

DLHODOBÉ ZMENY KVALITY VODY V DUNAJI

Alexandra Ďuričková

ANOTÁCIA

V práci je zhodnotená mikrobiologická a chemická charakteristika vody a dlhodobý vývoj kvality vody rieky Dunaj na lokalite Bratislava. Kvalita vody bola taktiež posúdená na základe Nariadenia vlády SR. č. 269/2010 Z.z.

ANNOTATION

In the paper there are evaluated microbiological and chemical properties and long-term trends in water quality of Danube river in Bratislava. Water quality was also checked in base of Government Regulation No. 269/2010.

KEÚČOVÉ SLOVÁ

povrchová voda, kvalita vôd, mikrobiologické parametre, znečistenie vody

KEY WORDS

surface water, water quality, microbiological parameters, water pollution

ABSTRACT

The long-term changes in water quality of Danube river

The Danube is Europe's second longest river after Volga. The river springs in the Black Forest in Germany and flows through Germany, Austria, Slovakia, Hungary, Croatia, Serbia, Bulgaria, Moldova, Ukraine and Romania for a distance of 2850 km, passing through four European capitals, before emptying into the Black sea. The Danube flows through Bratislava.

In the paper there are evaluated microbiological and chemical properties of water in Danube river. Water quality was checked in base of Government Regulation No. 269/2010.

Basing on data from SHMÚ (Slovak hydro-meteorological institute) was water quality checked during period 1992 – 2008. SHMÚ control four water quality areas in Bratislava (Danube – Karlova Ves, Danube – right bank, Danube – left bank and Danube – midpoint).

I worked with data from Bratislava – right bank area and our own measurements and chemical and microbiological analysis from Department of hydrogeology and Biology of cell.

Basing on data from SHMÚ, data from Department of hydrogeology and Biology of cell, cultivable microorganisms at 22 °C, cultivable microorganisms at 36 °C, coliforms, thermotolerant coliforms and enterococci showed a high level of microbiological verification, but microbiological water quality in Danube river was getting better in long period of time. In Danube river was also noticed drop of sulphates concentrations. Indicators BOD₅, COD_{Mn}, COD_{Cr}, TOC, NH₄⁺ and NO₃⁻ showed much higher concentrations in summer.

The determined microbiological indicators showed the highest level of microbiological verification during the summer season, in the time of higher water temperature.

In base of Government Regulation No. 269/2010 was found only two chemical parameters exceeding of the limit values: pH and ChSK_{Cr}. Microbiological pollution was the most frequent parameter exceeding the limits. Among the microbiological parameters the highest exceeding of the limit values was found for cultivable microorganisms at 22 °C.

ÚVOD

Dunaj je hneď po Volge druhou najdlhšou riekou Európy. Od svojich prameňov v Čiernom lese po svoje ústie do čierneho mora meria 2857 km. Dunaj preteká alebo tvorí štátnu hranicu s Nemeckom, Rakúskom, Slovenskom, Maďarskom, Chorvátskom, Srbskom, Rumunskom, Bulharskom, Moldavskom a Ukrajinou. Povodie Dunaja zaberá 817000 km². Na území Slovenska tvorí hraničný tok s Rakúskom v dĺžke 7,5 km, na úseku 22,5 km prechádza celý na naše územie a potom v dĺžke 128 km tvorí hraničný tok s Maďarskom. Dunaj je recipientom takmer všetkých Slovenských riek s výnimkou riek Poprad a Dunajec a ich prítokov.

Kvalita vody je hodnotená na základe viacerých ukazovateľov. Správne je hodnotenie založené na komplexnom prístupe zahrňujúcom všetky významné chemické, mikrobiologické aj biologické parametre vôd. Charakteristika vody Dunaja bola spracovaná na základe vybraných chemických a mikrobiologických ukazovateľov a zhodnotená na základe Nariadenia vlády SR. č. 269/2010 Z.z. Práca je zameraná najmä na zhodnotenie dlhodobých zmien kvality vody Dunaja z mikrobiologického a chemického hľadiska.

