



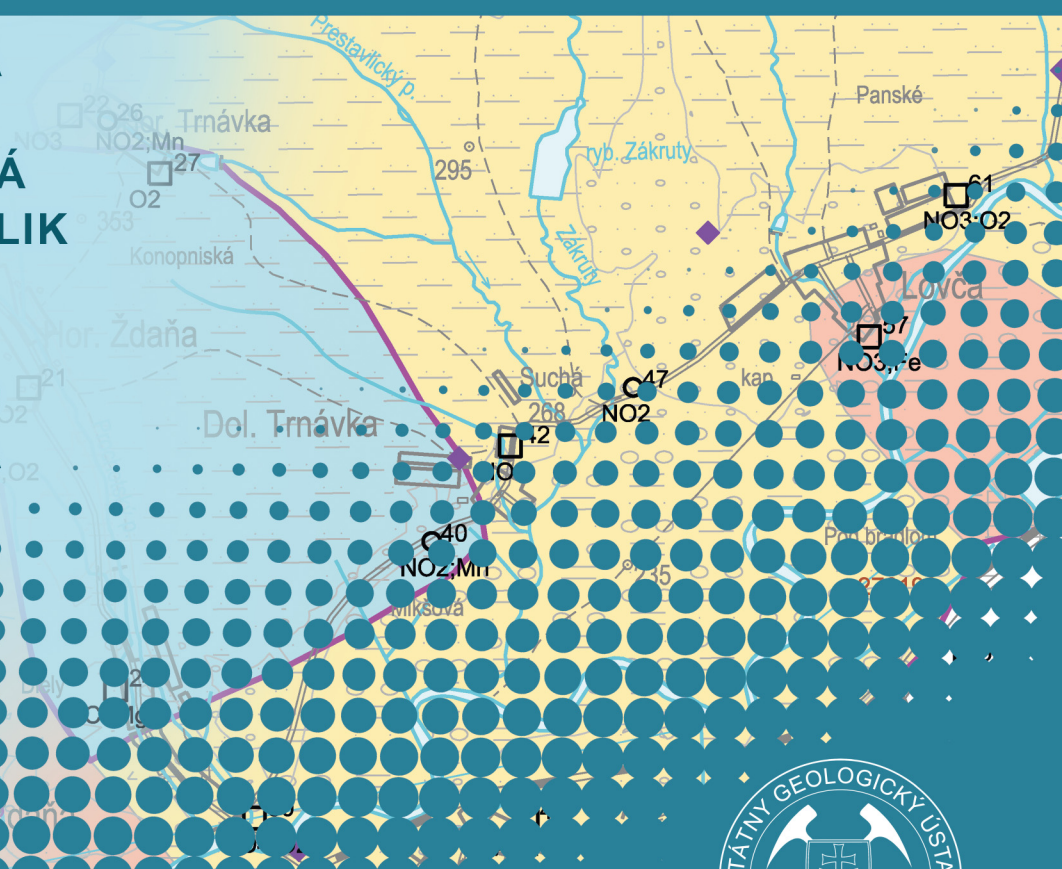
VYSVETLIVKY

k základnej hydrogeologickej
a hydrogeochemickej mape

ŽIARSKEJ KOTLINY

v mierke 1 : 50 000

ERIKA KOVÁČOVÁ
JOZEF KORDÍK
NATÁLIA BAHNOVÁ
FRANTIŠEK BOTTLIK
MILOŠ GREGOR
DANIEL MARCIN
JURAJ MICHALKO
SLAVOMÍR MIKITA
LADISLAV ŠIMON



VYSVETLIVKY

K ZÁKLADNEJ
HYDROGEOLOGICKEJ
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE
ŽIARSKEJ KOTLINY
1 : 50 000

Recenzenti:

prof. RNDr. Zlatica Ženišová, PhD.
doc. RNDr. Peter Némethy, CSc.

Predseda vydavateľskej rady:

Ing. Branislav Žec, CSc.

Vedecký redaktor:

RNDr. Juraj Maglay, PhD.

Členovia redakčnej rady:

RNDr. Klement Fordinál, PhD., RNDr. Lubomír Hraško, PhD., RNDr. Martin Kováčik, CSc., RNDr. Dušan Kúšik, RNDr. Pavel Liščák, CSc., RNDr. Peter Malík, CSc., Mgr. Daniel Marcin, PhD., RNDr. Alexander Nagy, CSc., Ing. Zoltán Németh, PhD., RNDr. František Teťák, PhD., doc. RNDr. Stanislav Rapant, DrSc.

ERIKA KOVÁČOVÁ, JOZEF KORDÍK, NATÁLIA BAHNOVÁ,
FRANTIŠEK BOTTLIK, MILOŠ GREGOR, DANIEL MARCIN, JURAJ MICHALKO,
SLAVOMÍR MIKITA, LADISLAV ŠIMON

VYSVETLIVKY

K ZÁKLADNEJ HYDROGEOLOGICKEJ
A HYDROGEOCHEMICKEJ MAPE

ŽIARSKEJ KOTLINY

1 : 50 000

© ŠTÁTNY GEOLOGICKÝ ÚSTAV DIONÝZA ŠTÚRA BRATISLAVA 2017

ISBN 978-80-8174-029-9

OBSAH

ABSTRAKT	7
1. ÚVOD	11
2. PRÍRODNÉ POMERY	13
2.1. Geomorfologické pomery, charakter krajiny a vegetácie v území	13
2.2. Klimatické pomery	15
2.3. Hydrologické pomery	21
2.4. Geologické pomery	24
2.4.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia	24
2.4.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek	25
2.4.3. Geologicko-tektonická stavba územia	35
2.5. Činnosť človeka, významne ovplyvňujúca hydrogeologické a hydrogeochemické pomery územia	36
3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA	39
3.1. Súčasný stav hydrogeologickej a hydrogeochemickej preskúmanosti územia	39
3.2. Hranice hydrogeologických rajónov a útvarov podzemnej vody v území	45
4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA	47
4.1. Charakteristika dokumentačného materiálu použitého na zostavenie hydrogeologickej mapy	47
4.2. Spôsob spracovania hydrogeologických údajov	49
4.3. Charakteristika reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu	51
4.4. Spôsob spracovania hydrogeochemických údajov	52
5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA	60
5.1. Hydrogeologická charakteristika hornín (vrátane charakteristiky rozdelenia hydraulických parametrov hornín)	60
5.2. Obeh a režim podzemnej vody	74
6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY	98
6.1. Charakteristika procesov tvorby chemického zloženia podzemnej vody	98
6.1.1. Primárne (prírodné) faktory	98
6.1.2. Antropogénne faktory	105
6.2. Charakteristika a klasifikácia chemického zloženia podzemnej vody	106
6.2.1. Všeobecná charakteristika chemického zloženia podzemnej vody	106
6.2.2. Charakteristika chemického zloženia podzemnej vody vyčlenených hydrogeochemických skupín	116
6.2.2.1. Podzemná voda so silikátogénnou, silikátogénno-karbonátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou	116
6.2.2.2. Podzemná voda s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou	119
6.2.2.3. Polygénna podzemná voda s petrogénno-potamogénnou (petrogénno-fluviogénnou) mineralizáciou	123
6.2.2.4. Podzemná voda s hlbším obehom	128
6.3. Charakteristika kvalitatívnych vlastností podzemnej vody	134
6.4. Charakteristika území navrhnutých na následné práce v podrobnejších mierkach	138
7. ÚDAJE O MNOŽSTVE A ODBEROCH PODZEMNEJ VODY	139

8.	BANSKÁ VODA	149
9.	MINERÁLNA A GEOTERMÁLNA VODA	150
10.	ZÁVER	156
11.	LITERATÚRA	159
12.	SUMMARY	165
	NA ZÁVER O PRILOŽENOM CD/DVD K PUBLIKOVANÝM VYSVETLIVKÁM	168

ABSTRAKT

Žiarska kotlina predstavuje vnútrohorskú intravulkanickú depresiú situovanú v západnej časti stredoslovenských neovulkanitov s poklesom predterciérneho podlažia do hĺbky 2 500 m. Územie Žiarskej kotliny (99 km²) z hľadiska infiltrácie a akumulácie významného množstva podzemnej vody sa dá charakterizovať ako nie príliš priaznivé. Takmer v celej centrálnej časti hodnoteného územia sa rozprestierajú ílovité a na severe kotliny aj uhl'onosné sedimenty trubínskeho súvrstvia, ktoré plnia funkciu hydrogeologického izolátora. Vodohospodársky perspektívne sa javia aluviálne náplavy rieky Hron, okrajové polohy pieskocov a štrkov trubínskeho súvrstvia, ako aj pod nimi ležiace vulkanoklastické sedimenty jastrabskej formácie sarmatského veku.

Najpriaznivejšie hydrogeologické vlastnosti celého hodnoteného územia preukazujú **kvartérne fluviaálne sedimenty** lemujúce rieku Hron na juhu kotliny. Podľa vyhodnotenia hydrodynamických skúšok dosahuje horninové prostredie fluviaálnych náplavov na pravej strane Hrona priemernú hodnotu koeficientu prietochnosti $T = 6,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Kvartérne náplavy na ľavej strane rieky Hron dosahujú vyššiu priemernú hodnotu koeficientu prietochnosti ($T = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) ako pravostranné aluviálne náplavy. Nižšia priepustnosť štrkov na pravej strane Hrona je spôsobená prínosom hlinitej frakcie pochádzajúcej z neogénnych sedimentov Žiarskej kotliny. Tie sú do Hrona prinášané prostredníctvom menších tokov pretekajúcich kotlinou v smere sever – juh. Pre hydrogeologický celok kvartérnych sedimentov je charakteristický medzizrnovým typom priepustnosti a obeh podzemnej vody s voľnou alebo mierne napätou hladinou. Hrúbka sedimentov sa pohybuje v rozmedzí od 2 do 12 m, s maximom hodnôt v oblasti Žiaru nad Hronom. Kvartérne sedimenty v oblasti Žiarskej kotliny sa odvodňujú prostredníctvom 35 sutinových prameňov, vystupujúcich prevažne z deluviaálnych sedimentov.

Trubínske súvrstvie plní v hodnotenom území funkciu regionálneho izolátora s lokálne dobre priepustnými polohami pieskocov a štrkov, ktoré vytvárajú kolektory podzemnej vody. V severnej časti kotliny sa rozprestierajú uhl'onosné vrstvy trubínskeho súvrstvia, tzv. kosorínske vrstvy (pont), tvorené ílom, lignitom a uhlím s priemernou hodnotou koeficientu prietochnosti $T = 7,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Kosorínske vrstvy dosahujú hrúbku 85 m. V hodnotenom území predstavujú uhl'onosné kosorínske vrstvy hydrogeologický izolátor bez prirodzených výstupov podzemnej vody na povrch (prameňov). V centrálnej časti územia sú situované nepriepustné ílovce a siltovce trubínskeho súvrstvia v hrúbke 200 až 400 m so strednou hodnotou koeficientu prietochnosti T v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-6}$ do $3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Relatívne priepustnejšie polohy trubínskeho súvrstvia s prevahou pieskocov a štrkov (panón – pont) sú lokalizované na východnom a západnom okraji kotliny s priemernou hodnotou koeficientu prietochnosti $T = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hrúbka pieskocových a štrkových kolektorov trubínskeho súvrstvia kolíše v rozmedzí od 10 do 400 m, s maximom hodnôt v najsevernejšej časti hodnoteného územia. Hydrogeologický celok neogénnych sedimentov je charakteristický medzizrnovým typom priepustnosti a obehom podzemnej vody viazaným na polohy priepustných pieskocovo-štrkových polôh s voľnou alebo mierne napätou hladinou. K infiltrácii a akumulácii podzemnej vody dochádza prevažne prostredníctvom zrážok a skrytým prestupom podzemnej vody z pohoria Vtáčnik na západnom okraji kotliny. Neogénne sedimenty v oblasti Žiarskej kotliny sa odvodňujú prostredníctvom 20, prevažne sutinových alebo sutinovo-vrstvových prameňov.

V hĺbke približne 250 až 300 m pod povrchom terénu v podlaží kvartérnych a neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia leží hydrogeologický kolektor vulkanoklastických sedimentov jastrabskej formácie. **Jastrabská formácia** (sarmat) tvorená tufmi, brekciami a konglomerátmi ryolitov prebieha v podlaží trubínskeho súvrstvia a v oblasti Žiaru nad Hronom dosahuje hrúbku 150 m. Sedimenty ryolitového vulkanizmu charakterizuje hodnota prietochnosti v intervale $T = 3 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, medzizrnový typ priepustnosti a napätá hladina podzemnej vody. Vzhľadom na značnú hĺbku uloženia vulkanických formácií sa infiltrácia, akumulácia a obeh podzemnej vody viaže na priebeh hydraulicky aktívnych zlomových zón a pozíciu vulkanoklastických sedimentov. Zásoby podzemnej vody vulkanoklastických sedimentov jastrabskej formácie sa dopĺňajú prestupom podzemnej vody z oblasti Kremnických vrchov v severnej časti kotliny. Hydrogeologický celok neogénnych vulkanitov v oblasti Žiarskej kotliny sa odvodňuje prostredníctvom 21, prevažne sutinovo-puklinových prameňov.

Žiarska kotlina je takmer zo všetkých strán obkolesená výraznými hydraulicky aktívnymi zlomovými zónami. Pozdĺž celého západného okraja je ohraničená výraznou novobansko-kl'ackou zlomovou zónou,

ktorá umožňuje skrytý prestup podzemnej vody z pohoria Vtáčnik do prostredia Žiarskej kotliny. Prochotsko-kremnická zlomová zóna prebiehajúca na sz. okraji kotliny umožňuje skrytý prestup podzemnej vody z pohoria Kremnických vrchov. Na základe starších výskumov (Auxt et al., 1989; Bučeková, 2001; Bajo et al., 2008) sa predpokladá, že z okolitých pohorí (Vtáčnik, Kremnické vrchy) dochádza k výraznému prestupu podzemnej vody (zhruba 200 až 300 l · s⁻¹) do oblasti Žiarskej kotliny práve prostredníctvom uvedených zlomových zón. Merania prietoku realizované v rámci úlohy zdokumentovali len mierne odvodňovanie pohorí prestupom podzemnej vody do fluviaálnych a neogénnych sedimentov v severných častiach kotliny, v miestach vyznievania zlomových zón, a tiež v miestach sekundárnych zlomov prebiehajúcich súbežne s hlavnými tokmi. Vyhniansko-ihráčska zlomová zóna obkolesujúca kotlinu z jej južnej strany, nazývaná aj sklenoteplicko-ihráčska, je charakterizovaná ako nepriepustná zlomová zóna.

Skryté prestupy podzemnej vody z oblasti Žiarskej kotliny do rieky Hron, ktoré predpokladali predchádzajúci autori (160 l · s⁻¹; Böhm, 1967), sa termometrickými a rezistivimetrickými meraniami realizovanými v rámci riešenia geologickej úlohy nepotvrdili. Na základe získaných výsledkov predpokladáme, že z kvartérnych a neogénnych sedimentov Žiarskej kotliny skryto prestupuje podzemná voda do rieky Hron vo výrazne menšom množstve (zhruba 50 l · s⁻¹), ako sa očakávalo. Na základe hydrogeologického mapovania sa územie Žiarskej kotliny odvodňuje prostredníctvom 76 prameňov prevažne sutinového a sutinovo-vrstvového typu so sumárnou výdatnosťou 7,46 l · s⁻¹. Minerálna voda vystupuje na povrch prostredníctvom 7 existujúcich prameňov v jz. a s. časti študovaného územia, v oblasti Bukovina – Dolná Ždaňa a Lovčica-Trubín. Interné zdroje Žiarskej kotliny sú vyčíslené na 40 l · s⁻¹ a odbery podzemnej vody tvoria 2,65 l · s⁻¹. V území sa nenachádzajú banské diela, z ktorých by boli zdokumentované výtoky podzemnej vody.

Na základe hydrogeologického prieskumu a zhotovenej hydrogeologickej mapy možno územie Žiarskej kotliny z hľadiska kvantity podzemnej vody charakterizovať ako hydrogeologicky nehomogénne a nevhodné na odbery podzemnej vody regionálneho rozsahu alebo na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Žiarska kotlina je známa výskytom minerálnych vôd a vzhľadom na vhodné hydrogeotermálne pomery má veľký potenciál z hľadiska výskytu geotermálnej vody v horninách predterciérneho podložia.

Na základe výsledkov chemického zloženia podzemnej vody oblasti s využitím podkladov z geologickeho mapovania (Konečný et al., 1998a, b, c) a poznatkov z hydrogeologického prieskumu bola zostavená základná hydrogeochemická mapa Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000. V zmysle genetickej klasifikácie podzemnej vody Západných Karpát sa v regióne formujú najmä tzv. podzemné vody s petrogénou mineralizáciou. To znamená, že chemické zloženie týchto vôd je v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia ich obehu. Pri hodnotení hydrogeochemických pomerov boli na základe geologicko-tektonických a hydrogeologických pomerov územia a výsledkov chemických rozborov podzemnej vody vyčlenené nasledujúce **hydrogeochemické skupiny vôd**:

- podzemná voda so silikátogénnou, silikátogénno-karbonátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou s obehom v neovulkanitoch,
- podzemná voda s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou s obehom v horninovom prostredí sedimentárneho neogénu a kvartérnych proluviálno-deluviálnych sedimentov, resp. fluviaálnych sedimentov riečnych terás.

V prierečných oblastiach významných vodných tokov regiónu má zastúpenie podzemná voda s polygénou, petrogénno-potamogénnou (petrogénno-fluviogénnou) mineralizáciou, pre ktorú je charakteristický výraznejší vplyv infiltrujúcej vody povrchových tokov (predovšetkým Hrona).

V antropogénne neovplyvnenej podzemnej vode prvého zvodneného horizontu vzhľadom na dominujúce procesy tvorby chemického zloženia prevláda (80 % analýz) A2 základný výrazný a nevýrazný Ca–HCO₃, prípadne Ca–Mg–HCO₃ typ chemického zloženia. V približne jednej štvrtine vzoriek je v podzemnej vode zastúpený zvýšený podiel zložky S₂(SO₄) s Ca–HCO₃–SO₄, Ca–Mg–SO₄–HCO₃, Ca–Na–HCO₃–SO₄, Ca–SO₄, resp. Ca–SO₄–HCO₃ typmi chemického zloženia.

Najvyšším obsahom základných iónov, ako aj najvyššími hodnotami celkovej mineralizácie sa vyznačuje podzemná voda kvartérnych deluviálno-proluviálnych sedimentov, resp. fluviaálnych sedimentov riečnych terás (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 403 mg · l⁻¹, resp. 470 mg · l⁻¹). O niečo nižšie hodnoty základných chemických ukazovateľov boli zaznamenané v podzemnej vode kvartérnych sedimentov riečnych nív a sedimentárneho neogénu (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 362 mg · l⁻¹, resp. 336 mg · l⁻¹). Všeobecne najnižšími hodnotami základných ukazovateľov chemického zloženia sa vyznačuje podzemná voda neovulkanitov, hoci v tomto prostredí je badateľný pomerne výrazný rozdiel

v chemickom zastúpení jednotlivých zložiek v individuálne hodnotených hydrogeochemických skupinách (andezity, ryolity, pyroklastiká ryolitov). Výrazne najnižším obsahom rozpustených látok v prostredí neovulkanitov sa vyznačuje podzemná voda ryolitov (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je $179 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Naopak, v prípade podzemnej vody s obehom v andezitoch sa zistil pomerne vysoký obsah rozpustených solí s priemernou hodnotou celkovej mineralizácie $317 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (medián $317 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$).

V zmysle **požiadaviek na vodu určenú na ľudskú spotrebu** sa „negatívne“ ako vplyv prírodných faktorov najvýraznejšie prejavuje nízka geochemická aktivita horninového prostredia neovulkanitov, ktorej dôsledkom je nedosýtenosť a agresívne vlastnosti podzemnej vody. Okrem toho sa táto, zvyčajne nízko mineralizovaná podzemná voda vyznačuje aj nízkym obsahom vápnika, resp. nízkymi hodnotami tvrdosti vody. Do tejto skupiny je možné zaradiť až približne tretinu zdrojov podzemnej vody v oblasti. Z ostatných ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody sa v 10 vzorkách zaznamenal nadlimitný obsah ChSK_{Mn} indikujúci organické znečistenie, resp. boli prekročené medzné hodnoty zložiek indikujúcich antropogénnu kontamináciu predovšetkým z poľnohospodárskej činnosti (dusitany a dusičnany, resp. fosforečnany).

Distribúcia stopových prvkov v sledovanom území vo väčšine prípadov zodpovedá prirodzeným podmienkam obehu podzemnej vody, t. j. koncentrácia stopových prvkov je zvyčajne veľmi nízka a v mnohých prípadoch nedosiahla hranicu analytickej stanoviteľnosti. Najčastejšie boli medzné hodnoty zo stopových prvkov prekročené v prípade železa, mangánu a hliníka. V oblasti Žiarskej kotliny sa až v 12 prípadoch zaznamenala nadlimitná koncentrácia arzénu ($> 0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Vo väčšine prípadov však ide o hodnoty, ktoré súvisia s geochemickým pozadím v príslušnom prostredí obehu podzemnej vody.

Na základe zhotovenej hydrogeochemickej mapy možno územie Žiarskej kotliny z hľadiska kvality podzemnej vody charakterizovať ako nevhodné na odbery podzemnej vody regionálneho rozsahu alebo na zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Viac ako na polovici územia (54,8 %) sa vyskytuje podzemná voda zhoršenej triedy kvality E (najmä v dôsledku vysokej koncentrácie dusíkatých látok a fosforečnanov z poľnohospodárskej činnosti, prípadne nevyhovujúceho obsahu ChSK_{Mn} , arzénu a hliníka). Potenciál na lokálne využitie má podzemná voda asi na tretine územia, ktorá sa vyznačuje triedou kvality B v dôsledku nízkych hodnôt tvrdosti vody a celkovej mineralizácie. Po jednoduchej úprave však táto podzemná voda môže byť vhodná aj na pitné účely.

1. ÚVOD

Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000 (príloha 1, príloha 2) bola zostavená v rámci geologickej úlohy 03 07 *Základné hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000*. Súčasťou hydrogeologickej a hydrogeochemickej mapy sú textové vysvetlivky s charakteristikou hydrogeologických a hydrogeochemických pomerov územia a 10 príloh.

Celkový plošný rozsah hodnoteného územia Žiarskej kotliny je 99 km². Celá plocha hodnoteného územia sa nachádza na území Banskobystrického kraja, na území okresu Žiar nad Hronom. Do hodnoteného územia spadá mesto Žiar nad Hronom a obce Hliník nad Hronom, Horná Ždaňa, Dolná Ždaňa, Lovča, Dolná Trnávka, Prestavky, Lovčica-Trubín, Kosorín, Janova Lehota, Lutilla a okrajovo Bzenica a Ladomerská Vieska. V mierke 1 : 50 000 v projekcii S-JTSK (Křovák listoklad) je územie Žiarskej kotliny zobrazené na liste 36-31 – Žiar nad Hronom. V mierke 1 : 10 000 v projekcii S-JTSK (Křovák listoklad) je územie zobrazené na mapách 36-31-02, 36-31-03, 36-31-07, 36-31-08, 36-31-12, 36-31-13, 36-31-17, 36-31-18 a 36-31-22.

Hydrogeologická mapa študovaného územia v mierke 1 : 50 000 je zostavená podľa smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 č. 8/2004 z 26. októbra 2004 a podľa smernice MŽP SR č. 2/2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh v Geografickom informačnom systéme.

Účelom základnej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 50 000 je získanie a zhodnotenie základných informácií o podzemnej vode a podmienkach jej tvorby, akumulácie a pohybu v hodnotenom území a súčasne poskytnutie objektívnych ucelených podkladov na racionálne využívanie a účinnú ochranu podzemnej vody pri územnoplánovacom rozhodovaní, sanačných opatreniach, ochrane a skvalitňovaní životného prostredia.

Obsahom základnej hydrogeologickej mapy je zobrazenie hydrogeologických pomerov územia hlavne prostredníctvom grafického vyjadrenia priestorových zmien prietochnosti horninového prostredia a jej variability, hraníc zvodnených kolektorov a zvodnených systémov, izolátorov a poloizolátorov a dynamiky podzemnej vody, t. j. vymedzenie hydrogeologických štruktúr, lokalizácia a kvantifikácia prírodných výverov podzemnej vody a umelých hydrogeologických objektov.

Podkladom na zostavenie základnej hydrogeologickej mapy Žiarskej kotliny boli geologické podklady (Šimon et al., 1997; Konečný et al., 1998a, b, c; Lexa et al., 1998), archívne materiály realizovaných hydrogeologických prieskumov a výsledky z vlastných terénnych prác. V rámci vlastných terénnych prác sme vykonali hydrogeologické mapovanie do podkladových máp v mierke 1 : 10 000 v období od 17. 7. 2007 do 27. 7. 2007. Počas terénnych prác bolo zdokumentovaných 76 prameňov so sumárnou výdatnosťou 7,46 l · s⁻¹. Celé územie Žiarskej kotliny bolo vzhľadom na pomerne malú rozlohu (99 km²) hydrogeologicky zmapované v stabilnom období bez zrážok v celkovom trvaní 10 dní. Preto údaje získané v tomto období predstavujú homogénny súbor odzrkadľujúci výstup podzemnej vody v rámci Žiarskej kotliny ako celku, bez ovplyvnenia alebo zvýšenia množstva podzemnej vody vplyvom zrážkovej činnosti.

Za takéto rýchle a podrobné zdokumentovanie prameňov a iných hydrogeologicky významných objektov patrí poďakovanie kolegom zo Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave. Na hydrogeologickom mapovaní Žiarskej kotliny sa podieľali: Mgr. Radovan Černák, Mgr. Miloš Gregor, RNDr. Svetozár Scherer, RNDr. Jozef Kordík, PhD., RNDr. Juraj Michalko, PhD., Mgr. Daniel Panák, Mgr. Anna Tlučáková a Peter Tuček.

Merania prietoku na povrchových tokoch sa realizovali na jar v roku 2008 od 19. 5. 2008 do 29. 5. 2008, na jeseň v roku 2008 od 6. 10. 2008 do 9. 10. 2008 a v lete v roku 2009 od 8. 6. 2009 do 13. 6. 2009. Vďaka za ich realizáciu patrí Jozefovi Blahútovi, Pavlovi Ujházymu, Mgr. Natálii Bahnovej, Jurajovi Melicherčíkovi, RNDr. Jurajovi Michalkovi, PhD., Petrovi Tučekovi a Mgr. Jaroslavovi Švastovi, PhD.

Termometrické a rezistivimetrické merania na rieke Hron sa robili počas jedného dňa, a to 9. 6. 2009. Na termometrických a rezistivimetrických meraniach pozdĺž rieky Hron v oblasti Žiarskej kotliny sa podieľali: Anna Chrenová, Mgr. Natália Bahnová, RNDr. Jozef Kordík, PhD., Juraj Melicherčík, RNDr. Juraj Michalko, PhD., Peter Tuček, Mgr. Jaroslav Švasta, PhD., a stážistka z Fínska Samrit Luoma. Poďa-

kovanie za požičanie člna na realizáciu termometrických a rezistivimetrických meraní patrí Mgr. Janekovi Elischerovi.

Podkladom na výpočet hydrogeologických parametrov a tvorbu hydrogeologickej mapy bola inventarizácia hydrogeologických vrtných prác realizovaných v území Žiarskej kotliny. V Žiarskej kotline a jej blízkom okolí (1 km od hranice) bolo v minulosti zrealizovaných celkovo 166 hydrogeologických vrtoch. Hydraulické parametre územia (koeficient prietochnosti T a koeficient filtrácie k) bolo možné stanoviť na základe spracovania 89 hydrodynamických skúšok uskutočnených na 89 hydrogeologických vrtoch. Výsledky vrtných prác sú podľa záväznej metodiky (Malík, et al., 2003) zosumarizované v prílohe 4 a na mapách dokumentačných bodov, ktoré sú súčasťou prílohy 7.

Hydrogeochemická mapa je vypracovaná v zmysle metodiky Rapanta a Bodiša (2003), resp. záväznej smernice MŽP SR č. 9/2004 – 7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Pri spracovaní mapy boli využité geologické podklady (Konečný et al., 1998a, b, c) a poznatky z hydrogeologického mapovania. Cieľom hydrogeochemickej časti správy je textové zhodnotenie a mapové vyjadrenie zákonitostí tvorby chemického zloženia a kvalitatívnych vlastností podzemnej vody vrátane hodnotenia antropogénnych vplyvov.

Nosnou časťou mapy je zobrazenie kvalitatívnych, geochemických a vodohospodárskych kritérií podzemnej vody prvého zvodneného kolektora. Na vyjadrenie agresivity podzemnej vody, stupňa antropogénneho ovplyvnenia, obsahu rozpustených látok a iných ukazovateľov/vlastností boli na základe interpolačného prepočtu zhotovené účelové mapy (príloha 8). Samostatnú časť tvorí hydrogeochemická dokumentácia analýz vzoriek použitých pri zostavovaní hydrogeochemickej mapy (príloha 9, príloha 10).

V rámci riešenia geologickej úlohy sa na stanovenie anorganických ukazovateľov odobralo 15 vzoriek podzemnej vody. Chemické analýzy sa realizovali v geanalytickom laboratóriu ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi. Kompletný hydrogeochemický dokumentačný materiál spolu s archívnymi údajmi predstavuje súhrne 212 chemických analýz podzemnej a povrchovej vody. Na zostavenie mapy bolo na základe splnenia kritérií reprezentatívnosti údajov použitých 79 chemických analýz podzemnej vody zo 78 odberových miest.

Podakovanie patrí kolegom z oddelenia laboratória analýz vôd (GAL ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves) pod vedením Ing. Renáty Repkovej za veľmi dobrú spoluprácu pri odbere a analytickom spracovaní vzoriek podzemnej vody.

2. PRÍRODNÉ POMERY

2.1. GEOMORFOLOGICKÉ POMERY, CHARAKTER KRAJINY A VEGETÁCIE V ÚZEMÍ

Študované územie podľa regionálneho geomorfologického členenia Slovenskej republiky (Mazúr a Lukniš in *Atlas SSR*, 1980, 1986) možno začleniť do geomorfologických jednotiek tak, ako je podrobne uvedené v tabuľke 2.1. V zmysle uvedeného členenia je prakticky totožné s celkom Žiarska kotlina (39), pričom jej južný podcelok Žarnovické podolie (139) doň už nezapadá. Žiarska kotlina sa nachádza na strednom toku Hrona, tiahne sa po jeho pravej strane zo severovýchodu na juhozápad. Územie hraničí na severe a severovýchode s Kremnickými vrchmi, na juhu a juhovýchode so Štiavnickými vrchmi, zo západu s pohorím Vtáčnik. Graficky je geomorfologické členenie zobrazené na obrázku 2.1, prehľadne v tabuľke 2.1.

Tab. 2.1. Začlenenie skúmaného územia podľa regionálneho geomorfologického členenia Slovenskej republiky (Mazúr a Lukniš, 1980, 1986; Mazúr in *Atlas krajiny SSR*, 2002).

Provincia	Subprovincia	Oblasť	Celok	Podcelok
Západné Karpaty	Vnútročné Západné Karpaty	Slovenské stredohorie	Žiarska kotlina 39	Žarnovické podolie 139



Obr. 2.1. Začlenenie skúmaného územia podľa regionálneho geomorfologického členenia Slovenskej republiky (Mazúr a Lukniš in *Atlas krajiny SSR*, 2002).

Územie Žiarskej kotliny patrí k západokarpatskému vulkanickému oblúku, leží v stredoslovenských neogénnych vulkanických útvaroch a predstavuje tektonickú depresiu medzi okolitými pohoriami. Žiarska kotlina ako negatívna morfoštruktúra sa formovala v priebehu miocénu až staršieho pliocénu. Súčasný reliéf krajiny je mladý, prevažne kvartérny, a vznikol erozívno-denudačným rozčlenením pôvodného povrchu po vrchnom pliocéne za spolupôsobenia neotektonických pohybov. Žiarska kotlina je oproti okolitým pohoriam ohraničená výraznými zlomovými líniami. V dôsledku malej odolnosti hornín sedimentárnej výplne proti erozívno-denudačným činiteľom je reliéf kotliny prevažne plytko zarezaný a hladko modelovaný, s relatívnymi výškovými rozdielmi do 100 m. Absolútna nadmorská výška sa pohybuje okolo 210 – 470 m a zvyšuje sa smerom na sever. Nadmorská výška sa v študovanom území pohybuje približne okolo 225 m. Najnižšie je položená južná časť kotliny, 198 m n. m. (Brehy).

Všeobecne je povrch územia zvlnený, na styku s pohoriami prechádza do svahov. Povrch kotliny je rozčlenený takmer rovnobežnými údoliami pravostranných prítokov Hrona ssv.-jjv. až s.-j. smeru na ploché medziľahlé chrbty. Potoky pretekajúce kotlinou zahĺbili svoje ko-

rytá do pôvodne súvislej tufticko-štrkovitej výplne kotliny a erudovaný materiál zanechávajú vo forme nie príliš širokých náplavov v údolnej nive, terasových stupňov, prípadne náplavových kužeľov.

Rozvodnicu v študovanom území budujú rigidné skalné horniny alebo hrubozrnné štrkovité sedimenty a vo svahoch dolín sú už pod nimi plastické ílovité sedimenty. Takáto stavba umožňuje postupné rozpadávanie vulkanických masívov na ich okrajoch a vznik svahových porúch.

Južnú časť kotliny zaberá široká údolná niva Hrona, z oboch strán lemovaná niekoľkými terasovými stupňami. Po vstupe rieky do kotliny následkom zníženia spádu meandruje vo vlastných náplavoch a bočne eroduje hlavne pravý breh pri Žiari nad Hronom a Lovči.

Okrajové pohoria, ktoré lemujú kotlinu zo všetkých strán, spadajú do nej strmými zlomovými svahmi, ktoré sú rozčlenené potokmi vtekajúcimi do kotliny. Západné prudké obmedzenie zmiernujú sutinové pokryvy zložené z materiálu, ktorý vznikol pri deštrukcii andezitového pohoria. Charakteristické obmedzenie majú hlavne na južnom okraji kotliny ryolitové masívy, ktoré často vytvárajú kolmé steny a bralá (Böhm, 1962). Východné a severovýchodné obmedzenie zmiernujú opäť sutinové pokryvy a ľahko mo-

Tab. 2.2. Základné geomorfologické charakteristiky študovaného územia.

Príslušná charakteristika/oblasť	Hodnota príslušnej charakteristiky
Najdôležitejšie geomorfologické charakteristiky územia	
Energia reliéfu (Mazúr in <i>Atlas SSR</i> , 1980): <ul style="list-style-type: none"> – väčšina územia: – sz. a jz. časti územia: – lokálne na okrajoch územia: 	<ul style="list-style-type: none"> – rovinný až nepatrne zvlnený (0 – 30 m) a mierne až stredne zvlnený (30 – 100 m) reliéf – silne zvlnený až mierne rezaný reliéf (100 – 180 m) – stredne rezaný až hlboko rezaný reliéf (180 – 470 m)
Horizontálna členitosť reliéfu (Mazúr in <i>Atlas SSR</i> , 1980): <ul style="list-style-type: none"> – väčšina územia (centrálna časť): – zóna okolo centrálnej časti: – pozdĺž Hrona: 	<ul style="list-style-type: none"> 1,75 až 2,5 km na 1 km² 1,25 až 1,75 km na 1 km² 0,5 až 1,25 km na 1 km²
Morfoštruktúry (Mazúr in <i>Atlas SSR</i> , 1980): <ul style="list-style-type: none"> – celok: – okraje: 	<ul style="list-style-type: none"> – výrazne negatívna morfoštruktúra: priekopová prepadlina – pozitívne morfoštruktúry: hrasti a diferencované bloky
Súčasný reliéfový proces (Jakál in <i>Atlas SSR</i> , 1980): <ul style="list-style-type: none"> – pozdĺž Hrona: – na väčšine sledovaného územia: – pravostranné prítoky Hrona, ssv.-jjz.: – lokálne a na okrajoch územia: 	<ul style="list-style-type: none"> – prevažne fluvialno-akumulačný proces – slabý fluvialný erozívny proces so stredne silným pohybom svahových hmôt – intenzívna výmoľová erózia – oblasti s hojným výskytom intenzívnych zosuvných procesov
Sklon reliéfu (Zvara a Gašpar in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): <ul style="list-style-type: none"> – v nivách riek: – na väčšine územia: – ojedinele: 	<ul style="list-style-type: none"> – menší ako 1° – od 1,1 do 12° – do 21°
Morfologicko-morfometrické členenie reliéfu (Tremboš a Minár in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): <ul style="list-style-type: none"> – väčšina územia: – pozdĺž Hrona: – okrajové časti: 	<ul style="list-style-type: none"> – stredne a mierne, lokálne silne členité pahorkatiny – horizontálne rozčlenené roviny – silne členité pahorkatiny, vrchoviny, nižšie hornatiny

delované polohy tufov a tufitov (Činčura in *Atlas SSR*, 1980, 1986). Jednotlivé geomorfologické prvky územia sú prehľadne charakterizované v tabuľke 2.2.

2.2. KLIMATICKÉ POMERY

Klimatické pomery sa sledujú v sieti klimatických a zrážkomerných staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ). Základné charakteristiky staníc týkajúcich sa študovaného územia sú zhrnuté v tab. 2.3 a 2.4, ich pozícia je zobrazená na obr. 2.2.

Podľa teplotných a vlhkosťných kritérií (Lapin et al. in *Atlas krajiny SR*, 2002) sú v sledovanom území zastúpené dve klimatické oblasti. Rozhodujúca časť patrí do mierne teplej oblasti, a to do mierne teplého vlhkého pahorkatinového až vrchovinového okrsku a do mierne teplého vlhkého vrchovinového okrsku. V južnej časti územia pozdĺž rieky Hron dominuje teplá oblasť s miernym vlhkým okrskom s miernou zimou. V okrajových častiach územia je zastúpená klíma chladnej klimatickej oblasti svojím mierne chladným a veľmi vlhkým okrskom.

Z hľadiska klimatogeografických typov (Tarábek in *Atlas SSR*, 1980) je pre toto územie charakteristická kotlinová klíma s veľkou inverziou teploty, mierne suchá až vlhká, teplá, s priemernou januárovou teplotou -2 až 4 °C a priemernou júlovou teplotou $18,5$ až 20 °C a ročnou sumou zrážok $600 - 700$ mm a mierne teplá, s priemernou januárovou teplotou $-2,5$ až -5 °C a priemernou júlovou teplotou 17 až $18,5$ °C a ročnou sumou zrážok $600 - 800$ mm. Šťastný et al. (in *Atlas krajiny SR*, 2002) za roky 1961 až 1990 z územia Žiarskej kotliny uvádzajú priemernú teplotu v januári od -3 do -4 °C, zonálne na okrajoch kotliny -4 až -5 °C. Priemerná teplota v júli za uvedené obdobie dosahuje 16 až 18 °C, na okrajoch 14 až 16 °C. Priemerná ročná teplota za roky 1961 až 1990 sa pohybuje v rozsahu 7 až 8 °C, v úzkej zóne po krajoch 6 až 7 °C (tab. 2.8).

Tab. 2.3. Klimatické stanice v študovanom území a jeho okolí (podľa údajov SHMÚ) (* stanica nie je priamo v sledovanom území).

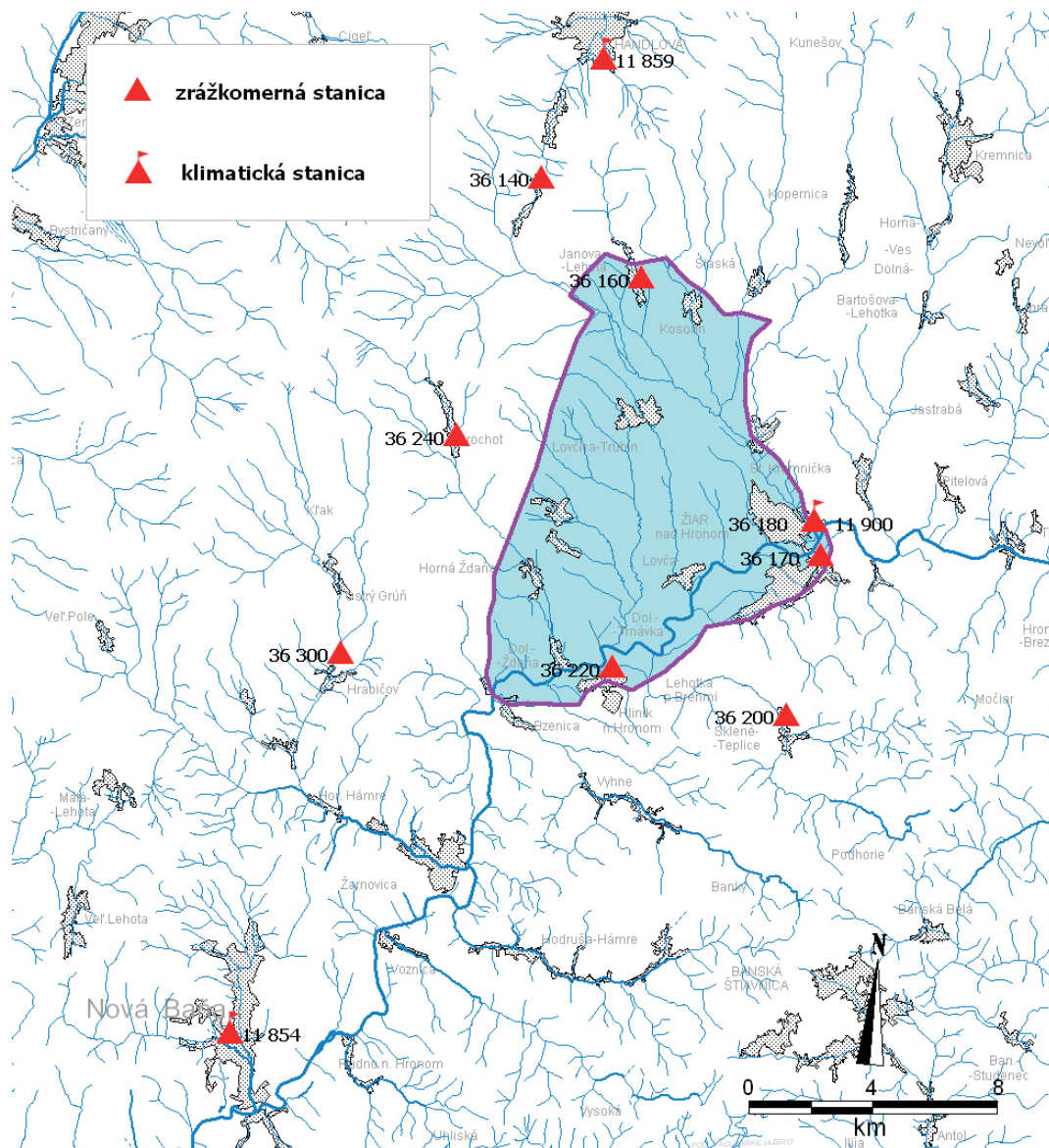
Indikatív MS	Pozorovacia meteorologická stanica MS	Nadmorská výška [m n. m.]
11 900	Žiar nad Hronom	250
11 859	*Handlová	455
11 854	*Nová Baňa	285

Tab. 2.4. Zrážkomerné stanice v študovanom území a jeho okolí (podľa údajov SHMÚ) (* stanica nie je priamo v sledovanom území).

Indikatív	Stanica	Nadmorská výška [m n. m.]
36 140	*Handlová-Nová Lehota	597
36 160	Janova Lehota	410
36 170	Žiar nad Hronom	249
36 180	Žiar nad Hronom	250
36 200	*Sklené Teplice	333
36 220	*Hliník nad Hronom	237
36 240	*Prochot	459
36 300	*Hrabičov	379

Tab. 2.5. Distribúcia teploty v Žiarskej kotline a blízkom okolí (podľa údajov SHMÚ).

Pozorované obdobie	Teplota [°C]												Rok	L	Z
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
1961 – 1981	11 854 Nová Baňa (285 m n. m.)														
Min	-7,6	-5,4	0,6	6,4	11,2	14,9	16,1	15,0	10,9	6,1	0,9	-4,8	7,3	13,2	-0,3
Max	1,6	4,7	6,9	11,2	15,7	19,3	20,4	19,3	15,7	12,7	7,0	2,6	9,2	15,8	3,7
Priemer	-2,6	0,1	3,8	8,7	13,3	16,8	17,8	17,1	13,4	8,7	4,0	-1,0	8,4	14,5	2,1
1961 – 1977	11 859 Handlová (455 m n. m.)														
Min	-7,6	-4,8	-0,8	6,6	10,5	13,9	15,6	14,8	10,4	5,4	1,0	-5,0	6,2	12,8	-0,6
Max	1,6	3,7	7,2	11,2	15,5	19,1	19,5	19,0	15,9	11,1	7,3	0,8	10,1	15,6	5,5
Priemer	-2,3	-0,5	3,0	8,6	13,1	16,3	17,7	17,2	13,2	8,5	4,0	-1,6	8,6	14,3	2,1
1966 – 2009	11 900 Žiar nad Hronom (250 m n. m.)														
Min	-7,9	-5,2	-1,2	6,3	11,7	14,4	16,2	15,3	11,1	6,0	-1,6	-5,1	7,2	12,5	-2,5
Max	3,6	3,9	7,3	13,8	17,2	20,6	22,2	23,4	16,8	12,6	8,0	2,7	10,8	19,0	6,3
Priemer	-2,1	0,1	4,1	9,5	14,6	17,4	19,1	18,3	13,8	9,0	3,7	-0,7	9,0	15,4	2,4
2007	MNN	SNN	SNN	NN	NN	SNN	SNN	SNN	PN	NO	NO	NO	SNN	SNN	MNN



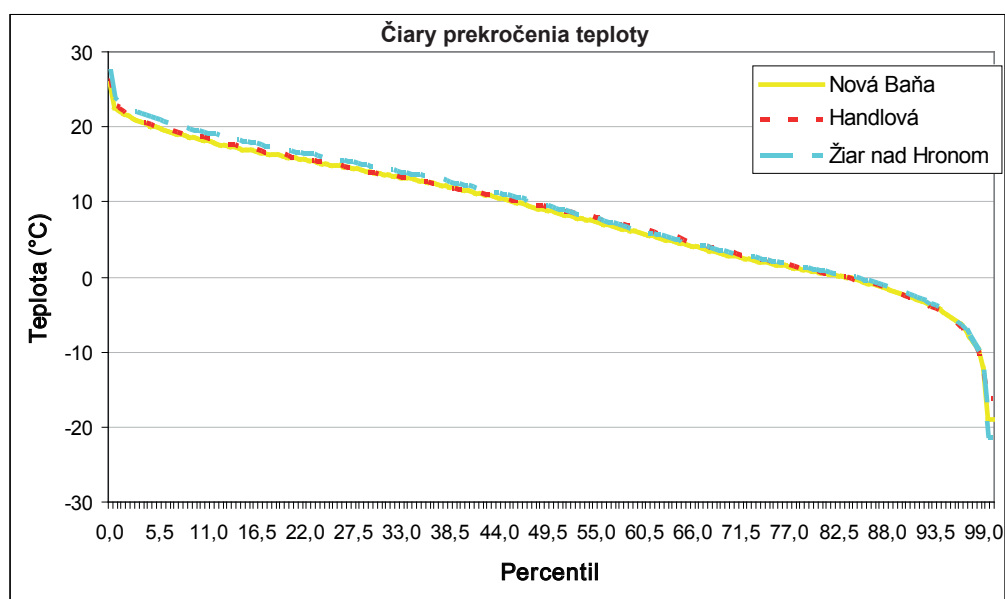
Obr. 2.2. Prehľadné zobrazenie pozorovacích staníc SHMÚ.

Tab. 2.6. Vysvetlivky k charakteristike klimatických normálov podľa metodického predpisu SHMÚ (podľa Lapina et al., 1987).

Skratka	Označenie	Zabezpečenie
MNN	mimoriadne nadnormálny	< 2 %
SNN	silne nadnormálny	2 – 9,9 %
NN	nadnormálny	10 – 24,9 %
NO	normálny	25 – 75 %
PN	podnormálny	75,1 – 90 %
SPN	silne podnormálny	90,1 – 98 %
MON	mimoriadne podnormálny	> 98 %

Teplotu vzduchu v čase terénneho zberu údajov (júl 2007) možno podľa metodiky Lapina et al. (1987) označiť ako silne nadnormálnu oproti dlhodobému priemeru (tab. 2.5, 2.6). Rovnaký charakter má aj celý kalendárny rok 2007. Táto skutočnosť poukazuje na zvýšenú evapotranspiráciu, a teda aj nižšie hodnoty efektívnych zrážok v tomto období.

Spracovaním hodnôt teploty získaných z vyčlenených pozorovacích staníc SHMÚ za dané obdobie sa dá vytvoriť predstava o rozložení teploty na študovanom území. Plošná distribúcia teploty v oblasti sa podľa priebehu čiar prekročenia teploty v jednotlivých klimatických staniách javí pomerne rovnomerná (obr. 2.3). Preložením normálovej krivky čiar prekročenia teploty možno charakterizovať extrémne hodnoty teploty v skúmanej oblasti, resp. určiť typický rozsah teplotných zmien v území. V tomto území sa typická teplota pohybuje v rozpätí $-3,3$ až $22,5$ °C.



Obr. 2.3. Čiara prekročenia teploty v jednotlivých klimatických staniách SHMÚ.

Za jeden z najvýznamnejších faktorov podmieňujúcich hydrogeologické pomery je charakter zrážkovej činnosti v území. Celkové ročné úhrny zrážok (Faško a Šťastný in *Atlas krajiny SR*, 2002) sa v tom istom období pohybujú od 600 do 900 mm ročne, v okrajových častiach na styku s vyššími orografickými celkami dosahujú 900 až 1 000 mm, pozdĺž rieky Hron je rozsah úhrnov zrážok medzi 700 až 800 mm ročne.

V tabuľke 2.7 sú zhrnuté dostupné údaje o dlhodobých priemerných mesačných a ročných úhrnoch zrážok v sieti zrážkomerných staníc SHMÚ. Z jednotlivých zrážkomerných staníc boli vypočítané percentuálne pomery troch posledných rokov (2006, 2007, 2008) oproti dlhodobému priemeru (1981 – 2008). Za rok 2007, keď prebiehali terénne merania, boli v rámci zrážkomerných staníc na území Žiarskej kotliny charakterizované aj klimatické normály podľa metodického predpisu SHMÚ 3-09-1/1 (Lapina et al., 1987). Vysvetlivky sú uvedené v tab. 2.6.

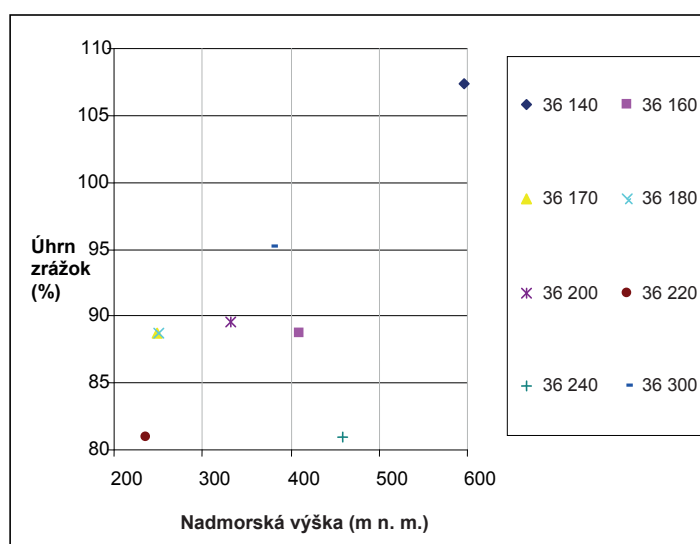
Zo záznamov týchto zrážkomerných staníc v tabuľke 2.7 vyplýva, že rok 2007 bol podpriemerný, resp. suchý – množstvo zrážok predstavovalo 75,1 až 90 % z dlhodobého priemeru. Výnimku tvoria hodnoty získané zo stanice 36 140 Handlová-Nová Lehota, kde za rok 2007 úhrny predstavovali 107,4 % podiel z dlhodobého priemeru. Vysvetlenie môže spočívať v podstatne vyššej nadmorskej výške stanice a jej tesnejšej blízkosti k pohoriam (obr. 2.4).

Tab. 2.7. Distribúcia zrážok v Žiarskej kotline a blízkom okolí (podľa údajov SHMÚ) (* stanica nie je priamo v sledovanom území).

Pozorované obdobie	Zrážky [mm]												Rok	L	Z
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
36 140 *Handlová-Nová Lehota (597 m n. m.)															
1981 – 2008	63,2	53,5	61,0	67,2	94,3	92,0	87,4	78,8	75,2	70,1	85,1	78,7	906,5	494,9	411,6
Min	3,7	5,4	11,0	0,0	41,5	18,7	26,1	5,5	14,5	1,3	26,6	20,8	672,9	320,9	249,8
Max	145,8	106,7	164,2	161,0	191,6	195,4	237,2	172,9	205,6	181,0	226,9	201,7	1201,9	729,6	600,4
2006 [%]	109,5	117,1	124,2	110,0	121,2	75,3	97,6	182,7	26,5	42,9	96,5	26,4	93,5	102,4	125,4
2007 [%]	230,6	114,5	139,6	0,0	140,7	93,2	74,8	169,0	152,6	47,5	82,5	58,2	107,4	107,5	104,0
2008 [%]	133,8	75,8	164,2	105,7	46,9	98,1	149,1	54,2	41,0	65,6	113,4	139,4	97,9	82,7	91,6
36 160 Janova Lehota (410 m n. m.)															
1981 – 2008	55,6	46,2	52,1	56,4	79,0	76,7	77,1	63,4	62,0	59,6	72,3	65,5	765,8	358,1	407,7
Min	2,6	1,7	5,1	4,5	28,2	24,1	15,1	5,8	11,8	0,5	28,1	15,7	552,7	172,3	276,1
Max	138,0	100,2	151,5	126,7	155,3	180,8	199,6	139,1	176,9	169,4	211,7	141,6	929,8	524,2	560
2006 [%]	100,6	120,5	106,6	71,7	140,7	101,1	115,7	197,0	24,0	55,5	79,0	24,0	95,5	116,6	76,9
2007 [%]	248,3	114,2	121,4	8,0	119,7	95,7	67,6	188,9	131,1	44,8	84,3	56,3	105,0	117,6	94,0
2008 [%]	143,8	85,2	161,3	85,3	48,9	102,4	213,4	42,4	52,6	77,5	95,6	144,6	104,8	95,2	113,2
36 170 Žiar nad Hronom (249 m n. m.)															
1981 – 2008	34,6	33,4	39,1	51,3	61,0	73,1	68,8	61,0	54,7	45,7	50,2	47,5	614,7	315,2	299,5
Min	3,9	0,6	2,9	2,1	19,5	27,2	26,1	3,2	13,7	1,7	18,0	9,1	458,9	115,1	204,2
Max	87,1	70,1	89,7	105,3	144,2	163,5	160,9	135,4	137,6	107,7	122,7	116,4	790,5	476,1	397,3
2006 [%]	90,5	109,6	102,1	158,9	121,5	89,1	41,6	150,9	25,0	37,7	35,9	19,1	82,5	86,8	78,0
2007 [%]	251,7	127,0	163,4	4,1	119,4	95,6	57,1	182,5	99,6	63,1	81,5	70,3	105,2	110,4	99,7
2008 [%]	117,3	72,2	161,9	78,4	40,7	76,8	165,8	48,7	65,8	93,5	85,5	137,0	94,3	82,7	106,5
36 180 Žiar nad Hronom (250 m n. m.)															
1981 – 2008	40,2	35,4	41,4	45,5	70,8	68,7	68,8	64,1	54,8	46,6	52,5	50,7	637,7	327,2	310,5
Min	2,2	1,4	2,9	2,6	22,2	21,7	19,1	3,5	9,9	1,7	18,2	9,1	459,3	166,7	211,0
Max	95,9	75,9	103,0	104,9	169,7	148,7	148,3	164,3	151,9	110,9	134,5	121,9	853,5	492,4	421,9
2006 [%]	81,7	122,5	105,0	166,5	101,8	89,5	58,0	142,4	21,9	34,3	40,0	17,9	81,3	84,6	77,7
2007 [%]	238,9	140,3	155,2	5,7	88,7	100,1	48,6	196,3	110,2	54,5	84,6	73,6	105,2	107,4	102,9
2007	SNN	NN	NN	MON	NO	NO	NO	SNN	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
2008 [%]	121,8	82,3	168,0	71,3	53,5	94,3	181,5	59,6	62,1	98,8	98,5	136,3	101,4	91,6	117,7
36 200 *Sklené Teplice (333 m n. m.)															
1981 – 2008	45,2	40,3	46,1	53,1	78,6	78,6	73,7	71,3	61,2	48,2	60,4	56,1	712,7	416,4	295,7
Min	4,5	0,5	2,8	0,1	19,1	23,3	18,3	0,0	9,5	5,4	19,7	10,2	474,9	260,5	163,8
Max	110,1	88,6	94,6	125,9	210,2	205,4	195,9	167,1	176,7	103,7	153,4	150,3	869,6	577,3	403,1
2006 [%]	52,8	81,8	78,8	67,3	91,6	108,3	20,9	119,5	23,7	24,4	33,6	13,0	59,9	73,1	90,4
2007 [%]	174,1	93,2	133,1	0,1	111,3	86,8	62,2	152,6	107,5	51,6	66,3	48,4	89,6	89,0	72,7
2008 [%]	78,9	56,0	142,8	57,3	25,0	68,2	157,1	48,4	49,4	68,9	67,5	91,1	75,2	68,2	72,8
36 220 Hliník nad Hronom (237 m n. m.)															
1981 – 2008	45,0	40,8	46,5	48,2	70,3	71,8	72,1	69,6	56,6	49,5	60,9	56,3	687,6	388,6	297,7
Min	0,0	0,8	3,7	2,0	19,4	13,7	19,3	8,2	9,0	2,7	21,7	0,0	497,4	209,1	163,1
Max	112,5	93,1	132,5	109,8	153,7	177,0	167,4	204,0	172,5	124,1	139,5	128,6	901,6	584,4	413,9
2006 [%]	56,6	87,6	74,1	94,5	110,1	82,1	39,7	125,7	26,7	20,3	39,3	13,5	64,3	80,2	75,4
2007 [%]	177,9	80,1	117,5	3,0	83,4	89,3	42,5	146,5	77,8	37,4	82,9	45,9	81,0	75,6	69,8
2007	NN	NO	NO	MON	NO	NO	PN	NN	NO	PN	NO	PN	PN	PN	SPN
2008 [%]	77,8	60,7	132,4	46,8	26,0	73,3	116,1	32,5	45,2	67,7	64,2	92,3	68,6	57,5	72,2

Tab. 2.7 – pokračovanie.

Pozorované obdobie	Zrážky [mm]												Rok	L	Z
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			
36 240 Procht (459 m n. m.)															
1981 – 2008	45,0	40,8	46,5	48,2	70,3	71,8	72,1	69,6	56,6	49,5	60,9	56,3	687,6	388,6	297,7
Min	0,0	0,8	3,7	2,0	19,4	13,7	19,3	8,2	9,0	2,7	21,7	0,0	497,4	209,1	163,1
Max	112,5	93,1	132,5	109,8	153,7	177,0	167,4	204,0	172,5	124,1	139,5	128,6	901,6	584,4	413,9
2006 [%]	56,6	87,6	74,1	94,5	110,1	82,1	39,7	125,7	26,7	20,3	39,3	13,5	64,3	80,2	75,4
2007 [%]	177,9	80,1	117,5	3,0	83,4	89,3	42,5	146,5	77,8	37,4	82,9	45,9	81,0	75,6	69,8
2008 [%]	77,8	60,7	132,4	46,8	26,0	73,3	116,1	32,5	45,2	67,7	64,2	92,3	68,6	57,5	72,2
36 300 *Hrabičov (379 m n. m.)															
1981 – 2008	58,4	47,7	54,7	57,7	77,1	75,6	81,2	69,1	69,4	55,7	73,8	69,0	776,7	430,1	349,4
Min	6,8	4,7	4,7	1,4	22,4	9,3	20,6	4,3	11,3	2,6	23,5	16,9	521,6	259,9	214,7
Max	132,2	95,7	154,4	150,8	240,6	164,0	243,2	149,3	217,5	136,9	161,4	153,7	1 018,2	692,5	508,1
2006 [%]	82,4	118,6	112,8	81,3	115,9	78,8	104,0	159,4	35,3	41,5	106,9	21,5	88,3	96,9	99,5
2007 [%]	209,1	132,6	125,2	2,1	82,1	123,0	44,6	143,0	100,9	50,8	111,5	41,9	95,1	84,8	101,9
2008 [%]	138,9	68,7	154,9	65,7	46,8	105,9	147,9	61,7	46,7	53,1	87,7	120,2	90,9	80,6	93,6



Obr. 2.4. Distribúcia úhrnov zrážok zaznamenaných na zrážkomerných stanicích siete SHMÚ v roku 2007.

Počet dní so snehovou pokrývkou sa na väčšine sledovaného územia za roky 1961 – 1990 pohybuje od 40 do 80 dní za rok, v okrajovej zóne môže trvať až 120 dní ročne (Faško et al. in *Atlas krajiny SR*, 2002).

Zrážková činnosť závisí od mnohých okolností (stav atmosféry, orografia, klíma). Keďže rozdiely v nadmorskej výške v sledovanom území nepresahujú 260 m, výrazný vplyv zmeny nadmorskej výšky na zmenu klimatických faktorov sa nedá predpokladať. Túto predstavu naznačuje aj rozloženie úhrnov zrážok podľa nadmorskej výšky z obr. 2.4. Rozhodujúcim činiteľom pri distribúcii zrážok zrejme bude pozícia vo vzťahu k okolitým horským masívom a prevládajúcim smerom vetra, ktoré podmieňujú pohyby vzdušných mäs. V hlavnej časti kotliny prevládajú vetry severného a juhozápadného smeru, bezvetrie predstavuje 47 % ročnej početnosti sledovania veternej aktivity.

Za dôležitý faktor ovplyvňujúci evapotranspiráciu, a teda aj podmienky infiltrácie zrážkovej vody možno považovať celkové globálne žiarenie. V sledovanej oblasti priemerná suma globálneho žiarenia za rok dosahuje hodnoty 1 100 – 1 150, miestami 1 150 – 1 200 kWh · m⁻² (Tomlain a Hrvoľ in *Atlas krajiny SR*, 2002).

Tomlain (in *Atlas krajiny SR*, 2002) sledovanú oblasť za obdobie 1961 – 1990 charakterizuje hodnotami priemerného ročného výparu (aktuálnej evapotranspirácie) z povrchu pôdy 400 – 450 mm, celkový ročný potenciálny výpar sa pohybuje v hraniciach 550 – 600 mm v nive toku Hrona, potom smerom k okolitým pohoriam zonálne klesá na 500 – 550 a 450 – 500 mm.

Ďalším dôležitým faktorom ovplyvňujúcim hydrologický režim je vegetačný pokryv územia. Podľa Michalka et al. (1986) sú vo väčšine sledovaného územia vyvinuté hlavne dubovo-hrabové lesy karpatské a dubovo-hrabové lesy lipové. V nivách horných častí tokov sú vyvinuté jelšové lesy, na nivách podhorských a horských vodných tokov nížinné lužné lesy a popri Hrone jaseňovo-brestovo-dubové lesy. Lokálne sa vyskytujú dubové lesy, z toho najmä nátržníkové.

Základné klimatické a vegetačné charakteristiky územia sú prehľadne zhrnuté v tab. 2.8.

Tab. 2.8. Najdôležitejšie klimatické a vegetačné charakteristiky skúmaného územia.

Príslušná charakteristika/oblasť	Hodnota príslušnej charakteristiky
Najdôležitejšie klimatické a vegetačné charakteristiky územia	
Klimatické oblasti (Lapin et al. in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – väčšina územia: – okrajové časti územia:	<i>Mierne teplá oblasť (M):</i> priemerná júlová teplota > 16 °C, počet letných dní v roku s $T_{\text{vzd}} > 25^{\circ}$ menej ako 50 <i>Okrskok:</i> a) mierne teplý, mierne vlhký, pahorkatinový až vrchovinový (M3) b) mierne teplý, vlhký, vrchovinový (M6) <i>Chladná oblasť (C):</i> priemerná júlová teplota menej ako 16 °C <i>Okrskok:</i> mierne chladný, veľmi vlhký (C1) <i>Teplá oblasť (T):</i> teplý, mierne vlhký, s miernou zimou (T6)
Globálne žiarenie za rok (pozorované obdobie 1961 – 1990; Tomlain a Hrvoľ in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – väčšina územia: – miestami:	1 100 – 1 150 kWh . m ⁻² 1 150 – 1 200 kWh . m ⁻²
Priemerné ročné hodnoty radiačného indexu sucha (pozorované obdobie 1961 – 1990; Tomlain in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – väčšina územia: – na okrajoch:	0,75 – 1,00 0,50 – 0,75
Smer a rýchlosť vetra a inverznosť územia (1961 – 1990; Lapin a Tekušová in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – celé územie:	prevaha s. a jz. smerov, bezvetrie 47 %, priemerne inverzná polohy
Priemerná teplota vzduchu (Šťastný et al. in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – ročná: – v januári: – v júli:	od 7 do 8 °C (okraje 6 až 7 °C) od –3 do –4 °C (okraje –4 až –5 °C) od 16 do 18 °C (okraje 14 – 16 °C)
Priemerný ročný úhrn aktuálnej evapotranspirácie v mm (pozorovania v období 1961 – 1990; Tomlain in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – celé územie:	400 – 450 mm
Priemerný ročný úhrn potenciálnej evapotranspirácie v mm (pozorovania v období 1961 – 1990; Tomlain in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): – Hron: – stredná zóna: – s. a sz. okraje:	550 – 600 mm 500 – 550 mm 450 – 500 mm

Tab. 2.8 – pokračovanie.

Príslušná charakteristika/oblasť	Hodnota príslušnej charakteristiky
Najdôležitejšie klimatické a vegetačné charakteristiky územia	
Potenciálna prirodzená vegetácia (Michalko et al., 1986): – väčšina územia: – nivy horných častí tokov: – popri Hrone: – lokálne:	dubovo-hrabové lesy karpatské, dubovo-hrabové lesy lipové jelšové lesy na nivách podhorských a horských vodných tokov, nížinné lužné lesy jaseňovo-brestovo-dubové lesy v povodiach veľkých riek (tvrdé lužné lesy) dubové lesy (najmä nátržníkové)

2.3. HYDROLOGICKÉ POMERY

Územie hydrograficky patrí k povodiu rieky Hron (4-23), ktorá tvorí kostru riečnej siete. Preteká južným okrajom Žiarskej kotliny v dĺžke 16 km so spádom 25 m. Od Zvolena po Žiar nad Hronom tečie rieka Hron v pomerne úzkom údolí (200 – 500 m) v smere V – Z. Nad Žiarom nad Hronom sa otáča do smeru SV – JZ a údolie sa rozširuje až na viac ako 2 km. Pod Bzenicou sa údolie Hrona opäť zužuje (300 – 100 m) a mení smer na SSV – JJZ. Tieto zmeny sú podmienené tektonickými pomermi hodnoteného územia.

Textúru hydrografickej siete možno charakterizovať ako kombinovanú, asymetrickú, danú excentrickou polohou erozívnej bázy, ktorú tvorí rieka Hron s paralelnou textúrou, tvorenou jeho pravostrannými prítokmi. Hydrogeografický systém je lokalizovaný v blízkosti rozvodnicového chrbta, preto prevládajú procesy odnosu nad akumuláciou, voda rýchlo odteká do nižších polôh. Na režim povrchového odtoku do značnej miery vplýva celková konfigurácia, ale aj rezba reliéfu, ktorý má najmä v severnej časti mikroregiónu prevažne južnú orientáciu svahov, ale aj nadmorská výška (vnútrokotlinová pahorkatina). Podmieňujú rýchlejšie roztápanie snehovej pokrývky, čo sa prejavuje v posunutí maximálneho prietoku v jarnom období (Böhm a Pospíšil, 1964).

V dlhodobom priemere má Hron najväčší prietok v apríli, najnižší v septembri. Povodňový prietok máva krátke trvanie. Podobný charakter prietoku ako rieka Hron majú aj ostatné toky v území (obr. 2.5). Dlhodobé priemerné charakteristiky prietoku povrchových tokov v Žiarskej kotline spracované z údajov nameraných na pozorovacích profiloch siete SHMÚ sú v tab. 2.10.

Ľavú stranu Hrona odvodňujú okrem troch miestnych potokov ešte potok Teplá pritekajúci zo Skleňných Teplíc so spádom 24 ‰ a Vyhniansky potok. Spomínané potoky pretekajú kotlinou len vo svojom poslednom úseku.

Významnejšie sú pravostranné prítoky Hrona, medzi ktorými hlavné miesto zaberá Lutilský potok. So svojimi prítokmi Slaským potokom a Kopernickým potokom odvodňuje severnú a sv. časť kotliny. Lutilský potok pri dĺžke toku 19 km odvodňuje plochu 144,5 km² s priemerným prietokom 0,621 m³ · s⁻¹ za roky 1984 – 1996 a spádom 18,8 ‰. V dôsledku malej vsakovacej schopnosti pokrývných útvarov má povrchový tok v povodí Lutilského potoka vysoké hodnoty prietoku. Prejavuje sa to veľmi výraznou závislosťou vodných stavov od výšky zrážok s malým fázovým posunom.

Ďalšie potoky odvodňujúce západnú časť Žiarskej kotliny:

Trubínsky potok – dĺžka 8 km, spád 19,6 ‰,

Zákruty – dĺžka 8 km, spád 33,7 ‰,

Prochotský potok – dĺžka 14 km, spád 51,7 ‰ – pramení pod Vtáčnikom a Žiarsku kotlinu odvodňuje len svojou dolnou polovicou toku.

Významný pravostranný prítok Hrona v s. časti kotliny predstavuje kremnická hlavná dedičná štôlna. Odvodňuje aj banské priestory a ústi do nej aj odpad podzemnej hydroelektrárne v Kremnici, zásobovanej prívodom z Turčianskej kotliny.

Tab. 2.9. Základné hydrologické charakteristiky študovaného územia.

Príslušná charakteristika/oblasť	Hodnota príslušnej charakteristiky
Najdôležitejšie hydrologické charakteristiky územia	
Typ režimu odtoku povrchových tokov (pozorované obdobie 1931 – 1980; Šimo a Zafko in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002):	
Typ režimu odtoku:	dažďovo-snehový
Akumulácia:	december – február
Vysoká vodnosť:	marec – apríl
Najvyšší prietok:	apríl
Najnižší prietok:	september
Vedľajšie zvýšenie vodností koncom jesene a začiatkom zimy:	výrazné
Priemerný ročný merný odtok (Lešková a Majerčáková in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): *priemer za hydrologické obdobie 1931 – 1980	10,0 – 15,0 l . s ⁻¹ . km ⁻²
Maximálny merný odtok* (Lešková a Majerčáková in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): * s pravdepodobnosťou opakovania raz za 100 rokov	0,7 – 1,0 m ³ . s ⁻¹ . km ⁻²
Minimálny merný odtok** (Lešková a Majerčáková in <i>Atlas krajiny SR</i> , 2002): ** 364-dňový	0,5 – 1,0 (1,0 – 3,0) m ³ . s ⁻¹ . km ⁻²

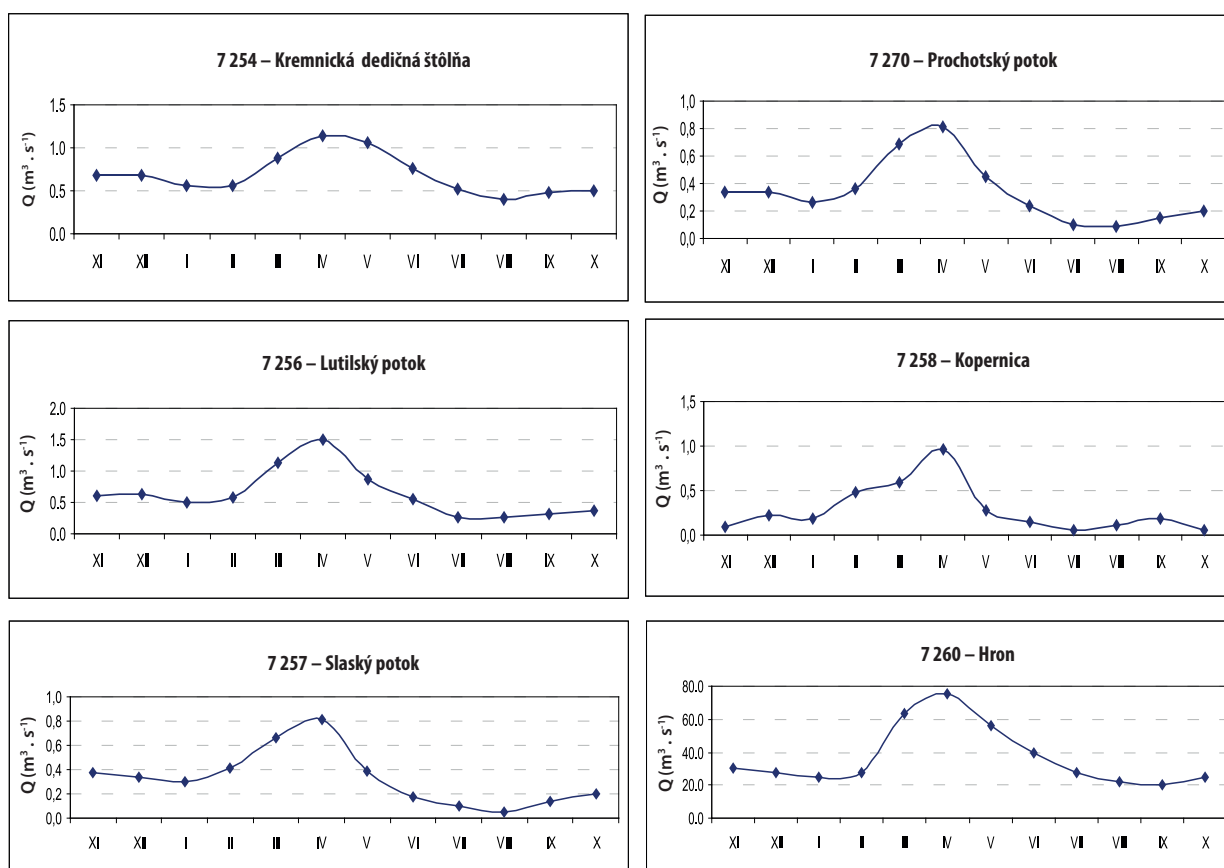
Základné hydrologické charakteristiky viazané na Žiarsku kotlinu sú prehľadne vyjadrené v tab. 2.9.

Prietok na povrchových tokoch dlhodobo pozoruje SHMÚ v Bratislave. Základné štatistické spracovanie hodnôt je uvedené v tab. 2.10 a 2.11.

Tab. 2.10. Dlhodobé priemerné charakteristiky prietoku povrchových tokov v Žiarskej kotline na pozorovacích profiloch sietí SHMÚ.

	Lutílský potok – 7 256	Prochotský potok – 7 270	Hron – 7 260	Kremnická štôlna – 7 254	Slaský potok – 7 257	Kopernica – 7 258
Obdobie sledovania	1984 – 1996	1994 – 1998	1978 – 2007	1987 – 1998	1987 – 1998	1987 – 1988
Min (m³ . s⁻¹)	0,417	0,218	21,534	0,531	0,218	0,251
Max (m³ . s⁻¹)	0,932	0,563	53,783	1,019	0,563	0,308
Priemer (m³ . s⁻¹)	0,621	0,337	36,782	0,684	0,329	0,279

Podľa klasifikácie vodnosti povrchových tokov (tab. 2.12) a na základe porovnania priemerného ročného prietoku s percentuálnym porovnaním podľa čiary prekročenia z dlhodobých pozorovacích radov možno rok 2007 (obdobie terénnych prác) v prípade rieky Hron a Lutílskeho potoka hodnotiť ako vodný rok (tab. 2.11, obr. 2.6).



