

## Kontaminácia nánosov nádrže vodného diela Ružín I. ťažkými kovmi vo vzťahu k banským odkaliskám

Ján Brehuv<sup>1</sup>

### *Contamination of sediment loads of the Waterwork Ružín I. by heavy metals in relation to mining sludge basins*

*From the results of monitoring of the quality of surface water in the Hnilec and Hornád rivers and their tributaries followed that in addition to industrial toxic substances, it were the heavy metals from localities of former and still continuing mining, treatment or metallurgic activities that significantly influence a long-term pollution. The subsequent project showed a need to monitor the impact of anthropogenic activity, namely on the Waterwork (VD) Ružín I. It was a task of our institution to judge the quality of sediment loads in the waterwork area.*

*The first samples of sediment loads of the waterwork were taken in 1994. The sampling process then continued on the same places in following years. The special methods of sampling of sediment loads (sediments) from the waterwork bed were worked out depending on the locality of sampling. The total analysis of obtained air-dried samples was carried out using the AAS method. The heavy metals were also analysed. In the consent with standards and requirements of the co-ordinator of task, the sediment deposits were assessed in consent with Decree of the Ministry of Land Management of the Slovak Republik 531/1994-540 on the highest admissible values of harmful substances in land.*

*Comparing the results of sampling we have observed that the critical values have been achieved in case of Cu. Its high values were found in the branches of Hnilec and Hornád rivers, as well as in the branch of Opátka. The increased contents of Co are in Beliansky and Opatsky branches, at the inflow of Hnilec and Folkmarsky brook into the waterwork. The position of Hg is interesting, as it was the main contaminating element of The Hornád river and its sediments in the past. Hg is not currently present at significant quantities.*

*The vertical sampling was also carried out in the course of research. It was proved that the content of contaminating elements in sediments of waterwork originates in the industrial activity performed 15-25 ago. At present these sources of contamination are non-active.*

*Special dumps-sludge basins represent an exception, as they are sources of pollution of surface water, as well as of underground water. In consent with the valid legislation, the supervision over the sludge-basins is performed by the sludge-basin keepers, who prepare assessment reports, available only to a limited number of experts.*

*The results characterising waste waters from the sludge-basins in Smolník and Rudňany show that the water draining through a drainage system from the sludge-basins may significantly influence the quality of surface streams.*

*From the mentioned facts follows that it is necessary to remove the contaminated sediment loads from VD Ružín I. The alternatives have been suggested.*

*The contamination of sediment loads in VD Ružín I. continues, so that the requirement for continuing far in monitoring its surface layer and water at least in 3 year intervals is substantiated.*

*The evaluation of results of monitoring of waters leaving the sludge-basin will show, which of them decisively contribute to the contamination of sediment loads in the reservoir of VD Ružín I. This should enable to prepare technical measures to capture the substantial quantity of contaminating elements, so that in the future it would not be necessary, for the exploitation of further sediment loads, to use expensive treatment procedures, this would result in the improvement of environment in the waterwork and its surrounding area.*

**Key words:** reservoir of waterwork, sediment loads, heavy metals, contamination, mining waste, sludge-basin.

### Úvod

Z výsledkov sledovania kvality povrchových vôd (Miklér et al., 1991) v tokoch Hnilec a Hornád a ich prítokoch vyplynulo, že na dlhodobom znečisťovaní sa výrazne podieľajú o.i. priemyselné toxické látky a hlavne ťažké kovy z lokalít s bývalou aj pretrvávajúcou banskou a úpravárenskou, resp. hutníckou činnosťou.