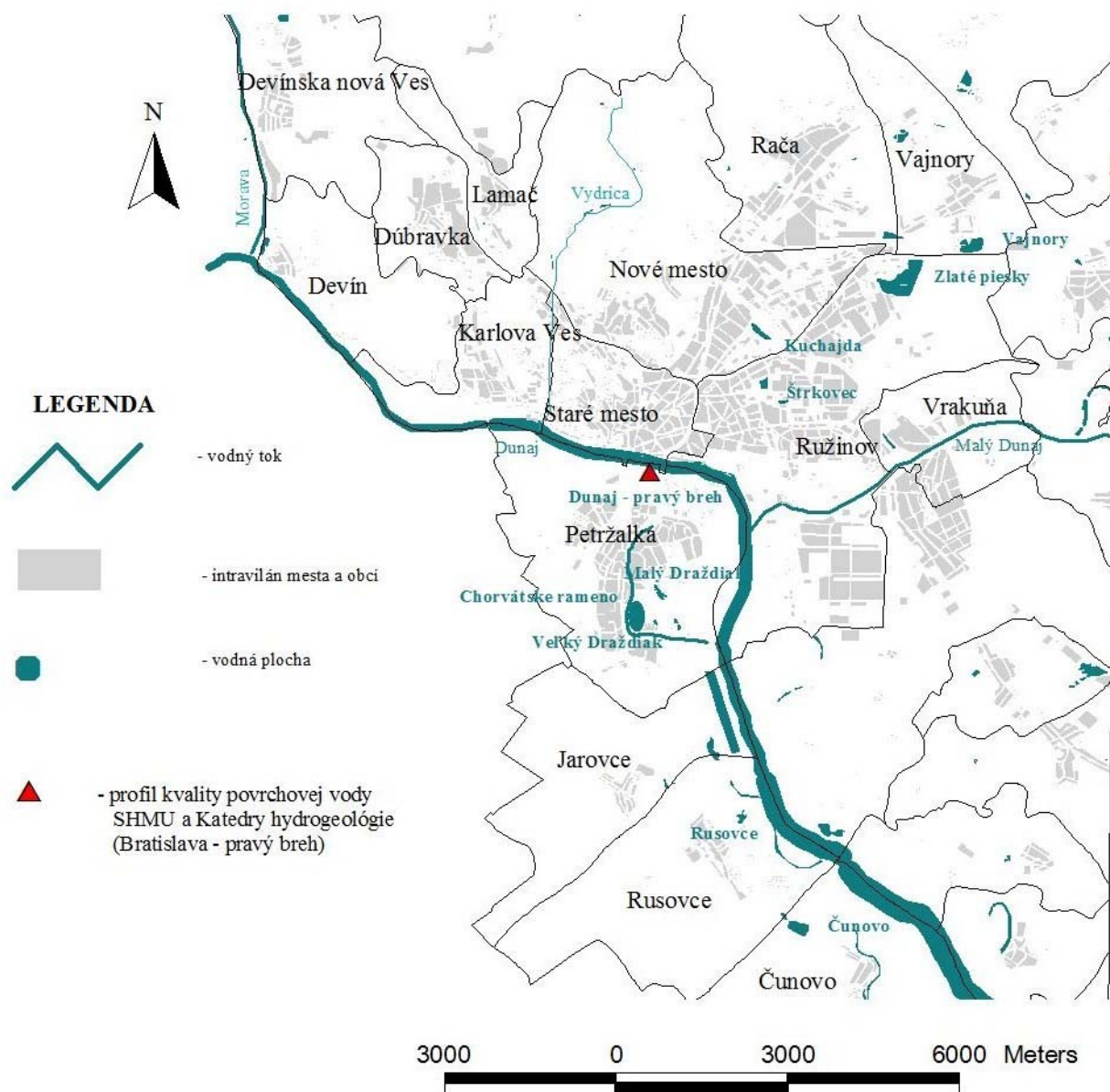
Na znečistení vody Dunaja sa podieľajú priemyselné a komunálne odpadové vody, poľnohospodárska činnosť a lodná doprava. Kvalita vôd Dunaja v oblasti je nepriaznivo ovplyvňovaná aj znečistením, ktoré privádza jeho horný prítok Morava. Negatívny vplyv na kvalitu vôd Malého Dunaja majú vypúšťané chladiace odpadové vody zo Slovnaftu a splaškové odpadové vody z miest a obcí. Úsek Moravy od Dyje po sútok s Dunajom je zaradený do zlého chemického stavu, ktorý možno pripísať cezhraničnému vplyvu. Dunaj nielen v oblasti, ale na celom svojom toku na území SR je v zlom chemickom stave spôsobenom hlavne cezhraničným vplyvom (Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2008).

METODIKA PRÁCE

Mikrobiologická a chemická charakteristika vody Dunaja bola zhodnotená na základe údajov poskytnutých SHMÚ (Slovenský hydrometeorologický ústav) – profil – Bratislava pravý breh za obdobie 1992 – 2008, na základe chemických analýz Katedry hydrogeológie Prif UK (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského) za obdobie

2000 – 2010 a mikrobiologických analýz Ústavu bunkovej biológie za obdobie 2005 – 2010.

Počas hodnoteného obdobia bolo na Katedre hydrogeológie vykonaných spolu 46 chemických analýz a meraní fyzikálno-chemických parametrov a na ústave bunkovej biológie 26 mikrobiologických analýz. Profil odberu povrchovej vody SHMÚ a Katedry hydrogeológie bol zhodný (obr. 1).



