

VPLYV BANSKEJ A HUTNÍCKEJ ČINNOSTI NA KONTAMINÁCIU VODNEJ NÁDRŽE RUŽÍN ŤAŽKÝMI KOVMI

Mária KOŠČOVÁ¹ – Tomáš DERNER – Katarína KYSELOVÁ²

¹ RNDr. Mária Koščová, Ing. Tomáš Derner, Technická univerzita Košice, Fakulta BERG, Ústav montánných vied a ochrany životného prostredia, Letná 9, 042 00 Košice, maria.koscova@tuke.sk

² doc. RNDr. Katarína Kyselová, PhD., Technická univerzita Košice, Hutnícka fakulta, Katedra chémie, Letná 9, 042 00 Košice, katarina.kyselova@tuke.sk

ABSTRACT

The presentation deals with the contamination of the Ruzin dam waters by heavy metals. The dam is located on the Hornád river, in the north-eastern part of the Slovak Ore Mountains. The four rivers, which discharge into the dam (Hornád, Hnilec, Bela and Opatka), flow through the area with historically, as well as presently, intensive mining, mineral processing and metallurgical activities. The wastes generated by such activities are sources of metals, which penetrate into the surface waters and consequently into the stream deposits. The surface water contains elevated content of copper, mercury and zinc, which are the reason behind the water quality is classified as polluted to very polluted (grade 3-5), from the point of the micropollutant content. The stream deposits show elevated content of Cu, Zn, Hg and Mn, which several times exceed the allowed values.

Key words: heavy metals, Ružin dam, water quality, stream deposits

ÚVOD

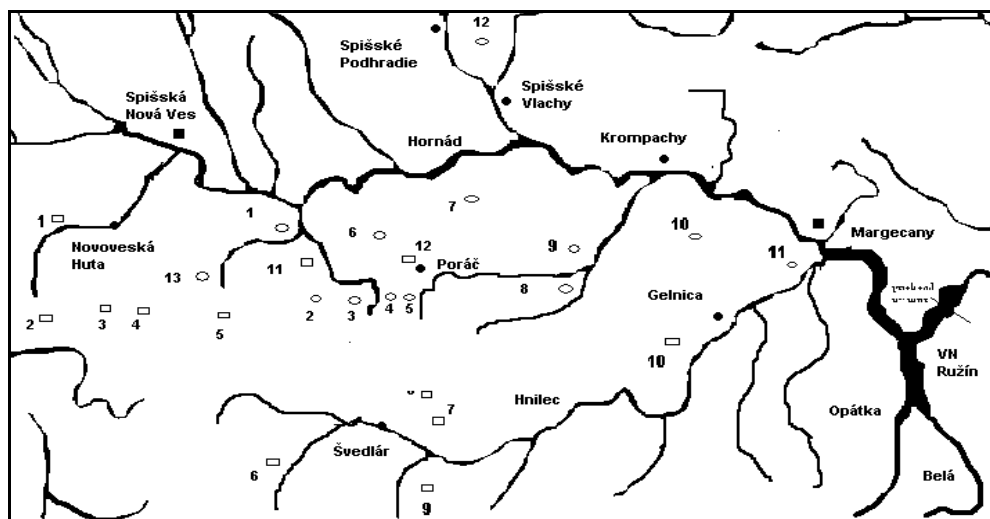
Vodné dielo Ružín leží na území, ktoré je známe svojou baníckou a hutníckou činnosťou už niekoľko storočí. Je situované v severovýchodnej časti Slovenského Rudohoria v údolí rieky Hornád. Pozostáva z hlavnej vodnej nádrže Ružín I a z vyrovnávacej nádrže Ružín II. Do vodného diela ústia štyri rieky – Hornád, Hnilec, Belá a Opatka (1).