Obr. 2.5. Grafické vyjadrenie priebehu dlhodobého priemerného prietoku za jednotlivé mesiace v rámci hydrologického roku na vybraných tokoch v Žiarskej kotline.

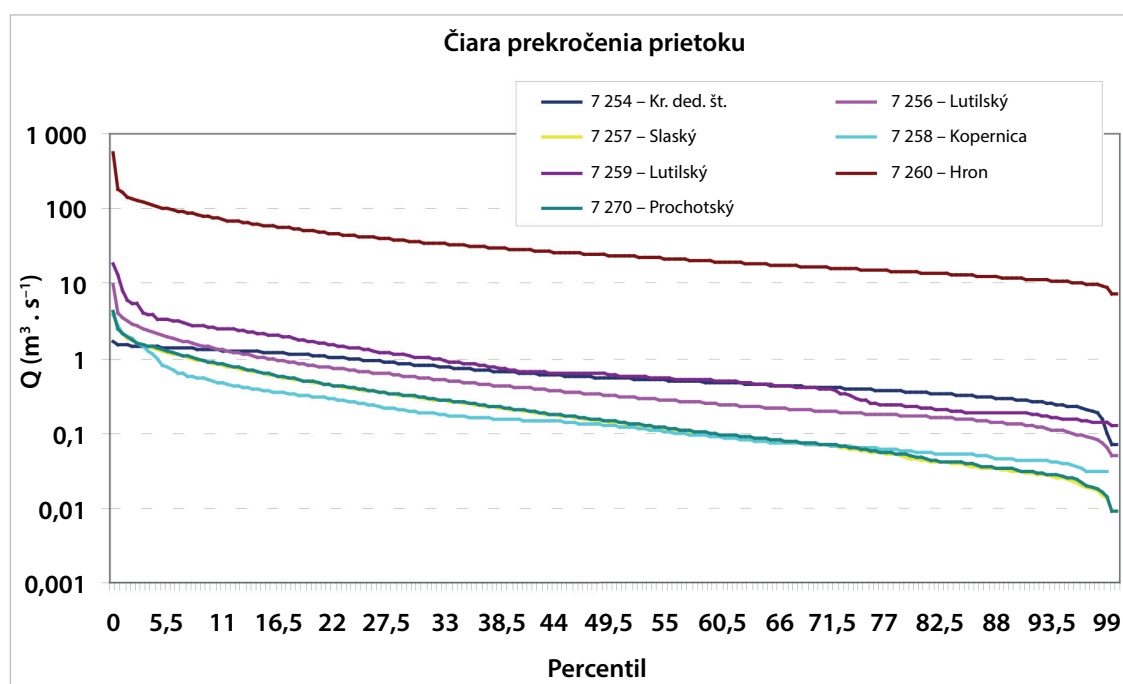
Tab. 2.11. Dlhodobé priemerné charakteristiky prietoku vybraných povrchových tokov v Žiarskej kotline za hydrologický rok s hodnotením vodnosti v roku 2007.

7 260 – Hron (pozorované obdobie 1977 – 2008)													
Hydrologický rok	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok
Min ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	10,11	11,30	10,42	12,10	21,10	27,27	18,20	14,59	12,98	10,14	9,31	10,89	21,53
Max ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	90,85	54,79	63,08	64,98	132,50	150,41	124,33	84,75	87,08	92,14	67,51	99,06	53,78
Priemer ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	30,73	27,57	25,00	27,70	63,48	75,34	55,81	38,64	27,93	21,75	20,18	24,21	36,78
2007	15,72	20,71	29,39	39,16	84,72	40,66	28,25	26,77	14,20	13,86	17,39	13,01	28,65
2007 [%]	51,15	75,11	117,58	141,37	133,48	53,97	50,62	69,28	50,84	63,73	86,19	53,77	77,90
7 256 – Lutilský potok (pozorované obdobie 1984 – 2008)													
Min ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,17	0,25	0,17	0,17	0,61	0,27	0,21	0,18	0,14	0,06	0,10	0,15	0,42
Max ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	1,60	1,09	1,92	1,61	4,19	3,07	1,65	1,11	1,15	0,86	0,94	0,96	0,93
Priemer ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	0,57	0,60	0,57	0,67	1,33	1,40	0,78	0,52	0,34	0,26	0,30	0,33	0,62
2007	0,47	0,63	0,62	1,11	1,58	0,27	0,21	0,24	0,14	0,16	0,28	0,15	0,49
2007 [%]	81,88	104,65	108,30	165,16	118,93	19,15	27,07	45,61	40,67	60,35	91,62	46,14	78,36

Tab. 2.12. Hodnotenie vodnosti povrchových tokov na základe porovnania priemerného ročného prietoku s percentilom podľa čiar prekročenia z dlhodobých pozorovacích radov.

Skratka	Označenie	Zabezpečenie
MV	mimoriadne vodný rok	$Q \leq 10 \%$
V	vodný rok	$10 \% < Q \leq 45 \%$
SV	stredne vodný rok	$45 \% < Q \leq 55 \%$
S	suchý rok	$55 \% < Q \leq 90 \%$
MS	mimoriadne suchý rok	$90 \% < Q$

Podľa priebehu čiar prekročenia jednotlivých tokov na obrázku 2.6 sa dá charakterizovať ich prietoková aktivita ako pomerne vyrovnaná, s malými odchýlkami. Výraznejší pokles prietoku na Lutilskom potoku v porovnaní s ostatnými tokmi pri ich nižších stavoch môže súvisieť s mierne rozdielnym charakterom riečnej siete.



Obr. 2.6. Čiary prekročenia prietoku na vybraných profiloch vodných tokov z pozorovacej siete SHMÚ v Žiarskej kotlině.

V rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu v Žiarskej kotlině Bajo et al. (2008) režimovo pozorovali vodomernú stanicu 7 259 na Lutilskom potoku.

2.4. GEOLOGICKÉ POMERY

2.4.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia

Zásadným prínosom v poznaní geológie Žiarskej kotliny boli práce viacerých autorov. Konečný et al. (1978) odhadujú výplň Žiarskej kotliny podľa geofyzikálnych údajov na 2 000 až 2 500 m. Biely in Kullmanová et al. (1977) prostredníctvom vrtov JL-1 v Janovej Lehotě, HV-9 a VT-8 opísal významné zlomové pásmo na okraji Žiarskej kotliny. Blaško in Lexa et al. (1989) zaznamenal zlomovú tektoniku a striedanie vulkanických a sedimentárnych útvarov na styku Žiarskej kotliny s Kremnickými vrchmi a pohorím Vtáčnik. Vulkanicko-sedimentárnu výplň Žiarskej kotliny overil Pulec (1966) vrtom Kríž-1

a vrtmi P-20 a P-22. Súčasnú predstavu o geologickej stavbe Žiarskej kotliny sú prezentované v prácach Konečného et al. (1998), Šimona et al. (1997) a Lexu et al. (1998).

2.4.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek

GEOLOGICKÝ VÝVOJ

Žiarska kotlina predstavuje vnútrohorskú intravulkanickú depresiu situovanú v západnej časti stredoslovenských neovulkanitov. Kotlina je zaoblúkovou depresiou formovanou v dôsledku extenzných procesov počas bádenu až sarmatu. Je to depresia s poklesom predterciérneho podložja až do hĺbky 2 500 m.

Žiarska kotlina je obklopená produktmi bádensko-sarmatského vulkanizmu. Pri jv. a v. okraji je lemovaná pásom produktov ryolitového vulkanizmu. Reprezentujú ich tuфы, tuфity s telesami limnokvarcitov, ryolitové extrúzie a andezitové lávové prúdy. Južne od tohto pásma vystupujú horniny štiavnického stratovulkánu reprezentované spodnou stratovulkanickou stavbou a výplňou štiavnickej kaldery. Vrchnú stavbu štiavnického stratovulkánu tvoria horniny zastúpené lávovými prúdmi a vulkanoklastickými horninami. Pri sv. okraji kotliny vystupujú horninové komplexy spodnej stavby Kremnických vrchov a v ich nadloží výplň kremnického grabenu reprezentujúce lávové prúdy a vulkanoklastiká. Pri západnom okraji hraničí Žiarska kotlina pozdĺž zlomového pásma ssv.-jjz. smeru s výplňou kremnického grabenu s reliktnými lávovými prúdmi sarmatského vulkanizmu v nadloží. Ďalej na západ nasledujú produkty štiavnického stratovulkánu a v jeho nadloží vulkanický komplex Vtáčnika. Pri východnom okraji kotliny sú početné izolované telesá, ktoré reprezentujú neky, dajky, prúdy a lakolity bazaltických andezitov panónskeho veku.

Vulkanicko-sedimentárna a vulkanická výplň Žiarskej kotliny má diferencovaný charakter. V severnej časti kotliny na báze vulkanického komplexu je predpokladané 300 – 600 m hrubé bazálne kordické súvrstvie spodného bádenu tvorené epiklastickými pieskovecami s polohami konglomerátov.

V jeho nadloží nasledujú horninové komplexy spodnej stavby Kremnických vrchov a v južnej časti kotliny spodná stavba štiavnického stratovulkánu bádenského veku.

V nadloží v hrúbke asi 1 000 m nasledujú poklesnuté horninové komplexy kremnického grabenu bádensko-sarmatského veku, ktoré litologicky zodpovedajú horninám pri západnom a východnom okraji Žiarskej kotliny. Do južnej časti kotliny zasahuje výplň štiavnickej kaldery tvorená produktmi vulkanizmu amfibolicko-biotitických andezitov bádensko-sarmatského veku, ktoré reprezentujú lávové prúdy a vulkanoklastiká v hrúbke 300 – 500 m.

Produkty sarmatského vulkanizmu poklesnuté v rámci žiarskej depresie tvoria lávové telesá a vulkanoklastické horniny, ktoré sú v nadloží prekryté sedimentmi variabilnej hrúbky. Vrchnú časť vulkanizmu reprezentujú lávové telesá a vulkanicko-sedimentárne horniny vystupujúce v odkryvoch pri jv. a v. okraji kotliny. Najmladšie sedimenty – trubínske súvrstvie – majú hrúbku do 300 m a reprezentujú obdobie panónu až pontu.

K výplni Žiarskej kotliny náležia aj produkty panónskeho vulkanizmu bazaltických andezitov pri jv. okrajoch kotliny, priamo do hodnoteného územia však nezasahujú.

Palynologické výskumy (Planderová, 1969) nepotvrdili koreláciu Handlovsko-nováckej uhoľnej panvy so sedimentmi Žiarskej kotliny. Počas sedimentácie boli tieto dva bazény predelené melafýrovým chrbtom, ktorý neumožnil spoločnú sedimentáciu. Žiarska kotlina bola v čase sedimentácie novácko-handlovskej časti ložiska (sarmat) suchou depresiou a až v panóne vznikli jazerné bazény a limnokvarcity. Žiarska kotlina na styku s pohorím Vtáčnik predstavuje oblasť aktívnych zosuvov. Zosuvy vznikajú prevažne v miestach, kde ílovité súvrstvia sú prekryté štrkovými formáciami kvartérnych terás alebo pliocénu.

CHARAKTERISTIKA LITOSTRATIGRAFICKÝCH JEDNOTIEK

Litologický charakter výplne spodných až stredných úrovní depresie je možné posudzovať na základe poznatkov o geologickej stavbe vulkanických komplexov v jej najbližšom okolí a štruktúrnych vrtoch vyhlbených pri okrajoch kotliny.

PREDTERCIÉRNE PODLOŽIE

Na stavbe predvulkanického podložja Žiarskej kotliny a v širšom okolí sz. časti stredoslovenských neovulkanitov sa zúčastňujú jednotky tatrika, veporika a hronika.

Tatrikum

V severnej časti Žiarskej kotliny v hlbokom podloží predpokladáme priebeh násunovej línie veporika na tatrikum. Tatrikum v severnej časti neovulkanitov nebolo dosiahnuté štruktúrnymi vrtmi, a preto na jeho povahu je možné usudzovať len z poznatkov o jeho stavbe a litologickom zložení na území pri severných a západných okrajoch neovulkanitov. Tatrikum severne od okraja neovulkanitov reprezentuje granitoidný masív Žiaru so zvyškami metamorfovaného plášťa v podobe biotitických pararúl. Mezozoický obal tvorí ráztočnianska sukcesia. V oblasti Tribeča v zoborskej časti kryštalinikum tatrika dominantne budujú biotitické granodiority až tonality s variabilnou zrnitosťou a menšími telesami biotiticko-muskovitických monzogranitov až granitov. V obalovej sekvencii sú prítomné horniny permu a mezozoika.

Veporikum

V oblasti hodruško-štiavnickej hrasti vystupuje veporikum v jej severnej časti a v menšom rozsahu v strednej časti. Najnižším členom stavby veporika je komplex kryštalinika reprezentovaný porfyrickým granodioritom, sericiticko-chloritickými bridlicami a sillimaniticko-biotitickými ortorulami. Sedimenty permu v obalovej pozícii (brusnianske súvrstvie) sa v povrchových odkryvoch v rámci hrasti nezistili. Ich prítomnosť v rámci Žiarskej kotliny v nadloží hornín kryštalinika však nie je možné vylúčiť. Séria Veľkého boku je rozšírená v sv. časti hodruško-štiavnickej hrasti v širšom okolí Sklených Teplíc, kde vystupuje v súvislejšom rozšírení a úplnejšom vývoji. V strednej časti sú zastúpené útržkovité a nesúvislé len niektoré členy série prevažne bazálnych až spodných úrovní. V severnej časti kotliny v ekvivalentnej pozícii je krížňanský príkrov preukázaný vrtom JL-1 pri Janovej Lehote. Prítomnosť série Veľkého boku, resp. krížňanského príkrovu v priestore Žiarskej kotliny považujeme za reálnu. Séria Veľkého boku v stratigrafickom slede:

Lúžňanské súvrstvie reprezentuje bazálne súvrstvie. Tvoria ho drobné až hrubozrnné kremenné pieskovce, sivobiele, ružové, výrazne vrstvomité. Medzivrstvové škáry sú vyplnené prekremenými sericitickými bridlicami. Kvarcity sú dynamometamorfné postihnuté (zbridličnatené, klastické textúry, vznik chloritu, sericitu, muskovitu) a preniknuté žilkami kremeňa.

Verfénske súvrstvie je pestro sfarbené, sľudnaté, ílovité, často prekremené, s vložkami pieskovcov. V dôsledku metamorfózy vzniká sekundárny chlorit a sericit. Kvarcity a verfénske bridlice v hrúbke maximálne do 80 m sú v strednej a južnej časti prítomné len sporadicky, prípadne chýbajú. Vápence sú vrstvomité, biele až tmavosivé, metamorfné postihnuté, zbridličnatené a mramorizované. Rauvaky sú okrovej farby a majú hubovitú štruktúru. Dolomity sú svetlosivé, zrnité až cukrovité, často vrstvomité. Vápence a dolomity sú často skrasovatené, lokálne zmenené na rohovce a skarny. Hrúbka je variabilná, do 150 m.

Karpatský keuper tvoria pestro sfarbené bridlice, sivozelené a červenofialové, ílovité, ktoré sa často striedajú s piesčitými bridlicami. V dôsledku metamorfózy sú zbridličnatené, so vznikom chloritu a sericitu. Pieskovce až kremence majú variabilnú zrnitosť a pestré zloženie. Karbonáty sú v spodnej časti súvrstvia zastúpené rauvakmi a vyššie dolomitmi. Dolomity sú sivé a sivozelené, často s vložkami bridlíc, pri kontakte s granodioritmi a dioritovou intrúziou sú zrohovcovatené a premenené na skarny. Hrúbka súvrstvia je do 90 m.

Nasledujú ružové vápence, rádiolarity, kremité a rádiolariové vápence. Vápence s vložkami rádiolarietov sú svetlé, ružové, často zbridličnatené, rozpadajú sa na drobné polygonálne úlomky potiahnuté oxidmi Fe. Vápence sú vrstvomité až doskovité, v dôsledku metamorfózy na vrstvomých plochách vzniká chlorit. V medzivrstvách sú prítomné útržky čiernosivých fylitov, ktoré vznikli metamorfózou ílovitých bridlíc. Vápence sú zbridličnatené a mramorizované. Priemerná hrúbka je okolo 100 m.

Ďalším stratigrafickým členom sú tmavé bridlice, piesčité bridlice a pieskovce. Súvrstvie tvorí prevažne ílovitých bridlíc s polohami piesčitých bridlíc až pieskovcov. V spodnej časti súvrstvia sú hrubozrnné pieskovce až mikrokonglomeráty. Ílovité bridlice sú dynamometamorfné zmenené na sivočierne fylity. Priemerná hrúbka je 60 m. Pri južnom okraji hrasti vrt UB-1 v podloží permu chočského príkrovu overil sekvenciu krížňanského príkrovu v hrúbke viac ako 550 m s trojnásobným opakovaním horninového sledu norik – lias, čo potvrdzuje prítomnosť duplexných štruktúr.

Hronikum

Hronikum v priestore žiarskej depresie reprezentuje šturecký príkrov. V južnej časti hrasti sú zastúpené bazálne členy štureckého príkrovu reprezentované horninami karbónu a permu, v strednej časti hrasti

sú rozšírené horniny spodného triasu a v jej severnej časti vystupujú horniny stredného triasu. Pri južnom okraji Žiarskej kotliny karbonátové členy štureckého príkrovu overil vrt St-4. Západne od Žiarskej kotliny séria vrtov v oblasti Vtáčnika (vrt Vtv-10 a ďalšie) a vrt JL-1 pri Janovej Lehote pri severnom okraji Žiarskej kotliny overili horninový komplex paleozoika. Podobne bol horninový komplex permu overený vrtom JP-1 pri východnom okraji Žiarskej kotliny. Uvedené skutočnosti dovoľujú predpokladať rozšírenie horninového komplexu paleozoika zastúpeného sedimentmi permu v prevažnej časti Žiarskej kotliny. Pri severnom okraji Žiarskej kotliny v nadloží čiastkového príkrovu s vývojom paleozoika je vrtom HV-9 overená tektonická jednotka tvorená mezozoickými karbonátmi. Tektonická jednotka chočského príkrovu je overená aj v podloží hornín permu vo vrte JL-1 (pri Janovej Lehote). Z toho vyplýva, že pri severnom okraji Žiarskej kotliny sú v rámci príkrovu hronika prítomné najmenej tri čiastkové tektonické jednotky. Najúplnejšie poznatky o litologických členoch príkrovovej jednotky hronika sú získané z oblasti hodruško-štiavnickej hrasti. V rámci paleozoických hornín je vyčlenené nižnobocianske súvrstvie. Súvrstvie predstavuje cyklicky usporiadané sedimenty s tendenciou hrubnutia v smere nahor. Prevládajúcou faciou sú tmavosivé hrubozrnné pieskovce a drobné zlepenice s vložkami tmavých bridlíc. Hrúbka je zhruba do 250 m. Malužinské súvrstvie vystupujúce v priamom stratigrafickom nadloží tvoria pieskovce, pieskovce s konglomerátmi, piesčité bridlice, bridlice a sedimenty s vulkanickou prímесou. Bridlice sú prevažne fialovosivé, fialovočervené, so zelenosivými šmuhami. Pieskovce sú vytriedené, rovnomerne zrnité, s nízkym obsahom základnej hmoty, zodpovedajú arkózam alebo litickým arenitom s vyšším obsahom redeponovaného vulkanoklastického materiálu. V rámci súvrstvia sú prítomné lávové telesá andezitov až bazaltov a polohy jemnozrnných až hrubozrnných vulkanoklastík. Sporadicky sú prítomné žilné telesá dioritových porfyrítov. Benkovské súvrstvie v oblasti hodruško-štiavnickej hrasti tvoria lavicovité kremenné pieskovce s vložkami piesčitých bridlíc. Pieskovce sú svetlosivé, rovnomerne zrnité, masívne, s horizontálnou a zriedkavejšie šikmou lamináciou. V nepatrnom zastúpení sú prítomné aj medzivložky prachovcov a prachovitých bridlíc.

Vápence sú sivé, masívne aj vrstvomité, často rekryštalizované, prevládajú nad dolomitmi. Stratigraficky zodpovedajú anisu až ladinu. Dolomity sú masívne, zrnité, s častými intraklastikami. Na základe flóry sú stratigraficky začlenené do ladinu. V oblasti Bukovca sú prestúpené žilkami kremeňa, v dôsledku čoho vznikajú kavernózne silicity. Hrúbka súvrstvia je maximálne do 120 m.

Lunzské vrstvy – piesčité bridlice a pieskovce – predstavujú flyšoidné súvrstvie tvorené striedaním stredno- až hrubozrnných pieskovcov s polohami bridlíc. Pieskovce sú sivozelené, ílovité bridlice sú tmavosivé až svetlosivé. Priemerná hrúbka je 50 m. Lunzskými vrstvami sa stratigrafický sled štureckého príkrovu v oblasti hodruško-štiavnickej hrasti končí. Pri severnom okraji Žiarskej kotliny vo vrte JL-1 v podloží jednotky hronika tvorenej horninami mladšieho paleozoika strednú tektonickú jednotku v intervale 1 378 – 1 524 m reprezentujú v spodnej časti tmavosivé až čierne dolomity, miestami slabo vápnité, ktoré na základe mikrofauny zodpovedajú hauptdolomitom (norik). Vyššie nasledujú mikrozrnné a oolitické vápence s občasnými vložkami ílovitých a slienitých bridlíc, ktoré zodpovedajú kössenským vrstvám. Uvedená jednotka na základe prítomnosti dolomitov a korelácie s oblasťou Malachova je označená ako jeden z príkrovov hronika. V jej podloží je v spodnej časti sekvencia mezozoických hornín korelovaná s krížňanským príkrovom. Táto príkrovová jednotka so zastúpením hornín vrchného triasu s hrúbkou okolo 150 m má pravdepodobne väčšie rozšírenie v severnej časti neovulkanického regiónu a tiež v severnej časti Žiarskej kotliny. Geometrické vzťahy medzi jednotlivými jednotkami hronika v oblasti Kremnických vrchov, ako aj poznatky z vrtov (vrt JL-1) vedú k záveru, že spodnú jednotku hronika možno korelovať s príkrovovou jednotkou hronika vystupujúcou v oblasti hodruško-štiavnickej hrasti a vyššia jednotka v jej nadloží pri severnom okraji Žiarskej kotliny a v podloží neovulkanitov Kremnických vrchov tvorená horninami mladšieho paleozoika môže predstavovať v tejto oblasti južnú časť štureckého príkrovu. Pri severnom okraji Žiarskej kotliny vrt HV-9 a ďalšie vrty situované severnejšie overili v podloží neovulkanitov mezozoické horniny s karbonátovým zložením (prevažne dolomity stredného až vrchného triasu), ktoré je možné korelovať najbližšie so stredno- až vrchnotriasovými dolomitmi hronika v širšej oblasti Rematy. Uvedený karbonátový komplex je situovaný pravdepodobne v nadloží jednotky hronika tvorenej mladopaleozoickými horninami a predstavuje v tomto prípade najmladšiu tektonickú jednotku hronika v študovanej oblasti.

NEOGÉN

Spodný bádén

Kordické súvrstvie – bazálne

Na základe poznatkov o geologickej stavbe východných okrajov Kremnických vrchov pri Janovej Lehote predpokladáme, že na báze neovulkanických komplexov v severnej časti depresie sa nachádza zhruba 300 – 500 m hrubé súvrstvie spodného bádenu – kordické súvrstvie. Súvrstvie reprezentujú v spodnej časti neovulkanické pieskovce, siltovce a ílovce, vyššie sú tuftické ílovce a epiklastické vulkanické pieskovce s vložkami uhoľných ílovcov a polohami konglomerátov. V severnej časti kotliny dominujú laminované ílovce, siltovce a jemné pieskovce uložené v morskom prostredí. V smere na juh predpokladáme pokles hrúbky súvrstvia a zmenu litologického zloženia.

Extruzívne dómy pyroxenicko-amfibolických andezitov s granátom

Predstavujú prvé prejavy vulkanickej aktivity stredoslovenských neovulkanitov. Predpokladáme, že v nadloží bazálneho súvrstvia v severnej časti kotliny sa vyskytujú redeponované produkty extruzívneho vulkanizmu pyroxenicko-amfibolických andezitov s granátom prevažne v epiklastickom vývoji. Nevylučujeme ani prítomnosť andezitových telies.

Stredný až mladší bádén

Spodná stavba kremnického stratovulkánu – zlatostudnianska formácia

Do severnej časti kotliny z oblasti Kremnických vrchov zasahuje kremnický stratovulkán. Reprezentuje ho zlatostudnianska formácia, ktorá sa v smere na juh postupne vyklinuje a v južnej časti Žiarskej kotliny je v ekvivalentnej pozícii nahradená spodnou stavbou štiavnického stratovulkánu.

Spodnú stavbu kremnického stratovulkánu – zlatostudniansku formáciu – tvorí propylitizovaný komplex lávových prúdov, ložných intrúzií a vulkanoklastík vystupujúci na povrch sv. od okraja Žiarskej kotliny a stratovulkanický komplex. V oblasti kremnickej hrasti vo vsv. časti kotliny je možné predpokladať prítomnosť efuzívneho komplexu s prevahou lávových prúdov, ktorý pri poklese hrúbky v smere na juh je vystriedaný fáciami vulkanoklastických hornín.

Spodná stavba štiavnického stratovulkánu

V južnej časti kotliny v nadloží bazálneho súvrstvia menšej hrúbky je uložený bádenský komplex spodnej stavby štiavnického stratovulkánu, ktorý v tejto časti dosahuje maximálnu hrúbku asi 1 000 m a viac. V smere na sever jeho hrúbka klesá s postupným prevládnutím vulkanoklastických súvrství nad lávovými prúdmi.

Spodnú stratovulkanickú stavbu štiavnického stratovulkánu budujú lávové prúdy a vulkanoklastiká a prenikajú cez ňu početné ložné intrúzie sillov a lakolítov. Horniny spodnej stavby sú vo veľkom rozsahu hydrotermálne premenené, propylitizované. Cez spodnú stratovulkanickú stavbu prenikajú štokovo-dajkové telesá intruzívneho komplexu Zlatno.

Cez stratovulkanický komplex pri severných okrajoch hodruško-štiavnickej hrasti a v južnej časti kotliny prenikajú početné ložné telesá andezitových porfýrov a štokové telesá granodioritových porfýrov, kemitodioritových porfýrov až dioritov.

Kamenské súvrstvie

Ide o erodované časti spodnej stavby štiavnického a kremnického stratovulkánu. Ich erózia nastala súčasne počas ich vulkanickej aktivity. V tom istom časovom horizonte teda dochádzalo k výlevom vulkanických hornín a zároveň k sedimentácii erodovaných hornín do oblasti Žiarskej kotliny. Kamenské súvrstvie tvoria epiklastické vulkanické pieskovce a zlepence intermediárnych andezitov s polohami brekcií a tufov. Predpokladá sa, že má plošné rozšírenie v celom území Žiarskej kotliny.

Vrchný bádén – spodný sarmat?

Výplň kremnického grabenu – turčecká formácia a formácia Kremnického štítu

V nadloží zlatostudnianskej formácie a spodnej stavby štiavnického stratovulkánu je uložená výplň kremnického grabenu reprezentovaná turčeckou formáciou a na nej uloženou formáciou Kremnického štítu s celkovou hrúbkou vyše 1 000 m. Geologická stavba a litologické zloženie sú dostatočne známe z povrchových odkryvov po oboch stranách kotliny a dovoľujú predpokladať, že obe formácie približne v uvedenej hrúbke pokračujú bez výraznejších zmien v poklesnutej pozícii v rámci žiarskej depresie.

Turčecká formácia v Kremnických vrchoch, resp. formácia Kľackej (staršie Kľakovskej) doliny v pohorí Vtáčnik je uložená variabilne na komplexe andezitov s granátom, prípadne na kordíckom súvrství, na zlatostudnianskej formácii v severnej časti kotliny, prípadne na spodnej stavbe štiavnického stratovulkánu v južnej časti kotliny. Tvoria ju lávové prúdy pyroxenických a leukokratných andezitov s vývojom lávových a hyaloklastitových brekcií, ktoré sa nepravidelne striedajú s polohami redeponovaných pemzových tufov, tufov epiklastických pieskovcov a brekcií s variabilnou zrnitosťou a redeponovaných hyaloklastitových brekcií a konglomerátov. Hrúbka formácie je maximálne 500 – 600 m, v smere na juh sa formácia postupne vyklinuje na komplexoch spodnej stratovulkanickej stavby štiavnického stratovulkánu.

Formácia Kremnického štítu v Kremnických vrchoch, resp. stránsky efuzívny komplex v pohorí Vtáčnik predstavuje vyššiu litostratigrafickú jednotku v nadloží turčeckej formácie. Tvorí rozsiahle, prevažne subhorizontálne uložené lávové prúdy amfibolicko-pyroxenických andezitov veľkej hrúbky, vo vrchnej úrovni často zbrekčovatené. Ojedinele sú prítomné polohy pemzových tufov. Formácia dosahuje hrúbku 200 – 500 m.

Výplň štiavnickej kaldery – studenská formácia

V južnej časti kotliny predpokladáme poklesnutú výplň štiavnickej kaldery tvorenú produktmi studenskej formácie. Výplň štiavnickej kaldery v spodnej úrovni tvorí červenostudnianske súvrstvie a vyššie v jeho nadloží v hrúbke 300 až 500 m je uložená studenská formácia, ktorá zahŕňa produkty vulkanizmu biotiticko-amfibolických andezitov. Lávové prúdy na sv. svahu stratovulkánu pokračujú do južných okrajov Kremnických vrchov.

Vulkanické štruktúry na vonkajších okrajoch štiavnického stratovulkánu

V bezprostrednom nadloží výplne kremnického grabenu v sv. časti územia sú uložené produkty krahulskej formácie reprezentujúce lávové prúdy a vulkanoklastiká biotiticko-amfibolického andezitu, ktoré sú zhruba ekvivalentné studenskej formácii v oblasti štiavnickej kaldery.

V západnej časti územia v podobnej pozícii vystupujú extrúzie hyperstenicko-amfibolických andezitov plešinskej formácie a extrúzie ryolitov novolehotskej formácie.

Stredný až vrchný sarmat

Produkty sarmatského andezitového vulkanizmu

Ležia v nadloží výplne kremnického grabenu a tvoria vrchnú stavbu štiavnického stratovulkánu.

Produkty andezitového vulkanizmu sarmatského veku predstavujú rozptýlené reliktiky lávových prúdov a vulkanoklastík uložené na povrchu starších bádenských komplexov v oblasti štiavnického stratovulkánu, na južných svahoch Kremnických vrchov a v nadloží výplne kremnického grabenu. Výskyt lávových prúdov sarmatského veku v nadloží staršej výplne kremnického grabenu a na povrchu spodnej stratovulkanickej stavby bádenského veku vo výplni paleodolín východne a západne od Žiarskej kotliny dovoľuje predpokladať ich prítomnosť v analogickej pozícii aj v rámci vlastnej kotliny. V oblasti štiavnického stratovulkánu sú produkty sarmatského vulkanizmu uložené na povrchu kalderovej výplne a v rámci paleodoliny na stratovulkanickom svahu sú začlenené do niekoľkých formácií a komplexov.

Štiavnický stratovulkán

Produkty úvodnej explozívnej aktivity – bielokamenské súvrstvie

Predstavujú pemzové a redeponované tufy uložené v spodných úrovniach paleodolín. V nadloží sú prekryté lávovými prúdmi sitnianskeho efuzívneho komplexu a reprezentujú amfibolicko-pyroxenické andezity s biotitom.

Vyššie nasledujú lávové prúdy a vulkanoklastiká breznického komplexu reprezentujúce amfibolicko-pyroxenické a pyroxenické andezity. Uvedené komplexy sú rozšírené na severných a sv. svahoch stratovulkánu.

Pri jz. okraji Žiarskej kotliny na východných svahoch doliny Hrona vystupujú extrúzie amfibolicko-hyperstenických andezitov.

Západne od okraja kotliny sú na starších bádenských komplexoch uložené lávové prúdy žiarskeho efuzívneho komplexu reprezentujúce amfibolicko-pyroxenické andezity.

Na západných svahoch štiavnického stratovulkánu sú uložené zvyšky stratovulkánu menších rozmerov – formácia Markovho vrchu reprezentujúca pyroklastiká a lávové prúdy pyroxenických andezitov.

Rozsiahlejší stratovulkanický masív tvorí vtáčnická formácia reprezentujúca lávové prúdy a vulkanoklastiká pyroxenických a amfibolicko-pyroxenických andezitov pri západnom okraji územia.

Kremnické vrchy

Produkty sarmatského vulkanizmu na južných okrajoch Kremnických vrchov reprezentuje rematská formácia, ktorú charakterizujú lávové prúdy a vulkanoklastiká pyroxenických andezitov. Zasahuje až k severným okrajom Žiarskej kotliny.

Východne od kotliny na jv. svahoch Kremnických vrchov sú uložené produkty sielnickej formácie. Predstavujú ich lávové prúdy a vulkanoklastiká biotiticko-amfibolicko-pyroxenických andezitov. V jej nadloží je turovská formácia reprezentujúca lávové prúdy a vulkanoklastiká pyroxenických andezitov.

Vtáčnické pohorie

Vulkanicko-sedimentárna výplň v južnej časti kotliny dosahuje hrúbku 500 m. Na litologickom zložení súvrstvia sa vo variabilnej miere podieľajú ílovcce, siltovce, sľudnaté pieskovce, redeponované tufy, tufty, epiklastické vulkanické pieskovce s vložkami vulkanických drobných konglomerátov, sľudnaté pieskovce a ojedinelé polohy štrkov s podstatným zastúpením nevulkanického materiálu. Vulkanický materiál petrograficky náleží k pyroxenickým a leukokratným andezitom. Nevulkanický materiál pochádza najmä z hornín kryštalínika, ako sú granitoidy, ruly, amfibolity, kremeň, a menej z mezozoických hornín, ako sú vápence, dolomity a kremence. Litologický charakter súvrstvia zodpovedá vývoju vo fluvialno-limnickom, lokálne až lakustrickom prostredí s trvalým prínosom nevulkanického materiálu.

Vrchný sarmat

Jastrabská formácia – produkty ryolitového vulkanizmu

V nadloží vulkanicko-sedimentárneho súvrstvia stredného až vrchného sarmatu sú uložené produkty ryolitového vulkanizmu jastrabskej formácie. Reprezentujú ich extrúzie, plytké intrúzie (silly, lakolity), lávové prúdy a pestrá škála litologických typov pyroklastických a epiklastických hornín. Ryolitové tufy sú v blízkosti plytkých intrúzií často zeolitizované a bentonitizované. V prostredí ryolitových tufov sú časté telesá limnokvarcitov. Produkty ryolitového vulkanizmu tvoria súvislejšie pásma pri jv. až východnom okolí kotliny. V smere do vnútornejších častí kotliny pozorujeme prechod do súvrstvia s prevahou redeponovaných ryolitových tufov, tuftitov, tuftitických pieskovcov, siltovcov až ílovcov, ktoré priestorovo asociujú s limnokvarcitmi vystupujúcimi v podobe šošoviek až rozsiahlejších a súvislejších doskovitých telies. Prítomnosť siltovcov a ílovcov a zvyšky flóry a fauny v limnokvarcitoch svedčia o sedimentácii v lokálnych jazerných prostrediach. Horniny jastrabskej formácie západným smerom poklesávajú pozdĺž zlomov so zhruba s.-j. orientáciou a západnejšie od Lutily sú prekryté sedimentmi panónu až pontu v hrúbke 50 – 150 m. Západným smerom hrúbka sedimentov narastá až do 300 m.

Panón

Komplex Šibeničného vrchu – záver vulkanickej aktivity

Záverečnú etapu vulkanickej aktivity v oblasti predstavujú telesá bazaltických andezitov komplexu Šibeničného vrchu. Vystupujú pri jv. okraji Žiarskej kotliny v podobe plytkých ložných intrúzií dajok a intruzívnych prienikov prerážajúcich cez produkty ryolitového vulkanizmu.

K uvedenému komplexu náležia aj zvyšky freatopyroklastického kužeľa pod Šibeničným vrchom a lávový prúd pyroxenického andezitu pri Šášovskom Podhradí uložený na ryolitových tufoch a v nadloží prekrytý lapilovými tufmi a brekciami.

Panón – pont

Trubínske súvrstvie – neogénne sedimenty Žiarskej kotliny

Sedimenty trubínskeho súvrstvia sú v západnej a jz. časti kotliny reprezentované striedaním limnických siltov a piesčitých ílov s fluviálno-limnickými štrkami a piesčitými štrkami. Lokálne sú prítomné vložky až súvislejšie polohy lignitu. S lignitmi a uhoľnými ílmi ojedinele vystupujú vložky tmavých limnokvarcitov.

Súvrstvie podľa geofyzikálnych meraní (Bajo et al., 2008) dosahuje hrúbku od 10 m pozdĺž východného okraja kotliny (do oblasti Slaskej už nezasahuje) do 50 až 200 m pozdĺž západného okraja s postupným zhrubnutím až do 400 m v centre kotliny (Lovča, Lovčica-Trubín) a na SZ kotliny (Kosorín). Na juhu kotliny v oblasti toku rieky Hron dosahuje hrúbku 200 až 300 m. Na povrch vystupuje na ploche 9,98 km².

NEOGÉN – PLIOCÉN

Sedimenty pliocénu reprezentujú balvanovité **sedimenty riečnej delty** v severnej časti kotliny pri vyústení Lutilského potoka do Žiarskej kotliny západne od Janovej Lehoty. Tvoria ich balvanovito-blokové klastiká s prevahou ryolitov. Ide o sedimenty riečnej delty vzniknuté pri vyústení toku Lutilského potoka so strmým spádom do ustupujúcej (regresia) sladkovodnej panvy v Žiarskej kotlině.

KVARTÉR

Sedimenty kvartéru v Žiarskej kotlině tvoria hlavne terasové náplavy (štrky, piesčité hliny) rieky Hron. Najvýraznejšie sú zastúpené fluviálne sedimenty súvislej dnovej štrkovej akumulácie a nivných terás. Staršie terasové štrky sú zriedkavé. Rozsiahle plošné zastúpenie v hodnotenom území majú aj hlinité svahoviny. Charakteristika litostratigrafických jednotiek kvartéru je spracovaná na základe *Vysvetliviek ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca* (Konečný et al., 1998).

Nečlenený kvartér

Zosuvy

Plošne najvýraznejšie sú vyvinuté v jz. a západnej časti Žiarskej kotliny, kde sú uložené na ílovitom neogénnom podloží, ale aj priamo v neogénných íloch a siltoch. Hrúbka zosuvných sedimentov podľa geologického opisu hydrogeologických vrstev sa pohybuje v rozmedzí od 1 do 7 m pod povrchom terénu. Plošne zaberajú takmer 5,4 km² hodnoteného územia.

Deluviálne sedimenty

Sutiny, prevažne hlinito-kamenité a kamenité, predstavujú blokoviská vulkanických hornín vzniknutých na plochých povrchoch periglaciálnym rozpadom hornín. Vyskytujú sa v úzkom pruhu pod úpäťm pohoria Vtáčnik na ploche 8,4 km² pozdĺž západného okraja Žiarskej kotliny. Ich hrúbka západne od obce Prestavky dosahuje 10 m.

Deluviálne svahové hliny a hlinité štrky predstavujú plošne najviac zastúpený litologický typ kvartéru na území Žiarskej kotliny. Z celkovej rozlohy územia (99 km²) tvoria až 30,2 km². Na povrchu

vystupujú takmer v celej kotline, s výnimkou oblastí fluviálnych a proluviálnych sedimentov a výstupov neogénnych sedimentov. V oblasti Hornej Ždane dosahujú hrúbku 6,5 m. V malých plošných výskytoch (1 km²) na juhu kotliny vystupujú aj svahové hlinité štrky (resedimentované).

Soliflukčné sedimenty

Predstavujú ich hliny, piesčité hliny a iné sedimenty splachu, všeobecne rozšírené na svahoch, a to takmer vo všetkých zníženinách a úpätiach svahov. V hodnotenom území vystupujú na juhu kotliny, na sever od Žiaru nad Hronom a pod Hornou Ždaňou na celkovej ploche 2,3 km².

Deluviálno-fluviálne splachové (ronové) hliny, piesčité hliny

V hodnotenom území sa vyskytujú len vo veľmi malom plošnom rozsahu (0,15 km²) na severe Žiarskej kotliny.

Nečlenený pleistocén

Fluviálne sedimenty – štrky a reziduálne štrky akumulácie nečlenenej vysokej terasy

Vystupujú v oblasti Lovčice-Trubína v centrálnej časti územia na celkovej rozlohe 0,8 km². Potočné štrky relatívne najnižšej z celkove troch úrovní vysokej terasy južne od Lovčice-Trubína (smerujúce k Lovči na juhu) ležia na ílovitom neogéne chrbtov. Štrky sa zhodujú so štrkami na dvoch vyšších úrovniach lokality. Nad Lovčou (tzv. Panské) sú v úrovni relatívne +95 až 97 m nad Hronom a nadobúdajú viac „hronské“ zloženie: prevaha kremitých hornín (kremence a kremité pieskovce, žilné kremene, metakarcity a iné metamorphy) nad vulkanitmi (navetrané andezity a i.). Hronské štrkové rezíduum je tiež na svahovej teraske severne od Bukoviny (v tzv. Podháji) v úrovni relatívne +87 m nad Hronom.

Stredný pleistocén (staršia časť)

Fluviálne sedimenty vrchnej terasy

Tvoria ich fluviálne štrky a piesčité štrky (akumulácia 2. a 1. vrchnej terasy) a štrky a piesčité štrky, sčasti prekryté finálnymi nivnými hlinami (komplex štrkovej akumulácie bližšie neurčenej vrchnej terasy). Vystupujú v oblasti Žiaru nad Hronom a v centre kotliny v okolí obce Lovčica-Trubín na ploche 1,7 km².

V Žiari nad Hronom na pravobreží Hrona vystupuje najvyššia hronská terasa (t. j. pravobrežná veľká „nadžiarska“ terasa a terasa PD Lutila). Najvyššie terasové štrky Hrona a Lutily (t. j. lutilsko-„nadžiarska“ terasa) majú bázu štrkov (konkrétne v medzipriestore intravilánu mesta Žiar nad Hronom a mestskej časti Lutila) v úrovni 305 m n. m., čo je relatívne asi +60 m nad Hronom. Hronsko-lutilská „nadžiarska“ terasa obsahuje prevažne štrky andezitov a ryolitov prevažne lutilského znosu a iba nepatrne hronský materiál. Hrúbka terasy je 3 – 5 m. Je prekrytá finálnymi nivnými ílovitými hlinami.

V Žiarskej kotline sa zistili z vyššieho (staršieho) stupňa 3 plošinky so štrkami na medzipotočných chrbtov nad obcami Lovča až Dolná Trnávka. Výrazné zvyšky nižšieho (mladšieho) stupňa sú v 2 plošinkách chrbtov nad Lovčou (územia Na panskom a Lipinky), resp. v 2 teraskách na Z až JZ od Bukoviny (v jednej z nich je len rezíduum štrkov).

Relatívna výšková pozícia úrovní báz štrkov nad tokom je pri vyššom stupni v smere toku postupne relatívne +83 až 88 m nad Hronom, +75 až 80 m nad Hronom a +66 až 68 m nad Hronom (v kotline, pravobrežie), +65 až 68 m nad Hronom (dolina Hrona, pravobrežie aj ľavobrežie). Tie isté údaje v prípade nižšieho stupňa sú v smere toku na pravobreží v kotline relatívne +43 až 48 m nad Hronom a +52 až 55 m nad Hronom (oba nad Lovčou), +65 až 70 m nad Hronom a +60 až 62 m nad Hronom (oba nad Bukovinou) a naľavo v doline Hrona +45 až 50 m nad Hronom (Rudno nad Hronom). Z rozboru týchto údajov vyplýva, že najmä pri vyššom stupni je jasná indícia postgenetickej priečnej tektonickej diferenciácie terás po toku, a to pozdĺž zlomových línií Lovčického potoka a v doline Trubínskeho potoka a pod Zákrutami. Sumárna výška skoku pri každom zlome je 8 – 9 m. Analýza údajov o výške nižšieho stupňa pri Bukovine poukazuje na divergenciu a vzrast relatívnej výšky terás pri výstupe Hrona z kotliny. V profiloch sa zistilo, že opísaný nižší stupeň terás svojou genézou predstavuje v Lovči a Bukovine vždy dvojicu samostatných podstupňov v terasovom systéme. Pri vyššom stupni sa zachovala hrúbka štrkových akumulácií asi 2 – 5 – 7 m (oblasť Lovče). Pri nižšom stupni je terajšia hrúbka terasových akumulácií okolo 5 m (3 – 6 m).

Proluviálne sedimenty

Vystupujú na severe hodnoteného územia v okolí Janovej Lehoty. Tvoria výrazné náplavové kužele hlinitých štrkov s úlomkami hornín na ploche 2 km². Výnosové sedimenty plynule nadväzujú na akumuláciu vrchných terás, s ktorou sú zhodne datované.

Stredný pleistocén (mladšia časť)

Fluviálne sedimenty strednej terasy

Stredné terasy v hodnotenom území pozostávajú z troch samostatných terás, a to akumulácie 1. strednej terasy, 2. strednej terasy a 3. strednej terasy. Všetky čiastkové terasy sú tvorené fluvialnými piesčitými štrkami a sedimentácia každej je zakončená fluvialnými hlinami. Stredné terasy spolu s proluviálnymi náplavovými kuželmi pokrývajú odkrytú plochu 6,3 km².

Akumulácia 1. strednej terasy. – Tvoria ju fluvialne štrky a piesčité štrky a ako vrchný horizont vystupujú fluvialne nivné hliny a piesčité hliny.

V Žiari nad Hronom vystupuje výrazná „hornožiarska“ čiže vyššia žiarska mestská terasa (územie zhruba v tzv. novom, t. j. hornom Žiari nad Hronom, hlavná mestská úroveň). Jej štrky podľa údajov z vrtov a občasných výkopov sa smerom dovrchu končia vrstvou finálnych nivných hĺn, pokrytou mladšími soliflukčnými hlinami. Finálne nivné hliny komplexu terasy (dosahujú hrúbku 4 – 6 m, odhadom až 8 m) litofaciálne tvoria siltovité až ílovité piesčité hliny, svetlejšie sivohnedé, tuhšej konzistencie.

V Žiarskej kotline sa vyskytujú zväčša izolované zvyšky terás, a to v kotline na plochých chrbtoch na sever od Lovče až na SV od Dolnej Trnávky (4 výskyty). Vo výskytoch pri Lovči a Dolnej Trnávke je báza štrkov v úrovni relatívne +35 až 38 m nad Hronom. Štrková akumulácia terasy sa zachovala obvykle v hrúbku 3 – 6 m (v kotline aj doline). Na štrkoch akumulácie (Lovča – Dolná Trnávka) je zachovaná miestami 2 – 4 m hrubá vrstva svetlohnedých uľahnutých nivných hĺn. Sedimenty terasy tvoria polymiktne piesčité štrky, prevažne stredné až hrubé (2 – 5 – 10 cm), stredne až dobre opracované, sčasti najmä selektívne navetrané (granitoidy, andezity).

Akumulácia 2. strednej terasy. – Tvoria ju fluvialne piesčité štrky a štrky a ako vrchný horizont vystupujú hliny, piesčité hliny a jemnozrné piesky s prímiesou drobných štrkov.

V Žiari nad Hronom ide o terasu v meste Žiar nad Hronom („dolnožiarska“ čiže nižšia mestská sídelná terasa v Žiari nad Hronom, ďalej už iba s oficiálnym názvom „žiarska terasa“). Vyskytuje sa tu aj na ľavobreží (pozdĺž hlinikárne Závody SNP). Výskyty štrkov akumulácie zrejme rovnakej terasy sú aj v prítokových dolinách potokov, v priestore na S a SV od mesta – dolina potoka Lutila v Žiari nad Hronom. V žiarskej terase (v meste) sú štrky všade uložené na úrovni relatívne +15 až 18 m nad Hronom. Štrková akumulácia má v prihronskom okrajovom terasovom svahu hrúbku okolo 4 m (resp. až 8 m), no smerom dovnútra terasy dosahuje až 12 m. V ľavobrežnej terase pozdĺž cesty okolo Závodov SNP sú štrky hrubé asi do 7 – 8 m (obvykle 5 – 8 m). V prítokových dolinách pri Žiari nad Hronom je zistená hrúbka štrkov v priemere 3 – 5 m, no ich báza leží relatívne iba +7 až 8 m nad tokmi potokov.

V Žiarskej kotline sa štrkový a hlinitý komplex hlavného terasového stupňa vyskytuje vo zvyškoch terasy v kotline (v obci Lovča 3x, v Dolnej Trnávke 4x a v Bukovine 2x). Sú pravobrežné, zväčša majú štrkovú aj hlinitú fluvialnú akumuláciu. V kotline je báza terasových štrkov pravobrežia relatívne +18 až 20 m nad Hronom. Sedimenty terasy sú zastúpené akumuláciami štrkových aj hlinitých náplavov.

Akumulácia 3. strednej terasy. – Tvoria ju fluvialne piesčité štrky a štrky s pokryvom mladších splachov a ako vrchný horizont vystupujú prachovité hliny.

V Žiari nad Hronom sú iba drobné obojbrežné výskyty terasy (v kotline je lokálne vytvorený ešte aj znížený podstupeň, v obidvoch prípadoch končiaci sa usadením hrubej vrstvy finálnych nivných hĺn). Zvyšky terasiiek sú aj v prítokových dolinách potokov z okrajov Kremnických vrchov – po vytýčenú hranicu regiónu sú v lokalitách Stará Kremnička (kryté splachmi) a Lutila. Hronska štrková akumulácia v terase má bázu v úrovni relatívne +5 až 6 m nad Hronom, hrúbka štrkov je okolo 5 m. Z dvoch lokálne vytvorených podstupňov terasy v Žiari nad Hronom (a nižšie po Hrone) sú podobné údaje, ale spolu v jednom profile (+4 a 0 m nad Hronom, ďalej asi o 2 m menej). Podľa stupňa druhotnej erozívnej redukcie hodnôt majú štrky oboch podstupňov terasy v Žiari nad Hronom, t. j. zníženého („podstupeň hlinikárne“) i základného, charakteristicky kolísavú hrúbku (4 – 10 m). Štrky zníženého podstupňa (najmä hlinikárne)

sú hrubé 3 – 6 m. Potočné terasky Lutily majú akumuláciu štrkov v hrúbke asi 4 – 6 m, ich báza je zhruba v úrovni povrchu potočnej nivy (t. j. +1 až 2 m relatívne nad tokom potokov).

V Žiarskej kotline je štrkový a hlinitý komplex fluviálnych sedimentov tejto terasy Hrona základom intravilánu obcí situovaných po okraji terasového územia (najmä pravobrežného) – Lovča, Dolná Trnávka a Dolná Ždaňa. Ďalšie výskyty sú v Bukovine a na ľavobreží Hrona (Lehôtka pod Brehmi – obec, Hliník nad Hronom, Bzenica). V Lovči (tzv. lovčická terasa) je časť terasových štrkov prekrytá splachovými hlinami. Vrstvy finálnej hlinitej akumulácie terasy sú dobre vyvinuté na štrkoch pri Dolnej Trnávke a Dolnej Ždani. Väčšina výskytov akumulácie je zvodnená (intravilány obcí).

Proluviálne sedimenty

Vystupujú na severe a juhozápade hodnoteného územia. Tvoria výrazné náplavové kužele hlinitých štrkov s úlomkami hornín na ploche 1,4 km². V severnej časti kotliny sú lokalizované 3 kužele v potokoch vytekajúcich z Kremnických vrchov – 1 v Lutilskom potoku, najmä v Janovej Lehote a okolí, 2 kužele na S a SV od Kosorína (zdrojové toky Kosorínskeho potoka – Biely potok a Čierny potok). Sediment v Janovej Lehote reprezentujú slabo vytriedené hlinité štrky, prevažne hrubo- a strednozrnné, menej veľmi hrubé až balvanovité, výlučne andezity, menej opracované štrky, lokálne aj svetlosivohnedá hlinitá prímies v drobnej frakcii. Proluviálne sedimenty náplavových kužel'ov sú na mape vyznačené v kotline aj vo vlastnej doline Hrona (Dolná Trnávka, Dolná Ždaňa, medzi Lehôtkou pod Brehmi a Hliníkom nad Hronom a v Bzenici). Podľa pozičného a materiálového vzťahu k terasám ich považujeme za rovnaké ako v komplexe akumulácií lovčickej terasy (od ktorých sa líšia značne nevytriedeným zrnom). Opísané proluviálne sedimenty sú teda porovnateľné s najmladšou čiže 3. strednou terasou.

Vrchný pleistocén

Fluviálne sedimenty dnovej štrkovej akumulácie a nízke terasy

Tvoria ich piesčité štrky a ako vrchný horizont vystupujú hliny a hlinité štrky.

Ide o fluviálne akumulácie (koniec pleistocénu) vyplňajúce súvislé dna všetkých väčších dolín tohto územia, predovšetkým široké dno doliny Hrona. Sú to najrozšírenejšie sedimenty kvartéru územia, ktoré sú ale takmer celoplošne prekryté (v tzv. dolinných nivách) nivnými jemnozrnnými, zväčša hlinitými náplavmi holocénu. Na povrch terénu štrková dnová výplň vystupuje iba v pásoch okrajových zvyškových vyvýšených stupňov, t. j. mimonivných tzv. nízkych terás (v nich majú dnové štrky zachovaný zhruba svoj pôvodný akumulčný povrch). Zvyšky nízkych terás sa často vyskytujú v doline stredného Hrona, v kotline i mimo nej. Ich povrch je zväčša štrkový, no miestami ho budujú aj fluviálne pokryvy hlin a hlin so štrkami. Báza dnovej štrkovej výplne na Hrone leží v úrovni asi od –3 (4) m a s poklesom do –5 (6) až –8 m pod priemernou kótou hladiny toku. Hrúbka vlastnej štrkovej akumulácie sa pohybuje v nive obvykle od 5 do 9 m, v nízkych terasách dosahuje 8 až 10 m. Celková rozloha dnových sedimentov vrchného pleistocénu odkrytých na povrchu je 2,3 km².

Proluviálne sedimenty vrchného pleistocénu

Tvoria výrazné náplavové kužele hlinitých štrkov s úlomkami hornín na severe a severozápade Žiarskej kotliny. Proluviálno-fluviálne sedimenty (t. j. s prechodnou genézou) vytvárajú rozsiahle kužele v Dolnej Ždani. Proluviálne sedimenty náplavových kužel'ov sú najčastejšie (Dolná Ždaňa, Bukovina, medzi Lehôtkou pod Brehmi a Hliníkom nad Hronom, Lehotský potok v Janovej Lehote). Materiál proluviálno-fluviálnych sedimentov je prevažne štrkový a hronský, s väčšou či menšou prímiesou hlin a miernym obsahom klastík, len málo vytriedený. Pozorujeme miešanie hronského materiálu (kremité horniny, metamorfity, granitoidy, resp. vápence) s miestnym materiálom potokov, ktoré prinášali materiál vulkanických hornín. Prolúviá náplavových kužel'ov majú dominujúce zastúpenie miestnych vulkanitov (andezity), zriedkavé sú kremence (Janova Lehota). Sú málo vytriedené, prevažujú v nich klastiká a zastúpenie hlin je v nich variabilné. Výnosové sedimenty plynule nadväzujú na štrkovú dnovú akumuláciu, s ktorou sú zhodne datované. Celková rozloha proluviálnych sedimentov vrchného pleistocénu je 0,75 km².

Pleistocén – holocén

Fluviálne piesčité štrky

Štrky tohto prechodného veku sú príznačné pre sever Žiarskej kotliny. Tvoria výplň nivného dna na horných tokoch niektorých väčších potokov v kotline, lebo pre značný spád toky už na prelome glaciálu a postglaciálu prvotnú štrkovú výplň dna rozplavili (napr. Lehotský potok v Janovej Lehote, Kosorínsky potok s obidvomi zdrojmi v Kosoríne). Sedimenty pozostávajú takmer výlučne z vulkanitov (andezity), v Janovej Lehote sú aj zriedkavé kremence. Celková rozloha fluvialných sedimentov pleistocénu až holocénu je 0,6 km².

Holocén

Organické fluviálne humusovité hliny a kaly

Vyskytujú sa v dolinných nivách a ich zníženinách (najmä v zamokrených pramenných panvičkách nív potokov). Typické sú pod úpäťm Vtáčnika v Žiarskej kotline na ZJZ od Lovčice-Trubína (najmä na území nazývanom Úsušie). Celková rozloha organických sedimentov je 0,7 km².

Proluviálne nivné hliny a piesky holocénu plochých náplavových dejekčných kužeľov

Nachádzajú sa pozdĺž toku Lutily pri Žiari nad Hronom. Podiel nevytriedeného a miestneho štrkovitého úlomkovitého materiálu je pre tieto kužele príznačný. Priamo v Žiari nad Hronom hliny so štrkami budujú ojedinelý plochý náplavový kužeľ výnosu z doliny do telesa „hornožiarskej“ mestskej terasy nasadajúci na povrch holocénnych nivných hĺn pravobrežia Hrona (ide o kužeľ mladšieho holocénu). V najmladších prolúviách prevládajú nivné hliny v drobných kužeľoch situovaných do potočných dolínok prítokov Hrona v kotline pri Dolnej Trnávke (pozične na vyššej nive Hrona – opäť ide o prolúvium mladšieho holocénu). Celková rozloha prolúviálnych sedimentov holocénneho veku je 0,25 km².

Fluviálne nivné hliny a piesčité hliny

Alúvium je vyvinuté vo všetkých stredných a dolných častiach horských potokov Žiarskej kotliny, najvýraznejšie v okolí rieky Hron. Všeobecne prevládajú hliny, lokálne hliny s pieskom, v horských potokoch hlinito-štrkovité sedimenty. Celková rozloha fluvialných nivných sedimentov holocénu odkrytých na povrchu je 23,6 km².

Fluviálne nivné hliny a piesčité hliny

Nižšia niva Hrona sa nachádza iba v južnej časti obce Dolná Trnávka, na dolnom toku Zákrut a na sever od Breznice. Ide o nerozčlenené postglaciálne náplavy s prevahou hĺn a piesčitých hĺn. Celková rozloha fluvialných nivných sedimentov nižšej nivy Hrona holocénneho veku je 0,2 km².

Hrúbka všetkých opísaných akumulácií holocénu spravidla nepresahuje hrúbku viac ako 1 – 2 m a zväčša sú uložené na povrchu erodovanej dnovej štrkovej akumulácie pleistocénu.

Antropogénne navážky recentného veku

V hodnotenom území ich predstavuje skládka odkaliska a odpadu z výroby hlinikárne v Žiari nad Hronom a dve menšie polohy v Žiari nad Hronom v meste so sumárnou rozlohou 0,65 km².

2.4.3. Geologicko-tektonická stavba územia

Žiarska kotlina predstavuje depresiu grabenového typu vymedzenú z východnej a západnej časti priebehom zlomov ssv.-jjz. smeru. Z južnej strany od hodruško-štiavnickej hrasti ju oddeľuje zlomová zóna sv.-jz. smeru a zo severu zlomový systém zhruba v.-z. smeru. Žiarska depresia, ako už bolo uvedené, je naložená na starší kremnický graben, od ktorého je v severnej časti oddelená zlomovou zónou so zhruba v.-z. priebehom. Výplň grabenu je rozčlenená početnými zlomami. Horninové komplexy zodpovedajúce výplni kremnického grabenu pokračujú v podloží mladších vulkanicko-sedimentárnych komplexov v poklesnutej pozícii v rámci Žiarskej kotliny.

Tektonický vývoj intravulkanickej kotliny prebiehal synchronne s vulkanickou aktivitou počas sarmatu až panónu a subsidenčné pohyby pokračovali aj v mladšom období.

Na základe interpretácie geofyzikálnych meraní sa predpokladá, že depresia má asymetrický charakter, s väčšou intenzitou poklesnutia v západnej časti s pravdepodobnou maximálnou hĺbkou podložja až 2 500 m. Z toho vyplýva, že žiarska depresia v rámci regiónu stredoslovenských neovulkanitov predstavuje depresnú štruktúru s najväčšou intenzitou poklesnutia predterciérneho podložja.

Pri južnom okraji Žiarskej kotliny vystupuje horninový komplex štiavnického stratovulkánu, oddelený od výplne kotliny mohutným zlomovým pásmom, ktoré predstavuje súčasné severné obmedzenie hodruško-štiavnickej hrasti. V oblasti hodruško-štiavnickej hrasti sú denudačným zrezom obnažené spodné úrovně štiavnického stratovulkánu vrátane intruzívnych komplexov a vo väčšom rozsahu aj horniny predvulkanického podložja.

Zlomové pásmo so sv.-jz. priebehom využité v období vrchného sarmatu pri výstupe produktov ryolitového vulkanizmu pokračuje pri východnom okraji kotliny a postupne sa stáča do ssv.-jjz. smeru.

V období vrchného sarmatu v priebehu subsidencie žiarskej depresie a pri počiatočných pohyboch v súvislosti s formovaním štruktúry hodruško-štiavnickej hrasti vystúpili ryolitové masivy pozdĺž zlomového systému pri západnom okraji hrasti a pokračujúcom pri jv. a východnom okraji Žiarskej kotliny na sever. Ryolitové telesá pri výstupe využili aj západnejšie situovaný zlomový systém so s.-j. priebehom prevažne ako formy extruzívneho typu a zlomový systém ssv.-jjz. smeru v oblasti hodruško-štiavnickej hrasti.

2.5. ČINNOSŤ ČLOVEKA, VÝZNAMNE OVPLYVŇUJÚCA HYDROGEOLOGICKÉ A HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY ÚZEMIA

Geografická poloha a prírodné danosti Žiarskej kotliny vytvárajú predpoklady na osídlenie človekom. V danom priestore kotlina predstavuje komunikačný uzol, kde sa prepájajú komunikačné spojenia vedúce dolinou Hrona s cestami do banských oblastí (Banskej Štiavnice a Kremnice) s prepojením na Prievidzu. Tieto možnosti využívajú aj moderné dopravné stavby, železnica, hustá cestná sieť a v poslednom čase aj spojenie diaľničného charakteru. Sústredenie obyvateľstva v kotline a dostatok úžitkovej plochy s dobrým dopravným spojením vytvorilo predpoklady na budovanie priemyslu. Najvýznamnejším a zároveň najväčším producentom odpadu v hodnotenom území je závod na výrobu hliníka v Žiari nad Hronom s názvom ZSNP, a. s.

V Žiarskej kotline sú zastúpené všetky kategórie vplyvov na kvalitu vody vrátane znečistenia zrážkovou vodou. Ide o vysoko antropogénne ovplyvnenú oblasť (Vozár et al., 1998).

Najvýraznejšie znečisťovanie povrchovej a podzemnej vody spôsobuje vypúšťanie priemyselných a splaškových odpadových vôd. Ďalšími zdrojmi znečistenia sú pevný odpad vo forme hromadných skládok alebo divoké skládky, často situované v korytách alebo na brehoch vodných tokov.

Hlavné bodové zdroje znečistenia vody v území Žiarskej kotliny (podľa Vozára et al., 1998):

Odpadová voda:

- Závody SNP, a. s., v Žiari nad Hronom – produkujú vysoko alkalickú odpadovú vodu z hlinikárne, bohatú na organické a toxické látky, niektoré s karcinogénnymi, teratogénnymi a mutagénnymi vlastnosťami,
- Mestské a obecné kanalizácie bez ČOV,
- StVaK, š. p., Banská Bystrica – ČOV Žiar nad Hronom,
- ŽSR Bratislava – Hronská Dúbrava,
- StVak, š. p., Banská Bystrica – VK Hliník nad Hronom,
- ZŤS Hliník nad Hronom,
- StVaK, š. p., Banská Bystrica – ČOV Horná Ves,
- PaC, a. s., Hliník nad Hronom,
- PD Lovčica-Trubín,
- RD Janova Lehota, stredisko Kosorín,
- PD Vtáčnik Dolná Trnávka, stredisko Horná Ždaňa.

Skládky priemyselného odpadu (haldy, odkaliská), skládky TKO:

- skládka (odkalisko) kalov z výroby hliníka (červený a hnedý kal) – na skládke dochádza k vylúhovaniu alkálií použitých pri výrobe hliníka,
- skládky TKO a divoké skládky, situované prevažne do korýt vodných tokov.

Odpad z poľnohospodárskej výroby:

- PD Lovčica-Trubín,
- PD Žiar nad Hronom,
- RD Janova Lehota, stredisko Kosorín,
- PD Vtáčnik Dolná Trnávka, stredisko Horná Ždaňa.

Hlavné plošné zdroje znečistenia vody:

- areál, odkalisko, škvarové pole a skládky hlinikárne ZSNP, a. s., v Žiari nad Hronom,
- poľnohospodárske zdroje znečistenia, veľkokapacitné chovy.

Podnik ZSNP, a. s., na výrobu hliníka v Žiari nad Hronom

Závod na spracúvanie bauxitu na výrobu primárneho hliníka bol v Žiari nad Hronom založený v roku 1951 pod názvom Kovohuty Hron, n. p. V roku 1954 sa zmenil názov podniku na Závod Slovenského národného povstania. V 90. rokoch 20. storočia prešiel závod rozsiahlou modernizáciou výroby a výstavbou nových výrobných hál za spoluúčasti firiem Hydro Aluminium, a. s., a Svalco, a. s. (<http://www.svalco.sk>). V roku 2002 závod privatizovala skupina Penta a názov Závod Slovenského národného povstania, a. s., sa zmenil na ZSNP, a. s. Následne prebehla rozsiahla reštrukturalizácia spoločnosti a vytvorili sa rôzne dcérske spoločnosti. V súčasnosti väčšinovým vlastníkom je ZSNP, a. s. v Žiari nad Hronom a menšinovým nórška spoločnosť Hydro aluminium, a. s. Závody si naďalej ponechávajú názov ZSNP, a. s. (<http://www.zsnp.sk>).

Skládka červených a hnedých kalov z výroby hliníka v ZSNP, a. s. (odkalisko)

Tesne pri ceste zo Žarnovice pred Žiarom nad Hronom sa nachádza veľká skládka kalov. Tieto červené a hnedé kaly sú produktom výroby hliníka v závode ZSNP, a. s. Celkovo sú kaly nevyužiteľné, len ako sprievodná zložka sa z nich získava gálium (Blaško, 1994). Odkalisko má rozlohu 42 ha, dosahuje výšku 42 – 45 m nad okolitým terénom a množstvo uskladneného odpadu sa odhaduje na 8,0 – 8,5 mil. ton. Voda zo skládky sa kolektormi a zbernými rigolmi transportuje do akumuláčnej nádrže. Odtiaľ sa recykluje do závodu Kysličníkareň, kde sa využíva na technologické účely a na opätovnú hydraulickú prepravu odpadu. Výsledky geologického a hydrogeologického prieskumu uskutočneného v rokoch 1985 – 1987 preukázali, že hranica znečistenia okolia alkáliami sa nachádza vo vzdialenosti 1 400 – 1 600 m od päty skládky a rozširuje sa v smere prúdenia podzemnej vody rýchlosťou 35 – 40 m za rok. V roku 1992 sa začala izolácia odkaliska pomocou 60 cm hrubej nepriepustnej clony v celom obvode skládky (3 000 m), zapustenej do nepriepustného podlažia (hlbka 12 – 17 m). Koeficient filtrácie steny $k = 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a jej stabilitu a účinnosť zaisťuje technicky vytvorený záporný hydraulický gradient v zberných rigoloch na oboch stranách clony (vtok do odkaliska). Na odkalisku sa urobila aj biologická rekultivácia zalesnením (Vozár et al., 1998).

Ovplyvnenie podzemnej vody presakujúcimi roztokmi z odkaliska kalov je podľa Blaška (1994) takéto:

- znečistenie podzemnej vody v smere jej prúdenia až do vzdialenosti 5 km od skládky presakujúcimi vysoko alkalickými roztokmi (pH 10 až 13) s vysokou koncentráciou As (161-krát presahujúca medznú hodnotu), humínovými látkami, fekáliami, amoniakom, dusitanmi a fosforom,
- znečistenie horninového prostredia – pôda, alúvium Hrona, terasy Hrona, neogénne podlažie,
- potenciálne ohrozenie kvality lokálnych zdrojov pitnej vody vybudovaných v alúviu Hrona.

Najhoršiu kvalitu povrchovej a zároveň podzemnej vody v rámci Žiarskej kotliny dosahujú aluviálne náplavy Hrona v celej dĺžke hodnoteného územia (Otepka et al., 1993). V celom území prevažujú zhoršené kvalitatívne ukazovatele prírodných vôd, ktoré sú výsledkom antropogénnej činnosti (výroba hliníka v Žiari nad Hronom, úpravníctvo a pod.). Na chemickom zložení snehu sa v Žiarskej kotline najviac uplatňujú lokálne zdroje znečistenia. Najvyššiu mineralizáciu a relatívne vysoké hodnoty toxických kovov majú vzorky snehu v blízkosti hlinikárne v Žiari nad Hronom. Zvýšená rádioaktivita sa vyskytuje v pleistocénnych sprašiach a sprašových hlinách Žiarskej kotliny. Naopak, nízku hodnotu rádioaktivity majú kvartérne náplavy Hrona a územie medzi Lovčicou-Trubínom a Janovou Lehotou. V celom území Žiarskej kotliny je relatívne kvalitná poľnohospodárska pôda. V okolí Hliníka nad Hronom a Žiaru nad Hronom sa zistil zvýšený obsah organických látok (pesticídy, uhľovodíky). Ako geologický faktor pôsobia ložiská hutníckych, žiaruvzdorných a keramických surovín v okolí Slaskej a Lutily.

V súčasnosti sa alkalická voda z odkaliska čistí dvomi nezávislými technológiami na vysokej technickej úrovni. Odkalisko je uzavreté a od roku 2006 sa začali na odkalisku rekultivačné práce s predpokladaným trvaním realizácie 6 rokov (<http://www.zsnp.sk/genPage.php?id=34>).

Najvýraznejším dôsledkom činnosti človeka v území bolo zaniknutie obce Horné Opatovce v roku 1969. Obec zanikla v dôsledku neúnosných životných podmienok vplyvom produkcie popolčkov, fluorovodíka, ortuti a arzenu z vtedajšieho Závodu SNP, dnes ZSNP, a. s. Vtedajšie územie obce s prvou písomnou zmienkou v zázname beňadického opátstva z roku 1253 a názvom terra Apáthy de Grana bolo v roku 1969 pričlenené k mestu Žiar nad Hronom. Vyst'ahovanie 1 380 obyvateľov obce trvalo takmer 10 rokov a sprevádzali ho len skromné náhrady domov. Obyvatelia sa sťahovali za prácou hlavne do Žiaru nad Hronom a Hliníka nad Hronom. Na mieste bývalej obce dnes stojí skládka odpadu a v jej strede ako memento starý opustený kostol bývalých Horných Opatoviec.

3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA

3.1. SÚČASNÝ STAV HYDROGEOLOGICKEJ A HYDROGEOCHEMICKEJ PRESKÚMANOSTI ÚZEMIA

HYDROGEOLOGICKÁ PRESKÚMANOSŤ

Prvé hydrogeologické práce v neovulkanitoch riešené v 30. rokoch 20. storočia boli zamerané na výskyt minerálnej a termálnej vody (Kettner, 1929; Matějka, 1933 in Škvarka et al., 1971), určenie pôvodu termálnej vody a stanovenie jej ochranných pásiem (Mahel', 1949 in Škvarka et al., 1971). Nasledovala etapa významných regionálnych výskumov, ktoré sú zosumarizované v nasledujúcom texte.

PRÁCE REGIONÁLNEHO CHARAKTERU

Pulec (1966) hodnotil ílovité sedimenty Žiarskej kotliny. Na základe mineralogicko-petrografického zloženia vyčlenil štyri skupiny ílových sedimentov:

- bentonitizované ryolitové tufy na limnokvarcitovom ložisku Stará Kremnička-Kotlište;
- silne piesčité až plastické bentonitické íly, ktoré ležia v nadloží bentonitizovaných ryolitových tufov ložiska Stará Kremnička-Kotlište;
- tufitické íly, piesčité a plastické íly, uhoľné íly, silicifikované, na limnokvarcitovom ložisku Stará Kremnička-Kotlište, medzi Podhájom, Lutilou a Slaskou;
- piesčito-aleuritické íly a ílovce s preplástkami lignitu, ktoré tvoria hlavnú časť sedimentárnej výplne kotliny.

V Žiarskej kotline sa bentonity často nachádzajú v nadloží alebo podloží limnokvarcitových polôh, ale autor nepredpokladá ich syngenetický vznik. Primárny proces bentonitizácie na ložisku Stará Kremnička sa viaže na premenu ryolitových tufov. Bentonitizácia tu nastala cirkuláciou povrchovej vody cez ryolitové tufy ležiace medzi hlavnou a vrchnou limnokvarcitovou polohou.

Böhm (1962) hodnotil hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny. V rámci úlohy zmapoval 38 prameňov, z toho 6 minerálnych prameňov preplynených CO₂ a 4 pramene preplynené H₂S. Súčasťou správy je mapa hydroizohýps aluviálnych náplavov Hrona, ktorá dokumentuje drénovanie podzemnej vody kotliny pozdĺž celého úseku rieky Hron. Autor predpokladá, že na 1 km brehovej čiary skryto prestupujú z náplavov do rieky 4 l . s⁻¹. Na celom úseku Žiarskej kotliny odhadol skrytý prítok podzemnej vody do rieky Hron na 160 l . s⁻¹.

Böhm a Pospíšil (1964) pri hodnotení hydrogeologických pomerov na území listu Žiar nad Hronom uviedli z povodia Hrona špecifický odtok 0,58 l . s⁻¹ . km². Podobne ako pri našom mapovaní zaznamenali v letných mesiacoch v oblastiach bez lesného porastu výrazný výpar z povrchových tokov, keď dochádza až k úplnému vyschnutiu koryta vodného toku. Ide o tzv. občasné toky.

Škvarka (1969a, b) sa zaoberal možnosťami získania nových vodných zdrojov v stredoslovenských neovulkanitoch. Ako najvhodnejšie oblasti z hľadiska zvodnenia označil poruchové zlomové zóny a porózne vulkanické sedimenty.

Škvarka et al. (1971) v rokoch 1965 – 1970 realizovali základný hydrogeologický výskum neovulkanitov Slovenska a ich podložia, ktorý vyvrátil dovtedy prijímaný predpoklad, že neovulkanity nemajú schopnosť akumulovať významné zásoby podzemnej vody. Zistilo sa, že aj v neovulkanických horninách možno vykonávať regulovaný odber podzemnej vody na vodárenské využitie, najmä v oblastiach chudobných na vodné zdroje.

Forgáč (1971) skúmal geologický a tektonický styk Žiarskej kotliny s pohorím Vtáčnik a Kremnickými vrchmi. Zdokumentoval, že sedimenty neogénu Žiarskej kotliny zasahujú hlbšie do pohoria Vtáčnik a Kremnických vrchov, ako je ich ohraničenie na povrchu, a striedajú sa tu s produktmi vulkanizmu. Žiarska kotlina sa teda pravdepodobne začala tvoriť pred erupciami druhej andezitovej fázy so sústavným poklesávaním kotliny v priebehu vulkanickej činnosti.