Obr. 1: Mapa dokumentačného bodu

Odber vzoriek vody na chemický a mikrobiologický rozbor bol vykonávaný vždy na rovnakom odberovom mieste. Analýzy vôd boli robené podľa štandardných metodík (Horáková, 2003; Pitter, 2009) (tab. 1).

Tab. 1: Rozsah analýz a použité metódy v laboratóriu Katedry hydrogeológie

Parameter	Metóda
rozpustené látky pri 105 °C	gravimetrické stanovenie
celková mineralizácia	výpočtom
vápnik	titračná metóda s chelatonom
horčík	titračná metóda s chelatonom
voľný CO ₂	titračná metóda (ZNK _{8,3})
HCO ₃ ⁻	titračná metóda (KNK _{4,5})
amoniakálny dusík	spektrofotometrická Nesslerova metóda
dusičnany	spektrofotometrická metóda s kyselinou sulfosalicylovou
chloridy	titračná metóda podľa Votočku
sírany	gravimetrické stanovenie
fosforečnany	spektrofotometrické stanovenie rozpustených orthofosforečnanov
humínové láky	spektrofotometrické stanovenie za použitia etylalkoholu
ChSK _{Mn}	Kubelova metóda (manganistanom draselným)
ChSK _{Cr}	spektrofotometrické stanovenie (dvochrómanom draselným)

Stanovenie prvkov Na, K, Fe, Mn bolo urobené v Národnom referenčnom laboratóriu na VÚVH v Bratislave a v laboratóriu Ingeo-Envilab, s.r.o. Žilina.

Pri odberoch vzoriek vody boli fyzikálno-chemické ukazovatele merané priamo pri odbere vzoriek (tab. 2). Vzhľad, zákal a zápach vody bol slovné hodnotený pri odbere.

Tab. 2: Fyzikálno-chemické ukazovatele merané pri odbere vzoriek

Parameter	Značka	Metóda
teplota vzduchu (°C)	t _{vzd}	ortuťovým teplomerom
teplota vody (°C)	t _{vo}	kufříkový prístroj WTW Multi 350i
merná elektrická vodivosť (mS/m)	EC	kufříkový prístroj WTW Multi 350i s elektródou TetraCon ^R 3525
pH	pH	kufříkový prístroj WTW Multi 350i s pH elektródou Sentix 41
oxidačno - redukčný potenciál (mV)	Eh	kufříkový pH meter WTW pH 340i s redox elektródou SenTix ^R ORP
rozpustený kyslík (mg/l)	rozp. O ₂	kufříkový oximeter WTW Oxi 340i/SET
kyslíkové nasýtenie (%)	O ₂ nas.	s elektródou DurOx 325-3
zásadová neutralizačná kapacita pri pH 8,3 (mmol/l)	ZNK _{8,3}	titračne na indikátor fenolftalein
kyselinová neutralizačná kapacita pri pH 4,5 (mmol/l)	KNK _{4,5}	titračne na indikátor metyloranž

Vzorky odoberané na mikrobiologický rozbor boli odoberané pred chemickými vzorkami. Mikrobiologické analýzy vody boli realizované na Ústave bunkovej biológie PríF UK v rozsahu: kultivovateľné mikroorganizmy pri 22 °C a kultivovateľné mikroorganizmy pri 36 °C, koliformné baktérie, termotolerantné koliformné baktérie a enterokoky. Boli použité kultivačné metódy, cieľom ktorých je determinovanie definovaných mikrobiologických ukazovateľov kultiváciou na univerzálnych alebo selektívnych živných médiách. Pre kultiváciu kultivovateľných mikroorganizmov pri 22 °C a kultivovateľných mikroorganizmov pri 36 °C bol použitý predpísaný mäsopeptonový agar (MPA). Pre kultiváciu koliformných a termotolerantných koliformných baktérií bol použitý selektívny Endov agar. Enterokoky boli kultivované na Slanetz-Bartleyho agare. Pri kultivácii boli aplikované dve paralelné Petriho misky a z celkového počtu KTJ na obidvoch miskách bol vypočítaný aritmetický priemer.

Kvalita vody Dunaja bola hodnotená podľa Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd. Nariadenie vlády uvádza v prílohe č. 1 všeobecné požiadavky na kvalitu povrchovej vody. Sleduje sa celkovo 125 ukazovateľov. Chemické analýzy vody Dunaja z Katedry hydrogeológie obsahujú spolu 16 požadovaných ukazovateľov, mikrobiologické analýzy 4 ukazovatele.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe údajov poskytnutých SHMÚ (profil Bratislava – pravý breh) sa hodnoty pH sa počas hodnoteného obdobia (1992 – 2008) pohybujú v rozpätí 7,2 až 8,97. Merná elektrická vodivosť nepresiahla hodnotu 58,6 mS·m⁻¹, minimum je 27,6 mS·m⁻¹. Obsah rozpusteného kyslíka neklesol pod hranicu 7 mg·l⁻¹, najvyššia nameraná hodnota je 15,1 mg·l⁻¹.