V oblasti, ktorou pretekajú rieky ústiace do vodnej nádrže Ružín sa nachádza množstvo geologických ložiskových štruktúr ťažkých kovov, ktoré boli v minulosti predmetom intenzívnej banskej činnosti (obr.1). Preto sa v zvetralinách nachádzajú rôzne minerály v podobe prvotných, ale väčšinou už v druhotných, obyčajne rozpustných formách, ktoré sa splachom dostávajú do splavenín a môžu byť pôvodcami väčšiny ťažkých kovov vo vode a v nánosoch (2). Za najkontaminovanejší považujeme tok Hornádu a jeho sedimenty, ktoré sú usadzované v hlavnom toku až po priehradný múr. Potoky, ktoré napájajú rieku prechádzajú územím, kde bola v minulosti intenzívna banská činnosť a prechod do plavenín prejavujú zvlášť tie prvky, ktoré boli v minulosti na tomto území ťažené. Sú to Hg, Cu, Zn, Mn a Ni (3). V povodí Hornádu boli vybudované známe veľké spracovateľské komplexy, ktoré predstavujú intenzívny zdroj kovových prvkov. Sú to Rudňany, Slovinky, Novoveská Huta a niektoré ďalšie. V povodí Hnilca sa nachádzajú miesta historickej baníckej a spracovateľskej činnosti (Gelnica, Smolník atď).

Z hľadiska kontaminácie riečnych sedimentov medzi sú významné oblasti Rudňany, Slovinky, Krompachy, Smolník. Lokalita Rudňany je všeobecne známa ako veľká environmentálna záťaž nielen pre rieku Hornád, ale aj pre celú severnú časť Spišsko-gemerského Rudohoria. Spôsobená je ťažbou rudy, no predovšetkým dôsledkami činnosti ťažobno-úpravárenského komplexu na spracovanie ťažených žilných sideritovo-sulfidických rúd komplexného charakteru (Fe, Hg, Cu, Ba, Ag). Ďalším zdrojom kontaminácie medzi v povodí Hornádu je priemyselný komplex závodov Kovohuty Krompachy, ktoré v minulosti spracovávali najmä medené rudy z regiónu.

V celej dĺžke potoka Smolník, sa prejavuje negatívny dopad vytekania kyslých banských vôd s extrémnymi obsahmi viacerých kovov, okrem Cu aj Fe, Mn, Zn, Al a i. Sú následkom stáročnej ťažby Cu-Fe-S rúd v banskej oblasti medzi Smolníkom a Smolníckou Hutou. Masívny výskyt týchto kyslých vôd je podmienený vhodným geologickým podložím, spolu s rozsiahlym rozrušením prostredia banskou činnosťou a vhodnými podmienkami pre infiltráciu povrchových tzv. haldových vôd do ložísk. Negatívne dôsledky banských vôd prejavujú aj v rieke Hnilec.

V Spišsko-gemerskom Rudohorí je plošne najrozsiahljšou rozfáranou ložiskovou oblasťou oblasť Slovinky – Gelnica. Od historických dôb sa tu ťažili žilné sideritovo-sulfidické (Fe-Cu) rudy. V súčasnosti je komplex banských diel ložiskovej oblasti zatopený a banské vody vytekajú na viacerých miestach do povodia Hornádu aj Hnilca (2).



Legenda: ○ depónie novšie : 1 – odkalisko Rudňany, 2 – š. Zimné, 3 – Krížová, 4 – š.2SRP, 5 – Poráč, 6 – Zlatník, 7 – Olnava, 8 – Dorotea, 9 – Slovinky ŽB, 10 – odkalisko Slovinky, 11 – Margecany, 12 – Spišské Podhradie, 13 – Teplička
 □ depónie staršie : 1 – Novoveská Huta, 2 – Muráň, 3 – Gretla, 4 – Ráztočky, 5 – Bindt, 6 – Stará Voda, 7 – Kremeň Švedlár, 8 – Korban- Buchvald, 9 - Štofanova dolina, 10 – Gelnica-Slovinky, 11 – Starý závod Rudňany, 12 – haldy štólne Jozef

Obr. 1 Prehľadná situácia lokalít s depóniami po banskej činnosti v povodí Hornádu a Hnilca (4)

Fig. 1 Situation map of localities with landfills from mining activities in the drainage basin of the Hornád and Hnilca river(4)

Napriek útlmu až zastaveniu banskej činnosti od roku 1993 obsah ťažkých kovov vo vode a nánosoch nádrže Ružín podstatne nepoklesol. Na vysoké koncentrácie niektorých ťažkých kovov poukazujú výsledky monitoringu kvality vody vykonávaným Slovenským vodohospodárskym podnikom, ako aj výsledky prieskumných prác zameraných na dnové sedimenty vykonávané Ústavom geotechniky v Košiciach od r. 1994.

