadních vodách byly vysoké aktivity radia 226 a uranu. Před uvedením dekontaminační stanice do provozu v roce 1989 docházelo k významné kontaminaci hydrosféry Ploučnice. Za zvýšených vodních stavů docházelo též ke kontaminaci zátopových území vynášením plavezin a dnových sedimentů. Hornická těžba byla ukončena v roce 1994.

Po úplném ukončení těžby uranu byl založen systém kontroly změn kontaminace hydrosféry v povodí Ploučnice radioaktivními látkami. V záplavových územích byl měřen in situ

dávkový příkon záření gama ve výšce 1 m nad zemí. Měření dávek bylo prováděno současně s odběrem dnových sedimentů. Říční dnové sedimenty byly odebírány v podélném profilu Ploučnice v období 1994–1999 1× ročně a dále po pěti letech až dosud. V laboratoři VÚV T.G.M., v.v.i., byl prováděn gamaspektrometrický rozbor odebraných vzorků se zaměřením na stanovení radia 226 a radia 228. Sledování prokázala pokles dávek v záplavových územích a hmotnostních aktivit jejména radia 226 u dnových sedimentů.

Největší kontaminaci záplavových území v povodí Ploučnice způsobila extrémní povodeň v červenci 1981, při které byly vyneseny říční sedimenty. V návaznosti na tuto skuteč-



Obr. 1. Profily měření dávek D1 až D7 a odběru sedimentů a rákosu S1 až S8 v povodí Ploučnice

nost bylo pro období po ukončení těžby uranu rozhodnuto založit systém kontroly změn kontaminace hydrosféry v povodí Ploučnice radioaktivními látkami, zejména ve vazbě na vliv zvýšených vodních stavů.

V záplavových územích bylo vybráno osm profilů, na kterých byl měřen dávkový příkon záření gama (dále dávka) ve výšce 1 m nad zemí: D1 Mimoň-levý břeh (LB), D2 Mimoň-pravý břeh (PB), D3 Hradčany-vtok (PB), D4 Hradčany-výtok (PB), D5 Boreček (PB), D6 Brenná (LB), D7 Žízníkov (PB) a D8 Žízníkov (LB). Profily jsou zakresleny v mapě na obr. 1.

Poslední kontrolní sledování bylo provedeno v roce 2009. Naměřené hodnoty dávek byly zpracovány graficky. Příklad vývoje dávky v profilu Boreček (PB) za období 1992–2009 je uveden na obr. 2.

Výsledky měření v roce 2009 v oblasti prvního maxima ve vzdálenosti 6–22 m jsou mírně pod úrovní minimálních dávek zjištěných v předchozím období. V dalších bodech měření byly hodnoty dávek na úrovni dolního rozmezí nebo mírně pod touto úrovni v celé délce profilu.

V kontaminovaných profilech D3 Hradčany-vtok (PB), D4 Hradčany-výtok (PB), D5 Boreček (PB) a D6 Brenná (LB) byl podrobněji analyzován vývoj hodnot dávek v čase. Pro tento rozbor byly vybrány na každém z uvedených profilů dva body měření definované v záplavovém území vzdáleností od bodu 0 (u břehu Ploučnice). Pro popis závislosti dáv-

ky na čase byla použita rovnice kinetiky 1. řádu:

$$\ln D_{i,j} = -\lambda_{ef,i,j} \cdot t + q_{i,j}$$

kde $D_{i,j}$ je dávka v profilu i ve zvoleném bodě měření j ($\mu\text{Gy}/\text{h}$),

$\lambda_{ef,i,j}$ efektivní ekologická (pozorovaná) konstanta popisující pokles dávek v profilu i v bodě j ($1/\text{r}$),

t čas (r),

$q_{i,j}$ parametr kinetické rovnice v profilu i v bodě j .

