

Vývoj chemického zloženia a kvality podzemných vôd v kvartérnom útvaru SK1000600P v povodí Dunaja

Barbora Šutarová¹, Renáta Flaková¹, Zlatica Ženišová¹, Anna Patschová², Boris Bodacz³
& Roman Gavuliak⁴

¹Katedra hydrogeológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina G, 842 15 Bratislava; sutarova@fns.uniba.sk

²Výskumný ústav vodného hospodárstva, Nábr. arm. gen. L. Svobodu 5, 812 49 Bratislava

³Slovenský hydrometeorologický ústav, Jeséniova 17, 833 15 Bratislava

⁴Prognostický ústav Slovenskej akadémie vied, Šancová 56, 811 05 Bratislava

AGEOS Evolution of chemical composition and quality of groundwater in the Quaternary body SK1000600P in the Danube Basin

Abstract: The chemical composition of groundwater in the Quaternary body SK1000600P in the Danube Basin was analysed based on chemical analyses from 7 monitoring sites of the SHMI network during the 2002–2010 time period. The current state was also evaluated based on the Regulations of the Government of the Slovak Republic no. 496/2010, no. 282/2010 and no. 496/2010 issued by the Government of the Slovak Republic. Its future development was extrapolated using methods of derived measures of development variability. The point sources of pollution influence on the groundwater quality was analysed based on selected indicators and their threshold values. The most noticeable difference was observed in water samples from the Iža-Bokroš and Iža boreholes, which featured an increase over both the threshold and limit values for sodium, NH_4^+ , iron, manganese, chlorides and sulphates. The development forecast for most ions indicates increase or stagnation of their concentrations. Therefore it cannot be expected that groundwater body SK1000600P will be included into the „Good groundwater status“ in 2015.

Key words: Quaternary body SK1000600P, groundwater body, point source, pollution, chemical status, quality

1. ÚVOD

V decembri 2000 vstúpila do platnosti smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady ustanovujúca rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky. Smernica vytvára nadnárodný prístup v oblasti ochrany vôd a predpoklady pre výrazné posilnenie environmentálneho pohľadu v procese ich ochrany. Hlavným cieľom je dosiahnutie „dobrého stavu“ vôd do roku 2015. Pre účely rámcovej smernice o vode boli prijaté nové definície a pojmy, ktoré hydrogeologická verejnosť postupne prijíma.

Základná charakteristika útvarov povrchových a podzemných vôd bola vypracovaná v roku 2005 (Kuníková et al., 2005). Taktiež boli identifikované niektoré bodové a difúzne zdroje znečistenia. Vplyv bodových zdrojov znečistenia na kvalitu podzemných vôd bol komplexne zhodnotený pre útvar Medzizrnových podzemných vôd kvartérnych náplavov východnej časti Podunajskej panvy oblasti povodia Dunaja – SK1000600P (Šutarová, 2012). Tento útvar bol vybraný spomedzi útvarov v zlom chemickom stave (Bodiš et al., 2008) pre jeho veľkosť a menší počet bodových zdrojov znečistenia.

Kvalita podzemných vôd bola hodnotená na základe chemických analýz z pozorovacích objektov základnej siete SHMÚ za obdobie 2002–2010. Bola hodnotená podľa nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 496/2010 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa

nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu a tiež bola hodnotená podľa nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 282/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd. Pre vybrané kvalitatívne parametre podzemnej vody bol spracovaný vývoj ich koncentrácií do budúcnosti.

2. RÁMCOVÁ SMERNICA O VODE A JEJ IMPLEMENTÁCIA

Pre členské krajiny Európskej únie, teda aj pre Slovensko, vznikla povinnosť transponovať RSV do národnej legislatívy a postupne zabezpečovať jej implementáciu v zmysle príslušných ustanovení.

Účelom smernice je ustanoviť rámec ochrany vnútrozemských povrchových, brakických, pobrežných a podzemných vôd, ktorý zabráni ďalšiemu zhoršeniu, ochráni a zlepší stav vodných ekosystémov a suchozemských ekosystémov a mokradí s ohľadom na ich potrebu vody. Podporí trvalo udržateľné využívanie vody založené na dlhodobej ochrane dostupných vodných zdrojov. Taktiež zabezpečí postupné znižovanie znečistenia podzemných vôd a zabráni ich ďalšiemu znečisťovaniu a prispeje k zmierneniu

účinkov povodní a sucha, a tým prispeje k zabezpečeniu dostatočných zásob kvalitnej pitnej povrchovej a podzemnej vody a k zníženiu znečistenia podzemnej vody (smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva, 2000).

Hlavným cieľom je dosiahnutie „dobrého stavu“ vôd do roku 2015. RSV pripúšťa určité výnimky pre dosiahnutie cieľov. Je možné predĺženie termínu dosiahnutia „dobrého stavu“ vôd až do roku 2027 s tým, že výnimky musia byť náležite odôvodnené v plánoch manažmentu povodí.

2.1 Hodnotenie chemického stavu útvarov podzemných vôd

Útvary podzemných vôd sú členené do 3 samostatných vrstiev: a) útvary podzemných vôd v kvartérnych kolektoroch; b) útvary podzemných vôd v predkvartérnych kolektoroch; c) útvary geotermálnych vôd, ktoré predstavujú podzemné vody hlbokých obehov s teplotou podzemnej vody nad 15°C (Kuníková et al., 2005). Výsledkom je celkovo 101 útvarov podzemných vôd, z toho 16 útvarov podzemných vôd v kvartérnych kolektoroch, 59 útvarov podzemných vôd v predkvartérnych kolektoroch a 26 geotermálnych útvarov (Kullman et al., 2006).

Hodnoteniu chemického stavu kvartérnych útvarov podzemných vôd predchádzalo stanovenie požadových a prahových hodnôt pre vybrané parametre chemického zloženia podzemných vôd. Požadové hodnoty boli stanovené pre sodík, fluoridy, chloridy, sírany, železo, mangán, amónne ióny, chróm, meď, arzén, kadmium, selén, olovo a ortuť (Bodiš et al., 2008). Prahové hodnoty by sa mali stanovovať z intervalu medzi požadovou a referenčnou hodnotou, kde referenčná hodnota je štandard pre pitnú vodu (nariadenie vlády 496/2010). Prahové hodnoty, ktoré sú uvedené v nariadení vlády 282/2010, boli vypočítané pomocou vzorca:

$$\text{prahová hodnota} = \frac{\text{referenčná hodnota} + \text{požadová hodnota}}{2} \quad (1)$$

Postup pri hodnotení chemického stavu útvarov podzemných vôd bol prispôbený existujúcim vstupným informáciám a koncepcnému modelu útvarov podzemných vôd, ktorý zahŕňal charakter priepustnosti, hydrogeochemické vlastnosti horninového prostredia obehu, zraniteľnosť podzemnej vody a generálny smer prúdenia podzemnej vody v útvare podzemných vôd (Malík et al., 2005), taktiež potenciálne difúzne a bodové zdroje kontaminácie. Hodnotenia vychádzali z výsledkov monitoringu kvality podzemných vôd z roku 2007 a hodnotenia rizikosti útvarov podzemných vôd z roku 2004. Hodnotenia boli urobené pre všetky kvartérne a predkvartérne útvary podzemných vôd (Bodiš et al., 2008).

Dobrá chemická stav bol definovaný ako neprekročenie modelovej priemernej a prahovej hodnoty vybraných parametrov hodnotou horného intervalu spoľahlivosti priemeru jednotlivých parametroch pri 95 % hladine významnosti. Každý útvary bol hodnotený samostatne a chemický stav nebol hodnotený pre

útvary, ktoré nemali monitorovací objekt (Bodiš et al., 2008). Celkovo je 16 útvarov podzemných vôd v kvartérnych sedimentoch, z toho 7 útvarov je v zlom chemickom stave, a v nich je 1389 potenciálnych bodových zdrojov znečistenia. Medzi kvartérne útvary podzemných vôd v zlom chemickom stave patrí aj útvary podzemných vôd SK1000600P.

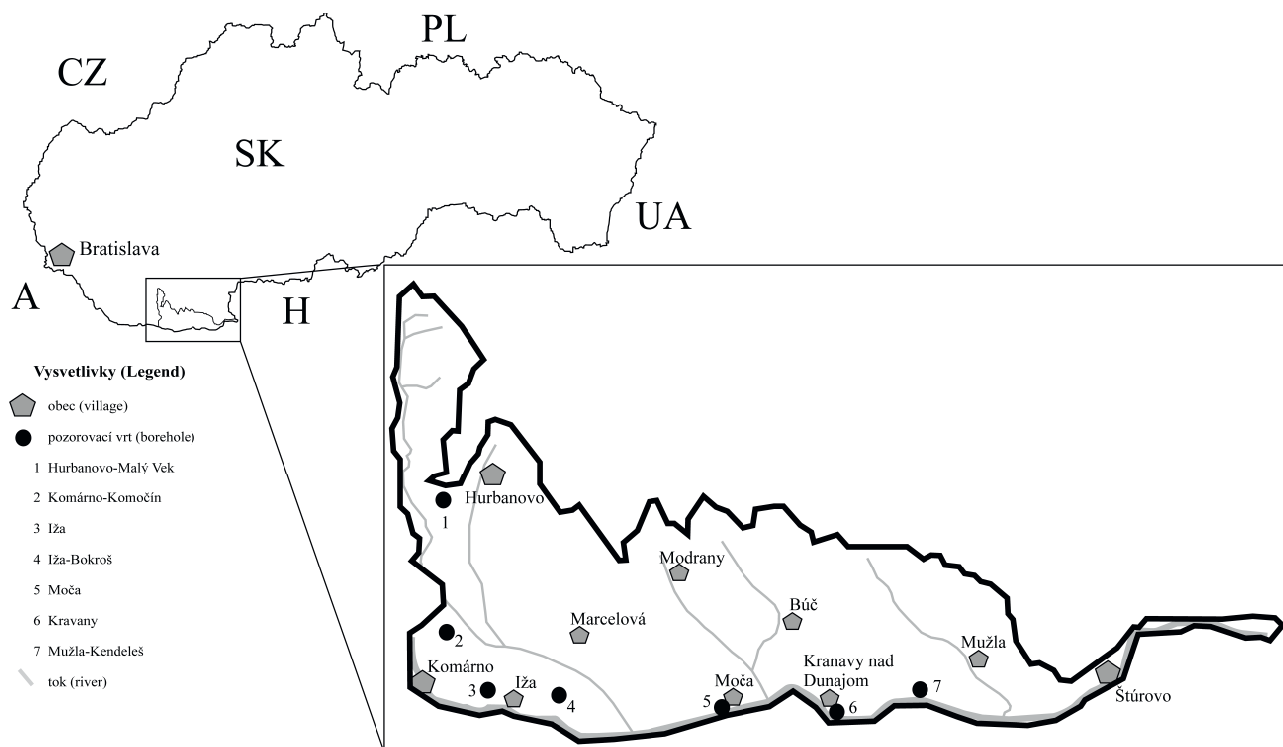
2.2 Základná charakteristika útvaru podzemných vôd SK1000600P

Skúmaný útvary podzemných vôd sa nachádza v juhovýchodnej časti Podunajskej nížiny, v časti Podunajskej pahorkatiny. Ide o útvary medzidzrnových podzemných vôd kvartérnych náplavov časti Podunajskej panvy oblasti povodia Dunaja (SK1000600P), ktorý zaberá územie o veľkosti 515 km². Z juhu je územie ohraničené riekou Dunaj, ktorá v tejto časti vytvára prírodnú hranicu s Maďarskou republikou, severovýchodnú hranicu tvorí Hronská pahorkatina, zo severu je územie ohraničené umelo, a to myslenou čiarou medzi obcami (menované z východu) Mužla, Bátorové Kosihy, Modrany, Svätý Peter, Hurbanovo, Nesvady a Imeľ. Západná hranica je tvorená tokom Nitry a Váhu, ktorý sa v Komárne vlieva do Dunaja (Obr. 1).