BSK sa používa ako miera koncentrácie biologicky rozložiteľných látok (na rozdiel od ChSK, ktorá postihuje organické látky biologicky rozložiteľné aj nerozložiteľné) (Pitter, 2009). Maximálna zistená hodnota BSK₅ bola 4,9 mg·l⁻¹.

Hodnoty ChSK_{Mn} sa pohybujú v rozpätí $1,3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ až $14,72 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, ChSK_{Cr} 6 až $40 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (tab. 3)

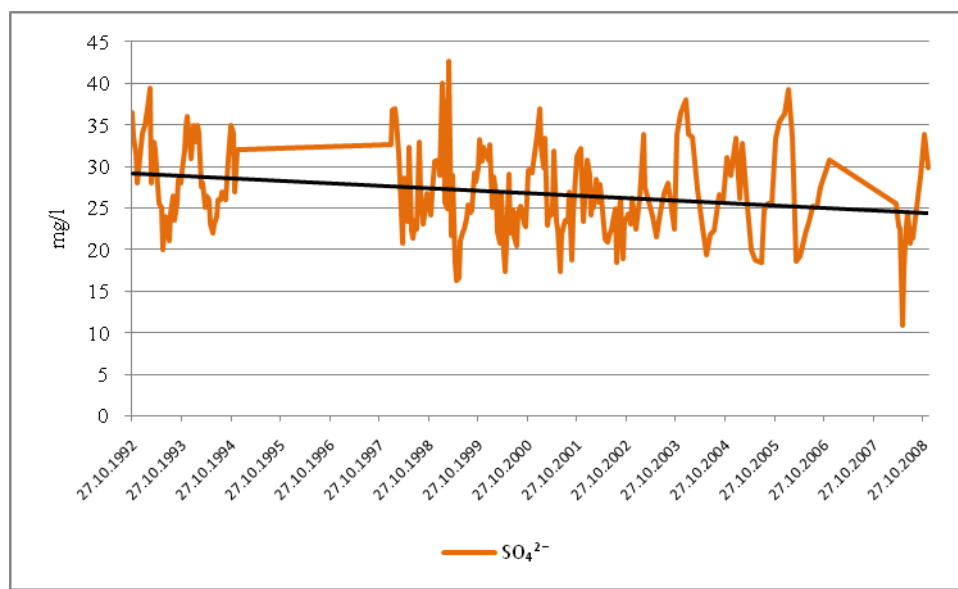
Počas hodnoteného obdobia boli zistené pomerne vysoké hodnoty sledovaných mikrobiologických parametrov (tab. 3).

Tab. 3: Dunaj – profil – pravý breh – štatistické vyhodnotenie vybraných ukazovateľov kvality vody za obdobie 1992 – 2008 (zdroj údajov – SHMÚ)

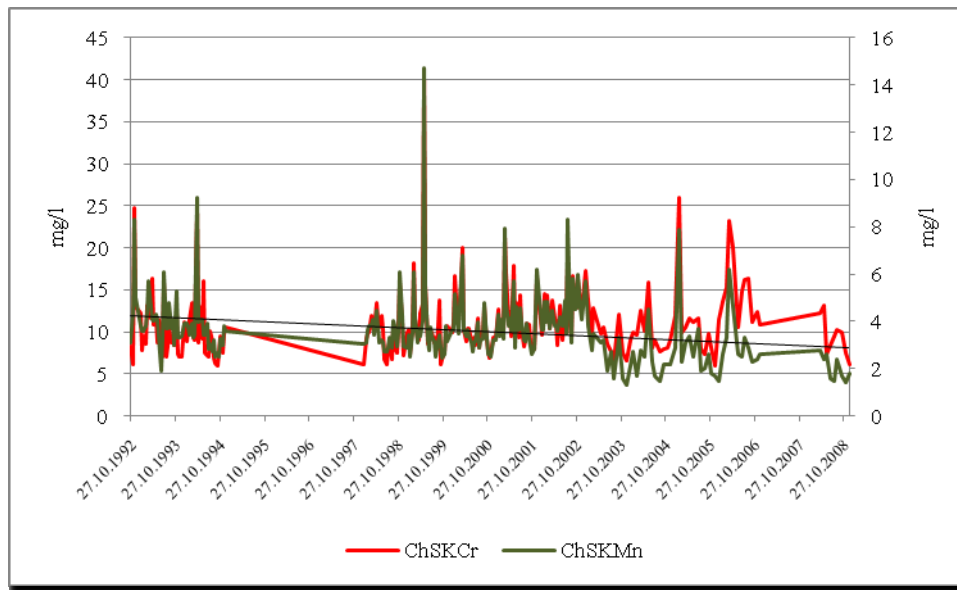
	EC $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$	pH	O_2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	BSK_5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	ChSK_{Mn} $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	ChSK_{Cr} $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	Cl $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	SO_4^{2-} $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	KM22 $\text{KTJ}\cdot\text{ml}^{-1}$	KOLI $\text{KTJ}\cdot\text{ml}^{-1}$	TEKOLI $\text{KTJ}\cdot\text{ml}^{-1}$	FEKOKY $\text{KTJ}\cdot\text{ml}^{-1}$
minimum	27,6	7,2	7	0,6	1,3	6	8,9	10,8	400	5	1	0
maximum	58,6	8,97	15,1	4,9	14,72	40	40	42,7	190800	2300	380	61