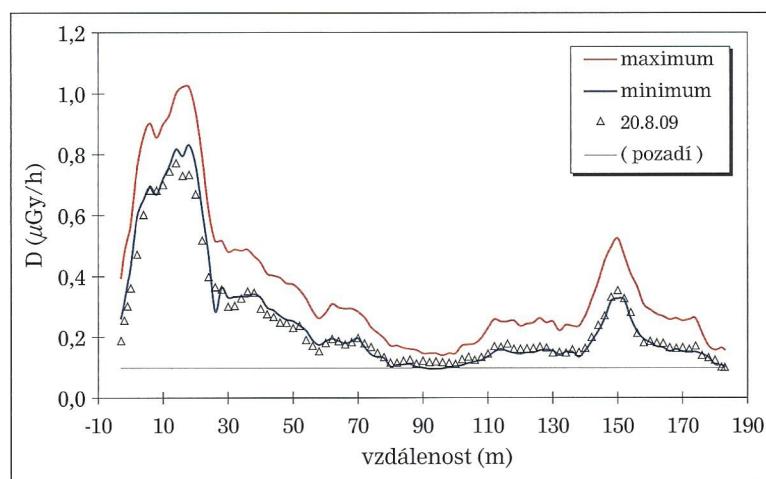
Z konstanty $\lambda_{ef,i,j}$ byl vypočten efektivní ekologický poločas podle rovnice:

$$T_{ef,i,j} = \frac{\ln 2}{\lambda_{ef,i,j}}$$

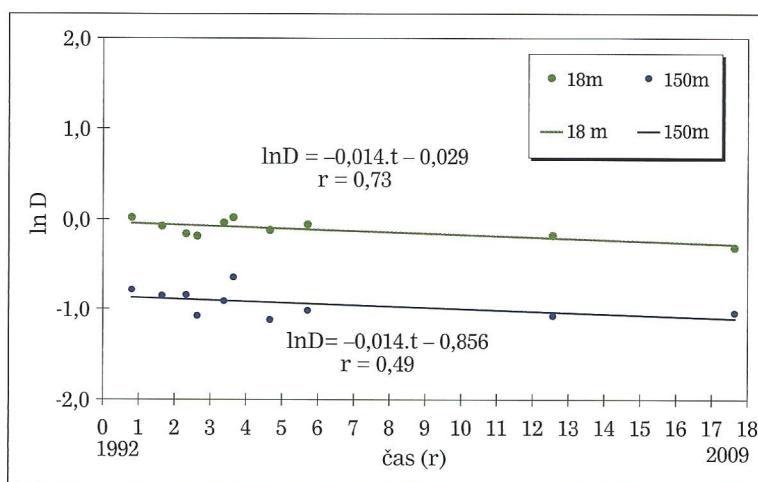
Časový vývoj hodnot dávek v profilu D5 Boreček (PB) za období 1994–2009 byl zpracován na obr. 3.

Vypočtené hodnoty λ_{ef} a T_{ef} ukazují, že k nejrychlejšímu poklesu dávek (kontaminace) došlo na profilech D3 Hradčany-vtok (PB) a D4 Hradčany-výtok (PB) s pozorovaným efektivním ekologickým poločasem 8,2 r. Nejpomalejší pokles dávek byl zjištěn na profilu D5 Boreček (PB) s efektivními ekologickými poločasy 49,2 r, resp. 49,5 r. Poločasy dávek korigované na pozadí v referenčním profilu D7 Žízníkov (LB) vykázaly pokles ve srovnání s nekorigovanými hodnotami. Ve stejných profilech to bylo 6,3 r a 6,9 r, resp. 45,6 r a 42 r.