Geologický vývoj útvaru bol formovaný tokom Dunaja a jeho prítokmi Váh, Nitra, Žitava, Hron, Ipel a zložitými neotektonickými pohybmi. V rámci kvartérnych sedimentov boli vyčlenené viaceré genetické typy – fluviálne sedimenty, spraše (eolické, močiarové a eolicko-deluviálne), svahové sedimenty, náplavové kužele, organické sedimenty (Vaškovský et al., 1982). Hrúbka kvartérnych sedimentov je rôzna. Na severe skúmaného územia sú hrubé len od 0 do 5 m. Okolo Komárna je hrúbka kvartérnych sedimentov 5–15 m, smerom do stredu skúmaného územia narastá až na 30 m a smerom na východ klesá na 5–15 m. Okolo mesta Štúrovo sa hrúbka kvartérnych sedimentov zvyšuje na 20 m. Najstaršie sedimenty (pleistocén) sú reziduálne štrky a piesčité štrky a piesky so štrkom.

V útvare podzemných vôd SK1000600P sú ako kolektory podzemných vôd zastúpené najmä aluviálne a terasové štrky, piesčité štrky a piesky stratigrafického zaradenia pleistocén-holocén. Najviac zvodnené sú fluviálne sedimenty riečnych nív a starších terasových stupňov. Hydrogeologický charakter je závislý od granulometrického zloženia, hrúbky a pozície vzhľadom na povrchový tok. Ostatné kvartérne sedimenty sú nízko zvodnené až nepriepustné. V hydrogeologických kolektoroch útvaru prevažuje medzidzrnová priepustnosť. Priemerná hrúbka zvodnencov je < 10 m (Vaškovský et al., 1982). Generálny smer prúdenia podzemných vôd v aluviálnej nive kvartérneho útvaru je viac-menej paralelný s priebehom hlavného toku (Malík et al., 2005).

Základné chemické zloženie podzemných vôd je premenlivé. Ako dominantné v kationovej časti chemického zloženia vôd vystupujú Ca²⁺, Mg²⁺ a nezanedbateľný podiel majú aj katióny Na⁺. Z aniónov prevládajú ióny HCO₃⁻ a významné zastúpenie majú aj SO₄²⁻ ióny. Podľa Palmer-Gazdovej klasifikácie (Gazda, 1971) sa v útvare podzemných vôd vyskytujú podzemné vody základného výrazného Ca-Mg-HCO₃ typu až základného nevýrazného Ca-SO₄ typu. Celková mineralizácia sa pohybuje prevažne v rozpätí 0,6–1,4 g.l⁻¹ (Luptáková et al., 2012).



Obr. 1. Mapa útvaru podzemných vôd SK1000600P.

Fig. 1. Map of the body of groundwater SK1000600P.

Na území útvaru podzemných vôd SK1000600P sa nachádza viacero druhov znečistenia. Dajú sa rozdeliť na sklady starých pesticídov, menšie zdroje znečistenia rôzneho pôvodu, skládky odpadov, environmentálne záťaž, farmy a obce. V sledovanom území boli zistené dva sklady pesticídov, a to v obci Kravany nad Dunajom a v obci Mužla.

Medzi menšie zdroje znečistenia patria priemyselné podniky, čistiarene odpadových vôd, výroba piva a sklad nealkoholických nápojov, ale taktiež rekreačné služby. Ani tieto bodové zdroje znečistenia sa nenachádzajú v blízkosti skúmaných vrtov.

K najpočetnejším bodovým zdrojom znečistenia v sledovanej oblasti patria skládky odpadov. Pre väčšinu skládok nie je známe presné zloženie odpadu a je málo informácií o štádiu vývoja skládok – stupni rozkladu organických látok, tvorby výluhov a plynov, možnosti znečistenia podzemných a povrchových vôd. Pri neriadených skládkach neboli dodržané požiadavky na ukladanie odpadov, neboli triedené druhotné suroviny a nebola vykonaná separácia nebezpečných odpadov. Skládky boli situované obyčajne do nevhodných podmienok z hľadiska geologických a hydrogeologických pomerov (Holubec et al., 2010).

V skúmanom území bolo zistených 272 skládok odpadov. Vzhľadom na ich veľký počet boli vytriedené len tie s objemom nad 300 m³. Ako potenciálny bodový zdroj znečistenia bolo zhodnotených 56 skládok. Tie boli rozdelené do skupín podľa katalógu odpadov. Najpočetnejšiu skupinu tvorí komunálny odpad. V tejto skupine sa nachádza 28 bodových zdrojov znečistenia. Všetky skládky sú už mimo prevádzky a 15 z nich bolo aj zlikvidovaných. Pri terénnych pochôdkach bolo zistené, že pri 4 skládkach odpadu boli vytvorené nové, ktoré sú zaradené

do environmentálnych záťaží. Pri komunálnom odpade sú najväčšími predpokladanými kontaminantmi NH₄⁺, kovy, toluén, polyetyléntereftaláty (PET). Podľa druhu odpadu ide o domový odpad, odpad z obcí a odpad zo zelene. Ďalšou skupinou je odpad z plastov a gumy, kde sú zaradené 4 bodové zdroje znečistenia a kontaminantmi sú chlórované uhľovodíky. Nasleduje rastlinný odpad, kde je zaradených 7 skládok odpadu a kontaminantom je NH₄⁺. Nasleduje skupina odpadu s obsahom kovov, kde je zaradených 7 skládok odpadu. Do skupiny odpadu minerálneho pôvodu bolo zaradených 6 skládok odpadu, 5 z nich je mimo prevádzky a jedna bude až do roku 2042 prevádzkovaná. Kontaminanty sú tu rôzne, a to As, Pb, Cd, Zn, fenoly a chlórované uhľovodíky. Skupiny ako odpad z dreva, odpad celulózy, papiera a lepidla a textilný odpad sú zastúpené 1 až 2 bodovými zdrojmi znečistenia.

V útvere podzemných vôd SK1000600P bolo zistených 15 environmentálnych záťaží (v zmysle zákona č. 409/2011) z toho 9 skládok komunálneho odpadu. Environmentálne záťaž je rozdelená na potvrdené záťaž a pravdepodobné záťaž. Medzi potvrdené environmentálne záťaž je zaradená skládka komunálneho odpadu Harčáš a Madzagoš a odkalisko Smurfit Kappa Štúrovo. Medzi pravdepodobné záťaž je zaradené hnojisko v obci Iža, skládky tuhého komunálneho odpadu (TKO) alebo neriadené skládky vo viacerých obciach (Moča, Kravany nad Dunajom, Mužla, Búč, Modrany a Chotín). Viaceré z nich sa nachádzajú v blízkosti monitorovaných vrtov.

V skúmanom území bolo identifikovaných 46 fariem ako potenciálnych bodových zdrojov znečistenia. Nachádzajú sa prevažne v blízkosti obcí alebo priamo v obciach. Prostredie

Tab. 1. Požadové, referenčné a prahové hodnoty pre kvartérny útvar podzemných vôd SK1000600P (mg·l⁻¹) (Bodiš et al., 2008).Tab. 1. Background, reference and threshold values for the quaternary groundwater body SK1000600P (mg·L⁻¹) (Bodiš et al., 2008).

Parameter Parameter	Požadová hodnota Background value	Referenčná hodnota / Limitná hodnota Reference value / Limit value	Prahová hodnota Threshold value
Na ⁺	7,5	200	103,75
F ⁻	0,5	1,5	1
Cl ⁻	2,7	100	51,35
SO ₄ ²⁻	20,7	250	135,35
Fe	0,6	0,2	0,02
Mn	0,7	0,05	0,05
NH ₄ ⁺	0,3	0,5	0,4
Cr	0,003	0,05	0,0265
Cu	0,005	1	0,5025
As	0,003	0,01	0,0065
Cd	0,001	0,003	0,002
Se	0,001	0,01	0,0055
Pb	0,01	0,01	0,01
Hg	0,0005	0,001	0,00075

Poznámka: Limitná hodnota pre NO₃⁻ je 50 mg·l⁻¹

Note: Limit value for nitrates is 50 mg·L⁻¹

môžu kontaminovať zlúčeninami dusíka, chloridmi, draslíkom, organickými látkami a mikrobiálnym znečistením. Viaceré z nich sa nachádzajú v blízkosti sledovaných vrto.

Medzi plošné zdroje znečistenie môžu byť zaradené obce a poľnohospodárska pôda na ktorej sú aplikované prípravky na ochranu rastlín (pesticídov) a dusíkaté hnojivá. V útvare podzemných vôd SK1000600P je 24 obcí s potenciálnym rizikom znečistenia, ktoré závisí hlavne od toho, či majú obce pripojenie na kanalizáciu.

3. METODIKA

Chemické zloženie a kvalita podzemných vôd v útvare podzemných vôd SK1000600P boli hodnotené na základe údajov z národného monitorovacieho programu, ktorý vykonáva Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ). Monitorovací program prebieha od roku 1982. V roku 2006 nastali v monitorovacom programe zmeny, ktoré vyplynuli z požiadaviek legislatívy Európskej únie. Ide najmä o smernicu 2000/60/ES, tzv. rámcovú smernicu o vodách. Do roku 2006 boli monitorované objekty rozdelené do 26 vodohospodársky významných oblastí. Od roku 2007 sa monitorovanie kvality podzemných vôd robí na základe útvarov podzemných vôd.

V útvare podzemných vôd SK1000600P sa nachádza sedem monitorovacích vrto, z ktorých je jeden vrt (253890 Komárno-Komočín) zaradený do základného monitoringu a šesť vrto (38690 Hurbanovo-Malý Vek, 52990 Iža-Bokroš, 251490 Mužla-Kendeleš, 602390 Iža, 602490 Moča, 602690 Kravany) je zaradených do prevádzkového monitoringu (Obr. 1). Frekvencia odberu vzoriek pre účely monitorovania kvality podzemnej vody je dvakrát ročne. Každý z vrto sa začal monitorovať v inom období. Najdlhšie sledovaná je kvalita podzemnej vody vo vrtoch Iža, Moča a Kravany. Tieto vrty sú sledované od roku 1985. V roku 1987 sa začal sledovať vrt Iža-Bokroš, od roku 1998 je monitorovaná kvalita podzemnej vody vo vrtoch Mužla-Kendeleš a Komárno-Komočín. Kvalita podzemnej vody je monitorovaná vo vrte Hurbanovo-Malý Vek od roku 2007. Najhlbší vrt v sledovanom území je vrt Moča (15 m), najplytší vrt je vrt Hurbanovo-Malý vek (6,58 m).

Pri hodnotení kvality vody v útvare podzemných vôd SK1000600P bolo použitých 85 chemických analýz podzemných vôd z obdobia 2002–2010, ktoré nám poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (analytické spracovanie údajov je uvedené v práci Luptáková et al., 2012). Ďalej boli spracované údaje, ktoré poskytol Výskumný ústav vodného hospodárstva v Bratislave (VÚVH). Ide o údaje z databázy GeoEnviron o bodových zdrojoch znečistenia. Databáza obsahuje súradnice, rok

založenia a rok ukončenia prevádzky skládok odpadu, stav skládok a najdôležitejšie kontaminanty v jednotlivých potenciálnych bodových zdrojoch znečistenia, ale aj informácie o environmentálnych záťažiacich v danej lokalite (<http://enviroportal.sk/>).

