

# RADIOAKTIVNÍ LÁTKY V ŘECE JIHLAVĚ A NÁDRŽÍCH DALEŠICE A MOHELNO V SOUVISLOSTI S PROVOZEM JE DUKOVANY

V rámci hodnocení zatížení řeky Jihlavy a nádrží Dalešice a Mohelno radioaktivními látkami obsaženými v odpadních vodách vypouštěných z jaderné elektrárny Dukovany jsou v podélném profilu střední části řeky Jihlavy sledovány radiologické ukazatele – objemová aktivita tritia, celková objemová aktivita beta a radionuklidy emitující záření gama. Ve vertikálách nádrží Dalešice a Mohelno jsou sledovány radiologické ukazatele objemová aktivita tritia a celková objemová aktivita beta.

Výzkum výskytu a chování radionuklidů v této oblasti je významný jak z hlediska studia dopadu provozu JE Dukovany na životní prostředí, tak také vzhledem k specifickosti této významné vodohospodářsko-energetické soustavy, kde je surová voda odebírána z nádrže Mohelno a odpadní vody jsou do ní zpět vypouštěny. Dochází zde tedy k zahuštění radioaktivních látek v obdobném poměru jako u neradioaktivních ukazatelů.

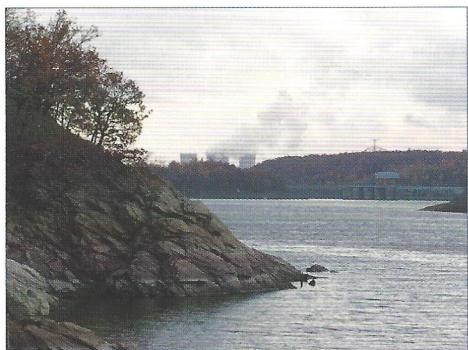
Vzhledem k pozvolnému zhoršování jakosti vody odebírané z nádrže Mohelno a posuzování možnosti dostavby JE Dukovany zůstává stále aktuální hodnocení vlivu změny vypouštění čistěných odpadních vod z JE Dukovany na vodní hospodářství řeky Jihlavy, při kterém se uvažovalo také o zaústění těchto vod k hrázi a pod hráz vodní nádrže Mohelno.

V rámci zatím poslední etapy sledování, která probíhala také jako součást řešení výzkumného záměru v letech 2005–2009, byly odebrány prosté vzorky v odběrových místech v podélném profilu řeky Jihlavы: řeka Jihlava-na konci vzdutí nádrže Dalešice (Vladislav), nádrž Mohelno-pod hrází nádrže Dalešice (tj. konec vzdutí nádrže Mohelno), sací potrubí v čerpací stanici JE Dukovany, Skryjský potok-při ústí do nádrže Mohelno, řeka Jihlava-pod nádrží Mohelno a řeka Jihlava-nad Ivančicemi. V květnu 2008 byl závěrný profil přesunut pod obec Ivančice tak, aby mohly být lépe indikovány změny hodnot objemové aktivity tritia po jejich naředění v řece Jihlavě vlivem přítoků Oslavy a Ročkytné. Zonační odběry vzorků vody z nádrží byly prováděny ve vertikálách situovaných