Říční dnové sedimenty byly odebírány v podélém profilu Ploučnice v sedmi profilech:



Obr. 2. Průběh hodnot dávek zjištěných v roce 2009 v intervalu minimálních a maximálních hodnot za období 1992–2004 v profilu D5 Boreček (PB)



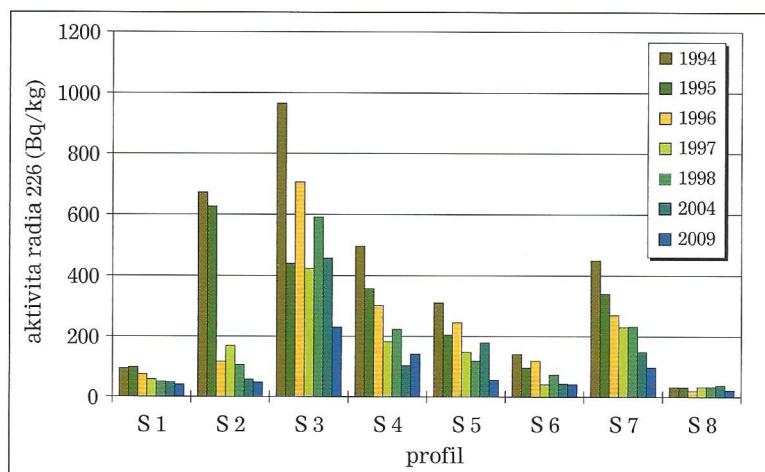
Obr. 3. Časový vývoj hodnot dávek v bodech měření ve vzdálenosti 18 m a 150 m v profilu D5 Boreček (PB), 1992–2009

S1 Noviny, S2 Mimoň-laguny, S3 Boreček, S4 Veselí, S5 Vlčí Důl, S6 Žízníkov a S7 Děčín-Zámecký rybník. Jako referenční (nezatížený) byl zvolen profil S8 Svitávka-Zákupy. Vzorky sedimentů byly v jednotlivých profilech odebírány do hloubky ca 10 cm a homogenizovány na místě promícháním v umělohmotné nádobě. Vzorky byly odebírány v období 1994–1999 1× ročně a dále po pěti letech až do dnešní doby. Byl prováděn gamaspektrometrický rozbor odebraných vzorků se zvláštním zaměřením na stanovení radia 226 a radia 228. Místa odběru vzorků jsou vyznačena na obr. 1.

Výsledky sledování měrných aktivit radia 226 ve dnových sedimentech odebraných ve stálé síti profilů S1–S8 v období 1994–2009 jsou uvedeny na obr. 4. Z porovnání jednotlivých profilů vyplývá, že hmotnostní aktivity radia 226

v říčních sedimentech Ploučnice byly zjištěny v relativně širokém rozmezí hodnot. Rozdíly v hmotnostních aktivitách radia 226 mezi jednotlivými profilemi lze přičítat zrnitosti odebraných vzorků. Nejnižší hodnoty byly zjištěny v profilech S1 Noviny a S6 Žízníkov. Nejvyšší hodnoty hmotnostní aktivity radia 226 byly v průběhu celého sledování zjištěny v oblasti tzv. centrální deponie v profilu S3 Boreček. V následujících profilech S4, S5 a S6 byl pozorován sestupný trend hmotnostních aktivit radia 226 a v závěrovém profilu S7 Děčín-Zámecký rybník naopak nárůst hmotnostních aktivit. Souhrnně lze konstatovat, že pokles hmotnostních aktivit radia 226 byl za celé sledované období 1994–2009 významný.

Složka radia 228, odpovídající vlivu těžby uranu, představuje výrazně menší podíl než



Obr. 4. Vývoj hmotnostních aktivit radia 226 ve dnových sedimentech řeky Ploučnice (profile S1–S7) a v nezatíženém přítoku – řece Svitávce (profil S8) v období 1994–2009

v případě radia 226. V průměru nejvyšší hodnoty hmotnostních aktivit radia 228 byly zjištěny v sedimentech v profilu S7 Děčín-Zámecký rybník. Nejnižší hodnoty pak v profilu S1 Noviny a podobné hodnoty na referenčním profilu S8 Svitávka-Zákupy. Rozmezí hodnot hmotnostních aktivit radia 228, zjištované v jednotlivých profilech, odpovídá zrnitostním charakteristikám odebraných vzorků, to znamená, že vyšší hmotnostní aktivity jsou nalézány v profilech s nižší zrnitostí odebíránych vzorků.

