

# **Agresivita vody zdravotne zabezpečenej chlórdioxidom v SKV Nová Bystrica - Čadca - Žilina**

*Ing. Karol Munka, Ing. Elena Büchlerová, PhD., Ing. Štefan Olejko,  
Ing. Monika Karácsonyová*

Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr.arm.gen L.Svobodu 5, 812 49 Bratislava

---

## **Úvod**

Skupinový vodovod Nová Bystrica-Čadca-Žilina zásobuje severnú časť Žilinského kraja vodou z vodárenskej nádrže Nová Bystrica. Voda z vodárenskej nádrže sa upravuje v ÚV Nová Bystrica, ktorá bola projektovaná ako dvojstupňová úprava s technologickými stupňami: dávkovanie chlórovaného síranu železnateho, rýchle miešanie, pomalé miešanie mechanické a hydraulické, usadzovanie, dávkovanie hydrátu vápenateho, rýchlofiltrácia a dezinfekcia. Projektovaná kapacita úpravne je  $700 \text{ l.s}^{-1}$ , pričom súčasná prevádzkovaná kapacita je cca  $250 \text{ l.s}^{-1}$ . Skupinový vodovod je vybudovaný zo zvarovaných oceľových rúr s vnútornou bitumenovou izoláciou. V úseku Nová Bystrica-Krásno n. Kysucou-Žilina (49 km) majú rúry priemer 800 mm a úsek Krásno n. Kysucou-Čadca (7 km) je tvorený rúrami s priemerom 600 mm. Pri príprave hlavného koagulantu sa už počas skúšobnej prevádzky vyskytli problémy, preto prevádzkovateľ pristúpil k náhradnému riešeniu, dávkovaniu síranu hlinitého, ktorý sa používa dodnes.

Pôvodné zdravotné zabezpečenie vody chlórmonizáciou bolo dostačujúce na dosiahnutie bakteriologickej a biologickej nezávadnosti pitnej vody dopravovanej v skupinovom vodovode, ale spôsobovalo zhoršenie kvality v ukazovateli dusitanu na konci skupinového vodovodu v Žiline. K tomuto problému pribudol v súvislosti so zníženými odbermi zo siete od začiatku 90. rokov aj problém so zvýšenými koncentráciami železa. Po zavedení chlórdioxidu na dezinfekciu vody na ÚV Nová Bystrica (r.1997) sa tieto nedostatky odstránili, v prípade dusitanov úplne a v prípade železa došlo k rapidnému zníženiu jeho výskytu v pitnej vode.

## **Sledovanie agresívnych vlastností dopravovanej vody po trase SKV**

Na základe technického usporiadania skupinového vodovodu ako aj s prihliadnutím na dobu zdržania vody v potrubí bolo po vzájomnej dohode medzi prevádzkovateľom skupinového vodovodu SeVaK š.p. Žilina a VÚVH Bratislava rozhodnuté, že zariadenia na prevádzkové vyhodnotenie agresívnych vlastností vody boli umiestnené v týchto odberných miestach:

- ÚV Nová Bystrica-odtok upravenej vody (0,0 km)
- VDJ Krásno n. Kysucou (19 km)
- VDJ Čadca (26 km, II.vetva-7 km od rozdelenia vo VDJ Krásno n. Kysucou)
- VDJ Považský Chlmec-Žilina (49 km, I.vetva-30 km od rozdelenia vo VDJ Krásno n. Kysucou).

Počas trvania koróznych skúšok od júna 2000 do júna 2001 bolo pre každé odberné miesto vykonaných šesť koróznych skúšok s 30 a 60-dňovou dobou expozície a zo získaných výsledkov (ročná expozícia) boli vypočítané aj odhady životnosti potrubia. Zariadenia na sledovanie agresívnych vlastností vody pri doprave boli vo VDJ Krásno n. Kysucou, Čadca a Žilina umiestnené na prítokoch do týchto vodojemov.