Chemické analýzy podzemných vôd boli komplexne vyhodnotené (výpočet látkových koncentrácií, aktivít ap.), graficky a štatisticky spracované. Pri klasifikácii chemického zloženia podzemných vôd bola použitá klasifikácia založená na princípe prevládajúcich iónov s kritériom ekvivalentného podielu zložiek nad 20 c-z % a Palmer-Gazdova genetická klasifikácia chemického zloženia vôd (Gazda, 1971).

Kvalita podzemných vôd bola hodnotená podľa nariadenia vlády SR č. 496/2010 Z. z. (limitná hodnota) a podľa nariadenia vlády SR č. 282/2010 Z. z. (prahová hodnota), hodnoty sú uvedené v Tab. 1.

Pri spracovaní vývoja vybraných kvalitatívnych parametrov podzemných vôd v čase boli zavedené miery variability založené na odchýlkach od cieľovej hodnoty (Gavuliak, 2011). V tomto prípade je ako cieľová hodnota chápaná prahová hodnota a limitná hodnota. Tieto hodnoty boli nazvané ako miery variability od cieľovej hodnoty. Tieto miery sú vhodné pre použitie v prípadoch, keď nie je dostupné dostatočné množstvo údajov časového radu vývoja určitého indikátora pre použitie klasických prognostických metód časových radov. Prvou takouto mierou je priemerná odchýlka od cieľovej hodnoty (md_{ai}). Ide o priemer sumy odchýlok koncentrácií vybraných kvalitatívnych parametrov podzemných vôd od cieľovej hodnoty pre daný parameter. Ak posudzovaná koncentrácia ešte nedosiahla prahovú alebo limitnú hodnotu, výpočet md_{ai} má tvar:

$$md_{ai} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T (x_t - a_i) \quad (2)$$

kde a_i – cieľová hodnota (prahová alebo limitná hodnota v $mg \cdot l^{-1}$)
 x_t – hodnoty koncentrácie prvku v čase t , pre $t = 1, \dots, T$.

Ak koncentrácia už dosiahla alebo prekročila prahovú alebo limitnú hodnotu, výpočet md_{ai} má tvar:

$$md_{ai} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{t=1}^T (a_i - x_t) \quad (3)$$

Pre jednoduchšiu interpretáciu hodnôt mier variability je vhodné uvedené vzťahy upraviť. V prvom kroku mieru variability porovnávame vzhľadom na vzdialenosť od cieľovej hodnoty v prvom období, pre ktoré máme dostupné hodnoty koncentrácie konkrétneho prvku. Výsledkom ich pomeru bude percentuálne číslo D predstavujúce pravdepodobnosť, že koncentrácia daného prvku prekročí/nedosiahne limitnú alebo prahovú hodnotu. Matematický zápis tejto úpravy vyzerá nasledovne:

$$D = \frac{md_{ai}}{x_1} \cdot 100 \quad (4)$$

kde x_1 – hodnoty koncentrácie ($mg \cdot l^{-1}$) prvku v čase $t = 1$.

Pri interpretácii výsledkov môžu nastať dve situácie:

1. Koncentrácia zložky v podzemnej vode z vrtu počas sledovaného obdobia prekročila prahovú/limitnú hodnotu a zotrvala nad ňou počas celého sledovaného obdobia. V tomto prípade D predstavuje pravdepodobnosť, že koncentrácia zložky v podzemnej vode bude prahovú/limitnú hodnotu prekračovať aj v budúcnosti. V prípade, že hodnota D prekračuje 100 %, uvádzame hodnotu 100 %.
2. Koncentrácia zložky v podzemnej vode z vrtu počas sledovaného obdobia neprekročila prahovú/limitnú hodnotu, prípadne ju neprekračovala v poslednom období v rámci dostupných meraní. V tomto prípade percentuálna hodnota $(100 - D)$ vyjadruje pravdepodobnosť, že koncentrácia prvku prahovú/limitnú hodnotu v budúcnosti prekročí. V prípade, že $(100 - D)$ je záporné číslo, upravujeme takúto hodnotu na nula percentnú pravdepodobnosť.

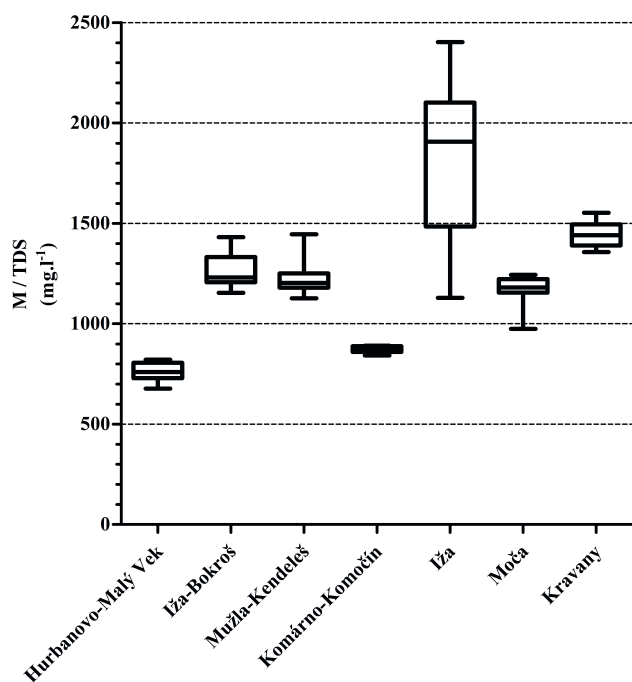
Hodnoty D pre prípad 1, ako aj hodnoty $(100 - D)$ pre prípad 2, majú po týchto úpravách zhodnú interpretáciu – čím vyššia hodnota, tým väčšia pravdepodobnosť, že na základe doterajšieho vývoja bude koncentrácia zložky v podzemnej vode vo vrte prekračovať limitnú/prahovú hodnotu.

4. VÝSLEDKY

4.1 Chemické zloženie podzemných vôd

Celková mineralizácia podzemných vôd v monitorovaných vrtoch sa pohybovala v rozpätí od $676 \text{ mg} \cdot l^{-1}$ do $2403 \text{ mg} \cdot l^{-1}$. Najnižšia mineralizácia vôd bola zistená vo vzorkách z vrtu Hurbanovo-Malý Vek a najvyššia bola vo vzorkách z vrtu Iža (Obr. 2, Tab. 3). Najväčší rozsah mineralizácie má podzemná voda z vrtu Iža, a najmenší podzemná voda z vrtu Hurbanovo-Malý Vek (Obr. 2). V podzemnej vode v útvere SK1000600P boli zistené zvýšené koncentrácie niektorých iónov, a to hlavne Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe , Mn , Cl , NO_3^- a SO_4^{2-} . Hodnoty pH boli v rozpätí 6,84–7,70. Konduktivita podzemnej vody nepresiahla hodnotu $278 \text{ mS} \cdot m^{-1}$, minimálna hodnota bola $71,4 \text{ mS} \cdot m^{-1}$. Koncentrácia rozpusteného kyslíka je v podzemnej vode nižšia ako $3,37 \text{ mg} \cdot l^{-1}$ a vo väčšine vzoriek mala nulovú hodnotu.

V zmysle Gazdovej klasifikácie podzemných vôd (Gazda, 1971) je možné podzemné vody charakterizovať ako základný výrazný a základný nevýrazný $Ca-HCO_3$, $Ca-Mg-HCO_3$ a $Ca-Mg-SO_4$ typ, ďalej sú tu zastúpené zmiešané typy s prevahou $Ca-HCO_3$, $Ca-Mg-HCO_3$ a $Mg-Ca-SO_4$ zložky, ale objavujú sa aj prechodné typy (Tab. 2). V podzemnej vode z vrtoch Hurbanovo-Malý Vek, Mužla-Kendeleš a Komárno-Komočín sa mení chemické zloženie podzemných vôd od základného výrazného po základný nevýrazný $Ca-HCO_3$ a $Ca-Mg-HCO_3$ typ. Chemické zloženie podzemných vôd vo vrte Iža-Bokroš sa v čase menilo od základného nevýrazného $Ca-Mg-HCO_3$ typu až po prechodný $Mg-Ca-HCO_3-SO_4$ typ. Vo vrtoch Iža, Moča a Kravany sa chemické zloženie podzemnej vody mení od zmiešaného s prevahou $Mg-Ca-SO_4$ typu cez prechodný $Mg-Ca-SO_4-HCO_3$ typ až po základný nevýrazný $Ca-Mg-SO_4$. Na tvorbe chemického zloženia podzemných vôd sa podieľa rozpúšťanie karbonátov, hydrolytický rozklad silikátov, ale aj rozpúšťanie sadrovca a možný prestup



Obr. 2. Celková mineralizácia podzemnej vody v útware SK1000600P.
Fig. 2. TDS (Total dissolved solids) in the groundwater in the body SK1000600P.

vôd z neogénnych kolektorov, a to hlavne v oblasti Iža-Bokroš, Iža, Moča a Kravany. Oblasť sa však nachádza na území s vysokou mierou poľnohospodárskej činnosti, a taktiež sa tu nachádzajú neodkanalizované obce, čo tiež môže ovplyvňovať chemické zloženie podzemných vôd.

4.2 Kvalita podzemných vôd v sledovaných vrtoch

Kvalita podzemných vôd v útware SK1000600P bola hodnotená na základe 85 chemických analýz zo siedmich pozorovacích objektov SHMÚ za obdobie 2002–2010. Hĺbky pozorovacích objektov dosahujú od 6,58 do 16,4 m, s perforáciami od 2,71 do 14 m a zabudované sú v kvartérnych sedimentoch.

Vrt Hurbanovo-Malý Vek sa nachádza juhozápadne od mesta Hurbanovo (Obr. 1). Ide o najnovší objekt v pozorovacej sieti SHMÚ v útware podzemných vôd SK1000600P, monitorovaný od roku 2007. Za sledované obdobie bolo vyhodnotených 8 chemických analýz podzemnej vody. V podzemnej vode bola zistená najnižšia hodnota mineralizácie ($676,45 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Organické znečistenie vôd nebolo zistené, chemická spotreba kyslíka (CHSK_{Mn}) sa pohybuje od 0,5 do $0,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a limitná hodnota nebola prekročená ani v jednej vzorke vody. Najviac zastúpené kationy v podzemnej vode sú vápnik a horčík (Tab. 3). Koncentrácia sodíka v podzemnej vode neprekračuje ani prahovú, ani limitnú hodnotu, podobne ani koncentrácia amónnych iónov, avšak v roku 2010 bol zistený výrazný nárast. Koncentrácie železa a mangánu sú taktiež pod prahovou a limitnou hodnotou. Iba v jednej vzorke vody koncentrácia mangánu ($0,06 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) prekročila prahovú hodnotu. Najviac zastúpeným aniónom v podzemnej vode sú hydrogénuhlčitaný (Tab. 3). Koncentrácia chloridov prekročila prahovú hodnotu 3-krát za pozorované obdobie a jej maximálna hodnota bola $73,6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ v novembri 2008, od tohto obdobia nastal pokles chloridov a limitná hodnota nebola dosiahnutá (Obr. 3A). Koncentrácia síranov v podzemnej vode mala najprv stúpajúci charakter (od $67,3$ do $98,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ale nastala zmena a koncentrácia síranov v podzemnej vode začala klesať (Obr. 3A). V poslednej sledovanej vzorke bola koncentrácia najnižšia za celé sledované obdobie ($56,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