Franko et al. (1971) sa ako prví venovali geotermálnemu prieskumu Žiarskej kotliny. Predpokladali, že termálna voda vyskytujúca sa v blízkom okolí kotliny (Kováčová, Vyhne, Sklené Teplice) viazaná na

vápencovo-dolomitické komplexy stredného a vrchného triasu bude aj v podloží neogénnych sedimentov Žiarskej kotliny. Predpokladali, že termálna voda sa vyskytuje aj v priepustných vrstvách terciérnej výplne. Na potvrdenie tohto predpokladu navrhli realizáciu vrtov v centrálnej časti depresie kotliny, v jv. okraji kotliny medzi Hornými Opatovcami a Ladomerskou Vieskou a v území pri severnom okraji kotliny na sever od obce Slaská.

Škvarka (1974) hodnotil zvodnenie zlomových línií neovulkanitov Slovenska. Na základe geologico-tektonickej stavby predpokladá viazanie podzemnej vody v troch štruktúrach – v zóne zvýšenej puklinovitosti skalného masívu, v poróznych vulkanických sedimentoch a na výrazných zlomových pásmach. Autor situoval hydrogeologické vrty do troch hlbinných zlomových pásiem – do zázrivsko-budapešťianskeho zlomového pásma medzi Zvolenom a Krupinou, zlomového pásma oddeľujúceho neovulkanické horniny Štiavnických vrchov od čajkovsko-pukaneckej depresie a zlomového pásma oddeľujúceho pohorie Pohronský Inovec od Zlatomoravskej kotliny. Všetky vrty potvrdili dobré až vysoké zvodnenie ($10 - 70 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) otvorených zlomových línií v hĺbke približne od 40 do 100 m a prítomnosť priaznivých hydrogeologických štruktúr. Tým zároveň vyvrátili predpoklad o nízkom zvodnení neovulkanitov.

Škvarka a Gazda (1974) hodnotili Žiarsku kotlinu na základe jej výplne málo priepustnými až nepriepustnými sedimentmi ako málo priaznivú na akumuláciu väčších zdrojov podzemnej vody. Medzi Žiarom nad Hronom a Lutilou vyčlenili hydrogeologickú štruktúru s predpokladanou výdatnosťou do $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Ako najpozitívnejšie oblasti z hľadiska zvodnenia označili okrajové časti kotliny na tektonickom styku s okolitými pohoriami. Dokumentuje to vrt HŽ-11 v Revištskom Podzámčí (obec pričlenená k Žarnovici). Do roku 1974 nebolo zachytené výrazné zlomové pásmo na styku kotliny so Štiavnickými vrchmi.

Džuppa (1977) realizoval na území Žiarskej kotliny geofyzikálny prieskum, ktorý umožnil vyčleniť rozšírenie rôznych litologických typov hornín s cieľom neskoršieho návrhu hydrogeologických vrtov.

Kullman et al. (1978) zhodnotili hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny v rámci základnej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 200 000 na liste Banská Bystrica.

Dovina et al. (1980) v rámci základného hydrogeologického výskumu Štiavnických vrchov charakterizovali aj hydrogeologické pomery neogénu Žiarskej kotliny a tektonický styk Štiavnických vrchov so Žiarskou kotlinou. Tektonický styk (vyhniansko-ihráčsky alebo sklenoteplisko-ihráčsky zlomový systém) hodnotili geofyzikálnymi metódami a hydrogeologickými vrtmi, z ktorých neboli pozorované prejavy priepustnej zlomovej línie. Na tektonickom styku nepozorovali vývery podzemnej vody, ktoré by boli viazané na zlomové pásmo.

Škvarka (1980) v rámci hodnotenia hydrogeologických pomerov Žiarskej kotliny vymedzil štyri hydrogeologické celky – predneogénne podložie kotliny, oblasť neogénu vulkanicko-sedimentárnej výplne kotliny, tektonický styk Žiarskej kotliny s okolitými pohoriami a kvartérne sedimenty. Žiarsku kotlinu všeobecne hodnotí ako málo zvodnenú a málo vhodnú na akumuláciu väčších zdrojov podzemnej vody. Hydrogeologickú štruktúru vymedzil medzi Žiarom nad Hronom a Lutilou. Artézská voda je tu akumulovaná v niekoľkých súvislých horizontoch tuftitov, tuftitických pieskovecov a limnokvarcitov v niekoľkonásobnom striedaní s nepriepustnými ílovcami. Intenzita zvodnenia vulkanicko-sedimentárnej výplne v kotline je menlivá. Nie je tu výrazné nahromadenie sedimentov a ich litologický charakter sa rýchlo mení, čo poukazuje na rýchlu sedimentáciu v jazerno-riečnom prostredí. Pliocénne štrkové polohy ako najvrchnejší člen sedimentov neogénu ležia na ílovitých sedimentoch, a preto pri zrážkach dochádza k plošnému zamokreniu a vzniku dočasných sutinových prameňov. Intenzita ich zvodnenia je malá. Najväčšie zvodnenie pripisuje tektonickému styku Žiarskej kotliny s pohorím Vtáčnik (novobansko-kl'acký zlomový systém). Takáto štruktúra sa zistila v okolí Revištského Podzámčia vrtom HŠ-11. Smerom na sever je novobansko-kl'acká zlomová línia nevýrazná, so stupňovitými poklesmi. Je tu pravdepodobne vyvinutých niekoľko rovnobežných zlomových línií, ktoré vytvárajú hlavné smery prúdenia podzemnej vody. Je to najvýraznejšie zvodnená zlomová línia v Žiarskej kotline. Tektonický styk kotliny so Štiavnickými vrchmi (sklenoteplisko-ihráčsky zlomový systém) neprodukuje žiadne vývery podzemnej vody. Minerálne pramene preplynené CO_2 vystupujúce v Hornej Ždani, pri Bukovine a Trubíne sa tiež viažu na zlomy. Puklinovo-vrstvové pramene vystupujú hlavne na styku kotliny s pohorím Vtáčnik, kde podzemná voda z andezitových prúdov vystupuje na styku s menej priepustnými sedimentmi kotliny. Z ryolitových telies zdokumentoval vývery puklinových prameňov napr. na severnom úpätí vrchu Panská hora pri Hliníku nad Hronom.

Drahoš (1981) v rámci zhodnotenia hydrogeologického rajónu V082 – *Neovulkanity Kremnických vrchov* meral prietok na dvoch povrchových tokoch, na Kopernickom potoku a Slaskom potoku. Uvedené

toky odvádzajú vodu z južných svahov Kremnických vrchov a následne pretekajú cez Žiarsku kotlinu. Úbytky prietokového množstva sa zistili v oblasti prechodu rajónu Kremnických vrchov V082 do rajónu Žiarskej kotliny N087 v množstve $65 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Autor predpokladá stratu vody na tektonicky porušených limnokvarcitoch, ktoré majú v podloží málo priepustný neovulkanický komplex. Špecifický povrchový odtok Kopernického potoka stanovil na $1,92 \text{ až } 3,89 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Špecifický povrchový odtok Slaského potoka stanovil na $4,13 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. V hornej časti povodia Slaského potoka, mimo hodnoteného územia, v oblasti Kremnických vrchov sa zistili skryté prestupy podzemnej vody do povrchového toku až $111 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na úseku 3 200 m. Ide pravdepodobne o výstup vody zo zlomovej línie sv.-jz. smeru, ktorá križuje Slaský potok.

Hanzel et al. (1983) na základe zhodnotenia hydrogeologických prieskumných prác v pohorí Vtáčnik vyčlenili zvodnené zlomové pásmo v doline Kľackého (predtým Kľakovského) potoka a Lutilského potoka. Sumárna výdatnosť získaná z hydrogeologických vrtov bola $10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Dovina et al. (1985) spolu s kolektívom autorov riešili hydrogeologické pomery Vtáčnika. Ako hydrogeologicky najperspektívnejšiu oblasť vymedzili práve tektonický styk pohoria Vtáčnik so Žiarskou kotlinou, a teda novobansko-kľacké zlomové pásmo a širšie zlomové pásmo v oblasti Janovej Lehoty a Novej Lehoty. Na novobansko-kľackom zlomovom pásme vznikajú hlavné vývery podzemnej vody prichádzajúcej z pohoria Vtáčnik do Žiarskej kotliny, a to najmä v podobe puklinovo-vrstvových alebo puklinovo-sutinových prameňov, ale aj skrytých prestupov. V rámci tohto prieskumu sa zrealizovalo 7 hydrogeologických vrtov, z toho 1 na území Žiarskej kotliny (VTD-8 v Hornej Ždani) a 2 v jej tesnej blízkosti, ale už mimo vymedzeného územia (VTD-3 a VTD-6 v Janovej Lehote).

Šubová et al. (1986) vypočítali množstvo podzemnej vody v kvartéri nivy Hrona, hydrogeologického rajónu N 080, od Slatiny po Slovenskú Ľupču.

Gáľisová et al. (1989) v rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu v južnej časti neovulkanitov Kremnických vrchov zhodnotili aj hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny.

Auxt et al. (1989) realizovali vyhľadávací hydrogeologický prieskum neovulkanitov Kremnických vrchov, ktoré svojou južnou časťou zasahujú do územia Žiarskej kotliny. Hydrogeologické vrty, ktoré situovali na tektonickom styku pohoria a kotliny (KV-1 Janova Lehota, KV-2 Kosorín – Slaská, KV-5), ale hlavne hydrologické bilancie Slaského potoka, Lehotského potoka, Kosorínskeho potoka a Kopernického potoka potvrdili skryté prestupy podzemnej vody do kotliny. Vrty overili dobré zvodnenie andezitových prúdov v oblasti ich tektonického porušenia, konkrétne na tektonickej línii sv.-jz. smeru na severe Žiarskej kotliny. Andezity sa tu ponárajú pod vulkanické sedimenty Žiarskej kotliny, čím umožňujú vznik podzemnej vody s artézskym pretlakom (vrt KV-1, KV-3, HŽ-2, Vt-8, VK-41, HV-12, HV-16, LX-18). Vrt HV-16 situovaný do Slaskej doliny (mimo hodnoteného územia) potvrdil skrytý prítok vody z Kopernického potoka pozdĺž sv.-jz. zlomu. Niekoľko ďalších vrtov potvrdilo priaznivé hydrogeologické podmienky aj v pokračovaní styku Kremnických vrchov a Žiarskej kotliny v smere od Slaskej cez Žiar nad Hronom až po Šášovské Podhradie. Južná časť Kremnických vrchov tak na základe vykonaných prác tvorí zdrojovú oblasť podzemnej vody severnej časti Žiarskej kotliny so špecifickým podzemným odtokom $10,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Najvýznamnejšie z hľadiska zvodnenia sú zlomy s.-j. smeru prebiehajúce Slaskou dolinou a Kopernickou dolinou. Zlomy sv.-jz. smeru v oblasti Slaskej drénujú povrchovo rozpukané andezity, čím odvádzajú vodu do väčšej hĺbky. Na križovaní týchto zlomov s dolinami s.-j. smeru vychádzajú na povrch výdatné pramene (už mimo hodnoteného územia). V Slaskej doline sa vo vrtoch HV-16, HV-12 a LX-18 nachádza artézska podzemná voda s teplotou $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Otepka et al. (1993) vypracovali súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia oblasti Žiarskej kotliny a Banskoštiavnickej oblasti. Celý úsek Hrona, Slaský potok v oblasti obce Slaská a potok Kopernica na sever od obce Lutilla až po obec Kopernica vykazujú obsah Sb v riečnych sedimentoch viac ako $3,34 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Úsek Hrona od Žiaru nad Hronom po obec Lovča má hodnoty Hg v riečnych sedimentoch viac ako $0,95 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ a hodnoty As viac ako $32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. V oblasti medzi Hliníkom nad Hronom a Dolnou Trnávku je obsah Sn viac ako $5,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, tak isto ako v oblasti toku Kopernica v časti Dúbrava a v Lehotskom potoku v časti nad Ábelovým mlynom. Lokálne zvýšené hodnoty Ag v riečnych sedimentoch, viac ako $0,24 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, sú na sever od obce Slaská na pravostrannom prítoku Slaského potoka, v obci Lutilla na toku Kopernica, v časti Podháj na ľavostrannom prítoku Lutilského potoka, na sever od obce Lovčica-Trubín na Trubínskym potoku, v toku Zákruty v mieste jeho sútoku s Trubínskym potokom a na pravostrannom prítoku do Prestavického potoka v oblasti Podhora. Obsah Cd viac ako $0,72 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ je zdokumentovaný na Lovčickom potoku pod obcou Lovčica-Trubín.

Vozár et al. (1998) v rámci hodnotenia ekologickej únosnosti Žiarskej kotliny vypracovali mapu kvality prírodných vôd a odvodenú mapu zraniteľnosti povrchových a podzemných vôd Žiarskej kotliny. Vrana a Kúšiková (in Vozár et al., 1998) v stručnosti charakterizovali hydrogeologické pomery hodnoteného územia.

Marcin (in Konečný et al., 1998a, b, c) zhodnotil hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny v rámci vysvetliviek ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca 1 : 50 000.

Hanzel (in Lexa et al., 1998) zhodnotil hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny v rámci vysvetliviek ku geologickej mape Kremnických vrchov 1 : 50 000.

Remšík et al. (2000) regionálne zhodnotili hydrogeotermálne vlastnosti Žiarskej kotliny. Na základe výsledkov geologicko-geofyzikálneho prieskumu je Žiarska kotlina výrazne tektonicky rozčlenená, s hĺbkou predterciérneho podložia až 3 500 m (depresia medzi Lovčou a Žiarom nad Hronom). Predterciérne podložie je budované hronikom (chočský príkrov), a to v jv. a sz. časti územia triasovými karbonátmi a v centrálnej časti kotliny bridlicami a pieskovecami. Pod hronikom leží veporikum (krížňanský príkrov) tvorené mezozoickými horninami série Veľkého boku. Žiarsku kotlinu charakterizujú ako geotermicky vysoko aktívnu, kde teplota v hĺbke 1 000 m dosahuje 55 – 60 °C a hustota tepelného toku sa pohybuje od 80 do 100 mW . m⁻².

Bučeková et al. (2001) v rámci vyhládavacieho hydrogeologického prieskumu pohoria Vtáčnik a Pohronský Inovec potvrdili skrytý prestup podzemnej vody z neovulkanitov Vtáčnika do neogénnych a kvartérnych sedimentov Žiarskej kotliny. Metódou hydrologickej bilancie bol vyčíslený cezhraničný podzemný odtok z pohoria Vtáčnik do Žiarskej kotliny na 108 l . s⁻¹ na ploche približne 70,5 km².

Zakovič et al. (2003) v rámci vysvetliviek k základnej hydrogeologickej mape v mierke 1 : 200 000 na liste 36 – Banská Bystrica zhodnotili aj Žiarsku kotlinu. Súvrstvia vulkanicko-sedimentárnych hornín, tufitických pieskovecov, prípadne limnokvarcitov hodnotia ako kolektor podzemnej vody. Naopak, izolátorom sú polohy pelitických sedimentov. Hladina podzemnej vody je prevažne napätá. Výdatnejšie pramene aj hydrogeologické vrty sa nachádzajú na okrajoch kotliny, hlavne na jej tektonickom styku s pohorím Vtáčnik. Sedimenty kotliny tu vode zachytenej vrtmi tvoria bariéru, a tak vychádza na povrch v podobe prameňov. Iba menšia časť vody tu prestupuje do priepustných sedimentov kotliny na jej okrajoch a vytvára podzemnú vodu s artézskym prelivom. Pramene v kotline dosahujú malú výdatnosť (do 0,5 l . s⁻¹), prevažná časť podzemnej vody skryto prestupuje do Hrona alebo kvartérnych sedimentov. Rieka Hron v období nízkych vodných stavov drénuje podzemnú vodu kotliny v celej svojej dĺžke.

Franko et al. (2003) v rámci prehodnotenia ochranných pásiem minerálnej vody v Sklených Tepliaciach vyčlenili priebeh hydrogeologickej štruktúry tejto vody v podloží Žiarskej kotliny v mezozoických sedimentoch krížňanského príkrovu.

Bajo (2008) robil na území Žiarskej kotliny vyhládavací hydrogeologický prieskum v hydrogeologickom rajóne N087, ktorý tvorí celé územie kotliny. V rámci úlohy sa v jv. časti územia zrealizoval hydrogeologický vrt HZK-1 s hĺbkou 350 m a výdatnosťou 10 l . s⁻¹ (vulkanoklastické horniny jastrabskej formácie), bolo zmapovaných 34 prameňov a uskutočnili sa hydrometrické práce na 48 profiloch. V rámci úlohy sa v hydrologickom roku 2007 režimovo pozorovali 4 pramene (dok. č. 69, 77, 80), vrt P-20 pri Žiari nad Hronom, tlak na ústí prieskumného hydrogeologického vrtu HKZ-1 a prietok na vodomernej stanici SHMÚ č. 7 256 na Lutilskom potoku pri Janovej Lehote. Externé prírodné zdroje podzemnej vody boli vyčíslené na 301 l . s⁻¹ a ako interné prírodné zdroje podzemnej vody navrhnuté množstvo 40 l . s⁻¹. Skrytý podzemný odtok vody na výstupe z kotliny do rieky Hron bol odhadnutý na 181 l . s⁻¹.

PRÁCE LOKÁLNEHO CHARAKTERU

Škvarka a Gazda (1974) v rámci vyhládavacieho prieskumu na ložisku lignitu v Kosoríne hodnotili aj hydrogeologické pomery danej lokality. Počas merania prietoku na tokoch zistili, že do ložiska skryto priteká časť vody (11 l . s⁻¹) z Lehotského potoka a ložisko sa skryto odvodňuje do Kosorínskeho potoka (nárast prietoku o 218 l . s⁻¹). Vzhľadom na veľký rozdiel medzi prítokom a odtokom predpokladajú aj skrytý prítok z okolitých vulkanických pohorí. K slojom lignitu priradili priepustnosť rádovo 10⁻⁶ m . s⁻¹. Režim vody na ložisku je typický panvový, s napätou hladinou podzemnej vody.

Porubský (1979a, b) realizoval niekoľko hydrogeologických vrtov situovaných v oblasti zlomových pásiem ohraničujúcich Žiarsku kotlinu z východu v oblasti Slaskej (vrty, HKB-1, HKB-4, HKB-5) a zo severu v oblasti Janovej Lehoty (vrt HKŽ-7) s cieľom zistiť nové zdroje pitnej vody.

Klúz (1981) vypracoval návrh ochranných pásiem zdroja pitnej vody, ktorý zásoboval Závod SNP v Žiari nad Hronom. S cieľom zistenia geológie a hladiny podzemnej vody bolo vyhlásených 10 piezometrických vrtov s hĺbkou maximálne 15 m v riečnych náplavoch Hrona. Na zistenie smeru prúdenia podzemnej vody sa urobila indikačná skúška s použitím fluoresceínu.

Đurovič (1985) sa vo svojej diplomovej práci zaoberal hydrogeologickými pomermi lignitového ložiska v obci Kosorín.

Blaško (1994) hodnotil možnosti rekultivácie skládky červeného a hnedého kalu v Žiari nad Hronom. Zistil sa veľmi vážny negatívny vplyv presakujúcich alkalických médií s hodnotou pH až 13,5 na podzemnú vodu minimálne po riekku Hron. Od skládky do vzdialenosti až 5 km v smere prúdenia podzemnej vody sa preukázalo znečistenie podzemnej vody humínovými látkami, fekáliami, nitrátmi, sulfátmi, amónnymi soľami a fosforom. Zo stopových prvkov bola v podzemnej vode vysoká koncentrácia As, ktorá presiahla medznú hodnotu až 161-krát. Nezistilo sa, pokiaľ až znečistenie zasahuje a ako rýchlo sa šíri. Ako najúčinnjší spôsob odstraňovania negatívnych vplyvov skládky na životné prostredie autor navrhuje biologickú rekultiváciu skládky výsadbou rastlín.

Množstvo lokálnych hydrogeologických prieskumov sa uskutočnilo s cieľom zdokumentovať zdroje pitnej alebo úžitkovej podzemnej vody. Týmito prácami sa v uvedených oblastiach zaoberali: Janova Lehota (Everling, 1964; Bartko a Porubský, 1979b; Majerská, 1981), Slaská (Bartko et al., 1976, 1977a; Bartko a Porubský, 1979a; Lauko, 1981; Lauko et al., 1982), Horná Trnávka a Dolná Trnávka (Ostrolucký, 1962; Đuriančík a Žember, 1973; Đuriančík, 1974a, b; Đuriančík a Majerská, 1982), Hliník nad Hronom (Tuma a Kurilovský, 1961; Hudec, 1961; Mikuláš, 1968; Banský a Potyš, 1969; Žák et al., 1973a; Bartko a Porubský, 1975a; Némethyová, 1981), Lovča (Đuriančík a Majerská, 1979), Žiar nad Hronom (Škvarka, 1967; Pekař et al., 1968; Banský a Hornung, 1974; Svorenčík a Žiškova, 1981; Francistyová, 1978, 1988, 1989), Horná Ždaňa a Dolná Ždaňa (Tartal, 1966; Đuriančík, 1971, 1978; Žák a Hauskrecht, 1974; Polák et al., 1977; Kubička, 1993), Lovča (Valušiak, 1968; Đuriančík a Majerská, 1979), Lovčica-Trubín (Žák et al., 1973b; Bartko et al., 1975b), Lutíla (Mitro, 1968; Bartko et al., 1977b; Lauko a Čepela, 1981).

HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ

Hydrogeochemická preskúmanosť Žiarskej kotliny a priľahlých oblastí úzko nadväzuje na regionálne alebo lokálne hydrogeologické práce v oblasti. Predmetom regionálnych prác bolo predovšetkým hodnotenie kvantitatívnych hydrogeologických charakteristík, kvalitatívnych vlastností vody, resp. zostavovanie účelových hydrogeologických a hydrogeochemických máp. Cieľom prieskumov a štúdií na konkrétnej lokalite bolo predovšetkým získavanie zdrojov podzemnej vody na zásobovanie obyvateľstva pitnou, resp. úžitkovou vodou, prípadne posúdenie kvalitatívnych vlastností vody z pohľadu kontaminácie a sanačných opatrení.

Prvé ucelenejšie poznatky o regionálnych hydrogeologických a hydrogeochemických pomeroch Žiarskej kotliny boli prehľadne spracované v prácach Škvarku a Gazdu (1974), resp. Gazdu a Rapan-ta in Kullman et al. (1978). Hydrogeochemickými pomermi sa v rámci hodnotenia hydrogeologických pomerov na území listu Žiar nad Hronom zaoberali Böhm a Pospíšil (1964). Účelové (neúplné) analýzy priložené k správe však boli zamerané len na vybrané chemické ukazovatele. Orientačný hydrogeologický prieskum kvartérnych náplavov rieky Hron spojený s budovaním pozorovacích objektov na sledovanie hladiny podzemnej vody, resp. s charakteristikou chemického zloženia podzemnej vody realizovali Šuba a Pavúr (1964). Výpočet zásob podzemnej vody v kategórii C2 hydrogeologického rajónu 080 (*Kvartér nivy Hrona a Slatiny od Slovenskej Lupče po Tlmače*) a činnosti významne ovplyvňujúce množstvo a kvalitu podzemnej vody v rajóne zhodnotili a študovali Šubová et al. (1986). Komplexným hodnotením hydrogeologických a hydrogeochemických pomerov priľahlých oblastí Žiarskej kotliny (neovulkanické pohoria Vtáčnik, Kremnické vrchy a Štiavnické vrchy) sa zaoberali Škvarka et al. (1971), Auxt et al. (1997), Gálisová et al. (1989) a Dovina et al. (1985). Geofaktory životného prostredia v Žiarskej kotline vo svojej diplomovej práci riešila Bakošová (2004) a hydrogeologické pomery lignitového ložiska Kosorín spoločne s charakteristikou chemického zloženia vybraných zdrojov podzemnej vody Đurovič (1985).

Významným prínosom do poznania hydrogeochemických vlastností vody študovaného územia sú *Geochemický atlas SR, časť Podzemné vody* (Rapant et al., 1996), resp. *Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia SR v mierke 1 : 50 000, región Žiarska kotlina a Banskoštiavnická oblasť* (Otepka et al., 1993). Chemické analýzy podzemnej vody z týchto geologických úloh boli významnou mierou využité pri zostavovaní našej hydrogeochemickej mapy.

V rámci národného monitoringu Slovenska sa hodnotením chemického zloženia a kvalitatívnych vlastností podzemnej vody zaoberá SHMÚ (SHMÚ – národný monitoring: *Kvalita podzemných vôd na Slovensku*). Pravidelne 1- až 2-krát ročne sa analyzujú vybrané anorganické, resp. organické ukazovatele v podzemnej vode nasledujúcich vrtov základnej monitorovacej siete (tab. 3.1):

Tab. 3.1. Vrtv základnej monitorovacej siete na zisťovanie anorganických a organických ukazovateľov podzemnej vody.

ID lokality	Miesto	Začiatok monitorovania	Koniec monitorovania
076190	Lehôtka pod Brehmi	1982	1997
276190	Lehôtka pod Brehmi	1998	do súčasnosti
076790	Hliník nad Hronom – Dolná Zelená	1982	do súčasnosti
086190	Šášovské Podhradie	1994	1997
286190	Šášovské Podhradie	1998	do súčasnosti
392605	Žiar nad Hronom	1982	1993

Informácie o chemickom zložení podzemnej vody sú súčasťou aj celého radu lokálnych prieskumných prác súvisiacich najmä so zabezpečením zdrojov podzemnej vody na zásobovanie miestneho obyvateľstva pitnou, resp. úžitkovou vodou. Z množstva takýchto štúdií je možné uviesť: oblasť Žiar nad Hronom (Francistyová, 1988; Svorenčík a Žišková, 1981; Banský a Hornung, 1974; Pekař et al., 1968; Škvarka, 1967), Horná Ždaňa a Dolná Ždaňa (Kubička, 1993; Ďuriančík, 1971, 1978; Polák et al., 1977; Žák a Hauskrecht, 1974), Horná Trnávka a Dolná Trnávka (Ďuriančík a Majerská, 1982; Ďuriančík, 1974a, b; Ďuriančík a Žember, 1973), Janova Lehota (Majerská, 1981), Lovča (Ďuriančík a Majerská, 1979; Valušiak, 1968), Lovčica-Trubín (Bartko et al., 1975b; Žák et al., 1973b), Hliník nad Hronom (Bartko et al., 1975a; Žák et al., 1973a; Banský a Potyš, 1969; Mikuláš, 1968), Lutilla (Lauko a Čepela, 1981; Bartko et al., 1977b; Mítro, 1968), Slaská a Kosorín (Lauko, 1981; Lauko et al., 1982; Bartko a Porubský, 1979a, b; Bartko et al., 1976, 1977a).

Z pohľadu znečistenia podzemnej vody priemyselnou činnosťou v oblasti Žiaru nad Hronom sa sledovala predovšetkým oblasť hliníkárne v Žiari nad Hronom (ZSNP, a. s.), napr. Klúz et al. (1990), Zelenka et al. (1996) a Blaško et al. (1994). Vzhľadom na výraznú zmenu v prevádzke závodu a zmenu celkovej environmentálnej situácie po roku 1989 v tejto oblasti má veľký význam časové porovnanie hydrogeochemických výsledkov. Znečisteniu podzemnej vody viazanému na čerpacie stanice pohonných hmôt bola venovaná pozornosť napr. v prácach Šubjaka a Zuberu (1992a, b).

Chemické zloženie a kvalitatívne vlastnosti vybraných povrchových tokov boli charakterizované napr. v prácach Bučekovej et al. (2001), Lauka et al. (1982) a Dovinu et al. (1985). Režim chemického zloženia a kvality vybraných profilov povrchových tokov sa sleduje v rámci národnej monitorovacej siete SHMÚ (SHMÚ – národný monitoring: *Kvalita povrchových vôd na Slovensku*) na nasledujúcich stanovištiach (tab. 3.2):

Tab. 3.2. Miesta národnej monitorovacej siete SHMÚ na hodnotenia režimu chemického zloženia a kvality povrchových tokov.

Mapové číslo	NEC	Tok – miesto	Riečny km
H21	R185000D	Hron – Žiar nad Hronom	131,5
H22	R223010D	Hron – Žarnovica	112,0

Na južnom, resp. západnom okraji Žiarskej kotliny na styku s pohorím Vtáčnik vystupujú viaceré zdroje minerálnej vody. Charakteristika ich chemického zloženia bola zhrnutá predovšetkým v práci Dovinu et al. (1985).

Chemické zloženie zrážkovej vody (snehu) sa v oblasti Žiarskej kotliny, resp. na priľahlom území sleduje v rámci monitorovania snehovej pokrývky Slovenska. Monitoring od roku 1976 realizujú pracovníci Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra na dvoch lokalitách – Lehôtka pod Brehmi a Nová Dedina pri Handlovej (Vrana et al., 1989; Bodiš et al., 2000; Bodiš et al., 2003 in Klukanová et al., 2003).

3.2. HRANICE HYDROGEOLOGICKÝCH RAJÓNOV A ÚTVAROV PODZEMNEJ VODY V ÚZEMÍ

HYDROGEOLOGICKÉ RAJÓNY

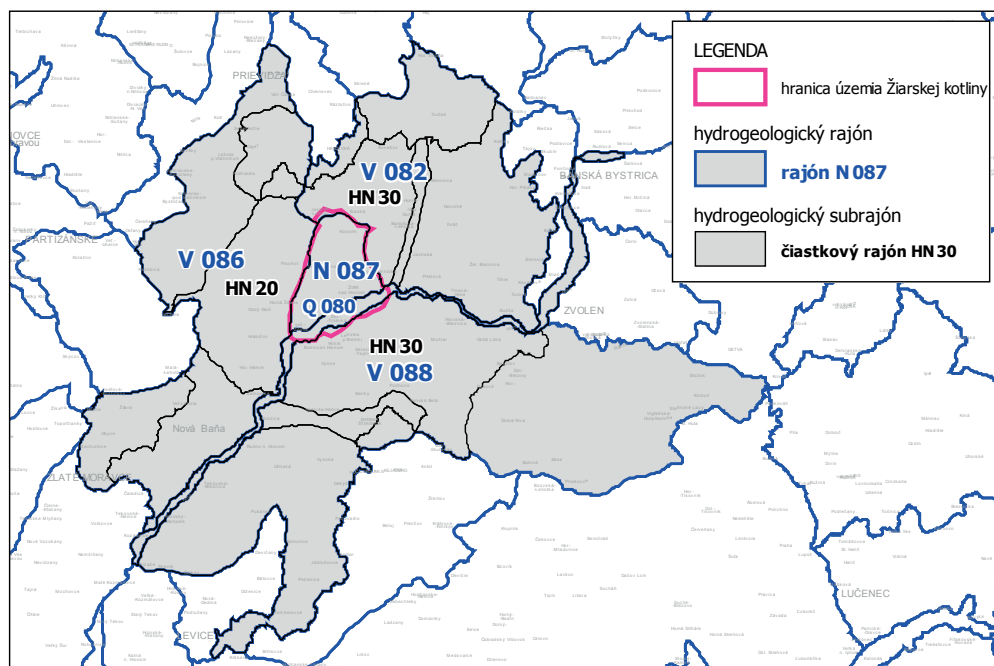
Žiarsku kotlinu na základe hydrogeologickej rajonizácie Slovenska (SHMÚ, resp. Šuba et al., 1984, 1995) tvoria nasledujúce hydrogeologické rajóny (obr. 3.1):

- N 087 – Neogén Žiarskej kotliny (takmer celá časť hodnoteného územia),
- Q 080 – Kvartér nivy Hrona a Slatiny od Slovenskej Ľupče po Tlmače.

Okrajovo z okolitých pohorí do Žiarskej kotliny zasahujú:

- V 082 – Neovulkanity Kremnických vrchov,
- V 086 – Neovulkanity pohorí Vtáčnik a Pohronský Inovec,
- V 088 – Neovulkanity s. svahov Štiavnických vrchov a Javoria.

Hydrogeologický rajón je základná jednotka bilancovania podzemnej vody. Je to bilančne relatívne uzavretý územný celok vymedzený geologicky, hydrogeologicky a geomorfologicky. Na základe hydrogeologických rajónov boli neskôr v rámci implementácie rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES vymedzené útvary podzemnej vody.

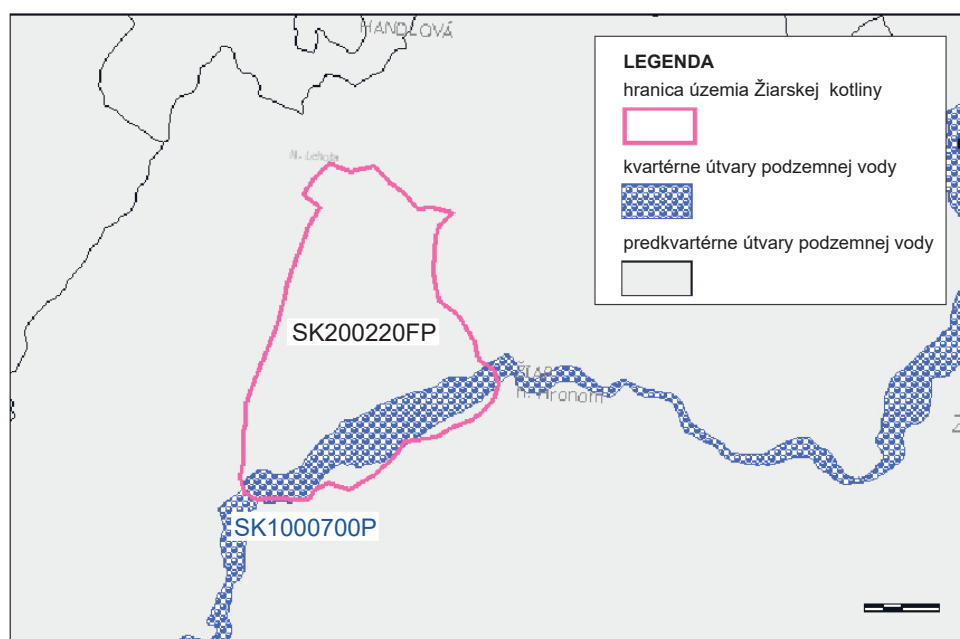


Obr. 3.1. Hydrogeologické rajóny a subrajóny v Žiarskej kotline (zdroj: SHMÚ Bratislava).

ÚTVARY PODZEMNEJ VODY

V decembri 2000 vstúpila do platnosti rámcová smernica o vode, *Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady Európy*, vydaná 23. októbra 2000 na dosiahnutie dobrého kvantitatívneho a kvalitatívneho stavu vodných ekosystémov. V súlade so smernicou bolo na Slovensku vymedzených 16 samostatných útvarov podzemnej vody v rámci kvartérnych sedimentov, 59 útvarov v rámci predkvartérnych zvodnencov a 26 útvarov geotermálnej vody (Kullman et al., 2005).

Žiarska kotlina v majoritnej časti rozlohy spadá do predkvartérneho útvaru puklinových a medzizrnových podzemných vôd severnej časti stredoslovenských neovulkanitov – SK200220FP. Južná časť územia patrí ku kvartérnemu útvaru medzizrnových podzemných vôd kvartérnych náplavov Hrona oblasti povodia Hrona – SK1000700P. Celá hodnotená oblasť patrí do geotermálneho útvaru geotermálnej vody štruktúry stredoslovenských neovulkanitov – SK300190FK. Grafické znázornenie útvarov podzemnej vody v rámci Žiarskej kotliny je na obrázku 3.2. Charakteristiku útvarov podáva tabuľka 3.3.



Obr. 3.2. Útvary podzemnej vody kvartérnych sedimentov a predkvartérnych hornín v Žiarskej kotline (Kullman et al., 2005).

Na kódovanie útvarov je použitý 10-miestny alfanumerický znak pozostávajúci na začiatku z písmen SK (na označenie Slovenskej republiky), číslo za tým charakterizuje poradie „vrstvy“ útvarov podzemnej vody (1 – kvartérne sedimenty, 2 – predkvartérne horniny, 3 – útvary geotermálnej vody). Nasledujú štyri číselné znaky označujúce poradie útvaru v rámci vrstvy a tri alfanumerické znaky na označenie typu priepustnosti, pričom miesta nevyplnené písmenom sú obsadené nulou. Písmeno F značí puklinovú priepustnosť, písmeno P medzizrnovú a písmeno K krasovú priepustnosť, pričom je možná ich vzájomná kombinácia.

Tab. 3.3. Charakteristika útvarov podzemnej vody kvartérnych sedimentov, predkvartérnych hornín a útvary geotermálnej vody v Žiarskej kotline (Kullman et al., 2005).

Označenie útvaru	Názov útvaru	Plocha celého útvaru (km ²)	ID rizika	Dôvod rizika	Počet vrtov
Útvary podzemnej vody kvartérnych sedimentov					
SK1000700P	útvary medziznovej podzemnej vody kvartérnych náplavov Hrona oblasti povodia Hrona	723,773	je v riziku	difúzne zdroje	18
Útvary podzemnej vody predkvartérnych hornín					
SK200220FP	útvary puklinovej a medziznovej podzemnej vody s. časti stredoslovenských neovulkanitov	2 676,94	nie je v riziku		3
Útvary geotermálnej vody					
SK300190FK	geotermálna voda štruktúry stredoslovenských neovulkanitov – sz. časť	1 507,4	Typ geotermálnej štruktúry		
			puklinovo-krasová voda karbonátov stredného a vrchného triasu jednotky hronika		

4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA

Metodický postup zostavovania základnej hydrogeologickej a hydrogeochemickej mapy Žiarskej kotliny je zhodný s postupom pri všetkých mapách zostavovaných v rámci edície hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 z 10 regiónov SR počas riešenia geologickej úlohy vedy a výskumu 03-07 *Základné hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000*.

Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Žiarskej kotliny je metodicky spracovaná podľa smernice MŽP SR z 26. októbra 2004 č. 8/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 a smernice MŽP SR z 26. októbra 2004 č. 9/2004-7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 a tiež podľa smernice MŽP SR č. 2/2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh v Geografickom informačnom systéme (GIS).

Na spracovanie základnej hydrogeologickej mapy Žiarskej kotliny bola ako podklad použitá *Digitálna geologická mapa Slovenska v mierke 1 : 50 000* (Káčer et al., 2005), v ktorej bola oblasť Žiarskej kotliny zostavená podľa geologických máp Konečného et al. (1998a, b, c), Šimona et al. (1997) a Lexu et al. (1998).

4.1. CHARAKTERISTIKA DOKUMENTAČNÉHO MATERIÁLU POUŽITÉHO NA ZOSTAVENIE HYDROGEOLOGICKEJ MAPY

HYDROGEOLOGICKÉ MAPOVANIE

Celkový plošný rozsah hodnoteného a zmapovaného územia Žiarskej kotliny je 99 km². Na účely zostavenia hydrogeologickej mapy sa urobilo hydrogeologické mapovanie na pracovných mapách listokladu JTSK v mierke 1 : 10 000. Dokumentácia prameňov, studní, jestvujúcich hydrogeologických vrtov, odberných miest podzemnej vody a lokalít potenciálnych vstupov znečistenia sa zaznamenávala na podkladové topografické mapy a do terénnych dokumentačných denníkov, vypracovaných podľa *Katalógu tlačív geologickej dokumentácie Geologickej služby SR*, resp. Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra.

Terénnymi pochôdzkami sa dokumentovali prirodzené výstupy podzemnej vody zväčša s výdatnosťou vyššou ako 0,01 l · s⁻¹. Pri každom z týchto prameňov sa zaznamenávali tieto údaje: pracovné číslo prameňa na pracovnej mape dokumentačných bodov, lokalita a prípadný miestny názov oblasti dokumentačného bodu, nadmorská výška výveru, dátum dokumentovania zdroja, teplota vyvierajúcej vody a teplota vzduchu počas merania v °C, merná elektrická vodivosť vyvierajúcej vody v μS · cm⁻¹, výdatnosť výveru, horninové prostredie obehu vyvierajúcej podzemnej vody – litologický a stratigrafický index horninového prostredia odvodňovaného prameňom, typ prameňa, geomorfologické pomery v okolí výveru, tvar výverovej oblasti, údaj o prípadnom odbere vzorky vody na ďalšie analýzy a prípadné ďalšie pozorovania (zachytenie prameňa pre vodovodnú sieť, resp. na miestne zásobovanie, úprava prameňa, prípadný názov prameňa alebo pozorovanie v rámci monitorovacích sietí SHMÚ). Poloha prameňov sa zaznamenávala pomocou navigačných prístrojov značky Garmin. Merania výdatnosti sa vykonávali pomocou zachytávacej rúry, stopiek a odmernej nádoby so známym objemom. Objem použitých odmerných nádob bol v rozsahu od 0,32 do 6,6 l, v závislosti od aktuálnej výdatnosti prameňa. Tieto objemové určovania výdatnosti sa na danom mieste zvyčajne vykonávali v troch samostatných meraniach, výsledná výdatnosť bola stanovená ako ich aritmetický priemer. V prípade nedostatočnej tesnosti zachytávacej rúry sa zaznamenal odhad nezachyteného množstva vody – v percentách celkového zachyteného množstva alebo priamo v jednotkách l · s⁻¹. Merná elektrická vodivosť sa merala konduktormi radu WTW – WTW LF 95, WTW LF 96, WTW LF 323, WTW LF 325 a WTW LF 340. V rámci týchto meraní bola zvolená referenčná teplota mernej elektrickej vodivosti 25 °C.

Hydrogeologické mapovanie prebiehalo v lete v roku 2007 v termíne od 17. 7. do 27. 7. Vzhľadom na nie veľkú rozlohu územia (99 km²) sa podarilo zmapovať celú Žiarsku kotlinu v priebehu dvoch týždňov vo veľmi stabilnom období bez zrážok. Vzhľadom na väčšiu rozlohu iných mapovaných území je

takéto rýchle zmapovanie v praxi neobvyklé až nemožné. Údaje z hydrogeologického mapovania Žiarskej kotliny preto predstavujú vysoko homogénne údaje s celistvým obrazom výstupov podzemnej vody na povrch. Výsledky terénnej dokumentácie prameňov tvoria prílohu 3, polohy týchto prameňov sú znázornené v prílohe 7 na jednotlivých mapách dokumentačných bodov v mierke 1 : 25 000.

Počas terénnych prác bolo v priebehu uvedenej jednej sezóny zdokumentovaných spolu 76 prameňov, ktorých sumárna výdatnosť je $7,46 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Výdatnosť výverov bola meraná nádobou v 9,8 % prípadov (priemerná hodnota meraní = $0,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) a odhadované hodnoty tvoria zvyšné percento údajov (priemerná hodnota odhadovaných hodnôt = $0,09 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Dôvodom takého malého počtu merania výdatnosti prameňov nádobou bola veľmi malá výdatnosť prameňov spojená s geomorfologickou neprístupnosťou terénu.

MERANIE PRIETOKU NA POVRCHOVÝCH TOKOCH

Merania prietoku na povrchových tokoch sa realizovali na jar v roku 2008 od 19. 5. do 29. 5., na jeseň v roku 2008 od 6. 10. do 9. 10. a v lete v roku 2009 od 8. 6. do 13. 6. Celkovo bol v rámci riešenia úlohy na území Žiarskej kotliny zmeraný prietok 2x na 52 profiloch v roku 2008 a 1x na 7 profiloch v júni 2009. Merania sa robili s cieľom zistiť skryté prestupy podzemnej vody do povrchových tokov alebo prestupy povrchovej vody do horninového prostredia a tým objasniť vzájomnú komunikáciu podzemnej a povrchovej vody v území. Ich podrobné zhodnotenie podáva kapitola 5.2.

Merania prietoku sa robili hydrometrickými vrtuľami zn. OTT – Kleinflügel C2 vybavenými automatickým čítačom otáčok Z 35, resp. hydrometrickými vrtuľami zn. SEBA. Počas meraní sa zohľadňovali nároky STN EN ISO 748 (75 1202) *Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Rýchlostno-plošné metódy*, STN ISO 1088 (75 1401) *Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Metódy rýchlostného poľa. Zber a spracovanie údajov na určenie chýb merania* a OTN ŽP 3108 *Kvantita povrchových vôd. Meranie prietokov vodomernou vrtuľou na vodnom toku*.

TERMOMETRICKÉ A REZISTIVIMETRICKÉ MERANIA POZDÍŽ RIEKY HRON

S cieľom zistiť skryté prestupy podzemnej vody do rieky Hron sa 9. 6. 2009 uskutočnilo termometrické meranie teploty vody a rezistivimetrické meranie mernej elektrickej vodivosti vody pozdĺž rieky Hron. Súčasne sa aj vizuálne sledoval terén kvôli nájdeniu prípadných prameňov alebo povrchových tokov. Merania sa vykonávali z člna, pričom snahou bolo pohybovať sa v smere toku a čo možno najbližšie k meranému brehu. Posádku tvoril navigátor, operátor konduktometra a dvaja veslári. Merania sa robili konduktometrom WTW 340i, poloha sa zaznamenávala prístrojom GPS Garmin. Hodnoty teploty a mernej elektrickej vodivosti sa zaznamenávali v 5-sekundovom intervale (12 meraní za 1 minútu). Celkovo bolo takto odmeraných 5 767 bodov. Vykonali sa dve plavby, jedna pozdĺž pravého brehu v celkovej dĺžke 18 km a druhá pozdĺž ľavého brehu Hrona v celkovej dĺžke 12 km. Dĺžka odmeraného úseku závisela od prístupnosti a schodnosti terénu. Termometrickými a rezistivimetrickými meraniami sa nepotvrdili skryté prestupy podzemnej vody do povrchového toku rieky Hron. Výsledky spracovania termometrických a rezistivimetrických meraní sú v kapitole 5.2.

HYDROGEOLOGICKÉ VRTY

V súvislosti s prácou na zostavení hydrogeologickej mapy Žiarskej kotliny sa okrem terénnej dokumentácie prameňov a terénnych hydrometrických meraní vykonala aj inventarizácia v minulosti realizovaných hydrogeologických vrtoch na základe spracovania údajov archivovaných v archíve Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra. Do záznamových listov sa vkladali tieto údaje: súradnice vrtu (X a Y v súradnicovom systéme S-JTSK), označenie vrtu na hydrogeologickej mape, označenie vrtu na mape dokumentačných bodov, názov lokality, v ktorej sa hydrogeologický vrt nachádza, stručný geologický profil vrtu, hĺbkový rozsah skúšaného úseku, dátum a čas trvania čerpacej skúšky, nadmorská výška odmerného bodu, hĺbka narazenej a statickej hladiny vody pod terénom, maximálna ustálená čerpaná výdatnosť, príslušné zníženie hladiny vody vo vrte a štandardná merná výdatnosť ($\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$). Výsledky vrtných prác v študovanom území sa následne spracovali podľa postupov publikovaných v prácach Jetela (1985, 1995). V Žiarskej kotline a jej blízkom okolí (1 km od hranice) bolo zdokumentovaných celkovo 166 hydrogeologických vrtoch. Z toho priamo v kotline sa nachádza 119 vrtoch a v jej blízkom okolí 47 hydrogeologických vrtoch, ktoré umožnili spresnenie hydrogeologických parametrov horninového prostredia. Poloha zdokumentovaných hydrogeologických vrtoch je znázornená na hydrogeologickej mape

(príloha 1) a na mapách dokumentačných bodov (príloha 7), jednotlivé hydrogeologické vrty sú bližšie charakterizované v prílohe 4 – zozname zdokumentovaných hydrogeologických vrtoch. Dokumentácia hydrogeologických vrtoch (príloha 4) zahŕňa okrem hydrogeologických vrtoch aj štruktúrne vrty, na ktorých sa v minulosti realizovali čerpacie skúšky a z ktorých údaje sme použili na stanovenie priemerných koeficientov prietočnosti. Príloha 4 zahŕňa aj 37 vrtoch zdokumentovaných pri hydrogeologickom mapovaní v rámci riešenia úlohy. Ide prevažne o vodárensky využívané vrty, ktoré sú pod správou jednotlivých obcí.

4.2. SPÔSOB SPRACOVANIA HYDROGEOLOGICKÝCH ÚDAJOV

Základným podkladom na zostavenie základnej hydrogeologickej mapy Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000 boli výsledky vlastných terénnych prác, archivované materiály z hydrogeologických a geologických správ uložené v archíve ŠGÚDŠ a články publikované v odbornej tlači.

Hydrogeologická mapa študovaného územia v mierke 1 : 50 000 je zostavená podľa smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 č. 8/2004 z 26. októbra 2004. Pri mapovom zobrazení ide o plošné znázornenie prvého zvodneného kolektora pri povrchu a jeho kvantitatívnych charakteristík, prípadne o znázornenie zvodnených kolektorov uložených hlbšie pod povrchom. Na kvantitatívne charakterizovanie zvodnencov na hydrogeologickej mape boli použité nasledujúce vybrané charakteristiky:

- priemerná prietočnosť (transmisivita) zvodneného kolektora farbou plochy,
- variabilita prietočnosti intenzitou farby plochy a číselným indexom,
- litologické zloženie kolektora druhom a smerom šrafy na ploche – vodorovnou šrafou sú znázornené sedimentárne horniny uložené vodorovne a subhorizontálne,
- litostratigrafické zaradenie kolektorov indexom na ploche.

Okrem toho sú líniovými a bodovými značkami vyznačené dôležité hydrogeologické objekty. Prvým krokom pri konštrukcii základnej hydrogeologickej mapy bolo rozčlenenie hodnoteného územia na kvázihomogénne hydrogeologické celky z hľadiska ich hydraulických vlastností. Toto rozčlenenie sa urobilo na základe podkladov geologických máp Konečného et al. (1998a, b, c), Šimona et al. (1997) a Lexu et al. (1998), ktoré sú použité v digitálnej geologickej mape Slovenska v mierke 1 : 50 000 (Káčer et al., 2005).

Do kvázihomogénnych celkov sa zaraďovali jednotlivé zmapované litologické typy, ich kombinácie alebo čiastkové plochy zmapovaných litologických typov (digitálnym tematickým mapovaním v prostredí GIS aplikácie MapInfo). V hodnotenom území boli takto odlišené 3 základné hydrogeologické celky (odlišujúce sa navzájom spôsobom infiltrácie, sústredenia a odtoku podzemnej vody) pozostávajúce z 21 hydrogeologických podcelkov (odlišujúcich sa navzájom hydraulickými charakteristikami). Ich podrobnú charakteristiku podáva kapitola 5.

Základným kritériom určenia priemernej hodnoty prietočnosti zvodnencov a jej variability boli výsledky spracovania archívnych údajov o hydrodynamických skúškach realizovaných na hydrogeologických vrtoch. Štatistické spracovanie hydraulických vlastností hydrogeologických celkov vychádza zo spracovania hodnôt porovnávacích hydrogeologických parametrov hornín – indexu prietočnosti Y a indexu priepustnosti Z podľa metodiky regionálneho hodnotenia hydraulických parametrov hornín (Jetel, 1985, 1995). Úroveň prietočnosti jednotlivých súborov je vyjadrená vo forme mediánov a aritmetických priemerov hodnôt Y a Z , resp. geometrických priemerov hodnôt odvodených striktne hydraulických parametrov T_y a k_z . Ako ukazovateľ variability prietočnosti používame v zmysle metodiky hodnotu odhadu smerodajnej odchýlky hodnôt Z a $Y - \sigma_z$ a σ_y .

Prietočnosť, resp. jej strednú hodnotu charakteristickú pre konkrétny litotyp, sme v prvom rade určovali na základe výsledkov čerpacích skúšok vykonávaných na hydrogeologických vrtoch, zabudovaných svojou otvorenou časťou v príslušnom horninovom celku. Pretože počet metodicky správne vykonaných a správne interpretovaných čerpacích skúšok tvorí len malú časť z celkového počtu vykonávaných hydrodynamických skúšok, na stanovenie strednej hodnoty prietočnosti sme použili porovnávací logaritmický parameter – index prietočnosti Y (Jetel, 1985, 1995). Hodnoty indexu prietočnosti Y boli odvodené transformáciou hodnôt štandardnej mernej výdatnosti (čerpaného množstva vody) q pri prvom metri zníženia hladiny vody vo vrte podľa vzorca $Y = \log 10^6 \cdot q$, kde q je merná výdatnosť v $l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$ a \log je dekadický logaritmus. V praxi stanovené neštandardné hodnoty mernej výdatnosti je potrebné na túto hodnotu prepočítavať podľa publikovaných vzťahov (Jetel, 1985, 1995). Na základe jestvujúcich informácií sa

o každej hydrodynamickej skúške na každom hydrogeologickom vrte urobil výpočet odhadu celkovej logaritmickej prepočtovej diferencie d (Jetel, 1985). Logaritmickej prepočtovej diferencie d vyjadruje rozdiel medzi hodnotami $\log T$ a $\log q$ v danom prostredí, pričom zohľadňuje dodatočný (lineárny aj nelineárny) hydraulický odpor pri prúde vody do vrtu a vrtom k jeho ústiu, pričom platí vzťah $d = \log T - \log q$, resp. $T = 10^{(Y+d-9)}$ (hodnoty T v jednotkách $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a hodnoty q v jednotkách $\text{l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$).

Samotný prepočet z indexu prietochnosti Y na striktno definovaný hydraulický parameter transmisivity T sa urobil pomocou rovnice $T = 10^{(Y+d-9)}$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$] a prepočet z indexu priepustnosti Z na striktno definovaný hydraulický parameter – koeficient filtrácie k – pomocou rovnice $k = 10^{(Z+d-9)}$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], kde k je koeficient filtrácie [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$], T je koeficient prietochnosti [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$], Z je index priepustnosti, Y je index prietochnosti a d je logaritmickej prepočtovej diferencie. V zmysle prác Jetela (1985, 1995) je možné pri vrtoch s vyčíslenými hodnotami koeficientu filtrácie k , resp. koeficientu prietochnosti T hodnoty logaritmickej prepočtovej diferencie d stanoviť graficky, t. j. pomocou logaritmickej transformovaných hodnôt indexov striktno hydraulických parametrov Z_k a Y_T podľa vzťahov $Z_k = \log k + 9$ alebo $Y_T = \log T + 9$. Uvedené transformácie umožňujú priame porovnávanie hodnôt aproximatívnych (porovnávacích) a striktno hydraulických parametrov na spoločnej stupnici – kvantilovom diagrame, pričom vzdialenosť priesečníkov osí nanesených hodnôt Z a Z_k , resp. Y a Y_T s hodnotou 50 % kvantilu (medián) dáva možnosť grafického odhadu hodnoty logaritmickej prepočtovej diferencie d . Hodnoty celkovej logaritmickej prepočtovej diferencie d sme však v prípade individuálnych vrtov, resp. na nich vykonávaných hydrodynamickej skúšok stanovovali ako súčet jednotlivých čiastkových logaritmickej prepočtových diferencií odvodených výpočtovými metódami podľa vzťahov prevzatých z práce Jetela (1985). Podľa príslušných vzťahov sme teda odhadovali veľkosť základnej prepočtovej diferencie d_o , neúplnostnej diferencie d_L a kvadratickej turbulencie diferencie d_c . Celkovú logaritmickej prepočtovú diferenciu zvyčajne tvorí súčet odhadnutých diferencií d_o , d_L a d_c a neznámej zvyškovej diferencie d_z podľa vzťahu $d = d_o + d_L + d_c + d_z$. Zvyškovú diferenciu d_z spravidla prevažne tvorí skinová diferencie d_s . Pri prvom odhade sa však hodnota d_s zvyčajne zanedbáva (Jetel, 1985), t. j. predpokladá sa, že $d = d_o + d_L + d_c$. Hodnoty celkovej logaritmickej prepočtovej diferencie d boli vypočítavané zvlášť pri každom hydrogeologickom vrte, resp. na ňom realizovanej čerpacej skúške a sú uvedené ako súčasť dokumentácie hydrogeologických vrtov v prílohe 4, resp. sumarizované v kapitole 5.1.

Štatistické spracovanie súborov výsledkov z jednotlivých hydrogeologických vrtov v rámci vyčlenených celkov zahŕňalo vyčíslenie variačného rozpätia (minimálnej a maximálnej hodnoty Y a Z), výpočet aritmetického priemeru hodnôt Y a Z , odhad smerodajnej odchýlky základného súboru σ_Y a σ_Z , výpočet logaritmickej prepočtovej diferencie d a hodnôt pomocou nich odvodených základných hydraulických parametrov – koeficientu prietochnosti T_{Y0} a koeficientu filtrácie k_{Z0} pri použití nulovej hodnoty logaritmickej prepočtovej diferencie ($d = 0$) a koeficientu prietochnosti T_Y a koeficientu filtrácie k_Z pri použití odvodených hodnôt logaritmickej prepočtovej diferencie d . Údaje o štatistickom spracovaní týchto hydraulických parametrov sú v zosustručnenej forme uvedené v tab. 5.2 a 5.3, slovné sú komentované v rámci kapitoly 5.1. Okrem uvedených hydraulických parametrov sa však predovšetkým zaoberáme geometrickými priemerami odvodených hodnôt k a $T - G(k_Z)$, resp. $G(T_Y)$, získanými štatistickým spracovaním príslušného počtu hydrogeologických vrtov ako najreprezentatívnejšími hodnotami charakterizujúcimi strednú veľkosť koeficientu filtrácie k a koeficientu prietochnosti T daného hydrogeologického celku.

Pri súboroch s dostatočným počtom údajov boli zostrojené grafy relatívnej kumulovanej početnosti hodnôt indexu prietochnosti Y (kvantilové diagrame). Z priamkového priebehu sme usudzovali na lognormálne rozdelenie hodnôt transmisivity T , resp. normálne rozdelenie ich logaritmickej odvodenín – indexov Y . Výsledky štatistického spracovania hodnôt Y a T sú vyjadrené v tabuľkách 5.2 a 5.3 a na obr. 5.1 a 5.2.

Z jednotlivých vyčlenených hydrogeologických celkov a podcelkov sme vypočítali základné štatistické ukazovatele. V každom hydrogeologickom celku bol stanovený počet prameňov v hydrogeologickom celku, počet prameňov na 1 km^2 , ich minimálna, maximálna, priemerná a sumárna výdatnosť, teplota a merná elektrická vodivosť, ako aj merný odtok podzemnej vody z prameňov z hydrogeologického celku. Tieto hodnoty sú porovnané v tabuľke 5.4. Na mapách hydrogeologickej dokumentácie (príloha 7) je zobrazená lokalizácia všetkých zdokumentovaných výverov.

Pri vyhodnocovaní údajov z hydrometrických prác na povrchových tokoch sme uvažovali chybu merania prietoku 5,0 %, o ktorú boli prípadné hodnoty prírastkov alebo úbytkov prietokového množstva

zmenšené pri úvahách o ich hydrogeologickom význame. Prípadné zistené vstupy povrchovej vody do horninového prostredia alebo skryté prírastky prietoku boli potom pri tvorbe základnej hydrogeologickej mapy vyjadrené lineárnymi značkami. Farba líniových (aj bodových) prvkov má podľa použitej metodiky stály logický význam podľa vzťahu vody a horninového prostredia, pričom zodpovedá princípu dohodnutému v medzinárodnej legende pre hydrogeologické mapy IAH / UNESCO: a) zelená – vstup vody do systému (infiltrácia) – v našom prípade vstupy povrchovej vody do horninového prostredia, b) modrá: výstup vody zo systému (drenáž) – v našom prípade skryté dotácie prietoku povrchových tokov podzemnou vodou, c) sivá: bez výmeny medzi povrchom terénu a zvodneným systémom (nulový prietok), d) červená: umelé zásahy do prirodzeného obehu podzemnej vody.

Termometrické a rezistivimetrické merania boli spracované s cieľom potvrdiť skryté prítoky podzemnej vody z neogénnych súvrství do rieky Hron. Namerané údaje boli očistené od chybových hodnôt, ktoré boli spôsobené vynorením sondy nad hladinu vody alebo vzduchovými bublinami vzniknutými vplyvom veslovania. Z pravého aj ľavého brehu Hrona bola stanovená minimálna, maximálna, stredná a priemerná hodnota, ako aj smerodajná odchýlka a variabilita teploty a mernej elektrickej vodivosti vody. Následne boli stanovené početnosti nameraných hodnôt v podobe histogramov. Vizualne boli namerané hodnoty zobrazené na mapkách, kde boli jednotlivé intervaly hodnôt odlišené farebne. Výsledky spracovania termometrických a rezistivimetrických meraní na rieke Hron sú v kapitole 5.2.

Pramene sa na hydrogeologickej mape zobrazujú modrou farbou a hydrogeologické vrty a studne červenou farbou. Ich výdatnosť, resp. štandardná merná výdatnosť sa znázorňuje priemerom (veľkosťou) použitej značky. Na zakreslenie hydrogeologických vrtovej na mape sme k nim museli priradiť príslušné hodnoty štandardnej mernej výdatnosti q ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$). Údaje o nich boli spracované na podklade archívnej dokumentácie hydrogeologických prieskumných vrtovej archívu ŠGÚDŠ a relačnej databázy PodVod oddelenia hydrogeológie a geotermálnej energie ŠGÚDŠ, ktorej autorom je Mgr. Jaromír Švasta. Databáza bola vytvorená v prostredí Microsoft Access, je rozšírená o aplikačnú nadstavbu umožňujúcu výpočet hydraulických parametrov z čerpacích skúšok a obsahuje priame prepojenie na aplikáciu MapInfo Professional, ktorá vytvára v PodVod malý geografický informačný systém (GIS).

Poloha vodomerných staníc s monitorovaním vodných stavov a prietoku na povrchových tokoch, poloha staníc monitorovania kvality vody na povrchových tokoch, meteorologických a zrážkomerných staníc bola prevzatá z podkladov Slovenského hydrometeorologického ústavu (SHMÚ) v Bratislave. Od SHMÚ boli prevzaté aj údaje o stredných a extrémnych hodnotách prietoku na povrchových tokoch, stredných a extrémnych hodnotách hladiny podzemnej vody v monitorovaných sondách základnej a účelovej siete SHMÚ, ako aj údaje o teplote vody monitorovaných prameňov. Z SHMÚ a zo Stredoslovenskej vodárenskej prevádzkovej spoločnosti, a. s. VEOLIA (StVPS) v Žiari nad Hronom, boli prevzaté a využité ich podklady o sledovanej výdatnosti a využívanom množstve prameňov a vrtovej zachytených na zásobovanie pitnou vodou. Z hydrologickej ročenky SHMÚ za rok 2007 (Kullman et al., 2008) boli excerpované údaje o priemerných zrážkových úhrnoch a teplote vzduchu na relevantných stanicích, ako aj údaje o priemernom prietoku na povrchových tokoch. Využívanie podzemnej vody sa hodnotilo na základe podkladov publikovaných v ročenke *Štátnej vodohospodárskej bilancie, časť Podzemné vody*, vydávanej SHMÚ (Čaučík et al., 2007; Čaučík et al., 2008) a podľa podkladov hydrogeologickej rajonizácie Slovenska (SHMÚ, resp. Šuba et al., 1984, 1995). Prírodné pomery, ktoré sa okrajovo dotýkajú hydrogeologických pomerov Žiarskej kotliny, sa hodnotili na podklade informácií publikovaných v *Atlase SSR* (kolektív autorov, 1980), resp. v *Atlase krajiny SR* (kolektív autorov, 2002).

4.3. CHARAKTERISTIKA REPRODUKOVATEĽNOSTI POUŽITÉHO HYDROGEOCHEMICKÉHO DOKUMENTAČNÉHO MATERIÁLU

Základný hydrogeochemický dokumentačný materiál využitý pri zostavení hydrogeochemickej mapy predstavujú chemické analýzy anorganických látok stanovených v podzemnej vode prameňov, vrtovej, domových studní a štôlní. Súčasťou databázy, pokiaľ boli stanovené, sú aj rozborý rádiologických ukazovateľov.

V rámci riešenia geologickej úlohy sa odobralo a v GAL ŠGÚDŠ v Spišskej Novej Vsi analyzovalo 15 vzoriek podzemnej vody (laboratórne protokoly sú súčasťou prílohy 10).

Z archívnych zdrojov boli pri zostavovaní mapy využité najmä analýzy podzemnej vody z geologických úloh:

- *Geochemický atlas SR, časť Podzemné vody* (Rapant et al., 1996),
- *Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia SR v mierke 1 : 50 000, región Žiarska kotlina a Banskoštiavnická oblasť* (Otepka et al., 1993).

Reprodukovateľnosť archívnych údajov využitých na zostavenie základnej hydrogeochemickej mapy sa posudzovala individuálne, pričom nevyhnutnou podmienkou zaradenia do databázy bol kompletný základný rozbor (všetky makrokomponenty) umožňujúci vypočítať iónovú bilanciu (vyžadovala sa chyba chemickej analýzy nižšia ako 5 %). **Kompletný hydrogeochemický dokumentačný materiál použitý na zostavenie mapy** (príloha 9) predstavuje 79 chemických analýz podzemnej vody zo 78 odberových miest. Hustota spracovaných údajov je pri celkovej ploche študovaného územia zhruba 99 km² približne 3 vzorky na 4 km², čo je viac, ako vyžaduje metodika, resp. záväzná smernica (predpokladá sa minimálne 1 vzorka na 3 km²).

Osobitnou súčasťou hydrogeochemickej dokumentácie sú údaje získané z databázy **národného monitoringu** podzemnej vody realizovaného SHMÚ (celkovo 109 chemických analýz zo 4 monitorovaných objektov, sledovaných väčšinou v období od roku 1982 do súčasnosti).

Archívne analýzy nezaradené na priame využitie pri zostavovaní mapy (odbery realizované do roku 1990, resp. údaje s nedostatočnou reprezentatívnosťou výsledkov – výrazne odlišné analytické rozsahy, citlivosť a metódy stanovenia, nevyhovujúca analytická chyba meraní) mali pri riešení geologickej úlohy informatívny charakter (napr. štatistické porovnanie výsledkov z rôznych časových období, spresnenie interpretácie výsledkov) a sú len súčasťou prvotnej dokumentácie (databázy).

Väčšina vzoriek podzemnej vody využitých na zostavenie mapy bola odobraná za stabilných klimatických podmienok a analyzovaná štandardnými analytickými postupmi v laboratóriách INGENO, a. s., Žilina a GAL ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves. Priamo v teréne sa vykonávali merania pH, teploty vody a teploty vzduchu, mernej elektrickej vodivosti vody, rozpusteného O₂, alkality (KNK_{4,5}) a acidity (ZNK_{8,3}). Vzorky vody boli po odbere chemicky stabilizované v zmysle požiadaviek príslušného laboratória. **Prehľad analytických metód** stanovenia jednotlivých ukazovateľov, medzi stanovenia, resp. intervalu spoľahlivosti merania (rozšírenej neistoty) v laboratóriu INGENO, a. s., Žilina je uvedený v tab. 4.1 a v GAL ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves v tab. 4.2.

Relevantnosť analytických údajov získaných v rámci geochemického atlasu bola zabezpečená systémom **kontroly kvality** analýz (AQA) korešpondujúcim s európskymi normami radu EN 45 000 a zásadami správnej laboratórnej praxe. Na základe výsledkov interných kontrolných analýz v laboratóriu INGENO Žilina je možné konštatovať, že rozdiely medzi stanovenými hodnotami koncentrácie jednotlivých hlavných zložiek sú minimálne, v limite s presnosťou a citlivosťou použitých metód a prístrojov, ktorými sa dané vzorky analyzovali. Kontrola laboratórnych techník v laboratóriu ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves sa okrem vnútornej (internej) kontroly pravidelne zabezpečuje systémom externej kontroly formou medzilaboratórnych porovnávacích skúšok s úspešnosťou viac ako 90 % z celého rozsahu pri všetkých typoch vôd. Interná kontrola sa realizuje odberom jednej vzorky dvakrát, a to každých 20 vzoriek. Podľa správnej laboratórnej praxe sa s každou sériou vzoriek (minimálne 15) meria jedna vzorka dvakrát – tzv. paralelné stanovenie.

4.4. SPÔSOB SPRACOVANIA HYDROGEOCHEMICKÝCH ÚDAJOV

Hydrogeochemická mapa je viacúčelová syntetická mapa, ktorej cieľom je komplexne zistiť, opísať a vyhodnotiť chemické zloženie a kvalitatívne vlastnosti podzemnej vody (Rapant a Bodiš, 2003). Predstavuje základný odborný podklad na charakteristiku kvalitatívnych vlastností a stavu znečistenia podzemnej vody slúžiaci na ich racionálne využívanie a ochranu. Podklad mapy tvorí jednoduchá topografia terénu (riečna sieť, miestopis, hlavné cesty). Základné vrstvy mapy **plošne** vyjadrujú tri základné hydrogeochemické kritériá, a to:

- kvalitatívne,
- geochemické,
- vodohospodárske.

Bodovo sú na mape znázornené miesta odberov vzoriek vody so špecifikáciou zdroja odberu a typu zdroja, vody anomálnej kvality, resp. potenciálne zdroje antropogénneho znečistenia. **Osobitnými symbolmi** sú vyjadrené doplnkové hydrogeochemické charakteristiky (napr. charakter znečisťujúcich a vo-

dohospodársky významných zložiek). **Kontúrové (líniové) značky** vyjadrujú hranice vymedzených hydrogeochemických skupín podzemnej vody, oblasti s obsahom prvkov a zložiek výrazne prevyšujúcich limitné hodnoty pitnej vody, oblasti s rovnakou kategóriou upraviteľnosti podzemnej vody, územia s odporučeným podrobnejším prieskumom, prípadne iné vlastnosti. Na vyjadrenie agresivity podzemnej vody, stupňa antropogénneho ovplyvnenia, distribúcie obsahu rozpustených látok a iných chemických ukazovateľov/vlastností boli zhotovené účelové mapy (príloha 8).

Tab. 4.1. Prehľad analytických metód, medzi stanovenia a intervalov spoľahlivosti v laboratóriu INGEO, a. s., Žilina (vzorky analyzované v rámci *Geochemického atlasu SR*; Rapant et al., 1996).

Prvok, zložka	Medza stanovenia [mg · l ⁻¹]	Metóda	Interval spoľahlivosti [mg · l ⁻¹]
Na ⁺	0,1	AAS – F	± 0,2
K ⁺	0,1	AAS – F	± 0,2
Mg ²⁺	1	ICP – OES	± 0,5
Ca ²⁺	1	ICP – OES	± 0,75
SiO ₂	0,5	SPFM	± 0,55
NH ₄ ⁺	0,05	SPFM	± 0,02
F ⁻	0,1	ISE	± 0,015
Cl ⁻	0,1	T	± 0,3
NO ₂ ⁻	–	–	± 0,01
NO ₃ ⁻	0,5	ITHP	± 0,4
SO ₄ ²⁻	0,3	ITHP	± 0,5
HCO ₃ ⁻	0,1	T	± 2,1
PO ₄ ³⁻	0,05	SPFM	± 0,01
Fe _{celk}	0,01	ICP – OES	± 0,01
Mn ²⁺	0,005	ICP – OES	± 0,005
Cr	0,000 5	AAS – ETA	± 0,000 6
Cd	0,000 5	AAS – ETA	± 0,000 4
Pb	0,001	AAS – ETA	± 0,001
As	0,001	AAS – MHS	± 0,000 5
Se	0,001	AAS – MHS	± 0,000 6
Cu	0,000 5	AAS – ETA	± 0,000 7
Al	0,01	ICP – OES	± 0,01
Zn	0,001	AAS – F	± 0,002
Hg	0,000 2	AAS – CV	± 0,000 2
Sb	0,000 2	AAS – MHS	± 0,000 3
Ag	–	–	± 0,002
Ni	–	–	± 0,000 2
Co	–	–	± 0,000 3
Ba ²⁺	0,01	ICP – OES	± 0,005

Tab. 4.1 – pokračovanie.

Prvok, zložka	Medza stanovenia [mg · l ⁻¹]	Metóda	Interval spoľahlivosti [mg · l ⁻¹]
Li ⁺	0,002	ICP – OES	± 0,002
Sr ²⁺	0,01	ICP – OES	± 0,005
CHSK _{Mn}	0,08	T	± 0,1
Agr. CO ₂	2,2	T	± 4,62

Vysvetlivky:	ICP – OES	optická emisná spektrofotometria – indukčne viazaná plazma
	AAS – F	plameňová atómová absorpčná spektrofotometria
	SPFM	spektrofotometria
	AAS – ETA	atómová absorpčná spektrofotometria – elektrotermická atomizácia
	ISE	ionoselektívne elektródy
	AAS – CV	atómová absorpčná spektrofotometria – studená para
	ITPH	izotachoforéza
	AAS – MHS	atómová absorpčná spektrofotometria – metóda generovania hydridov
	T	acidobázické titrácie

Tab. 4.2. Prehľad analytických metód, medzí stanovenia a rozšírenej neistoty meraní v geoanalytických laboratóriách ŠGÚDŠ Spišská Nová Ves (vzorky odoberané v rámci geologickej úlohy).

Analyt	Metóda	Medza stanovenia	Rozsah	Rozšírená neistota
		[mg · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	U(k = 2) %
Na ⁺	AES-ICP	0,05	0,05 – 2	10
			2 – 20	7
			20 – 50	5
			50 – 5 000	3
K ⁺	AES – ICP	0,1	0,1 – 2	10
			2 – 20	6
			20 – 50	4
			50 – 1 000	3
Ca ²⁺	AES – ICP	0,2	0,2 – 5	10
			5 – 50	7
			50 – 500	5
			500 – 5 000	2
Mg ²⁺	AES – ICP	0,2	0,2 – 5	10
			5 – 50	7
			50 – 300	5
			300 – 3 000	3
Si	AES – ICP	0,2	0,2 – 1	10
			1 – 25	5
			25 – 200	3
NH ₄ ⁺	F	0,05	0,05 – 0,2	15
			0,2 – 1 000	10
F ⁻	IC	0,1	0,1 – 1	15
			1 – 50	10
Cl ⁻	IC	1	1 – 20	10
			20 – 10 000	5

Tab. 4.2 – pokračovanie.

Analyt	Metóda	Medza stanovenia	Rozsah	Rozšírená neistota
		[mg · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	U(k = 2) %
NO ₂ ⁻	F	0,01	0,01 – 0,2	15
			0,2 – 1,5	10
NO ₃ ⁻	IC	1	1 – 20	20
			20 – 900	10
SO ₄ ²⁻	IC	2	2 – 20	10
			20 – 10 000	5
HCO ₃ ⁻	výpočet	0,3	0,3 – 10 000	5
PO ₄ ³⁻	F	0,03	0,03 – 0,2	25
			0,2 – 0,4	20
			0,4 – 4,3	6
Fe _{celk}	AES – ICP	0,007	0,007 – 0,1	10
			0,1 – 2	7
			2 – 10	5
			10 – 100	3
Mn ²⁺	AES – ICP	0,002	0,002 – 0,1	10
			0,1 – 1	5
			1 – 10	2
Al ³⁺	AES – ICP	0,02	0,02 – 0,1	10
			0,1 – 1	7
			1 – 10	5
Ba ²⁺	AES – ICP	0,002	0,002 – 0,01	25
			0,01 – 0,1	10
			0,1 – 1	5
Li ⁺	AAS	0,01	0,01 – 0,1	20
			0,1 – 1	10
			1 – 10	5
Sr ²⁺	AES – ICP	0,002	0,002 – 0,01	20
			0,01 – 0,1	10
			0,1 – 1	5
CHSK _{Mn}	OA	0,5	0,5 – 4	25
			4 – 250	10
Agr. CO ₂	výpočet	1,1	1,1 – 500	5
Cr	AES – ICP	2	2 – 50	10
			50 – 250	5
			250 – 1 000	2
Cd	AES – ICP	0,3	0,3 – 10	10
			10 – 100	5
			100 – 500	3
Pb	AES – ICP	5	5 – 50	20
			50 – 250	5
			250 – 1 000	3
As, Sb, Se	AAS generovanie hydridov	1	1 – 10	25
			10 – 100	10
			100 – 10 000	5

Tab. 4.2 – pokračovanie.