## Monitorovanie kvality vody

Monitorovanie kvality vody po trase SKV sa uskutočňovalo v pravidelných mesačných intervaloch (vybrané fyzikálno-chemické ukazovatele kvality vody), v dvojmesačných intervaloch vyhodnocovanie agresívnych vlastností vody a raz štvrťročne sa uskutočnili odbery vzoriek vody na stanovenie vedľajších produktov dezinfekcie. V rámci monitorovania kvality vody bola súčasne so sledovaním agresívnych vlastností vody stanovovaná aj koncentrácia chlórdioxidu po trase skupinového vodovodu (metóda CPR) a neskôr aj stanovenie jedného z možných produktov dezinfekcie vody pri aplikácii chlórdioxidu, chloritanov (metóda EPA 300.1).

Výsledky z ročného monitorovania kvality vody pre vybrané fyzikálno-chemické ukazovatele (vyjadrené formou rozpätia minimálnych a maximálnych hodnôt) v SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina sú uvedené v tab.1. V sledovanom období sa hodnoty pH po trase skupinového vodovodu pohybovali v rozsahu 7,40-8,00;  $\text{KNK}_{4,5}$  1,45-2,00 mmol/l a koncentrácie vápnika 30-40 mg/l. Teplota vody v závislosti od ročného obdobia dosahovala hodnôt 3,7-9,2°C. Pre dopravovanú vodu z ÚV Nová Bystrica bol charakteristický nízky obsah organických látok ( $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$  1,1-1,7 mg/l), dusičnanov (2,1-3,6 mg/l), chloridov (1,0-6,4 mg/l) a síranov (18-25 mg/l). V priebehu sledovaného obdobia sa koncentrácia železa po celej trase skupinového vodovodu pohybovala pod 0,1 mg/l, mangán (< 0,06 mg/l), amonné ióny (< 0,07 mg/l) a dusitany (< 0,01 mg/l). Priaznivé hodnoty boli zaznamenané aj pre indexy podľa Larsona, pričom pre upravenú vodu z ÚV Nová Bystrica dosahovali 0,16-0,21; pre VDJ Krásno n. Kysucou 0,16-0,22; pre VDJ Čadca 0,15-0,22 a VDJ Žilina 0,17-0,21.

Tab.1. Rozsah hodnôt vybraných fyzikálno-chemických ukazovateľov kvality vody počas trvania korózných skúšok v SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina

| Ukazovateľ                       | O d b e r n é m i e s t o |                       |             |             |
|----------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------|-------------|
|                                  | ÚV Nová Bystrica - UV     | VDJ Krásno n. Kysucou | VDJ Čadca   | VDJ Žilina  |
| pH                               | 7,70 - 8,00               | 7,40 - 7,95           | 7,70 - 7,90 | 7,60 - 7,90 |
| Teplota vody [°C]                | 3,7 - 9,0                 | 3,9 - 9,1             | 4,2 - 9,0   | 4,3 - 9,2   |
| $\text{KNK}_{4,5}$ [mmol/l]      | 1,45 - 1,95               | 1,50 - 1,95           | 1,50 - 1,95 | 1,45 - 2,00 |
| $\text{CHSK}_{\text{Mn}}$ [mg/l] | 1,10 - 1,65               | 0,95 - 1,50           | 0,95 - 1,45 | 1,00 - 1,60 |
| Vápnik [mg/l]                    | 32 - 40                   | 31 - 39               | 32 - 38     | 30 - 39     |
| Horčík [mg/l]                    | 1,2 - 4,9                 | 1,8 - 4,3             | 1,2 - 4,3   | 1,2 - 4,9   |
| Železo [mg/l]                    | < 0,10                    | < 0,08                | < 0,06      | < 0,09      |
| Mangán [mg/l]                    | < 0,03                    | < 0,04                | < 0,06      | < 0,06      |
| Amonné ióny [mg/l]               | < 0,07                    | < 0,07                | < 0,06      | < 0,06      |
| Dusitany [mg/l]                  | < 0,01                    | < 0,01                | < 0,01      | < 0,01      |
| Dusičnany [mg/l]                 | 2,1 - 3,6                 | 2,2 - 3,5             | 2,2 - 3,5   | 2,1 - 3,6   |
| Chloridy [mg/l]                  | 1,1 - 5,7                 | 1,4 - 6,4             | 1,0 - 6,4   | 1,4 - 6,0   |
| Sírany [mg/l]                    | 19,5 - 22,9               | 18,7 - 24,2           | 19,6 - 23,6 | 20,0 - 24,5 |
| Zákal [ZF]                       | < 1                       | < 1                   | < 1         | < 1         |