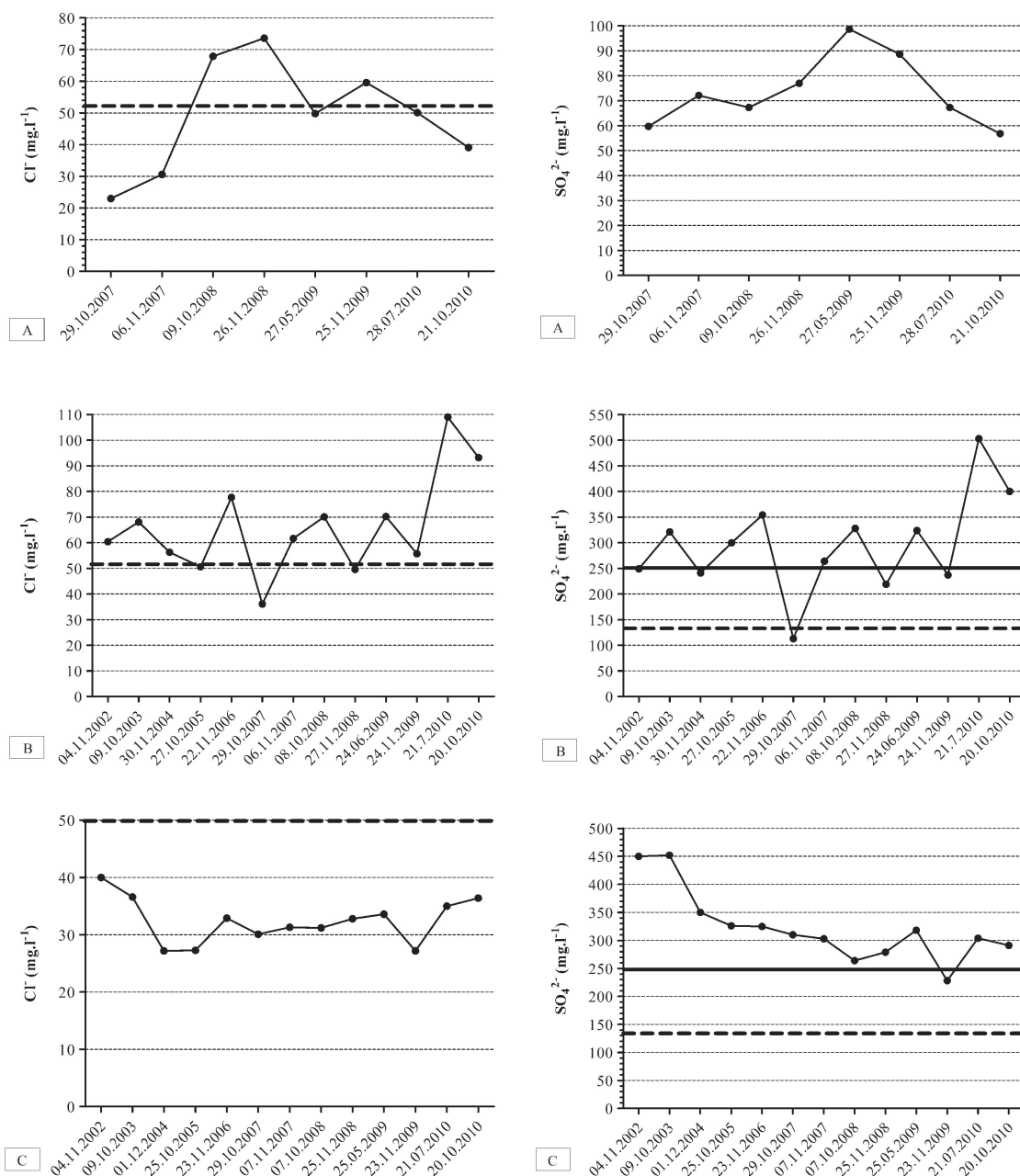
Tab. 2. Klasifikácia chemického zloženia podzemných vôd (údaje z monitoringu SHMÚ, 21.10.2010).

Tab. 2. Classification of the chemical composition of groundwater (monitoring data from SHMI, 21.10.2010).

Vrt Borehole	M TDS	t_{vody} t_{water}	pH	O ₂	CHSK _{Mn} COD _{Mn}	Gazdova klasifikácia Gazda's classification	Klasifikácia podľa prevládajúcich iónov Classification according to the predominant ions
	($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	(°C)		($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)		(> 20 c z %)
Hurbanovo-Malý Vek	723,3	13,1	7,25	0,42	< 0,5	zv Ca-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃
Iža-Bokroš	1386	12,7	7,60	1,62	0,62	p Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Na-Mg-Ca-HCO ₃ -SO ₄
Mužla-Kendeleš	1252	10,9	7,19	0,05	< 0,5	zn Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Komárno-Komočín	876,9	12,3	7,20	0,02	0,5	zn Ca-Mg-HCO ₃	Ca-Mg-HCO ₃ -SO ₄
Iža	2403	13,5	7,32	0,55	0,75	zm Mg-Ca-SO ₄	Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃
Moča	1244	12,3	7,41	1,25	0,75	p Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃	Mg-Ca-SO ₄ -HCO ₃
Kravany	1538	12,8	7,29	3,37	1,1	zn Ca-Mg-SO ₄	Ca-Mg-SO ₄ -HCO ₃

Vysvetlivky: M – celková mineralizácia, O₂ – rozpustený kyslík, CHSK_{Mn} – chemická spotreba kyslíka, zv – základný výrazný typ, zn – základný nevýrazný typ, p – prechodný typ, zm – zmiešaný typ

Explanation: M – Total Dissolved Solids, O₂ – dissolved oxygen, COD_{Mn} – Chemical oxygen demand, zv – basic distinct type, zn – basic indistinct type, p – intermediary type, zm – mixed type



Obr. 3. Koncentrácia chloridov a síranov vo vzorkách podzemných vôd (A – Hurbanovo-Malý Vek, B – Iža-Bokroš, C – Mužla-Kendeľ). Poznámka: --- prahová hodnota, — limitná hodnota

Fig. 3. The concentrations of chloride and sulphate ions in groundwater samples (A – Hurbanovo-Malý Vek, B – Iža-Bokroš, C – Mužla-Kendeľ). Note: --- threshold value, — limit value

Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode prekročila limitnú hodnotu 3-krát a dosiahla maximálnu hodnotu 79,9 mg·l⁻¹.

Vrt Iža-Bokroš sa nachádza medzi obcami Iža a Patince (Obr. 1). Za sledované obdobie bolo vyhodnotených 13 chemických analýz podzemnej vody. Celková mineralizácia podzemnej vody sa pohybuje od 1156 do 1432 mg·l⁻¹ (Tab. 3). Obsah organických látok bol relatívne nízky, hodnoty CHSK_{Mn} dosahovali 0,62 až 5,41 mg·l⁻¹. Limitná hodnota pre CHSK_{Mn} (3 mg·l⁻¹) bola prekročená v 3 vzorkách vody. Obsah rozpusteného kyslíka bol prevažne nižší ako 0,5 mg·l⁻¹, iba dvakrát bola táto hodnota prekročená,

pričom maximálna koncentrácia rozpusteného kyslíka v podzemnej vode bola 2,06 mg·l⁻¹. Dominantným kationóm v podzemnej vode je horčík spolu so sodíkom. Koncentrácia sodíka v podzemnej vode prekročila prahovú hodnotu 11-krát a limitnú hodnotu 2-krát. Maximálna koncentrácia sodíka bola nameraná v júli 2010, a to 224 mg·l⁻¹. Koncentrácia amónnych iónov v podzemnej vode prekročila prahovú a limitnú hodnotu 12-krát. Koncentrácia mangánu a železa prekročila prahové a limitné hodnoty 13-krát. Koncentrácia chloridov v podzemnej vode sa pohybuje v rozpätí 36,1 až 109 mg·l⁻¹. Prahovú hodnotu prekračujú 10-krát, ale

Tab. 3. Štatistické vyhodnotenie vybraných ukazovateľov kvality podzemnej vody za obdobie 2002–2010 (zdroj údajov – SHMÚ).
 Tab. 3. Statistical evaluation of selected parameters of groundwater quality for the period 2002–2010 (data source – SHMI).

	t_{vody} t_{water}	pH	M TDS	Na ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ₂ ⁺	Fe	Mn	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	CHSK _{Mn} COD _{Mn}
Hurbanovo-Malý Vek* (n = 8)													
Min.	10,8	7,07	676,4	15,4	0,01	27,10	0,02	0,01	342,0	23,0	26,10	56,8	0,50
Max.	13,5	7,45	820,9	36,3	0,09	32,70	0,15	0,06	492,0	73,6	79,90	98,7	0,70
Medián Median	13,1	7,22	759,9	30,7	0,02	29,05	0,03	0,02	384,0	49,9	47,05	69,7	0,54
Priemer Average	12,7	7,23	759,6	28,0	0,03	29,19	0,04	0,02	389,7	49,2	48,16	73,4	0,57
Iža-Bokroš (n = 13)													
Min.	11,2	7,24	1155,6	76,1	0,15	45,30	0,20	0,15	483,0	36,1	0,50	113,0	0,62
Max.	13,2	7,71	1431,8	224	2,62	102,00	2,53	0,61	733,0	109,0	2,38	503,0	5,41
Medián Median	12,7	7,56	1230,3	127,0	1,15	69,70	0,90	0,29	586,0	61,7	1,00	300,0	2,30
Priemer Average	12,4	7,55	1267,5	134,6	1,21	69,70	0,83	0,32	582,3	66,0	1,07	296,4	2,52
Mužla-Kendeleš (n = 13)													
Min.	9,7	6,93	1126,2	21,4	0,01	69,80	0,01	0,01	342,0	27,2	4,44	228,0	0,50
Max.	11,5	7,19	1445,2	28,3	0,09	92,20	1,30	0,05	659,0	40,0	17,10	452,0	1,22
Medián Median	11,0	6,98	1203,2	25,3	0,01	80,00	0,05	0,03	571,0	32,8	8,37	310,0	0,5
Priemer Average	10,8	6,99	1221,7	24,8	0,03	79,99	0,16	0,03	556,7	32,4	8,94	323,1	1,23
Komárno-Komočín (n = 12)													
Min.	11,1	6,84	842,5	18,9	0,06	55,60	1,15	0,34	411,0	51,4	0,50	152,0	0,5
Max.	12,9	7,30	890,0	23,0	0,30	67,70	2,20	0,54	464,0	62,1	1,83	181,0	1,48
Medián Median	12,3	7,22	876,9	20,8	0,12	61,25	1,94	0,48	435,5	58,0	1,00	159,0	0,69
Priemer Average	12,2	7,19	87,4	20,7	0,13	61,74	1,88	0,48	433,8	57,9	1,03	164,2	0,83
Iža (n = 13)													
Min.	10,4	7,05	1128,5	100,0	0,23	80,00	0,31	0,20	332,0	65,0	0,50	393,0	0,50
Max.	14,0	7,32	2403,0	197,0	0,56	173,00	1,95	0,53	628,0	255,0	1,00	860,0	1,74
Medián Median	13,4	7,12	1906,7	125,0	0,31	126,00	1,55	0,34	598,0	186,0	1,00	610,0	0,76
Priemer Average	13,0	7,15	1811,2	135,2	0,35	125,26	1,49	0,34	559,5	163,0	0,96	623,8	0,99

Moča (n = 13)													
Min.	12,0	7,25	974,3	26,7	0,01	98,10	0,14	0,62	312,0	67,8	1,00	323,0	0,69
Max.	13,1	7,41	1243,9	36,8	0,10	117,00	1,22	0,92	495,0	89,8	6,36	402,0	1,18
Medián Median	12,4	7,33	1181,3	32,1	0,03	105,00	0,93	0,73	470,0	76,8	3,60	355,0	0,87
Priemer Average	12,5	7,33	1176,8	32,4	0,04	105,57	0,83	0,73	455,7	78,2	3,51	355,3	0,89
Kravany (n = 13)													
Min.	12,1	6,95	1356,6	67,9	0,01	84,10	0,01	0,52	308,0	98,3	3,55	505,0	0,50
Max.	14,0	7,29	1552,5	83,1	0,12	102,50	0,14	0,89	416,0	139,0	57,00	580,0	1,85
Medián Median	13,3	7,03	1441,1	74,2	0,04	95,9	0,02	0,63	403,0	118,0	8,33	554,0	1,09
Priemer Average	13,2	7,05	1445,7	75,2	0,05	93,53	0,03	0,65	393,5	116,5	15,06	546,3	1,11