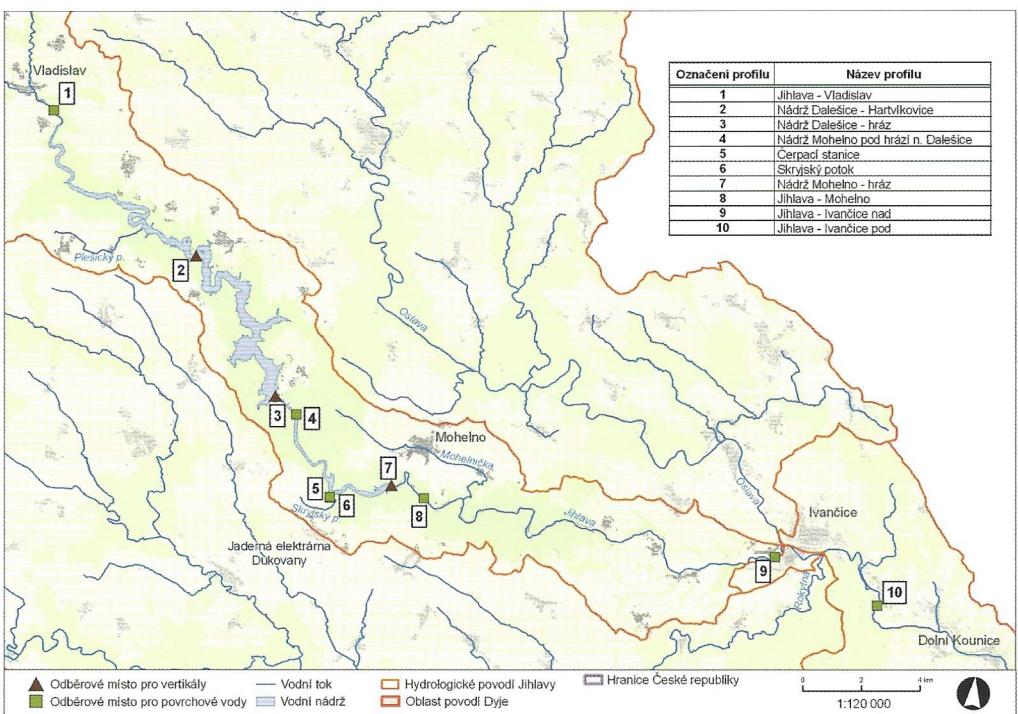
v obou nádržích tak, aby postihly co nejlépe vývoj poměrů v obou nádržích (*obr. 2*).

Vzorky povrchových vod a vody z čerpací stanice byly odebrány podle akreditovaných postupů laboratoře VÚV T.G.M., v.v.i., pobočky Brno. Vzorky vod na stanovení objemové aktivity tritia byly odebrány 12x ročně. Vzorky na stanovení celkové objemové aktivity beta byly odebrány do března roku 2007 12× ročně, poté do ledna roku 2008 6x ročně, v letech 2008–2009 již pouze 4x ročně. Odběr z vertikál nádrží Dalešice a Mohelno pro stanovení tritia byl v letech 2005–2006 prováděn pracovníky VÚV T.G.M., v.v.i., pobočky Brno 1–4x ročně, od roku 2007 ve spolupráci s Povodím Moravy, s.p., 1–2x ročně.

V roce 2008 byly pro gamaspektrometrické



Obr. 1. Vodní nádrže Dalešice a Mohelno



Obr. 2. Mapa odběrových míst pro povrchové vody, vodu z čerpací stanice a pro vertikály

rozbory jednorázově odebrány velkoobjemové vzorky z profilů: řeka Jihlava-na konci vzdutí nádrže Dalešice (Vladislav), nádrž Mohelno-pod hrází nádrže Dalešice, sací potrubí v čerpací stanici JE Dukovany, Skryjský potok-při ústí do nádrže Mohelno, řeka Jihlava-pod nádrží Mohelno. V roce 2009 byly velkoobjemové vzorky odebrány čtvrtletně z profilů: řeka Jihlava-na konci vzdutí nádrže Dalešice (Vladislav), Skryjský potok-při ústí do nádrže Mohelno a řeka Jihlava-pod nádrží Mohelno.