KM22 = kultivovateľné mikroorganizmy pri $22 \text{ }^\circ\text{C}$, KOLI = koliformné baktérie, TEKOLI = termotolerantné koliformné baktérie, FEKOKY = fekálne streptokoky KTJ – kolónie tvoriaca jednotka

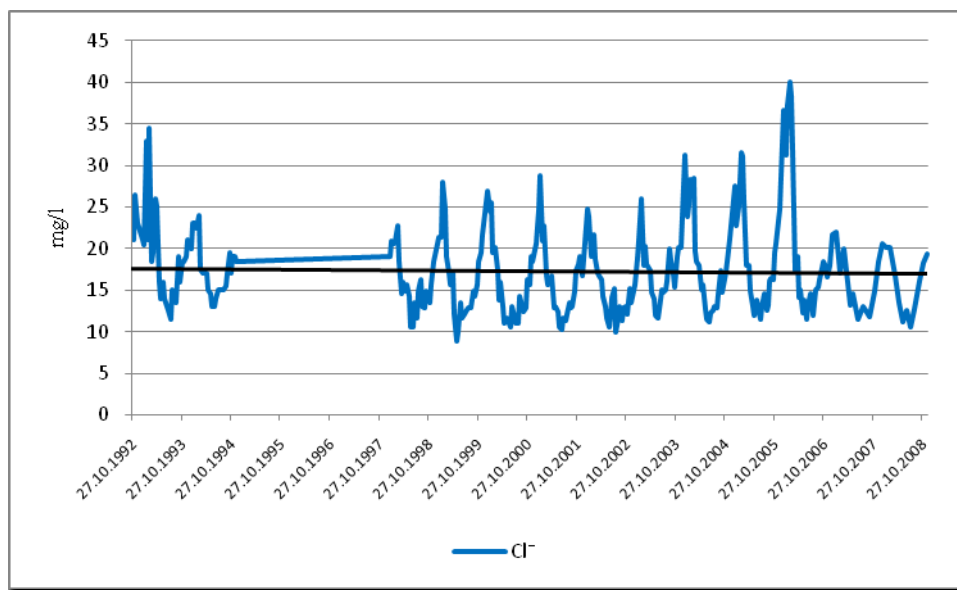
Podľa údajov SHMÚ dochádzalo na lokalite Bratislava – pravý breh počas obdobia 1992 – 2008 ku zlepšovaniu kvality vody v Dunaji, čo sa prejavovalo výrazným znižovaním koncentrácií síranov (obr. 2) vo vode a zlepšovaním kvality vody v prípade hodnôt ChSK_{Mn} (obr. 3). Počas sledovaného obdobia dochádzalo k pravidelným výkyvom koncentrácií chloridov a síranov, pričom najvyššie koncentrácie sú viazané na mesiace január, február a marec, čo je pravdepodobne spôsobené veľkosťou prietokov (obr. 2, obr. 4).



Obr. 2: Dunaj – profil – pravý breh – priebeh koncentrácií síranov v povrchovej vode (1992 – 2008) (zdroj údajov – SHMÚ)