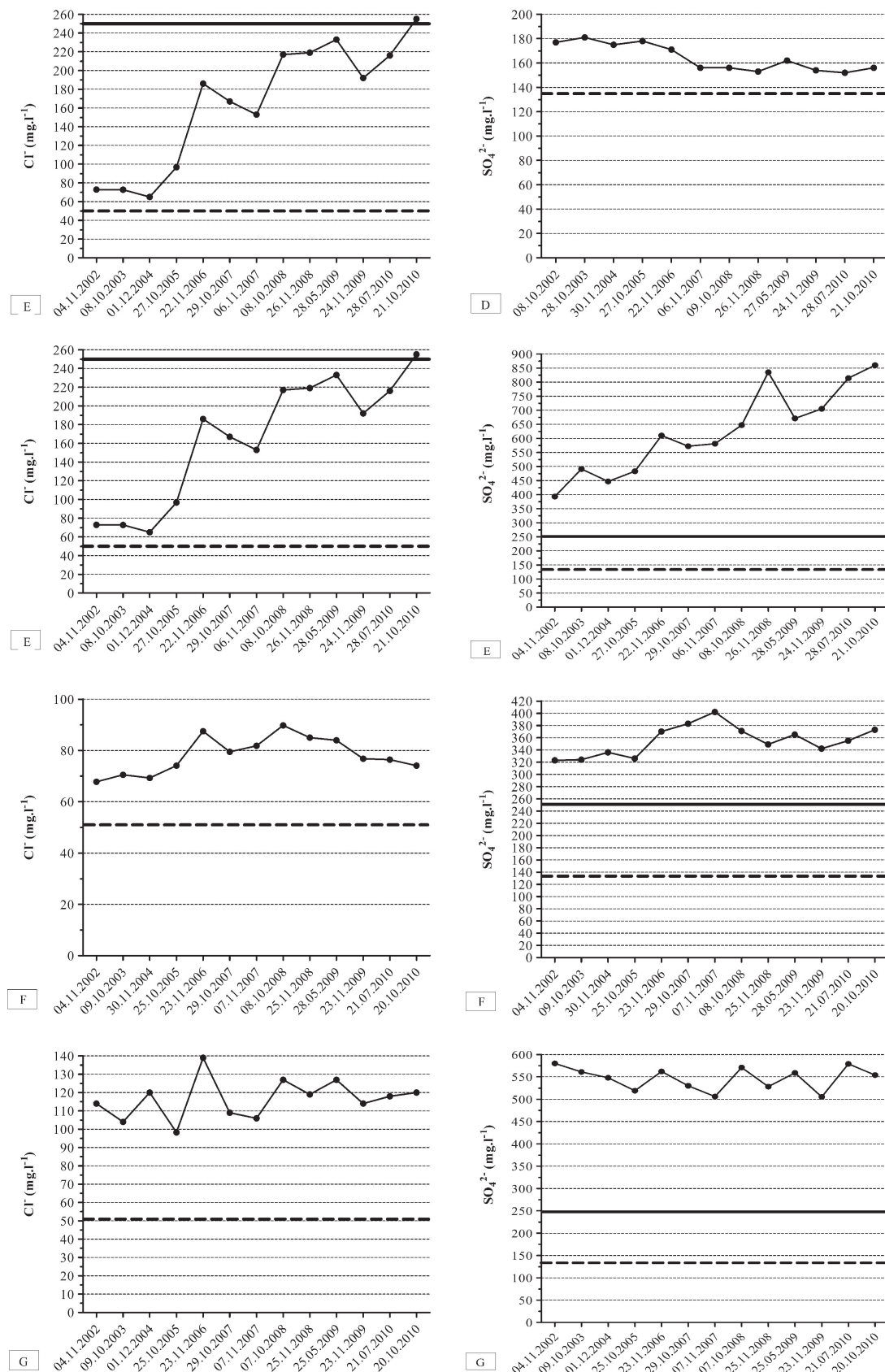
Vysvetlivky: M – celková mineralizácia, *Pre Hurbanovo-Malý Vek obdobie 2007–2010, M a koncentrácie zložiek vo vode sú v mg·l⁻¹, t vody je v °C
Explanation: M – Total Dissolved Solids, *For Hurbanovo-Malý Vek is period 2007–2010, TDS and concentration of dissolved solids are in mg·l⁻¹

limitnú ani raz (Obr. 3B). Koncentrácia síranov v podzemnej vode sa pohybuje v rozpätí 113 až 503 mg·l⁻¹, prahovú hodnotu prekračuje 12-krát a limitnú 8-krát. Ide o najviac zastúpený anión v podzemnej vode (Obr. 3B). Koncentrácia dusičnanov sa skoro vo všetkých odobratých vzorkách nachádzala pod detekčným limitom, okrem jedného prípadu kedy bola zistená koncentrácia 2,38 mg·l⁻¹.

Vrt Mužla-Kendeleš sa nachádza juhozápadne od obce Mužla (Obr. 1). Za sledované obdobie bolo vyhodnotených 13 chemických analýz podzemnej vody. Mineralizácia sa pohybuje od 1126,2 do 1445,2 mg·l⁻¹. CHSK_{Mn} sa pohybuje od 0,5 do 1,22 mg·l⁻¹ (Tab. 3). Obsah rozpusteného kyslíka ani v jednej vzorke nenadobudol nulovú hodnotu. Medzi kationy s najvyššími koncentraciami v podzemnej vode patrí vápnik (149 až 241 mg·l⁻¹). Horčík je druhým najviac zastúpeným kationom v podzemnej vode a jeho koncentrácia v podzemnej vode sa pohybuje od 69,8 do 92,2 mg·l⁻¹. Koncentrácie sodíka a amónnych iónov v podzemnej vode ani raz neprekročili prahovú ani limitnú hodnotu. Ich koncentrácia je hlboko pod prahovou hodnotou, ktorá je výrazne nižšia ako limitná hodnota. Prahová a limitná hodnota pre železo a mangán bola prekročená jedenkrát. Koncentrácia železa v podzemnej vode sa pohybuje pod prahovou hodnotou, iba v roku 2006 výrazne stúpila na maximálnu koncentráciu za sledované obdobie (1,3 mg·l⁻¹). Koncentrácia mangánu v podzemnej vode postupne narastá a v roku 2010 prekročila prahovú hodnotu (0,05 mg·l⁻¹). Koncentrácia chloridov v podzemnej vode sa pohybuje v rozpätí 27,2 až 40 mg·l⁻¹ a ani raz neprekročila prahovú ani limitnú hodnotu (Obr. 3C). Koncentrácia síranov v podzemnej vode sa pohybuje od 228 do 452 mg·l⁻¹. Prahová hodnota bola prekročená 13-krát a limitná hodnota bola prekročená 12-krát (Obr. 3C). Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode nedosiahla limitnú hodnotu, maximálna koncentrácia bola 17,1 mg·l⁻¹.

Vrt Komárno-Komočín sa nachádza severovýchodne od mesta Komárno (Obr. 1). Za sledované obdobie bolo vyhodnotených 12 chemických analýz podzemných vôd. Mineralizácia podzemnej vody je relatívne nízka (Tab. 3). Najviac zastúpené ióny v podzemnej vode sú vápnik, horčík a hydrogénuhličitan. Koncentrácia sodíka a amónnych iónov v podzemnej vode neprekračuje prahovú ani limitnú hodnotu. Prahová hodnota pre koncentrácie železa a mangánu v podzemnej vode tiež nebola prekročená. Koncentrácia chloridov v podzemnej vode prekračuje prahovú hodnotu 12-krát, maximálna koncentrácia bola 62,1 mg·l⁻¹ (Obr. 4D). Koncentrácia síranov v podzemnej vode sa pohybuje od 152 do 181 mg·l⁻¹ a jej prahová hodnota bola prekročená 12-krát (Obr. 4D). Maximálna koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode bola 1,83 mg·l⁻¹ a neprekročila limitnú hodnotu.

Vrt Iža sa nachádza v západnej časti obce Iža (Obr. 1). Za sledované obdobie bolo vyhodnotených 13 chemických analýz podzemnej vody. Mineralizácia podzemnej vody sa pohybuje od 1128,5 do 2403 mg·l⁻¹ (Tab. 3). Obsah organických látok bol nízky (CHSK_{Mn} 0,5–1,74 mg·l⁻¹), limitná hodnota nebola prekročená. Koncentrácia rozpusteného kyslíka v podzemnej vode nie je stabilná. Za sledované obdobie nebola nameraná nulová koncentrácia kyslíka ani raz. Maximálna hodnota koncentrácia kyslíka vo vode bola v roku 2002 (1,89 mg·l⁻¹). Najviac zastúpeným kationom v podzemnej vode je vápnik, jeho koncentrácia má stúpajúcu tendenciu a najvyššia koncentrácia bola 269 mg·l⁻¹. Podobne narastá koncentrácia horčíka v podzemnej vode s maximálnou koncentráciou 173 mg·l⁻¹. Koncentrácia sodíka v podzemnej vode prekročila prahovú hodnotu 12-krát, ale limitnú hodnotu neprekročila (max. 100 mg·l⁻¹). Koncentrácia amónnych iónov v podzemnej vode prekročila prahovú hodnotu 4-krát a limitnú 2-krát (max. 0,56 mg·l⁻¹). Koncentrácia železa a mangánu vo vode prekročila prahovú hodnotu 13-krát a má



Obr. 4. Koncentrácia chloridov a síranov vo vzorkách podzemných vôd (D – Komárno-Komočín, E – Iža, F – Moča, G – Kravany).

Poznámka: --- prahová hodnota, — limitná hodnota

Fig. 4. Concentration of chloride and sulphate anions in groundwater samples (D – Komárno-Komočín, E – Iža, F – Moča, G – Kravany).