## Priebeh koncentrácií chlórdioxidu po trase SKV

Koncentrácie chlórdioxidu počas trvania korózných skúšok sú uvedené v tab.2. Vzorky vody na stanovenie koncentrácie chlórdioxidu sa odoberali v rámci monitorovania kvality vody vždy pri výmene jednotlivých oceľových etalónov. Počas korózných skúšok sa koncentrácia chlórdioxidu v upravenej vode vo VDJ Nová Bystrica pohybovala v rozmedzí 0,20-0,50 mg/l, pričom po trase skupinového vodovodu postupne klesala (VDJ Krásno n. Kysucou 0,05-0,26 mg/l, VDJ Čadca 0,02-0,21 mg/l) a na prítoku do VDJ Žilina boli stanovované koncentrácie chlórdioxidu nižšie ako 0,02 mg/l (len raz v priebehu ročného sledovania bola koncentrácia chlórdioxidu v tomto odbernom mieste vyššia ako 0,02 mg/l, a to 0,04 mg/l pri jednom odbere v období 08.-10.2000).

Tab.2. Koncentrácie chlórdioxidu v SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina počas trvania korózných skúšok (jún 2000-jún 2001)

| Obdobie<br>koróznej skúšky | O d b e r n é m i e s t o<br>K o n c e n t r á c i a c h l ó r d i o x i d u [mg/l] |                          |               |               |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------|---------------|
|                            | VDJ<br>ÚV N.Bystrica                                                                | VDJ Krásno n.<br>Kysucou | VDJ Čadca     | VDJ Žilina    |
| 06.- 08.2000               | 0,24/0,25                                                                           | 0,09/0,16                | 0,05/0,10     | < 0,02/< 0,02 |
| 08.-10.2000                | 0,33/0,51                                                                           | 0,25/0,26                | 0,21/0,15     | 0,04/< 0,02   |
| 10.-12.2000                | 0,48/0,40                                                                           | 0,06/0,10                | < 0,02/< 0,02 | < 0,02/< 0,02 |
| 12.2000-02.2001            | 0,49/0,27                                                                           | 0,17/0,05                | 0,08/< 0,02   | < 0,02/< 0,02 |
| 02.- 04.2001               | 0,27/0,20                                                                           | 0,10/0,05                | < 0,02/< 0,02 | < 0,02/< 0,02 |
| 04.- 06.2001               | 0,29/0,20                                                                           | 0,10/0,05                | 0,03/0,03     | < 0,02/< 0,02 |

Na úseku SKV ÚV Nová Bystrica-VDJ Krásno n. Kysucou sa rýchlostné konštanty úbytku chlórdioxidu pri súčasnej prevádzke úpravnej vody pohybovali v rozsahu 0,06-0,26 h<sup>-1</sup>, na úseku VDJ Krásno n. Kysucou-VDJ Čadca 0,05-0,17 h<sup>-1</sup> a na úseku VDJ Krásno n. Kysucou-VDJ Žilina 0,03-0,09 h<sup>-1</sup>.