Znečistenie dnových sedimentov vodnej nádrže Ružín

Výsledky prieskumných prác Brehuva a kol. (5) svedčia o vysokej miere prekračovania limitov kontaminácie dnových sedimentov ťažkými kovmi. V rámci projektu, ktorý bol zameraný na problematiku nánosov (dnových sedimentov) a erózných procesov v oblasti nádrže Ružín I, sa uskutočnili odbery vody z dvoch hlavných prítokov do nádrže (Hornád, Hnilca) a z vybraných lokalít nádrže. Výsledky analýz obsahuje tabuľka 1, v ktorej sú porovnávané získané hodnoty sledovaných prvkov s prístupnými hodnotami pre povrchové vody uvedenými v Nariadení vlády SR č. 491/2002 Z.z. (6) (v súčasnosti je platné nové nariadenie vlády č. 296/2005, odporúčané limity sledovaných prvkov sú tie isté).

Získané výsledky prekračujú limitné hodnoty výrazne pre prvky Cu, Zn, Mn a Hg. Prvky Cu, Zn, Mn a Hg. Tieto prvky sa dosiaľ nachádzajú v prvotných ložiskových štruktúrach, ale aj v banských odpadoch, a preto je potrebné venovať im pozornosť aj v budúcnosti.

Najviac sú znečistené dnové sedimenty rieky Hornád. V odberovom mieste *Hornád vstup* bolo zaznamenané najvyššie prekročenie u Zn až o 480 krát viac ako povoľuje norma, u medi, až 380 krát, u mangánu o 276 krát a olova 210 krát, u ortuti 26,5 krát vyššie. Porovnateľné výsledky sú aj v Hornádskom ramene. V rieke *Hnilca* je najvýraznejšia kontaminácia Zn (280 krát) a Cu (210 krát). Veľmi výrazné prekročenie má aj Hg (28 krát). Takmer rovnaké hodnoty sú aj v ďalšom mieste sledovania *Hnilcecké rameno*. Odberové miesto *pri hrádzi vodnej nádrže* je v porovnaní s ostatnými sledovanými miestami najmenej kontaminované ťažkými kovmi. Analýzy sedimentov z *Belianskeho ramena* vykazujú značné prekročenie u prvkov Cu (245 krát), Zn (400 krát viac), Mn (253 krát viac).

Nižšie hodnoty boli zistené aj u ďalších sledovaných prvkov, u Hg je prekročenie 4,5 násobné. V sedimentoch *Opátskeho ramena* sú vysoké koncentrácie Zn (420 krát), Cu (400 krát) – čo je zároveň najvyššie prekročenie medi s pomedzi ostatných miest sledovanie, Mn (273 krát viac), ortuť (5,5 krát). Na nepriaznivý obsah medi má vplyv hlavne geologické pozadie, cez ktoré riečka preteká.

Tab. 1 Výsledky analýz vzoriek sedimentov vodnej nádrže Ružín a ich porovnanie s nariadením vlády SR č. 491/2002 Z.z. (4,5,6)

Tab. 1 Results of the analysis of sediment loads samples obtained from the Ružín dam and their comparison with the Methodical Instruction Ministry of Environment – Slovak Republik No 491/2002 (4,5,6)

Číslo lok.	Lokalita	Fe	Al	Zn	Cu	Mn	Co	Ni	Pb	Cd	Cr	As	Hg
		[mg.l ⁻¹]						[μg.l ⁻¹]					
1	Hornád - vstup	0.56	0.42	48	76	83	4.6	18.5	20.6	2.8	8.3	12,6	5.3
2	Hornádske rameno	0.45	0.36	43	63	85	4.2	17.3	18.4	2.7	9.1	12,4	5.2
3	Pri hrádzi VN	0.67	0.3	34	15	21	2.6	4.3	5.8	1.5	3.8	3	1.1
4	Hnilec - vstup	0.92	0.41	28	42	76	3.2	5.4	2.4	2	6.7	8.5	5.6
5	Hnilecké rameno	0.37	0.37	27	49	65	3.6	10.4	12.3	1.6	5.3	8.7	2.4
6	Belianske rameno	0.45	0.37	40	49	76	3.9	8.3	5.8	2.3	4.9	6.3	0.9
7	Opátske rameno	0.42	0.35	42	83	82	4.7	7.6	4.9	2.1	4.8	7.2	1.1
Limity - NV SR č. 491/2002 Z.z.		2	0.2	0.1	0.2	0.3	50	20	20	5	100	30	0.2