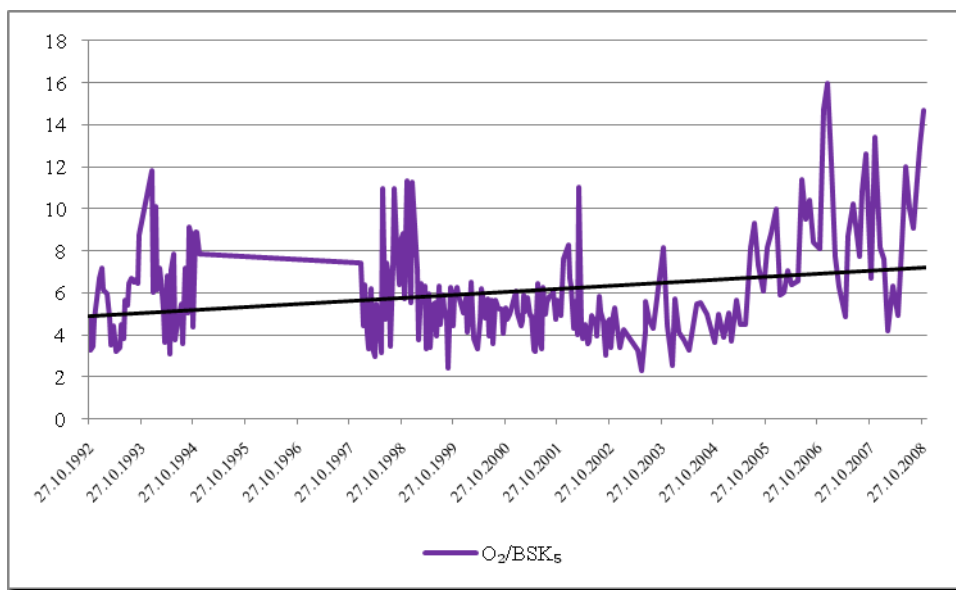


Obr. 3: Dunaj – profil – pravý breh – zmeny ChSK_{Mn} a ChSK_{Cr} v povrchovej vode (1992 – 2008) (zdroj údajov – SHMÚ)



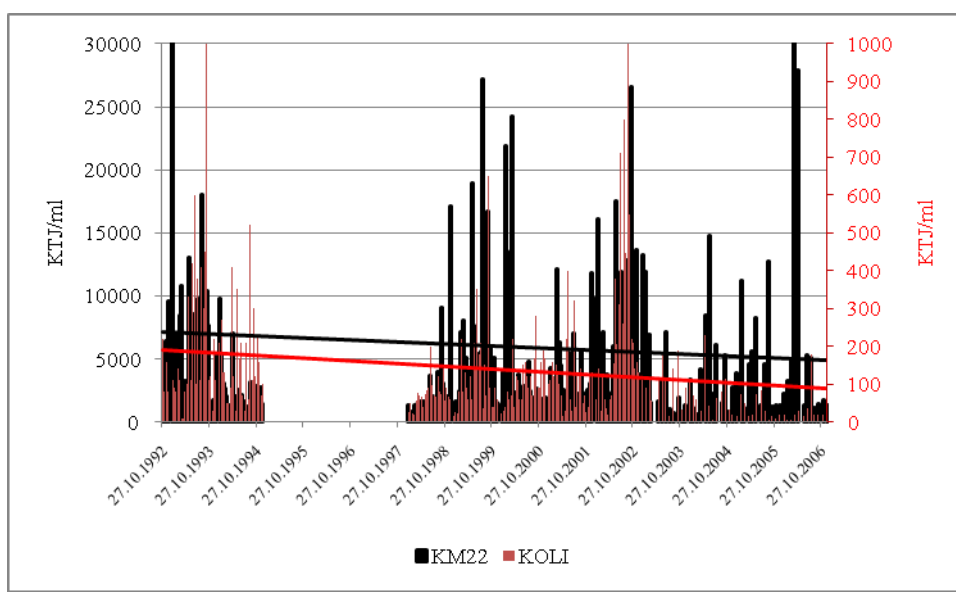
Obr. 4: Dunaj – profil – pravý breh – priebeh koncentrácií chloridov v povrchovej vode (1992 – 2008) (zdroj údajov – SHMÚ)

V povrchovej vode je potrebné zaistiť čo najväčší pomer O_2/BSK_5 , pretože najväčšia časť kyslíka sa počas infiltrácie spotrebuje na oxidáciu ľahko biologicky rozložiteľných látok (Hyánková et al., 1991, Hyánková, Ženišová, 1991). Pomer O_2/BSK_5 klesol za hodnotené obdobie (240 stanovení) pod hranicu 3 iba trikrát. Maximálna hodnota 16,00 bola zaznamenaná v januári 2007 (obr. 5).



Obr. 5: Dunaj – profil – pravý breh – pomer O_2/BSK_5 v povrchovej vode (1992 – 2008) (zdroj údajov – SHMÚ)