Nádväzný projekt, presnejšie správa ku kontrolnému dňu tohoto projektu (Kočí, 1993) konštatuje potrebu sledovania dopadu antropogénnej činnosti o.i. aj na nádrž Vodného diela (VD) Ružín I., konkrétne na vodu, sedimenty (nánosy) a biotu. Toto konštatovanie našlo praktické naplnenie v riešení výskumnej úlohy (Bobro et al., 1996), cieľom ktorej bolo o.i. posúdiť kvalitu nánosov, resp. ich chemické zloženie. Koordinátorom úlohy bol ESPRIT, s.r.o., Banská Štiavnica a na základe jeho objednávky bola riešená úloha (Bobro et al., 1997), ktorej cieľom bolo navrhnúť možnosti vyťaženia kontaminovaných nánosov a načrtnúť možnosti ich úpravy a využitia.

Ciele oboch spomenutých úloh boli splnené. V záveroch úlohy (Bobro et al 1997) sme navrhli dve alternatívy vyťaženia nánosov, a to plávajúcimi zariadeniami z vodnej hladiny, alebo pri znížení prevádzkovej hladiny nádrže tradične, vybagrovaním a odvozom. Náklady na obe alternatívy sú pomerne vysoké. V prvom prípade spočívajú v nákupe a prevádzke plávajúceho ťažobného zariadenia, v druhom prípade v stratách, vo výrobe elektrickej energie a ďalších úžitkov, spôsobených obmedzením funkcie nádrže VD počas nutného zníženia hladiny cca o 15 m.

Jednu z ciest, ako by bolo možné riešiť, resp. znížiť úroveň ďalšej pokračujúcej kontaminácie nánosov VD, a tým aj zlacniť manipuláciu s nimi po vyťažení, obsahuje záver tohoto príspevku. Táto cesta spočíva vo

<sup>1</sup>Ing. Ján Brehuv, PhD., Ústav geotechniky SAV, Watsonova 45, 043 53 Košice  
(Recenzované v roku 2000)

využití, resp. spracovaní už existujúcich výsledkov z technicko-bezpečnostného dohľadu odkalísk v povodiach Hnilca a Hornádu.

### Metodiky

Na odber vzoriek nánosov (sedimentov) zpod vodnej hladiny boli vypracované samostatné metodiky podľa lokality odberu (Bobro et al., 1996) a zo získaných vzduchosuchých vzoriek bol urobený totálny rozbor metódou AAS. Stanovené boli o.i. ťažké kovy. V súlade s požiadavkami koordinátora úlohy a podľa vtedy existujúcej normy sme nánosy posudzovali podľa Rozhodnutia MP SR 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde.

### Výsledky a diskusia

Prvé odbery vzoriek nánosov z nádrže boli vykonané v roku 1994 v úsekoch vstupov vodných tokov Hornád a Hnilca, ako aj menších prítokov, do nádrže. Odbery vzoriek sa potom opakovali v tých istých miestach aj v nasledujúcich rokoch (tab.1 a 2. a obr. 1).

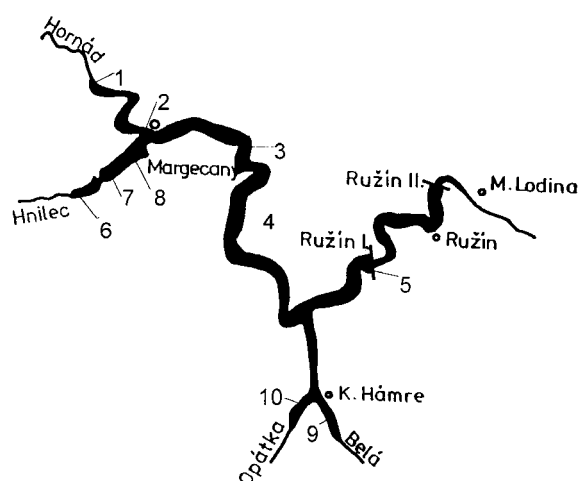
Tab.1. Analýza vzoriek nánosov odobratých z ramien nádrže VD Ružín I. v rokoch: 1994 -1, 1995 - 2, 1996 -3, 1997 - 4, a ich porovnanie s pôdohospodárskou normou.

Tab.1. The analysis of sediment load samples taken from branches of The W-W Ružín I. reservoir in years: 1994 - 1, 1995 - 2, 1996 - 3, 1997 - 4, and its comparison with the agricultural standard.