Radiologické rozborby byly prováděny pracovníky Referenční laboratoře složek životního prostředí a odpadů VÚV T.G.M., v.v.i., Praha podle příslušných standardních operačních postupů. Stanovení objemové aktivity tritia ve vzorcích povrchové vody bylo provedeno podle SOP-RA-7 „Stanovení objemové aktivity tritia“ podle ČSN ISO 9698 (75 7635) „Jakost vod – Stanovení objemové aktivity tritia – Kapalinová scintilační měřicí metoda“. Stanovení celkové objemové aktivity beta ve vzorcích povrchové vody bylo provedeno podle SOP-RA-2 „Stanovení celkové objemové aktivity beta“ podle ČSN 75 7612 „Jakost vod – Stanovení celkové objemové aktivity beta“. Stanovení radionuklidů emitujících záření

gama ve vzorcích vody bylo provedeno podle SOP-RA-6 „Stanovení radionuklidů emittujících záření gama“ podle ČSN ISO 10703 (75 7630) „Jakost vod – Stanovení objemové aktivity radionuklidů spektrometrií záření gama s vysokým rozlišením“. Výsledky gamaspektrometrické analýzy se vyjadřují v  $\text{mBq.l}^{-1}$  pro  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  a  $^{40}\text{K}$  s nejistotou měření na hladině 2 sigma.

Z výsledků sledování tritia v letech 2005–2009 vyplývá, že je velmi dobrou stopovací látkou pro sledování a hodnocení vlivu provozu JE Dukovany nejen pod zaústěním odpadních vod, ale i v nádrži Dalešice, kam jsou vody z nádrže Mohelno přečerpávány.

Ve Skryjském potoce byly v letech 2005–2009 naměřeny hodnoty objemové aktivity tritia v rozmezí  $23,6\text{--}235 \text{ Bq.l}^{-1}$ . 6,8 % z celkového počtu měřených hodnot tritia překročilo imisní standard  $C_{90}$  ( $3\,500 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) podle tabulky 1 přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění. Vypočítaná hodnota  $C_{90}$  tohoto souboru dat ( $2\,257 \text{ Bq.l}^{-1}$ ) imisní standard  $C_{90}$  nepřekročila.

Vlivem provozu JE Dukovany dochází ke značnému navýšení objemové aktivity tritia v řece Jihlavě v profilech pod zaústěním od-

padních vod z JE Dukovany do nádrže Mohelno (Jihlava-pod nádrží Mohelno v rozmezí 18,8–454 Bq.l<sup>-1</sup>, Jihlava-nad Ivančicemi (do května 2008) v rozmezí 20,3–446 Bq.l<sup>-1</sup>) ve srovnání s referenčním profilem v řece Jihlavě na konci vzdutí nádrže Dalešice (< 1,09–3,6 Bq.l<sup>-1</sup>). V profilu Jihlava-Ivančice, pod přítoky Oslavou a Rokytnou, se objemové aktivity tritia v období květen 2008 až prosinec 2009 pohybovaly v rozmezí 10,1–228 Bq.l<sup>-1</sup>. Průměrná hodnota 69,0 Bq.l<sup>-1</sup> nepřekročila směrnou hodnotu 100 Bq.l<sup>-1</sup> podle vyhlášky SÚJB č. 307/2002 Sb. v platném znění, resp. podle směrnice Rady 98/83/ES. Zahájení monitorování na tomto říčním profilu umožnilo indikovat naředění vody přítoky Oslavou a Rokytnou.

Vzhledem k přečerpávání vod mezi nádržemi Dalešice a Mohelno je patrné také navýšení objemové aktivity tritia (11,8–86,4 Bq.l<sup>-1</sup>) v profilu nádrže Mohelno pod hrází nádrže Dalešice (tj. na konci vzdutí nádrže Mohelno).

Na obr. 3 je uveden vývoj objemové aktivity tritia v podélném profilu řeky Jihlavy za období 2008–2009.