Vysvetlivky: ■ - prekročenie hodnoty limitu podľa zákona, VN – vodná nádrž

Zhodnotenie kvality vody vodnej nádrže Ružín a jej prítokov

Hodnotenie kvality vody vodnej nádrže Ružín je súčasťou monitoringu kvality povrchových vôd vykonávaným Slovenským vodohospodárskym podnikom, závodom Povodia Bodrogu a Hornádu v Košiciach (PbaH). Výsledky analýz ťažkých kovov vo vodnej nádrži Ružín sme v spolupráci s PbaH spracovali a vyhodnotili podľa platných noriem.

METODIKA

Spracované a vyhodnocované boli výsledky analýz ťažkých kovov v rokoch 2000 – 2006 vo vodnej nádrži (VN) Ružín a jej hlavných prítokoch, Hornáde a Hnilci. Kvalita vody bola sledovaná v základných odberových miestach: Hornád pod Kluknavou do r.2003, Hornád - Štefanská Huta od r.2003., Hnilec – prítok do VN Ružín I a VN Ružín I – priehradný múr. Z každého sledovaného odberového miesta bolo odobratých 12 vzoriek za rok s frekvenciou jedenkrát za kalendárny mesiac. Vzorky vody boli podrobené chemickej analýze, stanovené atómovou absorpčnou analýzou (AAS) na vybrané prvky (As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg, Zn) podľa metodiky stanovenej normou STN EN ISO 15586.

Klasifikované obdobie bolo dvojročné. Výsledky analýz boli vyhodnocované v týchto dvojročiach: 2000 – 2001, 2001 – 2002, 2002 – 2003, 2003 – 2004, 2004 – 2005, 2005 – 2006. Kvalita vody bola hodnotená podľa kritérií STN 75 7221 „Klasifikácia kvality povrchových vôd“ (tab. 2), podľa ktorej ťažké kovy patria do skupiny ukazovateľov kvality vody F – mikropolutanty.

Tab. 2 Hodnotenie kvality povrchových vód z hľadiska obsahu ťažkých kovov podľa STN 75 7221 (7)
 Tab. 2 A heavy metal assessment of the surface water quality to STN 75 7221

ukazovateľ	symbol	jednotka	trieda				
			I.	II.	III.	IV.	V.
F mikropolutanty							
Arzén	As	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 10	< 20	< 50	< 100	> 100
Celkový chróm	Cr celk.	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 20	< 100	< 200	< 500	> 500
Hliník	Al	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 20	< 50	< 200	< 500	> 500
Kadmium	Cd	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 3	< 5	< 10	< 20	> 20
Kobalt	Co	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 10	< 20	< 50	< 100	> 100
Meď	Cu	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 5	< 10	< 50	< 100	> 100
Nikel	Ni	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 15	< 20	< 100	< 200	> 200
Olovo	Pb	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 10	< 20	< 50	< 100	> 100
Ortuť	Hg	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 0,1	< 0,2	< 0,5	< 1,0	> 1,0
Zinok	Zn	$\mu\text{g.l}^{-1}$	< 20	< 50	< 100	< 500	> 500

VÝSLEDKY

Vo vode vodnej nádrže a jej prítokoch sa nachádzajú zvýšené obsahy medi, ortute a zinku, ktoré zaraďujú kvalitu vody z hľadiska obsahu mikropolutantov do kategórií znečistenej až silno znečistenej vody (III. až V. trieda kvality vody). Charakteristické hodnoty ťažkých kovov, ktoré zatriedujú kvalitu vody do jednotlivých tried uvádza tabuľka 3.