## Vyhodnotenie korózných skúšok

Výsledky korózných skúšok na SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina sú uvedené v tab.3. Z výsledkov ročného sledovania agresívnych vlastností vody vyplynulo, že korózne rýchlosti vo VDJ ÚV Nová Bystrica sa pohybovali v rozpätí 32,8-53,5 µm/rok (ročný priemer 42,2 µm/rok), vo VDJ Krásno n. Kysucou 23,4-51,0 µm/rok (ročný priemer 41,0 µm/rok), vo VDJ Čadca 26,5-77,6 µm/rok (ročný priemer 44,8 µm/rok) a vo VDJ Žilina 39,0-58,5 µm/rok (ročný priemer 48,5 µm/rok). Z doterajších meraní je zrejmé, že hodnoty korózných rýchlostí vo všetkých sledovaných odberných miestach sa pohybovali v I.stupni agresivity resp. na rozhraní I. a II. stupňa agresivity. V prípade prekročenia rozhrania I. a II. stupňa agresivity t.j. 50 µm/rok išlo iba o minimálne prekročenie a z hľadiska kategorizácie zaradenia vody do stupňov agresivity takúto vodu možno hodnotiť ako mierne agresívnu (I.stupeň). Určitá výnimka bola zaznamenaná pre koróznú rýchlosť vo VDJ Čadca v období 08.-10.2000 (77,6 µm/rok). V ďalšom období sa však zvýšenie korózných rýchlostí vo VDJ Čadca nepotvrdilo.

Tab.3. Korózne skúšky na SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina

| Obdobie<br>koróznej skúšky | O d b e r n é m i e s t o<br>K o r ó z n e r ý c h l o s t i [μm/rok] |                          |           |            |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|------------|
|                            | VDJ<br>ÚV N.Bystrica                                                  | VDJ Krásno n.<br>Kysucou | VDJ Čadca | VDJ Žilina |
| 06.- 08.2000               | 53,5                                                                  | 44,9                     | 40,0      | 58,5       |
| 08.-10.2000                | 52,8                                                                  | 48,9                     | 77,6      | 51,6       |
| 10.-12.2000                | 41,1                                                                  | 23,4                     | 57,2      | 49,6       |
| 12.2000-02.2001            | 32,8                                                                  | 41,4                     | 26,5      | 47,3       |
| 02.- 04.2001               | 39,3                                                                  | 36,2                     | 37,3      | 39,0       |
| 04.- 06.2001               | 33,5                                                                  | 51,0                     | 29,9      | 44,8       |

Na základe výsledkov uvedených v tab.3 možno konštatovať, že sa nepreukázal ani výraznejší nárast, ale ani pokles korózných rýchlostí po trase skupinového vodovodu a to aj napriek tomu, že koncentrácia chlórdioxidu mala po trase klesajúcu tendenciu. Pre všetky odberné miesta je možné pozorovať výraznejší pokles korózných rýchlostí najmä v zimnom období 12.2000-02.2001 a 02.-04.2001, kedy korózne rýchlosti boli nižšie ako 50 μm/rok. V období 02.-04.2001 boli korózne rýchlosti po trase skupinového vodovodu dokonca nižšie ako 40 μm/rok.

Zmeny koncentrácie chlórdioxidu v rozpätí 0,20-0,50 mg/l pri zdravotnom zabezpečení upravenej vody v ÚV Nová Bystrica mali minimálny vplyv na koróznú rýchlosť, pričom bola zaznamenaná zmena korózných rýchlostí o 20 μm/rok (33,5-53,5 μm/rok). Vo VDJ Krásno n. Kysucou bola pre koncentráciu chlórdioxidu 0,06-0,26 mg/l zistená zmena korózných rýchlostí o 27 μm/rok (23,4-51,0 μm/rok), pričom však tieto hodnoty korózných rýchlostí možno jednoznačne zaradiť do I.stupňa agresivity. Pre VDJ Žilina, v ktorom sa koncentrácie chlórdioxidu pohybovali na úrovni detekčného limitu metódy CPR (0,02 mg/l) dochádzalo tiež iba k minimálnym zmenám korózných rýchlostí (39,0-58,5 μm/rok).

Odhady životnosti potrubia sú uvedené v tab.4. Odhady životnosti potrubia vo VDJ ÚV Nová Bystrica dosahovali rozmedzie 33,3-37,5 μm/rok (ročný priemer 35,8 μm/rok), vo VDJ Krásno n. Kysucou 23,6-26,7 μm/rok (ročný priemer 25,2 μm/rok), vo VDJ Čadca 24,9- 27,6 μm/rok (ročný priemer 26,2 μm/rok) a vo VDJ Žilina 24,5-31,1 μm/rok (ročný priemer 26,9 μm/rok).