Analyt	Metóda	Medza stanovenia	Rozsah	Rozšírená neistota
		[mg · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	U(k = 2) %
Cu	AES – ICP	2	2 – 50	10
			50 – 250	5
			250 – 1 000	3
Zn	AES – ICP	2	2 – 50	10
			50 – 250	5
			250 – 1 000	3
Hg	AAS	0,1	0,1 – 5	20
			5 – 50	10
			50 – 200	5
Ag	AES – ICP	0,001	0,001 – 0,01	20
			0,01 – 0,1	8
			0,1 – 0,5	3
Ni	AES – ICP	2	2 – 50	10
			50 – 250	5
			250 – 1 000	3
Co	AES – ICP	2	2 – 50	10
			50 – 250	5
			250 – 1 000	3

Vysvetlivky: AAS atómová absorpčná spektrometria
AES – ICP atómová emisná spektrometria s indukčne viazanou plazmou
F fotometria
IC iónová chromatografia
OA odmerná analýza

CHARAKTERISTIKA KVALITATÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNEJ VODY

Kvalitatívne vlastnosti podzemnej vody sú na hydrogeochemickej mape vyjadrené farbou na ploche prostredníctvom 8 tried kvality podzemnej vody (A až H). Triedy kvality podzemnej vody sú rozčlenené na základe zoskupenia medzných ukazovateľov v zmysle nariadenia vlády SR č. 354/2006 Z. z. (ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu) na tri skupiny podľa rastúcej toxicity a náročnosti technológie na úpravu vody. Na základe príslušnosti jednotlivých vzoriek vody do tried kvality sa územie rozčleňuje na oblasti s rovnakou triedou kvality podzemnej vody. Vyžaduje sa aspoň 80 % príslušnosť vody rovnakých tried kvality na vymedzenej ploche. Vody odlišujúce sa svojimi kvalitatívnymi vlastnosťami od vymedzenej plochy (rozdiel 2 a viac tried) sú vyznačené osobitným symbolom. Spôsob vyčleňovania tried kvality podzemnej vody je bližšie uvedený v legende k mape.

VYJADRENIE GEOCHEMICKÝCH CHARAKTERISTÍK PODZEMNEJ VODY

Geochemická charakteristika podzemnej vody je spracovaná na základe vyčlenenia a kartografického vymedzenia hydrogeochemických skupín podzemnej vody. Hydrogeochemické skupiny podzemnej vody zobrazené čiernym rastrom na ploche sú podmienené prírodnými danosťami mapovaného územia a vyčleňujú sa na základe:

- genetických typov vody,
- chemických typov vody,
- hodnôt celkovej mineralizácie,
- geologického charakteru a typu priepustnosti zvodneného kolektora.

Genetické typy vody vyjadrujú pôvod rozpustených látok vo vode. Rozlišuje sa prírodne (Gazda, 1974) a antropogénne (Rapant, 2001) podmienený pôvod obsahu prvkov a zložiek v podzemnej vode. Doplňajú sa Gazdovými charakteristikami [napr. A₂ základný výrazný, S₂(SO₄) základný nevýrazný,

$A_2-S_2(SO_4)$ prechodný typy a pod.; Gazda, 1972]. Chemické typy vody sa vyjadrujú podľa prevládajúcich iónov symbolmi prvkov a zložiek podľa výsledkov chemickej analýzy z ekvivalentných hodnôt (mmol . z %) základných zložiek (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^-). Kritériom určenia chemického typu je ekvivalentný podiel týchto zložiek na úrovni viac ako 25 mmol . z % zo sumy 100 % kationov, resp. 100 % aniónov. Prevládajúce zložky sú usporiadané podľa ich ekvivalentného zastúpenia (napr. v podzemnej vode $Ca-Mg-HCO_3-SO_4$ typu má najvýraznejšie zastúpenie kation Ca^{2+} na ľavej strane, resp. anión SO_4^{2-} na pravej strane). Intervaly hodnôt celkovej mineralizácie sa vyčleňujú na základe matematicko-štatistického spracovania údajov.

Pri vyčleňovaní hydrogeochemických skupín podzemnej vody sa ako základ berú genetické typy podzemnej vody a ostatné tri charakteristiky sa k nim pričleňujú. Genéza podzemnej vody je úzko spojená s geologickou stavbou územia, t. j. vyčlenenie a plošné vymedzenie hydrogeochemických skupín sa realizovalo na základe geologických podkladov (Konečný et al., 1998a, b, c; Káčer et al., 2005).

VYJADRENIE VODOHOSPODÁRSKÝCH KRITÉRIÍ

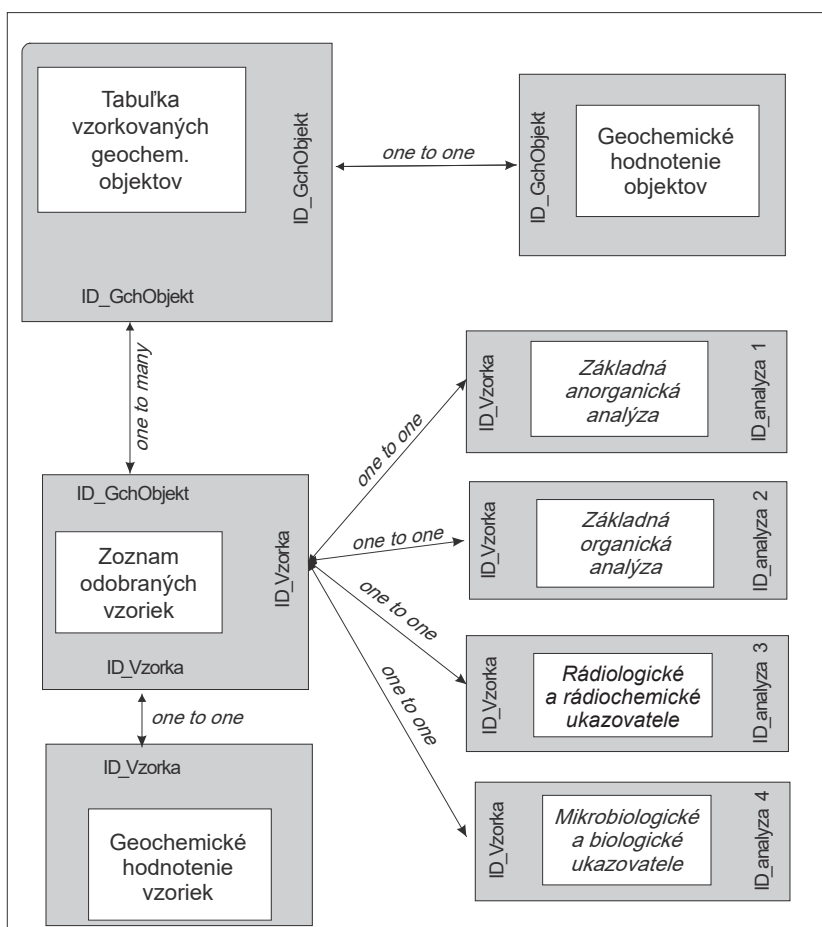
Vodohospodárske kritériá vyjadrujú vhodnosť surovej podzemnej vody z hľadiska jej upraviteľnosti na pitnú vodu. Chemické zloženie podzemnej vody z jednotlivých vzoriek sa porovná s hodnotami medznej koncentrácie uvedenými vo vyhláske Ministerstva ŽP SR č. 354/2006, ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch, a určí sa kategória ich upraviteľnosti (v pôvodnej STN 75 7214 bola upraviteľnosť rozdelená na kategórie A, B, C, D, v aktuálne platnej vyhláske je rozdelená na kategórie A1, A2, A3). Pomocou kontúr a symbolov sa územie rozčlení na oblasti s rovnakou kategóriou upraviteľnosti. Vyžaduje sa 80-percentná príslušnosť vód rovnakej kategórie upraviteľnosti na vymedzenej ploche.

DATABÁZA CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNEJ VODY

Databáza analýz podzemnej vody je dôležitou a povinnou súčasťou mapy prezentujúcou výsledky výskumu. Databáza je interaktívne priradená k bodovým značkám odberových miest podzemnej vody,

ktoré sú v zmysle metodiky (resp. záväznej smernice) zoradené podľa stúpajúcej súradnice x. Jednotný metodický postup na spracovanie databázy chemického zloženia podzemnej vody, ako aj jednotné digitálne spracovanie hydrogeochemickej mapy navrhli Kordík a Slaninka (2009) a sú záväzné pre zostavovateľov základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 realizovaných v ŠGÚDŠ.

Vzhľadom na komplexný charakter geochemických informácií je výhodné budovať relačnú geochemickú databázu. Schéma relačného prepojenia informácií v hydrogeochemickej databáze je uvedená na obr. 4.1. Medzi jednotlivými relačnými prepojeniami tabuľkami sú uvedené formy relačného prepojenia – *one to one* (1 : 1), resp. *one to many* (1 : ∞).



Obr. 4.1. Schéma relačného prepojenia informácií v hydrogeochemickej databáze.

Databázový súbor vzoriek podzemnej vody využitých na zostavenie mapy obsahuje 79 chemických analýz, v ktorých je viac ako 5 000 záznamov uložených a spracovaných programom MS Access.

Grafické spracovanie hydrogeochemickej mapy

Kompletný grafický výstup (originál) bol spracovaný programom MapInfo Professional, v. 9.0, ktorý okrem subsystémov vstupu, ukladania, preberania, manipulácie a analýzy údajov umožňuje aj vzájomnú prepojenosť grafických informácií s databázovým systémom (MS Access). Jednotné digitálne podklady základnej hydrogeochemickej mapy záväznú pre riešiteľov ŠGÚDŠ navrhli Kordík a Slaninka (2009).

Štatistické spracovanie

Základné štatistické spracovanie údajov o podzemnej vode sa robilo v programoch MS Excel, SPSS a Statistica. V prípade koncentrácie nižšej ako hranica stanoviteľnosti danej analytickej metódy vstupovala do štatistického výpočtu polovičná hodnota medze stanovenia príslušného chemického ukazovateľa. V prípade režimových (viacnásobných) pozorovaní boli do štatistického spracovania konkrétneho odberového miesta dosadené hodnoty mediánu zo všetkých meraní z danej lokality (medián je uvažovaný najmä v dôsledku eliminácie vplyvu odľahlých meraní). Zo štatistických metód boli využité:

- základné štatistické spracovanie,
- analýza vzájomných vzťahov vybraných parametrov (korelačná analýza).

Z ukazovateľov **základného štatistického spracovania** sú tabuľkovo prezentované bežne používané ukazovatele určujúce charakteristiku a verifikáciu dátového súboru, akými sú priemer, medián, smerodajná odchýlka, minimum a maximum. Pri spracovaní boli využité aj tabuľka a graf rozdelenia početnosti (histogram) verifikujúci charakter distribúcie celkovej mineralizácie v podzemnej vode.

Vzájomný vzťah chemických zložiek a vybraných ukazovateľov v podzemnej vode bol hodnotený prostredníctvom **korelačnej analýzy**. Pretože charakter distribúcie mnohých ukazovateľov nespĺňa podmienky normálneho rozdelenia a výsledky lineárnej Pearsonovej korelácie môžu byť menej reprezentatívne, korelačný výpočet sa robil aj tzv. neparametrickou Spearmanovou metódou. Použitie Spearmanovej korelácie je vhodným riešením v prostredí vyznačujúcim sa nerovnovážnym stavom chemického zloženia a odklonom distribúcie posudzovaných ukazovateľov od normálneho rozdelenia distribúcie. Neparametrická Spearmanova metóda vyhladzuje aj vplyv odľahlých, resp. extrémnych hodnôt.

Korelačná analýza bola vypočítaná z celého súboru údajov využitých na zostavenie mapy a jej výsledky sú prezentované tabuľkovo a graficky. Za štatisticky významnú koreláciu pri dvojstrannej hladine významnosti $< 0,01$ vzhľadom na veľký počet pozorovaní bolo možné považovať už hodnoty korelačného koeficientu K na úrovni $+0,3$, resp. $-0,3$.

Výpočet stupňa kontaminácie

Charakter znečistenia je okrem vyjadrenia kvalitatívnych vlastností podzemnej vody (na hydrogeochemickej mape prezentovaný farbou na ploche) mapovo znázornený (príloha 8) aj prostredníctvom tzv. stupňa kontaminácie (Backman et al., 1998):

$$C_d = \sum_{i=1}^n C_{fi} \rightarrow \text{pričom } C_{fi} = \frac{C_{Ai}}{C_{Ni}} - 1,$$

kde: C_d – stupeň kontaminácie vzorky,
 C_{fi} – faktor kontaminácie i -tej zložky,
 C_{Ai} – analytická hodnota i -tej zložky,
 C_{Ni} – normatívna hodnota i -tej zložky.

Stupeň kontaminácie bol vypočítaný pri analyzovaných a súčasne legislatívou posudzovaných ukazovateľov v zmysle nariadenia vlády SR č. 354/2006 Z. z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu. Pri výpočte celkového stupňa kontaminácie vzorky C_d (suma faktorov kontaminácie jednotlivých zložiek) do výpočtu vstupujú len tie ukazovatele, ktorých analytická hodnota prekračuje normatívnu hodnotu (t. j. len kladné hodnoty). Pri odberových miestach, kde žiadny parameter neprekročil limitnú koncentráciu, bola priradená nulová hodnota stupňa kontaminácie.

Tvorba účelových máp

Na vyjadrenie niektorých dôležitých vlastností podzemnej vody, napr. agresivity a stupňa kontaminácie, obsahu rozpustených látok a hlavných kontaminantov a koncentrácie vybraných stopových prvkov, boli zhotovené **účelové mapy**, uvedené v prílohe 8. Finálny výstup účelových máp vybraných ukazovateľov bol spracovaný v programe MapInfo Professional, v. 9.0. Interpolačný výpočet sa robil modulom Vertical Mapper, ktorý je súčasťou programu MapInfo Professional. Na interpolačný výpočet bola použitá metóda inverzných vzdialeností (*inverse distance weighting method*) a boli zadané nasledujúce parametre:

- veľkosť bunky 50 x 50 m (celkovo 476 x 548 buniek),
- vyhľadávací polomer 10 km,
- minimálny počet meraní vstupujúcich do výpočtu 1,
- maximálny počet meraní vstupujúcich do výpočtu 15.

Súbor s vypočítanými interpolovanými hodnotami (.grd) bol konvertovaný pomocou aplikácie Grid Analyser 4.1 (súčasť MapInfo Professional) do prostredia MapInfo Professional (.tab) vo forme plošných buniek. Na prezentáciu interpolačných výpočtov vo forme tematickej mapy bol zvolený postup pravidelného delenia intervalov hodnôt, resp. koncentrácie ukazovateľov na základe percentilov. Na mapách je zobrazených celkovo 10 intervalov, ktorých hornú hranicu reprezentujú hodnoty každého desiateho percentilu v štatistickom súbore, t. j. 10., 20., 30., 40., 50., 60., 70., 80., 90. a 100. percentil.

Boli zostavené mapy nasledujúcich fyzikálno-chemických ukazovateľov: celková mineralizácia, chloridy, sírany, dusičnany, SiO_2 , agresívny CO_2 , Al a As. Samostatná mapa reprezentuje stupeň znečistenia podzemnej vody v oblasti Žiarskej kotliny.

5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

Hlavným faktorom vplyvujúcim na tvorbu a množstvo podzemnej vody v území sú klimatické, geomorfologické a geologické pomery. Žiarska kotlina predstavuje vnútrohorskú depresiu s hladko modelovaným reliéfom a nadmorskou výškou v rozmedzí od 210 m v južných častiach kotliny s postupným zvyšovaním smerom na sever do 470 m. Vzhľadom na malý výškový rozdiel (260 m) sú klimatické pomery v území relatívne homogénne. Priemerný ročný úhrn zrážok sa v oblasti Žiarskej kotliny pohybuje od 600 do 900 mm. Rozsah úhrnov zrážok pozdĺž rieky Hron je medzi 700 až 800 mm ročne. Rok 2007 počas zberu terénnych údajov bol z hľadiska priemerného ročného úhrnu zrážok podpriemerný, resp. suchý – množstvo zrážok predstavovalo 75,1 až 90 % z dlhodobého priemeru. Priemerná ročná teplota vzduchu v území je v letnom období 15,4 °C a v zimnom období 2,4 °C. Teplota vzduchu v tom istom roku bola oproti dlhodobému priemeru silne nadnormálna (tab. 2.5, 2.6). Táto skutočnosť poukazuje na zvýšenú evapotranspiráciu, a teda aj nižšie hodnoty efektívnych zrážok v tomto období. Priemerný ročný výpar (aktuálna evapotranspirácia) za obdobie 1961 – 1990 sa pohybuje v rozmedzí od 400 do 450 mm. Podľa mapy priemerných efektívnych zrážok Slovenska za roky 1951 – 1980 (Malík a Švasta, 2006) je priemerná hodnota efektívnych zrážok na území Žiarskej kotliny 104,9 mm. Podľa výsledkov štúdie *Integrovaného manažmentu krajiny* (Malík et al., 2007) je priemerná retencia pôdy v oblasti Žiarskej kotliny 341 mm. Vzhľadom na množstvo zrážok, vysoký výpar a značnú retenciu pôdy nezostáva na vsiaknutie do oblasti podzemnej vody a tvorbu podzemného odtoku veľké množstvo zrážok. Z vodohospodárskeho hľadiska oblasť Žiarskej kotliny preto nie je príliš perspektívna.

Žiarska kotlina je charakteristická výskytom tzv. občasných tokov, ktoré v letných obdobiach vplyvom vysokej teploty vzduchu a výparu úplne vysychajú. Pri terénnych prácach v roku 2007, keď dlhodobo prevládalo extrémne teplé počasie (32 °C) bez zrážok, bola väčšina tokov v západnej a juhozápadnej časti kotliny vyschnutá.

Geologické pomery vzhľadom na prítomnosť ílovitých sedimentov v centrálnej a severnej časti kotliny neumožňujú výraznú infiltráciu zrážok do horninového prostredia. Ide o ílovité polohy trubínskeho súvrstvia a uhl'onosné kosorínske vrstvy neogénneho veku, ktoré v území tvoria hydrogeologický izolátor.

Podzemná voda v Žiarskej kotline sa viaže prevažne na aluviálne sedimenty Hrona a štrkovo-piesčité polohy neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia. V celkovom hodnotení dosiahli spomínané dva horninové typy najvyššie hodnoty priemernej prietochnosti a predstavujú tak v Žiarskej kotline najvýraznejší zdroj podzemnej vody. Aj napriek relatívne vysokým hodnotám priepustnosti podzemná voda týchto hornín množstvom ani kvalitou nepostačuje a nepokrýva potrebu pitnej vody v Žiarskej kotline. Hlavným zdrojom zásobovania obyvateľov pitnou vodou v hodnotenom území je Vodárenská nádrž Turček a Pohronský skupinový vodovod Banská Bystrica a len v nepatrnej miere lokálne zdroje podzemnej vody, ako sú vrty, studne a pramene.

Na základe hydrogeologického mapovania v roku 2007 a aktuálnych údajov SHMÚ vystupuje v oblasti Žiarskej kotliny a jej bezprostrednom okolí celkovo **94 prameňov**. Ide prevažne o pramene sutinového alebo sutinovo-puklinového typu, ktoré vystupujú na povrch hlavne z deluviálnych a vulkanických horninových typov prevažne na západnom okraji kotliny. Počas hydrogeologického mapovania, ktoré sa realizovalo v rámci riešenia úlohy, bolo zdokumentovaných 76 prameňov so sumárnou výdatnosťou 7,46 l · s⁻¹. Štatisticky sú spracované v tab. 5.4. Zoznam všetkých zdokumentovaných prameňov spolu s vodársky využívanými prameňmi je v prílohe 3.

5.1. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA HORNÍN (VRÁTANE CHARAKTERISTIKY ROZDELENIA HYDRAULICKÝCH PARAMETROV HORNÍN)

Na základe geologicko-tektonických pomerov, ktoré poukazujú na odlišnú schopnosť infiltrácie, akumulácie a odtoku podzemnej vody, sme v študovanom území Žiarskej kotliny vyčlenili nasledujúce hydrogeologické celky:

- hydrogeologický celok kvartérnych sedimentov,
- hydrogeologický celok neogénnych sedimentov,
- hydrogeologický celok neogénnych vulkanitov.

V uvedených hydrogeologických celkoch bolo následne vyčlenených 21 hydrogeologických podcelkov odlišujúcich sa hodnotami prietochnosti, ktorých základné charakteristiky sú zosumarizované v tabuľke 5.1. Na hydrogeologickej mape je na povrchu zobrazených a na základe rozličnej hodnoty prietochnosti T farebne odlišených 14 podcelkov. Ostatné horninové typy v Žiarskej kotline nevystupujú na povrch, sú uložené v podloží celkov vystupujúcich na povrch, preto nie sú zobrazené na mape.

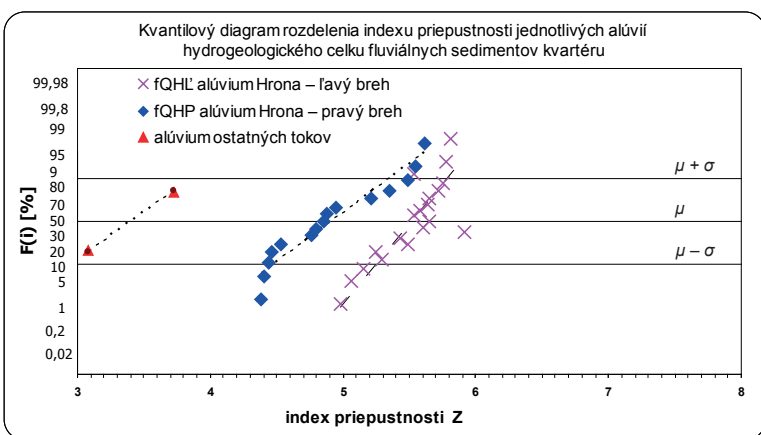
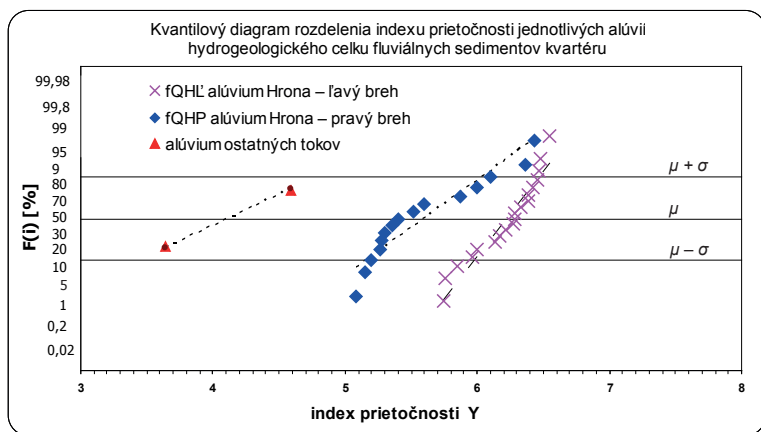
Hodnotenie hydrogeologických vlastností vyčlenených hydrogeologických celkov vychádzalo z archivovaných výsledkov z 89 hydrodynamických skúšok realizovaných na 89 hydrogeologických vrtoch. Koeficient prietochnosti T a koeficient filtrácie k bol následne stanovený zo spracovania hodnôt porovnávacích hydrogeologických parametrov – indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z podľa metodických postupov Jetela (1985, 1995) – pozri podkapitulu 4.2. V tabuľkách 5.2 a 5.3 sú výsledné štatistické charakteristiky indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z , ako aj priemerné hodnoty koeficientu prietochnosti T a koeficientu filtrácie k hodnotených hydrogeologických celkov.

Logaritmická prepočtová diferenciacia d zohľadňuje dodatočný (lineárny i nelineárny) hydraulický odpor pri prúde vody horninovým prostredím do vrtu a vrtom k jeho ústiu. Pri jej dobrom poznaní môžeme ľahko vyjadrovať hodnoty striktných hydraulických koeficientov k a T pomocou vzťahov $T = 10^{(Y+d-9)} [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$ a $k = 10^{(Z+d-9)} [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$. Pre rozdiel medzi hodnotami $\log T$ a $\log q$ v danom prostredí platí vzťah $d = \log T - \log q$ (pozri aj podkapitulu 4.2). Hodnoty celkovej logaritmicko-prepočtovej diferencie d sme stanovovali ako súčet jednotlivých čiastkových logaritmicko-prepočtových diferencií (základnej prepočtovej diferencie d_p , neúplnostnej diferencie d_L a kvadratickej turbulencnej diferencie d_C). Tieto čiastkové logaritmicko-prepočtové diferencie sa získavali výpočtovými metódami podľa vzťahov prevzatých z práce Jetela (1985) pri každom individuálnom hydrogeologickom vrte, resp. na ňom vykonávanej hydrodynamickej skúške. Na hydrogeologickej mape v prípade prolúviálnych a flúviálnych sedimentov malých tokov a lávových prúdov ryolitov bola pre nedostatok údajov stanovená prietochnosť len z 2 vrtoch. Stanovenie prietochnosti má v tomto prípade len orientačný charakter.

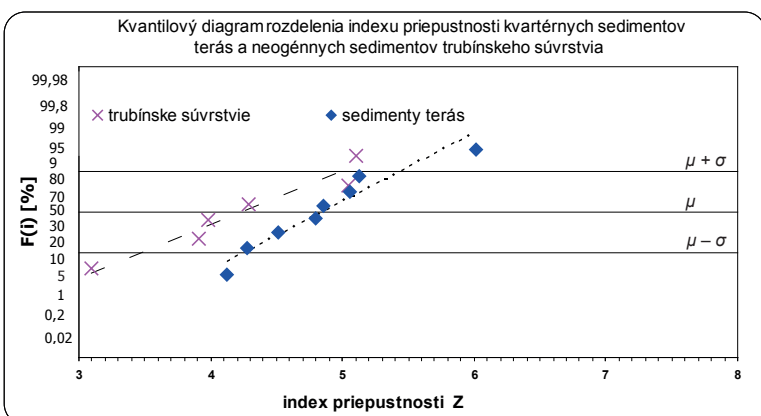
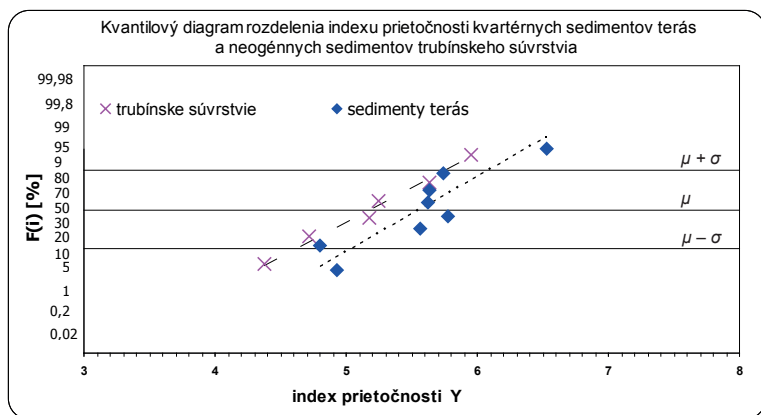
V prípade chýbania údajov z čerpacích skúšok, ako aj hodnôt prietochnosti stanovených inými autormi sa na stanovenie koeficientu prietochnosti T použili vrty z iných oblastí Slovenska, ktoré testovali ten istý geologický typ. Pri ich výbere bola snaha vybrať vrt v podobných geomorfologických a geologických podmienkach, to znamená vrty v oblasti kotlín, ktoré sú obkolesené vulkanickými horninami a situované v rovnakej nadmorskej výške ako hodnotený horninový typ v Žiarskej kotline. Takýmto spôsobom bola stanovená hodnota prietochnosti deluviálnych sedimentov, kde boli použité vrty z územia susednej Hornonitrianskej kotliny. V prípade, že neboli dostupné žiadne podobné vrty, bola použitá hodnota prietochnosti T podľa Malíka et al. (2007). Uvedená práca s názvom *Zostavovanie geologických máp v mierke 1 : 50 000 pre potreby integrovaného manažmentu krajiny* uvádza priemerné hodnoty prietochnosti hydrogeologických celkov celého Slovenska. Ich hodnota bola vypočítaná z mernej výdatnosti vrtoch (index prietochnosti T) podľa metódy Jetela (1985). Takto stanovená hodnota vzhľadom na heterogenitu prostredia však nemusí presne odrážať hydrogeologické vlastnosti konkrétneho hodnoteného územia. V prostredí bez akejkoľvek hydrodynamickej skúšky a bez inej možnosti stanovenia hydraulických parametrov však predstavuje hodnotnú informáciu. Prehľad stanovených hydrogeologických charakteristík hodnotených hydrogeologických celkov a ich základnú štatistiku udávajú tabuľky 5.1, 5.2 a 5.3.

Na základe štatistického spracovania hodnôt indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z sa na základe kvantilového diagramu distribúcie týchto porovnávacích hydraulických parametrov porovnávali najprv hydraulické vlastnosti aluviálnych sedimentov Hrona na oboch brehoch a flúviálnych sedimentov ostatných tokov (obr. 5.1). Následne sa štatistická distribúcia týchto parametrov porovnávala pri kvartérnych sedimentoch terás a neogénnych sedimentoch trubínskeho súvrstvia (obr. 5.2).

Z obrázka 5.1 je zrejmé, že aluviálne náplavy na pravom brehu Hrona majú skoro o jeden rád vyššie stredné hodnoty indexov prietochnosti [medián $\text{Md}(Y) = 5,40$, $\text{Md}(Z) = 4,85$, smerodajná odchýlka $\sigma_Y = 0,45$, $\sigma_Z = 0,44$] v porovnaní s náplavami na ľavom brehu Hrona [aritmetický priemer $M(Y) = 6,28$, $\text{Md}(Z) = 5,58$, $\sigma_Y = 0,25$, $\sigma_Z = 0,26$]. Príčinou nižšej priepustnosti sedimentov na ľavom brehu Hrona je neustály prínos ílovitých častíc z oblasti kotliny do oblasti alúvia. Podľa smerodajnej odchýlky ide o fil-



Obr. 5.1. Charakteristiky rozdelenia hodnôt indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z fluviaálnych sedimentov Hrona a fluviaálnych sedimentov ostatných tokov Žiarskej kotliny.



tračne homogénne prostredie, pričom homogenita prostredia na pravom brehu je vyššia ako na ľavom brehu.

Porovnaním aluviálnych náplavov Hrona s náplavami ostatných, menších tokov Žiarskej kotliny zistíme, že ich priepustnosť sa výrazne líši. V prípade menších tokov boli dostupné len údaje z dvoch vrtov. Ich heterogenita je výrazná ($\sigma_Y = 0,67$) a stredná hodnota indexu prietochnosti [$Md(Y) = 4,12$] je až o dva rády nižšia ako v prípade ľavobrežných sedimentov Hrona a o rád nižšia ako na pravom brehu Hrona. Dôvod možno hľadať v kolmatácii dna tokov vplyvom transportu ílovitých sedimentov trubínskeho súvrstvia.

Kvantilové diagramy štatistickej distribúcie parametrov Y a Z kvartérnych sedimentov terás a neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia (obr. 5.2) poukazujú na vcelku podobný charakter prietochnosti. Polohy pieskocov a štrkov v trubínskom súvrství dosiahli približne rovnaké stredné hodnoty indexov prietochnosti [medián $Md(Y) = 5,21$, $Md(Z) = 4,14$] ako sedimenty terás [medián $Md(Y) = 5,63$, $Md(Z) = 4,83$]. O niečo výraznejší rozdiel je v prípade filtračnej homogenity prostredia, kde trubínske súvrstvie ($\sigma_Y = 0,58$, $\sigma_Z = 0,76$) vykazuje nižšiu homogenitu hodnôt priepustnosti ako sedimenty terás ($\sigma_Y = 0,54$, $\sigma_Z = 0,59$).

Obr. 5.2. Charakteristiky rozdelenia hodnôt indexu prietochnosti Y a indexu priepustnosti Z kvartérnych sedimentov terás a neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia.

Tab. 5.1. Základné hydrogeologické charakteristiky vyčlenených hydrogeologických celkov a podcelkov.

HG celok	HG index	Horninový typ (HG podcelok)	Plocha na HG mape [km ²]	% celkovej plochy	Počet HG vrto	Počet prameňov	Variabilita T	Geometrický priemer T [m ² · s ⁻¹]	Geometrický priemer k [m · s ⁻¹]	Typ priepustnosti	HG funkcia
HG celok kvartéru	aQ	antropogénne sedimenty: skládky, navážky (holocén)	0,63	0,62	0	0	–	–	–	medzizimná	kolector
	oQ	organogénne sedimenty: slatiný, slatinné hliny (holocén)	0,36	0,36	3	0	0,191	4,52E-04	8,51E-05	medzizimná	regionálny izolátor
	dQ	deluviálne sedimenty: hlimito-kamenité svahoviny a sutiny, zosuvy	8,27	8,19	10	22	0,789	5,42E-05	2,04E-05	medzizimná	kolector
	pQ	proluviálne sedimenty pleistocénu až holocénu: hlinité a piesčité štrky s úlomkami hornín v náplavových kuželoch	4,66	4,61	2	0	0,127	2,01E-04	6,88E-05	medzizimná	kolector
	fQ ^{HP}	fluvialne pravobrežné sedimenty Hrona: piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky dnovej akumulácie niv s pokryvom hlin	6,00	5,94	15	0	0,446	6,59E-04	1,37E-04	medzizimná	kolector
	fQ ^{HL}	fluvialne ľavobrežné sedimenty Hrona: piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky dnovej akumulácie niv s pokryvom hlin	9,16	9,07	19	0	0,249	2,74E-03	5,44E-04	medzizimná	kolector
	fQ	fluvialne nivné sedimenty ostatných tokov: piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky dnovej akumulácie niv s pokryvom hlin	9,25	9,16	2	4	0,672	1,15E-05	2,18E-06	medzizimná	kolector
	fQ'	fluvialne sedimenty terás spolu (pravé + ľavé): štrky a piesčité štrky s pokryvom ílovitých a piesčitých hlin	11,48	11,37	8	9	0,535	4,72E-04	8,84E-05	medzizimná	kolector
	fN ^{HP}	fluvialne balvanovité sedimenty riečnej delty Lutiského potoka (pliocén)	0,44	0,44	167*	0	0,806*	6,75E-04*	3,16E-05*	medzizimná	kolector
	N ^{Tr-ko}	trubínske súvrstvie – kosorínske vrstvy: íly, lignity, uhlie s prepláskami pieskov a drobných štrkov (pont)	9,72	9,81	5	0	0,738	7,97E-06	–	medzizimná	izolátor
N ^{Tr}	trubínske súvrstvie: tuftické ílovce a siltovce s polohami pieskovcov a štrkov (panón – pont)	37,28	37,65	6	19	0,579	1,32E-04	1,49E-05	medzizimná	regionálny izolátor	
N ^{IKV}	limnokvarcity (panón)	0,73	0,72	0*	1	0,000*	1,00E-04	1,00E-05*	puklinová	kolector	
Ns	vulkaniko-sedimentárna výplň Žiarskej kotliny: ílovce, siltovce s polohami pieskovcov a štrkov (sarmat)	–	–	63*	0	1,010*	1,65E-04*	1,09E-5	medzizimná	regionálny izolátor	
N ^{Kor}	kordické súvrstvie: ílovce, siltovce a pieskovce s polohami uhoľných ílovcov, brekcií a konglomerátov (spodný bádén)	–	–	670*	0	0,800*	3,10E-04*	2,09E-05*	medzizimná	regionálny izolátor	
rN ^{if}	jastrabská formácia: ílové prúdy ryolitov (sarmat)	0,26	0,26	2	0	0,007	5,59E-05	1,12E-06	puklinová	kolector	
vKN ^{if}	jastrabská formácia: pieskovce, tufy, brekcie a konglomeráty ryolitov (sarmat)	0,72	0,71	4	1	0,310	4,16E-04	6,00E-06	medzizimná	kolector	
aN ^{IKas}	formácia Krennického štítu: ílové prúdy andezitov a ich blokové ílové brekcie formácie (bádén – sarmat)	–	–	4	4	0,859	6,02E-04	9,03E-06	puklinová	kolector	
vKN ^{IKes}	formácia Krennického štítu: pyroklastiká (brekcie ± tufy) pyroxenických andezitov (bádén – sarmat)	–	–	2	21	0,314	2,57E-04	1,25E-5	medzizimná	kolector	
aN ^{Tur}	turčecká formácia: ílové prúdy andezitov a ich prevažne blokové ílové brekcie turčeckej formácie (bádén – sarmat)	–	–	1	1	0,011	1,79E-04	9,02E-7	puklinová	kolector	
vKN ^{Tur}	turčecká formácia: tufy a pemzové tufy bazaltov a bázických andezitov turčeckej formácie (bádén – sarmat)	–	–	2	2	0,444	7,36E-05	2,08E-6	medzizimná	kolector	
N ^{Ka}	vulkaniko-sedimentárna výplň Žiarskej kotliny: kamenské súvrstvie – epiklastické vulkanické zlepené a pieskovce intermeditárnych andezitov s polohami brekcií a tufov (bádén)	–	–	203*	0	0,644*	6,30E-04*	2,76E-5*	medzizimná	kolector	

*počty vrto, hodnoty variability prietočnosti T , koeficientu prietočnosti T a koeficientu filtrácie k prevzaté z výsledkov práce Malíka et al. (2007)

Tab. 5.2. Základné štatistické charakteristiky indexu prietočnosti a priemerné hodnoty koeficientu prietočnosti (T) hodnotených hydrogeologických podcelkov.

HG index	Horninový typ (HG podcelok)	n počet vrto	Min. (Y)	Max. (Y)	Aritm. priemer (Y)	$\sigma(Y) = T_{\text{var}}$	d	Geometrický priemer T [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
dQ	hlinité deluviálne sedimenty	6	3,22	5,15	4,27	0,847	-0,123	1,41E-05
dQ	hlinito-kamenité deluviálne sedimenty	10	3,42	6,22	4,87	0,789	-0,134	5,42E-05
pQ	proluviálne náplavy tokov	2	5,08	5,26	5,17	0,127	0,133	2,01E-04
fQHP	pravobrežné náplavy Hrona	15	5,08	6,43	5,59	0,446	0,224	6,59E-04
fQHE	ľavobrežné náplavy Hrona	19	5,74	6,54	6,22	0,249	0,219	2,74E-03
fQ	náplavy ostatných tokov	2	3,64	4,59	4,12	0,672	-0,059	1,15E-05
fQt	terasové sedimenty	8	4,80	6,53	5,57	0,535	0,100	4,72E-04
NTr-Ko	trubínske súvrstvie – kosorínske vrstvy	5	–	–	–	0,738	–	7,97E-06
NTr	trubínske súvrstvie	6	4,37	5,95	5,18	0,579	-0,064	1,32E-04
rNf	ryolity jastrabskej formácie	2	4,59	4,60	4,60	0,007	0,153	5,59E-05
vkNf	vulkanoklastiká jastrabskej formácie	4	4,91	5,59	5,24	0,310	0,378	4,16E-04
aNFkrš	andezity formácie Kremnického štítu	4	4,11	6,02	5,37	0,859	0,409	6,02E-04
vkNFkrš	vulkanoklastiká formácie Kremnického štítu	2	4,95	5,40	5,18	0,314	0,234	2,57E-04
aNTurf	andezity turčeckej formácie	1	5,24	5,24	5,24	0,011	–	1,79E-04
vkNTurf	vulkanoklastiká turčeckej formácie	2	4,29	4,92	4,60	0,444	0,265	7,36E-05

Tab. 5.3. Základné štatistické charakteristiky indexu filtrácie a priemerné hodnoty koeficientu filtrácie (k) hodnotených hydrogeologických podcelkov.

HG index	Horninový typ (HG podcelok)	n počet vrto	Min. (Z)	Max. (Z)	Aritm. priemer (Z)	$\sigma(Z) = T_{\text{var}}$	d	Geometrický priemer k [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
dQ	hlinité deluviálne sedimenty	6	3,02	4,68	3,84	0,696	-0,123	5,25E-06
dQ	hlinito-kamenité deluviálne sedimenty	10	3,15	5,47	4,44	0,710	-0,134	2,04E-05
pQ	proluviálne náplavy tokov	2	4,69	4,72	4,71	0,021	0,133	6,88E-05
fQ ^{HP}	pravobrežné náplavy Hrona	15	4,38	5,61	4,91	0,436	0,224	1,37E-04
fQ ^{HE}	ľavobrežné náplavy Hrona	19	4,99	5,91	5,52	0,262	0,219	5,44E-04
fQ	náplavy ostatných tokov	2	3,08	3,72	3,40	0,456	-0,059	2,18E-06
fQ ^t	terasové sedimenty	8	4,12	6,01	4,85	0,591	0,100	8,84E-05
N ^{Tr-Ko}	trubínske súvrstvie – kosorínske vrstvy	–	–	–	–	–	–	–
N ^{Tr}	trubínske súvrstvie	6	3,09	5,11	4,24	0,761	-0,064	1,49E-05
rN ^f	ryolity jastrabskej formácie	2	2,72	3,07	2,90	0,247	0,153	1,12E-06
vkN ^f	vulkanoklastiká jastrabskej formácie	4	3,15	3,75	3,40	0,271	0,378	6,00E-06
aN ^{Fkrš}	andezity formácie Kremnického štítu	4	2,26	4,35	3,55	0,917	0,409	9,03E-06
vkN ^{Fkrš}	vulkanoklastiká formácie Kremnického štítu	2	3,84	3,89	3,86	0,040	0,234	1,25E-05
aN ^{Turf}	andezity turčeckej formácie	1	2,94	2,94	2,94	0,011	–	9,02E-07
vkN ^{Turf}	vulkanoklastiká turčeckej formácie	2	2,81	3,29	3,05	0,338	0,265	2,08E-06

Tab. 5.4. Základné charakteristiky prameňov viazaných na jednotlivé horninové celky Žiarskej kotliny (na základe výsledkov hydrogeologického mapovania v roku 2007).

Horninový typ	Počet prameňov	Plocha [km ²]	Počet prameňov na 1 km ²	Priem. nadm. výška výveru [m n. m.]	Min. T vody [°C]	Max. T vody [°C]	Priem. T vody [°C]	Min. EC [µS . cm ⁻¹]	Max. EC [µS . cm ⁻¹]	Priem. EC [µS . cm ⁻¹]	Min. Q [l . s ⁻¹]	Max. Q [l . s ⁻¹]	Priem. Q [l . s ⁻¹]	ΣQ [l . s ⁻¹]	Jednorazový merný odtok vo forme prameňov q [l . s ⁻¹ . km ⁻²]
Deluviálne sedimenty	22	8,27	2,66	335	10,8	27,7	16,8	221	723	417	0,0001	0,25	0,06	1,34	0,16
Fluviálne sedimenty (nivné) menších tokov kotliny	4	9,25	0,43	350	12,6	19	15,5	279	369	312	0,02	0,24	0,09	0,35	0,04
Fluviálne sedimenty terás	9	11,48	0,78	260	9,9	18,3	14,9	447	632	541	0,01	0,15	0,05	0,43	0,04
Limnokvarcity	1	0,73	1,37	406	–	–	10,0	–	–	142	–	–	–	0,07	0,10
Trubínske súvrstvie: tufitické ílovce a siltovce s polohami pieskocov a štrkov	19	34,13	0,56	324	9,70	16,20	13,6	241	541	368	0,01	0,50	0,08	1,53	0,04
Vulkanity Vtáčnika a Kremnických vrchov: andezity a ich pyroklastiká	21	12,98	1,62	412	8,9	18,8	13,3	134	307	209	0,01	1	0,18	3,74	0,29
SPOLU	76	76,84	0,99	348	8,9	27,7	14,2	134	723	331	0,0001	1	0,09	7,46	0,10

HYDROGEOLOGICKÝ CELOK KVARTÉRNÝCH SEDIMENTOV

aQ/aQ antropogénne sedimenty: skládky, navážky

Antropogénne navážky zaberajú v hodnotenom území plochu 0,63 km². Je pre ne charakteristická medzizrnová priepustnosť s výraznou variabilitou a heterogenitou vzhľadom na rôzny charakter sypaného materiálu. V hodnotenom území sa v antropogénnych sedimentoch nachádzajú 4 hydrogeologické vrty. Sú situované v malých skládkach v blízkosti hlinikárne v Žiari nad Hronom. Hydraulické vlastnosti antropogénnych sedimentov v týchto vrtoch však neboli testované, preto nie je možné stanoviť na ich základe hodnotu prietochnosti T .

Na základe štatistického spracovania filtračných parametrov pre potreby integrovaného manažmentu krajiny (Malík et al., 2007) môžeme k antropogénnym sedimentom priradiť len orientačnú hodnotu koeficientu prietochnosti $T = 2,62 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnota je výsledkom štatistického spracovania hydrodynamických skúšok na 7 hydrogeologických vrtoch testujúcich antropogénne sedimenty v rámci územia Slovenska. Michalko et al. (2005) na základe vyhodnotenia hydrodynamických skúšok na 3 vrtoch situovaných v antropogénnych navážkach Turčianskej kotliny k nim priradil hodnotu koeficientu prietochnosti $T = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Akékoľvek údaje z najväčšej skládky v území – skládka červených kalov zo závodu ZSNP, a. s., v Žiari nad Hronom – nie je možné získať. Na základe práce Vozára et al. (1998) je koeficient filtrácie steny skládky hlinikárni $k = 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, čo predstavuje veľmi nízku priepustnosť.

Pretože každá skládka je svojím zložením a druhom sypaného materiálu špecifická, použitie uvedených hodnôt prietochnosti v prípade skládky v Žiarskej kotline by nezodpovedalo reálnym hodnotám prietochnosti. Vzhľadom na absenciu potrebných údajov nie je možné antropogénne sedimenty v hodnotenom území reálne zhodnotiť. Na hydrogeologickej mape ich preto zobrazujeme sivou farbou, bez určenia konkrétnej hodnoty prietochnosti.

oQ/oQ organogénne sedimenty: slatiny, slatinné hliny

Organogénne sedimenty v hodnotenom území zaberajú plochu 0,36 km². Ide o slatiny a slatinné hliny, pre ktoré je typický vlastný, špecifický systém cirkulácie podzemnej vody. Z hydrogeologického hľadiska mokrade predstavujú regionálny izolátor a ich podzemná voda nemá z hľadiska množstva akumulácie a kvality praktické využitie. V hodnotenej oblasti nie sú v organogénnych sedimentoch situované žiadne hydrogeologické vrty a neodvodňujú sa žiadnymi prameňmi viditeľnými v teréne.

Na základe štatistického spracovania filtračných parametrov v práci Malíka et al. (2007) bola v hydrogeologickom celku organogénnych sedimentov stanovená priemerná hodnota koeficientu prietochnosti $T = 4,52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnota je výsledkom kvalifikovaného odhadu hodnôt prietochnosti, pretože tento horninový typ vzhľadom na jeho malý praktický význam nebol na celom území Slovenska hydraulicky testovaný. Na základe tohto hodnotenia zaraďujeme organogénne sedimenty Žiarskej kotliny do kategórie prietochnosti T v rozsahu od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

dhkQ (dhQ, dhkzQ)/dQ deluviálne sedimenty: hlinito-kamenité svahoviny a sutiny, zosuvy

Deluviálne sedimenty predstavujú v hodnotenom území najviac plošne zastúpený litologický typ. Na povrch vystupujú prakticky v celej kotline, s výnimkou oblastí výstupov fluviaálnych, proluviaálnych a neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia. Tvoria ich dva geologicky aj hydrogeologicky odlišné typy, a to deluviálne hliny (dQh) a hlinito-kamenité sedimenty svahov a zosuvov (dQhkz). Ich plošné zastúpenie na zmapovanom území (Šimon et al., 1997; Konečný et al., 1998a, b, c; Lexa et al., 1998 in Káčer et al., 2005) je 46,17 km². Hydrogeologicky významné polohy deluviálnych sedimentov (dQhk) sa na území výslednej hydrogeologickej mapy rozprestierajú na ploche 8,27 km².

Deluviálne sedimenty tvorené hlinami a piesčitými hlinami (dhQ) vystupujú v centrálnej časti kotliny na ploche 33,4 km². Z hľadiska hydrogeológie nemajú praktický význam, a preto na hydrogeologickej mape nie sú detailne vyhodnotené a zobrazené. Na základe vyhodnotenia 6 hydrodynamických skúšok realizovaných v geologicky a geomorfologicky podobných susedných kotlinách v nich môžeme stanoviť orientačnú hodnotu koeficientu prietochnosti T v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-5}$ do $3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 1,41 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$).

Deluviálne sedimenty svahov a zosuvov (dhkzQ) tvorené kamenitými a hlinito-kamenitými sedimentmi vystupujú pozdĺž celého západného okraja Žiarskej kotliny, a to v úzkom pruhu pod úpäťm pohoria Vtáčnik na ploche 12,7 km². Ich hrúbka (západne od obce Prestavky) je maximálne 10 m.

Tento hydrogeologický celok nebol v území Žiarskej kotliny hodnotený hydrodynamickou skúškou, preto sme sa pokúsili odvodiť tento parameter z 10 hydrogeologických vrtov testujúcich toto prostredie v susednej, geologicky a geomorfologicky podobnej Hornonitrianskej kotline. Na základe ich spracovania bol k hlinito-kamenitým sedimentom Žiarskej kotliny priradený koeficient prietochnosti T v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-5}$ do $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 5,42 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) (tab. 5.5).

Podzemná voda tohto horninového typu vystupuje v 22 prameňoch s priemernou nadmorskou výškou výveru 335 m a priemernou výdatnosťou $0,06 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.5). Z prameňov deluviálnych sedimentov odteká sumárne približne $1,34 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody. Výdatnosť sa pohybovala v rozmedzí od $0,01$ do $0,25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, hodnota mernej elektrickej vodivosti od 221 do $723 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (priemer $417 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Ide o sutinové pramene s priemernou teplotou vody $16,8 \text{ }^\circ\text{C}$ (pri extrémnej teplote vzduchu 30 až $35 \text{ }^\circ\text{C}$).

Tab. 5.5. Základné hydrogeologické charakteristiky deluviálnych sedimentov.

Horninový typ	Počet vrtov v území	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Max. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Priemer Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	ΣQ [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) T_V$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) k_Z$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Deluviálne sedimenty (hlinito-kamenité)	10*	22	sutinový	0,01	0,25	0,06	1,34	5,42E-05	2,04E-05

* vrty susediacej, geologicky a geomorfologicky podobnej Hornonitrianskej kotliny

pQ / pQ **proluviálne sedimenty:** hlinité a piesčité štrky s úlomkami vulkanických aj nevolkanických hornín v náplavových kužeľoch

Proluviálne sedimenty pleistocénu a holocénu sa v hodnotenom území rozprestierajú na ploche 4,66 km². Ide o slabo vytriedené fluviaálne nánosy sedimentujúce pri vyústení horských tokov do oblastí zníženého terénu. V oblasti Žiarskej kotliny sú výrazné hlavne na severe územia v oblasti vyústenia Lutiského potoka, Lehotského potoka, Kosorínskeho potoka a Slaského potoka z Kremnických vrchov. Ide o súvislé výstupy štrkov na povrch, ktoré sú často uložené na vrcholoch miernych kopcov. Ďalšie výskyt sú v oblastiach vyústenia tokov pretekajúcich kotlinou do rieky Hron, hlavne v oblasti Prochotského potoka. Na základe údajov z profilu vrtu JL-1 v Janovej Lehote dosahujú proluviálne sedimenty v tejto oblasti hrúbku 4 m. Na základe spracovania hydrodynamických skúšok z 2 vrtov v území k nim bola priradená priemerná hodnota koeficientu prietochnosti $T = 2,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Zaraďuje ich to do kategórie prietochnosti v rozmedzí od $1,43 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ do $2,82 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. V proluviálnych sedimentoch nebol počas terénnych prác v roku 2007 zdokumentovaný žiadny výver podzemnej vody (tab. 5.6).

Tab. 5.6. Základné hydrogeologické charakteristiky proluviálnych sedimentov.

Horninový typ	Počet vrtov v území	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Max. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Priemer Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	ΣQ [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) T_y$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) k_z$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Proluviálne sedimenty	2	0	–	–	–	–	–	2,01E-04	6,88E-05

fQ/ fQ^{HP}, fQ^{HE} **fluviálne sedimenty údolnej nivy Hrona:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Fluviaálne sedimenty údolnej nivy Hrona sa rozprestierajú na ploche 15,16 km². Na základe vyhodnotenia hydrodynamických skúšok a hodnôt prietochnosti sedimenty na pravom a ľavom brehu rieky Hron preukazujú rozdielne hydraulické vlastnosti. Sedimenty ľavého brehu Hrona (zo strany Štiavnických vrchov) preukazujú o rád vyššiu prietochnosť (tab. 5.7) ako fluviálne sedimenty pravého brehu (zo strany Žiarskej kotliny). Nižšia priepustnosť štrkov na pravej strane Hrona je spôsobená prínosom hlinitej frakcie pochádzajúcej z neogénnych sedimentov Žiarskej kotliny. Tie sú do Hrona prinášané prostredníctvom menších tokov pretekajúcich kotlinou. Hrúbka vlastnej štrkovej akumulácie Hrona sa pohybuje v nive obvykle od 5 do 9 m (Konečný et al., 1998a, b, c). Vzhľadom na dostatok hydrogeologických vrtov situovaných do údolnej nivy Hrona sme hydrogeologické vlastnosti sedimentov na pravom a ľavom brehu rieky vyhodnotili samostatne.

fQ/ fQ^{HP} **fluviálne sedimenty pravého brehu Hrona:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Na základe vyhodnotenia údajov z 15 hydrogeologických vrtov je priemerný koeficient prietochnosti fluviálnych sedimentov na pravom brehu rieky Hron $T = 6,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, čo ich zaraďuje do kategórie prietochnosti v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.7).

Minimálna hrúbka štrkovej akumulácie je 7,2 m v Žiari nad Hronom, maximum 10,3 m je v Dolnej Trnávke, a to v mieste vyústenia toku Zákruty. Minimálna štandardná merná výdatnosť z hodnotených 15 vrtov na pravobreží Hrona je $0,12 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, maximálna $1,25 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Priemerná hodnota narazenej hladiny podzemnej vody je 2,8 m pod terénom (m p. t.), priemerná hĺbka statickej hladiny je 2,3 m p. t.

fQ/ fQ^{HE} **fluviálne sedimenty ľavého brehu Hrona:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Vyhodnotením údajov z 19 hydrogeologických vrtov situovaných na ľavobreží je priemerný koeficient prietochnosti fluviálnych sedimentov na ľavom brehu rieky Hron $T = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, môže sa však pohybovať v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-3}$ do $3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.7).

Hrúbka fluviaálnych sedimentov na ľavej strane rieky Hron sa pohybuje od 7 m v Lehôtke pod Brehmi do 12 m v Žiari nad Hronom. Minimálna štandardná merná výdatnosť z hodnotených 19 vrtov je $0,7 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, maximálna $3,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Priemerná hodnota narazenej hladiny podzemnej vody je 2,1 m p. t., priemerná hĺbka ustálenej hladiny je 1,8 m p. t.

fQ/ fQ **fluviaálne sedimenty nív ostatných (menších) tokov kotliny:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Fluviaálne sedimenty nív ostatných tokov kotliny sa v hodnotenom území rozprestierajú na ploche $9,25 \text{ km}^2$. Na základe spracovania údajov z 2 hydrogeologických vrtov situovaných do dnových sedimentov Prochotského potoka v Hornej Ždani (HŽ-1) a Lutilského potoka pri Žiari nad Hronom (HVŽ-4) dosahujú fluviaálne sedimenty týchto tokov o jeden rád nižší koeficient prietochnosti, $T = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, ako pravostranné náplavy Hrona ($T = 6,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) a až o dva rády nižší koeficient prietochnosti ako ľavostranné náplavy Hrona ($T = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) (tab. 5.7). Výrazný rozdiel je aj v koeficiente filtrácie (pravobrežie Hrona $k = 1,37 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, ľavobrežie Hrona $k = 5,44 \cdot 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, ostatné toky $k = 2,18 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Dôvodom zníženej priepustnosti dnových sedimentov menších tokov v kotline je prítomnosť zahmlinených a nevytriedených štrkopieskov v ich korytách, kde prítomnosť ílovitej zložky výrazne zhoršuje hydraulické vlastnosti tohto prostredia. Narazená hladina (0,7 m) vo vrte HŽ-1 v alúviu Prochotského potoka sa ustálila na hodnote 2,4 m p. t. Lutilský potok preukazuje mierne napätú hladinu, kde voda z narazenej hladiny (1,8 m p. t.) vystúpila do výšky 1,2 m p. t. Na základe uvedených výsledkov bola k alúviu menších tokov kotliny priradená priemerná hodnota koeficientu prietochnosti $T = 1,15 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, spadajúca do intervalu $T = 1 \cdot 10^{-5}$ až $3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

V uvedenom horninovom type boli zdokumentované 4 pramene, z toho 3 v dnových sedimentoch Slaského potoka a 1 v sedimentoch Prochotského potoka (tab. 5.4). Ide o sutinové pramene s priemernou teplotou vody $15,5 \text{ }^\circ\text{C}$ a s priemernou nadmorskou výškou 350 m. Merná elektrická vodivosť, ktorá orientačne poukazuje na množstvo látok rozpustených vo vode, sa pohybuje v rozmedzí od 279 do $369 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (priemer $312 \text{ } \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Hodnoty výdatnosti sa pohybujú v rozmedzí $0,02$ až $0,24 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Priemerná výdatnosť zdokumentovaných výverov je $0,09 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Z prameňov sumárne odteká približne $0,35 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody (tab. 5.7).

Tab. 5.7. Základné hydrogeologické charakteristiky fluviaálnych sedimentov nivy Hrona a ostatných tokov kotliny.

Horninový typ	Počet vrtov	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Max. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Priemer Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	ΣQ [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) T_y$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) k_z$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Pravostranné náplavy Hrona	15	0	–	–	–	–	–	6,59E-4	1,37E-4
Ľavostranné náplavy Hrona	19	0	–	–	–	–	–	2,74E-3	5,44E-4
Náplavy menších tokov kotliny	2	4	sutinový	0,02	0,24	0,09	0,35	1,15E-5	2,18E-6

fQt / fQt **fluviaálne sedimenty terás:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky terás s pokryvom spraší a deluviaálnych hĺn

Terasové sedimenty v hodnotenom území pokrývajú plochu $11,48 \text{ km}^2$. Ide o vysoké (staršie), stredné a nízke (mladšie) terasy Hrona a terasy Lutilského potoka.

Na základe štatistického spracovania údajov z 10 hydrogeologických vrtov situovaných do terasových sedimentov Hrona bola z terás vypočítaná priemerná hodnota koeficientu prietochnosti $T = 4,72 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.8), čo poukazuje na menšiu priepustnosť prostredia oproti dnovým sedimentom Hrona. Zhoršená priepustnosť je spôsobená prítomnosťou hlinitej frakcie. Stredná hodnota koeficientu prietochnosti T spadá do intervalu od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. V prípade terasových sedimentov sme sa podobne ako pri fluviaálnych náplavoch pokúsili zistiť rozdiel v hydrogeologických vlastnostiach na pravom a ľavom brehu Hrona. Rozdiely v tomto prípade nie sú také výrazné ako v prípade aluviaálnych sedimentov.

Výsledky spracovania sú v tabuľke 5.9.

V terasových sedimentoch bolo zdokumentovaných 9 prevažne sutinovo-vrstvových prameňov (tab. 5.4). Pramene vystupujú na pravej strane Hrona, zväčša zo stredných terás, v priemernej nadmorskej výške 260 m. Teplota vody sa pohybuje v rozmedzí od 9,9 do 18,3 °C, (priemer 14,9 °C). Merná elektrická vodivosť, ktorá orientačne poukazuje na množstvo rozpustených látok vo vode, sa pohybuje v rozmedzí od 447 do 632 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (priemer 541 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Vyššie hodnoty mernej elektrickej vodivosti (viac ako 600 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) poukazujú na možný vplyv antropogénneho znečistenia podzemnej vody terás pochádzajúci z priemyselnej činnosti (skládka, odpadová voda, poľnohospodárstvo). Priemerná výdatnosť zdokumentovaných výverov je 0,05 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$. Sumárne z prameňov odteká približne 0,43 $\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody (tab. 5.8). Terasy predstavujú v území hydrogeologický kolektor s medzizrnovým typom priepustnosti podzemnej vody.

Tab. 5.8. Základné hydrogeologické charakteristiky fluviaálnych sedimentov terás.

Horninový typ	Počet vrtov	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Max. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Priemer Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	ΣQ [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) T_y$ [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	$G(x) k_z$ [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Fluviaálne sedimenty terás	8	9	sutinovo-vrstvový	0,01	0,15	0,05	0,43	4,72E-4	8,84E-5

Tab. 5.9. Základné hydrogeologické charakteristiky fluviaálnych sedimentov terás na ľavom a pravom brehu Hrona.

Horninový typ	Plocha na HG mape [km^2]	% z celkovej plochy	Počet HG vrtov	Počet prameňov	Variabilita prietochnosti T	Geometrický priemer T [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]	Geometrický priemer k [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
Sedimenty terás na pravom brehu Hrona	8,08	8,00	2	9	0,106	8,16E-04	1,11E-04
Sedimenty terás na ľavom brehu Hrona	3,40	3,37	6	0	0,624	3,94E-04	8,19E-05
Sedimenty terás spolu (pravé + ľavé)	11,48	11,37	8	9	0,535	4,72E-04	8,84E-05

V rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu Žiarskej kotliny (Bajo et al., 2008) bol v hydrologickom roku 2007 režimovo pozorovaný prameň v blízkosti obce Lovča vystupujúci zo strednej terasy Hrona (dok. č. 69, príloha 3). V roku 2007 bola priemerná výdatnosť prameňa $Q = 0,14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, minimálna $0,10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a maximálna $0,17 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Výdatnosť prameňa pri jednorazovom meraní v čase riešenia tejto úlohy bola $0,08 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Podľa slov obyvateľov prameň v minulosti vystupoval plošne a vytváral zamokreninu na lúke. Neskôr bol melioračnými prácami zvedený do Hrona a časť z neho do studničky pred kaplnkou (súčasný stav).

HYDROGEOLOGICKÝ CELOK NEOGÉNNYCH SEDIMENTOV

fN^{LP} / fN^{LP} fluviaálne balvanovité sedimenty riečnej delty Lutiského potoka (pliocén)

Pliocénne fluviaálne sedimenty sa vyskytujú iba na severe územia pri vyústení Lutiského potoka do Žiarskej kotliny a západne od Janovej Lehoty na ploche približne $0,44 \text{ km}^2$ v nadmorskej výške 410 až 530 m. V tomto litologickom type sa nerealizoval žiadny hydrogeologický vrt ani v ňom nebol zdokumentovaný prameň, z ktorých by sa dala stanoviť hodnota prietochnosti. Na základe výsledkov práce Malíka et al. (2007) môžeme k týmto horninám priradiť orientačnú priemernú hodnotu koeficientu prietochnosti T v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 3,99 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Hodnota je výsledkom štatistického spracovania hydrodynamických skúšok z 10 hydrogeologických vrtov situovaných do rovnakých hornín na území Slovenska. Balvanovité sedimenty delty Lutiského potoka preukazujú podobnú prietochnosť ako mladé terasové sedimenty (stredné terasy) na pravom brehu Hrona.

Trubínske súvrstvie

Súvrstvie predstavuje hlavný člen sedimentárneho neogénu Žiarskej kotliny. Je rozšírené v území celej kotliny, kde leží v podloží kvartérnych sedimentov a v nadloží vulkanitov jastrabskej formácie sarmatu. Z celkovej rozlohy územia hydrogeologickej mapy zaberá plochu 47,84 km². Pozostáva z nasledujúcich členov:

ispNTr / NTr trubínske súvrstvie: tufitické ílovce a siltovce s polohami pieskocov a štrkov (panón – pont)

Trubínske súvrstvie tvorené tufitickými ílovcami a siltovcami s polohami pieskocov a štrkov vystupuje na ploche 37,28 km². Na základe vyhodnotenia 6 hydrogeologických vrtov, ktoré testovali sumárne ílovcové, piesčité aj štrkové polohy trubínskeho súvrstvia k nim bola priradená priemerná hodnota koeficientu prietochnosti $T = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.10). Strednú hodnotu koeficientu prietochnosti T odhadujeme v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-4}$ do $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Jeden vrt v Hornej Ždani (HŽD-3) testoval samostatne neogénne štrky tohto súvrstvia a ich prietochnosť dosiahla hodnotu $T = 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Hodnota je zahrnutá v priemernej hodnote prietochnosti celého súvrstvia, pretože vzhľadom na izolované a nevelké polohy štrkov nie je možné vyčleniť ich súvislý horizont. Hydrogeologickým mapovaním v roku 2007 bolo v trubínskom súvrství zdokumentovaných 18 prameňov prevažne sutinovo-vrstvového typu s priemernou nadmorskou výškou výveru 318 m (tab. 5.4). Teplota vody sa pohybovala v rozmedzí od 9,7 do 16,2 °C (priemer 13,6 °C). Merná elektrická vodivosť, ktorá orientačne poukazuje na množstvo rozpustených látok vo vode, sa pohybuje v rozmedzí od 241 do 541 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (priemer 371 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). V hodnotách mernej elektrickej vodivosti vidieť postupný nárast hodnôt v smere prúdenia podzemnej vody k centru a juhu kotliny. Maximálne hodnoty sú zdokumentované hlavne v oblastiach ľudských aglomerácií (Prestavky, dokumentačné č. 25 – komunálny odpad v koryte potoka, Horná Trnávka – dok. č. 26, Lovča – dok. č. 76). Poukazuje to na možný antropogénny vplyv znečistenia podzemnej vody zdokumentovaných prameňov. Priemerná výdatnosť zdokumentovaných výverov je 0,09 l · s⁻¹. Z prameňov sumárne odteká približne 1,52 l · s⁻¹ podzemnej vody (tab. 5.10).

Tab. 5.10. Základné hydrogeologické charakteristiky neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia.

Horninový typ	Počet vrtov	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [l · s ⁻¹]	Max. Q [l · s ⁻¹]	Priemer Q [l · s ⁻¹]	ΣQ [l · s ⁻¹]	$G(x) T_y$ [m ² · s ⁻¹]	$G(x) k_z$ [m · s ⁻¹]
Trubínske súvrstvie	6	18	sutinovo-vrstvový	0,02	0,50	0,09	1,52	1,32E-4	1,49E-5

V rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu Žiarskej kotliny (Bajo et al., 2008) boli v hydrologickom roku 2007 režimovo pozorované dva pramene vystupujúce z polôh trubínskeho súvrstvia. Prameň s dok. č. 77 (príloha 3) vystupujúci v blízkosti Lutílskeho potoka pod Ábelovým mlynom vykázal priemernú výdatnosť $Q = 0,039 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, minimálnu výdatnosť 0,02 l · s⁻¹ a maximálnu výdatnosť 0,08 l · s⁻¹. Výdatnosť prameňa pri jednorazovom meraní v čase riešenia tejto úlohy (24. 7. 2007) bola 0,08 l · s⁻¹.

Druhý režimovo pozorovaný prameň s dok. č. 80 (príloha 3) sa nachádza na dolnom konci obce Kosorín. Výver je upravený betónovou skružou a plechovou strechou. Vyteká plastovou rúrou do žľabu. V roku 2007 bola priemerná výdatnosť prameňa $Q = 0,041 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, minimálna výdatnosť 0,038 l · s⁻¹ a maximálna výdatnosť 0,043 l · s⁻¹. Výdatnosť prameňa pri jednorazovom meraní v čase riešenia tejto úlohy (24. 7. 2007) bola 0,03 l · s⁻¹.

N^{likv} / N^{likv} trubínske súvrstvie: limnokvarcity (panón)

V rámci jazernej sedimentácie trubínskeho súvrstvia sa v panóne vyzrážali izolované polohy limnokvarcitov charakteristické podzemnou vodou s artézskym prelivom. Na povrch vystupujú v západnej časti kotliny pod úpäťm Vtáčnika na celkovej ploche 0,73 km². V tomto type hornín neevidujeme hydrogeologický vrt, ktorý by overil ich hydrogeologické vlastnosti. Bol tu zdokumentovaný 1 puklinový prameň (dok. č. 47) s teplotou 10,1 °C, mernou elektrickou vodivosťou 142 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ a výdatnosťou

0,07 l . s⁻¹ (tab. 5.4). Na základe výsledkov práce Malíka et al. (2007) môžeme k týmto horninám priradiť orientačnú priemernú hodnotu koeficientu prietočnosti $T = 1,00 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.11), ktorá je výsledkom kvalifikovaného odhadu hodnôt prietočnosti, pretože litologický typ limnokvarcitov nebol na území Slovenska dosiaľ hodnotený žiadnou hydrodynamickou skúškou.

Tab. 5.11. Základné hydrogeologické charakteristiky limnokvarcitov trubínskeho súvrstvia.

Horninový typ	Počet vrtov	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [l . s ⁻¹]	Max. Q [l . s ⁻¹]	Priemer Q [l . s ⁻¹]	Q [l . s ⁻¹]	$G(x) T_y$ [m ² . s ⁻¹]	$G(x) k_z$ [m . s ⁻¹]
Trubínske súvrstvie – limnokvarcity	0	1	puklinový	–	–	–	0,07	1,00E-4	1,00E-5

ísN^{Tr-Ko} / N^{Tr-Ko} trubínske súvrstvie – kosorínske vrstvy: piesčité íly, lignity, uhlie (pont)

V rámci trubínskeho súvrstvia boli v jeho vrchnej časti vyčlenené kosorínske vrstvy ako nepriepustné polohy piesčitých ílov so slojmi uhlia a lignitu. Na povrch vystupujú iba v severnej časti kotliny na ploche 9,72 km².

V kosorínskych vrstvách boli vyhlbené štruktúrne vrty (Blaško et al., 1984), na ktorých sa realizovali stúpacie a čerpacie skúšky. Vzhľadom na to, že nie sú k dispozícii iné údaje, na základe archívnych výsledkov k nim priradujeme priemernú hodnotu koeficientu prietočnosti T v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 7,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) (tab. 5.1). Kosorínske vrstvy tvoria hydrogeologický izolátor bez prirodzených výstupov podzemnej vody na povrch.

šNTr / NTr trubínske súvrstvie: piesčité drobné štrky (pont)

V nadloží kosorínskych vrstiev sú uložené najmladšie členy trubínskeho súvrstvia – piesčité drobné štrky pontského veku, ktoré majú schopnosť prijímať a akumulovať vodu. Na povrch vychádzajú na malej ploche (0,17 km²) na severe územia nad poľnohospodárskym družstvom v Janovej Lehote. Tento litologický typ nebol v území overený hydrodynamickou skúškou, a preto analógiou podľa pieskovcových a štrkových polôh trubínskeho súvrstvia panónsko-pontského veku k nemu bola priradená hodnota koeficientu prietočnosti v rozmedzí $T =$ od $1 \cdot 10^{-4}$ do $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.1). Štrky trubínskeho súvrstvia sa odvodňujú jedným prameňom (dok. č. 62) nad poľnohospodárskym družstvom v Janovej Lehote. Jeho výdatnosť v roku 2007 bola 0,01 l . s⁻¹. Na hydrogeologickej mape ich zobrazujeme v rámci panónsko-pontského člena trubínskeho súvrstvia (ispNTr / NTr tuftické ílovce a siltovce s polohami pieskovcov a štrkov).

ípšzVN / Ns ílovce, pieskovce, štrky s vulkanickým a nevulkanickým materiálom (sarmat)

Toto nepomenované súvrstvie sedimentov sarmatu je uložené v podloží produktov ryolitového vulkanizmu jastrabskej formácie. Na povrch v Žiarskej kotline nevystupuje. Je uložené hlboko pod povrchom terénu v hĺbke približne od 500 m na severe územia a v oblasti Žiaru nad Hronom (Konečný et al., 1998a, b, c) s postupným poklesnutím do hĺbky až 1 000 m p. t. v centre a na juhu kotliny. Tento regionálny izolátor nebol v území Žiarskej kotliny hodnotený žiadnou hydrodynamickou skúškou, preto k nemu bola priradená orientačná hodnota koeficientu prietočnosti v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-4}$ do $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 1,65 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) na základe výsledkov práce Malíka et al. (2007). Hodnota je výsledkom štatistického spracovania 63 hydrodynamických skúšok testujúcich ten istý horninový typ v rámci Slovenska (tab. 5.1).

ispN^{Kord} / N^{Kord} kordické súvrstvie: tuftické ílovce, siltovce, pieskovce, uhlie a vulkanoklastiká (spodný bádén)

Kordické súvrstvie predstavuje bazálne súvrstvie neogénu Žiarskej kotliny. Je uložené na paleogénnych sedimentoch a v jeho nadloží sú navrstvené produkty vulkanizmu stredoslovenských neovulkanitov.

Na povrch v Žiarskej kotline nevystupuje. Je uložené hlboko pod povrchom terénu v hĺbke 2 000 až 3 000 m (Bajo et al., 2008). Jeho hrúbka sa odhaduje na 300 až 500 m. Tento regionálny izolátor nebol v území Žiarskej kotliny hodnotený žiadnou hydrodynamickou skúškou a vzhľadom na to, že je uložený vo veľkej hĺbke, je k nemu priradená len orientačná hodnota koeficientu prietochnosti T v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-4}$ do $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 3,10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) na základe výsledkov práce Malíka et al. (2007) (tab. 5.1). Upozorňujeme, že táto hodnota je len hrubý odhad a reálna hodnota prietochnosti kordického súvrstvia v Žiarskej kotline sa môže výrazne líšiť.

HYDROGEOLOGICKÝ CELOK NEOGÉNNYCH VULKANITOV

Jastrabská formácia

rN^{Jf} / rN^{Jf} jastrabská formácia: ryolity (sarmat)

Ryolity jastrabskej formácie predstavujú najmladší člen stredoslovenských neovulkanitov na území Žiarskej kotliny. Mladší je už len komplex Šibeničného vrchu, ktorý vystupuje za jv. hranicou územia. Ryolity jastrabskej formácie vystupujú na povrch v severnej časti územia v podobe dvoch malých extrúzií s celkovou povrchovou rozlohou 0,62 km². Ich prietochnosť bolo možné vyhodnotiť na základe vrto, ktoré testujú tento horninový typ na juhu územia v Hliníku nad Hronom. Na základe toho bola prietochnosť T ryolitov jastrabskej formácie stanovená v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-5}$ do $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 5,59 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) (tab. 5.12). Vzhľadom na to, že hodnota prietochnosti bola stanovená len z údajov dvoch vrto, treba rátať s jej menšou výpovednou hodnotou. Počas terénnych prác v nich nebol zdokumentovaný žiadny prirodzený výver podzemnej vody.

Tab. 5.12. Základné hydrogeologické charakteristiky ryolitov jastrabskej formácie.