Note: --- threshold value, — limit value

stúpajúcu tendenciu. Najviac zastúpenými aniónmi v podzemnej vode sú sírany. Ich koncentrácia vo vode dosahuje 393 až $860 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Tab. 3) a prekračuje prahovú aj limitnú hodnotu. Koncentrácia síranov v podzemnej vode postupne narastá a poukazuje z časti na antropogénny pôvod, ale nedá sa vylúčiť prínik podzemných vôd z neogénnych hornín (Obr. 4E). Koncentrácia chloridov v podzemnej vode prekročila prahovú aj limitnú hodnotu vo všetkých vzorkách. Má stúpajúcu tendenciu (Obr. 4E) a maximálna hodnota bola $255 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Koncentrácia dusičnanov je stabilná a pohybuje sa okolo $1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Vrt Moča sa nachádza v západnej časti obce Moča (Obr. 1). Ide o najdlhšie sledovaný vrt v tejto oblasti a za sledované obdobie bolo vyhodnotených 13 chemických analýz podzemnej vody. Mineralizácia podzemnej vody bola $974,3$ až $1243,9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (Tab. 3). CHSK_{Mn} sa pohybuje od $0,5$ do $1,18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, limitná hodnota nebola prekročená ani v jednej vzorke. Koncentrácia kyslíka v podzemnej vode bola stabilná, maximálna hodnota bola $1,94 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Koncentrácie sodíka a amónnych iónov neprekročili prahovú a limitnú hodnotu. Koncentrácia železa v podzemnej vode prekročila prahovú hodnotu 12-krát. Koncentrácia mangánu v podzemnej vode prekračuje prahovú hodnotu 13-krát. Hydrogénuhličitanu a sírany sú najviac zastúpené anióny v podzemných vodách (Tab. 3). Koncentrácie síranov sa pohybujú od 323 do $402 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, prahovú a limitnú hodnotu prekračujú 13-krát (Obr. 4F). Koncentrácie chloridov v podzemnej vode ($67,8$ – $89,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a prekračujú iba prahovú hodnotu 13-krát (Obr. 4F). Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode je nízka (1 – $6,36 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

Vrt Kravany sa nachádza v západnej časti obce Kravany nad Dunajom (Obr. 1). Za sledované obdobie bolo vyhodnotených 13 chemických analýz podzemnej vody. Mineralizácia podzemnej vody dosahuje $1356,6$ – $1552,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Obsah organických látok vo vode je nízky (Tab. 3). Koncentrácia kyslíka v podzemnej vode za sledované obdobie bola nestabilná. Minimálna koncentrácia ($0 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) bola nameraná 2-krát, maximálna koncentrácia bola $3,37 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Prahová hodnota pre železo nebola prekročená, ani maximálna koncentrácia ($0,14 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) sa nepribližuje k prahovej hodnote. Koncentrácia mangánu prekračuje prahovú hodnotu vo všetkých 13 vzorkách, má stúpajúcu aj klesajúcu tendenciu. Koncentrácia chloridov v podzemnej vode sa pohybuje od $98,3$ do $139 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Prahové hodnoty pre chloridy boli prekročené vo všetkých vzorkách, ale k limitným hodnotám sa koncentrácia neblíži (Obr. 4G). Sírany sú dominantným aniónom v podzemnej vode (505 – $580 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Prahovú a limitnú hodnotu prekračujú vo všetkých vzorkách (Obr. 4G). Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode sa pohybuje v rozpätí $3,55$ – $57 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Limitná hodnota bola prekročená 1-krát, inak koncentrácie dusičnanov v podzemnej vode nepresahujú $10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Stopové prvky ako arzén, kadmium, olovo, ortuť, chróm, meď a selén neprekročili v sledovaných vzorkách podzemnej vody prahové a limitné hodnoty, a preto nie sú ich výsledky v Tab. 3 uvádzané. Koncentrácia fluoridov vo vode nebola stanovená.

4.3 Vývoj vybraných kvalitatívnych parametrov podzemných vôd

V útvare podzemných vôd SK1000600P na základe štatistického spracovania údajov (Šutarová, 2012) boli zistené najväčšie

prekročenia prahových a limitných hodnôt u ukazovateľov: sodík, amónne ióny, železo, mangán, chloridy, dusičnany a sírany. Vzhľadom na uvedené skutočnosti bol ÚPV zaradený do zlého chemického stavu (Bodiš et al., 2008). Vývoj koncentrácie vybraných parametrov bol spracovaný pre sodík, amónne ióny, chloridy, dusičnany a pre sírany.

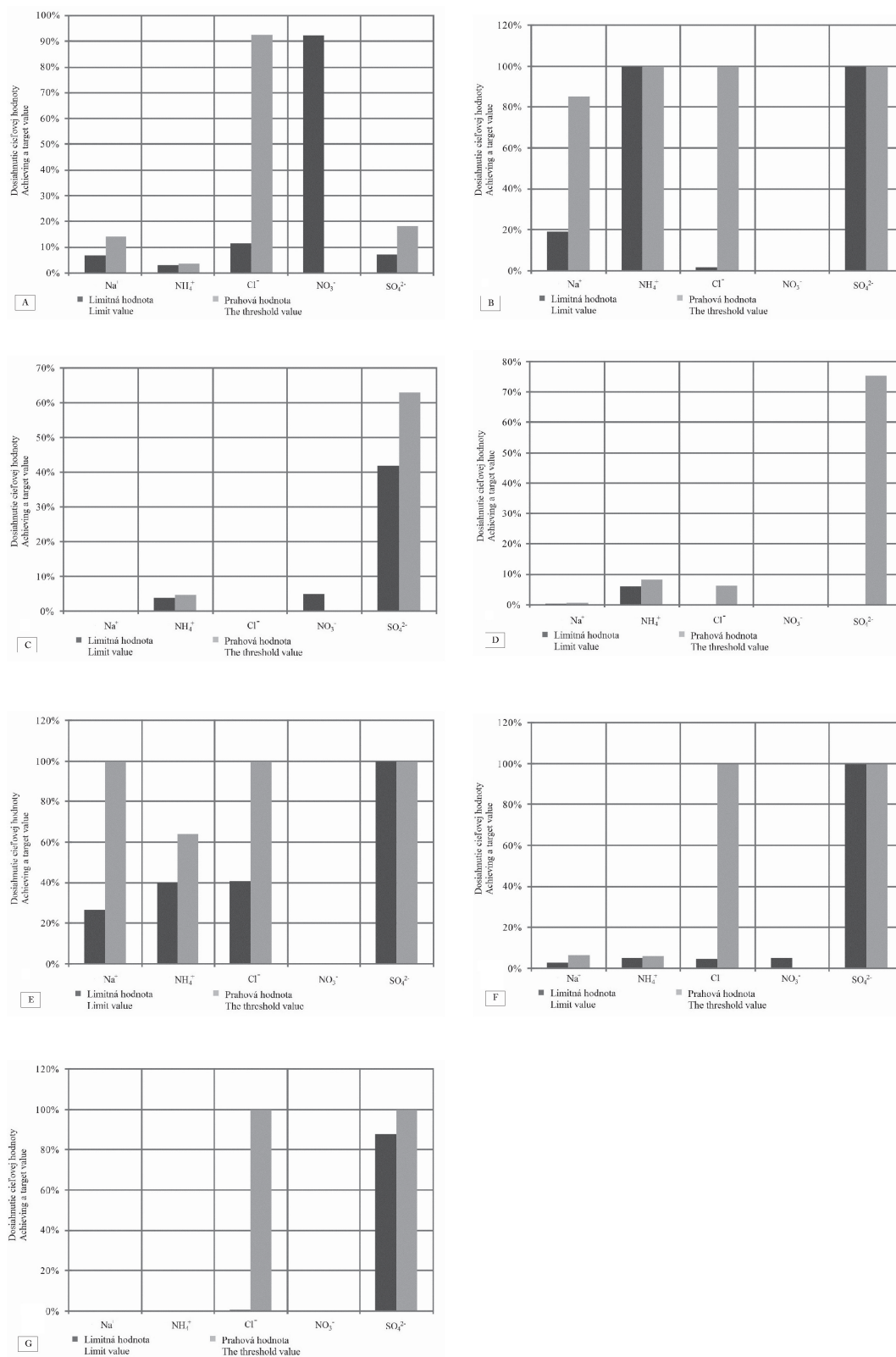
Vo vrte Hurbanovo-Malý Vek neprekračovala koncentrácia sodíka a amónnych iónov v podzemnej vode prahovú ani limitnú hodnotu a tento stav je možné na základe percentuálneho čísla D predpokladať aj do budúcnosti (Obr. 5A). Koncentrácia chloridov v podzemnej vode prekračuje prahovú hodnotu a do budúcnosti sa predpokladá pokles (Obr. 3A). Koncentrácie dusičnanov v podzemnej vode sa pravdepodobne nebudú meniť (Obr. 5A). Pre koncentrácie síranov v podzemnej vode je možné predpokladať mierne zvýšenie, avšak s nízkou pravdepodobnosťou dosiahnutia prahovej ($D = 18,18 \%$), či limitnej hodnoty ($D = 7,23 \%$) (Obr. 5A).

Sledované parametre podzemnej vody z vrtu Iža-Bokroš prekračujú prahové a limitné hodnoty skoro vo všetkých sledovaných parametroch. V budúcnosti je predpokladané znižovanie koncentrácie sodíka v podzemnej vode. Podľa vývoja koncentrácií amónnych iónov v podzemnej vode v čase, nie je možné predpokladať znižovanie ich koncentrácií do budúcnosti ($D = 100 \%$) (Obr. 5B). Koncentrácia chloridov v podzemnej vode prekročila prahovú hodnotu 11-krát a pravdepodobne nebude v budúcnosti rásť. Koncentrácia chloridov v podzemnej vode sa bude pohybovať medzi prahovou hodnotou ($51,35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a limitnou hodnotou ($250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) (Obr. 3B). Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode do budúcnosti pravdepodobne nebude rásť. Koncentrácia síranov v podzemnej vode sa pravdepodobne nebude znižovať, ale zvyšovať ($D = 100 \%$) (Obr. 3B, 5B).

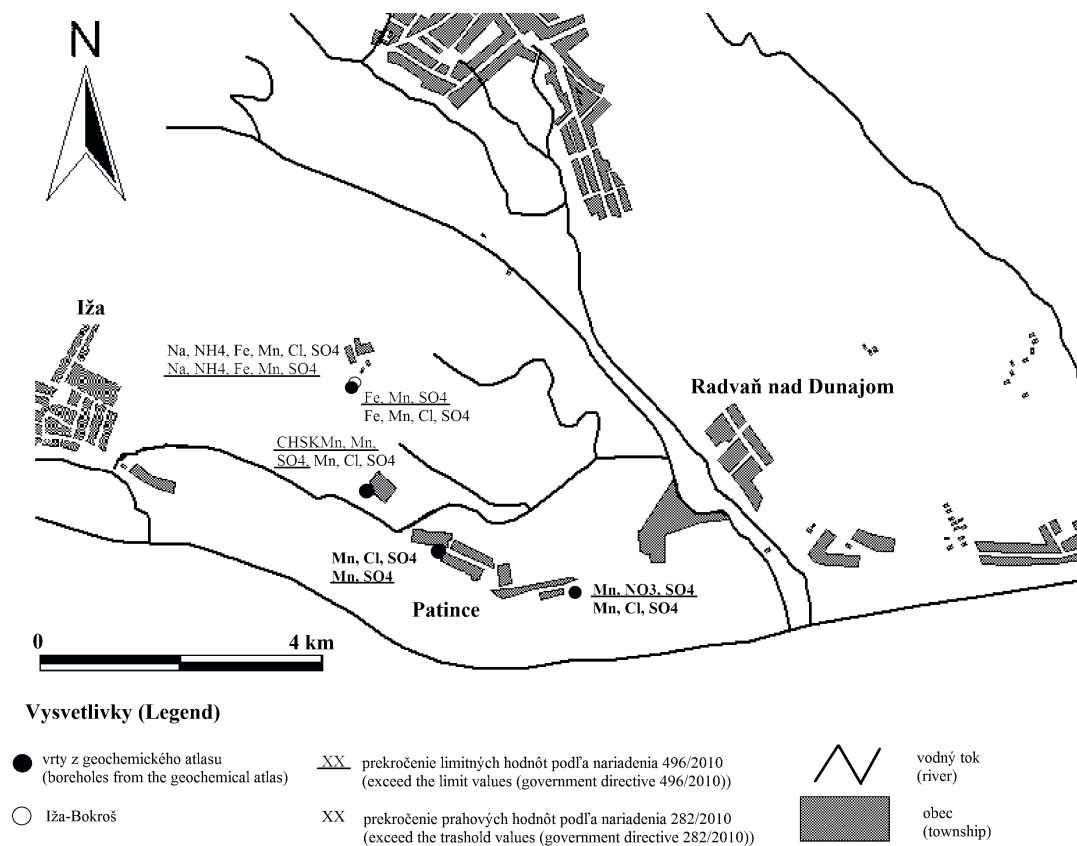
Kvalita podzemnej vody vo vrte Mužla-Kendeleš je dobrá, zo všetkých hodnotených parametrov prekračuje prahovú a limitnú hodnotu iba koncentrácia síranov v podzemnej vode (Obr. 3C). Pri štatistickom vyhodnocovaní údajov bola zistená veľmi nízka pravdepodobnosť znižovania koncentrácie síranov v podzemnej vode smerom k prahovej ($D = 63,6 \%$) a limitnej hodnote ($D = 41,89 \%$) a je možné predpokladať, že koncentrácia síranov v podzemnej vode bude postupne klesať (Obr. 3C, 5C). Koncentrácia sodíka, chloridov, amónnych iónov a dusičnanov v podzemnej vode sa pravdepodobne nebude zvyšovať (Obr. 5C).