Tab.4. Odhad životnosti potrubia - SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina

| Obdobie<br>koróznej skúšky | O d b e r n é m i e s t o<br>O d h a d ž i v o t n o s t i p o t r u b i a [μm/rok] |                          |           |            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------|------------|
|                            | VDJ<br>ÚV N.Bystrica                                                                | VDJ Krásno n.<br>Kysucou | VDJ Čadca | VDJ Žilina |
| 06.- 08.2000               | 33,3                                                                                | 24,6                     | 24,9      | 26,8       |
| 08.-10.2000                | 36,3                                                                                | 26,2                     | 26,5      | 25,4       |
| 10.-12.2000                | 34,9                                                                                | 25,0                     | 25,9      | 24,5       |
| 12.2000-02.2001            | 35,5                                                                                | 25,0                     | 26,9      | 26,5       |
| 02.- 04.2001               | 37,1                                                                                | 26,7                     | 27,6      | 31,1       |
| 04.- 06.2001               | 37,5                                                                                | 23,6                     | 25,1      | 27,0       |

Pokiaľ v priebehu korózných rýchlostí počas ročného sledovania nebol pozorovaný výraznejší pokles, ale ani vzostup po trase skupinového vodovodu (iba ich ročné priemery mali mierne stúpajúcu tendenciu-VDJ ÚV Nová Bystrica 42,2  $\mu\text{m}/\text{rok}$  a VDJ Žilina 48,5  $\mu\text{m}/\text{rok}$ ), priebeh odhadov životnosti potrubia mal práve opačnú, klesajúcu tendenciu, pričom ročný priemer odhadov životnosti potrubia 35,8  $\mu\text{m}/\text{rok}$  vo VDJ ÚV Nová Bystrica poklesol po trase na 25,2-26,9  $\mu\text{m}/\text{rok}$ , čo znamená, že v tomto parametri nebol prakticky žiadny rozdiel medzi VDJ Krásno n. Kysucou, VDJ Čadca a VDJ Žilina. Ročné priemery odhadov životnosti potrubia dosahovali 55,5-84,8 % z ročného priemeru korózných rýchlostí (ÚV Nová Bystrica 84,8 %; VDJ Krásno n. Kysucou 61,5 %; VDJ Čadca 55,6 % a VDJ Žilina 55,5 %).

Pre koncentrácie chlórdioxidu do 0,20 až 0,25 mg/l sa odhady životnosti potrubia pohybovali v rozmedzí 24-28  $\mu\text{m}/\text{rok}$  a pre koncentrácie chlórdioxidu v rozmedzí 0,25-0,50 mg/l dosahovali odhady životnosti potrubia hodnôt 34-38  $\mu\text{m}/\text{rok}$ .

## **Záver**

Zo sledovania agresívnych vlastností vody ako aj monitorovania kvality vody počas ročného obdobia (jún 2000-jún 2001) na SKV Nová Bystrica-Čadca-Žilina vyplynulo, že dopravovaný vodu podľa kategorizácie agresivity vody možno zaradiť do I.stupňa agresivity (mierne agresívna voda-korózne rýchlosti do 50  $\mu\text{m}/\text{rok}$ ), pričom nebol preukázaný negatívny vplyv zdravotného zabezpečenia vody chlórdioxidom na zvýšenie agresívnych vlastností vody a jej kvalitu v tomto distribučnom systéme.

## **Literatúra**

Munka, K. (2000): VTP - Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave. Etapa 01.01 – Výskum fyzikálno-chemických zmien kvality vody pri doprave. Metodika etapy. Bratislava, VÚVH, 2000.

Büchlerová, E. & Munka, K. (1999): VTP - Výskum upraviteľnosti pitnej vody a environmentálne aspekty vodných tokov. ČÚ 02 – Výskum procesov pre zabezpečenie kvalitnej pitnej vody. Etapa 02.02 – Stabilita pitnej vody pri distribúcii. Záverečná správa etapy. Bratislava, VÚVH, 1999.

Büchlerová, E. (2000): VTP - Zabezpečenie kvality pitnej vody pri doprave. Metodika VTP. Bratislava, VÚVH, 2000.