Horninový typ	Počet vrto	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [l . s ⁻¹]	Max. Q [l . s ⁻¹]	Priemer Q [l . s ⁻¹]	Q [l . s ⁻¹]	$G(x) T_y$ [m ² . s ⁻¹]	$G(x) k_z$ [m . s ⁻¹]
Ryolity jastrabskej formácie	2	0	–	–	–	–	–	5,59E-5	1,12E-6

ptrN^{Jf} / vkN^{Jf} jastrabská formácia: pieskovce, tufy, brekcie a konglomeráty ryolitov (sarmat)

Vulkanoklastiká jastrabskej formácie vystupujú na povrchu (po odkrytí deluviálnych hĺn) na východnom okraji kotliny v úzkom pruhu medzi Lutilou a Žiarom nad Hronom a pod obcou Slaská na celkovej ploche 0,72 km² a následne klesajú pod neogénne sedimenty trubínskeho súvrstvia. Hydrogeologické kolektory tejto formácie zistené geofyzikálnymi meraniami (Bajo et al., 2008) sú lokalizované súvisle pozdĺž východného a severného okraja kotliny. Lokalizované výskyty menšieho rozsahu sú aj v oblasti medzi Lovčou a Dolnou Trnávkou a v okolí obce Prestavky. Vulkanoklastiká jastrabskej formácie predstavujú v území významný kolektor uložený v podloží trubínskeho súvrstvia, na mape sú preto znázornené okienkovou metódou. Podľa vyhodnotenia 4 vrto situovaných v Žiarskej kotline do tohto prostredia bola k vulkanoklastikám jastrabskej formácie priradená priemerná hodnota koeficientu prietochnosti T (tab. 5.13) v intervale od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 4,16 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). V území bol zdokumentovaný jeden prameň (dok. č. 93) odvodňujúci tieto vulkanoklastiká, a to za východným okrajom hranice, už mimo hodnoteného územia v oblasti Starej Kremničky (tab. 5.4).

Tab. 5.13. Základné hydrogeologické charakteristiky vulkanoklastík jastrabskej formácie.

Horninový typ	Počet vrto	Počet prameňov	Prevládajúci typ výveru	Min. Q [l . s ⁻¹]	Max. Q [l . s ⁻¹]	Priem. Q [l . s ⁻¹]	ΣQ [l . s ⁻¹]	$G(x) T_y$ [m ² . s ⁻¹]	$G(x) k_z$ [m . s ⁻¹]
Vulkanoklastiká jastrabskej formácie	4	1	sutinovo-vrstvový	–	–	–	0,02	4,16E-04	6,00E-6

Formácia Kremnického štítu

aNFKrš / aN^{Fkrš} **formácia Kremnického štítu:** lávové prúdy andezitov a ich blokové lávové brekcie (vrchný bádén – spodný sarmat)

Andezity formácie Kremnického štítu v území nevystupujú na povrch. Vyhodnotením 4 vrtov testujúcich tento horninový typ k nim bola priradená priemerná hodnota prietochnosti $T = 6,02 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.1). Dva vrty (HTŽ-1, HKB-1) narazili na zvodnené zlomové pásma v oblasti Kosorína a Slaskej a na západe územia v oblasti Trubína. Priemerná hodnota prietochnosti je preto čiastočne nadhodnotená. Vrt, ktorý narazil na nezvodnené zlomové pásmo, stanovil o niečo nižšiu hodnotu prietochnosti, a to $T = 2,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Je preto potrebné si uvedomiť, že v centrálnej časti kotliny v oblasti bez výrazných zlomových pásiem je prietochnosť andezitov bližšia k nižšej hodnote alebo v rozmedzí od $1 \cdot 10^{-5}$ do $3 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. V oblasti tektonicky porušených andezitov na okrajoch kotliny môže mať prostredie výrazne vyššiu prietochnosť (až o dva rády!), odhadom v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Vo vulkanitoch formácie Kremnického štítu bolo zdokumentovaných niekoľko prameňov, vystupujúcich prevažne pod úpäťm Vtáčnika. Vzhľadom na podobnosť geologického zloženia nie je možné jednoznačne stanoviť, či ide o vodu formovanú v andezitoch a vulkanoklastikách formácie Kremnického štítu alebo v andezitoch a ich vulkanoklastikách turčeckej formácie. Pramene sú preto vyhodnotené spoločne.

taNFKrš / vkN^{Fkrš} **formácia Kremnického štítu:** pyroklastiká (brekcie ± tufy) pyroxenických andezitov (vrchný bádén – spodný sarmat)

Vo vrchnej časti formácie Kremnického štítu sa v menšom množstve nachádzajú polohy pemzových tufov. V území nevystupujú na povrch. Ich hydraulické vlastnosti testovali dva vrty, na základe ktorých k nim bola priradená priemerná hodnota prietochnosti T v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 2,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) (tab. 5.1). Pretože hodnota prietochnosti nebola stanovená z dostatočného množstva údajov na štatistické spracovanie (len 2 vrty), treba rátať s jej menšou výpovednou hodnotou. Vzhľadom na ich ojedinelý výskyt nepredpokladáme v tomto horninovom type na území Žiarskej kotliny výskyt významných kolektorov podzemnej vody.

Turčecká formácia

aNTurčf / aN^{Turf} **turčecká formácia:** lávové prúdy andezitov a ich prevažne blokové lávové brekcie (vrchný bádén – spodný sarmat)

Andezity turčeckej formácie Kremnických vrchov sú uložené v podloží formácie Kremnického štítu. Na povrch v území nevystupujú. V území boli testované vrtom v Janovej Lehote (KV-1), ktorý zachytil výrazne zvodnenú líniu zlomového pásma prechádzajúceho sv.-jz. smerom ($Q = 3,65 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Koeficient prietochnosti dosiahol hodnotu $T = 1,79 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (tab. 5.1). Uvedená hodnota prietochnosti je charakteristická iba pre výrazne tektonicky porušené andezity a neodráža skutočnú hodnotu neporušených andezitov. V území nemáme k dispozícii vrt, ktorý by ju stanovil. Pretože hodnota prietochnosti nebola stanovená z dostatočného množstva údajov (len 1 vrt), treba rátať s jej menšou výpovednou hodnotou. Andezity turčeckej formácie sa na území Žiarskej kotliny neodvodňujú žiadnymi prameňmi.

tbaNTurčf / vkN^{Turf} **turčecká formácia:** vulkanoklastiká (tufy a pemzové tufy) bazaltov a bazických andezitov (vrchný bádén – spodný sarmat)

Vulkanoklastiká turčeckej formácie vystupujú v nepravidelnom striedaní s andezitmi totožnej formácie. Na povrch v území nevystupujú. Podľa vyhodnotenia hydrodynamických skúšok z 2 vrtov v Janovej Lehote sa ich priemerná hodnota koeficientu prietochnosti T pohybuje v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-5}$ do $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 7,36 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) (tab. 5.1). Vyššia priepustnosť andezitov poukazuje na ich výrazné tektonické porušenie a prepojenie so zlomovým pásmom sv.-jz. smeru na severe kotliny. Vzhľadom na to, že hodnota prietochnosti nebola stanovená z dostatočného množstva údajov (len 2 vrty), treba rátať s jej menšou výpovednou hodnotou.

Celkovo bolo zdokumentovaných 22 prameňov vystupujúcich z vulkanických hornín okolitých pohorí. V digitálnej geologickej mape (Káčer et al., 2005), ktorá je použitá ako podklad na vytvorenie hydrogeologickej mapy, vystupujú na povrch len ryolity jastrabskej formácie. Pri hydrogeologickom mapovaní v rámci tejto úlohy však boli zmapované pramene viditeľne vyvierajúce z rôznych vulkanických formácií. Tieto menšie výskyty možno nájsť opísané v poznámkach k dokumentácii prameňov (príloha 3). Ide prevažne o sutinovo-puklinové pramene, vystupujúce hlavne na západných a severných okrajoch kotliny, viazané na pukliny a zlomové pásma ohraničujúce kotlinu od Kremnických vrchov a Vtáčnika. Sú pre ne typické nízke hodnoty mernej elektrickej vodivosti (priemerná hodnota $210 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$). Prostredníctvom týchto prameňov vystupuje z oblasti Žiarskej kotliny celkovo $3,75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody. Základné charakteristiky vody prameňov formujúcich svoje zloženie vo vulkanitoch formácie Kremnického štítu a turčeckej formácie podáva tabuľka 5.14.

Tab. 5.14. Základné charakteristiky prameňov formácie Kremnického štítu a turčeckej formácie.

Horninový typ	n	Prevládajúci typ výveru	Priem. nadm. výška výveru	Min. T vody [°C]	Max. T vody [°C]	Priem. T vody [°C]	Min. EC [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Max. EC [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Priem. EC [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Min. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Max. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	Priem. Q [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]	$\sum Q$ [$\text{l} \cdot \text{s}^{-1}$]
Andezity a ich pyroklastiká	22	sutinovo -puklinový	413	8,9	18,8	13,3	134	307	210	0,01	1	0,17	3,75

zpbtaN^{Kam} / N^{Kam} kamenské súvrstvie – epiklastické vulkanické zlepenca a pieskovce andezitov s polohami brekcií a tufov (stredný až vrchný bádén)

Kamenské súvrstvie je uložené v podloží produktov andezitového vulkanizmu turčeckej formácie v rámci celej Žiarskej kotliny. Na povrch v Žiarskej kotline nevystupuje a nebolo v území Žiarskej kotliny hodnotené žiadnou hydrodynamickou skúškou. Orientačná hodnota koeficientu prietochnosti T v rozmedzí od $3 \cdot 10^{-4}$ do $1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ (geometrický priemer $T = 6,30 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) bola stanovená na základe výsledkov práce Malíka et al. (2007) a je uvedená v tabuľke 5.1.

Vulkanogénne súvrstvia, okrajovo zasahujúce do územia Žiarskej kotliny

Vulkanické formácie ako turovská, sielnická, rematská, vtáčnická a formácia Markovho vrchu, žiarsky, breznický a sitniansky efuzívny komplex, bielokamenské súvrstvie, plešinská, studenská a zlatostudnianska formácia sa v hodnotenom území vyskytujú len okrajovo a ich výskyt a rozsah nie sú dosiaľ dostatočne známe. Sú uložené hlboko pod sedimentárnou výplňou Žiarskej kotliny a vzhľadom na ich značnú hĺbku neboli doteraz hydrodynamicky testované. Pre nejasný výskyt spomenutých formácií a absenciu relevantných údajov je ich podrobnejšie hydrogeologické hodnotenie nemožné.

Predterciérne podložie

Predterciérne podložie je v Žiarskej kotline uložené v hĺbke približne 2 500 m pod povrchom terénu. Tvoria ho ojedinelé relikt paleogénu a jednotky hronika, veporika a tatrika. Vzhľadom na nedostatok potrebných hydraulických údajov nie je možné predterciérne podložie spoľahlivo hydrogeologicky hodnotiť. Podľa doterajších poznatkov (Franko et al., 2003) v podloží Žiarskej kotliny prebieha hydrogeologická štruktúra minerálnych vôd Sklené Teplice.

5.2. OBEH A REŽIM PODZEMNEJ VODY

Nasledujúca kapitola hodnotí obeh a režim prúdenia podzemnej vody vo vyčlenených hydrogeologických celkoch Žiarskej kotliny. Hydrogeologické celky boli vyčlenené na základe rozdielnych geologicko-tektonických pomerov s ohľadom na spôsob infiltrácie typický pre každý celok, akumuláciu a odtok podzemnej vody.

HYDROGEOLOGICKÉ CELKY

- **hydrogeologický celok kvartérnych sedimentov** s medzizrnovým typom priepustnosti a obehom podzemnej vody s voľnou alebo mierne napätou hladinou podzemnej vody,
- **hydrogeologický celok neogénnych sedimentov** s medzizrnovým typom priepustnosti a obehom podzemnej vody viazaným na polohy priepustných polôh s voľnou alebo mierne napätou hladinou podzemnej vody,
- **hydrogeologický celok neogénnych vulkanitov** s medzizrnovou aj puklinovou priepustnosťou a obehom viazaným na tektonicky porušené zóny alebo polohy vulkanoklastických hornín prevažne s napätou hladinou podzemnej vody.

HYDROGEOLOGICKÝ CELOK KVARTÉRNÝCH SEDIMENTOV

Kvartérne sedimenty zaberajú na území hydrogeologickej mapy Žiarskej kotliny 50,25 km² územia, čo predstavuje približne rovnaké percentuálne zastúpenie (49,7 %). Plocha celého hodnoteného územia je 99 km². Pre kvartérne sedimenty je charakteristický medzizrnový typ priepustnosti a obeh podzemnej vody s voľnou alebo mierne napätou hladinou.

aQ antropogénne sedimenty: skládky, navážky

Antropogénne navážky zaberajú plochu 0,63 km², čo tvorí 0,62 % hodnoteného územia. Charakterizuje ich medzizrnová priepustnosť s výraznou variabilitou a heterogenitou vzhľadom na rôzny charakter sypaného materiálu. Dopĺňajú sa infiltráciou zo zrážok, prostredníctvom prameňov v území sa neodvodňujú. Akumulovaná voda v telesách skládok sa odvádza hlavne presakovaním do podložných kvartérnych sedimentov.

Špecifická situácia je v prípade skládky červených kalov závodu hlinikárni v Žiari nad Hronom. Táto skládka situovaná v blízkosti hlavnej cesty Žarnovica – Žiar nad Hronom pokrýva plochu 0,6 km² (0,6 %), dosahuje výšku 42 – 45 m nad okolitým terénom a akumuluje odpad v množstve 8,0 – 8,5 mil. ton. Od roku 1992 povrch skládky postupne pokrývajú 60 cm hrubou nepriepustnou clonou, ktorá má zamedziť infiltráciu zrážkovej vody do telesa skládky. Výluhy kontaminovanej vody z telesa skládky sa zbernými rigolmi odvádzajú do akumuláčnej nádrže, odkiaľ sa recyklovaná prepravuje do závodu Kysličníkareň. Tam sa využíva na technologické účely a na opätovnú hydraulickú prepravu odpadu. Hranica znečistenia okolia alkáliami sa nachádzala vo vzdialenosti 1 400 – 1 600 m od päty skládky a rozširuje sa v smere prúdenia podzemnej vody rýchlosťou 35 – 40 m za rok. Koeficient filtrácie steny $K = 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a jej stabilitu a účinnosť zaisťuje technicky vytvorený záporný hydraulický gradient v zberných rigoloch na oboch stranách clony (Vozár et al., 1998).

oQ organogénne sedimenty: slatiny, slatinné hliny

Organogénne sedimenty v hodnotenom území zaberajú plochu 0,36 km², čo predstavuje 0,36 % hodnoteného územia. Na povrch vystupujú západne od obce Lovčica-Trubín v nadmorskej výške od 320 do 390 m. Ide o slatiny a slatinné hliny, pre ktoré je typický vlastný, špecifický systém cirkulácie podzemnej vody. Počas terénnych prác v roku 2007 v nich nebol zdokumentovaný žiadny prirodzený výver podzemnej vody. Dopĺňajú sa prevažne zrážkami a odvodňujú sa presakovaním do okolitých hlinito-kamenitých deluviálnych sedimentov. Z hydrogeologického hľadiska ide o regionálny izolátor s medzizrnovou priepustnosťou bez schopnosti pohybu či akumulácie významného množstva podzemnej vody.

dQ deluviálne sedimenty: hlinito-kamenité svahoviny a sutiny, zosuvy

Deluviálne sedimenty predstavujú v hodnotenom území najviac plošne zastúpený litologický typ kvartéru. Na povrchu zmapovaného územia zaberajú plochu 8,27 km², čo tvorí 8,19 % z hodnoteného územia. Na hydrogeologickej mape nezobrazujeme ani nehodnotíme deluviálne hliny a piesčité hliny (dhQ) vyvinuté v centrálnej časti kotliny, pretože z hľadiska hydrogeológie nemajú praktický význam. Zrážky

spadnuté na tento litologický typ buď povrchovo odtečú, alebo vytvárajú sutinové pramene s veľmi malou výdatnosťou, často občasnú, s krátkym a plytkým obehom podzemnej vody takmer pri povrchu terénu.

Hlinito-kamenité svahoviny, sutiny a zosuvy sú výrazne vyvinuté na západnom okraji kotliny v súvislom páse pod úpäťm Vtáčnika. Zosuvné sedimenty miestami dosahujú hrúbku až 10 m. Je pre ne charakteristický medzizrnový typ priepustnosti s voľnou hladinou a plytkým obehom podzemnej vody. Vzhľadom na ich polohu pod úpäťm Vtáčnika v oblasti tektonického odsokku kotliny od pohoria je pravdepodobné, že okrem zrážok sa dopĺňajú aj povrchovou a podzemnou vodou prechádzajúcou z pohoria Vtáčnik do oblasti kotliny. V mieste zlomovej línie s.-j. smeru prestupujúca voda následne infiltruje do zosuvných sedimentov alebo podložných neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia, časť z nej môže prechádzať aj do hlbších častí zlomového pásma. Hlinito-kamenité sedimenty Žiarskej kotliny sa odvodňujú sutinovými prameňmi. V oblasti výveru často vytvárajú zamokrené územia s plošným rozsahom až 20 x 20 m alebo z nich podzemná voda prestupuje do podložných piesčitých polôh trubínskeho súvrstvia.

pQ prolúviálne sedimenty: hlinité a piesčité štrky s úlomkami hornín v náplavových kužeľoch

Prolúviálne sedimenty pleistocénu a holocénu vystupujú hlavne na severozápade územia pri vyústení Lutilského potoka a Lehotského potoka z Kremnických vrchov do kotliny. Menšie výskyty sú v oblastiach vyústenia tokov do rieky Hron, hlavne v oblasti Prochotského potoka. Ide o súvislé výstupy štrkov na povrch s celkovou rozlohou 4,66 km², čo tvorí 4,61 % z hodnoteného územia. Často sú v priamom kontakte s aluviálnymi náplavami tokov. Uloženie prolúviálnych sedimentov doslova až vo vrcholových častiach miernych kopcov na severe poukazuje na výraznú tektonickú diferenciaciu pôsobiacu počas vzniku kotliny. Podľa geologickej mapy Štiavnických vrchov (Konečný et al., 1998a, b, c) sú prolúviálne sedimenty v rámci kužeľa medzi Lehotským potokom a Lutilským potokom uložené v nadmorskej výške od 370 až do 410 m. Poukazuje to na značnú hrúbku kužeľa s možnosťou infiltrácie a akumulácie podzemnej vody. Prolúviálne sedimenty Žiarskej kotliny sa neodvodňujú žiadnymi prameňmi a merania prietoku nepreukázali ani prestup podzemnej vody z prostredia prolúvií do povrchových tokov. Na základe zistených informácií predpokladáme, že infiltrovaná zrážková voda prestupuje na severe územia do podložných sedimentov trubínskeho súvrstvia. Na juhu územia sa prolúviálne kužele odvodňujú do terasových a aluviálnych sedimentov Hrona. Charakterizuje ich medzizrnová priepustnosť, ktorá závisí od stupňa vytriedenia či zahĺbenia úlomkov, a plytký obeh podzemnej vody s voľnou hladinou.

fQ fluviálne sedimenty údolnej nivy Hrona a nív menších tokov kotliny: piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Fluviálne sedimenty predstavujú najviac plošne rozšírený typ kvartérnych sedimentov v území. Rozprestierajú sa na ploche 24,4 km², čo predstavuje 24,1 % z celkovej plochy hodnoteného územia. Vystupujú v korytách všetkých tokov ako produkt sedimentácie častíc nesených tokom.

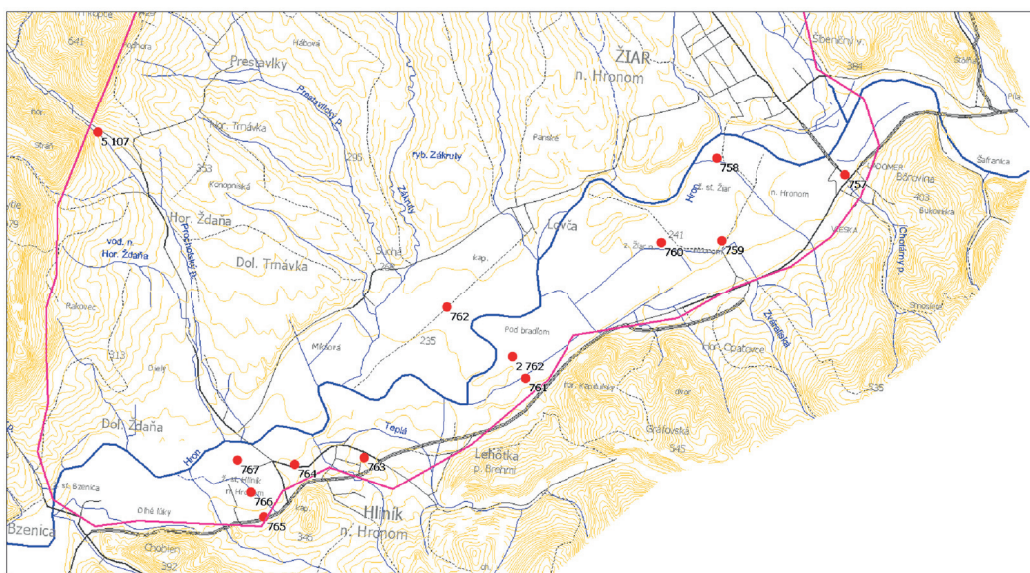
Prostredie aluviálnych náplavov sa vyznačuje medzizrnovým typom priepustnosti a plytkým obehom s voľnou alebo zväčša mierne napätou hladinou podzemnej vody. Fluviálne sedimenty nivy Hrona a ostatných tokov kotliny sa dopĺňajú zrážkovou činnosťou a prestupom podzemnej vody zo susedných hydrogeologických celkov (terasy, sedimenty neogénu) alebo prestupom vody z povrchového toku do horninového prostredia aluviálnych sedimentov. Vznikanie povrchovej vody do prostredia aluviálnych náplavov pred vyústením do Hrona predpokladáme na základe pozorovania suchých častí tokov v oblasti ich vyústenia do Hrona. Tento jav sa zistil počas meraní prietoku na rieke Hron (9. 6. 2009), keď za meraním teploty a mernej elektrickej vodivosti zisťovali skryté prestupy podzemnej vody do rieky Hron.

fQ^{HP}, fQ^{HE} fluviálne sedimenty údolnej nivy Hrona: piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Značné plošné zastúpenie (15,16 km²) a z hľadiska hydrogeológie najpriaznivejšie podmienky v celom hodnotenom území má aluviálna niva rieky Hron. Podľa vyhodnotenia hydrodynamických skúšok štrkové náplavy na ľavej strane Hrona preukazujú až o jeden rád lepšie hydraulické vlastnosti ako jeho

náplavy na ľavej strane. Je to spôsobené prínosom hlinitej frakcie pochádzajúcej z neogénnych sedimentov Žiarskej kotliny. Priemerná hodnota narazenej hladiny podzemnej vody v alúviu Hrona je 3,2 m p. t. a priemerná hodnota ustálenej hladiny je 2,3 m p. t., čo poukazuje na mierne napätú hladinu podzemnej vody. Hrúbka štrkovej akumulácie sa pohybuje od 7 m v Lehôtke pod Brehmi do 12 m v Žiari nad Hronom.

Režim podzemnej vody aluviálnych náplavov Hrona sleduje SHMÚ prostredníctvom 13 pozorovacích sond (obr. 5.3). Väčšina sond je situovaných do lepšie priepustných ľavostranných náplavov Hrona, okrem sondy č. 762 situovanej na pravom brehu rieky. Dve sondy, č. 763 a 764, pozorujú hladinu v dnovej sedimentácii nízkej terasy Hrona, ktorá je v hydraulikej spojitosti s vodou v rieke. Sonda č. 5 107 v Hornej Ždani pozoruje hladinu podzemnej vody v aluviálnych sedimentoch Prochotského potoka. Podľa štatistického spracovania v tabuľke 5.15 bol v rokoch 1988 až 1998 rozkyv hladiny Prochotského potoka 1,76 m. Priemerná hladina podzemnej vody v alúviu rieky Hron sa pohybuje v rozmedzí od 1,65 m v sonde č. 760 v blízkosti skládky závodu hlinikárne do 5,69 m p. t. v sonde 757 v Žiari nad Hronom. V dnových sedimentoch nízkej terasy Hrona na jeho ľavom brehu bola nameraná hladina podzemnej vody 9,49 m p. t., čo zhruba súhlasí s úrovňou hladiny podzemnej vody v alúviu. Zvýšené hladiny v sondách sú evidované v období jarného topenia snehu, s postupným poklesom hladín počas leta a jesene.



Obr. 5.3. Rozmiestnenie pozorovacích sond SHMÚ na monitorovanie hladín podzemnej vody v rámci hodnoteného územia.

Tab. 5.15. Stav hladín podzemnej vody v pozorovacích sondách SHMÚ situovaných do kvartérnych sedimentov.

Číslo vrtu na mape	Číslo vrtu SHMÚ	X	Y	Názov stanice	Obdobie pozorovania	Nadmorská výška terénu [m n. m.]	Min. hladina [m p. t.]	Max. hladina [m p. t.]	Priem. hladina [m p. t.]	Rozkyv hladiny [m]
147	757	-439 208,41	-1 244 266,00	Žiar nad Hronom	3. 11. 1956 – 28. 10. 1982	250,51	6,68	4,47	5,69	2,21
105	758	-440 894,91	-1 244 040,00	Žiar nad Hronom	3. 11. 1956 – 29. 10. 2008	243,53	4,07	0,67	3,04	3,4
108	759	-440 827,81	-1 245 128,00	Žiar nad Hronom	3. 11. 1956 – 29. 10. 2008	246,41	5,88	2,261	3,83	3,619
93	760	-441 624,41	-1 245 152,00	Žiar nad Hronom - H. Opatovce	3. 11. 1956 – 29. 10. 2008	241,7	2,5	0,92	1,65	1,58
83	761	-443 429,81	-1 246 947,00	Lehôtka	3. 11. 1956 – 29. 10. 1997	236,71	2,66	0,77	1,76	1,89
70	762	-444 458,19	-1 246 019,00	Lovča	3. 11. 1965 – 29. 10. 1997	237,96	4,16	1,46	2,96	2,7
56	763	-445 554,31	-1 248 004,00	Hliník nad Hronom-obec	3. 11. 1965 – 29. 10. 1997	242,1	10,58	8,39	9,49	2,19
43	764	-446 473,19	-1 248 094,00	Hliník nad Hronom	3. 11. 1965 – 28. 10. 1992	231,2	3,77	1,59	2,77	2,18

Tab. 5.15 – pokračovanie.

Číslo vrtu na mape	Číslo vrtu SHMÚ	X	Y	Názov stanice	Obdobie pozorovania	Nadmorská výška terénu [m n. m.]	Min. hladina [m p. t.]	Max. hladina [m p. t.]	Priem. hladina [m p. t.]	Rozkyv hladiny [m]
40	765	-446 880,19	-1 248 796,00	Hliník nad Hronom	3. 11. 1965 – 28. 10. 2008	229,38	3,79	0,69	2,19	3,1
39	766	-447 051,69	-1 248 469,00	Hliník nad Hronom	3. 11. 1965 – 28. 10. 1992	229,17	4,05	0,82	2,1	3,23
37	767	-447 228,91	-1 248 036,00	Dolná Ždaňa	3. 11. 1965 – 28. 10. 2008	228,95	3,41	0,91	2,73	2,5
81	2 761	-443 599,81	-1 246 669,51	Lehôtka pod Brehmi	1. 11. 1998 – 31. 10. 2008	236,49	2,9	0,8	2	2,1
14	5 107	-449 067,00	-1 243 705,00	Horná Ždaňa VN-7	2. 11. 1988 – 28. 10. 1998	331,18	2,28	0,52	1,05	1,76

Prúdenie podzemnej vody je podľa Böhma (1962) a Baja et al. (2008) totožné so smerom prúdenia rieky a v celej dĺžke kotliny plní Hron drenážnu funkciu vo vzťahu k ostatným hydrogeologickým celkom. S cieľom preveriť toto tvrdenie sme v júni 2009 realizovali merania zmeny teploty a mernej elektrickej vodivosti pozdĺž rieky Hron. Vyhodnotením nameraných údajov sa skryté prestupy podzemnej vody do povrchového toku Hrona nepotvrdili.

fQ **fluviálne sedimenty nív menších tokov kotliny:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky akumulácie vodných tokov s pokryvom hĺn

Fluviálne sedimenty menších tokov kotliny zaberajú v území plochu 9,25 km², čo predstavuje 9,16 % z celkovej plochy hodnoteného územia. Fluviálne sedimenty týchto tokov vplyvom prítomnosti ílovitej zložky a zahlinených štrkopieskov preukazujú o jeden rád nižšiu prietoknosť ako pravostranné fluviálne náplavy Hrona a až o dva rády nižšiu prietoknosť ako ľavostranné náplavy Hrona. Hrúbka zvodnených štrkov v nivách menších tokov je podstatne menšia ako v oblasti Hrona. Overili ju len dva vrty, vrt HVŽ-4 situovaný v alúviu Lutílskeho potoka s voľnou hladinou a hrúbkou zahlinených štrkov 9,2 m a vrt HŽ-1 situovaný v alúviu Prochotskeho potoka s mierne napätou hladinou podzemnej vody a hrúbkou zahlinených štrkov 6,2 m. Uvedené dva toky sú okrem rieky Hron najväčšie toky pretekajúce Žiarskou kotlinou, preto aj ich hrúbka je väčšia ako v prípade ostatných tokov. Podzemná voda menších tokov kotliny sa dopĺňa zrážkovou činnosťou, ale hlavne prestupom podzemnej vody zo susedných hydrogeologických celkov (terasy, sedimenty neogénu) alebo prestupom vody z povrchových tokov do horninového prostredia aluviálnych sedimentov. Jej obeh je plytký, s voľnou alebo mierne napätou hladinou, viazaný na hladinu povrchového toku.

fQt **fluviálne sedimenty terás:** piesky, piesčité štrky a jemné až hrubé štrky terás s pokryvom spraš a deluviálnych hĺn

Terasy sedimenty v hodnotenom území pokrývajú plochu 11,48 km², čo predstavuje 11,37 % z celkovej plochy hodnoteného územia. Tvoria ich vysoké (staršie), stredné a nízke (mladšie) terasy Hrona a menšími terasami Lutílskeho potoka.

Terasy (stredné a nízke) predstavujú v území hydrogeologický kolektor s medzizrnovým typom priepustnosti a voľnou hladinou podzemnej vody. Dopĺňa sa hlavne infiltráciou zo zrážok, v južnej časti kotliny aj vodou z okolitých, vyššie položených geologických celkov (deluviálnych sedimentov). Jej obeh závisí od hrúbky a litologického zloženia terás. Terasy situované v menšej nadmorskej výške sa odvodňujú prostredníctvom prameňov alebo priamym prestupom vody do aluviálnych sedimentov povrchových tokov, s ktorými sú vo vzájomnej hydraulikej spojitosti.

Vrchné (najstaršie) terasy Hrona vystupujú na povrch v centre kotliny (oblasť Lovčice-Trubína) vo vzdialenosti až 7 km od súčasného koryta rieky Hron. Ide len o reziduálne zvyšky terás uložené na vrcho-

loch miernych kopcov v úrovni relatívne +95 až 97 m nad Hronom. Hrúbka vrchných terás sa pohybuje v rozpätí 3 – 5 m v južnejších častiach kotliny a 2 – 7 m v centre kotliny. Pozdĺž zlomov Lovčického potoka, Trubínskeho potoka a toku Zákruty došlo k diferenciacii vysokých terás so skokom o 8 až 9 m (Konečný et al., 1998a, b, c). Vrečné terasy vzhľadom na výškovú pozíciu nie sú v hydraulikej spojitosti s podzemnou vodou dnových sedimentov tokov a infiltrovaná zrážková voda prestupuje do podložných neogénnych sedimentov. Neodvodňujú sa prameňmi viditeľnými v teréne.

Stredné terasy dosahujú hrúbku 3 – 6, maximálne 12 m (v Žiari nad Hronom), s pokryvom nívnych hĺn 2 – 4 m. Z hydrogeologického hľadiska má význam zvodnená stredná terasa na pravobreží Hrona v oblasti obcí Lovča, Dolná Trnávka a Dolná Žďaňa, kde predstavuje zdroj zásobovania obcí vodou. Väčšina stredných terás má bázu štrkov 5 až 38 m nad Hronom, a preto zväčša nie sú v hydraulikej spojitosti s povrchovými tokmi. Výnimkou sú dva lokálne vytvorené podstupne strednej terasy v Žiari nad Hronom a pri vstupe do hlinikárne Závodu SNP a terasy Lutily s hrúbkou štrkov 4 – 6 m. V opísaných miestach sa báza štrkov nachádza v úrovni hladiny povrchových tokov, a preto sa dá predpokladať styk podzemnej vody s povrchovými tokmi. Stredné terasy sa odvodňujú aj prostredníctvom niekoľkých prameňov sutinovo-vrstvového typu v oblastiach ich kontaktu s podložnými, menej priepustnými ílovitými sedimentmi trubínskeho súvrstvia.

Nízke terasy ako najmladší vývojový stupeň terás Hrona lemujú jeho obidve strany, hlavne v oblasti Lovče a Hliníka nad Hronom. Štrkové sedimenty v nízkych terasách dosahujú hrúbku 8 – 10 m. Podzemná voda nízkych terás je v úzkej hydraulikej spojitosti s podzemnou vodou dnových sedimentov rieky. Dotovaná je infiltráciou zo zrážok alebo prítokom podzemnej vody z vyššie položených svahovín alebo vyšších terás. V dnových sedimentoch nízkej terasy Hrona na jeho ľavom brehu je monitorovaná hladina podzemnej vody prostredníctvom dvoch sond SHMÚ, a to č. 763 a 764 (tab. 5.16). Nameraná hladina podzemnej vody 9,49 m p. t. zhruba koreluje s úrovňou hladiny podzemnej vody v alúviu Hrona.

Tab. 5.16. Stav hladiny podzemnej vody v pozorovacích sondách SHMÚ situovaných do dnových sedimentov nízkych terás Hrona.

Číslo vrtu na mape	Číslo vrtu SHMÚ	X	Y	Názov stanice	Obdobie pozorovania	Nadmorská výška terénu [m n. m.]	Min. hladina [m p. t.]	Priem. hladina [m p. t.]	Max. hladina [m p. t.]	Rozkyv hladiny [m]
42	763	-445 579	-1 248 480	Hliník nad Hronom-obec	3. 11. 1965 – 29. 10. 1997	242,1	10,58	9,49	8,39	2,19
40	764	-446 475	-1 248 183	Hliník nad Hronom-obec	3. 11. 1965 – 28. 10. 1992	231,2	3,77	2,77	1,59	2,18

HYDROGEOLOGICKÝ CELOK NEOGÉNNYCH SEDIMENTOV

Neogénne sedimenty odkryté na povrchu zaberajú v území 47,84 km², čo tvorí 47,36 % z celkovej plochy územia. Je pre ne charakteristický medzizrnový typ priepustnosti a obeh podzemnej vody viazaný na polohy priepustných polôh prevažne s napätou hladinou.

fN^{LP} fluvialne balvanovité sedimenty riečnej delty Lutilského potoka

Pliocénne fluvialne sedimenty vystupujú iba na severe územia pri vyústení Lutilského potoka do Žiarskej kotliny a západne od Janovej Lehoty na ploche približne 0,44 km² (0,44 %) v nadmorskej výške 410 až 530 m. Balvanovité sedimenty delty Lutilského potoka preukazujú podobnú prietočnosť ako mladé terasové sedimenty (stredné terasy) na pravom brehu Hrona. Neboli overené žiadnym vrtom, neodvodňujú sa viditeľnými prameňmi. Dopĺňajú sú zrážkami a odvodňujú prestupom do podložných sedimentov alebo priamym prestupom do alúvia Lutilského potoka. Vzhľadom na malý plošný výskyt nie je potrebné a vzhľadom na absenciu údajov ani možné podrobnejšie hodnotenie režimu a obehu podzemnej vody v tomto horninovom type.

Trubínske súvrstvie

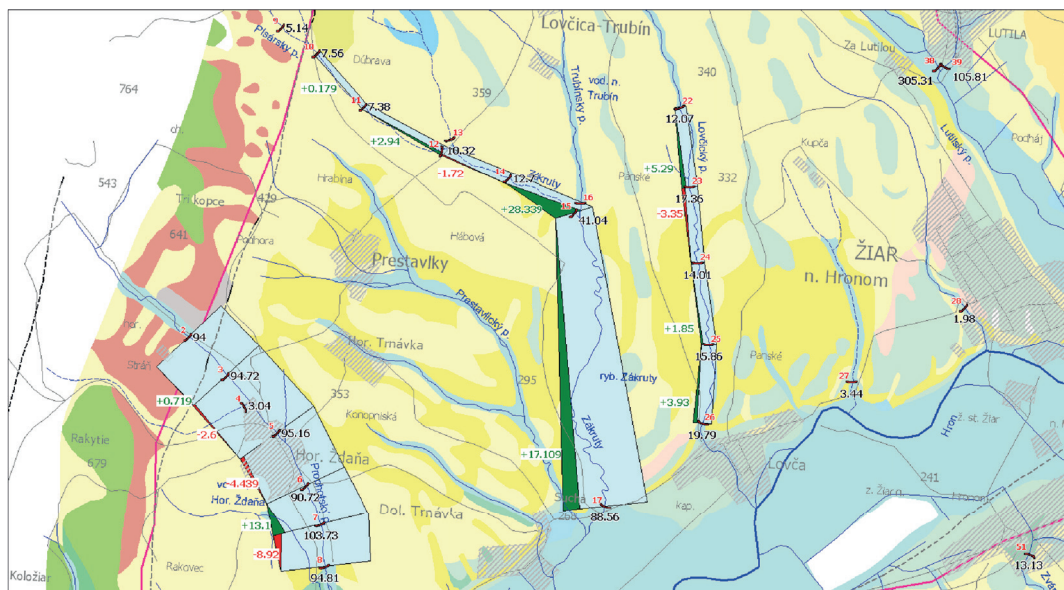
NTr trubínske súvrstvie: tuftické ílovce a siltovce s polohami pieskocov a štrkov (panón – pont)

Trubínske súvrstvie je najvýraznejší člen sedimentárneho neogénu vzniknutý v závere vulkanickej aktivity stredoslovenských neovulkanitov v oblasti plytkého jazera nachádzajúceho sa na území vtedajšej Žiarskej kotliny. Súvrstvie je rozšírené v území celej Žiarskej kotliny, kde leží v podloží kvartérnych sedimentov a v nadloží vulkanitov jastrabskej formácie sarmatu. Na území hydrogeologickej mapy vystupuje na povrchu na ploche 37,28 km² (37,65 %). V rámci hydrogeologického hodnotenia predstavuje regionálny izolátor s lokálne dobre priepustnými polohami pieskocov a štrkov, ktoré vytvárajú kolektory podzemnej vody.

Podľa geofyzikálnych meraní (Bajo et al., 2008) sa hrúbka kolektorov súvrstvia (polohy pieskocov a štrkov) pohybuje od 10 do 400 m. Kolektory sa vyskytujú v okrajových častiach kotliny, s výnimkou jej centrálnej časti (v oblasti medzi obcami Lovča, Dolná Trnávka, Horná Trnávka, Prestavky a Lovčica-Trubín). V centrálnej časti sa na základe geofyzikálnych meraní (Bajo et al., 2008) zistili súvislé polohy nepriepustných ílovcov v hrúbke 200 až 400 m bez prítomnosti polôh pieskocov a štrkov. Na výslednej hydrogeologickej mape sú tieto nepriepustné polohy zobrazené ako hydrogeologický izolátor. Absencia priepustných piesčitých polôh v strede kotliny je pravdepodobne výsledkom geologického vývoja a tektonických pohybov, kde vplyvom diferenciacie blokov pozdĺž zlomov sa vyzdvihla táto časť. Tým sa znemožnila sedimentácia častíc prichádzajúca z okolitých pohorí do oblasti vtedajšieho jazera. Najväčšia hrúbka kolektorov (400 m) je v oblasti pod Janovou Lehotou a medzi Dolnou Trnávkou a Hornou Žďaňou (300 m) (Bajo et al., 2008).

Na základe geologických profilov z vrtoch overujúcich trubínske súvrstvie sa polohy pieskov a štrkov nachádzajú nesúvisle uložené v rôznych hĺbkových úrovniach pod terénom (od 10 do 400 m). Polohy pieskocov vystupujúcich na povrch boli overené iba v dvoch vrtoch (vrty s dok. č. 34 a 36) v oblasti Hornej Trnávky. V ostatných vrtoch trubínske súvrstvie od povrchu tvoria ílovcové polohy a až hlbšie v rôznych hĺbkových úrovniach vystupujú pieskocové či štrkové polohy schopné akumulovať podzemnú vodu. Podzemná voda v týchto polohách má mierne napätú hladinu spôsobenú nepriepustnou vrstvou nadložných ílov a ílovcov. Hodnoty narazenej hladiny sa pohybujú v rozmedzí od 7 do 45 m pod povrchom terénu. Hodnoty statickej hladiny sa pohybujú od 2 do 30 m pod povrchom terénu. Podzemná voda s mierne napätou hladinou má priemernú výšku skoku hladiny 3,2 m.

Vo vrtoch situovaných do trubínskeho súvrstvia neboli preniknuté viaceré polohy štrkov a pieskocov pod sebou. Vrty vyhlbené do tohto súvrstvia sú však zväčša plytké, s hĺbkou zhruba do 50 m. Je ich



Obr. 5.4. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v máji 2008, trubínske súvrstvie.

všeobecne málo a sú situované len do okrajových častí kotliny. Centrum kotliny nie je overené žiadnym nám známym hydrogeologickým vrtom.

Bučeková et al. (2001) metódou hydrologickej bilancie vyčíslili cezhraničný podzemný odtok z pohoria Vtáčnik do Žiarskej kotliny na $108 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Naše merania prietoku v roku 2008 nepreukázali výrazné straty a prírastky pozdĺž povrchových tokov pretekajúcich cez trubínske súvrstvie v centre a na juhu kotliny. Výraznejší bol len prítok $28,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a následne prítok $17,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v oblasti toku Zákruty nameraný v máji 2008 (obr. 5.4, tab. 5.17). Neskorším októbrovým meraním sa však prírastky nepotvrdili (obr. 5.8, tab. 5.18). Na základe dostupných informácií predpokladáme, že podzemná voda trubínskeho súvrstvia sa dopĺňa hlavne zo zrážkovej činnosti. V menšej miere (na základe výsledkov Bučekovej et al., 2001) pri západnom okraji kotliny sa dopĺňa aj skrytým prestupom vody z pohoria Vtáčnik. Polohy pieskovcov a štrkov trubínskeho súvrstvia sa odvodňujú hlavne prostredníctvom 19 prameňov, vystupujúcich rovnomerne na území celej kotliny.

N^{likv} trubínske súvrstvie: limnokvarcity (panón)

Limnokvarcity trubínskeho súvrstvia vystupujú na povrch len v západnej časti kotliny pod úpäťm Vtáčnika na celkovej ploche $0,73 \text{ km}^2$ ($0,72 \%$). Charakteristická je pre ne puklinová priepustnosť a napätá hladina podzemnej vody s obehom viazaným na zóny puklinovitosti. Dopĺňa sa prostredníctvom zrážok, predovšetkým pozdĺž puklín a zlomov, ktoré sú asociované v blízkosti zlomových zón ohraničujúcich Žiarsku kotlinu. Limnokvarcity sa odvodňujú prameňmi s nízkou hodnotou mernej elektrickej vodivosti alebo ich podzemná voda skryto prestupuje do okolitých sedimentov trubínskeho súvrstvia. V prípade väčšej plošnej rozlohy a hrúbky sú limnokvarcity schopné akumulovať aj významné množstvo podzemnej vody.

N^{Tr-Ko} trubínske súvrstvie – kosorínske vrstvy: piesčité íly, lignity, uhlie (pont)

V rámci trubínskeho súvrstvia boli v jeho vrchnej časti vyčlenené kosorínske vrstvy ako nepriepustné polohy piesčitých ílov so slojmi uhlia a lignitu. V nadloží aj podloží slojov uhlia sú ílovito-piesčité sedimenty trubínskeho súvrstvia. Na povrch vystupujú v severnej časti kotliny v oblasti Kosorína a Trubína a na juhu kotliny na západ od Žiaru nad Hronom. Na území hydrogeologickej mapy zaberajú plochu $9,72 \text{ km}^2$, čo tvorí $9,81 \%$ hodnoteného územia. Maximálna hrúbka uhl'onosných vrstiev je 85 m , hrúbka slojov kolíše od $1,8$ do $7,2 \text{ m}$ v Kosoríne a od 1 do $2,85 \text{ m}$ v Trubíne (Vass, 2002). Tenké preplástky uhlia boli overené aj v oblasti, kde je podľa geologickej mapy lokalizované trubínske súvrstvie s polohami pieskovcov a štrkov, a to vo vrte HŽD-3 v Hornej Ždani aj vo vrte HVHT-1 na západ od Prestavík. Z toho sa dá predpokladať, že tenké slojčky organickej hmoty je možné nájsť v rámci celého súvrstvia, pričom v kosorínskych vrstvách sú uhoľné sloje hrubšie a častejšie. Priepustnosť tohto litologického typu je malá, pričom voda viazaná hlavne na vyšší obsah piesčitej zložky v polohách ílov a uhlia sa dopĺňa skrytými prestupmi z okolitých celkov a prestupom podzemnej vody z Kremnických vrchov prostredníctvom zlomových línií, ktoré sa viažu na oblasť hlavnej zlomovej zóny. Hladina podzemnej vody kosorínskych vrstiev je mierne napätá. Auxt et al. (1989) vyčíslili špecifický podzemný odtok z Kremnických vrchov do severnej časti Žiarskej kotliny (medzi Janovou Lehotou a Lutilou) na $10,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, čo predstavuje cezhraničný podzemný odtok $181,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ z plochy $61,8 \text{ km}^2$.

Lehotský potok a Kosorínsky potok

V oblasti Kosorínskeho potoka a Lehotského potoka, ktoré pretekajú prostredím kosorínskych vrstiev, realizoval Škvarka (1974) merania prietoku s cieľom zistiť skryté prítoky do ložiska lignitu v Kosoríne a ich straty. Na Lehotskom potoku zaznamenal stratu prietoku o $11 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, na Kosorínskom potoku, naopak, nárast až o $218 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Auxt et al. (1989) v roku 1989 ani Bajo et al. v roku 2008 meraniami prietoku tento predpoklad nepotvrdili. Špecifický odtok podzemnej vody Lehotského potoka stanovili Auxt et al. (1989) na $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ a Kosorínskeho potoka na $0,54 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$.

Naše merania v roku 2008 predpokladané straty prietoku v súhlasnej oblasti na Lehotskom potoku, ktoré by mali naznačovať prítok do ložiska, čiastočne potvrdili, ale len vo veľmi malom množstve, a to $1,12 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v máji a $1,42 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v októbri 2008. Nárast prietoku na Kosorínskom potoku, ktorý by mal pred-

stavovať odtok z ložiska, bol podľa našich meraní v máji $14,43 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a v októbri $13,4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Na základe nameraných údajov možno predpokladať, že ložisko uhlia sa dopĺňa vo väčšej miere skrytým prestupom podzemnej vody z vulkanitov Kremnických vrchov na severe územia ako prestupom vody z Lehotského potoka. Čiastočne ho môže odvodňovať aj Kosorínsky potok, pričom množstvo odtekajúcej podzemnej vody závisí od zrážkovej činnosti a ročného obdobia. Prírastky a úbytky povrchovej vody namerané na vodných tokoch počas riešenia úlohy sú zobrazené na obr. 5.5 a 5.7 a v tab. 5.17 a 5.18.

Slaský potok

Meraniami prietoku zistil Drahoš (1981) na prestupe Slaského potoka z Kremnických vrchov do Žiarskej kotliny úbytok povrchovej vody o $65 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Predpokladá stratu vody na tektonicky porušených limnokvarcitech, ktoré majú v podloží málo priepustný neovulkanický komplex. Špecifický povrchový odtok Slaského potoka stanovil na $4,13 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ a špecifický povrchový odtok potoka Kopernica na $1,92$ až $3,89 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Auxt et al. (1989) na základe meraní prietoku v rokoch 1987 – 1988 stanovili špecifický podzemný odtok Slaského potoka na $4,45 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Na potoku Kopernica, ktorý vteká do Slaského potoka, na sv. strane územia určili špecifický odtok $3,45 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Z toho vyplýva, že špecifický podzemný odtok z Kremnických vrchov do severnej časti Žiarskej kotliny (medzi Janovou Lehotou a Lutílou) je $10,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, čo predstavuje cezhraničný podzemný odtok $181,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ z plochy $61,8 \text{ km}^2$.

NTr trubínske súvrstvie: drobné piesčité štrky (pont)

Na malej ploche ($0,17 \text{ km}^2$) na severe územia nad poľnohospodárskym družstvom v Janovej Lehote vystupujú na povrch najmladšie členy trubínskeho súvrstvia – drobné piesčité štrky pontského veku. Obeh a režim podzemnej vody je podobný ako v trubínskom súvrství. Voda v štrkoch sa dopĺňa infiltráciou zo zrážok a prestupom zo susedných fluvialných sedimentov Lutilského potoka. Infiltrovaná podzemná voda následne (na povrchu nebol zdokumentovaný prameň) prestupuje do spodnejších členov trubínskeho súvrstvia. Na hydrogeologickej mape ich na základe podobného geologického zloženia priradujeme k panónsko-pontským členom trubínskeho súvrstvia (tufitické ílovce a siltovce s polohami pieskovcov a štrkov).

Ns ílovce, pieskovce, štrky s vulkanickým a nevulkanickým materiálom (sarmat)

Súvrstvie ílovcov, pieskovcov a štrkov sarmatu v Žiarskej kotline nevystupuje na povrch. V území celej Žiarskej kotliny je uložené hlboko pod povrchom terénu, a to v hĺbke približne od 500 m na severe územia až do $1\,000 \text{ m}$ v centre a na juhu kotliny. Súvrstvie v oblasti Žiaru nad Hronom dosahuje hrúbku 500 m (Konečný et al., 1998a, b, c). V prípade prítomnosti podzemnej vody v polohách štrkov a pieskovcov by išlo o napätú hladinu podzemnej vody artézskeho typu. Vzhľadom na absenciu údajov režim a obeh tohto horninového typu nie je možné hodnotiť.

N^{Kord} kordické súvrstvie: tufitické ílovce, siltovce, pieskovce, uhlie a vulkanoklastiká (spodný báden)

Kordické súvrstvie predstavuje bazálne súvrstvie neogénu Žiarskej kotliny uložené pod všetkými vulkanickými súvrstviami v hĺbke $2\,000$ až $3\,000 \text{ m}$ p. t. s hrúbkou 300 až 500 m (Bajo et al., 2008). Na povrch v Žiarskej kotline nevystupuje a vzhľadom na absenciu údajov je hodnotenie režimu a obehu bezpredmetné.

HYDROGEOLOGICKÝ CELOK NEOGÉNNYCH VULKANITOV

Zo všetkých vulkanogénnych členov, ktoré ležia v podloží sedimentárneho neogénu Žiarskej kotliny, vystupujú na povrch len ryolity a vulkanoklastiká jastrabskej formácie. Vulkanické horniny všeobecne charakterizuje puklinová (efuzíva) aj medzizrnová (vulkanoklastiká) priepustnosť a obeh viazaný na tektonicky porušené zóny alebo polohy vulkanoklastických hornín. Taký malý plošný výskyt a nedostatok údajov nepostačuje na dostatočne presné zhodnotenie režimu a obehu vody v tomto prostredí. V nasledujúcom texte sme sa prostredníctvom niekoľkých dostupných údajov snažili aspoň orientačne zhodnotiť tieto vlastnosti.

Jastrabská formácia**rN^{Jf} jastrabská formácia:** ryolity (sarmat)

Ryolity jastrabskej formácie predstavujú najmladší člen stredoslovenských neovulkanitov, ktoré zasahujú do hodnoteného územia Žiarskej kotliny. Mladšie sú už len bazalty komplexu Šibeničného vrchu (panón), ktoré vystupujú za východnou hranicou územia nad Žiarom nad Hronom. Ryolity jastrabskej formácie vystupujú na povrch v severnej časti územia v podobe malých extrúzií s celkovou povrchovou rozlohou 0,26 km² (0,26 %).

Pre ryolity je charakteristická puklinová priepustnosť a v prípade tektonického porušenia aj schopnosť akumulovať významné zdroje podzemnej vody. Po infiltrácii zrážkovej vody sa obeh realizuje v priepovrchovej zóne rozvoľnenia, v puklinách prvotnej odlučnosti alebo prostredníctvom puklín a zlomov tektonického pôvodu. K odvodňovaniu prostredníctvom prameňov v území nedochádza, podzemná voda extrúzií preto pravdepodobne skryto prestupuje do okolitých horninových celkov alebo povrchových tokov. V území nepredpokladáme výskyt súvislých polôh, ktoré by boli schopné akumulovať väčšie množstvo podzemnej vody.

vkN^{Jf} jastrabská formácia: pieskovce, tufy, brekcie a konglomeráty ryolitov (sarmat)

Vulkanoklastiká ryolitov jastrabskej formácie sú v oblasti Žiarskej kotliny zastúpené podstatne viac ako jej efúzívne členy. Na území hydrogeologickej mapy vystupujú na povrch na jz. okraji kotliny na ploche 0,72 km² (0,71 %). Vrtmi sú overené v podloží neogénnych sedimentov trubínskeho súvrstvia pozdĺž celého východného až severného okraja kotliny. Hrúbka ryolitových vulkanoklastík jastrabskej formácie vo vrte Kríž v Žiari nad Hronom je 150 m (Vass, 2002). Sú uložené v podloží trubínskeho súvrstvia. Predstavujú hydrogeologický kolektor s artézskym typom vody a medzizrnovou priepustnosťou. V Žiarskej kotline sa dopĺňajú prestupom podzemnej vody z oblasti Kremnických vrchov do oblasti kotliny. Hydrogeologický vrt HZK-1 v blízkosti Žiaru nad Hronom overil v tomto súvrství maximálnu výdatnosť 10,3 l · s⁻¹. Priepustné polohy (pieskovce, tufy, brekcie a konglomeráty ryolitov) jastrabskej formácie sa často striedajú s nepriepustnými ílovcovými polohami, čo umožňuje vznik niekoľkých zvodnencov uložených subhorizontálne nad sebou. Vulkanoklastiká jastrabskej formácie sa smerom od východného okraja kotliny smerom do jej stredu vyklinujú a znižujú svoju hrúbku. V oblasti vyznievania zvodnencov jastrabskej formácie na styku s piesčitými a štrkovými polohami trubínskeho súvrstvia môže podzemná voda prestupovať do týchto sedimentov a následne skryto prestupovať do sedimentov Hrona.

Formácia Kremnického štítu (vrchný bádén – spodný sarmat)**aN^{Fkrš} formácia Kremnického štítu:** lávové prúdy andezitov a ich blokové lávové brekcie**vkN^{Fkrš} formácia Kremnického štítu:** pyroklastiká (brekcie ± tufy) pyroxenických andezitov

Formácia Kremnického štítu leží v podloží vulkanitov jastrabskej formácie a vulkanicko-sedimentárneho súvrstvia sarmatu v území celej Žiarskej kotliny. Hrúbka formácie sa pohybuje od 200 do 500 m. Na území geologickej ani hydrogeologickej mapy formácia nevystupuje. V menšej miere vo vrchnej časti formácie Kremnického štítu nad prúdmi andezitov vystupujú polohy pemzových tufov. Vzhľadom na ich ojedinelý výskyt nepredpokladáme v tomto horninovom type výskyt významných kolektorov podzemnej vody na území Žiarskej kotliny.

Pramene zdokumentované vo vulkanických horninách formácie Kremnického štítu vystupovali prevažne v oblasti zlomovej línie s.-j. smeru (novobansko-klacké zlomové pásmo) pod úpäťm pohoria Vtáčnik. Ide o sutinovo-vrstvové pramene vystupujúce na styku vulkanitov Vtáčnika s nepriepustnými ílovitými sedimentmi trubínskeho súvrstvia. Vzhľadom na tektonický pokles a veľkú hĺbku tejto formácie v hodnotenom území sa infiltrácia a prirodzený výstup podzemnej vody na povrch môže uskutočňovať len prostredníctvom zlomových línií. Pre andezity je charakteristická puklinová priepustnosť a pre ich vulkanoklastiká medzizrnová priepustnosť. V prípade tektonického porušenia sa vyznačujú aj schopnosťou

akumulovať významné zdroje podzemnej vody. V hodnotenom území neboli overené žiadnym vrtom, preto je prítomnosť zvodnencov čisto hypotetická.

Turčecká formácia (vrchný bádén – spodný sarmat)

aN^{Turf} **turčecká formácia:** lávové prúdy andezitov a ich prevažne blokové lávové brekcie
vkN^{Turf} **turčecká formácia:** vulkanoklastiká (tufy a pemzové tufy) bazaltov a bazických andezitov

Predpokladaný priebeh turčeckej formácie v celom území Žiarskej kotliny je v podloží formácie Kremnického štítu v značne poklesnutej pozícii v hrúbke 500 až 600 m. Vulkanity turčeckej formácie v hodnotenej oblasti nevystupujú na povrch. Na povrch vystupujú len mimo hodnoteného územia, nad sz. hranicou, kde sa následne na tektonickom styku ponárajú pod sedimenty Žiarskej kotliny. Tým umožňujú vznik artézskych vôd (artézske vody overené vrtmi KV-1, KV-3, HŽ-2, Vt-8, VK-41 a HV-16). Vulkanoklastiká tu tvoria nepravidelné polohy striedajúce sa s andezitmi, čo v prípade infiltrácie vody prostredníctvom tektonických línií umožňuje prepájanie jednotlivých zvodnených polôh a vznik komplexných zvodnencov so zmiešaným typom obehu s puklinovým a medzizrnovým typom priepustnosti.

Infiltrácia zo zrážok je vzhľadom na pozíciu nemožná. Obeh sa viaže na hlboké polohy, kde prirodzený výstup je možný len prostredníctvom zlomov. Takýmto spôsobom vystupujú aj minerálne pramene v Bukovine, Trubíne a Hornej Ždani.

N^{Kam} **kamenské súvrstvie** – epiklastické vulkanické zlepenca a pieskovce andezitov s polohami brekcií a tufov (stredný až vrchný bádén)

Kamenské súvrstvie je uložené v podloží produktov turčeckej formácie v rámci celej Žiarskej kotliny. Na povrch v Žiarskej kotline nevystupuje. K dispozícii nie sú žiadne údaje, na základe ktorých by bolo možné charakterizovať obeh a režim podzemnej vody v tomto prostredí.

VYHODNOTENIE MERANÍ PRIETOKU REALIZOVANÝCH V RÁMCI RIEŠENIA ÚLOHY

Merania prietoku na povrchových tokoch sa realizovali s cieľom zistiť skryté prestupy podzemnej vody do povrchových tokov a naopak, prestupy povrchovej vody do horninového prostredia a tým získať predstavu o vzájomnej komunikácii povrchovej a podzemnej vody v území.

Merania prietoku na povrchových tokoch sa realizovali v rokoch 2008 a 2009 v nasledujúcich obdobiach:

- od 19. 5. 2008 do 29. 5. 2008,
- od 6. 10. 2008 do 9. 10. 2008,
- od 8. 6. 2009 do 13. 6. 2009.

V rámci riešenia úlohy bolo zmeraných celkovo 2 x 52 profilov v roku 2008 a 1 x 7 profilov v júni 2009. Meraním prietoku v roku 2008 bola rovnomerne pokrytá celá hodnotená časť územia. V lete v roku 2009 s cieľom prekontrolovať predchádzajúce merania, kde sa preukázala výrazná strata na Lutilskom potoku (strata 77,99 l . s⁻¹), bol zmeraný prietok na 7 kontrolných profiloch.

V máji 2008 boli všetky toky merateľné, s minimálnym nameraným prietokom 1,22 l . s⁻¹ na profile č. 19 Lovčického potoka a maximálnym prietokom 262,28 l . s⁻¹ na profile č. 29 Lutilského potoka. V októbri 2008 vykazovali dva merané profily (č. 12 a 14) nulový prietok. Minimálny nameraný prietok bol 0,05 l . s⁻¹ na profile č. 19 Lovčického potoka. Maximálny prietok dosiahol 138,09 l . s⁻¹ na profile č. 36 Lutilského potoka.

Takmer všetky merané toky neprejavujú výrazné straty a prírastky vody v jarnom ani jesennom meracom cykle. Straty v rámci obidvoch období sa pohybovali v rozmedzí od 0,66 do 77,99 l . s⁻¹, prírastky od 0,05 do 54,75 l . s⁻¹. Hodnoty nameraných strát a prírastkov spolu s číslami profilov sú v tabuľkách 5.17, 5.18 a 5.19, ich vizuálne zobrazenie podávajú obrázky 5.5 až 5.9.

Z vyhodnotenia meraní prietoku vyplýva, že v rámci kotliny nedochádza k výrazným výmenám vody medzi povrchovým tokom a horninovým prostredím. Najväčší nárast prietoku vnútri kotliny bol

54,75 l . s⁻¹ na Lutilskom potoku (obr. 5.5). Prestup vody nastal pravdepodobne pozdĺž zlomu, ktorý prebieha súbežne s Lutilským potokom. Väčšia strata (19,19 l . s⁻¹) vznikla aj na Lehotskom potoku (profil č. 35), pravdepodobne prestupom povrchovej vody do prolúviálnych sedimentov v oblasti Ábelovho mlyna (obr. 5.5). Extrémna strata, až 77,99 l . s⁻¹, sa zistila na Lutilskom potoku v mieste križovania toku so sústavou zlomov. Jej podrobné zhodnotenie je v nasledujúcom texte.

Lutilský potok – strata 77,99 l . s⁻¹

Najvýraznejšiu stratu povrchovej vody do horninového prostredia v celom hodnotenom území preukázal v mesiaci máj 2008 Lutilský potok na profiloch v Janovej Lehote, kde skryto do horninového prostredia prestupovalo 77,99 l . s⁻¹ povrchovej vody (obr. 5.5, tab. 5.17). V úseku s dĺžkou 780 m v oblasti nameranej straty 77,99 l . s⁻¹ sa potok križuje s dvomi regionálne významnými zvodnenými zlomovými pásmami (Škvarka, 1980). Novobansko-klacké zlomové pásmo s.-j. smeru ohraničuje Žiarsku kotlinu zo západu a prochotsko-kremnické zlomové pásmo sv.-jz. smeru ohraničuje kotlinu zo severozápadu zo strany Kremnických vrchov. Priebeh zlomových zón a vrty, ktoré overili ich zvodnenie, sú znázornené na obrázku 5.20. Miesto výraznej straty prietoku je zároveň oblasťou vyznievania andezitových prúdov, vyliavaných v minulosti z pohoria Vtáčnik smerom do územia Žiarskej kotliny. Na základe týchto informácií sa dá predpokladať, že voda sa stráca v hlbších častiach jedného alebo druhého zlomového pásma a následne je pozdĺž zlomov transportovaná ďalej smerom na juh v súlade so smerovaním zlomov.

Prochotský potok, ktorý je tiež križovaný novobansko-klackým zlomovým pásmom, nepreukázal výrazné straty. Naopak, jeho prietok mierne vzrástol, a to o 0,72 l . s⁻¹ (obr. 5.6, tab. 5.17). Počas merania prietoku v rámci vyhládavacieho hydrogeologického prieskumu pohorí Vtáčnik a Pohronský Inovec (Bučková et al., 2001) Prochotský potok preukázal ešte pred vstupom do kotliny zníženie prietoku o 41 l . s⁻¹. Stále ide o hydraulicky aktívnu oblasť novobansko-klackého zlomového pásma, potvrdenú priamo v koryte Prochotského potoka vrtom VTD-8 a o niečo severnejšie vrtom HVHT-1.

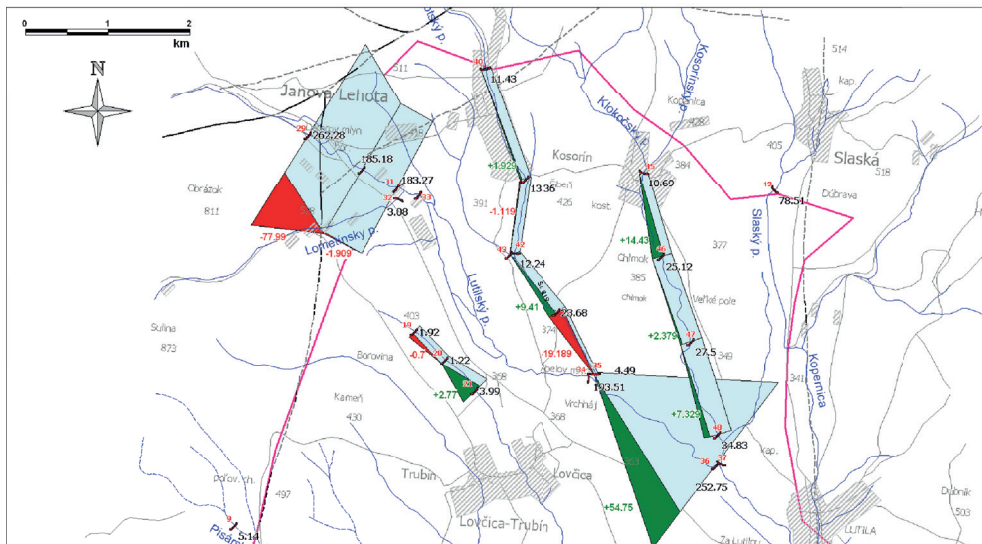
Korytom Lutilského potoka prechádza ešte menšie zvodnené zlomové pásmo (Hanzel et al., 1983), ktorým by mohla prestupovať časť spomínaných vôd. Na Lutilskom potoku v oblasti Ábelovho mlyna nad obcou Lovčica-Trubín bol nameraný nárast prietoku na 54,75 l . s⁻¹ (obr. 5.5, tab. 5.17). Uvedený nárast by mohla tvoriť časť podzemnej vody vstupujúcej do horninového prostredia severnejšie a v tomto mieste vystupujúcej pozdĺž zlomového pásma. Celkové namerané prírastky prietoku v kotline spolu s výstupmi vody v podobe prameňov a odbermi podzemnej vody však nedosahujú spomínané uniknuté množstvo 77,99 l . s⁻¹. Ak teda dochádza k takému výraznému prestupu vody do horninového prostredia na okraji Žiarskej kotliny, potom uvedené množstvo vody môže cirkulovať pozdĺž novobansko-klackého zlomu smerom na juh až do oblasti Štiavnických vrchov, a teda bez výstupu v oblasti Žiarskej kotliny, prípadne v území kotliny dochádza k skrytému prestupu podzemnej vody cez jej celé územie až do rieky Hron. S cieľom zistiť skryté prestupy do rieky Hron sa v rámci riešenia úlohy realizovali termometrické a rezistivimetrické merania, ktoré tento predpoklad nepotvrdili. Podrobné zhodnotenie týchto meraní je v nasledujúcom texte.

V oblasti Žiarskej kotliny je pre malé množstvo podzemnej aj povrchovej vody (občasné toky) vybudovaných niekoľko vodných nádrží (vodná nádrž Horná Ždaňa, vodná nádrž Trubín). Jedna takáto vodná nádrž (vodná nádrž Lovčica-Trubín) je vybudovaná aj na Lutilskom potoku, zhruba 1,5 km pod miestom zníženia prietoku. Preto je možné, že odčerpávanie vody na naplnenie nádrže sa uskutočňuje práve v oblasti zníženia prietoku o spomínaných 77,99 l . s⁻¹. Miesto vtoku do nádrže však bolo neskôr zmapované tesne (50 m) nad nádržou, a teda v dosť veľkej vzdialenosti (zhruba 1 km) od miesta zníženia prietoku. Strata 77,99 l . s⁻¹ vody na Lutilskom potoku vplyvom čerpania do vodnej nádrže Lovčica-Trubín sa dá preto pravdepodobne vylúčiť. V oblasti zníženia prietoku sa nachádza chatová oblasť, ktorá môže tiež využívať vodu z Lutilského potoka. Zistiť toto odoberané množstvo je však prakticky nemožné.

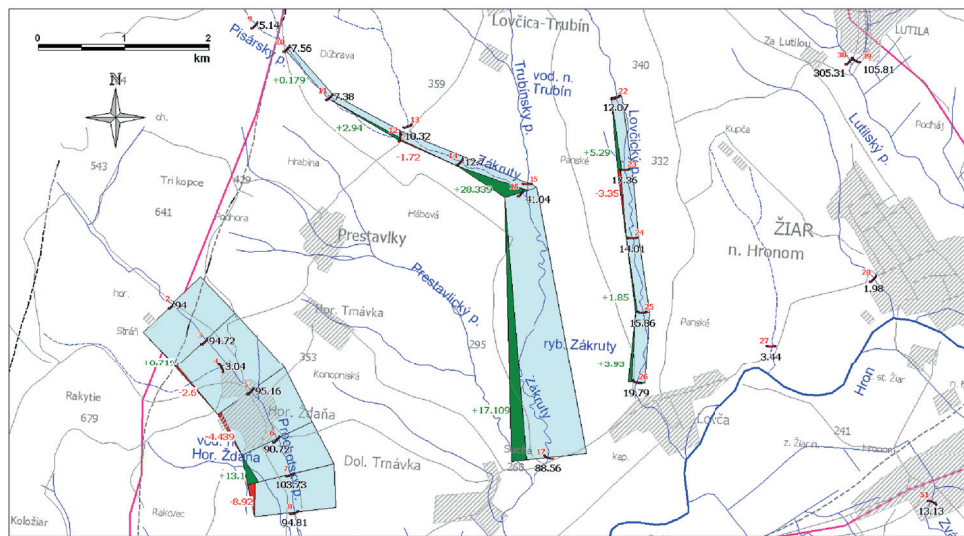
Pretože sa strata prietoku (77,99 l . s⁻¹) v roku 2008 preukázala iba na jednom mieste a iba pri májovom meraní (v októbri bol na tom istom mieste prírastok 9,67 l . s⁻¹), nemožno vylúčiť ani chybu merania. Preto sme v roku 2009 urobili kontrolné merania prietoku tých istých úsekov s cieľom preveriť namerané straty. Uniknuté množstvo namerané v máji 2008 (77,99 l . s⁻¹) sa opäť nepotvrdilo (obr. 5.9, tab. 5.19). Na základe získaných informácií preto predpokladáme, že nameraná strata (77,99 l . s⁻¹) prietoku na Lutilskom potoku vznikla ako dôsledok chyby merania.

Tab. 5.17. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v máji 2008.

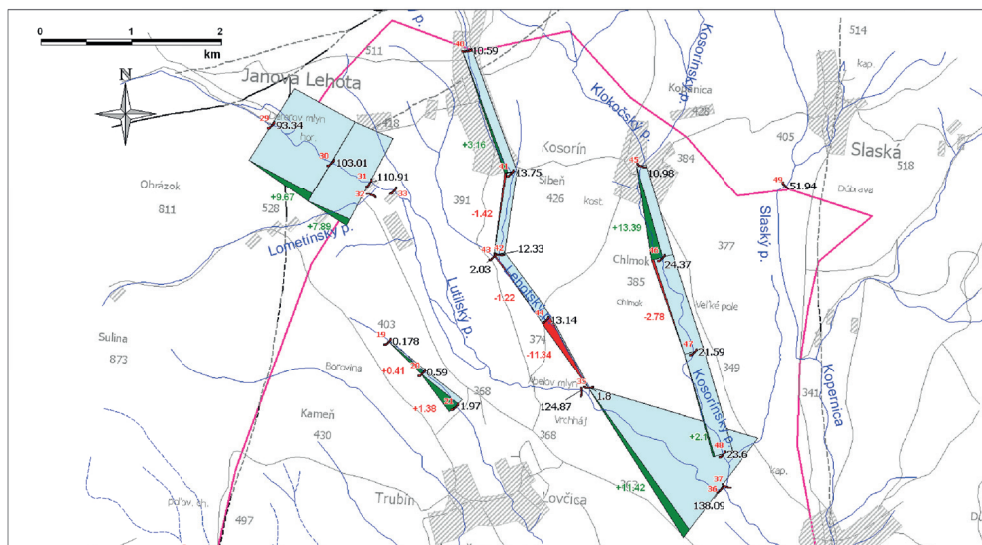
Názov toku	Číslo profilu	X	Y	Q [l · s ⁻¹]	Prítok [l · s ⁻¹]	Rozdiel (+ prírastok, – strata) [l · s ⁻¹]
Prochotský potok	2	-449 259,27	-1 243 574,23	94		
	3	-448 861,59	-1 243 992,17	94,72		+ 0,72
	4	-448 673,23	-1 244 306,00		+ 3,04	
	5	-448 327,56	-1 244 590,68	95,16		- 2,6
	6	-448 026,73	-1 245 154,00	90,72		- 4,44
	7	-447 866,62	-1 245 568,26	103,73		+ 13,1
	8	-447 816,83	-1 246 010,40	94,81		- 8,92
Zákruty	10	-447 907,14	-1 240 581,63	7,56		
	11	-447 408,89	-1 241 144,94	7,38		+ 0,18
	12	-446 586,81	-1 241 606,67	10,32		+ 2,94
	13	-446 494,46	-1 241 489,13		+ 4,1	
	14	-445 890,10	-1 241 902,77	12,7		- 1,72
	15	-445 184,67	-1 242 269,96	41,04		+ 28,40
	16	-445 109,11	-1 242 177,60		+ 30,41	
Lovčický potok	17	-444 855,12	-1 245 374,15	88,56		+ 17,11
	19	-446 079,11	-1 237 946,59	1,92		
	20	-445 706,20	-1 238 290,37	1,22		- 0,70
	21	-445 339,12	-1 238 669,09	3,99		+ 2,77
	22	-444 068,91	-1 241 151,25	12,07		
	23	-443 969,86	-1 242 001,94	17,36		+ 5,28
	24	-443 882,46	-1 242 806,02	14,01		- 3,35
Lovčický potok	25	-443 765,92	-1 243 668,37	15,86		+ 1,85
	26	-443 835,84	-1 244 495,75	19,79		+ 3,40
	29	-447 372,36	-1 235 539,03	262,28		
	30	-446 714,16	-1 235 956,20	185,18		- 77,99
Lutílský potok	31	-446 288,75	-1 236 182,82	183,27		- 1,91
	32	-446 275,68	-1 236 310,95		+ 3,08	
	40	-445 212,42	-1 234 715,89	11,43		
	41	-444 728,92	-1 236 069,68	13,36		+ 1,93
Lehotský potok	42	-444 857,85	-1 236 988,33	12,24		- 1,12
	43	-444 926,35	-1 237 008,47		+ 2,03	
	44	-444 330,03	-1 237 709,54	23,68		+ 9,41
	35	-443 858,62	-1 238 471,05	4,49		- 19,19
	34	-443 943,24	-1 238 495,22		+ 193,51	
	36	-442 404,11	-1 239 579,06	252,75		+ 54,75
	45	-443 282,45	-1 236 001,19	10,69		
Kosorínsky potok	46	-443 056,83	-1 237 024,59	25,12		+ 14,43
	47	-442 702,26	-1 238 064,11	27,5		+ 2,38
	48	-442 379,93	-1 239 200,32	34,83		+ 7,33
	Spolu	Prírastky				
Straty					- 121,94	



Obr. 5.5. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v máji 2008, severná časť Žiarskej kotliny. Modrá plocha – prietok, červená plocha – strata prietoku, zelená plocha – prírastok prietoku.



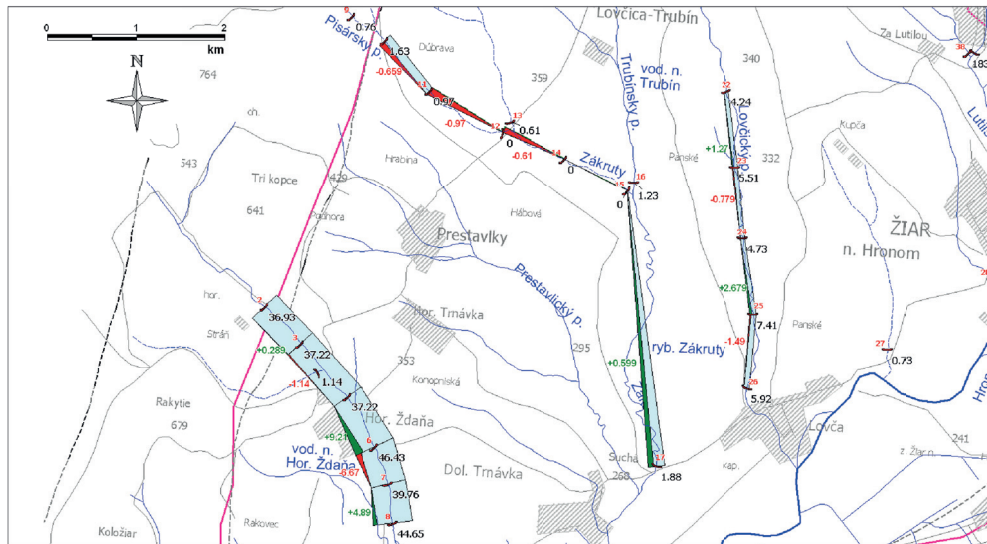
Obr. 5.6. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v máji 2008, južná časť Žiarskej kotliny. Modrá plocha – prietok, červená plocha – strata prietoku, zelená plocha – prírastok prietoku.