Lokalita	rok odberu	Hg	As	Cu	Mn	Cd	Co	Ni	Pb	Zn	Cr
		[ mg.kg <sup>-1</sup> ]									
Belá	1	1,0	6,1	130	700	5	77	96	20,0	139	82
	2	0,7	3,8	52	654	5	72	106	28,5	110	82
	3	1,1	5,7	117	870	5	78	104	19,0	135	77
	4	0,9	17,9	66	686	1	20	44	15,8	127	137
Opátka	1	1,1	5,8	497	830	5	84	118	20,0	162	89
	2	2,0	4,4	400	650	5	79	124	20,0	188	99
	3	1,2	6,6	435	983	5	91	115	20,0	164	97
	4	1,4	18,9	38	235	1	19	22	15,0	91	53
Hnilca	1	2,2	11,1	1154	1160	17	68	89	0,0	852	89
	2	3,2	12,8	640	1110	4	99	103	19,0	478	64
	3	1,9	7,4	944	640	2	119	143	22,0	916	86
	4	3,4	16,0	438	786	2	35	53	10,0	786	78
Hornád	1	71,7	12,1	396	1220	20	49	137	0,0	357	94
	2	21,4	10,8	246	930	3	77	149	20,0	338	111
	3	4,2	8,6	263	750	2	94	172	18,0	267	154
	4	11,3	21,5	221	1045	2	28	62	8,1	308	171
Referenčná hodn. A		0,3	29,0	36	-	0,8	20	35	85,0	140	130
Indikačná hodnota B		2,0	30,0	100	-	5	50	100	150	500	250
Indikačná hodnota C		10,0	50,0	500	-	20	300	500	600	3000	800

Pôdohospodárska norma: Rozhodnutie Ministerstva pôdohospodárstva SR 531/1994-540 o najvyšších prípustných hodnotách škodlivých látok v pôde.

Agricultural standard: The Decision of Ministry of Agriculture Slovak Republic No.531/1994-540 about maximum permissible values of demaging materials in soil.



Obr.1. Orientačný náčrt nádrže VD Ružín I, II. a hlavných prítokov.  
Fig.1. Orientation sketch of Reservoir of Water-works Ružín I, II. and main tributaries.

Vzhľadom na množstvo nánosov (viac ako 7 mil. m<sup>3</sup>), ktoré sa nahromadili v nádrži od r. 1969, (Mišík & Capeková 1996) a na ich chemické zloženie sa ukazuje potreba odstrániť nánosy z nádrže a nadväzne riešiť aj ich využitie.

Porovnaním výsledkov odberov (tab.1) s ostatnou sériou odberov uvedených v tab.2 zisťujeme, že kritické hodnoty dosahuje v nánosoch prvok Cu. Jeho vysoké hodnoty boli zistené v ramene Hnilca a Hornádu, zvýšené aj v ramene Opátka. Podľa kritérií Metodického pokynu (MP, 1998), obsah tohoto prvku v nánosoch

nádrže predstavuje intervenčnú hodnotu.

Zvýšené obsahy Co sú v Belianskom a Opátskom ramene, na vstupoch Hnilca a Folkmarského potoka do nádrže.

Obsah Ni predstavuje intervenčnú hodnotu v Opátskom ramene, v ďalších miestach prekračuje maximálnu prípustnú hodnotu. Pôvod Ni môžeme hľadať v starej banskej činnosti.

Zaujímavé je postavenie Hg, ktorá bola v minulom období hlavným kontaminantom Hornádu a jeho nánosov (tab.1). V súčasnosti tento prvok už nie je vo výrazných množstvách medzi ďalšími ťažkými kovmi v ra-mene Hornádu. Najvyššie hodnoty ortute sú pri Margecanoch a dosahujú z bývalých hodnôt 1/3 (Tab.2)

Obsahy prvkov Pb, Sb, Cd, Cr, As vyhovujú prísnyim kritériám hodnotenia podľa MP 1998.