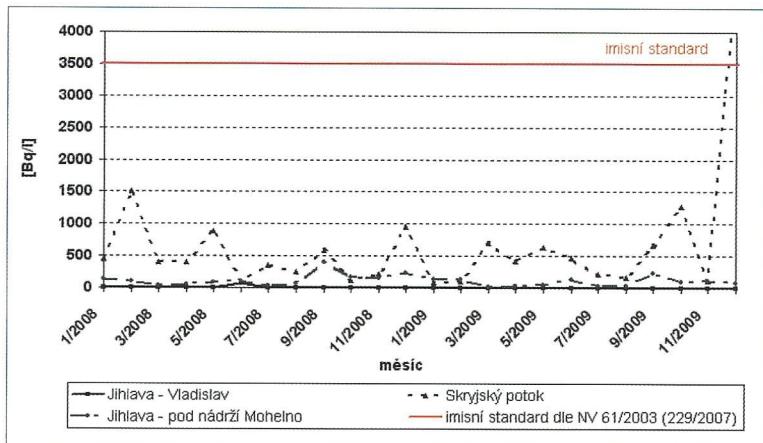
Voda v nádržích Dalešice a Mohelno, stejně jako v podélném toku řeky Jihlavy od vtokového profilu Jihlava-Vladislav až po koncový profil pod Ivančicemi, je v ukazateli celková objemová aktivita beta jen málo ovlivněna. Tento ukazatel nepostihuje tritium emitující nízkoenergetické záření beta. K ovlivnění tohoto ukazatele tak dochází převážně z důvodu zahuštění odebírané technologické vo-

dy, resp. vypouštění odpadních vod JE s pře-vahou odluhů z chladicích věží, kde k navýšení hodnoty celkové objemové aktivity beta dochází v obdobném poměru jako u neradioaktivních ukazatelů, přibližně 2,8 : 1.

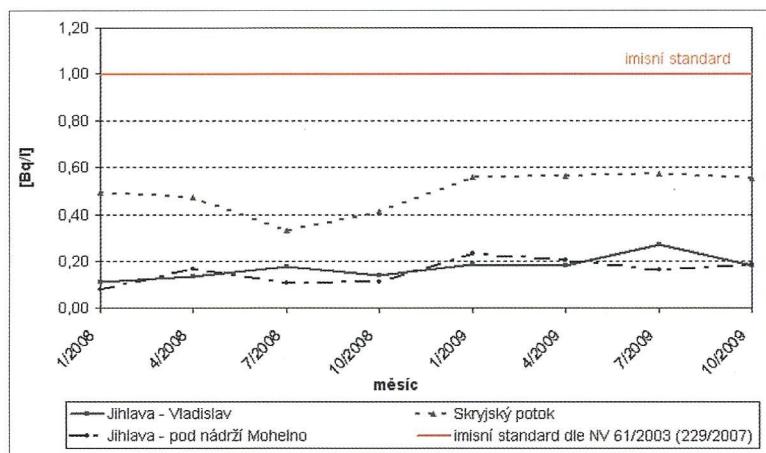
Nárůst celkové objemové aktivity beta ve Skryjském potoce je způsoben zvýšeným obsahem <sup>40</sup>K, odpovídajícím hodnotě <sup>40</sup>K v odpadních vodách JE Dukovany, kterými je průtok vody ve Skryjském potoce tvořen asi z 95 %. To potvrzuje i výsledky gamaspektrometrického stanovení <sup>40</sup>K v řece Jihlavě a odpadních vodách ve Skryjském potoce. Tyto výsledky jsou v souladu s výsledky dřívějších studií, kde byla prokázána lineární korelace mezi celkovou objemovou aktivitou beta a konduktivitou vody, resp. koncentrací draslíku.

Ve Skryjském potoce byly v letech 2005–2009 naměřeny hodnoty celkové objemové aktivity beta v rozmezí 0,200–1,27 Bq.l<sup>-1</sup>. 7,7 % z celkového počtu měrených hodnot celkové objemové aktivity beta překročilo imisní standard C<sub>90</sub> (1 Bq.l<sup>-1</sup>) podle tabulky 1 přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb. v platném znění. Vypočítaná hodnota C<sub>90</sub> tohoto souboru dat (0,985 Bq.l<sup>-1</sup>) imisní standard C<sub>90</sub> nepřekročila. Na obr. 4 je uveden vývoj objemové aktivity tritia v podélném profilu řeky Jihlavy za období 2008–2009.