Tab. 3 Výsledky analýz vzoriek vody z vodných tokov a vodnej nádrže Ružín

Tab. 3 Results of the analysis of water samples from the streams and the Ruzin dam

ťažké kovy	As		Cr. celk.		Cd		Cu		Ni		Pb		Hg		Zn	
	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality	charakt. hodnota [$\mu\text{g.l}^{-1}$]	trieda kvality
miesto odberu Hornád pod Kluknavou																
2000-2001	29,60	III	8,57	I	1,07	I	40,33	III	37,30	III	9,80	I	0,11	II	254,0	IV
2001-2002	19,60	II	11,00	I	0,64	I	30,77	III	28,1	III	8,27	I	0,17	II	250,7	IV
2002-2003	17,80	II			0,21	I	21,00	III	23,20	III	6,10	I	0,15	II	190,2	IV
miesto odberu Hornád – Štefanská Huta																
2003-2004	8,43	I	4,91	I	1,00	I	13,40	III	11,90	I	2,23	I	3,00	V	208,0	IV
2004-2005	7,44	I	3,73	I	1,40	I	28,73	III	11,71	I	27,88	III	1,13	V	153,7	IV
2005-2006	9,30	I	4,56	I	2,60	I	60,70	IV	26,1	III	55,1	IV	1,79	V	114,0	IV
miesto odberu Hnilec – prítok do VN Ružín																
2000-2001	57,00	IV	7,00	I	0,94	I	40,83	III	21,30	III	11,20	II	0,36	III	211,9	IV
2001-2002	44,67	III			0,38	I	28,13	III	19,37	II	5,07	I	0,16	II	172,8	IV
2002-2003	29,00	III			0,30	I	19,60	III	13,60	I	4,10	I	0,24	III	198,1	IV
2003-2004	16,00	II	0,85	I	0,95	I	27,30	III	13,60	I	8,50	I	0,39	III	198,1	IV
2004-2005	3,10	I	0,85	I	0,60	I	24,47	III	5,91	I	9,00	I	0,39	III	53,03	III
2005-2006	3,10	I	0,85	I	0,24	I	26,1	III	10,04	I	10,40	II	0,06	I	67,70	III
miesto odberu vodná nádrž Ružín I. – priehradný múr																
2000-2001	32,57	III			2,06	I	53,00	IV			15,37	II	0,12	II		
2001-2002	27,60	III			0,70	I	95,80	IV			4,50	I	0,23	III		
2002-2003	18,20	II			0,40	I	9,30	II			4,00	I	0,07	I		
2003-2004	17,90	II	3,32	I	0,40	I	8,90	II	3,84	I	4,00	I	0,05	I	54,90	III
2004-2005	3,47	I	1,93	I	0,28	I	8,20	II	4,21	I	13,63	II	0,05	I	181,4	IV
2005-2006	5,00	I	4,20	I	0,46	I	7,90	II	4,95	I	18,90	II	0,05	I	508,0	V

Najviac znečistená voda ťažkými kovmi bola zaznamenaná v *Hornáde* (miesto odberu Hornád – Štefanská Huta). V tomto mieste boli zistené najvyššie koncentrácie Hg, Pb, Cu (v porovnaní s ostatnými sledovanými miestami) a zvýšené koncentrácie Ni. Ich zdrojom je priemyselná činnosť, hlavne ťažobno-úpravárenská a hutnícka, napr. Źelba Rudňany, Kovohuty Krompachy, SEZ Krompachy, Rudňany, Slovinky. Na znečistení *Hnilca* sa podieľajú hlavne As, Cu, Hg a Zn. Významným znečisťovateľom danej oblasti bol banícky priemysel - Smolník, Smolnícka Huta, Gelnica a Švedlár. Priamo vo vodnej nádrži *Ružín I.*, v odberovom mieste - priehradný múr sú najnižšie koncentrácie kovových prvkov, čo je spôsobené pomalým transportom týchto prvkov k priehradnému múru, a ich rýchla sedimentácia v ústiach riek do vodnej nádrže.