Podobně jako v případě dávky byla pro popis snižování hmotnostních aktivit radia 226 a radia 228 v jednotlivých profilech použita rovnice kinetiky 1. řádu. Vypočtené hodnoty efektivního ekologického poločasu radia 226 byly v rozmezí 4,4–13,3 r. Nejrychlejší ubývání hmotnostní aktivity radia 226 bylo zjištěno v profilu S2 Mimoň-laguny, nejpomalejší v málo zatíženém profilu S1 Noviny. Snižování hmotnostní aktivity radia 228 bylo výrazně pomalejší, a to v rozmezí 8,3–57,3 r. Složka radia 228, odpovídající vlivu těžby uranu, představuje výrazně menší podíl než v přípa-

dě radia 226. Hodnoty efektivního ekologického poločasu radia 226 odvozené z korigovaných hmotnostních aktivit sedimentů o pozadí v profilu S8 Svitávka-Zákupy jsou kratší v rozmezí od 3,1 r (S1 Mimoň-laguny) do 9,9 r (S3 Boreček). V případě korigovaného efektivního ekologického poločasu radia 228 jsou výsledky zatíženy větší nejistotou z toho důvodu, že pozadí radia 228 představovalo významnější podíl celkové hmotnostní aktivity radia 228 v sedimentech. Podstatnou skutečností je i to, že poločas rozpadu radia 228 je relativně krátký, a to 5,76 r, ve srovnání s poločasem rozpadu radia 226 – 1 600 r.

V roce 2009 byl vedle kontaminace říčních sedimentů sledován i obsah radioizotopů radia v rákosu odebíraném ve srovnatelných profilech jako v případě sedimentů. Ukázalo se, že rákos je vhodný bioindikátorem pro posouzení přetrvávajícího vlivu kontaminace po těžbě uranu ve Stráži pod Ralskem v celém podélém profilu řeky Ploučnice.

Na základě dosažených výsledků se doporučuje provést kontrolní měření v roce 2014 nebo po případné povodni na úrovni Q₅.

Získané poznatky jsou průběžně publikovány:

Hanslík, E. et al. Radium isotopes in river sediments of Czech Republic. *Limnologica*, 35, 2005, s. 177–184.

Hanslík, E., Kalinová, E., and Jedináková-Křížová, V. Activity ratio 226Ra/228Ra as indicators of river bottom sediment radioactive contamination due to uranium mining and milling in Czechia. 8th Int. Conf. Biochemistry of Trace Elements, Adelaide, Australia, 2005.

Hanslík, E. et al. Hodnocení vývoje kontaminace povodí

Ploučnice radioaktivními látkami. Studie VÚV T.G.M., v.v.i., Praha, 2009.

Hanslík, E., Ivanovová, D., Šimek, P., Novák, M. a Komárek, M. Kontaminace povodí Ploučnice radioaktivními látkami z těžby uranu a její změny za období 1994–2009. Sb. XXI. konference Radionuklidы a ionizující záření ve vodním hospodářství, ČSVTVS, České Budějovice, 2010 (v tisku).

Kontakt:

Ing. Eduard Hanslík, CSc., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, 160 00 Praha 6, tel.: 220 197 269, e-mail: eduard_hanslik@vuv.cz
Mgr. Diana Ivanovová, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, 160 00 Praha 6, tel.: 220 197 335, e-mail: diana_ivanovova@vuv.cz
Mgr. Pavel Šimek, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., Podbabská 30, 160 00 Praha 6, tel.: 220 197 256, e-mail: pavel_simek@vuv.cz