Pre Fe, Ca, Mg a Al zatiaľ nie sú stanovené kritériá.

Tab.2. Výsledky analýzy povrchovej vrstvy nánosov odobranej v roku 1999 a ich porovnanie s Metodickým pokynom (MP) MŽP SR č. 549/1998-2.

Tab.2. The results of surface layer analysis of sediments obtained in 1999 and their comparison with Metodical Instruction Ministry of Environment - Slovak Republic No.549/1998-2.

Č.	Lokalita	Fe	Ca	Mg	Al	Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Sb	Cd	Cr	As	Hg
		[mg.kg <sup>-1</sup> ]														
1	Hornád vstup	34100	9500	12400	61700	120	350	1 668	18,8	59	3,1	1,0	0,5	35	16,0	2,0
2	Margecany	23000	8700	8800	4800	370	200	969	6,9	160	52,6	14,7	2,1	77	12,8	7,4
3	Tunel	23000	12900	6400	52400	230	100	649	27,0	65	2,4	1,0	0,7	16	4,9	1,0
4	Chata Hydínár	40200	8300	7400	31200	780	250	4 537	15,8	113	3,4	3,1	4,3	63	15,6	2,1
5	Pri hrádzi VD	23000	19000	4300	38100	540	180	1 738	10,3	131	3,1	0,9	3,6	32	9,9	1,6
6	Hnilca vstup	42000	4900	7700	18800	710	580	873	10,1	34	4,2	2,9	7,5	54	9,6	0,9
7	Folkmarský p.	34200	6800	9000	63300	220	190	662	40,9	64	3,3	3,4	0,9	66	7,3	0,8
8	Rybársky dom	43200	12100	6000	7500	520	440	993	8,0	33	3,0	0,9	2,2	36	10,6	0,9
9	Belianske ram	24500	12200	11200	24300	90	80	897	37,5	21	4,8	1,4	0,7	37	7,2	0,7
10	Opátske ram.	30000	25000	11600	49900	140	230	1 041	98,9	286	3,1	0,9	1,1	77	7,2	0,6
MP	TV	-	-	-	-	140	36	-	9,0	35	85,0	3,0	0,8	100	29,0	0,3
MŽP	MPC	-	-	-	-	620	73	-	19,0	44	530,0	15,0	12,0	380	55,0	10,0
	IV	-	-	-	-	720	190	-	-	210	530,0	-	12,0	380	55,0	10,0

TV – testovacia, cieľová hodnota, MPC – maximálna prípustná koncentrácia, IV – intervenčná hodnota

TV - Target Value, MPC - Maximum Permissible Concentration, IV - Intervention Value

V priebehu riešenia výskumnej úlohy boli realizované aj vertikálne odbery vzoriek, kde bolo dokázané, že obsahy kontaminujúcich prvkov v sedimentoch nádrže majú pôvod prevažne v priemyselnej činnosti zpred 15-25 rokov. Takto boli do nádrže prinášané prvky Hg, Cu. Prenosom vo vodnom prostredí a vo väzbe na plaveniny, to boli materiály a prvky z oblasti Rudňan a Kropáč. Nezanedbateľným zdrojom kontaminácie boli i Kovohuty Kropáchy, kde tuhé látky vypúšťané bodovým zdrojom do vzduchu obsahovali vysoké percentá rôznorodých častíc Cu, ktoré nad vodnou hladinou, vplyvom vodných pár koagulujú, potom sedimentujú na vodnú hladinu a tak sa dostávajú do nánosov. Spomenuté zdroje kontaminácie v súčasnosti majú veľmi obmedzenú prevádzku alebo sú mimo prevádzky, ale nutné je brať do úvahy druhotné znečistenie vôd a potom nánosov z lokalít po starej banskej činnosti, prípadne spracovaní rúd, čoho príkladom je Hnilca (Geldová, 1999) ako i súčasný Hornád (Seszták, 1998). Početné lokality sú však už v drivej väčšine súčasťou morfológie terénu, v turisticky atraktívnych terénoch. Je preto veľmi obtiažne určiť meraniami, ako ktorá lokalita ovplyvňuje kvalitu vody v to-koch.