Sledované parametre podzemnej vody z vrtu Komárno-Komočín prekračujú iba prahové hodnoty, a to pri koncentráciách chloridov a síranov v podzemnej vode (Obr. 4D). Pre koncentrácie chloridov v podzemnej vode je možné predpokladať znižovanie ($D = 6,54 \%$). Koncentrácia síranov v podzemnej vode by sa mala tiež pomaly znižovať ($D = 75,46 \%$) (Obr. 4D, 5D). Koncentrácie sodíka a amónnych iónov v podzemnej vode majú veľmi nízku pravdepodobnosť zvyšovania smerom k prahovej a limitnej hodnote. Koncentrácie dusičnanov v podzemnej vode budú pravdepodobne stabilné (Obr. 5D).

Sledované parametre podzemnej vody z vrtu Iža prekračujú prahovú a limitnú hodnotu vo všetkých parametroch okrem dusičnanov. Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode neprekračuje limitnú hodnotu a pravdepodobne sa nebude zvyšovať. Koncentrácia sodíka prekračuje prahovú hodnotu vo všetkých vzorkách a neustále sa zvyšuje (Obr. 5E). Pre koncentrácie



Obr. 5. Pravdepodobnosť dosiahnutia cieľových hodnôt vybraných ukazovateľov v podzemných vodách (A – Hurbanovo-Malý Vek, B – Iža-Bokroš, C – Mužla-Kendeleš, D – Komárno-Komočín, E – Iža, F – Moča, G – Kravany).
Fig. 5. Development of selected parameter concentrations in groundwater (A – Hurbanovo-Malý Vek, B – Iža-Bokroš, C – Mužla-Kendeleš, D – Komárno-Komočín, E – Iža, F – Moča, G – Kravany).



Obr. 6. Mapa kvality podzemných vôd v oblasti Iža.

Fig. 6. Map of groundwater quality in the area of Iža.

amónnych iónov v podzemnej vode bola zistená vysoká pravdepodobnosť ich zvyšovania k prahovej hodnote ($D = 64,05\%$), a stredne nízka pravdepodobnosť približovania k limitnej hodnote ($D = 40,33\%$) (Obr. 5E). Koncentrácia amónnych iónov v podzemnej vode zostane pravdepodobne medzi týmito dvoma hodnotami. Pri koncentrácii chloridov v podzemnej vode sa nedá očakávať pokles pod prahovú hodnotu, ale je tu pravdepodobnosť poklesu koncentrácie pod limitnú hodnotu (Obr. 4E, 5E). Koncentrácia síranov v podzemnej vode prekračovala prahovú a limitnú hodnotu a je pravdepodobné, že dôjde k jej zvýšeniu ($D = 100\%$) (Obr. 4E, 5E).

Sledované parametre podzemnej vody z vrtu Moča prekračujú prahovú hodnotu pri koncentrácii chloridov a síranov v podzemnej vode (Obr. 4F). Limitnú hodnotu prekračuje koncentrácia síranov v podzemnej vode. Koncentrácie sodíka, amónnych iónov a dusičnanov v podzemnej vode sa pravdepodobne nebudú zvyšovať smerom k prahovej a limitnej hodnote (Obr. 5F). Štatisticky bola zistená nízka pravdepodobnosť nárastu koncentrácie chloridov v podzemnej vode smerom k limitnej hodnote ($D = 4,68\%$). Taktiež bola zistená pravdepodobnosť zvyšovania koncentrácie síranov v podzemnej vode ($D = 100\%$) (Obr. 4F, 5F).

Zo sledovaných parametrov podzemnej vody z vrtu Kravany len koncentrácie sodíka, amónnych iónov a dusičnanov neprekračujú prahové a limitné hodnoty. Zvyšovanie ich koncentrácií v podzemnej vode nie je pravdepodobné (Obr. 5F). Koncentrácia

chloridov v podzemnej vode prekračuje prahovú hodnotu a pravdepodobne sa nebude znižovať (Obr. 4F, 5F). Koncentrácia síranov v podzemnej vode prekračuje prahovú aj limitnú hodnotu a pravdepodobne sa nebude meniť (Obr. 4F, 5F)

5. DISKUSIA

Sledovaný útvar podzemných vôd SK1000600P bol zaradený medzi 7 kvartérnych útvarov podzemných vôd, ktoré boli klasifikované v zlom chemickom stave, na základe prekročenia prahovej hodnoty kontaminantmi NH_4^+ , Cl^- a SO_4^{2-} (Kuníková et al., 2005; Bodiš et al., 2008).

Pri hodnotení chemického stavu útvaru podzemných vôd SK1000600P boli spracované údaje zo 7 objektov pozorovacej siete SHMÚ (Obr. 1). Pri hodnotení kvality podzemnej vody bolo zistené, že v podzemnej vode z týchto vrtov sú prekročené prahové hodnoty (nariadenie vlády SR č. 282/2010 Z. z.) a limitné hodnoty (nariadenie vlády SR č. 496/2010 Z. z.) pre viac kontaminantov (Na^+ , NH_4^+ , Fe , Mn , Cl^- a SO_4^{2-}) ako bolo uvedené v predošlých prácach (Kuníková et al., 2005; Bodiš et al., 2008). Najviac kontaminovaná bola podzemná voda vo vrtoch Iža-Bokroš a Iža. Vo vrte Iža-Bokroš koncentrácia Na^+ , NH_4^+ , Fe , Mn , Cl^- a SO_4^{2-} v podzemnej vode prekračovala prahovú hodnotu. Limitnú hodnotu prekračovali koncentrácie Na^+ , NH_4^+ , Fe , Mn a SO_4^{2-} . V podzemnej vode bolo zistené aj

organické znečistenie. V podzemnej vode vo vrte Iža prekračovali prahovú hodnotu koncentrácie Na^+ , NH_4^+ , Fe, Mn, Cl⁻ a SO_4^{2-} a limitnú hodnotu koncentrácie NH_4^+ , Fe, Mn, Cl⁻ a SO_4^{2-} . Hoci sírany majú v podzemnej vode aj prírodný pôvod z rozpúšťania sadrovca a anhydritu, ich koncentrácie v podzemnej vode prekračujú limitnú hodnotu, čo spolu s vyššími koncentraciami sodíka, amónnych iónov, chloridov a draslíka poukazuje z časti na antropogénne znečistenie týchto vôd (Obr. 3, 4). Zvýšené koncentrácie železa a mangánu v podzemnej vode vo vrtoch Iža a Iža-Bokroš spolu s nulovými koncentraciami kyslíka indikujú redukčné prostredie.

Pozorovací objekt Iža-Bokroš je situovaný na poľnohospodársky obrábanej pôde (Obr. 6) a v jeho blízkosti v minulosti nebol objavený žiadny zdroj znečistenia. Pri terénnej obhliadke bolo zistené, že sa v jeho blízkosti nachádza poľnohospodárske družstvo. Zvýšené koncentrácie amónnych iónov v podzemnej vode z časti môžu indikovať fekálne znečistenie z blízkej farmy, prípadne zdrojom môžu byť aj dusíkaté hnojivá aplikované do pôdy. V podzemnej vode bola zistená vyššia koncentrácia sodíka, chloridov a síranov, ktorá môže byť čiastočne primárneho pôvodu (prestupy podzemnej vody z neogénnych hornín) a čiastočne antropogénneho pôvodu, avšak zdroj nie je zatiaľ známy. Pozorovací objekt Iža-Bokroš je pravdepodobne ovplyvňovaný bodovým zdrojom znečistenia (farma) a plošným zdrojom znečistenia (aplikácia hnojív na priľahlých poliach). Kvalita podzemných vôd bola hodnotená aj na základe údajov z Geochemického atlasu (Rapant et al., 1996). V oblasti vrty Iža-Bokroš boli odobraté vzorky podzemnej vody zo 4 objektov v roku 1993 (Obr. 6). V podzemnej vode boli zistené rovnaké kontaminanty ako vo vode z pozorovacieho objektu SHMÚ. V jednej vzorke podzemnej vody boli zistené organické látky. Je možné konštatovať, že kontaminácia podzemnej vody sa za posledných 10–15 rokov výrazne nezmenila.

Pozorovací objekt Iža sa nachádza na kraji obce Iža (Obr. 1). V blízkosti bol zaznamenaný bodový zdroj znečistenia (farma). V podzemnej vode vo vrte Iža boli zistené zvýšené koncentrácie rovnakých iónov ako v pozorovacom objekte Iža-Bokroš. Zvýšené koncentrácie sodíka, chloridov a síranov môžu byť spôsobené prestupom vôd z neogénnych hornín. Vyššie koncentrácie amónnych iónov v podzemnej vode môžu poukazovať z časti na antropogénny vplyv (zdrojom amónnych iónov môže byť čerstvé fekálne znečistenie z fariem), ale môžu indikovať aj redukčné prostredie (železo a mangán). Pri hodnotení kvality podzemných vôd v oblasti Iža bolo zistené, že v podzemnej vode zo 6 vrtoch z Geochemického atlasu Slovenska (Rapant et al., 1996) boli zvýšené koncentrácie rovnakých iónov ako v hodnotenom vrte Iža. Navyše boli zistené vyššie hodnoty CHSK_{Mn} (Obr. 6).

V podzemnej vode ostatných pozorovacích objektov prekračuje prahové a limitné hodnoty hlavne mangán, železo a sírany. Vyššie koncentrácie síranov, ako už bolo uvedené, môžu byť v podzemnej vode prírodného pôvodu. Koncentrácie mangánu a železa v podzemnej vode prekračujú prahové a limitné hodnoty aj v podzemnej vode z Geochemického atlasu (Rapant et al., 1996). Vo väčšine prípadov bolo zistené výraznejšie organické znečistenie v minulosti.

V najviac kontaminovaných vrtoch ako je Iža-Bokroš a Iža vybrané parametre kvality podzemných vôd pravdepodobne

neklesnú pod prahovú hodnotu alebo pravdepodobnosť poklesu je veľmi nízka (Obr. 5). Parametre môžu klesnúť pod limitnú hodnotu, ktorá je vyššia ako prahová hodnota. V podzemnej vode z ostatných vrtoch je možné predpokladať zvyšovanie koncentrácie sledovaných zložiek len ojedinele. Trend zvyšovania koncentrácie chloridov v podzemnej vode bol zistený aj pre vrty Moča a Kravany, pravdepodobne nebude prekročená limitná hodnota. Koncentrácia síranov v podzemnej vode má stúpajúci trend vo vrtoch Hurbanovo-Malý Vek, Moča a Kravany, avšak nedosiahne prahovú ani limitnú hodnotu. Koncentrácia dusičnanov v podzemnej vode sa bude pravdepodobne zvyšovať vo vrte Hurbanovo-Malý Vek. Pre koncentrácie sodíka a amónnych iónov v podzemnej vode nebol zistený trend zvyšovania ich obsahov.