Aktivita většiny ostatních aktivačních a štěpných produktů byla gamaspektrometrickou analýzou stanovena v profilech nad i pod zaústěním odpadních vod JE pod úrovní nejmenších detekovatelných aktivit (tabulka 1).



Obr. 3. Vývoj objemové aktivity tritia v podélném profilu řeky Jihlavy za období 2008–2009



Obr. 4. Vývoj celkové aktivity beta v podélném profilu řeky Jihlavy za období 2008–2009

Pouze ve Skryjském potoce byla naměřena zvýšená koncentrace  $^{40}\text{K}$ , odpovídající obsahu  $^{40}\text{K}$  v odpadních vodách JE Dukovany. Z výsledků stanovení  $^{40}\text{K}$  ve Skryjském potoce je zřejmý koeficient zahuštění odpadních vod JE Dukovany cca 2,8 : 1.

Průměrná hodnota objemové aktivity  $^{137}\text{Cs}$  v referenčním profilu Jihlava-Vladislav je vyšší než v profilech pod zaústěním odpadních vod. Důvodem je skutečnost, že gama-spekrometrický rozbor se provádí ve veškerých látkách. Významná část  $^{137}\text{Cs}$  vázaného na nerozpuštěné látky se odstraní sedimentací v nádrži Dalešice.

Z výsledků sledování objemové aktivity tritia ve vertikálách nádrží Dalešice a Mohelno v letech 2005–2009 vyplývá, že všechny sledo-

vané vertikální profily byly velmi homogenní, tzn., že v nádržích dochází k dobrému vertikálnímu promíchávání.

Hodnoty objemových aktivit tritia v profilu nádrž Dalešice u hráze s rozmezím 17,4 až 45,1  $\text{Bq.l}^{-1}$  jsou jen o něco vyšší než ve vzdálenějším profilu nádrž Dalešice-Hartvíkovice s rozmezím hodnot 9,6–35,8  $\text{Bq.l}^{-1}$ . V profilu nádrž Mohelno-u hráze bylo zjištěno rozmezí 24,4–302  $\text{Bq.l}^{-1}$ .

V žádné z vertikál sledovaných profilů nedošlo po celé sledované období k překročení imisního standardu  $3\,500 \text{ Bq.l}^{-1}$  podle tabulky 1 přílohy č. 3 k nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ani odvozené průměrné hodnoty  $700 \text{ Bq.l}^{-1}$  uvedené v Metodickém pokynu odboru ochrany vod MŽP k tomuto nařízení.

**Tabulka 1.** Průměrné hodnoty radionuklidů stanovených gamaspekrometrickou analýzou velkoobjemových vzorků v profilech Jihlava-Vladislav, Skryjský potok a Jihlava-Mohelno

Odběrový profil	$^{226}\text{Ra}$ $\text{mBq.l}^{-1}$	$^{228}\text{Ra}$ $\text{mBq.l}^{-1}$	$^{228}\text{Th}$ $\text{mBq.l}^{-1}$	$^{235}\text{U}$ $\text{mBq.l}^{-1}$	$^{134}\text{Cs}$ $\text{mBq.l}^{-1}$	$^{137}\text{Cs}$ $\text{mBq.l}^{-1}$	$^{40}\text{K}$ $\text{mBq.l}^{-1}$
Jihlava-Vladislav	5,1	4,6	2,5	< 0,8	< 0,8	0,9	253
Skryjský potok	6,0	< 5,3	5,5	< 1,4	< 1,3	< 1,3	705
Jihlava-Mohelno	< 2,9	< 3,7	< 1,4	< 0,8	< 1,0	< 0,9	284

#### Kontakt:

Ing. Hana Hudcová, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i.,  
Mojmírovo náměstí 16, 612 00 Brno, tel.: 541 126 325, e-mail: hana\_hudcova@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\_ivanova@vuv.cz  
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