Výnimku tvoria špeciálne skládky-odkaliská, ktoré sú zdrojom znečistenia povrchových aj podzemných vôd. V zmysle platnej legislatívy odkaliská patria medzi vodné diela. Sú podľa veľkosti a možného nebezpečia pre okolie zatriedené do kategórií (Kategorizácia VD,1983) a správcovia vykonávajú na nich dohľad, ktorý o.i. predstavuje meranie množstva vody odtečenej z odkaliska jej drenážou, ako aj určovanie jej chemického zloženia. Z tohoto dohľadu sa vyhotovujú v predpísaných intervaloch hodnotiace správy, ktoré sú však prístupné len úzkemu okruhu odborníkov. Medzi nich však pracovníci Ústavu geotechniky SAV Košice v súčasnosti nepatria.

Výsledky takejto hodnotiacej správy doplnené o vlastné merania (Geldová, 1999) umožnili vykonať porovnanie chemickej analýzy vody z výtoku z odkaliska v Smolníku a vody zo sulfidického koncentrátu v Rudňanoch s platnou normou.

Tab.3. Analýzy vody z výtoku odkaliska v Smolníku a z vody zo sulfidického koncentrátu v Rudňanoch.

Tab.3. The analysis of water from the sludge-basin's outflow in Smolník and from water of sulphidic concentrate in Rudňany.

Lokalita	Al	As	Cd	Cu	FIII	Mn	Pb	Zn	SO <sub>4</sub>
[mg.l <sup>-1</sup> ]									
Rudňany	-	0,00087	0,328	1490,000	17,50	28,50	2,700	45,90	3 652

Smolník	2,84	0,00021	0,005	0,916	0,08	9,27	<0,001	0,76	814
Norma	3,00	0,05000	0,010	0,100	2,00	0,30	0,050	0,10	250

Z tabuľky je vidieť, že normou stanovené hodnoty boli prekročené na oboch lokalitách pre Cu, Mn, Zn a SO<sub>4</sub>. Tieto výsledky charakterizujúce odpadové vody z odkaliska Smolník a z Rudnian ukazujú, že vody otekajúce drenážou z odkalísk môžu výrazne ovplyvňovať kvalitu povrchových tokov.

Význam a nebezpečnosť odkalísk ako zdrojov kontaminácie povrchových vôd a nánosov vodných tokov a nádrží, oproti haldám a rôznym starým skládkam spočíva v tom, že na odkaliskách sa ukladajú odpady, ktoré prešli úpravníckymi technológiami. Chemické reakcie iniciované predchádzajúcimi procesmi intenzívne pokračujú aj v odkalisku, o čom svedčia zvýšené obsahy Cu, Mn, Zn a síranov oproti norme platnej pre povrchové toky.

### Záver

Pri ročnej kumulácii nánosov cca 260 000 m<sup>3</sup> bola vypočítaná životnosť nádrže pri jej 80% zaplnení nánosmi na cca 140 rokov.

Ak zvažíme, že:

- od roku 1997 sú navrhnuté alternatívy odstránenia kontaminovaných nánosov, zatriedených do odpadov (Bobro et al 1997),
- kontaminácia nánosov nádrže VD stále pokračuje (Seszták 1998 a tab. 2), napriek minimálnej, resp. žiadnej výrobnjej aktivite priemyselno-úpravárenských podnikov nad nádržou VD,
- zdroje kontaminácie vody v tokoch a následne nánosov nádrže VD sú prírodné, ktoré je obtiažne pozorovať, resp. kontrolovať a z celej škály antropogénnych zdrojov (Bobro et al 1996) sa doteraz pravidelne nemonitoruje asi žiadny zdroj, okrem kategorizovaných odkalísk (Geldová, 1999),

potom dospejeme k týmto záverom:

- Požiadavka pokračovať v monitorovaní kvality povrchovej vrstvy nánosov v minimálne 3 ročných intervaloch je opodstatnená. Je to potrebné kvôli upresneniu kontaminácie nánosov čo do kvality aj kvantity pre projektovú prípravu ich odstránenia z nádrže VD.
- Posúdenie a zhodnotenie výsledkov meraní a pozorovaní odkalísk, obsiahnutých v pravidelne vydávaných hodnotiacich správach by ukázalo, ktoré z odkalísk rozhodujúcou mierou prispievajú ku kontaminácii nánosov nádrže VD Ružín I. v takej miere, že tieto sú podľa platných noriem zatriedené do odpadov.
- Podľa miery prispievania toho ktorého odkaliska ku kontaminácii nánosov nádrže VD by bolo určite možné navrhnúť také technické opatrenia tesne pod odkaliskom, ktoré by zachytili podstatné množstvá kontaminujúcich prvkov, ktoré by sa potom nedostali do vodného toku a následne do nádrže VD.
- Po realizácii predchádzajúceho bodu by ďalšie nánosy nebolo potrebné po vyčistení nákladne upravovať, čo by následne prispelo ku skvalitneniu životného prostredia v nádrži aj v jej okolí v budúcnosti.

### Literatúra

- BOBRO, M., BREHUV, J., HANČULÁK, J. & MERVA, M. 1996. Vývoj eróznosedimentačných procesov vo vodnej nádrži Ružín. *Záverečná správa*. ČÚ B-3 pre ESPRIT Banská Štiavnica. ÚGt SAV Košice, október 1996.
- BOBRO, M., HANČULÁK, J. & BREHUV, J. 1997. Spracovanie a možnosti využitia sedimentov vodnej nádrže Ružín I. *Záverečná správa*, OZ 9/97. ÚGt SAV Košice, 1997.
- GELDOVÁ, E. 1999. Acidifikácia prírodného prostredia v okolí ložiska Smolník. *Diplomová práca*. PRÍR. F. UK, Kat. ložiskovej geológiev Bratislava, 1999.
- KATEGORIZÁCIA vodohospodárskych diel na území SSR. 1983. *Ministerstvo lesného a vodného hospodárstva Slovenskej socialistickej republiky*. Bratislava, apríl 1983.
- KOČI, M. 1993. Riešenie ekologickej situácie v oblasti Stredný Spiš. *Správa o stave riešenia projektu v roku 1993*, ku kontrolnému dňu 30.9.1993. ÚGt SAV Košice.
- METODICKÝ pokyn *Ministerstva životného prostredia SR* č.549/1998-2.
- MIKLÉR, Ľ., BÉREŠOVÁ, A., SESZTÁK, J. & VÍRASTOVÁ, A. 1991. Podklady pre úlohu: Riešenie ekologickej situácie Stredný Spiš. *PBaH, š.p.PR* Košice, december 1991, 21s.
- MIŠÍK, M. & CAPEKOVÁ, Z. 1996. Aktualizácia čiar objemov a stanovenie miery zanášania nádrže Vodného diela RUŽÍN I. *Záverečná správa 2010 P-77/94-11 VÚVH*. Bratislava, február 1996.
- PLIEŠOVSKÁ, N., FLÓRIÁN, J. & SESZTÁK, J. 1999. Znečistenie vodných tokov a nádrží východného Slovenska anorganickými polutantami. In. *Zborník prednášok z konferencie s medzinárodnou účasťou "SEDIMENTY VODNÝCH TOKOV A NÁDRŽÍ"*. VÚVH Bratislava, 20.-21. 1999, s.54-66

SESZTÁK, J. 1998. Sedimenty v nádržiach PBaH. In. *Zborník referátov - Konferencia s medzinárodnou účasťou "Priehradné dni 1998"*. Košice 1998, s.140-147.

ROZHODNUTIE Ministerstva pôdohospodárstva SR č.531/1994-540.