ZÁVER

Voda a dnové sedimenty vodnej nádrže Ružín a jej prítokov sú znečistené vysokými obsahmi niektorých toxických prvkov. Ich pôvod je v ložiskovom, v minulosti bansky a hutnícky využívanom území. Vo voľnej vode sa nachádzajú zvýšené obsahy Cu, Hg a Zn, ktoré zaraďujú kvalitu vody z hľadiska obsahu mikropolutantov do kategórie znečistenej až silno znečistenej vody. V sedimentoch sú zvýšené obsahy Cu, Zn, Hg a Mn, ktoré mnohonásobne prekračujú limitné hodnoty.

Po vstupe do EÚ, prijalo Slovensko Rámcovú smernicu o vodách č. 2000/60 EU, ktorou sa zaviazalo spracovať plány manažmentu povodí pre zlepšenie kvality vody. Podľa implementácie smernice o vodách v cezhraničnom kontexte PPA03/HUSK/9/1 platia tieto opatrenia týkajúce sa znečistenia ťažkými kovmi (8):

- opatrenia na zabránenie znečistenia z bodových zdrojov a to výstavbou priemyselných ČOV, sanáciou skládok odpadov, elimináciou účinkov banských vôd a banských hald,
- opatrenia na zabránenie znečistenia z plošných zdrojov, a to sanáciou kontaminovaných sedimentov vo vodnej nádrži.

Kontaminované sedimenty. Na zlepšenie kvality dnových sedimentov vo VN Ružín sa zatiaľ len doporučujú čiastkové opatrenia, ktoré by mali zabezpečiť, aby sa stav nezhoršoval: monitoring stavu sedimentov, dobudovanie funkčných čistiarní odpadových vôd, sanácia banských diel, skládok odpadov a odkalísk, prípadne výstavba prednádrží na zachytávanie sedimentov. Vzhľadom na dlhodobý charakter problému a náročnosť riešenia sa predpokladá termín realizácie opatrení až po roku 2010.

Banské vody a haldy. Najvýznamnejším opatrením z hľadiska priamej ochrany kvality vôd by mala byť alkalizácia kyslých banských vôd v štôlnach v oblasti Smolník, Smolnícka Huta. Predpokladaným opatrením by malo byť čerpanie vôd z banských priestorov a ich zasypanie vápennou drťou, ktorá by mala neutralizovať nízke pH vôd. Čistenie priesakových banských vôd by sa malo zabezpečiť v Rudňanoch a Slovinkách. Ďalším navrhnutým banským dielom na sanáciu je lokalita Gelnica – Tatarkov kríž, banské diela v lokalitách Rudňany a Poráč a halda Rottenberg v Smolníku (8).

LITERATÚRA

1. PROSBA, J. a kol. *Vodné dielo Ružín*. Účelová publikácia povodia Bodrogu a Hornádu. Košice, 1995
2. ŠUTRIEPA, M. *Kontaminácia dnových sedimentov vybraných vodných nádrží potencionálne toxickými prvkami* [on line]. PF UK Bratislava. Dostupné na internete: <http://banskeodpady.sk/files/Michal%20%C5%A0utriepeka.pdf>
3. BOBRO, M. – MACEKOVÁ, J. – SLANČO, P. – HANČULÁK, J. – ŠESTINOVÁ, O. *Odpady po baníckej a hutníckej činnosti vo vodnej nádrži Ružín*. In Acta Metallurgica Slovaca, 2006, 12, s. 26-32
4. DERNER, T. *Zhodnotenie vybraných ukazovateľov vodnej nádrže Ružín*. Diplomová práca. TU F BERG Košice, 2007. 118 s.
5. BREHUV, J. – BOBRO, M. – SLANČO, P. – HANČULÁK, J. – ŠPALDOŇ, T. *Kontaminácia prostredia nádrže Voného diela „Ružín I“ ťažkými kovmi, v rokoch 2002 - 2003*. In Acta Montanistica Slovaca, 2004, 4, s. 395-400
6. Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 491/2002 Z.z, ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd
7. STN 75 7221: „Klasifikácia kvality povrchových vôd“
8. Plán manažmentu povodia rieky Hornád, implementácia Rámcovej smernice o vodách v cezhraničnom kontexte PPA03/HUSK/9/1, 2006