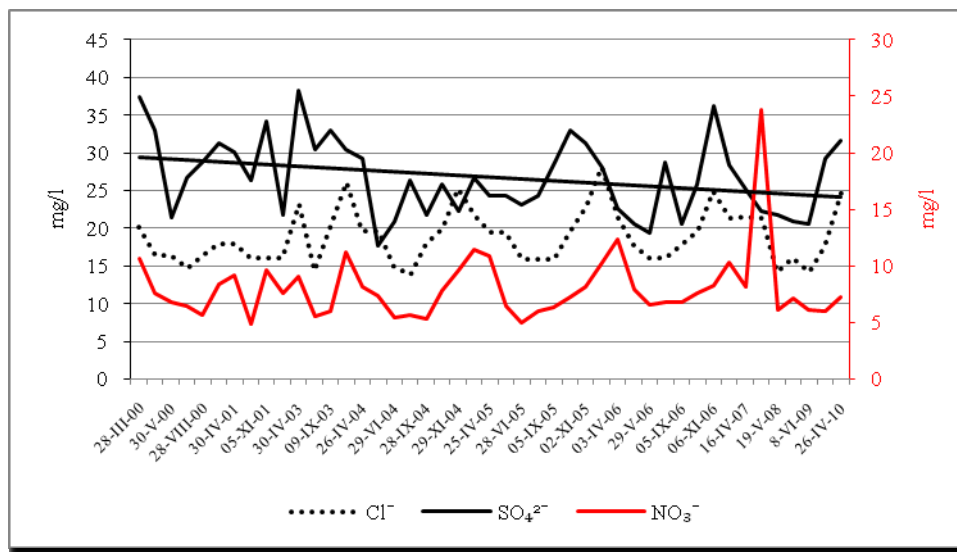
Z hľadiska sledovaných mikrobiologických parametrov dochádzalo taktiež počas dlhodobého sledovania k výraznému zlepšovaniu kvality vody, čo sa prejavovalo postupným znižovaním hodnôt KTJ kultivovateľných mikroorganizmov pri 22 °C a koliformných baktérií (obr. 6), termotolerantných koliformných baktérií a fekálnych streptokokov.



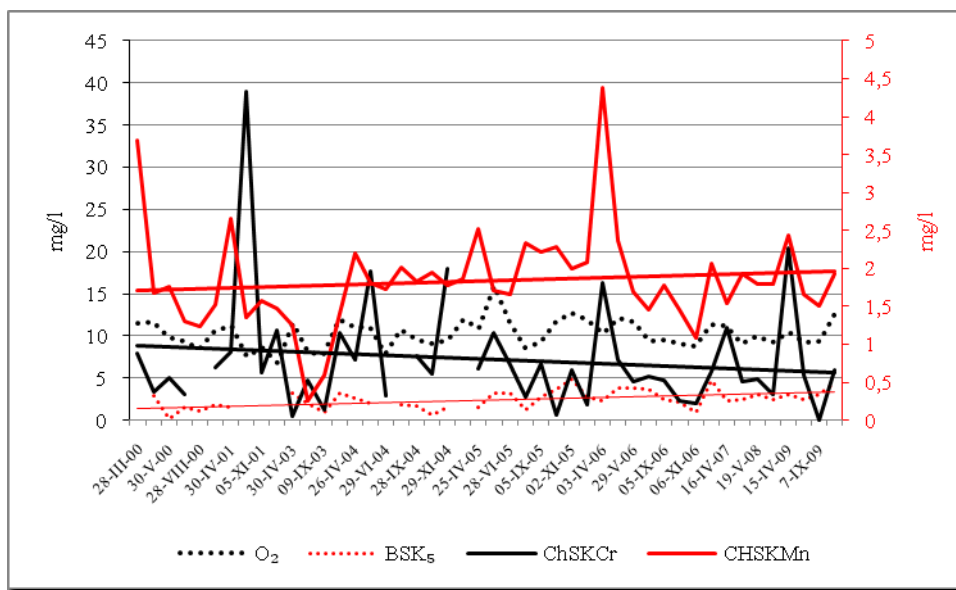
Obr. 6: Dunaj – profil – pravý breh – zastúpenie kultivovateľných mikroorganizmov pri 22 °C a koliformných baktérií vo (1992 – 2008) (zdroj údajov – SHMÚ)

Na základe údajov Katedry hydrogeológie dochádzalo počas hodnoteného obdobia 2000 – 2010 taktiež ku znižovaniu koncentrácií síranov vo vode, na rozdiel od koncentrácií chloridov, ktoré majú mierne stúpajúcu tendenciu. Koncentrácie dusičnanov vykazujú výkyvy, pričom najvyššie hodnoty sú viazané na jarné a letné obdobie (obr . 7)

V prípade parametrov kyslíkového režimu dochádzalo počas obdobia 2000 – 2010 k miernemu zhoršovaniu kvality vody, čo sa prejavovalo miernym nárastom hodnôt $ChSK_{Mn}$ a BSK_5 . Naopak koncentrácie $ChSK_{Cr}$ sa mierne znižovali (obr. 8).