6. ZÁVER

Podľa RSV bolo na Slovensku vyčlenených 101 útvarov podzemných vôd, z čoho je 16 útvarov podzemných vôd v kvartérnych sedimentoch, 59 útvarov podzemných vôd v predkvartérnych horninách a 26 geotermálnych útvarov. Na základe hodnotenia chemického stavu bolo zo 16 kvartérnych útvarov podzemných vôd 7 útvarov klasifikovaných v zlom chemickom stave. Pre jednotlivé kvartérne útvary klasifikované v zlom chemickom stave boli identifikované zdroje znečistenia, ktoré majú vplyv na znečistenie útvaru.

Vplyv bodových zdrojov znečistenia na kvalitu podzemných vôd bol zhodnotený pre útvary medzidzrnových podzemných vôd kvartérnych náplavov časti Podunajskej panvy oblasti povodia Dunaja (SK1000600P). Tento útvary bol vybraný spomedzi útvarov v zlom chemickom stave pre jeho veľkosť a menší počet bodových zdrojov znečistenia. Pri hodnotení chemického stavu útvaru podzemnej vody SK1000600P bolo použitých 85 chemických analýz podzemných vôd (2002–2010) zo siedmich vrtoch základnej pozorovacej siete SHMÚ. Objekty sú umiestnené tak, aby neboli v blízkosti zdrojov znečistenia, a aby nebola ovplyvnená kvalita podzemnej vody. Pri hodnotení kvality podzemnej vody bolo však zistené, že v podzemnej vode z týchto vrtoch sú prekročené prahové hodnoty (nariadenie vlády 282/2010) a limitné hodnoty (nariadenie vlády 496/2010) stanovené pre sodík, amónne ióny, železo, mangán, chloridy a sírany. Najväčšia koncentrácia spomínaných iónov bola v podzemnej vode vo vrtoch Iža-Bokroš a Iža a najmenej v podzemnej vode vo vrte Hurbanovo-Malý Vek. Kvalita podzemných vôd bola hodnotená aj na základe údajov z Geochemického atlasu (Rapant et al., 1996), pričom boli zistené rovnaké kontaminujúce látky v podzemnej vode a zníženie koncentrácie organických látok a dusičnanov v súčasnosti v porovnaní s obdobím zo začiatku 90-tych rokov minulého storočia.

V útvaru podzemných vôd SK1000600P sa nachádza viacero druhov znečistenia. Dajú sa rozdeliť na sklady pesticídov, menšie zdroje znečistenia s rôznou činnosťou, skládka odpadov, environmentálne záťaž, farmy a obce. Najväčšou skupinou sú skládka odpadov. Kvalitu podzemnej vody pravdepodobne neovplyvňujú iba bodové zdroje znečistenia, ale aj plošné zdroje znečistenia. Pri plošných zdrojoch znečistenia ide hlavne o aplikáciu hnojív a pesticídov na poľnohospodársky využívanom území.

Pre vybrané parametre kvality podzemných vôd bol urobený vývoj ich koncentrácie do budúcnosti. Bolo zistené, že koncentrácia chloridov a síranov sa bude pravdepodobne zvyšovať takmer vo všetkých pozorovacích objektoch a koncentrácia sodíka, amónnych iónov a dusičnanov sa bude pohybovať okolo doterajších hodnôt koncentrácií. Útvar podzemných vôd SK1000600P nemá predpoklad, aby bol do roku 2015 vyhlásený za útvar v „dobrom chemickom stave“. V nasledujúcom období bude nutné vykonať niektoré opatrenia, ako sú sanácia environmentálnych záťaží, obmedzenie používania hnojív s obsahom dusíka, likvidácia neriadených skládok a zamedzenie šírenia znečistenia z kontaminovaných areálov. Je nutné revitalizovať staré skládky a zabezpečiť revitalizáciu znečistených lokalít. Taktiež zabezpečiť manipulačné plochy pre nakladanie s nebezpečnými látkami a budovať zabezpečené skladovacie nádrže na živočíšne odpady. Je veľmi dôležité vykonať tieto opatrenia, avšak opatrenia nebudú účinné, ak nebude zabezpečené vzdelávanie obyvateľstva. Ako bolo zistené aj v teréne, revitalizácia alebo odvezenie odpadu zo skládky niekedy nezabráni, aby obyvatelia priľahlých obcí toto miesto opätovne nezačali používať ako skládku odpadu.

Vzhľadom na charakter chemického zloženia podzemnej vody v kvartérnom útvare SK1000600P a vysoké koncentrácie chloridov a síranov, ktoré indikujú možný prestup vôd z neogénnych kolektorov by bolo vhodné detailne porovnať chemické zloženie podzemnej vody tohto útvaru s chemickým zložením podzemnej vody v predkvartérnom útvare SK2000500P. Svedčia o tom prahové hodnoty pre chloridy ($51,35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), sírany ($135,35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a sodík ($103,75 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) v kvartérnom útvare SK1000600P a prahové hodnoty pre chloridy ($60,15 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), sírany ($146,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a sodík ($54,25 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) v predkvartérnom útvare SK2000500P, pričom prahové hodnoty pre sodík v kvartérnom útvare sú dokonca vyššie ako v útvare predkvartérnom.

Literatúra

Bodiš D., Repčoková Z., Slaninka I. & Krčmová K., 2008: Stanovenie požadovaných a prahových hodnôt ÚPV a hodnotenie chemického stavu podzemných vôd na Slovensku. Záverečná správa geologickej úlohy. Manuskript, archív GÚDŠ, Bratislava, 252 p.

Gavuliak R., 2011: Stratégia Europe 2020 cez optiku sociálnej inklúzie a trvalo udržateľného rozvoja. In: Pellešová P. (Ed.): IV. Mezinárodní vědecká konference doktorandů a mladých vědeckých pracovníků: sborník příspěvků. Obchodně podnikatelská fakulta v Karvině SU v Opavě, Karviná, 887–896.

Gazda S., 1971: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. Hydrogeologická ročenka 1970–1971. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 126 p.

Holubec P., Patschová A., Chalupková, K. Slivková K. & Tlučáková A., 2010: Účelová úloha MŽP SR: Úloha č. 1.4.2.2 Manažment zdrojov znečistenia podzemných vôd. Manuskript, archív VÚVH, Bratislava, 73 p.

Kullman E., Patschová A., Malík P. & Bodiš D., 2006: Vymedzenie útvarov podzemných vôd, ich klasifikácia a vyhodnotenie dopadov ľudskej činnosti na ich stav. In: Kollár A. (Eds.): Zborník príspevkov z odborného seminára „Rámcová smernica o vode – stav implementácie v podmienkach SR“. Vydavateľstvo NOI, Bratislava, 33–40.

Kuníková E., Hucko P., Adámková J., Makovinská J., Borušovič Š., Chriateľ R., Kullman E. & Vodný J., 2005: Správa Slovenskej republiky o stave implementácie Rámcovej smernice o vode spracovaná pre Európsku komisiu

v súlade s článkom 5, prílohy II a prílohy III a článkom 6, prílohy IV RSV. MŽP SR, VÚVH, SHMÚ, SVP, Bratislava, 207 p.

Luptáková A., Lehotová D., Jančovičová A., Molnárová A. & Molnár L., 2012: Kvalita podzemných vôd na Slovensku 2011. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 563 p.

Malík P., Švasta J. & Černák R., 2005: Charakterizácia útvarov podzemných vôd kvartérnych a predkvartérnych hornín z hľadiska tvorby, odvodňovania a smerov prúdenia podzemných vôd. Slovenská asociácia hydrogeológov, Bratislava, 121 p.

Rapant S., Vrana K. & Bodiš D., 1996: Geochemický atlas Slovenska, časť I, Podzemné vody. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava, 127 p.

Šutarová, 2012: Vplyv bodových zdrojov znečistenia na chemické zloženie a kvalitu podzemných vôd v útvare podzemných vôd v zlom chemickom stave. Diplomová práca, Univerzita Komenského v Bratislave, 139 p.

Vaškovský I., Bárta R., Hanzel V., Halouzka R., Harčár J., Karolus K., Pristaš K., Pristaš J., Remšík A., Šucha P., Vass P. & Vaškovská E., 1982: Vysvetlivky ku geologickej mape juhovýchodnej časti podunajskej nížiny. GÚDŠ, Bratislava, 135 p.

Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva.

Zákon Slovenskej republiky č. 409/2011 z 21. októbra 2011 o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 282/2010 Z. z., ktorým sa ustanovujú prahové hodnoty a zoznam útvarov podzemných vôd.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 496/2010 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu.

<http://enviroportal.sk/environmentalne-temy/environmentalne-zataze>

Summary: Within borders of Slovakia 101 groundwater bodies were defined based on the request of WFD implementation out of which 16 are in the Quaternary sediments, 59 bodies of pre-Quaternary sediment and 26 geothermal bodies. Seven Quaternary bodies were classified as having a bad chemical state. Sources of pollution were identified for individual bodies. Sources of pollution can be divided into three categories: (i) point sources; (ii) area sources; and (iii) linear sources.

This paper focuses on a groundwater body in a bad chemical status, particularly on the SK1000600P body. The SK1000600P is located in the south-eastern part of the Podunajská nížina lowland and covers an area of 515 km² (Fig. 1). The alluvial and terrace gravels, sandy gravels, and sands represent the groundwater aquifer in the SK1000600P body. Hydrogeological character of groundwater body depends on the granulometric composition, thickness, and position in regards to the surface flow. The intergranular permeability is predominant for the Quaternary aquifers. The average thickness of the aquifer is < 10 m (Vaškovský et al., 1982). The general direction of the groundwater flow in the alluvial floodplain of the Quaternary body is more or less parallel with the main river flow (Malík et al., 2005). The groundwater varies in chemical composition yet we can consider calcium and magnesium as dominant elements with sodium also having a significant presence. In the anion spectrum, bicarbonates can be considered dominant; the influence of the secondary pollution is reflected in a significant portion of sulphates in groundwater. According to the Palmer-Gazda classification, the groundwater body consists of groundwater with basic distinct Ca-Mg-HCO₃ type up to the

basic indistinct Ca-SO₄ type of chemical composition (Tab. 2). The overall TDS falls into the range of 0.6–2.4 g·L⁻¹ (Fig. 2, Tab. 3).

We used 85 chemical analyses for the evaluation of the chemical state of the groundwater body SK1000600P (data from 2002–2010) from seven boreholes of the basic SHMI observation network (Tab. 3). The objects are spatially arranged so that they are not in a vicinity of the point sources of pollution to avoid their influence on the groundwater quality. Our evaluation of the groundwater quality revealed that the groundwater from these boreholes exceed the threshold values (the Decree of the Government of the Slovak Republic 282/2010) and limit values (the Decree of the Government of the Slovak Republic 496/2010) for sodium, ammonium, iron, manganese, chlorides, and sulphates. The most contaminated groundwater was found in the Iža-Bokroš and Iža boreholes (Fig. 3B, 4E), while the least contaminated groundwater was registered in the Hurbanovo-Malý Vek borehole. The quality of groundwater was also evaluated based on the data from the Geochemical atlas of Slovakia (Rapant et al., 1996). Most findings confirmed the exceeding values obtained from the observation network of SHMI. In addition, increased concentrations of COD_{Mn} and nitrates were found. It is possible to conclude, that the contamination of the groundwater hasn't changed drastically during the past 10–15 years, and the only recorded decrease in pollution was related to organic pollution (COD_{Mn}).

During this investigation, the probabilities for reaching the threshold and limit values for selected parameters of groundwater quality (sodium, ammonium, chlorides, nitrates and sulphates) were calculated (Fig. 5). The results of our statistical calculations indicated that the concentrations of selected parameters are more likely to either increase or stagnate at their current levels. Based on our analyses we conclude that the groundwater body won't be eligible to be classified as a groundwater body in „good status“ by 2015.