Obr. 5.7. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v októbri 2008, severná časť Žiarskej kotliny. Modrá plocha – prietok, červená plocha – strata prietoku, zelená plocha – prírastok prietoku.

Tab. 5.18. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v októbri 2008.

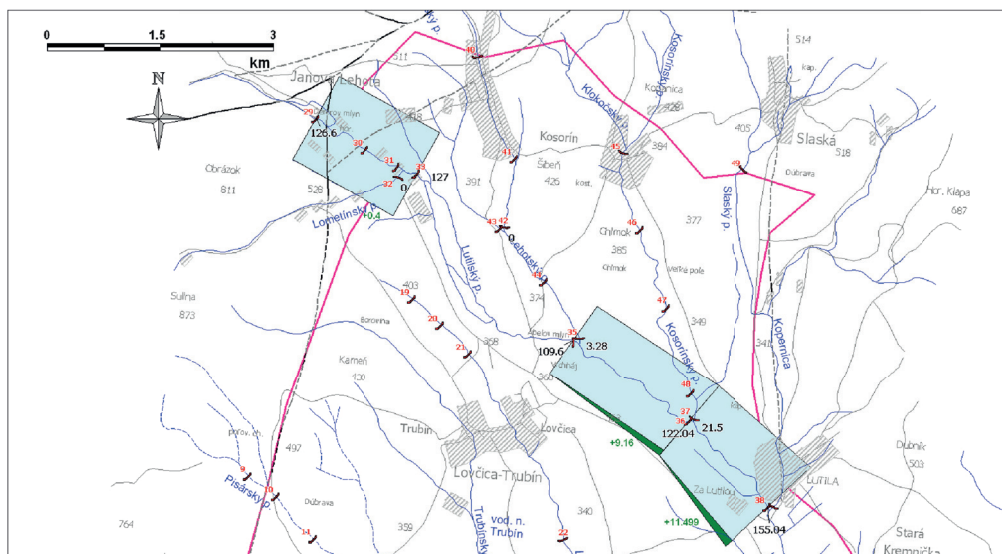
Názov toku	Číslo profilu	X	Y	Q [l . s ⁻¹]	Prítok [l . s ⁻¹]	Rozdiel (+ prírastok, – strata) [l . s ⁻¹]
Prochotský potok	2	-449 259,27	-1 243 574,23	36,93		
	3	-448 861,59	-1 243 992,17	37,22		+0,29
	4	-448 673,23	-1 244 306,00		+1,14	
	5	-448 327,56	-1 244 590,68	37,22		-1,14
	6	-448 026,73	-1 245 154,00	46,43		+9,21
	7	-447 866,62	-1 245 568,26	39,76		-6,67
	8	-447 816,83	-1 246 010,40	44,65		+4,89
Zákruty	10	-447 907,14	-1 240 581,63	1,63		
	11	-447 408,89	-1 241 144,94	0,97		-0,66
	12	-446 586,81	-1 241 606,67	0		-0,97
	13	-446 494,46	-1 241 489,13		+0,61	
	14	-445 890,10	-1 241 902,77	0		-0,61
	15	-445 184,67	-1 242 269,96	0,05		+0,05
	16	-445 109,11	-1 242 177,60		+1,23	
Lovčický potok	17	-444 855,12	-1 245 374,15	1,88		+0,59
	19	-446 079,11	-1 237 946,59	0,178		
	20	-445 706,20	-1 238 290,37	0,59		+0,41
Lovčický potok	21	-445 339,12	-1 238 669,09	1,97		+1,38
	22	-444 068,91	-1 241 151,25	4,24		
	23	-443 969,86	-1 242 001,94	5,51		+1,27
	24	-443 882,46	-1 242 806,02	4,73		-0,78
	25	-443 765,92	-1 243 668,37	7,41		+2,68
Lutislísky potok	26	-443 835,84	-1 244 495,75	5,92		-1,49
	29	-447 372,36	-1 235 539,03	93,34		
	30	-446 714,16	-1 235 956,20	103,01		+9,67
	31	-446 288,75	-1 236 182,82	110,91		+7,90
Lehotský potok	32	-446 275,68	-1 236 310,95		+0,251	
	40	-445 212,42	-1 234 715,89	10,59		
	41	-444 728,92	-1 236 069,68	13,75		+3,16
	42	-444 857,85	-1 236 988,33	12,33		-1,42
	43	-444 926,35	-1 237 008,47		+2,03	
	44	-444 330,03	-1 237 709,54	13,14		-1,22
	35	-443 858,62	-1 238 471,05	1,8		-11,34
	34	-443 943,24	-1 238 495,22		+124,87	
Kosorínsky potok	36	-442 404,11	-1 239 579,06	138,09		+11,42
	45	-443 282,45	-1 236 001,19	10,98		
	46	-443 056,83	-1 237 024,59	24,37		+13,39
	47	-442 702,26	-1 238 064,11	21,59		-2,78
Spolu	48	-442 379,93	-1 239 200,32	23,6		+2,1
	Prírastky					
Straty						- 28,08



Obr. 5.8. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v októbri 2008, južná časť Žiarskej kotliny. Modrá plocha – prítok, červená plocha – strata prítoku, zelená plocha – prírastok prítoku.

Tab. 5.19. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v júni 2009.

Názov toku	Číslo profilu	X	Y	Q [l . s ⁻¹]	Prítok [l . s ⁻¹]	Rozdiel (+ prírastok, - strata) [l . s ⁻¹]
Lutílský potok	29	-447 372,36	-1 235 539,03	126,6		
	33	-446 029,90	-1 236 288,88	127		+ 0,40
	34	-443 943,24	-1 238 495,22	109,6		
	35	-443 858,62	-1 238 471,05		3,28	
	36	-442 404,11	-1 239 579,06	122,04		+ 9,16
	37	-442 335,16	-1 239 546,17		21,5	
	38	-441 348,47	-1 240 727,36	155,04		+11,49
Spolu	Prírastky					+ 21,05



Obr. 5.9. Straty a prírastky na povrchových tokoch zistené v júni 2009, Lutílský potok. Modrá plocha – prítok, červená plocha – strata prítoku, zelená plocha – prírastok prítoku.

TERMOMETRICKÉ A REZISTIVIMETRICKÉ MERANIA POZDĹŽ RIEKY HRON

Údaje zo starších prác poukazujú na to, že v celej dĺžke alúvium Hrona drénuje podzemnú vodu Žiarskej kotliny, ktorá následne skryto prestupuje priamo do rieky. Böhm (1962) predpokladá, že na 1 km brehovej čiary skryto prestupuje z náplavov do rieky $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ vody. Na celom úseku Žiarskej kotliny odhadol skrytý prítok podzemnej vody do rieky Hron na $160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Počas riešenia úlohy sa v júli 2009 realizovali termometrické a rezistivimetrické merania vody pozdĺž oboch brehov rieky Hron. Cieľom meraní bolo zistiť prípadné skryté prestupy podzemnej vody z oblasti kotliny na pravom brehu Hrona a zo Štiavnických vrchov na ľavom brehu Hrona. Voľba tejto metódy vychádzala z predpokladu, že voda vystupujúca z prameňov má často výrazne kontrastnú hodnotu vodivosti (vyššiu) a teploty (nižšiu) ako voda v rieke alebo povrchovom toku. Na základe týchto odlišností by bolo možné identifikovať skryté prítoky do rieky, ale to len v prípade veľmi výdatných prameňov, vzhľadom na riedenie podzemnej vody s vodou v rieke. Počas termometrických a rezistivimetrických meraní pozdĺž brehov rieky Hron prebiehalo súčasne vizuálne pozorovanie oboch brehov a hľadanie prameňov alebo povrchových prítokov vtekajúcich do rieky. Prečistením a spracovaním nameraných údajov o teplote vody a mernej elektrickej vodivosti vody sa nezistili významné skryté prestupy podzemnej vody do rieky Hron. Základné štatistické charakteristiky nameraných údajov sú v tabuľke 5.20. Údaje v tejto tabuľke zahŕňajú aj merania povrchových prítokov, ktoré boli merané v mieste ich vyústenia do rieky Hron a vykazovali výrazne kontrastné hodnoty vodivosti alebo teploty ako voda v rieke. Ide napríklad o výtok odpadovej vody zo skládky Závodu SNP v Žiari nad Hronom, kde bola nameraná maximálna hodnota vodivosti $1\,370 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ (tab. 5.20).

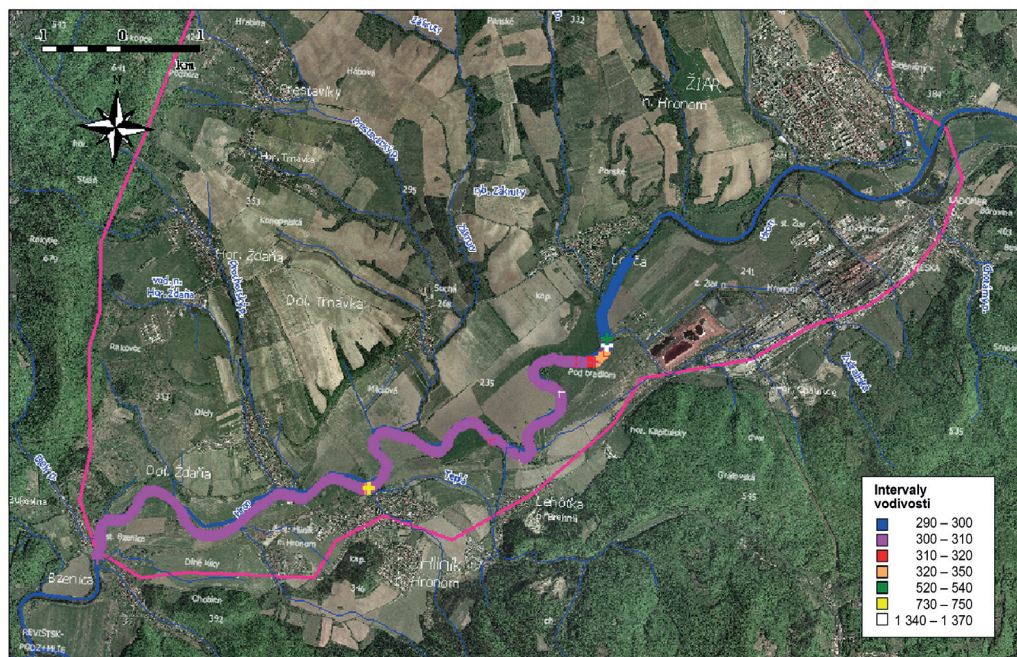
Tab. 5.20. Základné štatistické charakteristiky nameraných údajov termometrických a rezistivimetrických meraní na rieke Hron.

	PRAVÝ BREH		ĽAVÝ BREH	
	Merná elektrická vodivosť [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]	Merná elektrická vodivosť [$\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$]	Teplota [$^{\circ}\text{C}$]
Počet meraní	2 579	2 579	1 608	1 608
Minimum	274	16,30	278	17,00
Maximum	313	20,00	1 370	23,40
Priemer	303	17,44	309	19,15
Medián	305	17,50	305	19,10
Smerodajná odchýlka	5,73	0,51	62,30	0,26
Variabilita	32,80	0,26	19,88	0,07

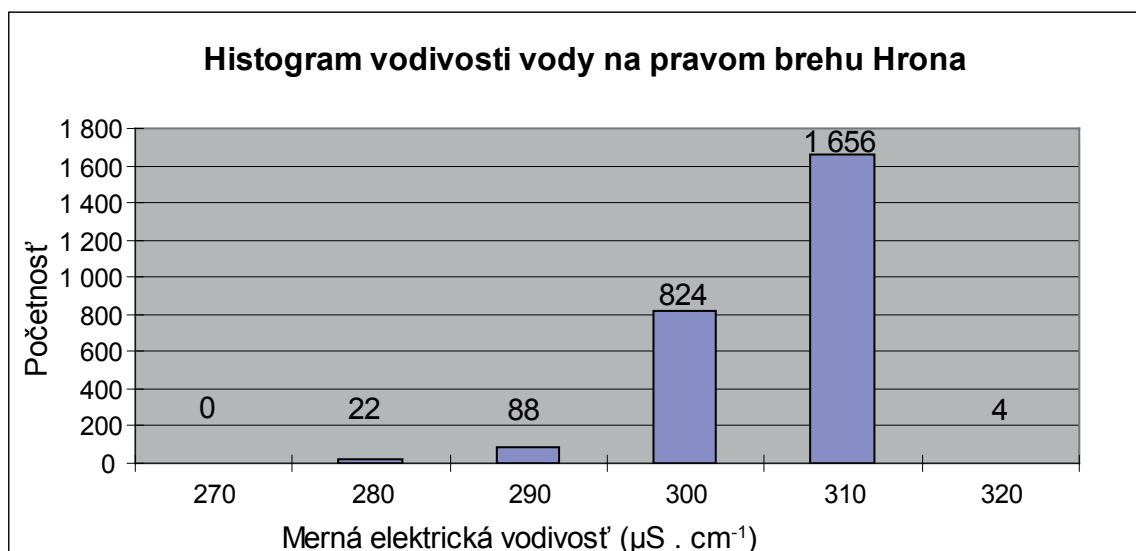
PRAVÝ BREH HRONA

Hodnoty mernej elektrickej vodivosti vody na pravom brehu Hrona nepreukázali výrazné zmeny. Ako možno sledovať na obrázku 5.10, hodnoty sa v smere toku rieky postupne rovnomerne zvyšovali v rozpätí od 274 do $313 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Priemerná hodnota mernej elektrickej vodivosti vody na pravom brehu Hrona v čase merania bola $303 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Postupné zvyšovanie vodivosti je spôsobené prítokmi menších povrchových tokov s vyššou hodnotou vodivosti spôsobenou geologickým prostredím (trubínske súvrstvie neogénu) a znečistením Žiarskej kotliny poľnohospodárskou a priemyselnou činnosťou. Práve oblasti s lokálne zvýšenou vodivosťou vody predstavovali miesta výpustov kanalizácie prevažne v okolí mesta Žiar nad Hronom alebo oblasti vyústenia menších povrchových tokov pretekajúcich kotlinou, kde sa predpokladá ich znečistenie, a teda zvýšená merná elektrická vodivosť vody. Vplyv výtoku zo skládky červených kalov Závodu SNP v Žiari nad Hronom zrejme vplyvom veľkého objemu vody v rieke a riedením je na pravom brehu Hrona menej viditeľný ako na jeho ľavom brehu, kde je skládka lokalizovaná. Vodivosť vody v rieke sa najčastejšie pohybovala v rozmedzí od 300 do $310 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Dosvedčuje to až 1 656 (64 %) nameraných hodnôt v tomto rozsahu z celkového počtu 2 579 uskutočnených meraní. Početnosť všetkých nameraných hodnôt je zobrazená v histograme na obrázku 5.11.

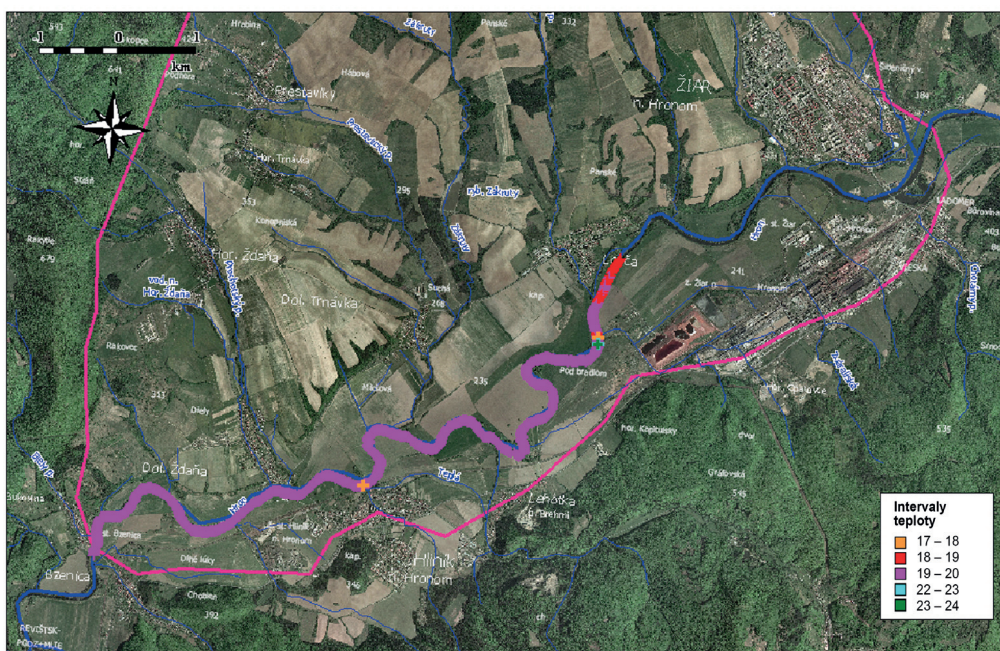
Merania teploty vody zobrazené na obrázku 5.12 majú podobný trend ako vodivosť, a teda kontinuálne a takmer rovnomerné zvyšovanie teploty vody v smere toku v rozsahu od 16,1 do 18,8 °C. Priemerná teplota vody na pravom brehu Hrona bola 17,43 °C (tab. 5.20). Vo väčšine prípadov sa teplota počas merania menila len o $\pm 0,1$ °C. Najvýraznejšie lokálne zvýšenie teploty bolo maximálne o 0,4 °C, spôsobené hlavne teplejšími prítokmi povrchových tokov a drenáží z poľnohospodársky obrábanej pôdy alebo plytším dnom rieky. Znižovanie teploty vody, ktoré by poukazovalo na skrytý prítok výraznejšieho množstva podzemnej vody do rieky Hron, nebolo výrazné. Maximálne zníženie bolo o 0,2 °C, ktoré mohlo byť odrazom vyrovnávania teploty vody v rieke vzhľadom na predchádzajúce teplejšie povrchové prítoky alebo náhlou zmenou hĺbky dna rieky. Teplota vody v rieke sa najčastejšie pohybovala v rozmedzí od 17 do 18 °C, s celkovým výskytom 1 442 (60 %) z celkového počtu 2 579 meraní. Početnosť jednotlivých hodnôt teploty vody znázorňuje histogram na obrázku 5.13. Na základe vyhodnotenia nameraných údajov teploty a vodivosti vody sa dá konštatovať, že na pravom brehu Hrona nedochádza k výrazným prestupom podzemnej vody z oblasti Žiarskej kotliny do rieky Hron.



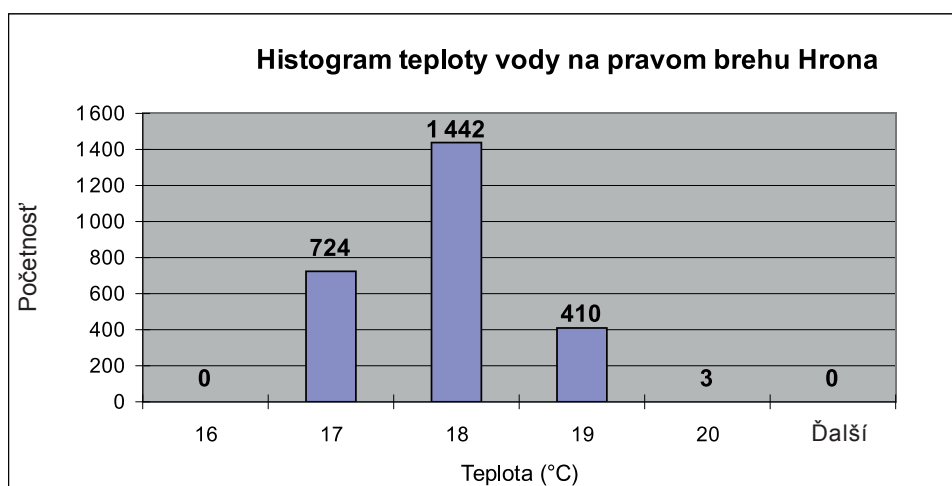
Obr. 5.10. Mapa priebehu mernej elektrickej vodivosti vody ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) na pravom brehu Hrona.



Obr. 5.11. Histogram počtosti mernej elektrickej vodivosti vody ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) na pravom brehu Hrona.



Obr. 5.12. Mapa priebehu teploty vody (°C) na pravom brehu Hrona.



Obr. 5.13. Histogram početností hodnôt teploty vody (°C) na pravom brehu Hrona.

ĽAVÝ BREH HRONA

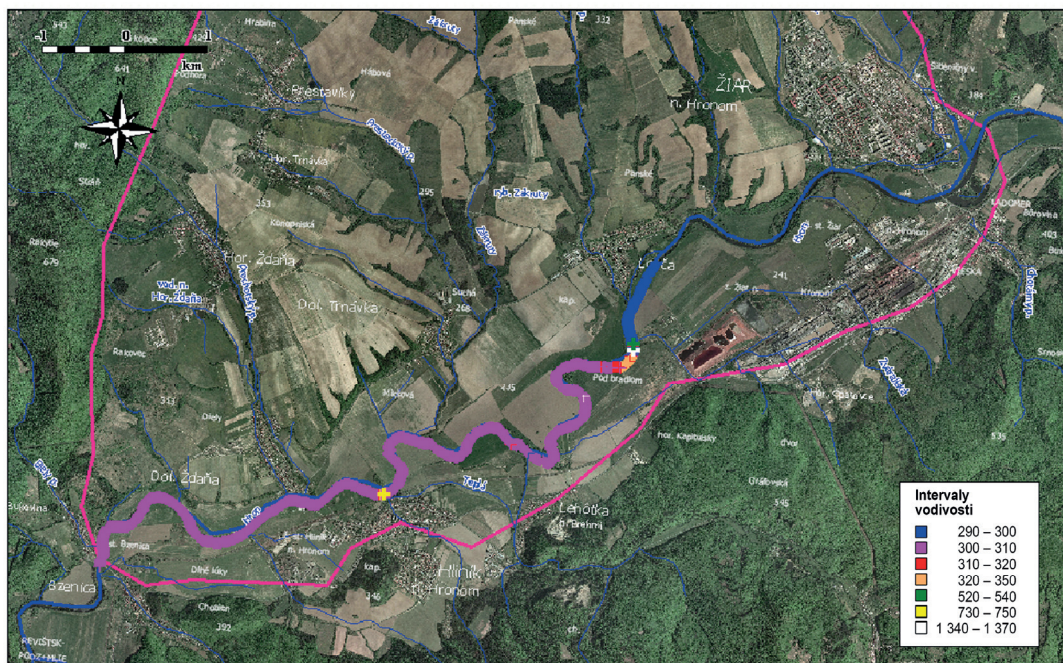
Hodnoty mernej elektrickej vodivosti vody a jej teploty na ľavom brehu Hrona mali podobný priebeh zvyšovania ako na pravom brehu Hrona. Rozdiel tvorili len extrémne hodnoty výtoku odpadovej vody zo skládky Závodu SNP v Žiari nad Hronom a prítok toku Teplá zo strany Štiavnických vrchov. Výrazné prestupy podzemnej vody sa ani v tomto prípade nezistili.

Ako možno sledovať na obrázku 5.14, hodnoty sa v smere toku rieky postupne zvyšovali v rozpätí od 270 do 320 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Priemerná hodnota mernej elektrickej vodivosti vody na ľavom brehu Hrona bola 305 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Extrémne namerané hodnoty vodivosti vody (529 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, 1 370 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$), na obrázku 5.14 zobrazené žltou, zelenou a bielou farbou, sú prejavom vyústenia odpadovej vody zo skládky Závodu SNP v Žiari nad Hronom. Hodnoty odpadovej vody zo skládky boli namerané v dvoch miestach (zobrazené zelenou a bielou farbou). V oblasti vizuálne viditeľného výtoku zo skládky bola nameraná najvyššia hodnota mernej elektrickej vodivosti vody, 1 370 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$, s teplotou vody 23,4 °C. Približne o 70 m vyššie proti prúdu bola vo výtoku z betónovej rúry nameraná hodnota vodivosti vody 535 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ a jej teplota 17 °C. Predpokladáme, že výtok z betónovej rúry má spojitosť s odpadovou vodou zo skládky Závodu SNP v Žiari nad Hronom. Druhým extrémnym prípadom bol tok Teplá (na obrázku 5,12 je zvýraznený žltou farbou), kde hodnota vodivosti vody dosiahla 737 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ a teplotu vody 17,9 °C. Všetky ostatné namerané hodnoty vodivosti a teploty na povrchových prítokoch, ktoré sa odlišovali od hodnôt vody v rieke, sú zosumarizované na obrázku 5.18. Najvyšší počet nameraných hodnôt vodivosti na ľavom brehu Hrona, až 1 414 (88 %) z celkového počtu 1 608 meraní, bol v rozmedzí od 300 do 320 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Početnosť jednotlivých nameraných hodnôt znázorňuje histogram na obrázku 5.15.

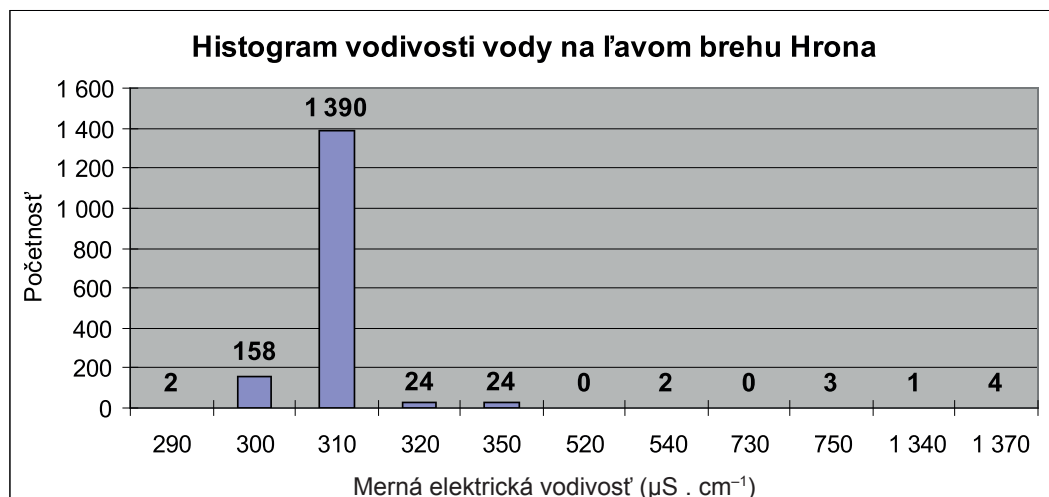
Namerané hodnoty teploty vody zobrazené na obrázku 5.16 majú podobný trend ako hodnoty vodivosti, a teda kontinuálne zvyšovanie teploty vody v smere toku v rozsahu od 18 do 20 °C. Výnimky tvoria spomenuté miesta vyústení povrchových tokov s vyššou teplotou vody. Priemerná teplota vody na ľavom brehu Hrona bola 19,15 °C (tab. 5.20). Rozdiel v priemernej teplote vody na pravom (17,43 °C) a ľavom brehu (19,14 °C) Hrona je spôsobený pravdepodobne zvyšovaním teploty vody počas dňa. Počas merania prevládalo slnečné a teplé počasie.

Vo väčšine prípadov sa teplota počas merania menila o $\pm 0,1$ °C. Najvýraznejšie lokálne zvýšenie teploty bolo spôsobené prítokmi povrchových tokov alebo plytším dnom rieky. Pokiaľ ide o znižovanie teploty vody, ktoré by naznačovalo skrytý prítok podzemnej vody do rieky, toto znižovanie nebolo výrazné. Maximálne namerané zníženie bolo o 2,4 °C. Bolo spôsobené predchádzajúcim zvýšením teploty vody v rieke vplyvom prítoku odpadovej vody zo skládky Závodu SNP, ktorá mala teplotu 23,4 °C (na obr. 5.16 zvýraznené modrou a zelenou farbou). Zníženie teploty vody o 0,5 °C bolo aj v oblasti vyústenia toku Teplá, na obrázku 5.16 zvýraznené oranžovou farbou.

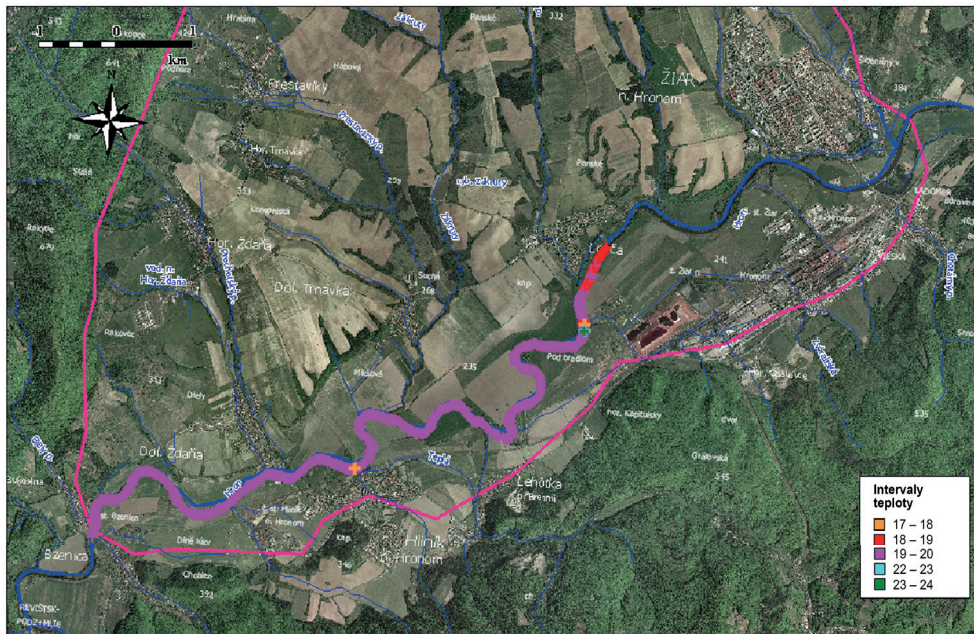
Teplota vody v rieke sa najčastejšie pohybovala v rozmedzí od 19 do 20 °C, s celkovým výskytom 1 406 (87 %) z celkového počtu 1 608 meraní. Početnosť jednotlivých hodnôt teploty vody znázorňuje histogram na obrázku 5.17. Po vyhodnotení termometrických a rezistivimetrických meraní na oboch brehoch výrazné skryté prestupy podzemnej vody z oblasti Žiarskej kotliny do rieky Hron nepredpokladáme.



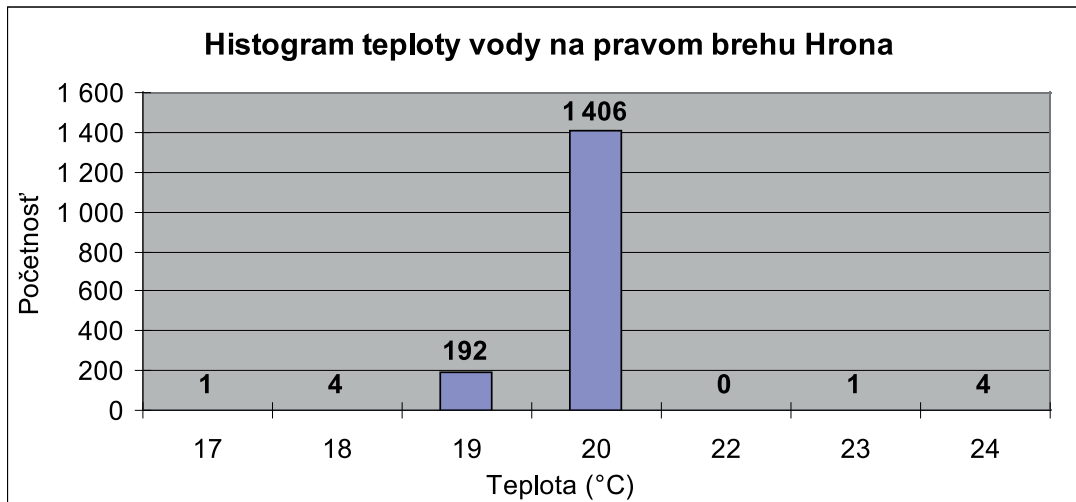
Obr. 5.14. Mapa priebehu mernej elektrickej vodivosti vody ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) na ľavom brehu Hrona.



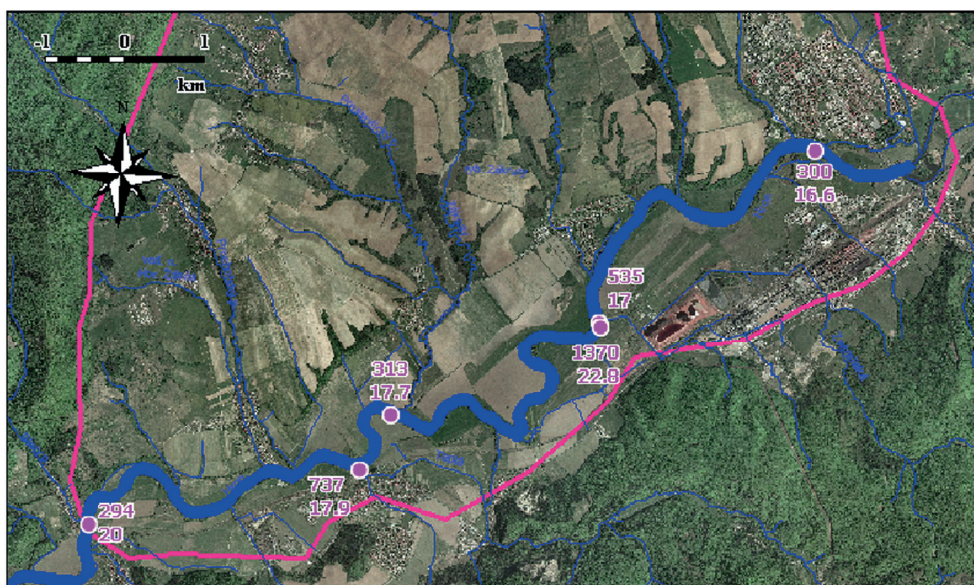
Obr. 5.15. Histogram počtosti hodnôt mernej elektrickej vodivosti vody ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) na ľavom brehu Hrona.



Obr. 5.16. Mapa priebehu teploty vody (°C) na ľavom brehu Hrona.



Obr. 5.17. Histogram početností hodnôt teploty vody (°C) na ľavom brehu Hrona.



Obr. 5.18. Mapa zdokumentovaných prítokov povrchovej vody s hodnotami mernej elektrickej vodivosti ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) a teploty vody (°C).

Realizované a vyhodnotené termometrické a rezistivimetrické merania vody nepotvrdili predpoklad skrytého prestupu (Böhm, 1962) podzemnej vody cez aluviálne náplavy do rieky Hron. Domnievame sa, že použitím tejto metódy by sa predpokladané prestupujúce množstvo vody ($160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) v zmene teploty aj mernej elektrickej vodivosti vody prejavilo výraznejšie, a teda by bolo možné zmapovať miesta jej skrytých prestupov. Na základe pozorovacích staníc SHMÚ nie je možné toto množstvo stanoviť, pretože pozorovacie stanice prietoku sa nenachádzajú na vhodných miestach.

Realizované merania teploty vody a mernej elektrickej vodivosti vody preukázali vyrovnaný, kontinuálny a len mierny nárast hodnôt v smere toku rieky Hron. Výraznejšie zmeny sa zaznamenali len pri vyústení povrchových tokov do Hrona a pri vyústení odpadovej vody zo Závodu SNP v Žiari nad Hronom. Na základe získaných výsledkov nepredpokladáme skrytý prestup podzemnej vody z oblasti Žiarskej kotliny do rieky Hron v takom výraznom ($160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) množstve. V prípade skrytého prestupu podzemnej vody v tejto oblasti ide pravdepodobne len o podstatne menšie množstvo podzemnej vody.

Podzemný odtok zo Žiarskej kotliny

Na základe prác predchádzajúcich autorov predpokladáme, že z okolitých pohorí (Vtáčnik a Kremnické vrchy) dochádza k výraznému prestupu podzemnej vody do oblasti Žiarskej kotliny a zároveň k skrytému prestupu podzemnej vody z neogénnych súvrství cez aluviálne náplavy priamo do rieky Hron (obr. 5.19).

Auxt et al. (1989) vyčíslili špecifický podzemný odtok z pohoria Kremnických vrchov do severnej časti Žiarskej kotliny (medzi Janovou Lehotou a Lutilou) na $10,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$, čo predstavuje podzemný odtok $181,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ z plochy $61,8 \text{ km}^2$.

Bučeková et al. (2001) v rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu metódou hydrologickej bilancie vyčíslili špecifický podzemný odtok z pohoria Vtáčnik do Žiarskej kotliny na $108 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na ploche približne $70,5 \text{ km}^2$. Externé množstvo podzemnej vody prechádzajúce skryto z okolitých pohorí do oblasti Žiarskej kotliny predstavuje spolu $289 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Böhm (1962) predpokladá, že na 1 km brehovej čiary skryto prestupuje z náplavov Hrona do rieky $4 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody. Na celom úseku Žiarskej kotliny vyčíslil skrytý prítok podzemnej vody do rieky Hron $160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

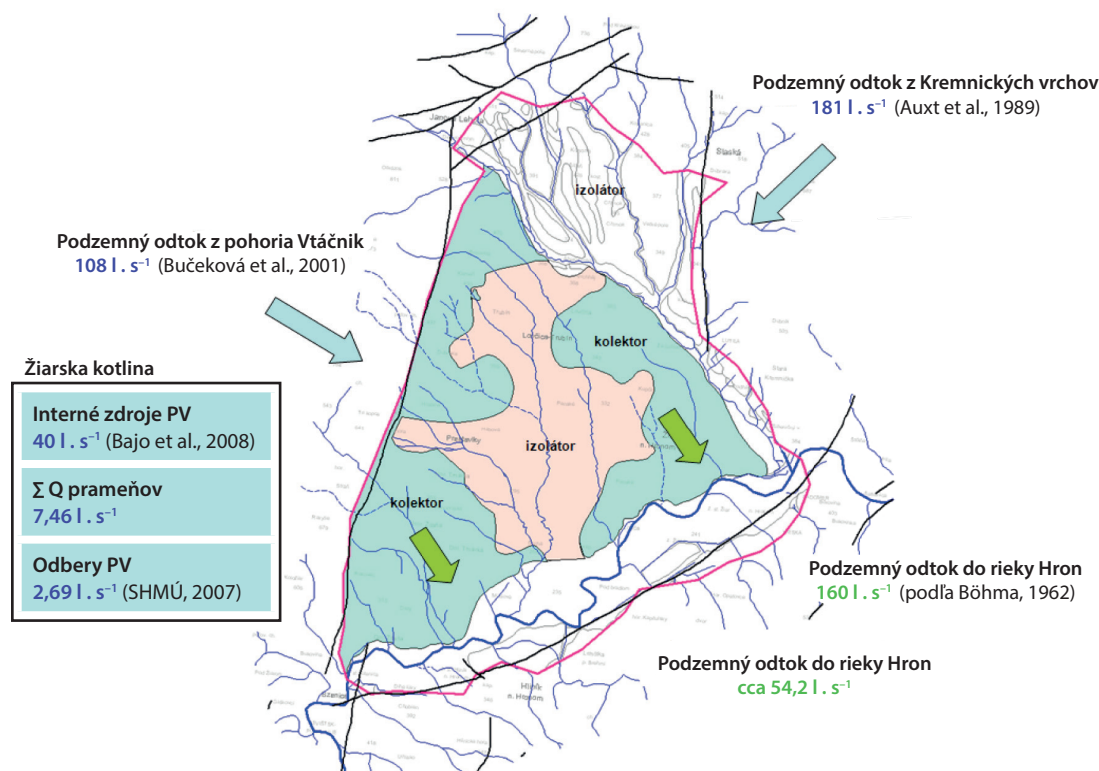
Bajo et al. (2008) v rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu Žiarskej kotliny stanovili externé prírodné zdroje podzemnej vody Žiarskej kotliny $301 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Interné prírodné zdroje podzemnej vody Žiarskej kotliny a zároveň jej využiteľné množstvo vymedzili na $40 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

V rámci riešenia tejto úlohy sme sa pokúsili zistiť, či skryto vstupujúce množstvo podzemnej vody v oblasti Žiarskej kotliny stanovené v minulosti ($289 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) vystupuje na povrch alebo skryto prestupuje v jej južnej časti do rieky Hron. Počas terénneho mapovania prameňov bolo v roku 2007 zmapovaných 94 prameňov vystupujúcich v Žiarskej kotline so sumárnou výdatnosťou $7,46 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Podľa údajov SHMÚ v Bratislave sa v roku 2007 z prameňov a vrtov situovaných v území Žiarskej kotliny odoberalo $2,69 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody. Podľa Baja et al. (2008) interné zdroje Žiarskej kotliny predstavujú $40 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Na obrázku 5.19 sú zobrazené všetky známe prestupujúce množstvá podzemnej vody, zmapované pramene, interné zdroje kotliny, ako aj odbery podzemnej vody. Zjednodušená bilancia vôd na obrázku nezahŕňa skryté prestupy podzemnej vody do povrchových tokov, pretože tie neboli namerané vo významnom množstve.

S cieľom zistiť drenážnu funkciu rieky Hron a potvrdiť skrytý prestup podzemnej vody ($160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$; Böhm, 1962) sme v roku 2009 realizovali termometrické a rezistivimetrické merania vody pozdĺž oboch brehov rieky. Podľa vyhodnotenia termometrických a rezistivimetrických meraní v jeho celej dĺžke prechádzajúcej kotlinou sme predpokladané výrazné prestupy podzemnej vody nezaznamenali. Všetky dostupné údaje a merania nasvedčujú tomu, že podzemná voda prestupuje do rieky Hron vo výrazne menšom objeme, ako sa predpokladalo.

Podľa výslednej hydrogeologickej mapy (príloha 1) a schematickej mapy na obr. 5.19 sa pozdĺž rieky Hron na úseku $2,5 \text{ km}$ nachádzajú ílovité sedimenty trubínskeho súvrstvia, ktoré sú známe veľmi nízkou priepustnosťou a v území tvoria hydrogeologický izolátor. Preto predpokladáme, že v tomto úseku je minimálny alebo takmer žiadny prestup podzemnej vody do rieky Hron. Nepriepustný úsek predstavuje 23% ($2,5 \text{ km}$) z celého úseku predpokladaného prestupu vody. Zvyšný úsek ($8,6 \text{ km}$) predstavuje oblasť reálne možných skrytých prestupov podzemnej vody z piesčitých a štrkových polôh trubínskeho súvrstvia.

Vypočítaním filtračného prietoku Q , ktorý predstavuje množstvo vody pretekajúce za jednotkou času kolmo na filtračnú plochu, sme sa pokúsili orientačne vyčíslieť, koľko vody by mohlo skryto prestupovať cez kolektory trubínskeho súvrstvia priamo do rieky. Základnými údajmi na výpočet boli koeficient filtrácie, hydraulický gradient a prietočná plocha trubínskeho súvrstvia. Vzhľadom na to, že kolektory trubínskeho súvrstvia sú v centre kotliny rozdelené izolátorom (obr. 5.19), filtračný prietok sme vyčíslili samostatne z kolektorov v západnej časti kotliny a samostatne z kolektorov trubínskeho súvrstvia vo východnej časti kotliny. Filtračný prietok kolektormi trubínskeho súvrstvia v západnej časti kotliny dosiahol hodnotu $Q = 3,86 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($38,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Filtračný prietok kolektormi trubínskeho súvrstvia na východnej strane kotliny dosiahol hodnotu $Q = 1,56 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ($15,6 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Filtračný prietok náplavami Lutílskeho potoka, Prochotského potoka a potoka Zákruty je podľa Baja et al. (2008) $2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Sčítaním hodnôt filtračného prietoku by v južnej časti kotliny malo do Hrona skryto prestupovať $54,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody. Vzhľadom na nezistené výrazné prestupy podzemnej vody pri termometrickom a rezistivimetrickom meraní vody sa táto hodnota zdá bližšia k reálnym podmienkam hodnoteného územia.



Obr. 5.19. Schematická mapa orientačného zhodnotenia bilancie podzemnej vody Žiarskej kotliny. (Podkladom na orientačné zhodnotenie boli archívne údaje o podzemnom odtoku a výsledky vlastných terénnych prác).

Ak predpokladáme, že v oblasti Hrona nedochádza k výrazným skrytým prestupom podzemnej vody, otázkou zostáva, kam sa stráca prestupujúce množstvo podzemnej vody z okolitých pohorí ($289 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$), ktoré vyčíslili predchádzajúci autori.

Ak uvažujeme, že do rieky Hron skryto prestupuje $54,2 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody, z prameňov sumárne vystupuje $7,46 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, odbery podzemnej vody tvoria $2,65 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ a interné zdroje Žiarskej kotliny sú vyčíslené na $40 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, zostáva stále približne $265 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, ktoré by mali prestupovať Žiarskou kotlinou.

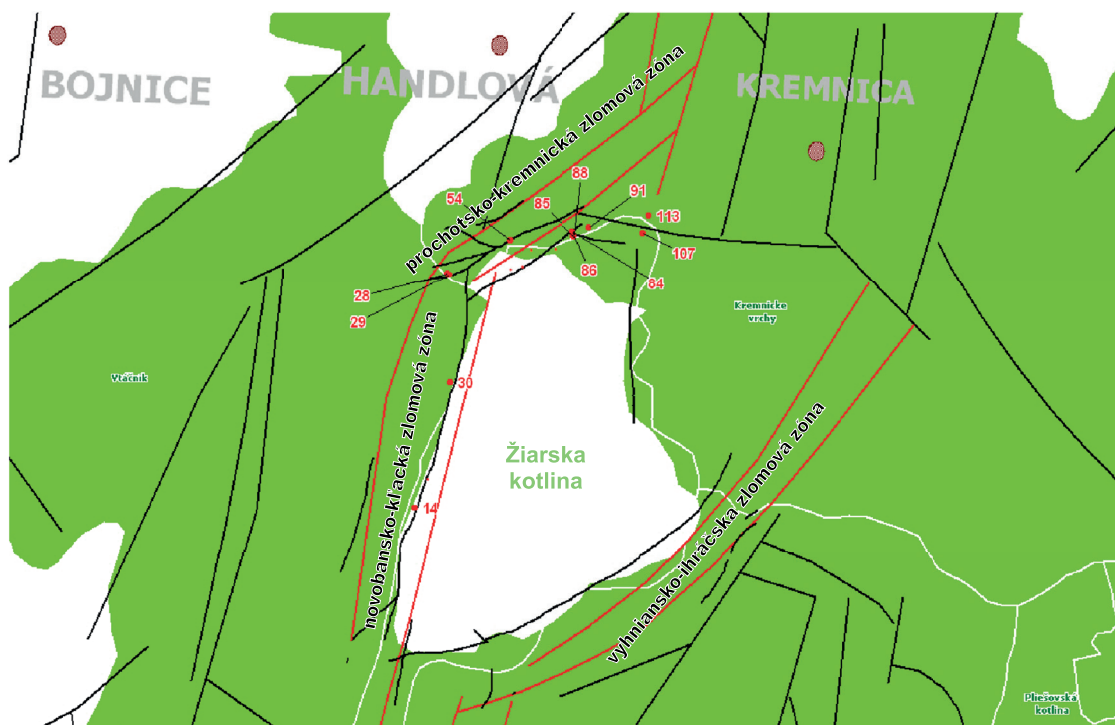
Pretože skrytý prestup ani odbery a pramene nepokrývajú prestupujúce množstvo, možnou cestou prestupu zvyšného množstva podzemnej vody by mohli byť zlomové pásma obkolesujúce kotlinu zo severu a západu. V prípade ich hydraulickkej aktivity by mohli drénovať podzemnú vodu pozdĺž západného okraja kotliny smerom na juh do oblasti Štiavnických vrchov. Výdatnosť vrtov situovaných do zlomových pásiem v oblasti Žiarskej kotliny nedosahuje vysoké hodnoty (max. $53,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$). Otázne preto zostáva, či z okolitých pohorí do oblasti Žiarskej kotliny skutočne prestupuje podzemná voda v takom výraznom množstve ($289 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$), aké bolo v minulosti stanovené.

Zvodnené zlomové zóny v oblasti Žiarskej kotliny

Bučeková et al. (2001) v rámci vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu pohoria Vtáčnik a Pohronský Inovec realizovali na styku Vtáčnika a Žiarskej kotliny jednorazové meranie prietoku na Prochotskom potoku a Lutilskom potoku. Prochotský potok preukázal ešte pred vstupom do kotliny zníženie prietoku o $41 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Strata vody sa zistila v blízkosti výrazných zlomových pásiem s.-j. smeru a v prostredí andezitových prúdov zhruba 2 km pred ich vyústením do Žiarskej kotliny. Pretože tu ešte andezity neústia do priepustných tufitických a štrkových neogénnych súvrství v západnej časti kotliny, možno predpokladať, že strata vznikla v mieste križovania zlomovej zóny s Prochotským potokom.

Žiarska kotlina je takmer zo všetkých strán obkolesená výraznými zlomami (obr. 5.20). Pozdĺž celého západného okraja je ohraničená výraznou novobansko-kl'ackou zlomovou zónou a prochotsko-kremnickou zónou na sz. okraji kotliny. V novobansko-kl'ackej zlomovej zóne je vyvinutých niekoľko rovnobežných zlomových línií, ktoré predstavujú hlavné smery prúdenia podzemnej vody (Škvarka, 1980). Vyhniansko-ihráčska zlomová zóna obkolesujúca kotlinu z jej južnej strany, nazývaná aj sklenoteplicko-ihráčska, bola overovaná niekoľkými hydrogeologickými vrtmi. Jej zvodnenie sa však nepotvrdilo, preto je charakterizovaná ako nepriepustná zlomová zóna.

Niekoľko hydrogeologických vrtov situovaných do spomenutých zlomových pásiem preukazuje rádo vo vyššiu výdatnosť a výrazne rozdrvené a porušené horniny v oblasti prítokov podzemnej vody do vrtov. Na základe týchto skutočností predpokladáme, že zlomové zóny na sz. a z. okraji kotliny sú hydraulicky aktívne a umožňujú svojim prostredím (aj keď nie v celých svojich častiach) infiltrovať a viesť podzemnú vodu. Lokalizácia hydrogeologických vrtov, ktoré overili prítoky z rozdrvených oblastí zlomových zón, je na obrázku 5.20. Podrobnejšiu charakteristiku zobrazených vrtov podáva zoznam zdokumentovaných vrtov v prílohe 4.



Obr. 5.20. Hlavné zlomové zóny (červené línie) v oblasti Žiarskej kotliny a vrty situované do ich zvodnených častí.

6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY

6.1. CHARAKTERISTIKA PROCESOV TVORBY CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNEJ VODY

6.1.1. Primárne (prírodné) faktory

Podzemná voda skúmaného územia má predovšetkým atmosférický pôvod a jej chemické zloženie je v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom prostredia jej obehu. Formovanie chemického zloženia podzemnej vody je zložitý proces prebiehajúci v niekoľkých fázach, charakterizovaných špecifickým súborom rôznych faktorov a interakcií, ktoré majú rozhodujúci význam pri formovaní kvantity, kvality, ako aj zákonitostí obehu podzemnej vody. Výsledné chemické zloženie podzemnej vody je výsledkom rôznych a v mnohých prípadoch spolupôsobiacich faktorov.

Za **najdôležitejšie primárne faktory** v území Žiarskej kotliny je možné považovať:

- množstvo a fyzikálno-chemické vlastnosti zrážkovej vody, prípadne povrchovej vody vstupujúcej do podzemného obehu,
- charakter pôdneho pokryvu a vegetácie (zloženie pôdnej atmosféry, obsah organických látok, mineralogické zloženie a mikrobiologická aktivita),
- mineralogicko-petrografické zloženie horninového prostredia a charakter jeho priepustnosti (najmä medzizrnová, resp. puklinová),
- hydrodynamické, termodynamické, resp. oxidačno-redukčné podmienky obehu podzemnej vody a dĺžka jej interakcie s horninami,
- druhotné procesy metamorfózy vôd – napr. miešanie prestupujúcich podzemných vôd.

Kvalita zrážkovej vody

Zrážková voda iniciálne vstupujúca do podzemného systému môže významnou mierou ovplyvňovať chemické zloženie a kvalitatívne vlastnosti podzemnej vody. Zrážková činnosť má z hľadiska dopĺňania podzemnej vody v oblasti v zásade najväčší význam. Chemické zloženie zrážkovej vody odráža predovšetkým rozpúšťanie vzdušných plynov prírodného pôvodu (ide hlavne o rozpúšťanie CO_2 v zrážkovej vode), zloženie aerosólov morského pôvodu, zloženie terigenneho prachu, synoptickú situáciu, množstvo zrážok a globálne, regionálne, resp. lokálne znečistenie atmosféry antropogénneho pôvodu.

Chemické zloženie zrážkovej vody (snehu) bolo a je v oblasti Žiarskej kotliny, resp. priľahlom území sledované v rámci monitorovania snehovej pokrývky Slovenska. Monitoring realizujú od roku 1976 pracovníci ŠGÚDŠ na dvoch lokalitách – Lehôtka pod Brehmi a Nová Dedina pri Handlovej (Vrana et al., 1989; Bodiš et al., 2000; Bodiš et al., 2003 in Klukanová et al., 2003). Štatistické výsledky chemického zloženia snehovej pokrývky z uvedených lokalít, resp. celoslovenský priemer vybraných ukazovateľov sú uvedené v tab. 6.1.

Chemický typ zimných zrážok v oblasti je nevyhranený, resp. zmiešaný. V poradí podľa prevládajúcich kationov sú zastúpené zložky Ca^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , Fe a Mg^{2+} (Lehôtka pod Brehmi), resp. Ca^{2+} , NH_4^+ , Na^+ , Mg^{2+} a Fe (Nová Dedina pri Handlovej) a podľa prevládajúcich aniónov zložky SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- a HCO_3^- (obe lokality). Veľmi nízke priemerné hodnoty celkovej mineralizácie na monitorovaných lokalitách (Nová Dedina – $15,55 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, resp. Lehôtka pod Brehmi – $14,21 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) prakticky korešpondujú s celoslovenským priemerom ($15,06 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$).

Zimné zrážky sa vyznačujú výrazne kyslou reakciou pH (hodnoty prevažne do 5,00). Ide o tzv. kyslé zrážky obsahujúce voľné kyseliny, potenciálne vplyvajúce na mineralizačné procesy prebiehajúce v horninovom prostredí. V posledných rokoch ako jeden z problémov sa ukazuje najmä uvoľňovanie hliníka, železa, prípadne ďalších kovov z pôdy a hornín vplyvom iónov H^+ do podzemnej vody.

Vo všeobecnosti je zrážková voda zdrojom podstatnej časti iónov Cl^- a NO_3^- , prípadne aj ďalších chemických zložiek (NH_4^+ , K^+) v antropogénne neovplyvnenej podzemnej vode. Vzhľadom na uvedený fakt je možné na základe ich reálnej koncentrácie v podzemnej vode usudzovať na mieru ich prírodného,

prípadne antropogénneho obohatenia podzemnej vody. Chloridy v atmosfére majú najmä morský pôvod (odrážajú globálne zloženie atmosféry), zatiaľ čo koncentrácia dusičnanov, resp. SO_4^{2-} a NH_4^+ odráža skôr antropogénne znečistenie atmosféry predovšetkým z lokálnych zdrojov.

Zaujímavý je **vývoj chemického zloženia** atmosférickej vody (snehu) v čase, uvedený na obr. 6.1 až 6.5 na príklade celkovej mineralizácie, pH, hliníka, zinku a olova. Okrem hodnôt pH (mierny nevýrazný nárast) je v ďalších prípadoch badateľný výrazný zostupný trend hodnôt, resp. obsahu posudzovaných ukazovateľov. Hoci sa zrážková voda vo všeobecnosti (na základe štúdií u nás aj v zahraničí), ako aj v hodnotenej oblasti vyznačujú značnou mierou variability hodnôt v čase, začiatok postupného znižovania koncentrácie uvedených ukazovateľov je možné priradiť predovšetkým na koniec 80. rokov minulého storočia. Tento trend pravdepodobne súvisí najmä s útlmom prevádzky najvýraznejšieho znečisťovateľa v oblasti – hlinikárne v Žiari nad Hronom. Na zlepšení situácie týkajúcej sa kvality zrážkovej vody sa pravdepodobne nemalou mierou podieľa aj zlepšenie technológie spracovania hliníka v závode ZSNP a pridružených prevádzkach a následná menšia produkcia znečistenia, ako to bolo v minulosti.

Hodnoty celkovej mineralizácie v pozorovanom období poklesli zo zhruba $20 - 30 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ na hodnoty okolo $10 - 15 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, prípadne nižšie. Mierne vzrastajúci trend hodnôt pH je skôr spôsobený pomerne výraznou fluktuáciou hodnôt v 90. rokoch minulého storočia. Hodnoty pH sú však skôr vyrovnané a pohybujú sa na úrovni okolo $4,00 - 5,00$. Pozitívnym zistením je výrazný pokles obsahu stopových prvkov v oblasti. Napríklad v prípade hliníka v 70. – 80. rokoch minulého storočia sa zistila jeho koncentrácia v snehu aj rádovo v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$, zatiaľ čo v posledných desiatich rokoch je koncentrácia Al veľmi nízka a nepresahuje hodnotu $0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Podobne aj v prípade zinku a olova ich hodnoty v čase výrazne poklesli (z hodnôt $0,05 - 0,07 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ na obsah zvyčajne do $0,02 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ v prípade Zn, resp. z hodnôt $0,01 - 0,02 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ na koncentráciu zvyčajne do $0,005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ v prípade Pb).

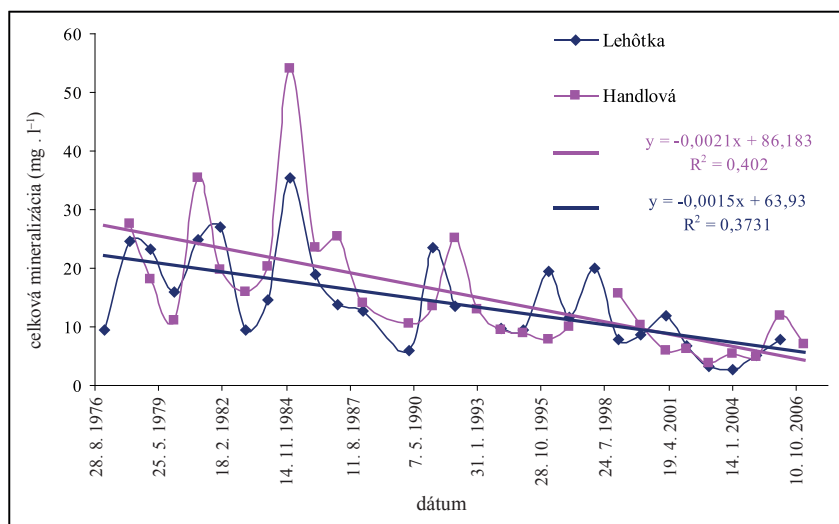
Na základe uvedených výsledkov je možné konštatovať, že snehové zrážky v oblasti Žiarskej kotliny sa v poslednom desaťročí vyznačujú chemickým zložením zodpovedajúcim viac-menej globálnemu zloženiu atmosféry.

Tab. 6.1. Chemické zloženie snehu v Žiarskej kotline a okolí (údaje okrem pH sú uvedené v $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$).

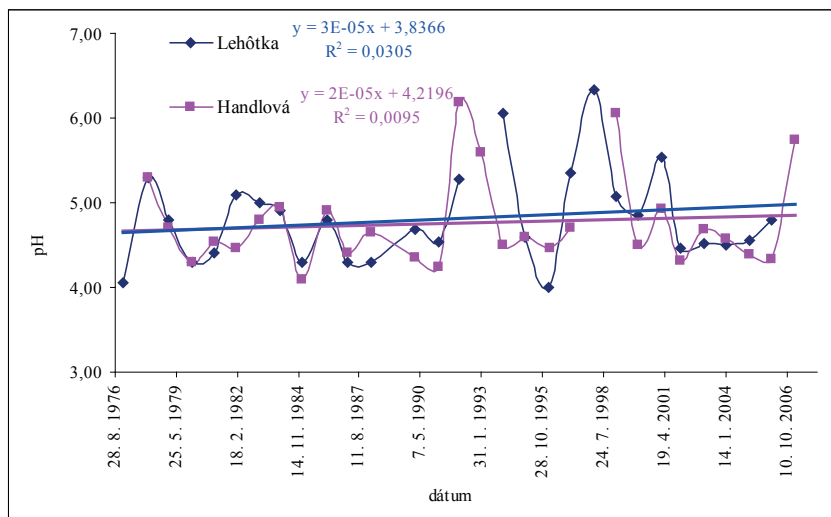
	Slovensko priemer	Lehôtka pod Brehmi (300 m n. m.)						Handlová-Nová Lehota (600 m n. m.)					
		n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	min.	max.	n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	min.	max.
Minerali- zácia	15,1	29	14,2	12,8	7,94	2,78	35,4	28	15,6	12,4	10,9	3,76	54,1
pH	4,91	29	4,79	4,68	0,56	4,00	6,33	28	4,76	4,59	0,54	4,10	6,18
SiO_2		29	0,60	0,50	0,40	0,04	1,36	28	0,97	0,51	1,31	0,05	5,66
CHSK_{Mn}	1,36	21	2,41	2,07	2,23	0,51	11,3	20	1,37	1,12	1,07	0,04	4,36
Na^+	0,36	29	0,50	0,34	0,68	0,04	3,67	28	0,33	0,25	0,31	0,03	1,43
K^+	0,17	29	0,16	0,11	0,14	0,01	0,57	28	0,14	0,07	0,26	0,01	1,40
Ca^{2+}	1,51	29	0,96	0,85	0,69	0,03	3,50	28	1,33	0,88	1,11	0,06	4,20
Mg^{2+}	0,29	29	0,20	0,18	0,13	0,01	0,64	28	0,35	0,22	0,39	0,03	2,05
Sr^{2+}		29	0,03	0,02	0,02	0,00	0,08	28	0,03	0,03	0,02	0,00	0,10
Fe_{celk}	0,20	29	0,25	0,19	0,25	0,01	0,95	28	0,37	0,12	0,75	0,01	3,50
Mn^{2+}	0,03	29	0,02	0,02	0,02	0,00	0,07	28	0,02	0,01	0,02	0,00	0,07
NH_4^+	0,752	29	0,706	0,640	0,462	0,012	1,890	28	0,658	0,590	0,465	0,031	2,14
F^-		19	0,190	0,105	0,175	0,007	0,500	19	0,041	0,020	0,048	0,003	0,190
Cl^-	1,92	29	2,04	1,20	2,17	0,16	8,30	28	1,87	1,33	2,32	0,22	12,0
SO_4^{2-}	4,46	29	4,36	3,15	3,20	0,80	16,1	28	5,36	3,90	5,50	0,51	28,6
NO_3^-	2,52	29	2,42	2,20	1,61	0,24	8,50	28	2,79	2,73	1,46	0,54	7,25
PO_4^{3-}	0,024	29	0,052	0,003	0,122	0,003	0,540	28	0,011	0,003	0,014	0,003	0,050
HCO_3^-	1,84	29	1,32	0,60	2,06	0,00	8,36	28	0,85	0,30	1,30	0,00	5,20

Tab. 6.1 – pokračovanie.

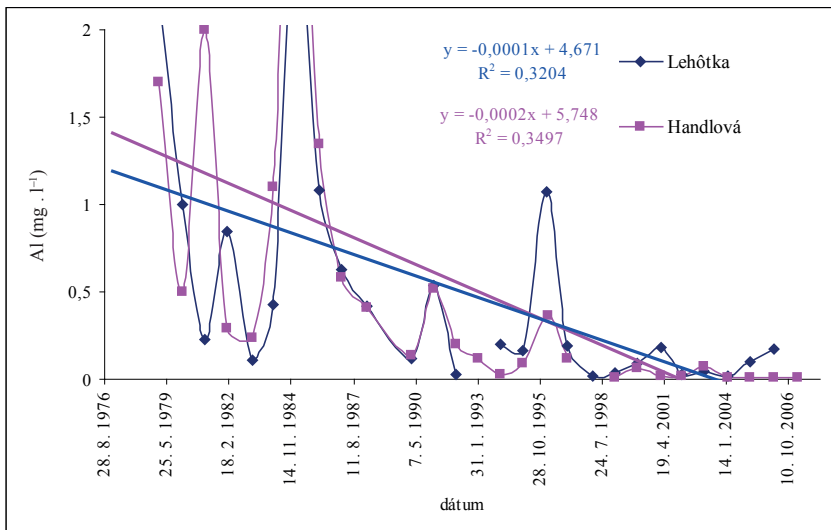
	Slovensko priemer	Lehôtka pod Brehmi (300 m n. m.)						Handlová-Nová Lehota (600 m n. m.)					
		n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	min.	max.	n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	min.	max.
Ag		16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,224	27	0,485	0,190	0,666	0,014	2,74	27	0,505	0,140	0,833	0,005	3,69
As	0,008 4	16	0,003 7	0,002 1	0,003 7	0,000 3	0,013 8	16	0,020 1	0,003 3	0,039 6	0,000 6	0,140 0
Cd	0,001	19	0,000 46	0,000 25	0,000 58	0,000 04	0,002 10	19	0,000 32	0,000 25	0,000 48	0,000 01	0,002 20
Co		17	0,000 36	0,000 20	0,000 46	0,000 05	0,001 60	17	0,000 39	0,000 25	0,000 41	0,000 05	0,001 50
Cr	0,001 4	17	0,000 6	0,000 4	0,000 6	0,000 1	0,002 4	17	0,001 0	0,000 3	0,001 4	0,000 1	0,004 2
Cu	0,004 3	29	0,004 4	0,002 4	0,004 5	0,000 5	0,015 0	28	0,002 7	0,002 1	0,002 0	0,000 6	0,010 0
Hg	0,000 3	16	0,000 26	0,000 37	0,000 17	0,000 03	0,000 48	16	0,000 24	0,000 27	0,000 16	0,000 03	0,000 44
Ni		17	0,002 17	0,001 50	0,002 24	0,000 25	0,009 10	17	0,001 54	0,001 00	0,001 63	0,000 05	0,006 00
Pb	0,011	28	0,010	0,007	0,010	0,000	0,037	28	0,007	0,004	0,009	0,000	0,047
Sb		13	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	12	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
Se	0,0003	14	0,000 17	0,000 11	0,000 21	0,000 01	0,000 80	13	0,000 26	0,000 09	0,000 65	0,000 01	0,002 40
Zn	0,036	29	0,031	0,021	0,033	0,001	0,170	28	0,021	0,017	0,019	0,000	0,085



Obr. 6.1. Vývoj chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Žiarskej kotliny a okolí – hodnoty celkovej mineralizácie.

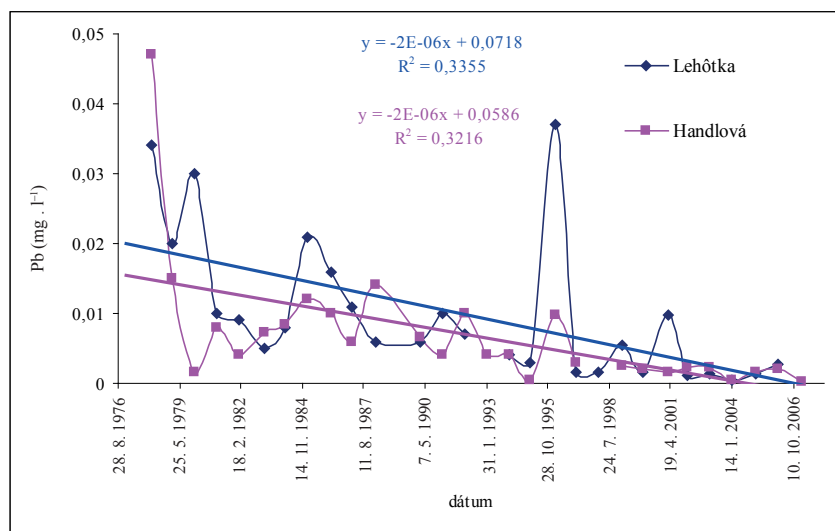
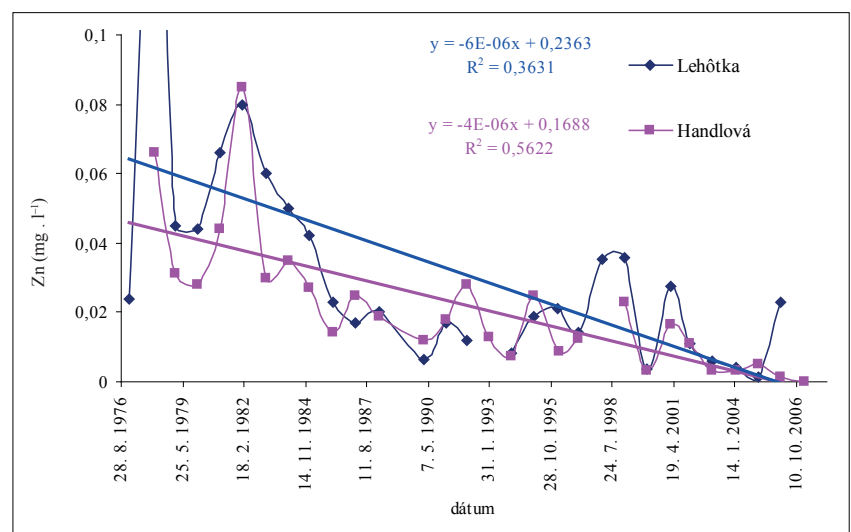


Obr. 6.2. Vývoj chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Žiarskej kotliny a okolí – hodnoty pH.



Obr. 6.3. Vývoj chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Žiarskej kotliny a okolí – obsah hliníka.

Obr. 6.4. Vývoj chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Žiarskej kotliny a okolí – obsah zinku.



Obr. 6.5. Vývoj chemického zloženia snehovej pokrývky v oblasti Žiarskej kotliny a okolí – obsah olova.

Pôdny pokryv

Chemické zloženie infiltrujúcej zrážkovej vody sa pri prestupe **pôdnym pokryvom** výrazne metamorfuje. Stupeň tejto metamorfózy závisí od priepustnosti a hrúbky pôdneho pokryvu, typu pôdy, nadmorskej výšky a expozície, ročného obdobia, obsahu organických látok, asociácie prítomných organizmov atď. Všeobecne sa predpokladá značný, často až niekoľkonásobný nárast obsahu väčšiny iónových zložiek po ich prechode pokrývnymi útvarmi (napr. Mayer, 1971; Bublinc, 1973; Rapant, 1994; Pitter, 1999).

Pôdny pokryv je predovšetkým významným **zdrojom CO₂**, ktorý v ňom vzniká hlavne biochemickým rozkladom organických látok, životnou činnosťou mikroorganizmov a produkujú ho korene rastlín a stromov. Pôdny CO₂ výrazne zvyšuje hydrolytickú kapacitu zrážkovej vody uplatňujúcej sa pri interakciách v systéme voda – hornina. Zrážková voda je vystavená pôsobeniu podstatne vyššieho parciálneho tlaku CO₂ ako v atmosfére ($3 \cdot 10^{-5}$ MPa). Z toho vyplýva, že množstvo reakcie schopného CO₂ vo vode môže byť značné, aj keď nemožno predpokladať, že počas prestupu pôdou sa úplne ustáli rovnováha medzi kvapalnou a plynnou fázou.

V oblasti Žiarskej kotliny je značná časť pôdy zaťažená výrazným antropogénnym vstupom látok predovšetkým vplyvom prevádzky hlavného znečisťovateľa územia – hlinikárne ZSNP Žiar nad Hronom (bližšie v časti 6.1.2. *Antropogénne faktory*).

Okrem CO₂ je pôdny pokryv zdrojom aj ďalších anorganických (NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻) a organických zlúčenín (humínové kyseliny a fulvokyseliny), ktoré sa vyskytujú aj v pôdnych pokryvoch nekultivovaných a horských oblastí. Humínové kyseliny čiastočnou disociáciou poskytujú prestupujúcej zrážkovej vode ďalšie aktívne ióny H⁺ a zvyšujú tak jej celkovú hydrolytickú kapacitu.

Interakcia voda – hornina

Podzemná voda Žiarskej kotliny v súlade s genetickou klasifikáciou (Gazda, 1974) patrí predovšetkým k tzv. podzemným vodám s **petrogénnou mineralizáciou**. Znamená to, že hlavnú a charakteristickú časť svojho chemického zloženia získava prostredníctvom reakcií prebiehajúcich na fázovom rozhraní voda – hornina. Výsledný kvantitatívny efekt týchto procesov v rozhodujúcej miere závisí od fyzikálno-chemických vlastností stýkajúcich sa fáz a komplexu faktorov určujúcich hydrodynamické, termodynamické a oxidačno-redukčné podmienky na fázovom rozhraní. Mineralizačné procesy interakcie voda – hornina, ich vnútorný mechanizmus a kinetika sú podrobnejšie opísané napríklad v prácach Garrelsa (1960), Gazdu (1965), Pačesa (1972, 1983) či Pittera (1999).

Po mineralogicko-petrografickej stránke je **horninové prostredie** skúmaného územia značne **rôznorodé**, tvorené predovšetkým kvartérnymi a neogénnymi sedimentmi. V okrajovej časti územia sa Žiarska kotlina stýka s horninovým prostredím neovulkanitov Vtáčnika, Kremnických vrchov a Štiavnických vrchov.

Neovulkanity v okrajových častiach Žiarskej kotliny tvoria prevažne pyroxenické, pyroxenicko-amfibolické a amfibolické andezity a ich pyroklastiká, menej ryolity, ryodacity a bazaltoidné andezity a ich pyroklastiká. Chemické zloženie v tomto horninovom prostredí sa tvorí predovšetkým hydrolytickým rozkladom silikátových minerálov, resp. rozpúšťaním karbonátového materiálu (tmelu prítomného prevažne vo vulkanoklastikách). Hlavným činiteľom v procese hydrolytického rozkladu silikátov sú ióny H⁺, ktoré prostredníctvom hydratačného obalu vstupujú do mriežok silikátových minerálov a vytláčajú ich väzbové katióny (hlavne Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ a K⁺), ako aj iné prvky, ktoré v mriežkach silikátových minerálov izomorfne zastupujú alkálie alebo alkalické zeminy (napr. Li⁺, Ba²⁺, Sr²⁺ a pod.). Súčasne sa mení štruktúra povrchovej vrstvy silikátových mriežok a dochádza k ich opätovnému priestorovému usporiadaniu za vzniku sekundárnych minerálov (hlavne kaolinitu, menej montmorillonitu) a časť nadbytočného SiO₂ prechádza do vodného roztoku vo forme H₄SiO₄ (koncentrácia SiO₂ v podzemnej vode bola v rozpätí 17,5 – 84,8 mg · l⁻¹). V určitých prípadoch môže SiO₂ tvoriť až 30 – 50 % celkovej mineralizácie podzemnej vody neovulkanitov (Rapant et al., 1996). Pôvodne sa predpokladalo, že hliník uvoľňujúci sa v priebehu rozkladu je imobilný a prakticky úplne fixovaný vo vznikajúcich sekundárnych mineráloch. V rámci regionálneho hydrogeochemického výskumu prebiehajúceho od začiatku 90. rokov minulého storočia sa však zistila prirodzená koncentrácia hliníka v podzemnej vode v mnohých prípadoch až do 0,5 mg · l⁻¹, prípadne až 1 mg · l⁻¹ (napr. Černák et al., 2004; Kordík a Slaninka, 2005; Slaninka et al., 2001; Michalko et al., 2005; Malík et al., 2006).