Obr. 7: Dunaj – priebeh koncentrácií chloridov, síranov a dusičnanov v povrchovej vode (1992 – 2008) (zdroj údajov – Katedra hydrogeológie)



Obr. 8: Dunaj – zmeny parametrov kyslíkového režimu v povrchovej vode (1992 – 2008)
(zdroj údajov – Katedra hydrogeológie)

Podľa Nariadenia vlády SR č. 296/2010 Z.z. za sledované obdobie ani v jednom prípade nepresiahli hodnotu určenú nariadením vlády ukazovatele: rozpustený O₂, EC, BSK₅, ChSK_{Mn}, TOC, Fe, Mn, Ca, Mg, Cl⁻, SO₄²⁻, N-NO₃ a N-NH₄. Ku prekročeniu došlo v prípade ukazovateľov: pH, ChSK_{Cr}, kultivovateľných mikroorganizmov, koliformných baktérií, termotolerantných koliformných baktérií a enterokokov (tab. 4).

Tab. 4: Dunaj – vyhodnotenie vybraných parametrov kvality vody podľa Nariadenia vlády SR č. 269/2010 Z.z.

ukazovateľ	počet analýz (2000 – 2010)	počet vzoriek nad stanovenú hodnotu
pH	46	8
ChSK _{Cr}	46	1
KM 22	26	24
KOLI	26	23
TEKOLI	26	15
EKOKY	26	11

ZÁVER

Najviac ochorení spôsobených kontaktom s vodou je spojovaných s fekálnou kontamináciou vôd (Hunter, 1997 in Barrell, 2000), preto je mikrobiológia vôd založená predovšetkým na stanovení indikátorov fekálneho znečistenia (Barrell et al., 2000). Na lokalite Bratislava pravý breh boli zistené na základe údajov SHMÚ a Ústavu bunkovej biológie Prif UK pomerne vysoké počty KTJ kultivovateľných mikroorganizmov,

koliformných baktérií, termotolerantných koliformných baktérií a enterokokov. Hodnoty sledovaných mikrobiologických parametrov taktiež nevyhovovali požiadavkám na kvalitu povrchovej vody Nariadenia vlády SR č. 296/2009 Z.z. vo veľkom množstve odobraných vzoriek. Vo vode bol zaznamenaný zreteľný nárast hodnôt mikrobiologických ukazovateľov počas letného obdobia, kedy klimatické podmienky, najmä teplota vody umožňujú masívnejší rozvoj mikroflóry.

Na základe údajov SHMÚ a Katedry hydrogeológie PríF UK možno konštatovať, že sa kvalita vody v Dunaji počas dlhodobého pozorovania z hľadiska zaznamenaného postupného znižovania koncentrácií síranov vo vode a postupného znižovania hodnôt KTJ kultivovateľných mikroorganizmov pri 22 °C, koliformných baktérií, termotolerantných koliformných baktérií a enterokokov zlepšila. Znečistenie organickými látkami sa prejavovalo najvýraznejšie v letných mesiacoch, kedy boli zaznamenávané najvyššie hodnoty ukazovateľov ChSK_{Mn} a ChSK_{Cr} BSK₅ a TOC.

V povrchovej vode je možné pozorovať priamy vzťah medzi obsahom organických látok vo vode a mikrobiologickými ukazovateľmi. Pri odberoch vzoriek vody kde bolo preukázané zvýšené znečistenie organickými látkami, boli zistené aj vyššie hodnoty KTJ sledovaných mikrobiologických ukazovateľov.

POĎAKOVANIE

Práca bola realizovaná v rámci grantového projektu VEGA č. 1/0117/09: „Mikrobiálne patogény vo vodách. Izolácia, identifikácia a charakteristika definovaných problémových species v akvatických biotopoch Slovenska.“ a projektu UK č. 199/2009 „Antropogénne vplyvy na kvalitu vôd v okolí Bratislavy“.

POUŽITÁ LITERATÚRA

BARRELL, R. A. E., HUNTERM, P. R., NICHOLS, G., 2000: Microbiological standards for water and their relationship to health risk. Communicable Disease And Public Health, 3, s. 8 – 13

HYÁNKOVÁ, K., NÉMETHY, P., ŽENIŠOVÁ, Z., 1991: Zmeny chemického zloženia povrchovej vody pri infiltrácií. Vodohospodársky časopis, 39, č. 3 – 4., s. 280 – 292.

HYÁNKOVÁ, K., ŽENIŠOVÁ, Z., 1991: Akosť vôd aluviálnych náplavov pri riadenom využívaní CPZV „Procesy vzniku, ochrana a využiteľnosť zdrojov pitnej vody.“ Zborník zo seminára ÚHH CGV SAV, Bratislava. s. 89 – 96.

NARIADENIE VLÁDY SR Č. 269/2010 Z.z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na dosiahnutie dobrého stavu vôd.

PITTER, P., 2009: Hydrogeochemie. 4. vydání, Vydavatelství VŠCHT, Praha, 579 s.

Mgr. Alexandra Ďuričková

Univerzita Komenského v Bratislave
Prírodovedecká fakulta
Katedra hydrogeológie