Zdroj aktívnych iónov H⁺ je spojený s atmosférickým, hlavne však pôdnym CO₂. V klimatických podmienkach oblasti obsah CO₂ v pôdnom vzduchu kolíše v intervale 0,5 – 5,0 obj. % (Škvarka a Gazda, 1974), t. j. zrážková voda prestupujúca cez pôdny pokryv je vystavená pôsobeniu 10 – 100-krát väčšieho parciálneho tlaku CO₂ ako v atmosfére, ktorý sa rozpúšťa v infiltrujúcej zrážkovej vode za vzniku ľahko disociujúcej kyseliny uhličitej.

Nízke hodnoty pH zrážkovej vody (pohybujúce sa zvyčajne od 4,4 do 4,9) podmieňujú pomerne vysokú hodnotu hydrolytickej kapacity, ale napriek tomu je výsledný efekt mineralizačných procesov

pomerne malý. Pretože silikátové minerály sú proti pôsobeniu vody značne odolné a kontakt vody s horninou je pomerne krátky (plytký puklinový obeh viazaný na zónu zvetrávania a podpovrchového rozvoľnenia hornín), hodnoty celkovej mineralizácie podzemnej vody neovulkanitov bývajú všeobecne nízke (zvyčajne do 150 mg · l⁻¹). Najodolnejšie proti zvetrávaniu sú K-živce a muskovit, najmenej odolná je anortitová zložka.

Komplikovaný je rozklad tmavých minerálov, ktoré sú zdrojom horčíka. Zatiaľ čo pre vodu ryolitov a ich pyroklastiká je charakteristický interval hodnôt koeficientu rMg/rCa 0,05 – 0,5 (priemer 0,29), vo vode andezitov a ich pyroklastík sa hodnoty koeficientu pohybujú v rozpätí 0,3 – 1,2 (priemer 0,53) – Škvarka a Gazda (1974). Táto zákonitosť súvisí s rozdielnou stabilitou jednotlivých horninotvorných silikátov vo vzťahu k hydrolytickému účinku vody a odráža rozdiely v mineralogickom zložení týchto hornín. Tmavé minerály, zastúpené vo väčšom množstve v bázických andezitoch, ľahšie podliehajú hydrolytickej degradácii (ich stabilita vo vzťahu k hydrolytickému účinku vody sa znižuje v rade biotit – amfiboly – pyroxény) ako stabilnejšie svetlé minerály (ich stabilita sa znižuje v rade kremeň – muskovit – K-živce – plagioklasy, v izomorfnom rade plagioklasov sú ľahšie rozložiteľné bázické členy s prevahou anortitovej zložky). Rozklad tmavých minerálov a tým aj prechod horčíka do vodných roztokov je navyše podstatne urýchľovaný prítomnosťou kyslíka rozpusteného v infiltrujúcej zrážkovej vode, ktorý za súčasnej oxidácie železa podstatne znižuje stabilitu ich mriežok. Uvedené zákonitosti súčasne spolupôsobia aj pri formovaní v priemere viac mineralizovanej vody andezitov v porovnaní s vodou ryolitov.

Distribúcia hodnôt koeficientu r(Na + K)/r(Ca + Mg) má opačný trend. V priemere vyššie hodnoty tohto koeficientu sa zistili v podzemnej vode ryolitov a ich pyroklastík (priemer 0,4) v porovnaní s vodou andezitov (priemer 0,24). Táto zákonitosť opäť súvisí s mineralogicko-petrografickým charakterom ryolitov a andezitov, pričom výraznejšie zastúpenie živcov a tým aj výraznejšie uvoľňovanie alkálií do podzemnej vody sa očakáva v prostredí ryolitov (Škvarka a Gazda, 1974). Väčšie zastúpenie alkálií v podzemnej vode ryolitov sa prejavilo aj vyššími hodnotami prvej salinity S₁(Cl) a S₁(SO₄) s priemernou hodnotou S₁ = 27 % v porovnaní s vodou andezitov (priemerná hodnota S₁ = 17 %).

Okrem hydrolytického rozkladu silikátových minerálov môže byť tvorba chemického zloženia podzemnej vody neovulkanitov v rôznej miere ovplyvnená aj oxidačnou degradáciou sulfidickej síry. Proces oxidácie sulfidov (hlavne pyritu, ktorý je v malom množstve prítomný vo všetkých vulkanických horninách) je zložitý komplex chemických a biochemických reakcií, pričom tie z hľadiska celkového kvantitatívneho efektu majú často rozhodujúci význam (Gazda, 1971). V plytkých podpovrchových podmienkach obehu vody neovulkanitov intenzita oxidácie sulfidov závisí hlavne od ich obsahu v horninovom prostredí, od koncentrácie atmosférického kyslíka rozpusteného v zrážkovej vode a od stupňa účasti biochemicky aktívnych mikroorganizmov. V súvislosti s intenzitou oxidácie sa celkové chemické zloženie podzemnej vody s plytkým obehom posúva s rôznou intenzitou smerom k Ca–SO₄ typu. Typickým príkladom podzemnej vody určujúco formovanej oxidáciou sulfidov je napr. Ca–SO₄ voda dedičnej štôlne v Žiari nad Hronom (z genetického hľadiska patrí táto voda už k podzemným vodám so sulfidogénnou mineralizáciou) – Škvarka a Gazda (1974). V prípade, že dochádza k významnejšiemu uvoľňovaniu sodíka z horninového prostredia a intenzívnejšie prebiehajú aj oxidačné procesy, v celkovom chemickom zložení sa môže výraznejšie uplatňovať aj zložka Na–SO₄, pričom môžu vznikáť vody s veľmi komplikovaným chemickým zložením (rôzne prechodné medzitypy medzi typmi Na–SO₄, Ca–SO₄, Ca–HCO₃). Charakteristickým príkladom je napr. výver južne od Ladomerskej Viesky, geneticky viazaný na ryolity a ich pyroklastiká (Škvarka a Gazda, 1974).

Ďalším významným procesom uplatňujúcim sa pri formovaní chemického zloženia vody oblasti je rozpúšťanie karbonátov. Karbonáty sú bežnou súčasťou pyroklastík v tuftovom a čiastočne prechodnom vývoji, v pyroklastikách v tufovom vývoji sú zriedkavé. Karbonatizácia spolu s ďalšími postvulkanickými premenami (hlavne chloritizáciou a pyritizáciou) postihuje rozsiahle partie neovulkanických komplexov hlavne pozdĺž poruchových zón. Karbonáty (hlavne kalcit) vyplňajú pseudomorfózy po pyroxéne, metasomaticky zatláčajú chlorit a tvoria aj samostatné žilky s hrúbkou aj niekoľko centimetrov, ktoré sú miestami výrazne nahustené. Kalcit spolu so sideritom sú výrazne zastúpené aj v ťažkej frakcii piesčito-ílovitého súvrstvia, hlavne v jeho spodnej časti, kde sa zistil ich obsah až do zhruba 92,5 % (Pulec, 1966). Prítomnosť kalcitu v obehových cestách podzemnej vody vzhľadom na jeho výrazne vyššiu rozpustnosť v porovnaní so silikátovými minerálmi má veľký hydrogeochemický význam. Prejavuje sa najmä zvýraznením celkového Ca–HCO₃ typu chemického zloženia a zvýšením hodnôt celkovej mineralizácie.

Pre výplň kotliny (**terciérne a kvartérne sedimenty**) sú charakteristické najmä ryodacitové, ryolitové a andezitové tufy a tufity, piesčito-ílovité súvrstvie s prevažujúcim zastúpením kryštalických bridlic a granitoidov v klastickej podobe, limnokvarcity a štrkovo-piesčité súvrstvie s úlomkami vulkanického materiálu. Z toho vyplýva, že mineralizácia podzemnej vody sedimentov výplne kotliny pochádza z obdobných procesov ako v prípade podzemnej vody neovulkanitov vystupujúcich na okrajoch územia (t. j. rozpúšťania karbonátového materiálu, hydrolytického rozkladu silikátov a v menšej miere aj ďalších procesov – oxidácie sulfidov, resp. rozpúšťania amorfných foriem SiO_2 , ionovýmienných procesov a pod.). Kvantitatívny efekt prebiehajúcich procesov na styku voda – hornina je v tomto prostredí o niečo väčší ako pri podzemnej vode neovulkanitov.

V redukčných podmienkach (týka sa to predovšetkým podzemnej vody s hlbším obehom) je sulfidická síra prítomná v horninovom prostredí stabilná a intenzita jej oxidačnej degradácie prakticky nulová. Hoci podľa Pulca (1966) v sedimentárno-vulkanických komplexoch kotliny obsah pyritu s hĺbkou rastie, tento fakt sa neprejavuje vo zvýšení zložky Ca-SO_4 vo vode s hlbším obehom. Naopak, aj napriek relatívne dlhodobému kontaktu vody s horninovým prostredím sa v tejto vode zaznamenali pomerne nízke hodnoty celkovej mineralizácie, a to v rozpätí 200 – 600 $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Škvarka a Gazda, 1974). Pre podzemnú vodu s hlbším obehom je charakteristický posun pH smerom do alkalického oblasti a výrazné (niekedy až typové) zastúpenie zložky Na-HCO_3 (dôsledok prednostného uvoľňovania sodíka z mriežok živcov).

Ako už bolo uvedené, pri formovaní chemického zloženia podzemnej vody sa v území v menšej miere uplatňujú aj ionovýmienné a sorpčné procesy. Ionovýmienné procesy sú aktívne už v počiatočnej fáze infiltrácie zrážkovej vody v pôdnom pokryve. Celková výmenná kapacita hnedých lesných pôd typických pre prostredie neovulkanitov sa pohybuje v rozpätí 16,2 – 57,7 $\text{c}_i \cdot \text{z}_i$ na 100 g (Šály, 1972) a v prípade organickej frakcie pôd dosahuje až 500 $\text{c}_i \cdot \text{z}_i$ na 100 g (Gazda, 1969). Pomerne výraznú výmennú kapacitu vykazuje aj kaolinit (2 – 15 $\text{c}_i \cdot \text{z}_i$ na 100 g), montmorillonit (80 – 150 $\text{c}_i \cdot \text{z}_i$ na 100 g) a illit, resp. chlorit (10 – 40 $\text{c}_i \cdot \text{z}_i$ na 100 g), ktoré sú ako produkty zvetrávania, resp. postvulkanických premien bežnou súčasťou obehových ciest podzemnej vody. Maximálnu intenzitu a efekt dosahujú ionovýmienné procesy v podzemnej vode s hlbším obehom v sedimentárno-vulkanickej výplni Žiarskej kotliny, pri ktorých spolu s ďalšími spomenutými faktormi môžu podmieňovať charakteristický posun chemického zloženia smerom k Na-HCO_3 typu. Zo sorpčných procesov má najväčší hydrochemický význam sorpcia draslíka na ílových mineráloch, podmieňujúca (v porovnaní so sodíkom) všeobecne jeho nižšiu koncentráciu v podzemnej vode neovulkanitov, hoci v horninovom prostredí jej obehu je zastúpenie oboch týchto prvkov približne rovnaké.

Ďalším genetickým faktorom, uplatňujúcim sa lokálne pri tvorbe chemického zloženia podzemnej vody územia, je **prítomnosť hlbinného (juvenilného) CO_2** . Do prostredia je CO_2 privádzaný hlavne prostredníctvom zlomov obmedzujúcich z. okraj Žiarskej kotliny, kde podmieňuje vznik niekoľkých drobných prameňov uhličitej minerálnej vody v širšom okolí Lovčice-Trubína, Dolnej Ždane a Bukoviny. Z genetického hľadiska patrí táto voda do skupiny vôd so silikátogénnou, resp. silikátogénno-karbonátogénnou mineralizáciou s pomerne plytkým obehom. Je charakterizovaná výrazným Ca-Mg-HCO_3 typom chemického zloženia, prítomnosťou zložky Na-HCO_3 a pomerne značnou variabilitou hodnôt celkovej mineralizácie, značne závislých pravdepodobne najmä od stupňa preplynenia a času, počas ktorého je hlbinný CO_2 prítomný v jej obehových cestách. Najdlhšiu prítomnosť CO_2 v systéme predpokladáme v prípade minerálneho prameňa vyvierajúceho pri horárni jz. od obce Bukovina (mimo študovaného územia), resp. najkratšiu prítomnosť v prípade prameňa vyvierajúceho asi 2,5 km od obce Lovčica-Trubín (prameň je sytený hlbinným CO_2 prakticky až v konečnej fáze výstupu na povrch). Z porovnania základných hydrogeochemických parametrov z rôznych časových období vyplýva, že chemické zloženie prakticky všetkých minerálnych vôd študovaného územia je v závislosti od zmien klimatických pomerov rôzne výrazne metamorfované miešaním s nízko mineralizovanou vodou pokryvných útvarov.

Osobitné postavenie v študovanom území má podzemná voda **fluviálnych sedimentov údolnej nivy Hrona** a jeho prítokov. V porovnaní s podzemnou vodou s výlučne petrogénnou mineralizáciou a s úzkym vzťahom formovania chemického zloženia k mineralogicko-petrografickému charakteru horninového prostredia jej obehu má tvorba chemického zloženia podzemnej vody tejto skupiny svoje špecifiká. Hlavným zdrojom napájania nemusí byť zrážková voda, ale povrchová voda infiltrujúca do náplavov Hrona, prípadne jeho prítokov s rôznymi (v priestore pozdĺž toku aj v čase) hodnotami celkovej mineralizácie a s rôznym chemickým zložením. Ďalším špecifikom je úzka hydraulická spojitosť podzemnej vody

údolnej nivy s povrchovým tokom a jej zmeny v čase a priestore (povrchový tok ako donor, resp. akceptor podzemnej vody), resp. existencia viac-menej nezávislých prúdov podzemnej vody so smerom prúdenia paralelne pozdĺž Hrona. Z toho vyplýva, že chemické zloženie podzemnej vody údolnej nivy Hrona sa vo všeobecnosti určujúco formuje miešaním vôd, ktoré sa odlišujú nielen mineralizačnými procesmi prebiehajúcimi na fázovom rozhraní voda – horninové prostredie, ale aj mineralizáciou, zložením a genézou.

6.1.2. Antropogénne faktory

Súhrnným pôsobením sekundárnych genetických faktorov sa primárne chemické zloženie podzemnej vody rôznou mierou metamorfuje. Stupeň tejto metamorfózy závisí od celého radu faktorov, najmä od pozície územia vo vzťahu k pôsobiacim zdrojom sekundárneho znečistenia, od ich celkovej intenzity a jej zmien v čase (napr. v závislosti od veterných pomerov v prípade exhalátov atď.), pôdneho pokryvu a jeho eliminačnej schopnosti (podmienečné hlavne rôznymi rozkladnými, biochemickými, sorpčnými a ionovými reakciami) a intenzity samočistiacich procesov pôsobiacich v systéme obehu podzemnej vody. Zatiaľ čo sekundárne organické znečistenie sa v rámci obehu podzemnej vody môže pomerne rýchlo eliminovať (neplatí pre biochemicky a fyzikálno-chemicky ťažko rozložiteľné organické látky, napr. chlórované uhlíkovodíky, oleje atď.), anorganické komponenty (hlavne sírany, dusičnany a chloridy alkálií a alkalických zemín) sú prevažne stabilné a môžu ovplyvňovať chemické zloženie podzemnej vody aj do značnej vzdialenosti od zdroja kontaminácie. Na celkovom chemickom zložení sa antropogénne faktory zvyčajne prejavujú nárastom prvej a druhej salinity (S_1 , resp. S_2) a posunom k nevýrazným až zmiešaným typom chemického zloženia.

Medzi produkty, resp. odpad z produktov ľudskej činnosti, ktoré môžu v oblasti potenciálne vplyvať na kvalitu podzemnej vody, patria najmä exhaláty (všetky plynné a prašné anorganické a organické látky vypúšťané do ovzdušia) a pevný odpad (z osídlenia), ale aj odpadová voda z priemyselnej výroby, miest a obcí, resp. agrochemikálie (najmä z poľnohospodárskej činnosti).

Znečistenie priemyselného charakteru je v oblasti Žiarskej kotliny spôsobené pôsobením niekoľkých priemyselných podnikov, pričom najväčším znečisťovateľom regiónu je ZSNP, a. s., v Žiari nad Hronom, ktorý je zameraný na výrobu hliníka. Škodlivé odpadové látky z výroby sa dostávajú do horninového prostredia a prírodnej vody.

Kalové polia – skládka kvapalného odpadu z výroby Al v závodoch ZSNP – spôsobujú v danej lokalite najvýraznejšiu kontamináciu podzemnej vody. Podzemnú vodu priamo ovplyvňujú alkalické roztoky zo skládky a je charakteristická vysokou vodivosťou. Hodnota pH dosahuje v extrémnych prípadoch až 13,5 (Zelenka et al., 1996). Podzemná voda sa vyznačuje aj vysokým obsahom humínových látok, rôznych foriem dusíka a arzénu.

Suroviny použité pri výrobe oxidu hlinitého – alkálie – sa z odpadu nedajú odstrániť ani niekoľkonásobným premytím, resp. lúhovaním vodou. Preto prepravovaná aj recyklovaná voda má pH 12 – 13 a jej celková alkalita vyjadrená obsahom Na_2O je v rozmedzí 12 – 18 g · l⁻¹ (Zelenka et al., 1996). Znečistenie prechádza do vody aj prostredníctvom zrážok kontaminovaných emisiami z výroby. Znečistenie transportované do obehu podzemnej vody zrážkovou vodou súvisí so stupňom znečisťovania atmosféry rôznymi plynnými a pevnými exhalátmi. V oblasti sú to predovšetkým exhaláty obsahujúce vysoké hodnoty fluóru, ale aj Zn a CO_2 z hlinikárne. Priemerná mineralizácia zrážkovej vody v okolí závodu bola v minulosti zistená na úrovni až 100 – 400 mg · l⁻¹ a ročný spad solí predstavoval 50 t · km⁻² · r⁻¹ (Blaško et al., 1994).

Významným faktorom z pohľadu kontaminácie podzemnej vody je kontaminácia pôdy, a to predovšetkým z priemyselnej výroby v ZSNP, a. s. Emisie hlinikárne majú značný rozptyl a na pôdu pôsobia okysľujúco. V lesných pôdach sa kumulujú kyslé zložky emisií v plynnom stave a vysoká koncentrácia kovov v hornej časti pôdneho horizontu, pričom v mnohých prípadoch prekračujú limitné hodnoty. Zelenka et al. (1996) porovnávali zistenú koncentráciu cudzorodých látok v pôdach lesnej oblasti Žiarskej kotliny s lesnými pôdami Malých Karpát. Zistili napríklad až sedemnásobné zvýšenie obsahu železa, hliníka a kadmia, asi osemdesiatkrát vyšší obsah fluóru a šesťkrát vyšší obsah chlóru a olova v oblasti Žiaru nad Hronom. Poľnohospodárska pôda je kontaminovaná najmä fluórom a ťažkými kovmi. Zistilo sa, že oblasti s najvýraznejšie kontaminovanou pôdou čiastočne korelujú s oblasťami znečistenia podzemnej vody.

Súčasný stav kontaminácie prírodnej vody v okolí priemyselného komplexu hlinikárne a realizované sanačné opatrenia sú detailnejšie spracované v časti 2.4 (*Činnosť človeka, významne ovplyvňujúca hydrogeologické a hydrogeochemické pomery územia*).

Potenciálne zdroje znečistenia v regióne predstavujú **skládky** priemyselného a komunálneho odpadu, ale aj množstvo skládok živočíšneho odpadu, ktoré v mnohých prípadoch nie sú regulované a udržiavané. Divoké skládky sú často vytvorené v erozívnych ryhách a menších terénnych depresiách. Zdrojom znečistenia podzemnej a povrchovej vody a následne pôdy je aj živočíšna a rastlinná poľnohospodárska výroba.

Z **odpadovej vody** iného ako priemyselného charakteru môže chemické zloženie podzemnej vody potenciálne ovplyvňovať voda zo septikov presakujúca do zvodnených sedimentov a splašková voda miest a obcí bez čistiarní odpadových vôd. Odpadová voda obsahuje okrem bakteriologického a organického znečistenia aj značnú koncentráciu iónov NH_4^+ , NO_2^- , PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} a K^+ . Zatiaľ čo organické aj bakteriologické znečistenie sa môže prostredníctvom vzdušného kyslíka a mikroorganizmov rýchlo likvidovať, anorganické znečistenie pretrváva a spôsobuje trvalú zmenu chemického zloženia podzemnej vody aj zvyšovanie jej celkovej mineralizácie najmä nárastom obsahu iónov NO_3^- a Cl^- , ako aj SO_4^{2-} a K^+ .

Potenciálne zdroje znečistenia (skládky odpadu a staré záťaže) spracované z údajov ŠGUDŠ sú na hydrogeochemickej mape zobrazené osobitnými symbolmi.

6.2. CHARAKTERISTIKA A KLASIFIKÁCIA CHEMICKÉHO ZLOŽENIA PODZEMNEJ VODY

Charakteristika chemického zloženia podzemnej vody je spracovaná na základe výsledkov chemických analýz podzemnej vody, ktoré sú konfrontované so znalosťou prírodných daností zmapovaného územia. Prvá časť (kap. 6.2.1) sa zaoberá všeobecnou charakteristikou chemického zloženia podzemnej vody oblasti. Charakteristika jednotlivých vyčlenených hydrogeochemických skupín podzemnej vody je prezentovaná v časti 6.2.2 a režimovému pozorovaniu podzemnej vody v rámci národného monitoringu SHMÚ je venovaná časť 6.2.3.

6.2.1. Všeobecná charakteristika chemického zloženia podzemnej vody

V zmysle genetickej klasifikácie podzemnej vody Západných Karpát (Gazda, 1974) sa v regióne formuje najmä tzv. podzemná voda s petrogenou mineralizáciou. To znamená, že chemické zloženie tejto vody je v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia jej obehu. Pri hodnotení hydrogeochemických pomerov boli na základe geologicko-tektonických a hydrogeologických pomerov a výsledkov chemického zloženia podzemnej vody územia vyčlenené nasledujúce **hydrogeochemické skupiny podzemnej vody s petrogenou mineralizáciou**:

- podzemná voda so silikátogénnou, silikátogénno-karbonátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou s obehom v neovulkanitoch,
- podzemná voda s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou s obehom v horninovom prostredí sedimentárneho neogénu a kvartérnych proluviálno-deluviálnych sedimentov, resp. fluvialných sedimentov riečnych terás.

V pririečnych oblastiach významných vodných tokov regiónu má zastúpenie podzemná voda s **polygénou, petrogeno-potamogénnou (petrogeno-fluviogénnou) mineralizáciou**, pre ktorú je charakteristický výraznejší vplyv infiltrujúcej vody povrchových tokov na jej celkové chemické zloženie. Tento efekt na území v značnej miere závisí od meniacich sa hydrologických a hydrogeologických podmienok v čase a priestore, pričom v určitom období môže prevládať drenážna funkcia tokov a v inom, naopak, prebieha infiltrácia povrchovej vody (predovšetkým rieky Hron).

Charakter distribúcie hodnôt celkovej mineralizácie podzemnej vody je zrejmy z frekvenčnej tabuľky a histogramu rozdelenia početností uvedených v tab. 6.2 a na obr. 6.6. Údaje sú rozdelené na dve skupiny. Prvú skupinu tvoria analýzy vzoriek podzemnej vody využitých pri zostavovaní hydrogeochemickej mapy. Druhú skupinu tvoria analýzy vzoriek podzemnej vody realizované pred rokom 1990. Kvôli lepšiemu porovnaniu výsledkov je pri oboch dátových súboroch využité rovnaké delenie distribučných intervalov s pravidelným krokom $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (počiatočný interval $0 - 200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$).

V oboch prípadoch približne pätina vzoriek zodpovedá prvému distribučnému intervalu hodnôt $0 - 200 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, ktorý je zároveň aj vrcholom distribúcie. Charakter distribúcie oboch súborov je porovnateľný najmä pri hodnotách celkovej mineralizácie v intervaloch do $400 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (okrem intervalu $200 - 250 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Pri vyšších hodnotách (viac ako $400 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) je rozdiel charakteru distribúcie v jednotlivých súboroch zrejmejší a evidentný najmä pri porovnaní kumulatívnych hodnôt (tab. 6.2). Najvýraz-

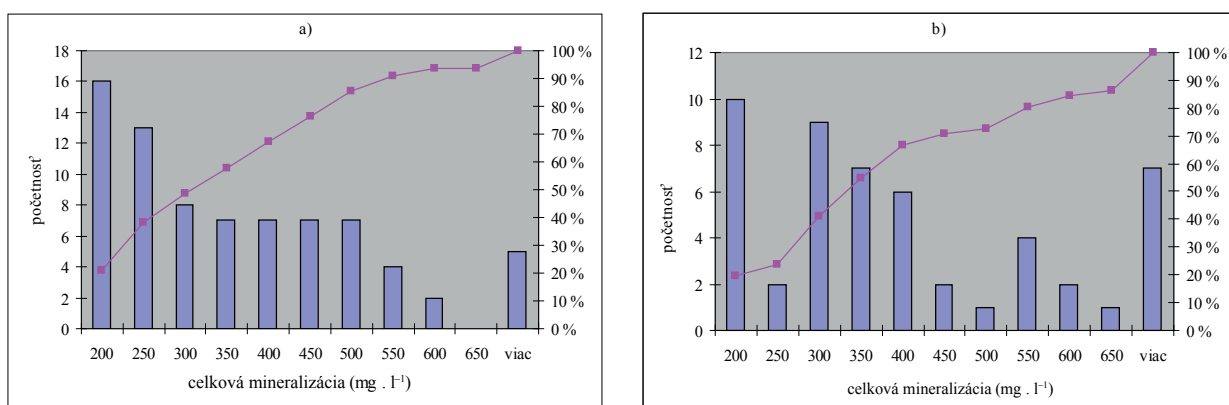
nejší rozdiel bol v oblasti najvyšších hodnôt, t. j. viac ako $650 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, ktoré zvyčajne indikujú aj antropogénny prínos látok do podzemnej vody. Rozdiely v distribúcii hodnôt celkovej mineralizácie v rôznych časových obdobiach vzhľadom na značnú nehomogenitu porovnávaných súborov nie je možné hodnotiť z pohľadu trendu vývoja. Rozdiely sú spôsobené skôr odlišnou hustotou, resp. lokalizáciou odoberaných vzoriek podzemnej vody v jednotlivých obdobiach.

Na základe matematicko-štatistického spracovania vyčlenených hydrogeochemických skupín podzemnej vody (tab. 6.3, 6.4, 6.5) sú hodnoty celkovej mineralizácie do $250 - 300 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ charakteristické predovšetkým pre podzemnú vodu cirkulujúcu v horninovom prostredí neogénnych vulkanitov. Vyššie hodnoty, zhruba od 250 do $500 - 550 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, sú typické pre podzemnú vodu s obehom v horninovom prostredí sedimentárneho neogénu, resp. kvartérnych sedimentov. Hodnoty celkovej mineralizácie vyššie ako 600 , resp. $650 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ pravdepodobne v mnohých prípadoch indikujú okrem prírodných procesov podieľajúcich sa na vývoji chemického zloženia aj antropogénny prínos látok do podzemnej vody.

Tab. 6.2. Frekvenčná tabuľka hodnôt celkovej mineralizácie podzemnej vody.

Celková mineralizácia [mg · l ⁻¹]	Početnosť	Kumulatívne %	Celková mineralizácia [mg · l ⁻¹]	Početnosť	Kumulatívne %
Údaje využité pri zostavení hydrogeochemickej mapy					
≤ 200	16	21,1	≤ 500	7	85,5
≤ 250	13	38,2	≤ 550	4	90,8
≤ 300	8	48,7	≤ 600	2	93,4
≤ 350	7	57,9	≤ 650	0	93,4
≤ 400	7	67,1	> 650	5	100
≤ 450	7	76,3			
Staršie údaje z obdobia pred rokom 1990					
≤ 200	10	19,6	≤ 500	1	72,6
≤ 250	2	23,5	≤ 550	4	80,4
≤ 300	9	41,2	≤ 600	2	84,3
≤ 350	7	54,9	≤ 650	1	86,3
≤ 400	6	66,7	> 650	7	100
≤ 450	2	70,6			

Sumárna štatistická charakteristika chemického zloženia podzemnej vody celého súboru je prezentovaná v tab. 6.3. Evidentná je pomerne výrazná variabilita prakticky všetkých sledovaných základných chemických ukazovateľov v podzemnej vode, odrážajúca predovšetkým rôznorodosť horninového pro-



Obr. 6.6. Histogram početnosti hodnôt celkovej mineralizácie podzemnej vody: a) údaje využité pri zostavení hydrogeochemickej mapy, b) staršie údaje z obdobia pred rokom 1990.

stredia obehu podzemnej vody, ako aj zložitosť hydrogeologických a hydrogeochemických podmienok tvorby jej chemického zloženia. V antropogénne neovplyvnenej podzemnej vode prvého zvodneného horizontu (vzorky využité na zostavenie mapy) vzhľadom na dominujúce procesy tvorby chemického zloženia prevláda (80 % analýz) základný výrazný a nevýrazný Ca-HCO₃, prípadne Ca-Mg-HCO₃ typ A₂ chemického zloženia (priemerné zastúpenie zložky A₂ zo všetkých analýz je viac ako 60 c_i . z_i %). V približne jednej štvrtine vzoriek je v podzemnej vode zastúpený zvýšený podiel zložky S₂(SO₄) (viac ako 20 c_i . z_i %) s Ca-HCO₃-SO₄, Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Ca-Na-HCO₃-SO₄, Ca-SO₄, resp. Ca-SO₄-HCO₃ typom chemického zloženia. V 10 analýzach sa zistili rôzne zmiešané typy chemického zloženia podzemnej vody, ktoré sú dôsledkom pravdepodobne aj antropogénne, resp. čiastočne antropogénne podmienenej mineralizácie vody. Vhodnými indikátormi antropogénneho znečistenia v prostredí je najmä zvýšená koncentrácia chloridov, dusičnanov, fosforečnanov, prípadne síranov (s maximálnym obsahom 51,6 mg . l⁻¹ Cl⁻, 80,5 mg . l⁻¹ NO₃⁻, 2,4 mg . l⁻¹ PO₄³⁻, resp. 134 mg . l⁻¹ SO₄²⁻). V jednej vzorke prameňa (Lehôtka pod Brehmi) sa zistil extrémne vysoký obsah arzénu (0,127 mg . l⁻¹) a antimónu (2,04 mg . l⁻¹). Ich spoločný výskyt naznačuje, že by mohlo ísť o dôsledok výskytu zrudnených polôh v prostredí obehu podzemnej vody. Zvýšený obsah hliníka sa zistil len v nefiltrovaných vzorkách (vo filtrovaných je obsah hliníka veľmi nízky, v mnohých prípadoch na úrovni citlivosti danej analytickej metódy). Vo vzorke vody prameňa v Dolnej Ždani, časť Močiar, sa zistila veľmi vysoká koncentrácia ortuti (0,009 mg . l⁻¹), ktorú bez ďalšieho prieskumu v oblasti je však ťažké bližšie interpretovať, pretože na všetkých ďalších lokalitách je koncentrácia ortuti v podzemnej vode do 0,001 mg . l⁻¹.

Na základe porovnania výsledkov štatistického spracovania starších a novších údajov (tab. 6.3) je možné v základných črtách sledovať podobnosť chemického zloženia podzemnej vody z oboch časových období. Farebne sú zvýraznené chemické ukazovatele s rozdielnymi hodnotami štatistických parametrov. Zo základných zložiek je rozdiel evidentný predovšetkým v prípade Na⁺ a HCO₃⁻, pričom vyššie hodnoty sú zaznamenané v starších údajoch. S tým súvisia aj vyššie hodnoty celkovej mineralizácie podzemnej vody v údajoch získaných pred rokom 1990. Staršie údaje o chemickom zložení podzemnej vody boli získané predovšetkým z vrtov. Prejavilo sa to vyššími hodnotami obsahu železa, mangánu a NH₄⁺, ktoré indikujú redukčné podmienky obehu podzemnej vody v prostredí (svedčí o tom aj antagonistický vzťah medzi týmito ukazovateľmi a dusičnanmi, ktorých hodnoty v podzemnej vode sú, naopak, veľmi nízke). Zvýšený obsah železa, mangánu a amónnych iónov podmienil pomerne vysoké hodnoty stupňa znečistenia podzemnej vody v starších údajoch. Vzhľadom na rôznu kvalitu porovnávaných súborov údajov (rôzna hustota údajov, rôzne analytické postupy a typy zdrojov podzemnej vody, situovanie odberových miest) sa uvedené rozdiely nemôžu hodnotiť z pohľadu časového vývoja.

V tabuľke 6.4 sú uvedené priemerné hodnoty analyzovaných ukazovateľov jednotlivých vyčlenených hydrogeochemických skupín podzemnej vody a v tabuľke 6.5 mediány stanovených zložiek (hodnota mediánu lepšie charakterizuje štatistický súbor najmä pri ukazovateľoch vzdialených od normálnej distribúcie, resp. medián reprezentuje hodnotu odolnú proti vplyvu odľahlých, extrémnych pozorovaní). Najvyšším obsahom základných iónov, ako aj najvyššími hodnotami celkovej mineralizácie sa vyznačuje podzemná voda kvartérnych deluviálno-proluviálnych sedimentov, resp. fluviálnych sedimentov riečnych terás (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 403 mg . l⁻¹, resp. 470 mg . l⁻¹). O niečo nižšia koncentrácia základných chemických ukazovateľov bola zaznamenaná v podzemnej vode kvartérnych sedimentov riečnych nív a sedimentárneho neogénu (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 362 mg . l⁻¹, resp. 336 mg . l⁻¹). Všeobecne najnižšími hodnotami základných ukazovateľov chemického zloženia sa vyznačuje podzemná voda neovulkanitov, hoci v tomto prostredí je badateľný pomerne výrazný rozdiel v chemickom zastúpení jednotlivých zložiek v individuálne hodnotených hydrogeochemických skupinách (andezity, ryolity, pyroklastiká ryolitov). Výrazne najnižším obsahom rozpustených látok v prostredí neovulkanitov sa vyznačuje podzemná voda ryolitov (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 179 mg . l⁻¹). Naopak, v prípade podzemnej vody s oběhom v andezitoch bol sledovaný pomerne vysoký obsah rozpustených solí s priemernou hodnotou celkovej mineralizácie 317 mg . l⁻¹ (medián 317 mg . l⁻¹).

Koncentrácia stopových prvkov v podzemnej vode je okrem arzénu vo väčšine prípadov veľmi nízka. Zvýšený obsah arzénu sa zistil prakticky v celej oblasti. Pochádza z prírodných zdrojov (zrudnené oblasti), ale predpokladáme, že čiastočne aj z antropogénneho znečistenia (prevádzka hlinikárne v Žiari nad Hronom). Najvyššia priemerná koncentrácia arzénu, resp. najvyššia stredná hodnota bola vypočítaná v prípade podzemnej vody pyroklastik ryolitov (0,029 mg . l⁻¹, resp. 0,013 mg . l⁻¹). Pre takmer celú

Tab. 6.3. Základné štatistické parametre chemického zloženia podzemnej vody.

	Všetky vzorky (využitie na zostavenie mapy)						Všetky vzorky (staršie údaje získané pred rokom 1990)					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Fyzikálno-chemické parametre v mg · l⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)												
Teplota vody (°C)	75	12,2	12,1	2,1	5,3	17,1	50	12,1	11,6	3,2	1,0	19,0
pH	76	7,43	7,47	0,38	5,63	8,20	51	7,15	7,00	0,68	5,80	9,30
Mineralizácia	76	338	309	152	118	717	51	414	340	263	127	1366
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol · l ⁻¹)	76	1,56	1,24	0,97	0,27	4,26	51	1,74	1,31	1,29	0,24	5,70
O ₂	76	6,1	6,5	2,7	0,1	11,1	17	5,2	4,5	2,8	1,2	10,6
ChSKMn	76	1,39	0,96	1,07	0,25	4,32	20	1,94	1,70	1,29	0,48	4,90
Li ⁺	73	0,011	0,006	0,011	0,000	0,060	12	0,068	0,060	0,035	0,014	0,120
Na ⁺	76	12,0	10,9	6,68	4,00	39,0	51	27,6	17,5	38,3	4,00	257
K ⁺	76	5,26	2,90	7,31	0,80	46,8	50	5,04	4,60	3,01	1,00	15,8
Ca ²⁺	76	42,5	34,5	26,5	6,8	110	51	46,8	32,9	36,6	6,41	160
Mg ²⁺	76	12,1	9,61	7,91	2,19	37,0	51	14,0	10,5	9,86	0,50	45,7
Sr ²⁺	72	0,21	0,16	0,16	0,04	0,94	11	0,15	0,12	0,09	0,00	0,34
Fe _{celk}	76	0,139	0,065	0,215	0,005	1,10	45	0,763	0,130	1,75	0,010	7,78
Mn ²⁺	76	0,078	0,003	0,222	0,003	1,52	37	0,629	0,180	0,934	0,020	4,00
NH ₄ ⁺	76	0,086	0,025	0,214	0,010	1,80	36	0,233	0,135	0,278	0,020	1,15
F ⁻	76	0,094	0,050	0,096	0,050	0,440	9	0,263	0,130	0,329	0,010	0,950
Cl ⁻	76	12,5	4,46	14,2	1,24	51,6	51	10,3	4,61	13,0	1,50	59,0
SO ₄ ²⁻	76	34,9	25,4	29,9	2,06	134	51	38,7	19,5	56,6	2,46	295
NO ₃ ⁻	76	15,8	5,22	20,8	0,25	80,5	37	1,52	0,80	2,92	0,04	17,8
PO ₄ ³⁻	76	0,331	0,190	0,434	0,005	2,40	46	0,202	0,080	0,598	0,005	4,10
HCO ₃ ⁻	76	152	135	84,4	13,4	353	51	231	196	143	27,5	659
SiO ₂	76	49,6	50,3	15,4	17,5	84,8	50	37,2	34,0	25,9	1,69	106
Voľ. CO ₂	76	34,8	26,4	48,3	1,3	381	39	72,3	30,6	183	1,3	1 150
Agres. CO ₂	74	20,1	12,4	24,3	0,00	160	14	15,4	11,0	10,6	2,08	35,2
Cr	75	0,000 4	0,000 3	0,000 4	0,000 3	0,003	13	0,003 3	0,002 0	0,002 6	0,000 5	0,008 0
Cu	74	0,002 1	0,001 0	0,008 1	0,000 3	0,070	16	0,005 5	0,004 6	0,004 4	0,000 6	0,014 0
Zn	75	0,062 4	0,004 0	0,132 5	0,000 5	0,702	24	0,593 9	0,020 5	2,276 3	0,004 0	11,2
As	75	0,009 1	0,003 8	0,018 6	0,000 5	0,127						
Cd	72	0,000 3	0,000 3	0,000 1	0,000 2	0,001	8	0,000 7	0,000 2	0,001 3	0,000 2	0,004 0
Se	75	0,000 6	0,000 5	0,000 4	0,000 5	0,003						
Pb	75	0,001 2	0,000 5	0,001 2	0,000 5	0,007	10	0,005 4	0,005 2	0,003 7	0,001 0	0,013 0
Hg	75	0,000 24	0,000 10	0,001 08	0,000 05	0,009 40						
Ba ²⁺	75	0,049 4	0,039 0	0,049 6	0,005 0	0,200 0						
Al ³⁺	75	0,190 3	0,050 0	0,332 2	0,005 0	2,04						
Sb	72	0,000 5	0,000 1	0,001 2	0,000 1	0,010 4						
Filtrovaný Al ³⁺	58	0,012 6	0,010 0	0,010 4	0,005 0	0,060 0						
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)												
S ₁	76	16,9	15,9	7,0	2,5	33,8	51	13,4	12,1	7,2	2,7	39,6
S ₂	76	16,9	16,1	15,8	0,0	59,9	19	19,0	15,2	13,1	4,2	50,6
A ₂	76	62,8	65,8	17,3	17,5	88,1	51	64,9	67,4	16,3	14,8	85,6
S ₂ (SO ₄)	76	13,4	13,1	12,3	0,0	48,8	19	18,0	13,5	12,8	4,2	50,6
Charakterizačné koeficienty (-)												
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	76	0,258	0,207	0,184	0,102	1,366	50	0,553	0,295	0,919	0,065	5,576
rMg/rCa	76	0,478	0,473	0,124	0,260	0,917	51	0,515	0,502	0,150	0,029	0,799
SO ₄ /M	76	0,100	0,087	0,066	0,007	0,360	51	0,073	0,054	0,065	0,006	0,307
Stupeň znečistenia	76	2,88	0,595	5,11	0,000	30,7	32	18,4	8,87	23,3	0,150	95,1

Tab. 6.4. Priemerné zastúpenie sledovaných ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody vo vyčlenených hydrogeochemických skupinách – vzorky využívané na zostavenie mapy (počty stanovení sú uvedené v štatistických tabuľkách jednotlivých hydrogeochemických skupín podzemnej vody uvedených v kap. 6.2.2).

Priemerné hodnoty	Horninové prostredie							Všetky vzorky
	Nva	NVr	NVr-p	NS	Qdp	Qf	Qft	
Fyzikálno-chemické parametre v mg . l⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)								
Teplota vody (°C)	11,9	10,2	11,9	12,2	13,3	12,8	13,6	12,2
pH	7,54	7,62	7,40	7,30	7,52	7,45	7,47	7,43
Mineralizácia	317	179	273	336	403	362	470	338
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol . l ⁻¹)	1,44	0,65	1,09	1,55	2,02	1,60	2,41	1,56
O ₂	6,9	8,1	5,8	5,8	5,9	5,8	5,1	6,1
ChSK _{Mn}	1,15	0,96	1,66	1,26	1,69	2,05	1,09	1,39
Li ⁺	0,006	0,018	0,014	0,008	0,014	0,006	0,022	0,011
Na ⁺	13,0	9,63	10,2	10,7	13,4	12,8	16,4	12,0
K ⁺	3,90	4,53	4,67	3,49	9,34	11,7	4,28	5,26
Ca ²⁺	38,9	19,1	29,1	41,3	56,0	44,5	66,8	42,5
Mg ²⁺	11,4	4,20	8,81	12,7	15,2	11,9	18,2	12,1
Sr ²⁺	0,18	0,30	0,15	0,18	0,21	0,21	0,32	0,21
Fe _{celk}	0,044	0,140	0,211	0,138	0,038	0,247	0,156	0,139
Mn ²⁺	0,163	0,009	0,028	0,088	0,050	0,050	0,013	0,078
NH ₄ ⁺	0,050	0,031	0,036	0,084	0,048	0,332	0,050	0,086
F ⁻	0,050	0,050	0,050	0,131	0,108	0,093	0,133	0,094
Cl ⁻	6,31	2,44	4,93	12,4	22,9	13,7	27,8	12,5
SO ₄ ²⁻	38,9	46,1	26,6	26,6	47,4	37,1	44,5	34,9
NO ₃ ⁻	11,1	5,36	8,17	11,1	37,6	20,2	29,5	15,8
PO ₄ ³⁻	0,274	0,213	0,479	0,210	0,388	0,701	0,243	0,331
HCO ₃ ⁻	148	45,8	118	163	160	158	212	152
SiO ₂	44,5	40,2	61,0	53,5	40,0	49,6	49,4	49,6
Voľ. CO ₂	20,6	16,0	35,9	47,3	39,2	38,2	33,1	34,8
Agres. CO ₂	13,1	17,2	19,3	23,6	32,9	25,2	14,0	20,1
Cr	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 7	0,000 4	0,000 3	0,000 5	0,000 4
Cu	0,001 0	0,000 9	0,000 6	0,004 6	0,000 9	0,001 0	0,001 6	0,002 1
Zn	0,038 5	0,004 0	0,011 8	0,065 2	0,132 2	0,069 3	0,090 7	0,062 4
As	0,002 7	0,010 1	0,029 3	0,007 1	0,004 6	0,008 3	0,008 9	0,009 1
Cd	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 2	0,000 4	0,000 3	0,000 2	0,000 3
Se	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,000 7	0,000 6	0,000 5	0,000 5	0,000 6
Pb	0,000 5	0,000 5	0,000 6	0,001 6	0,001 1	0,001 4	0,001 8	0,001 2
Hg	0,000 10	0,000 10	0,000 10	0,000 14	0,000 09	0,000 13	0,001 13	0,000 24
Ba ²⁺	0,030 3	0,052 5	0,036 7	0,042 7	0,062 0	0,071 1	0,076 6	0,049 4
Al ³⁺	0,222 7	0,592 5	0,377 2	0,091 1	0,029 2	0,105 0	0,225 6	0,190 3
Sb	0,000 2	0,000 4	0,001 5	0,000 5	0,000 2	0,000 3	0,000 2	0,000 5
Filtrovaný Al ³⁺	0,012 7	0,015 0	0,016 7	0,010 9	0,016 0	0,010 7	0,008 3	0,012 6
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)								
S ₁	17,5	27,0	21,3	13,7	18,3	18,1	12,8	16,9
S ₂	10,4	38,3	12,7	14,2	28,9	11,5	24,5	16,9
A ₂	69,7	29,6	63,9	68,9	52,6	62,6	57,6	62,8
S ₂ (SO ₄)	9,5	38,3	12,7	11,1	18,8	9,3	13,3	13,4
Charakterizačné koeficienty (-)								
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	0,242	0,404	0,287	0,199	0,234	0,394	0,245	0,258
rMg/rCa	0,484	0,369	0,508	0,516	0,431	0,456	0,472	0,478
SO ₄ /M	0,100	0,258	0,119	0,076	0,114	0,079	0,076	0,100
Stupeň znečistenia	3,56	2,96	4,36	1,98	1,21	3,74	2,66	2,88

Vysvetlivky: Nva – neovulkanity (andezity), NVr – neovulkanity (ryolity), NVr-p – neovulkanity (pyroklastiká ryolitov), NS – sedimentárny neogén v celku, Qdp – deluviálno-proluviálne sedimenty, Qf – fluvialne nívne sedimenty, Qft – fluvialne sedimenty riečnych terás; odtieňom červenej, resp. modrej farby sú vyjadrené výrazne odľahlé (najvyššie, resp. najnižšie) hodnoty v porovnaní s referenčnými priemernými hodnotami zo všetkých pozorovaní.

Tab. 6.5. Mediány sledovaných ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody vo vyčlenených hydrogeochemických skupinách – vzorky využité na zostavenie mapy (počty stanovení sú uvedené v štatistických tabuľkách jednotlivých hydrogeochemických skupín podzemnej vody uvedených v kap. 6.2.2).

Mediány	Horninové prostredie							Všetky vzorky
	Nva	NVr	NVr-p	NS	Qdp	Qf	Qft	
Fyzikálno-chemické parametre v mg · l ⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)								
Teplota vody (°C)	11,7	11,7	11,4	11,7	13,3	12,9	13,2	12,1
pH	7,50	7,64	7,46	7,42	7,54	7,42	7,48	7,47
Mineralizácia	264	128	234	343	415	311	468	309
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol · l ⁻¹)	1,08	0,43	0,90	1,33	2,10	1,39	2,54	1,24
O ₂	8,2	7,6	5,4	7,2	6,0	6,2	5,2	6,5
ChSK _{Mn}	0,88	0,88	0,96	0,88	1,68	2,00	0,72	0,96
Li ⁺	0,002	0,004	0,014	0,005	0,014	0,005	0,020	0,006
Na ⁺	7,10	5,30	9,50	9,67	13,7	11,9	14,9	10,9
K ⁺	2,10	3,85	3,10	2,70	4,05	4,55	2,68	2,90
Ca ²⁺	27,3	12,8	26,5	36,3	59,5	40,5	69,7	34,5
Mg ²⁺	9,48	2,92	7,54	12,50	14,84	9,24	18,7	9,61
Si ²⁺	0,13	0,15	0,13	0,14	0,22	0,20	0,29	0,16
Fe _{celk}	0,030	0,070	0,080	0,080	0,035	0,095	0,040	0,065
Mn ²⁺	0,003	0,003	0,003	0,010	0,003	0,003	0,003	0,003
NH ₄ ⁺	0,025	0,025	0,025	0,050	0,025	0,075	0,050	0,025
F ⁻	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Cl ⁻	1,95	2,57	3,37	5,14	25,2	5,41	28,2	4,46
SO ₄ ²⁻	22,96	32,61	23,29	23,46	39,53	22,43	33,33	25,41
NO ₃ ⁻	2,80	5,45	7,10	3,92	33,7	11,3	35,6	5,22
PO ₄ ³⁻	0,160	0,220	0,200	0,160	0,360	0,535	0,190	0,190
HCO ₃ ⁻	116	25,3	104	146	149	151	220	135
SiO ₂	49,9	41,4	61,1	51,4	30,2	48,9	45,3	50,3
Voľ. CO ₂	15,4	14,3	28,6	30,8	28,6	39,6	33,0	26,4
Agres. CO ₂	9,24	14,5	10,1	11,9	17,8	22,6	6,38	12,4
Cr	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 5	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3
Cu	0,000 8	0,000 3	0,000 7	0,001 0	0,000 9	0,001 0	0,001 0	0,001 0
Zn	0,003 0	0,003 3	0,007 0	0,004 0	0,053 5	0,005 5	0,007 0	0,004 0
As	0,001 5	0,010 1	0,012 8	0,005 0	0,004 8	0,004 1	0,003 4	0,003 8
Cd	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3
Se	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,000 5
Pb	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,001 0	0,001 0	0,000 5	0,001 0	0,000 5
Hg	0,000 10	0,000 10	0,000 10	0,000 10	0,000 10	0,000 10	0,000 10	0,000 10
Ba ²⁺	0,005 0	0,052 5	0,005 0	0,017 0	0,081 0	0,077 0	0,100 0	0,039 0
Al ³⁺	0,150 0	0,120 0	0,160 0	0,020 0	0,015 0	0,040 0	0,030 0	0,050 0
Sb	0,000 1	0,000 5	0,000 1	0,000 5	0,000 1	0,000 2	0,000 1	0,000 1
Filtrovaný Al ³⁺	0,010 0	0,015 0	0,010 0	0,010 0	0,010 0	0,010 0	0,010 0	0,010 0
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)								
S ₁	17,6	27,8	19,3	14,3	15,7	17,0	12,4	15,9
S ₂	7,7	41,4	11,0	14,9	19,1	3,8	26,2	16,1
A ₂	74,5	26,6	66,3	69,2	57,9	63,5	60,3	65,8
S ₂ (SO ₄)	7,7	41,4	11,0	13,2	14,6	3,8	14,8	13,1
Charakterizačné koeficienty (-)								
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	0,222	0,441	0,239	0,177	0,186	0,235	0,145	0,207
rMg/rCa	0,448	0,357	0,507	0,503	0,426	0,465	0,467	0,473
SO ₄ /M	0,098	0,243	0,101	0,073	0,091	0,072	0,074	0,087
Stupeň znečistenia	0,000	1,33	2,03	0,155	0,103	2,32	0,450	0,595

Vysvetlivky: odčlenením červenej, resp. modrej farby sú vyjadrené výrazne odľahlé – najvyššie, resp. najnižšie – hodnoty v porovnaní s referenčnými hodnotami mediánov zo všetkých pozorovaní, ostatné ako k tab. 6.4.

oblasť je charakteristický vysoký obsah SiO_2 (najvyššia priemerná koncentrácia SiO_2 v podzemnej vode, $60,95 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, sa zistila v prostredí pyroklastík ryolitov).

Úroveň kontaminácie podzemnej vody Žiarskej kotliny je vyjadrená pomocou stupňa kontaminácie C_d (spôsob výpočtu C_d je uvedený v metodickej časti). Najvyššími priemernými hodnotami C_d (4,36, resp. 3,74) sa vyznačuje podzemná voda pyroklastík ryolitov, resp. podzemná voda fluviálnych nívnych sedimentov. Priemerné hodnoty C_d jednotlivých vyčlenených hydrogeochemických skupín vody sa zvyčajne pohybujú na úrovni okolo 2 až 3,5.

Korelačná analýza

Korelačná analýza bola vypočítaná z celého súboru údajov využitých na zostavenie mapy. Vo výsledkových tabuľkách (tab. 6.6, 6.7) sú farebne zvýraznené korelačné koeficienty vyššie ako 0,5, resp. nižšie ako $-0,5$. Korelačná matica je tabuľkovo prezentovaná pri tých ukazovateľoch chemického zloženia podzemnej vody, kde môžu byť výsledky reprezentatívne interpretované. Ide predovšetkým o základné chemické ukazovatele (pozri grafickú vizualizáciu vzájomných vzťahov na obr. 6.7). V prípade stopových prvkov vzhľadom na ich distribúciu sú výsledky korelačnej analýzy ťažko interpretovateľné (pozri grafickú vizualizáciu vzájomných vzťahov na obr. 6.8).

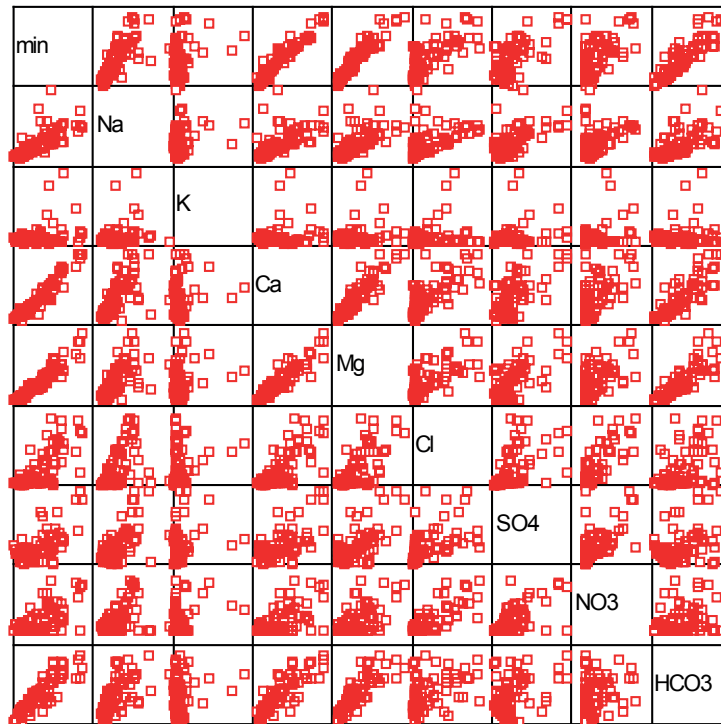
Z korelačnej analýzy (tab. 6.6, 6.7) vyplývajú nasledujúce skutočnosti:

Obsah rozpustených látok (celková mineralizácia) je najviac ovplyvnený najmä koncentráciou iónov Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- a HCO_3^- , čomu nasvedčuje vzájomná významná kladná korelácia týchto ukazovateľov. Uvedené ióny vo väčšine prípadov významne kladne korelujú aj navzájom a poukazujú na ich spoločný a bežný výskyt v podzemnej vode. V Spearmanovom korelačnom výpočte je vzájomný vzťah hodnôt celkovej mineralizácie a distribúcie NO_3^- , resp. SO_4^{2-} menej významný (významnejšia lineárna závislosť je pravdepodobne zapríčinená vplyvom odľahlých pozorovaní – obr. 6.7).

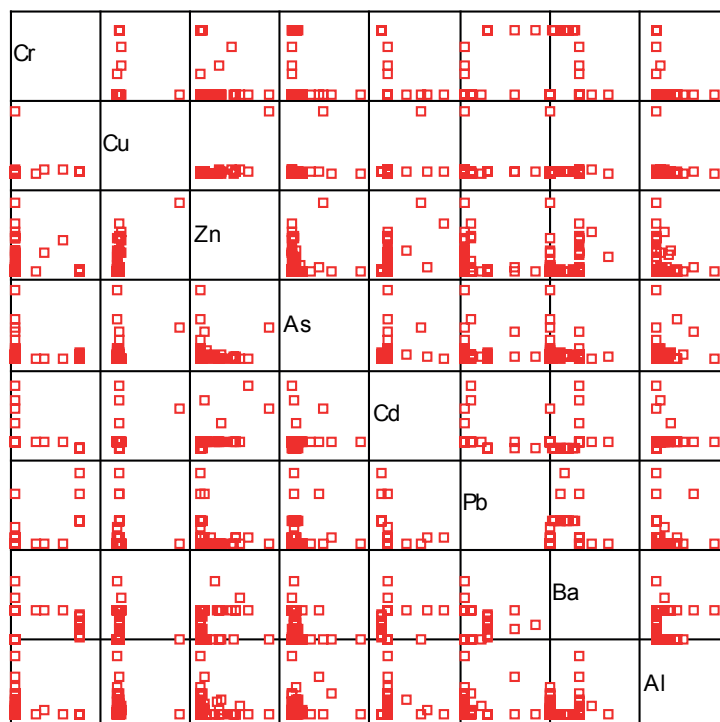
Tesný kladný korelačný vzťah medzi zložkami Cl^- a NO_3^- indikuje ich spoločný výskyt v podzemnej vode. V nízkej koncentrácii zvyčajne tieto anióny pochádzajú spoločne zo zrážok (morský, resp. technogénny pôvod), resp. ich vyšší obsah v daných podmienkach Žiarskej kotliny je pravdepodobne antropogénneho pôvodu (poľnohospodárska činnosť, zimná údržba ciest a iné). V prípade ovplyvnenia kvality podzemnej vody poľnohospodárskou činnosťou sa očakáva zvýšené zastúpenie iónov PO_4^{3-} a K^+ v podzemnej vode, čo sa do určitej miery prejavuje štatisticky významnou vzájomnou koreláciou týchto ukazovateľov.

Vzťah hydrogenuhlíčanovej rovnováhy a pH vody je badateľný podľa zistenej negatívnej korelácie pH s obsahom voľného CO_2 . Prítomnosť vyššej koncentrácie voľného CO_2 má vplyv na nižšie hodnoty pH vody. Napríklad pri uvoľnení CO_2 z vody (príkladom je povrchová voda) je bežný nárast hodnôt pH rádovo o niekoľko desiatin jednotiek.

Kladný korelačný vzťah (predovšetkým v Spearmanovom výpočte) vypočítaný medzi mangánom, železom, prípadne amónnymi iónmi naznačuje ich spoločne podmienené zastúpenie v podzemnej vode (zvýšená koncentrácia týchto zložiek je zvyčajne podmienená redukčnými podmienkami obehu podzemnej vody v prostredí).



Obr. 6.7. Matica vzájomných vzťahov distribúcie základných chemických zložiek v podzemnej vode (min = celková mineralizácia).



Obr. 6.8. Matica vzájomných vzťahov distribúcie stopových prvkov v podzemnej vode.

Tab. 6.6. Lineárna (Pearsonova) korelačná matica vybraných ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody celého sítboru využitých na zostavenie mapy.

Pearson	pH	Min	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Fe _{celk}	Mn ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	V. CO ₂	Agř. CO ₂
pH	1,00	-0,19	-0,05	-0,13	0,07	-0,16	-0,15	-0,12	0,05	-0,21	-0,25	-0,06	-0,06	-0,09	-0,07	-0,19	-0,09	-0,71	-0,58
Celková mineralizácia	-0,19	1,00	0,72	0,31	-0,02	0,96	0,95	0,65	-0,01	0,24	0,17	0,73	0,70	0,61	0,15	0,88	-0,43	0,13	-0,16
Na ⁺	-0,05	0,72	1,00	0,26	-0,05	0,59	0,63	0,61	0,24	0,22	-0,08	0,47	0,61	0,42	0,15	0,59	-0,25	0,09	-0,09
K ⁺	-0,13	0,31	0,26	1,00	0,02	0,17	0,21	0,15	0,06	-0,05	-0,10	0,23	0,27	0,35	0,57	0,18	-0,12	0,04	-0,01
NH ₄ ⁺	0,07	-0,02	-0,05	0,02	1,00	-0,02	-0,03	-0,03	0,02	0,10	0,00	-0,08	-0,07	-0,12	0,28	0,05	-0,07	-0,03	-0,02
Ca ²⁺	-0,16	0,96	0,59	0,17	-0,02	1,00	0,92	0,64	-0,11	0,22	0,19	0,76	0,70	0,60	0,06	0,84	-0,52	0,09	-0,18
Mg ²⁺	-0,15	0,95	0,63	0,21	-0,03	0,92	1,00	0,58	-0,06	0,15	0,21	0,71	0,66	0,60	0,13	0,85	-0,49	0,10	-0,19
Sr ²⁺	-0,12	0,65	0,61	0,15	-0,03	0,64	0,58	1,00	0,00	0,22	-0,06	0,43	0,73	0,36	-0,06	0,52	-0,36	0,08	-0,11
Fe _{celk}	0,05	-0,01	0,24	0,06	0,02	-0,11	-0,06	0,00	1,00	0,23	0,00	-0,20	-0,07	-0,17	-0,13	0,07	0,18	0,03	-0,03
Mn ²⁺	-0,21	0,24	0,22	-0,05	0,10	0,22	0,15	0,22	0,23	1,00	0,07	-0,15	0,17	-0,21	-0,15	0,35	-0,02	0,14	0,04
F ⁻	-0,25	0,17	-0,08	-0,10	0,00	0,19	0,21	-0,06	0,00	0,07	1,00	0,11	-0,07	-0,03	-0,14	0,27	-0,08	0,02	-0,05
Cl ⁻	-0,06	0,73	0,47	0,23	-0,08	0,76	0,71	0,43	-0,20	-0,15	1,00	0,53	0,53	0,80	0,15	0,45	-0,32	0,11	0,03
SO ₄ ²⁻	-0,06	0,70	0,61	0,27	-0,07	0,70	0,66	0,73	-0,07	0,17	0,53	1,00	1,00	0,63	0,07	0,38	-0,41	-0,01	-0,12
NO ₃ ⁻	-0,09	0,61	0,42	0,35	-0,03	0,63	0,60	0,36	-0,17	-0,21	0,80	0,80	0,63	1,00	0,25	0,23	-0,26	0,11	0,12
PO ₄ ³⁻	-0,07	0,15	0,15	0,25	-0,06	0,06	0,13	-0,06	-0,13	0,25	0,15	0,07	0,07	0,25	1,00	0,07	-0,02	0,01	0,03
HCO ₃ ⁻	-0,19	0,88	0,59	0,18	0,05	0,84	0,85	0,52	0,07	0,35	0,27	0,45	0,38	0,23	0,07	1,00	-0,45	0,11	-0,27
SiO ₂	-0,09	-0,43	-0,25	-0,08	-0,08	-0,52	-0,45	-0,36	0,18	-0,02	-0,32	-0,32	-0,41	-0,26	-0,02	-0,45	1,00	0,17	0,37
Voľný CO ₂	-0,71	0,13	0,09	0,04	-0,03	0,09	0,10	0,08	0,03	0,14	0,02	0,11	-0,01	0,11	0,01	0,11	0,17	1,00	0,87
Agřivný CO ₂	-0,58	-0,16	-0,09	-0,01	-0,02	-0,18	-0,19	-0,11	-0,03	0,04	-0,05	0,03	-0,12	0,12	0,03	-0,27	0,37	0,87	1,00

Tab. 6.7. Spearmanova korelačná matica vybraných ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody celého súboru údajov využitých na zostavenie mapy.

Spearman	pH	Min	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Sr ²⁺	Fe _{celk}	Mn ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	HCO ₃ ⁻	SiO ₂	V. CO ₂	Agř. CO ₂
pH	1,00	-0,36	-0,23	-0,22	-0,17	-0,36	-0,34	-0,33	0,04	-0,30	-0,34	-0,12	-0,14	-0,17	-0,01	-0,35	-0,05	-0,57	-0,33
Celková mineralizácia	-0,36	1,00	0,84	0,16	0,36	0,95	0,96	0,79	-0,04	0,14	0,24	0,67	0,59	0,41	0,06	0,91	-0,39	0,37	-0,20
Na ⁺	-0,23	0,84	1,00	0,15	0,22	0,75	0,76	0,69	0,11	0,18	0,01	0,58	0,58	0,32	0,03	0,70	-0,28	0,39	-0,08
K ⁺	-0,22	0,16	0,15	1,00	0,21	0,04	0,07	0,08	0,19	0,13	-0,04	0,24	0,27	0,14	0,41	0,06	0,19	0,06	0,15
NH ₄ ⁺	-0,17	0,36	0,22	0,21	1,00	0,34	0,38	0,21	0,29	0,38	0,43	0,14	0,10	-0,07	0,12	0,41	-0,14	0,08	-0,10
Ca ²⁺	-0,36	0,95	0,75	0,04	0,34	1,00	0,93	0,81	-0,13	0,10	0,26	0,68	0,61	0,45	0,01	0,86	-0,51	0,31	-0,23
Mg ²⁺	-0,34	0,96	0,76	0,07	0,38	0,93	1,00	0,76	-0,05	0,14	0,29	0,64	0,55	0,42	0,01	0,91	-0,44	0,31	-0,25
Sr ²⁺	-0,33	0,79	0,69	0,08	0,21	0,81	0,76	1,00	-0,13	0,00	0,04	0,59	0,67	0,45	-0,05	0,69	-0,48	0,34	-0,14
Fe _{celk}	0,04	-0,04	0,11	0,19	0,29	-0,13	-0,05	-0,13	1,00	0,62	0,23	-0,24	-0,25	-0,48	-0,13	0,10	0,16	-0,09	-0,10
Mn ²⁺	-0,30	0,14	0,18	0,13	0,38	0,10	0,14	0,00	0,62	1,00	0,51	-0,12	-0,13	-0,35	-0,23	0,23	0,09	0,09	0,05
F ⁻	-0,34	0,24	0,01	-0,04	0,43	0,26	0,29	0,04	0,23	0,51	1,00	0,09	-0,08	-0,07	-0,11	0,34	-0,03	-0,04	0,13
Cl ⁻	-0,12	0,67	0,58	0,24	0,14	0,68	0,64	0,59	-0,24	-0,12	0,09	1,00	0,65	0,76	0,22	0,43	-0,32	0,21	0,01
SO ₄ ²⁻	-0,14	0,59	0,58	0,27	0,10	0,61	0,55	0,67	-0,25	-0,13	-0,08	0,65	1,00	0,58	0,03	0,34	-0,46	0,10	-0,11
NO ₃ ⁻	-0,17	0,41	0,32	0,14	-0,07	0,45	0,42	0,45	-0,48	-0,35	-0,07	0,76	0,58	1,00	0,24	0,13	-0,26	0,21	0,16
PO ₄ ³⁻	-0,01	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,00	-0,01	0,16	-0,01	0,09
HCO ₃ ⁻	-0,35	0,91	0,70	0,06	0,41	0,86	0,91	0,69	0,10	0,23	0,34	0,43	0,34	0,13	-0,01	1,00	-0,43	0,24	-0,37
SiO ₂	-0,05	-0,39	-0,28	0,19	-0,14	-0,51	-0,44	-0,43	0,16	0,14	0,10	0,16	0,10	0,26	0,16	-0,43	1,00	0,14	0,49
Vol'ný CO ₂	-0,57	0,37	0,39	0,06	0,08	0,31	0,31	0,34	-0,09	0,09	-0,04	0,21	0,10	0,21	-0,01	0,24	0,14	1,00	0,65
Agřivný CO ₂	-0,33	-0,20	-0,08	0,15	-0,10	-0,23	-0,25	-0,14	-0,10	0,05	-0,13	0,01	-0,11	0,16	0,09	-0,37	0,49	0,65	1,00

6.2.2. Charakteristika chemického zloženia podzemnej vody vyčlenených hydrogeochemických skupín

6.2.2.1. Podzemná voda so silikátogénnou, silikátogénno-karbonátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou

Podzemná voda tejto skupiny sa viaže na horninové prostredie **vulkanického neogénu** zastúpené rozličnými typmi andezitov a ryolitov, menej bazaltov a ich vulkanoklastikami (tufy, tufity, brekcie, konglomeráty a iné). Za hlavné mineralizačné procesy tvorby chemického zloženia podzemnej vody sa vo všeobecnosti považujú hydrolytický rozklad silikátových minerálov, rozpúšťanie karbonátov a v menšej miere oxidácia sulfidov.

Podzemná voda viazaná na vulkanické horniny sa v rámci hodnoteného regiónu vyznačuje nižšími priemernými hodnotami celkovej mineralizácie (v jednotlivých vyčlenených skupinách je to od 179 do 317 mg · l⁻¹) v porovnaní s ostatnými hydrogeochemickými skupinami sedimentárneho neogénu a kvartérnych sedimentov (tab. 6.8). Vystupujú predovšetkým na okrajoch územia Žiarskej kotliny a vo väčšine prípadov je pre ne charakteristický základný výrazný, resp. nevýrazný Ca–HCO₃ typ A₂ chemického zloženia.

Výrazná variabilita hodnôt celkovej mineralizácie pohybujúca sa od 106 do 717 mg · l⁻¹ (tab. 6.8) je podmienená rôznymi faktormi. Hodnoty celkovej mineralizácie môže významne ovplyvňovať štruktúrny typ mriežky silikátového minerálu a tým jeho odolnosť proti zvetrávaniu. Plagioklasy sú menej odolné proti zvetrávaniu ako K-živce, pričom v rade plagioklasov klesá odolnosť od albitu po anortit. Prítomnosť tmavých minerálov a priaznivé podmienky na ich rozklad sa môžu prejaviť zmenou pomeru rMg/rCa v prospech Mg. Okrem uvedených skutočností je obsah rozpustených solí podmienený aj procesmi prebiehajúcimi v pôdnom pokryve, dĺžkou obehu podzemnej vody a pod. V prípade dominancie hydrolytického rozkladu silikátových minerálov je však výsledný efekt mineralizačných procesov všeobecne malý, spôsobený odolnosťou silikátových minerálov, resp. plytkým obehom a zvyčajne krátkym kontaktom vody s horninou.

Výraznejší kvantitatívny efekt prebiehajúcich chemických reakcií prejavujúci sa pomerne vysokými hodnotami celkovej mineralizácie podzemnej vody je zapríčinený najmä prítomnosťou karbonatického materiálu – tmelu – vo vulkanoklastických horninách. To vedie k významnému podielu rozpúšťania karbonátov na celkovom chemickom zložení podzemnej vody. Potvrdzujú to napríklad výsledky získané v rámci skúmania geologických faktorov životného prostredia ipeľského regiónu – IPREG (Slaninka a Kordík, 2006). V podzemnej vode vulkanoklastík sa tam zistili hodnoty celkovej mineralizácie v rozsahu 200 až 700 mg · l⁻¹. Podzemná voda vulkanoklastík v Žiarskej kotline sa vyznačuje silikátovo-karbonátovou mineralizáciou s dominantným zastúpením **základného výrazného Ca–(Mg)–HCO₃ typu A₂** chemického zloženia. Vysoký obsah rozpustených látok (hodnoty celkovej mineralizácie vyššie ako 500 mg · l⁻¹) môže byť podmienený aj antropogénne.

Pri hydrolytickom rozklade silikátových minerálov vulkanických hornín sa do vody uvoľňuje pomerne značné množstvo SiO₂ (priemerné hodnoty 40 – 60 mg · l⁻¹). K ďalším zložkám, zastúpeným v podzemnej vode v menšej miere, patria chloridy (obsah zvyčajne do 5 mg · l⁻¹) a dusičnany (koncentrácia zvyčajne do 10 mg · l⁻¹), ktoré majú pôvod predovšetkým zo zrážok. Vyšší obsah týchto látok môže byť podmienený antropogénne. Koncentrácia stopových prvkov je vo väčšine prípadov nízka, pod hranicou stanoviteľnosti danej analytickej metódy.

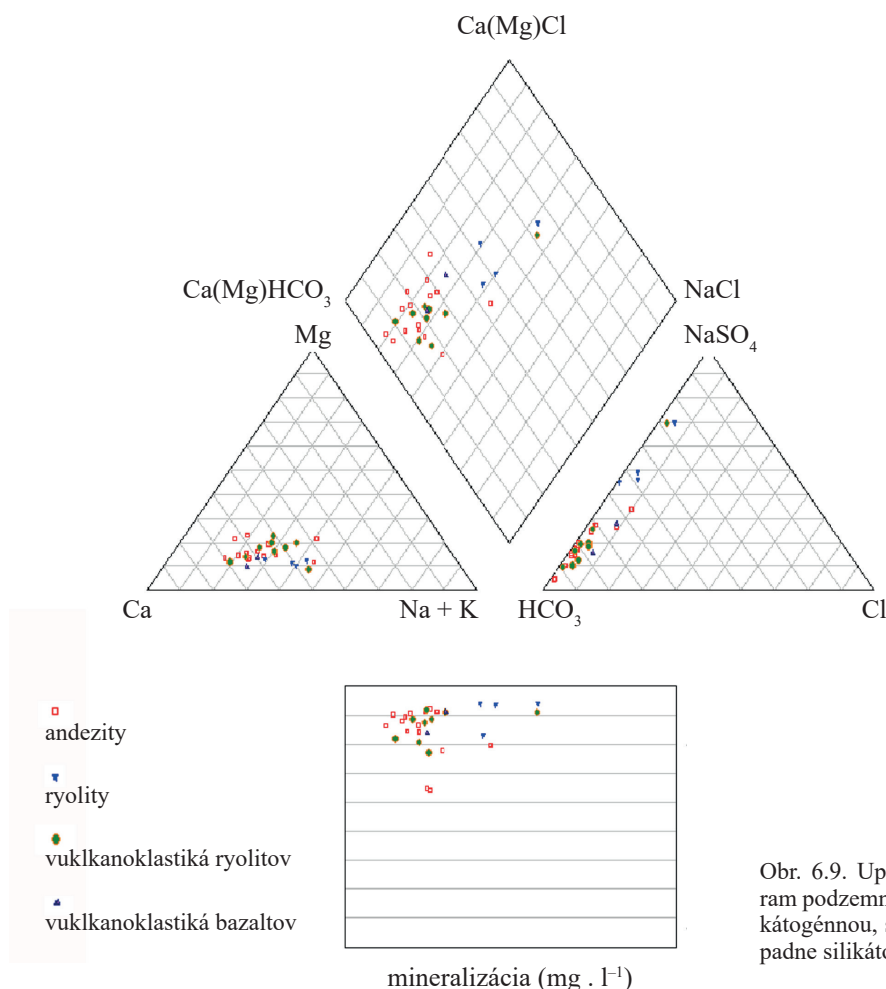
Pomerne značnú pestrosť chemického zloženia podzemnej vody neovulkanitov dokumentuje upravený Piperov diagram na obr. 6.9. V kationovej časti prevláda najmä vápnik a v menšej miere majú zastúpenie prvky alkalickej kovov (Na⁺ a K⁺). Veľmi výrazný rozptyl chemického zloženia je badateľný v aniónovej časti. Hoci vo väčšine vzoriek dominuje zastúpenie zložky HCO₃⁻, predovšetkým v prípade podzemnej vody viazanej na ryolity a ich pyroklastiká je zrejмый posun chemického zloženia k zmiešanému HCO₃⁻–SO₄²⁻, resp. SO₄²⁻ typu. Hodnoty celkovej mineralizácie sú väčšinou do 400 mg · l⁻¹. Odľahlé vyššie hodnoty boli zaznamenané len v dvoch prípadoch v podzemnej vode andezitov.

Tab. 6.8. Vybrané štatistické parametre fyzikálno-chemických ukazovateľov a charakteristík podzemnej vody neovulkanitov so silikátogénnou, silikátogénno-karbonátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou (s – smerodajná odchýlka).

	Podzemná voda neovulkanitov – andezity						Podzemná voda neovulkanitov – pyroklastická bazaltov					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Fyzikálno-chemické parametre v mg . l⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)												
Teplota vody (°C)	15	11,9	11,7	2,2	9,2	16,5	2	8,5	8,5	1,4	7,5	9,5
pH	15	7,54	7,50	0,30	7,06	8,20	2	7,39	7,39	0,16	7,28	7,50
Mineralizácia	15	317	264	181	154	717	2	244	244	106	170	319
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol . l ⁻¹)	15	1,44	1,08	1,10	0,56	4,26	2	1,10	1,10	0,40	0,82	1,38
O ₂	15	6,9	8,2	3,0	2,1	10,4	2	5,9	5,9	3,7	3,3	8,5
ChSKMn	15	1,15	0,88	0,67	0,48	2,32	2	2,05	2,05	1,20	1,20	2,90
Li ⁺	15	0,006	0,002	0,009	0,001	0,028	2	0,001	0,001	0,001	0,000	0,002
Na ⁺	15	12,97	7,10	10,23	4,60	39,0	2	7,60	7,60	0,14	7,50	7,70
K ⁺	15	3,90	2,10	4,64	0,80	19,4	2	6,40	6,40	5,38	2,59	10,2
Ca ²⁺	15	38,9	27,3	30,1	16,4	110	2	33,0	33,0	9,96	26,0	40,1
Mg ²⁺	15	11,4	9,48	9,22	3,40	37,0	2	6,67	6,67	3,63	4,10	9,24
Sr ²⁺	15	0,18	0,13	0,15	0,07	0,62	1	0,20	0,20	,	0,20	0,20
Fe _{celk}	15	0,044	0,030	0,040	0,005	0,130	2	0,335	0,335	0,460	0,010	0,660
Mn ²⁺	15	0,163	0,003	0,437	0,003	1,520	2	0,166	0,166	0,232	0,003	0,330
NH ₄ ⁺	15	0,050	0,025	0,064	0,025	0,260	2	0,018	0,018	0,011	0,010	0,025
F ⁻	15	0,050	0,050	0,000	0,050	0,050	2	0,050	0,050	0,000	0,050	0,050
Cl ⁻	15	6,31	1,95	10,4	1,24	39,7	2	10,1	10,1	1,99	8,70	11,5
SO ₄ ²⁻	15	38,9	23,0	39,4	4,94	134	2	27,4	27,4	2,96	25,3	29,5
NO ₃ ⁻	15	11,1	2,80	22,3	0,25	73,0	2	16,8	16,8	16,1	5,40	28,1
PO ₄ ³⁻	15	0,274	0,160	0,455	0,005	1,700	2	0,480	0,480	0,566	0,080	0,880
HCO ₃ ⁻	15	148	116	87,3	56,8	353	2	95,5	95,5	40,1	67,1	124
SiO ₂	15	44,5	49,9	14,5	18,1	63,9	2	39,6	39,6	31,3	17,5	61,8
Vol. CO ₂	15	20,6	15,4	18,4	1,3	63,8	2	9,7	9,7	8,1	4,0	15,4
Agres. CO ₂	15	13,1	9,24	11,4	0,00	35,9	1	12,5	12,5	–	12,5	12,5
Cr	15	0,000 3	0,000 3	0,000 1	0,000 3	0,000 6	1	0,000 8	0,000 8	–	0,000 8	0,000 8
Cu	15	0,001 0	0,000 8	0,001 0	0,000 3	0,004 5	1	0,003 6	0,003 6	–	0,003 6	0,003 6
Zn	15	0,038 5	0,003 0	0,075 0	0,000 5	0,206 0	1	0,317 0	0,317 0	–	0,317 0	0,317 0
As	15	0,002 7	0,001 5	0,002 9	0,000 5	0,009 9	1	0,001 7	0,001 7	–	0,001 7	0,001 7
Cd	15	0,000 3	0,000 3	0,000 1	0,000 3	0,000 5	1	0,000 3	0,000 3	–	0,000 3	0,000 3
Se	15	0,000 5	0,000 5	0,000 0	0,000 5	0,000 5	1	0,000 5	0,000 5	–	0,000 5	0,000 5
Pb	15	0,000 5	0,000 5	0,000 1	0,000 5	0,001 0	1	0,000 5	0,000 5	–	0,000 5	0,000 5
Hg	15	0,000 10	0,000 10	0,000 00	0,000 10	0,000 10	1	0,000 10	0,000 10	–	0,000 10	0,000 10
Ba ²⁺	15	0,030 3	0,005 0	0,043 5	0,005 0	0,100 0	1	0,100 0	0,100 0	–	0,100 0	0,100 0
Al ³⁺	15	0,222 7	0,150 0	0,195 4	0,040 0	0,660 0	1	0,030 0	0,030 0	–	0,030 0	0,030 0
Sb	15	0,000 2	0,000 1	0,000 3	0,000 1	0,001 0	1	0,000 1	0,000 1	–	0,000 1	0,000 1
Filtrovaný Al ³⁺	15	0,012 7	0,010 0	0,010 0	0,005 0	0,040 0	1	0,005 0	0,005 0	–	0,005 0	0,005 0
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)												
S ₁	15	17,5	17,6	6,4	7,2	33,0	2	18,3	18,3	1,0	17,7	19,0
S ₂	15	10,4	7,7	12,2	0,0	39,2	2	24,5	24,5	3,9	21,8	27,3
A ₂	15	69,7	74,5	13,1	37,8	85,8	2	56,0	56,0	5,8	52,0	60,1
S ₂ (SO ₄)	15	9,5	7,7	10,4	0,0	28,6	2	21,8	21,8	7,8	16,3	27,3
Charakterizačné koeficienty (–)												
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	15	0,242	0,222	0,110	0,125	0,498	2	0,228	0,228	0,017	0,216	0,240
rMg/rCa	15	0,484	0,448	0,161	0,322	0,917	2	0,320	0,320	0,085	0,260	0,380
SO ₄ /M	15	0,100	0,098	0,041	0,027	0,157	2	0,114	0,114	0,050	0,078	0,149
Stupeň znečistenia	15	3,56	0,000	8,81	0,000	30,7	2	3,95	3,95	5,59	0,000	7,90

Tab. 6.8 – pokračovanie.

	Podzemná voda neovulkanitov – ryolity						Podzemná voda neovulkanitov – pyroklastická ryolitov					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Fyzikálno-chemické parametre v mg . l⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)												
Teplota vody (°C)	4	10,2	11,7	3,3	5,3	12,1	9	11,9	11,4	1,6	10,0	14,2
pH	4	7,62	7,64	0,10	7,49	7,70	9	7,40	7,46	0,54	6,12	8,01
Mineralizácia	4	179	128	109	118	342	9	273	234	107	164	461
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol . l ⁻¹)	4	0,65	0,43	0,49	0,36	1,38	9	1,09	0,90	0,65	0,44	2,33
O ₂	4	8,1	7,6	2,2	6,3	11,1	9	5,8	5,4	2,8	1,4	10,4
ChSK _{Mn}	4	0,96	0,88	0,22	0,80	1,28	9	1,66	0,96	1,25	0,56	3,44
Li ⁺	4	0,018	0,004	0,028	0,002	0,060	9	0,014	0,014	0,011	0,001	0,039
Na ⁺	4	9,63	5,30	9,06	4,70	23,2	9	10,2	9,50	4,97	4,00	19,2
K ⁺	4	4,53	3,85	2,28	2,60	7,80	9	4,67	3,10	3,71	1,90	13,9
Ca ²⁺	4	19,1	12,8	14,6	10,0	40,9	9	29,1	26,5	17,2	12,8	54,5
Mg ²⁺	4	4,20	2,92	3,07	2,19	8,76	9	8,81	7,54	6,37	2,43	23,8
Sr ²⁺	4	0,30	0,15	0,37	0,05	0,85	9	0,15	0,13	0,09	0,04	0,34
Fe _{celk}	4	0,140	0,070	0,175	0,020	0,400	9	0,211	0,080	0,276	0,040	0,890
Mn ²⁺	4	0,009	0,003	0,014	0,003	0,030	9	0,028	0,003	0,040	0,003	0,110
NH ₄ ⁺	4	0,031	0,025	0,013	0,025	0,050	9	0,036	0,025	0,016	0,025	0,060
F ⁻	4	0,050	0,050	0,000	0,050	0,050	9	0,050	0,050	0,000	0,050	0,050
Cl ⁻	4	2,44	2,57	0,47	1,77	2,84	9	4,93	3,37	3,81	1,42	12,1
SO ₄ ²⁻	4	46,1	32,6	34,8	21,8	97,5	9	26,6	23,3	15,0	13,0	56,0
NO ₃ ⁻	4	5,36	5,45	5,27	0,25	10,3	9	8,17	7,10	10,3	0,25	33,3
PO ₄ ³⁻	4	0,213	0,220	0,149	0,060	0,350	9	0,479	0,200	0,640	0,030	2,000
HCO ₃ ⁻	4	45,8	25,3	49,2	13,4	119	9	118	104	76,6	18,9	220
SiO ₂	4	40,2	41,4	9,53	27,5	50,6	9	61,0	61,1	16,6	30,3	79,9
Vol. CO ₂	4	16,0	14,3	11,3	4,4	30,8	9	35,9	28,6	43,2	2,2	139
Agres. CO ₂	4	17,2	14,5	13,0	5,94	33,9	9	19,3	10,1	24,7	0,00	80,5
Cr	4	0,000 3	0,000 3	0,000 0	0,000 3	0,000 3	9	0,000 3	0,000 3	0,000 0	0,000 3	0,000 3
Cu	4	0,000 9	0,000 3	0,001 2	0,000 3	0,002 7	9	0,000 6	0,000 7	0,000 3	0,000 3	0,000 9
Zn	4	0,004 0	0,003 3	0,004 2	0,000 5	0,009 0	9	0,011 8	0,007 0	0,021 7	0,000 5	0,069 0
As	4	0,010 1	0,010 1	0,009 4	0,001 5	0,018 9	9	0,029 3	0,012 8	0,043 1	0,000 5	0,127 0
Cd	4	0,000 3	0,000 3	0,000 0	0,000 3	0,000 3	9	0,000 3	0,000 3	0,000 0	0,000 3	0,000 3
Se	4	0,000 5	0,000 5	0,000 0	0,000 5	0,000 5	9	0,000 5	0,000 5	0,000 0	0,000 5	0,000 5
Pb	4	0,000 5	0,000 5	0,000 0	0,000 5	0,000 5	9	0,000 6	0,000 5	0,000 2	0,000 5	0,001 0
Hg	4	0,000 10	0,000 10	0,000 00	0,000 10	0,000 10	9	0,000 10	0,000 10	0,000 00	0,000 10	0,000 10
Ba ²⁺	4	0,052 5	0,052 5	0,054 8	0,005 0	0,100 0	9	0,036 7	0,005 0	0,047 5	0,005 0	0,100 0
Al ³⁺	4	0,592 5	0,120 0	0,965 1	0,090 0	2,040 0	9	0,377 2	0,160 0	0,371 3	0,005 0	0,940 0
Sb	4	0,000 4	0,000 5	0,000 2	0,000 1	0,000 6	9	0,001 5	0,000 1	0,003 4	0,000 1	0,010 4
Filtrovaný Al ³⁺	4	0,015 0	0,015 0	0,005 8	0,010 0	0,020 0	9	0,016 7	0,010 0	0,018 4	0,005 0	0,060 0
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)												
S ₁	4	27,0	27,8	4,4	21,4	30,9	9	21,3	19,3	5,9	14,3	33,8
S ₂	4	38,3	41,4	11,8	21,4	48,8	9	12,7	11,0	13,9	0,0	43,6
A ₂	4	29,6	26,6	14,2	17,5	47,6	9	63,9	66,3	17,8	21,1	82,3
S ₂ (SO ₄)	4	38,3	41,4	11,8	21,4	48,8	9	12,7	11,0	13,9	0,0	43,6
Charakterizačné koeficienty (-)												
r(Na + rK)/ r(Mg + rCa)	4	0,404	0,441	0,085	0,276	0,457	9	0,287	0,239	0,104	0,184	0,518
rMg/rCa	4	0,369	0,357	0,051	0,322	0,441	9	0,508	0,507	0,170	0,272	0,726
SO ₄ /M	4	0,258	0,243	0,070	0,190	0,355	9	0,119	0,101	0,093	0,058	0,360
Stupeň znečistenia	4	2,96	1,33	4,22	0,000	9,20	9	4,36	2,03	5,15	0,000	13,2



Obr. 6.9. Upravený Piperov systematizačný diagram podzemnej vody vulkanického neogénu so silikátogénnou, silikátogénno-karbo-nátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou.

6.2.2.2. Podzemná voda s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou

Podzemná voda tohto genetického typu je súčasťou výplne Žiarskej kotliny a bola vyčlenená v horninovom prostredí sedimentárneho neogénu (piesky, íly, ílovce, pieskovce a štrky) a v kvartérnych proluviálno-deluviálnych sedimentoch (hliny, piesčité hliny, štrky, piesky, balvany až bloky), resp. fluviálnych sedimentoch riečnych terás (štrky, piesčité štrky a piesky s polohami ílov a hĺn). Chemické zloženie podzemnej vody je zvyčajne výsledkom pôsobenia celého radu primárnych aj sekundárnych faktorov, v dôsledku čoho má podzemná voda veľmi pestré chemické zloženie. Nehomogénne horninové prostredie, zložené predovšetkým z karbonátových a silikátových minerálov a hornín, predurčuje dominantné mineralizačné procesy v prostredí, ktorými sú rozpúšťanie karbonátov (má z pohľadu obsahu rozpustných látok najvýraznejší kvantitatívny efekt) a hydrolytický rozklad silikátov. V menšej miere a s rôznou intenzitou môžu v prostredí prebiehať ionovymenné reakcie, oxidácia sulfidov, prípadne rozpúšťanie síranov. Štatistické spracovanie vzoriek podzemnej vody tejto skupiny je uvedené v tab. 6.9.

Na obrázku 6.10 je uvedený upravený Piperov systematizačný diagram charakterizujúci chemické zloženie podzemnej vody s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou, a to na základe zastúpenia hlavných kationov a aniónov, resp. hodnôt celkovej mineralizácie. Pestrosť horninového prostredia obehu podzemnej vody tejto skupiny sa prejavuje pomerne značným rozptylom chemických ukazovateľov (predovšetkým základných aniónov), resp. hodnôt celkovej mineralizácie. V kationovej časti dominuje predovšetkým vápnik (v siedmich vzorkách sa zistil zvýšený podiel $\text{Na}^+ + \text{K}^+$), zatiaľ čo v aniónovej časti HCO_3^- zastúpenie zložiek SO_4^{2-} a Cl^- je väčšinou nevýrazné a premenlivé. Všeobecne vyššie hodnoty celkovej mineralizácie sa zistili v podzemnej vode fluviálnych náplavov terás.

Sedimentárny neogén

Zdrojom podzemnej vody s plytkým obehom v prostredí sedimentárneho neogénu môžu byť okrem zrážkovej vody aj prestupy vody z priľahlých pohorí (Vtáčnik, Kremnické vrchy). Pre podzemnú vodu

sedimentárneho neogénu (6 meraní) sú charakteristické hodnoty celkovej mineralizácie v širokom rozpätí, 220 až 557 mg · l⁻¹. V podzemnej vode neogénu dominuje základný nevýrazný Ca–(Mg)–HCO₃ typ A₂ chemického zloženia. Hlavné zastúpenie medzi kationmi má vápnik (s priemernou hodnotou 56,0 mg · l⁻¹), nasleduje horčík (15,2 mg · l⁻¹), sodík (13,4 mg · l⁻¹) a draslík (9,34 mg · l⁻¹). Spomedzi aniónov má najvýznamnejšie postavenie HCO₃⁻ (priemerná hodnota 160 mg · l⁻¹), nasleduje SO₄²⁻ (47,4 mg · l⁻¹), NO₃⁻ (37,6 mg · l⁻¹) a Cl⁻ (22,9 mg · l⁻¹). Priemerný obsah stopových prvkov je nízky.

Deluviálno-proluviálne sedimenty

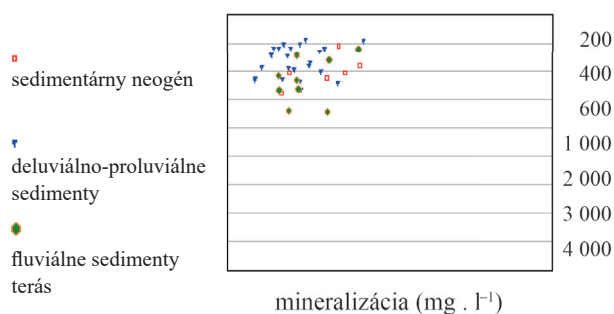
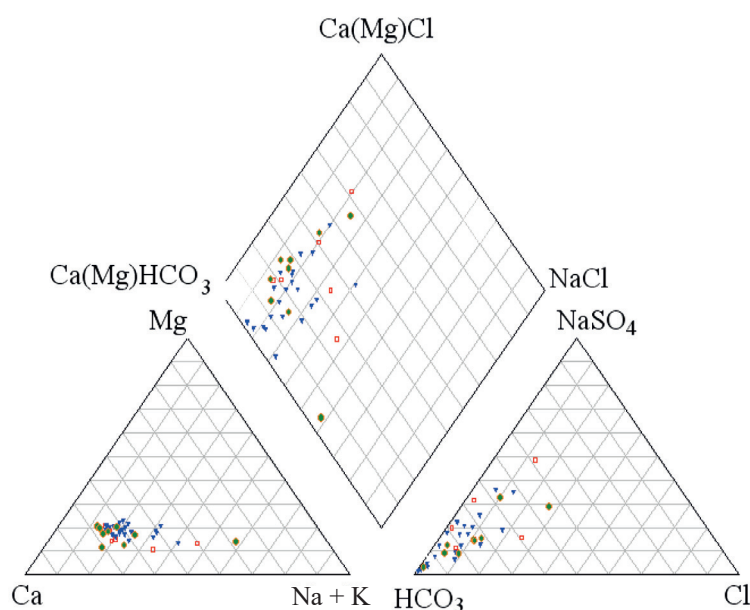
Tieto sedimenty zaberajú pomerne značnú časť Žiarskej kotliny. Ich geochemický charakter je pestrý a závisí od zdrojového horninového materiálu. Predpokladá sa, že v oblasti kotliny sa v prípade priaznivých podmienok mieša podzemná voda deluviálno-proluviálnych sedimentov s vodou hlbších horizontov sedimentárneho neogénu (Škvarka a Gazda, 1974). Premennivosť chemického zloženia dokumentuje výrazné rozpätie hodnôt celkovej mineralizácie od 179 do 535 mg · l⁻¹ s priemernou hodnotou 336 mg · l⁻¹ (tab. 6.9). Pre podzemnú vodu je charakteristický najmä základný výrazný Ca–HCO₃ typ A₂ chemického zloženia. Hodnoty pH sa pohybujú najmä v mierne alkalické oblasti (priemerná hodnota 7,30). Z kationov v podzemnej vode dominuje vápnik (priemerný obsah 41,3 mg · l⁻¹), nasleduje horčík (12,7 mg · l⁻¹) a sodík (10,7 mg · l⁻¹). Z aniónov sú najvýraznejšie zastúpené HCO₃⁻ (priemerná koncentrácia 163 mg · l⁻¹), nasledujú SO₄²⁻ (26,6 mg · l⁻¹), NO₃⁻ (11,1 mg · l⁻¹) a Cl⁻ (12,4 mg · l⁻¹). Obsah stopových prvkov je nízky, zaznamenaný bol výskyt zvýšeného obsahu arzenu (maximum 0,058 mg · l⁻¹) a Zn (maximum 0,702 mg · l⁻¹).

Fluviálne sedimenty riečnych terás

V sedimentoch riečnych terás má formovanie chemického zloženia podzemnej vody určité špecifiká. Kvantita a kvalita hydrogeochemických procesov závisí od petrografického a mineralogického zloženia, geochemickej aktivity, zrnitosti horninového prostredia, ako aj času zdržania vody v prostredí.

Podzemná voda fluvialnych sedimentov riečnych terás sa dopĺňa zrážkovou vodou, prípadne za priaznivých okolností prestupujúcou podzemnou vodou z okolitého horninového prostredia. Sedimenty riečnych terás sú tvorené najmä piesčitými štrkami, pieskami, hlinami a ílmi.

Pre podzemnú vodu fluvialnych sedimentov riečnych terás je charakteristický najmä základný výrazný a nevýrazný Ca–HCO₃ typ A₂ chemického zloženia ako výsledok prebiehajúceho rozpúšťania karbonátového materiálu, resp. procesov hydrolytického rozkladu silikátových minerálov. Hodnoty pH sa pohybujú



Obr. 6.10. Upravený Piperov systematizačný diagram podzemnej vody sedimentárneho neogénu a kvartéru s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou.

Tab. 6.9. Vybrané štatistické parametre fyzikálno-chemických ukazovateľov a charakteristík podzemnej vody sedimentárneho neogénu a kvartéru s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou (s – smerodajná odchýlka).

	Podzemná voda deluviálno-proluviálnych sedimentov						Podzemná voda sedimentárneho neogénu v celku					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Fyzikálno-chemické parametre v mg · l⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)												
Teplota vody (°C)	22	12,2	11,7	1,8	10,1	17,1	6	13,3	13,3	2,5	9,2	16,5
pH	23	7,30	7,42	0,46	5,63	7,89	6	7,52	7,54	0,18	7,31	7,73
Mineralizácia	23	336	343	111	179	535	6	403	415	110	220	557
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol · l ⁻¹)	23	1,55	1,33	0,72	0,56	2,91	6	2,02	2,10	0,84	0,71	3,28
O ₂	23	5,8	7,2	2,9	0,1	9,7	6	5,9	6,0	1,9	3,0	8,7
ChSK _{Mn}	23	1,26	0,88	1,18	0,25	4,32	6	1,69	1,68	0,81	0,88	2,80
Li ⁺	20	0,008	0,005	0,006	0,001	0,023	6	0,014	0,014	0,009	0,003	0,030
Na ⁺	23	10,7	9,67	4,55	4,60	20,8	6	13,4	13,7	3,72	7,60	18,7
K ⁺	23	3,49	2,70	1,81	1,30	8,24	6	9,34	4,05	14,7	1,00	39,0
Ca ²⁺	23	41,3	36,3	19,7	15,2	81,8	6	56,0	59,5	21,6	21,6	86,0
Mg ²⁺	23	12,7	12,5	5,79	4,38	23,4	6	15,2	14,8	7,57	4,13	27,5
Sr ²⁺	20	0,18	0,14	0,09	0,08	0,36	6	0,21	0,22	0,07	0,11	0,32
Fe _{celk}	23	0,138	0,080	0,145	0,005	0,590	6	0,038	0,035	0,028	0,005	0,080
Mn ²⁺	23	0,088	0,010	0,158	0,003	0,530	6	0,050	0,003	0,111	0,003	0,277
NH ₄ ⁺	23	0,084	0,050	0,089	0,025	0,360	6	0,048	0,025	0,037	0,025	0,110
F ⁻	23	0,131	0,050	0,109	0,050	0,440	6	0,108	0,050	0,143	0,050	0,400
Cl ⁻	23	12,4	5,14	13,7	1,24	49,1	6	22,9	25,2	17,8	2,8	51,6
SO ₄ ²⁻	23	26,6	23,5	22,8	2,06	95,5	6	47,4	39,5	21,2	32,1	87,9
NO ₃ ⁻	23	11,1	3,92	13,9	0,25	47,6	6	37,6	33,7	29,1	1,10	80,5
PO ₄ ³⁻	23	0,210	0,160	0,174	0,010	0,700	6	0,388	0,360	0,222	0,060	0,680
HCO ₃ ⁻	23	163	146	75,9	40,3	320	6	160	149	92,9	70,2	311
SiO ₂	23	53,5	51,4	10,7	30,2	79,9	6	40,0	30,2	20,4	24,3	72,5
Vol. CO ₂	23	47,3	30,8	76,3	2,2	381	6	39,2	28,6	36,5	8,8	110
Agres. CO ₂	23	23,6	11,9	33,0	0,00	160	5	32,9	17,8	29,8	4,84	78,1
Cr	23	0,000 7	0,000 5	0,000 6	0,000 3	0,003 0	6	0,000 4	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,001 0
Cu	22	0,004 6	0,001 0	0,014 7	0,000 3	0,070 0	6	0,000 9	0,000 9	0,000 4	0,000 5	0,001 4
Zn	23	0,065 2	0,004 0	0,160 1	0,000 5	0,702 0	6	0,132 2	0,053 5	0,190 0	0,001 0	0,487 0
As	23	0,007 1	0,005 0	0,011 4	0,000 5	0,057 6	6	0,004 6	0,004 8	0,003 9	0,000 5	0,008 4
Cd	20	0,000 2	0,000 3	0,000 1	0,000 2	0,000 7	6	0,000 4	0,000 3	0,000 3	0,000 2	0,001 0
Se	23	0,000 7	0,000 5	0,000 7	0,000 5	0,003 0	6	0,000 6	0,000 5	0,000 2	0,000 5	0,001 1
Pb	23	0,001 6	0,001 0	0,001 3	0,000 5	0,005 0	6	0,001 1	0,001 0	0,000 7	0,000 5	0,002 5
Hg	23	0,000 14	0,000 10	0,000 18	0,000 05	0,000 90	6	0,000 09	0,000 10	0,000 02	0,000 05	0,000 10
Ba ²⁺	23	0,042 7	0,017 0	0,047 1	0,005 0	0,160 0	6	0,062 0	0,081 0	0,046 5	0,005 0	0,100 0
Al ³⁺	23	0,091 1	0,020 0	0,180 0	0,005 0	0,750 0	6	0,029 2	0,015 0	0,040 1	0,005 0	0,110 0
Sb	20	0,000 5	0,000 5	0,000 4	0,000 1	0,001 7	6	0,000 2	0,000 1	0,000 2	0,000 1	0,000 5
Filtrovaný Al ³⁺	11	0,010 9	0,010 0	0,006 3	0,005 0	0,020 0	5	0,016 0	0,010 0	0,014 7	0,005 0	0,040 0
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)												
S ₁	23	13,7	14,3	6,7	2,5	28,3	6	18,3	15,7	7,9	9,9	30,6
S ₂	23	14,2	14,9	14,0	0,0	46,0	6	28,9	19,1	19,8	11,6	59,9
A ₂	23	68,9	69,2	14,7	38,2	88,1	6	52,6	57,9	18,3	24,4	71,8
S ₂ (SO ₄)	23	11,1	13,2	10,4	0,0	32,5	6	18,8	14,6	10,6	11,6	39,5
Charakterizačné koeficienty (-)												
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	23	0,199	0,177	0,073	0,108	0,397	6	0,234	0,186	0,127	0,109	0,442
rMg/rCa	23	0,516	0,503	0,074	0,385	0,696	6	0,431	0,426	0,097	0,315	0,546
SO ₄ /M	23	0,076	0,073	0,050	0,007	0,167	6	0,114	0,091	0,060	0,062	0,196
Stupeň znečistenia	23	1,98	0,155	3,17	0,000	11,6	6	1,21	0,103	2,57	0,000	6,44

Tab. 6.9 – pokračovanie.

	Podzemná voda fluviálnych sedimentov riečnych terás					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Fyzikálno-chemické parametre v mg . l⁻¹ (okrem vyznačených jednotiek a pH)						
Teplota vody (°C)	9	13,6	13,2	2,0	9,7	16,9
pH	9	7,47	7,48	0,34	7,01	7,89
Mineralizácia	9	470	468	163	248	693
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol . l ⁻¹)	9	2,41	2,54	1,20	0,76	4,09
O ₂	9	5,1	5,2	2,5	1,0	8,8
ChSK _{Mn}	9	1,09	0,72	0,91	0,25	2,99
Li ⁺	9	0,022	0,020	0,012	0,009	0,041
Na ⁺	9	16,4	14,9	6,01	10,9	29,4
K ⁺	9	4,28	2,68	3,21	1,40	10,0
Ca ²⁺	9	66,84	69,74	32,95	16,83	110
Mg ²⁺	9	18,2	18,7	9,86	6,57	33,1
Sr ²⁺	9	0,32	0,29	0,26	0,10	0,94
Fe _{celk}	9	0,156	0,040	0,355	0,005	1,10
Mn ²⁺	9	0,013	0,003	0,021	0,003	0,060
NH ₄ ⁺	9	0,050	0,050	0,026	0,025	0,090
F ⁻	9	0,133	0,050	0,126	0,050	0,320
Cl ⁻	9	27,8	28,2	16,3	2,48	49,5
SO ₄ ²⁻	9	44,5	33,3	37,2	5,35	133
NO ₃ ⁻	9	29,5	35,6	23,7	0,25	68,5
PO ₄ ³⁻	9	0,243	0,190	0,164	0,040	0,500
HCO ₃ ⁻	9	212	220	87,4	45,2	331
SiO ₂	9	49,4	45,3	16,2	29,2	84,8
Voľ. CO ₂	9	33,1	33,0	26,4	3,5	77,0
Agres. CO ₂	9	14,0	6,38	21,2	0,00	65,3
Cr	9	0,000 5	0,000 3	0,000 4	0,000 3	0,001 0
Cu	9	0,001 6	0,001 0	0,001 1	0,000 3	0,003 7
Zn	9	0,090 7	0,007 0	0,165 3	0,001 0	0,411 0
As	9	0,008 9	0,003 4	0,015 6	0,001 0	0,050 0
Cd	9	0,000 2	0,000 3	0,000 1	0,000 2	0,000 3
Se	9	0,000 5	0,000 5	0,000 0	0,000 5	0,000 5
Pb	9	0,001 8	0,001 0	0,001 5	0,000 5	0,005 0
Hg	9	0,001 13	0,000 10	0,003 10	0,000 05	0,009 40
Ba ²⁺	9	0,076 6	0,100 0	0,042 2	0,005 0	0,140 0
Al ³⁺	9	0,225 6	0,030 0	0,419 9	0,010 0	1,300 0
Sb	9	0,000 2	0,000 1	0,000 2	0,000 1	0,000 5
Filtrovaný Al ³⁺	6	0,008 3	0,010 0	0,002 6	0,005 0	0,010 0
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)						
S ₁	9	12,8	12,4	4,5	6,3	19,8
S ₂	9	24,5	26,2	18,0	0,0	53,2
A ₂	9	57,6	60,3	16,1	26,9	78,5
S ₂ (SO ₄)	9	13,3	14,8	9,6	0,0	31,2
Charakterizačné koeficienty (-)						
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	9	0,245	0,145	0,264	0,102	0,935
rMg/rCa	9	0,472	0,467	0,153	0,266	0,810
SO ₄ /M	9	0,076	0,074	0,039	0,019	0,154
Stupeň znečistenia	9	2,66	0,450	3,88	0,000	9,50

v mierne alkalickej oblasti (7,01 – 7,89). Rozsah celkovej mineralizácie kolíše v značnom rozpätí, od 248 mg · l⁻¹ do 693 mg · l⁻¹ (aritmetický priemer 470 mg · l⁻¹, resp. medián 468 mg · l⁻¹). Najvýraznejšie zastúpenie spomedzi kationov má vápnik (priemer 66,8 mg · l⁻¹), horčík (18,2 mg · l⁻¹) a sodík (16,4 mg · l⁻¹) a spomedzi aniónov HCO₃⁻ (212 mg · l⁻¹) a SO₄²⁻ (44,5 mg · l⁻¹). Zvýšené priemerné hodnoty v podzemnej vode sa zistili aj v prípade dusičnanov (29,5 mg · l⁻¹, medián až 35,6 mg · l⁻¹) a chloridov (27,8 mg · l⁻¹, medián 28,2 mg · l⁻¹). To naznačuje, že chemické zloženie časti podzemnej vody tejto skupiny môže byť ovplyvnené antropogénnou činnosťou. Obsah stopových prvkov v podzemnej vode je väčšinou nízky – v jednom prípade sa zistil zvýšený obsah zinku (0,41 mg · l⁻¹), resp. vysoká koncentrácia ortuti (až 0,009 mg · l⁻¹) a arzénu (0,05 mg · l⁻¹).

6.2.2.3. Polygénna podzemná voda s petrogénno-potamogénnou (petrogénno-fluviogénnou) mineralizáciou

Vo fluvialných sedimentoch riečnych nív má formovanie chemického zloženia podzemnej vody určité špecifiká. Ich kvantita a kvalita závisí od zloženia, aktivity, zrnitosti a času zdržania podzemnej vody v horninovom prostredí, ale za určitých okolností môže významne závisieť aj od množstva a kvality infiltrujúcej vody Hrona. V oblasti Žiarskej kotliny môžu zohrávať významnú úlohu aj prestupy podzemnej vody z terasových sedimentov Hrona, prípadne iných okolitých geologických celkov s odlišným chemickým zložením.

Chemické zloženie povrchovej vody Hrona je prezentované vo forme štatistického spracovania údajov monitoringu z dvoch odberových profilov (Žiar nad Hronom, Žarnovica) – tab. 6.10. Chemické zloženie povrchovej vody v oboch profiloch je prakticky rovnaké, t. j. pozdĺž toku v študovanej oblasti sa nezistili zmeny v obsahu základných iónov ani stopových prvkov. Chemické zloženie rieky Hron je veľmi blízke zloženiu podzemnej vody riečnych nívnych náplavov. Hodnoty celkovej mineralizácie povrchovej vody sú o zhruba 100 mg · l⁻¹ nižšie ako v prípade podzemnej vody (pri výpočte hodnôt celkovej mineralizácie v povrchovom toku však neboli k dispozícii hodnoty SiO₂, ktorý je súčasťou výpočtu celkovej mineralizácie). V povrchovej vode prevláda Ca–HCO₃ typ chemického zloženia, pričom rozdiel v obsahu základných zložiek v povrchovej, resp. podzemnej vode je malý.

Zo získaných údajov je možné znázorniť časový vývoj hodnôt celkovej mineralizácie za roky 1999 až 2004 (obr. 6.11). Monitorovaná povrchová voda Hrona sa vyznačuje variabilným chemickým zložením, pričom ide predovšetkým o sezónne zmeny počas roka. V priebehu 6-ročného obdobia sa nezistil výraznejší klesajúci alebo rastúci trend hodnôt celkovej mineralizácie. Maximálne hodnoty boli sledované v zimných mesiacoch, ročné minimá, naopak, v letných mesiacoch. Zmeny obsahu rozpustených látok do značnej miery súvisia so sezónnym vývojom chemického zloženia v toku, kde veľkú úlohu zohráva predovšetkým aktuálny stav prietoku v rieke, resp. aktuálne hydrologické podmienky (obdobie sucha, zrážkové obdobie a pod.).

Charakteristická priestorová diferencovanosť hydrogeochemických parametrov podzemnej vody alúvia Hrona je dôsledkom súhrnného pôsobenia celého radu primárnych (petrografické zloženie, rýchlosť prúdenia, charakter hydraulického vzťahu povrchovej a podzemnej vody) a sekundárnych faktorov (antropogénny vplyv). Pre podzemnú vodu fluvialných nívnych sedimentov je charakteristický základný výrazný Ca–(Na)–HCO₃ typ A₂ chemického zloženia. Antropogénny vplyv môže byť príčinou zvýšeného podielu zložiek S₁(NO₃), S₁(Cl), prípadne S₂(NO₃). Kvantitatívne určujúcim mineralizačným procesom v podzemnej vode je rozpúšťanie karbonátov. Dokumentujú to hodnoty celkovej mineralizácie v rozpätí od 169 mg · l⁻¹ do 657 mg · l⁻¹ s priemernou hodnotou 362 mg · l⁻¹ (tab. 6.13). Hodnoty pH sa väčšinou pohybujú v slabo alkalickej oblasti (6,98 – 8,03). Z kationov dominuje obsah Ca²⁺ (priemerná hodnota 44,5 mg · l⁻¹), zastúpené sú aj Na⁺ (12,8 mg · l⁻¹), Mg²⁺ (11,9 mg · l⁻¹) a K⁺ (11,7 mg · l⁻¹). Z aniónov majú na chemickom zložení najväčší podiel HCO₃⁻ (priemerná hodnota 158 mg · l⁻¹), SO₄²⁻ (priemer 37,1 mg · l⁻¹), NO₃⁻ (20,2 mg · l⁻¹) a Cl⁻ (13,7 mg · l⁻¹). Obsah stopových prvkov je vo väčšine prípadov nízky. Vzhľadom na pomerne výrazné zaťaženie oblasti antropogénnou činnosťou je zaujímavé zistenie, že v hodnotenej podzemnej vode fluvialných sedimentov sa nezaznamenal výraznejší prínos cudzorodých látok antropogénneho pôvodu.

Pestrosť horninového prostredia obehu podzemnej vody tejto skupiny sa prejavuje pomerne výrazným rozptylom základných chemických ukazovateľov (kationov a menej aj aniónov), resp. hodnôt celkovej mineralizácie (pozri upravený Piperov systematizačný diagram na obr. 6.16).

Tab. 6.10. Vybrané štatistické parametre fyzikálno-chemických ukazovateľov povrchovej vody Hrona v období 1999 – 2004 (údaje sú uvedené v mg . l⁻¹, okrem T a pH).

	R185000D – Žiar nad Hronom						R223010D – Žarnovica					
	n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	minimum	maximum	n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	minimum	maximum
pH	229	7,71	7,75	0,25	6,7	8,34	230	7,77	7,81	0,25	6,9	8,3
T (°C)	229	9,3	8,9	6,3	0	21	230	9,6	8,95	6,7	0	21,9
Rozp. O ₂	229	10,5	10,5	2,10	6,01	15,6	230	10,3	10,3	2,10	5,62	15,3
Na ⁺	72	9,62	8,34	3,70	3,82	22,2	72	11,05	9,895	4,52	4,63	32,9
K ⁺	72	3,57	3,525	0,82	1,97	5,22	72	3,65	3,59	0,82	1,74	5,99
Ca ²⁺	72	39,6	38	8,4	24	68	84	38,3	37,5	7,2	24	59,1
Mg ²⁺	72	12,6	12,8	2,99	6,1	21,9	84	12,2	12,2	3,59	6,1	26,8
Cl ⁻	219	11,8	10,8	4,78	3,13	32,8	219	11,8	11,4	4,53	3,47	26,6
SO ₄ ²⁻	219	35,7	34,2	8,4	20,6	59	219	38,0	37,6	8,8	22,5	65,1
NO ₃ ⁻	229	7,17	6,87	1,98	1	16,8	230	7,44	7,42	1,90	1	14,8
HCO ₃ ⁻	79	138	134	32	76	207	79	133	128	32	70	217
Al ³⁺	34	0,146	0,109 5	0,185	0,016	1,12	35	0,174	0,157	0,156	0,01	0,94
As	147	0,011 3	0,011	0,004 8	0,000 5	0,030 1	2	0,011 7	0,011 7	0,000 3	0,011 5	0,011 9
Cd	200	0,000 11	0,000 1	0,000 12	0,000 05	0,001 18	129	0,000 10	0,000 1	0,000 07	0,000 05	0,000 54
Cr _{celk}	85	0,000 9	0,000 5	0,002 2	0,000 5	0,021 12	34	0,000 8	0,000 5	0,000 5	0,000 5	0,001 98
Cu	200	0,007 6	0,006	0,008 0	0,000 5	0,074	129	0,006 8	0,005 6	0,005 7	0,000 5	0,039
Hg	130	0,000 069	0,000 05	0,000 062	0,000 025	0,000 5						
Pb	200	0,001 83	0,000 5	0,004 59	0,000 25	0,044	129	0,001 36	0,000 5	0,001 42	0,000 25	0,008 06
Ni	85	0,003 7	0,002 92	0,003 3	0,000 5	0,019 5	34	0,003 3	0,001 8	0,003 4	0,001	0,019 4
Zn	204	0,027 5	0,018	0,055 9	0,001 5	0,489	204	0,026 3	0,020 1	0,030 0	0,001 5	0,22
Mineralizácia	72	258	249	53	149	359	72	254	248	52	156	365

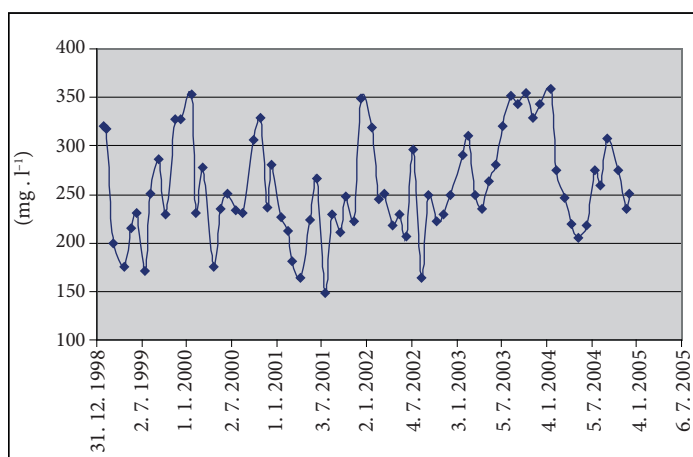
Režimové pozorovanie chemického zloženia podzemnej vody fluvialných sedimentov Hrona

Výsledky režimových pozorovaní sú hodnotené na základe informácií získaných v rámci národného monitoringu kvality podzemnej vody na Slovensku, ktorý realizuje SHMÚ v nasledujúcich vrtoch základnej monitorovacej siete (tab. 6.11).

Tab. 6.11. Zoznam vrtoch základnej monitorovacej siete SHMÚ chemického zloženia podzemnej vody.

ID lokality	Miesto	Začiatok monitorovania	Koniec monitorovania
076 190	Lehôtka pod Brehmi	1982	1997
276 190	Lehôtka pod Brehmi	1998	do súčasnosti
076 790	Hliník nad Hronom – Dolná Zelená	1982	do súčasnosti
086 190	Šášovské Podhradie	1994	1997
286 190	Šášovské Podhradie	1998	do súčasnosti
392 605	Žiar nad Hronom	1982	1993

Objekty sú situované hlavne v prostredí fluvialných náplavov rieky Hron. Lokalizácia monitorovacích stanovišť je uvedená na obr. 6.12. Základné štatistické parametre ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody sú v tab. 6.12. Časový vývoj obsahu základných chemických zložiek, hodnôt celkovej mineralizácie, vybraných indikátorov antropogénneho znečistenia a vybraných stopových prvkov v podzemnej vode je na obr. 6.13 až 6.15.



Obr. 6.11. Časový vývoj celkovej mineralizácie v povrchovej vode rieky Hron na monitorovacom profile Žiar nad Hronom.

Tab. 6.12. Štatistické charakteristiky vybraných parametrov v monitorovaných objektoch SHMÚ (údaje sú uvedené v mg · l⁻¹, okrem vyznačených jednotiek a pH).

	Stanovište 076 190 (Lehôtka pod Brehmi)						Stanovište 276 190 (Lehôtka pod Brehmi)					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Teplota vody (°C)	29	10,0	10,4	1,4	6,4	12,2	9	11,6	11,3	1,1	10,3	14,3
pH	29	7,54	7,55	0,17	7,15	7,80	9	12,2	12,2	0,37	11,8	13,1
Mineralizácia	29	630	628	33	566	689	9	13 078	15 336	4 441	5 597	18 557
O ₂	28	3,74	2,27	3,22	0,81	10,64	5	0,42	0,20	0,45	0,10	1,20
O ₂ (%)	28	32,6	20,4	27,7	6,8	90,6	6	3,8	2,5	4,1	1,0	12,0
ChSK _{Mn}	29	1,59	1,44	0,71	0,88	4,08	9	95,61	85,00	39,00	54,40	157
Na ⁺	29	22,0	22,8	4,9	0,0	29,0	9	5 149	4 810	2 411	2 559	10 780
K ⁺	29	6,80	6,30	1,04	5,60	9,60	9	9,13	10,1	3,38	2,81	13,3
Ca ²⁺	29	99,1	97,4	6,3	89,8	114,2	9	16,7	10,5	13,5	1,1	39,8
Mg ²⁺	29	27,0	26,5	2,2	24,1	34,0	9	17,6	1,6	29,8	0,0	85,9
Fe _{celk.}	28	2,83	2,13	1,88	1,17	10,1	9	0,59	0,11	1,16	0,01	3,60
Fe ²⁺	29	0,16	0,07	0,18	0,01	0,70	8	0,49	0,05	1,26	0,03	3,60
Mn	29	0,633	0,780	0,399	0,003	1,12	9	0,024	0,020	0,024	0,003	0,074
NH ₄ ⁺	29	0,185	0,110	0,260	0,005	1,26	9	6,65	6,64	0,674	5,60	7,57
F ⁻	13	0,12	0,13	0,07	0,02	0,22						
Cl ⁻	29	50,8	49,6	7,6	37,9	63,5	9	122	72,1	100	41,3	319
SO ₄ ²⁻	29	82,2	85,2	9,5	59,7	96,3	9	863	834	209	629	1 265
NO ₂ ⁻	29	0,043	0,030	0,043	0,005	0,170	8	0,015	0,005	0,034	0,001	0,100
NO ₃ ⁻	29	5,11	4,60	4,16	0,10	13,5	9	0,81	1,00	0,37	0,25	1,25
PO ₄ ³⁻	29	0,026	0,005	0,038	0,005	0,153	9	44,254	31,300	45,573	1,390	123
HCO ₃ ⁻	29	309	320	33	262	366	9	1 251	0	3 584	0	10 800
CO ₃ ²⁻							9	3 517	3 720	2 594	0	7 650
SiO ₂	29	24,2	24,3	9,45	7,69	56,6	9	2 068	1 202	1 861	455	5 936
Voľný CO ₂	29,0	17,3	17,2	7,3	2,2	34,3	6,0	43,5	0,2	106	0,2	260
Ag	19	0,000 4	0,000 5	0,000 2	0,000 0	0,000 5						
Al	13	0,056	0,029	0,049	0,005	0,130	9	8,639	4,050	15,9	1,880	50,9
As	16	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	9	4,658	3,440	2,876	2,612	11,9
Ba	7	0,2	0,3	0,1	0,1	0,4						
Be	6	0,000 07	0,000 10	0,000 04	0,000 02	0,000 10						
Cd	26	0,004 5	0,000 5	0,011 4	0,000 1	0,053 0	9	0,000 3	0,000 1	0,000 3	0,000 1	0,000 8
Cr	23	0,001 3	0,000 5	0,002 1	0,000 5	0,009 0	9	0,033 2	0,026 0	0,024 1	0,003 0	0,073 5
Cu	27	0,003 2	0,002 0	0,006 1	0,000 3	0,031 0	8	0,094 3	0,062 1	0,107 7	0,005 0	0,322 0
Hg	13	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 2	9	0,001 9	0,001 6	0,001 4	0,000 3	0,004 3
Ni	7	0,009	0,009	0,008	0,001	0,022	9	0,322	0,107	0,486	0,001	1,53
Pb	17	0,001 3	0,001 0	0,001 3	0,000 5	0,005 0	9	0,014 7	0,002 0	0,028 9	0,000 5	0,090 0
Se	11	0,001 0	0,001 0	0,000 4	0,000 5	0,001 5						
V	13	0,005 7	0,002 5	0,008 0	0,002 5	0,028 0						
Zn	28	0,013 8	0,008 5	0,015 7	0,000 5	0,077 0	8	0,081 9	0,028 5	0,123 5	0,005 0	0,373 0

s – smerodajná odchýlka

Tab. 6.12 – pokračovanie.

	Stanovište 076 790 (Dolná Zelená)						Stanovište 086 190 (Šášovské Podhradie)					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Teplota vody (°C)	38	10,5	11,2	1,5	7,1	12,0	7	9,7	9,5	1,2	7,6	11,0
pH	39	7,04	7,00	0,29	6,50	7,80	7	7,23	7,30	0,33	6,60	7,68
Mineralizácia	39	956	970	140	404	1 172	7	594	645	105	414	694
O ₂	38	3,02	1,67	3,02	0,10	10,9	7	1,21	1,33	0,51	0,38	1,74
O ₂ (%)	38	26,5	15,1	26,1	1,0	95,9	7	10,7	11,6	4,5	3,4	15,4
ChSK _{Ma}	39	2,46	2,32	0,70	0,73	4,08	7	2,56	2,20	0,80	1,68	3,90
Na ⁺	39	37,0	38,4	9,8	0,0	50,0	7	14,2	13,7	1,0	13,2	16,2
K ⁺	39	5,65	5,50	1,05	3,60	8,00	7	1,29	1,20	0,45	0,80	2,00
Ca ²⁺	39	160	158	26,7	64,0	211	7	95,0	104	16,5	69,0	111
Mg ²⁺	39	35,8	35,2	7,2	16,4	57,8	7	36,1	36,5	4,4	31,0	43,8
Fe _{celk.}	38	3,12	2,54	2,33	0,35	12,4	7	6,17	5,51	2,54	3,20	11,1
Fe ²⁺	38	0,48	0,17	0,73	0,01	2,70	7	0,96	0,20	1,39	0,03	3,80
Mn	39	1,16	1,30	0,482	0,010	2,13	7	0,440	0,550	0,258	0,160	0,763
NH ₄ ⁺	39	0,171	0,150	0,202	0,005	1,20	7	1,03	0,270	1,35	0,100	3,60
F ⁻	13	0,09	0,05	0,07	0,01	0,25	2	0,24	0,24	0,10	0,17	0,31
Cl ⁻	39	58,3	47,8	29,1	14,2	128	7	29,8	27,5	7,7	21,3	44,3
SO ₄ ²⁻	39	144	143	37,3	51,0	226	7	139	147	28,6	102	181
NO ₂ ⁻	38	0,110	0,093	0,086	0,005	0,270	7	0,016	0,020	0,013	0,001	0,032
NO ₃ ⁻	39	13,9	11,9	8,79	1,30	36,3	5	1,00	1,00	0,31	0,50	1,25
PO ₄ ³⁻	39	0,029	0,010	0,036	0,005	0,170	7	0,056	0,030	0,062	0,010	0,180
HCO ₃ ⁻	39	472	469	87	217	610	7	252	241	64	137	321
CO ₃ ²⁻	7	0	0	0	0	0						
SiO ₂	39	24,7	26,5	7,09	11,3	49,4	7	18,4	17,5	6,53	11,3	28,6
Vol'ný CO ₂	39,0	69,9	70,4	35,3	13,2	190	7,0	24,9	24,6	11,8	8,8	44,0
Ag	20	0,000 5	0,000 5	0,000 4	0,000 0	0,002 0	1	0,000 1	0,000 1	–	0,000 1	0,000 1
Al	23	0,114	0,021	0,277	0,005	1,320	7	0,244	0,147	0,188	0,020	0,460
As	27	0,002	0,001	0,002	0,001	0,008	7	0,002	0,002	0,001	0,001	0,003
Ba	7	0,2	0,3	0,1	0,0	0,3	1	0,1	0,1	–	0,1	0,1
Be	6	0,000 07	0,000 10	0,000 04	0,000 02	0,000 10	1	0,000 02	0,000 02	–	0,000 02	0,000 02
Cd	37	0,001 0	0,000 4	0,001 9	0,000 1	0,008 0	7	0,000 5	0,000 3	0,000 6	0,000 1	0,001 7
Cr	34	0,002 8	0,001 0	0,006 8	0,000 5	0,040 0	6	0,010 0	0,001 2	0,020 6	0,000 5	0,052 0
Cu	38	0,007 2	0,004 0	0,008 1	0,000 3	0,037 0	7	0,008 0	0,003 0	0,011 8	0,000 5	0,034 0
Hg	23	0,000 1	0,000 1	0,000 0	0,000 1	0,000 2	7	0,000 1	0,000 1	0,000 0	0,000 1	0,000 1
Ni	17	0,007	0,004	0,008	0,001	0,030	6	0,010	0,011	0,007	0,002	0,019
Pb	28	0,001 7	0,001 0	0,001 7	0,000 5	0,006 0	7	0,000 6	0,000 5	0,000 2	0,000 5	0,001 0
Se	12	0,001 0	0,001 0	0,000 3	0,000 5	0,001 5						
V	14	0,009 9	0,002 5	0,018 8	0,002 5	0,059 0	1	0,021 0	0,021 0	–	0,021 0	0,021 0
Zn	38	0,013 9	0,010 0	0,017 0	0,000 3	0,091 0	7	0,012 6	0,011 0	0,008 0	0,000 5	0,027 0

Tab. 6.12 – pokračovanie.

	Stanovište 286 190 (Šášovské Podhradie)						Stanovište 392 605 (Žiar nad Hronom)					
	n	priemer	medián	s	minimum	maximum	n	priemer	medián	s	minimum	maximum
Teplota vody (°C)	9	11,5	11,4	0,5	11,1	12,3	16	10,8	10,9	2,0	7,0	14,1
pH	9	6,96	7,03	0,18	6,51	7,09	16	7,49	7,50	0,20	7,15	7,85
Mineralizácia	9	800	778	51	728	892	16	738	778	116	439	881
O ₂	9	0,24	0,20	0,14	0,10	0,50	16	6,67	7,66	3,88	1,43	12,0
O ₂ (%)	9	2,4	2,0	1,2	1,0	5,0	16	59,3	68,0	34,0	13,0	114
ChSK _{Mn}	9	2,73	2,62	0,54	1,79	3,55	16	2,19	1,96	1,00	0,72	4,50
Na ⁺	9	18,2	17,9	1,0	17,1	19,9	16	18,9	16,9	5,8	14,1	36,6
K ⁺	9	2,88	2,77	0,28	2,35	3,28	16	3,08	2,65	0,97	2,10	5,70
Ca ²⁺	9	118	120	10,4	106	131	16	123	126	17,4	89,4	150
Mg ²⁺	9	35,6	35,6	4,2	30,0	43,8	16	37,8	39,5	5,4	29,2	44,3
Fe _{celk}	9	6,87	6,99	1,15	4,90	9,08	16	0,30	0,14	0,39	0,02	1,28
Fe ²⁺	8	6,21	6,42	2,18	1,35	9,08	15	0,03	0,02	0,03	0,01	0,12
Mn	9	1,61	1,57	0,097	1,50	1,77	16	0,203	0,030	0,356	0,003	1,27
NH ₄ ⁺	9	0,270	0,150	0,188	0,120	0,570	16	0,040	0,025	0,047	0,015	0,200
F ⁻							7	0,31	0,09	0,33	0,05	0,85
Cl ⁻	9	31,1	23,0	27,7	17,6	105	16	55,9	52,3	16,6	35,6	93,8
SO ₄ ²⁻	9	97,6	100	14,8	71,7	121	16	106	122	48,4	36,0	189
NO ₂ ⁻	8	0,009	0,005	0,010	0,003	0,030	16	0,016	0,005	0,026	0,001	0,106
NO ₃ ⁻	9	0,75	0,50	0,38	0,25	1,25	16	10,4	4,50	16,6	0,50	65,0
PO ₄ ³⁻	9	0,021	0,005	0,041	0,005	0,130	16	0,032	0,025	0,027	0,005	0,080
HCO ₃ ⁻	9	449	451	20	418	470	16	366	382	64	153	439
CO ₃ ²⁻	7	0	0	0	0	0						
SiO ₂	9	37,6	38,7	3,86	27,5	40,2	16	16,1	15,1	5,83	7,51	25,4
Vol'ný CO ₂	9,0	49,1	50,2	16,7	22,0	74,8	16,0	21,5	18,5	13,4	5,7	46,6
Ag							15	0,000 5	0,000 5	0,000 2	0,000 0	0,001 0
Al	9	0,088	0,015	0,207	0,015	0,640	4	0,056	0,030	0,072	0,005	0,158
As	9	0,013	0,013	0,002	0,011	0,016	8	0,008	0,002	0,012	0,001	0,031
Ba							5	0,2	0,2	0,3	0,0	0,7
Be							5	0,000 07	0,000 10	0,000 05	0,000 02	0,000 10
Cd	9	0,000 2	0,000 1	0,000 2	0,000 1	0,000 5	14	0,003 7	0,000 5	0,010 0	0,000 3	0,038 0
Cr	9	0,000 9	0,001 0	0,000 2	0,000 5	0,001 0	13	0,002 4	0,001 0	0,002 5	0,000 5	0,008 0
Cu	8	0,002 2	0,001 0	0,001 8	0,001 0	0,005 0	15	0,007 2	0,006 0	0,008 2	0,000 3	0,030 0
Hg	9	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 4	5	0,000 2	0,000 1	0,000 1	0,000 1	0,000 3
Ni	9	0,003	0,001	0,004	0,001	0,011	2	0,004	0,004	0,003	0,002	0,006
Pb	9	0,001 9	0,002 0	0,001 0	0,000 5	0,004 0	8	0,001 2	0,001 0	0,000 9	0,000 5	0,003 0
Se							9	0,001 5	0,001 0	0,000 9	0,000 5	0,003 0
V							8	0,006 8	0,002 5	0,008 2	0,002 5	0,024 0
Zn	8	0,008 3	0,004 5	0,009 7	0,001 5	0,030 0	16	0,010 9	0,007 0	0,010 7	0,000 3	0,042 0

Vzhľadom na pestrý mineralogicko-petrografický charakter horninového prostredia v oblasti kotliny sa podzemná voda monitorovaných objektov vyznačuje priestorovo variabilným obsahom základných chemických ukazovateľov a tým aj výrazne rozdielnymi hodnotami celkovej mineralizácie (pohybujú sa zväčša v rozpätí 600 – 1 000 mg · l⁻¹). Vzhľadom na vysoký obsah rozpustených látok dominantným mineralizačným procesom tvorby primárneho chemického zloženia je rozpúšťanie karbonatického materiálu. Monitorovanú podzemnú vodu charakterizuje Ca–(Mg)–HCO₃ typ chemického zloženia. Z ďalších zložiek sú v podzemnej vode zvyčajne významnejšie zastúpené sodík, chloridy a sírany. Obsah dusičnanov indikujúci antropogénne znečistenie, pôvodom predovšetkým z poľnohospodárskej činnosti, sa zistil len ojedinele. Podobne aj koncentrácia stopových prvkov sa vo väčšine prípadov pohybuje na hranici stanoviteľnosti danej analytickej metódy.

Samostatnú skupinu z pohľadu chemického zloženia a kvality tvorí podzemná voda stanovišťa 276 190 (Lehôtka pod Brehmi), ktorá má charakter odpadovej vody s rôznou mierou kontaminácie v monitorovanom období (pH = 11,8 – 13,1; celková mineralizácia = 5 597 – 18 557 mg · l⁻¹; ChSK_{Mn} = 54,4 – 157 mg · l⁻¹; obsah Al = 1,88 – 50,9 mg · l⁻¹; obsah As = 2,61 – 11,9 mg · l⁻¹ atď.).

Z pohľadu časového vývoja sa monitorovaná podzemná voda vyznačuje výrazne variabilným chemickým zložením (obr. 6.13 až 6.15). Jednoznačný stúpajúci trend obsahu základných zložiek (Ca²⁺, HCO₃⁻) a hodnôt celkovej mineralizácie sa zistil na stanovišti 076 190 (Lehôtka pod Brehmi). Je na škodu, že monitoring na tejto lokalite sa skončil v roku 1997. Podobne rastúci trend bol zaznamenaný aj na stanovišti 086 190 (Šášovské Podhradie) v období od začiatku monitorovania (rok 1994) do roku 2000 (po roku 2000, naopak, nastal postupný pokles hodnôt). Na monitorovaných stanovištiach 076 790 (Hliník nad Hronom – Dolná Zelená) a 392 605 (Žiar nad Hronom) sa nezistil výraznejší trend v obsahu základných chemických zložiek a rozpustených látok. V niekoľkých prípadoch sa však zistili výrazné odľahlé merania, ktorých bližšia interpretácia je diskutabilná. Pravdepodobne by táto časová nestabilita meraní mohla súvisieť so sezónnym vývojom chemického zloženia, pretože vzorky sa odoberali v rôznych obdobiach (mesiacoch) v priebehu jednotlivých rokov. Veľkú úlohu môže zohrávať aktuálny stav hladiny podzemnej vody vo vrte, resp. aktuálne hydrologické podmienky (obdobie sucha, zrážkové obdobie a pod.) s potenciálnym vplyvom na obsah rozpustených látok v podzemnej vode. Z grafov na obr. 6.13 je evidentné, že fluktuácia hodnôt celkovej mineralizácie je odrazom variability koncentrácie hlavných chemických ukazovateľov (hlavne HCO₃⁻, ale aj Ca²⁺, v prípade kontaminovanej vody stanovišťa 276 190 hlavne CO₃²⁻, resp. Na⁺).

Výraznou variabilitou koncentrácie týchto zložiek sa vyznačuje aj časový vývoj obsahu vybraných indikátorov antropogénneho znečistenia (obr. 6.14). V prípade koncentrácie síranov je možné pri stanovištiach 076 790, 276 190 a 086 190 hovoriť o miernom poklese hodnôt v čase. Na lokalite 076 190 bol najskôr v období od začiatku pozorovania do roku 1990 zaznamenaný pokles koncentrácie, neskôr až do ukončenia pozorovania v roku 1997 sa trend zmenil na rastúci. Na stanovišti 392 605 nie je možné hovoriť o trende, ale o výrazne variabilných hodnotách obsahu síranov. Podobný charakter časového vývoja ako v prípade síranov sa zistil pri chloridoch. Koncentrácia dusičnanov, okrem niekoľkých výnimiek, je nízka a výraznejší trend nárastu alebo poklesu hodnôt sa nezistil.

Obsah vybraných stopových prvkov (Al, As, Zn) je v čase pomerne variabilný, no vo väčšine prípadov sa zistili nízke hodnoty, odrážajúce skôr prirodzenú variabilitu prvkov v čase (obr. 6.15). Obsah prezentovaných stopových prvkov nevykazuje v čase výraznejší trend nárastu alebo poklesu hodnôt.

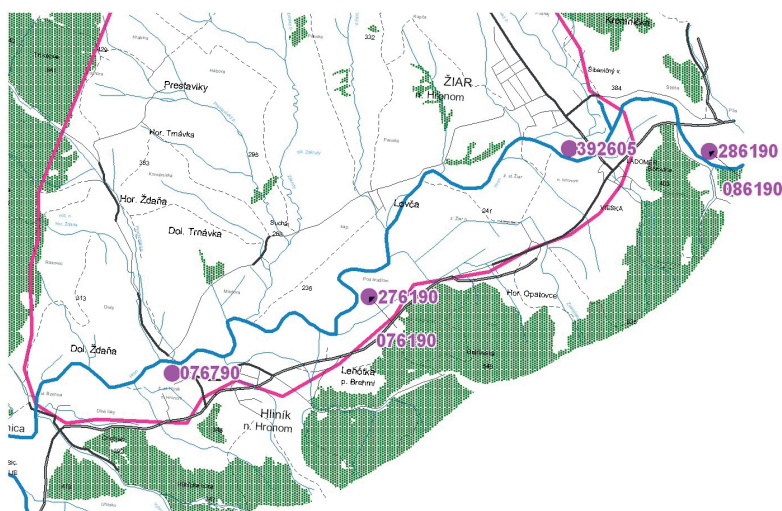
6.2.2.4. Podzemná voda s hlbším obehom

Smerom do hĺbky sa z cirkulujúcej zrážkovej vody postupne stráca atmosférický kyslík v dôsledku jeho veľkej chemickej aktivity a prostredie jej obehu sa stáva redukčnejším. S hĺbkou obehu sa menia termodynamické (vzrastá teplota a tlak) a do určitej miery aj hydrodynamické podmienky (Škvarka a Gazda, 1974). V dôsledku pôsobenia týchto zmien dochádza k rôzne výraznému pozitívnemu i negatívnemu ovplyvňovaniu rozpúšťacej schopnosti podzemnej vody, rozpustnosti niektorých minerálov a intenzity prakticky všetkých mineralizačných procesov.

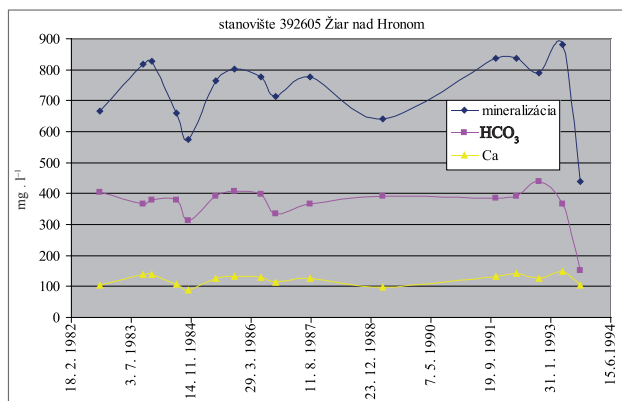
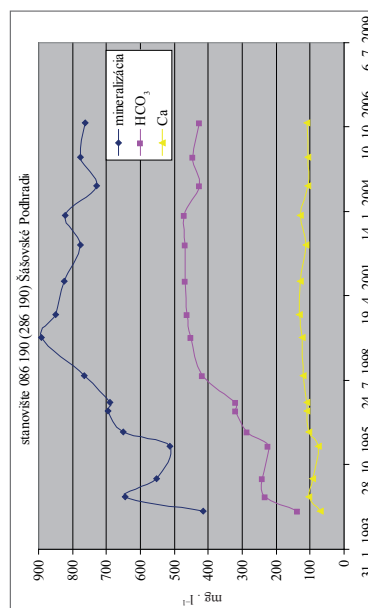
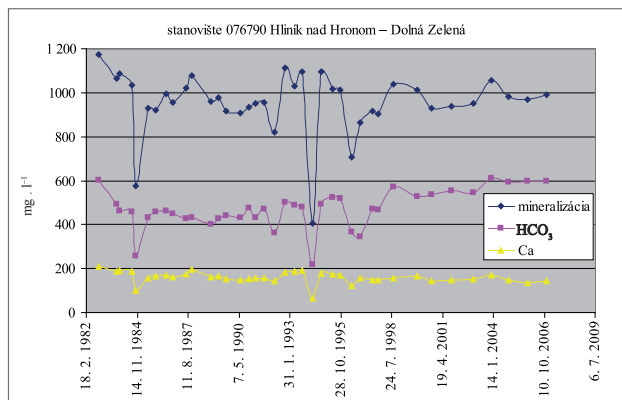
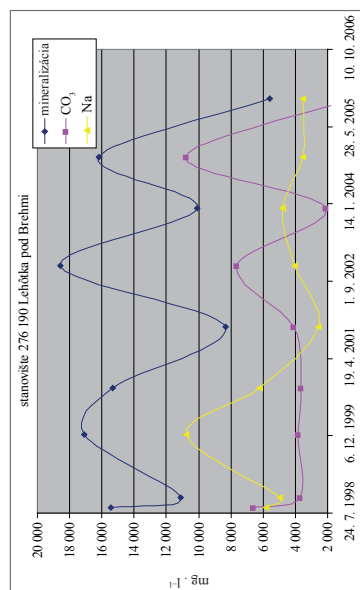
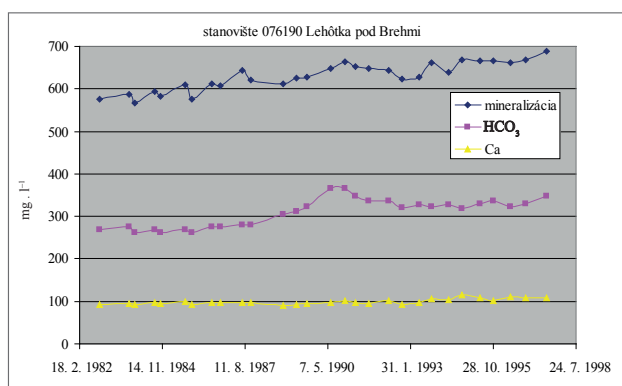
V redukčných podmienkach je sulfidická síra prítomná v horninovom prostredí (podľa Pulca, 1966, napr. v sedimentárno-vulkanogénnej výplni Žiarskej kotliny obsah pyritu s hĺbkou vzrastá) stabilná a intenzita jej oxidačnej degradácie prakticky nulová. Dôsledkom sú nepatrné hodnoty, resp. neprítomnosť kalciovo-sulfátovej zložky, charakteristickej pre podzemnú vodu s plytkým podpovrchovým obehom. Hy-

Tab. 6.13. Vybrané štatistické parametre fyzikálno-chemických ukazovateľov a charakteristík podzemnej vody fluviaľných nívnych sedimentov s petrogénno-potamogénnou (petrogénno-fluviogénnou) mineralizáciou.

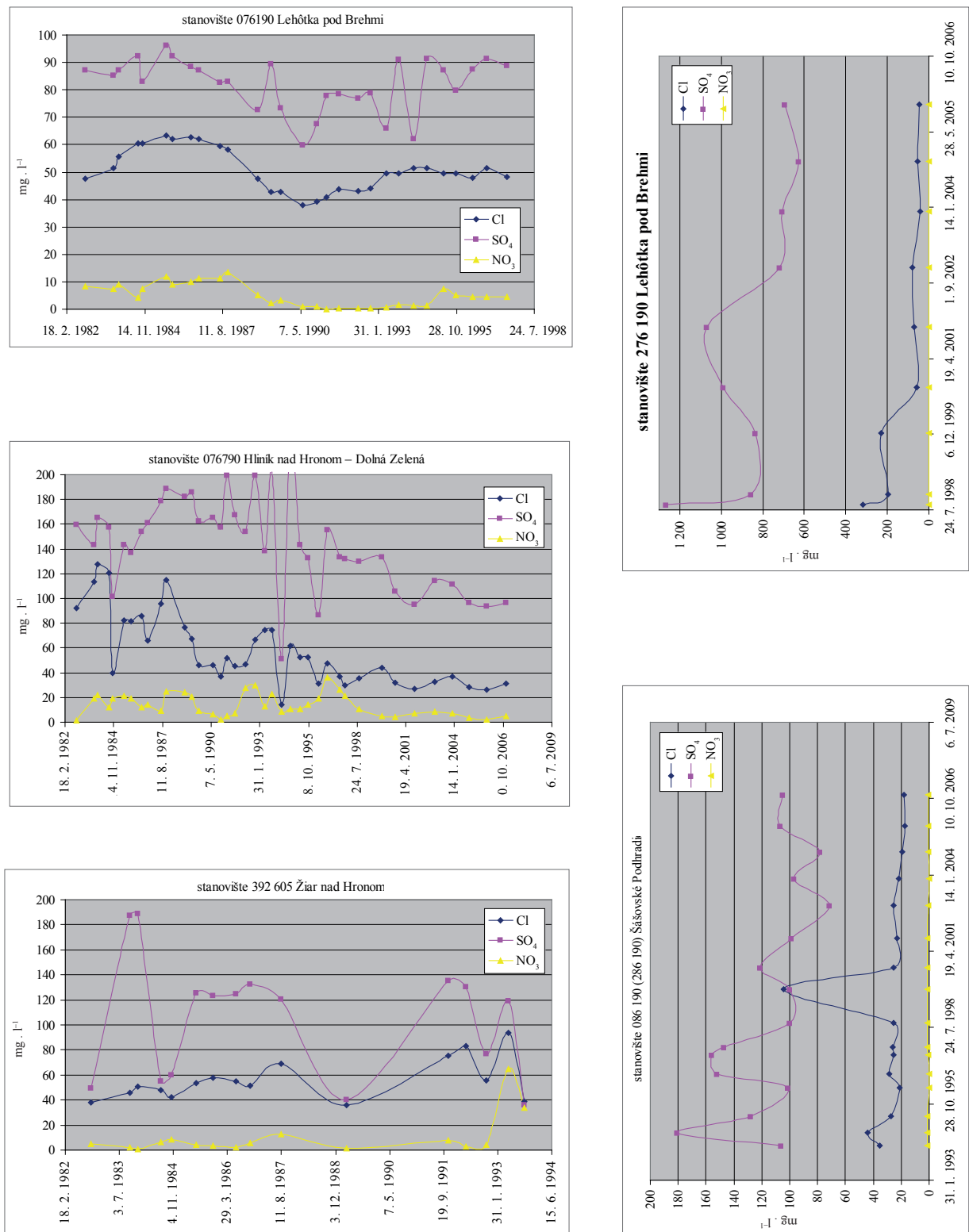
	Podzemná voda fluviaľných nívnych sedimentov					
	n	priemer	medián	smerodajná odchýlka	minimum	maximum
Fyzikálno-chemické parametre (okrem vyznačených jednotiek a pH v mg . l⁻¹)						
Teplota vody (°C)	8	12,8	12,9	0,9	11,6	14,3
pH	8	7,45	7,42	0,34	6,98	8,03
Mineralizácia	8	362	311	188	169	657
Ca ²⁺ + Mg ²⁺ (mmol . l ⁻¹)	8	1,60	1,39	1,13	0,27	3,35
O ₂	8	5,8	6,2	2,7	0,6	8,7
ChSK _{Mn}	8	2,05	2,00	1,51	0,25	4,16
Li ⁺	8	0,006	0,005	0,004	0,002	0,013
Na ⁺	8	12,8	11,9	6,40	5,70	22,4
K ⁺	8	11,7	4,55	15,9	2,11	46,8
Ca ²⁺	8	44,5	40,5	31,2	6,81	90,2
Mg ²⁺	8	11,9	9,24	8,64	2,43	26,8
Si ²⁺	8	0,21	0,20	0,10	0,09	0,32
Fe _{celk}	8	0,247	0,095	0,305	0,027	0,740
Mn ₂₊	8	0,050	0,003	0,129	0,003	0,370
NH ₄ ⁺	8	0,332	0,075	0,612	0,025	1,80
F ⁻	8	0,093	0,050	0,120	0,050	0,390
Cl ⁻	8	13,7	5,41	14,2	1,95	33,6
SO ₄ ²⁻	8	37,1	22,4	38,1	7,00	119
NO ₃ ⁻	8	20,2	11,3	26,4	0,25	76,9
PO ₄ ³⁻	8	0,701	0,535	0,805	0,050	2,40
HCO ₃ ⁻	8	158	151	78,8	67,7	254
SiO ₂	8	49,6	48,9	15,5	30,3	76,4
Vol. CO ₂	8	38,2	39,6	26,7	2,2	74,8
Agres. CO ₂	8	25,2	22,6	17,7	4,18	61,4
Cr	8	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,000 3	0,001 0
Cu	8	0,001 0	0,001 0	0,000 7	0,000 3	0,002 6
Zn	8	0,069 3	0,005 5	0,123 8	0,001 0	0,352 0
As	8	0,008 3	0,004 1	0,011 0	0,001 7	0,034 8
Cd	8	0,000 3	0,000 3	0,000 2	0,000 2	0,000 8
Se	8	0,000 5	0,000 5	0,000 0	0,000 5	0,000 5
Pb	8	0,001 4	0,000 5	0,002 3	0,000 5	0,007 0
Hg	8	0,000 13	0,000 10	0,000 07	0,000 10	0,000 30
Ba ²⁺	8	0,071 1	0,077 0	0,068 2	0,005 0	0,200 0
Al ³⁺	8	0,105 0	0,040 0	0,146 0	0,010 0	0,430 0
Sb	8	0,000 3	0,000 2	0,000 2	0,000 1	0,000 5
Filtrovaný Al ³⁺	7	0,010 7	0,010 0	0,006 7	0,005 0	0,020 0
Palmerove-Gazdove charakteristiky (%)						
S ₁	8	18,1	17,0	6,4	11,3	32,6
S ₂	8	11,5	3,8	14,0	0,0	35,2
A ₂	8	62,6	63,5	14,0	41,0	83,1
S ₂ (SO ₄)	8	9,3	3,8	10,9	0,0	29,9
Charakterizačné koeficienty (-)						
r(Na + rK)/r(Mg + rCa)	8	0,394	0,235	0,409	0,127	1,366
rMg/rCa	8	0,456	0,465	0,074	0,376	0,588
SO ₄ /M	8	0,079	0,072	0,032	0,046	0,150
Stupeň znečistenia	8	3,74	2,32	4,28	0,000	11,6



Obr. 6.12. Situácia monitorovacích odberových miest podzemnej vody.

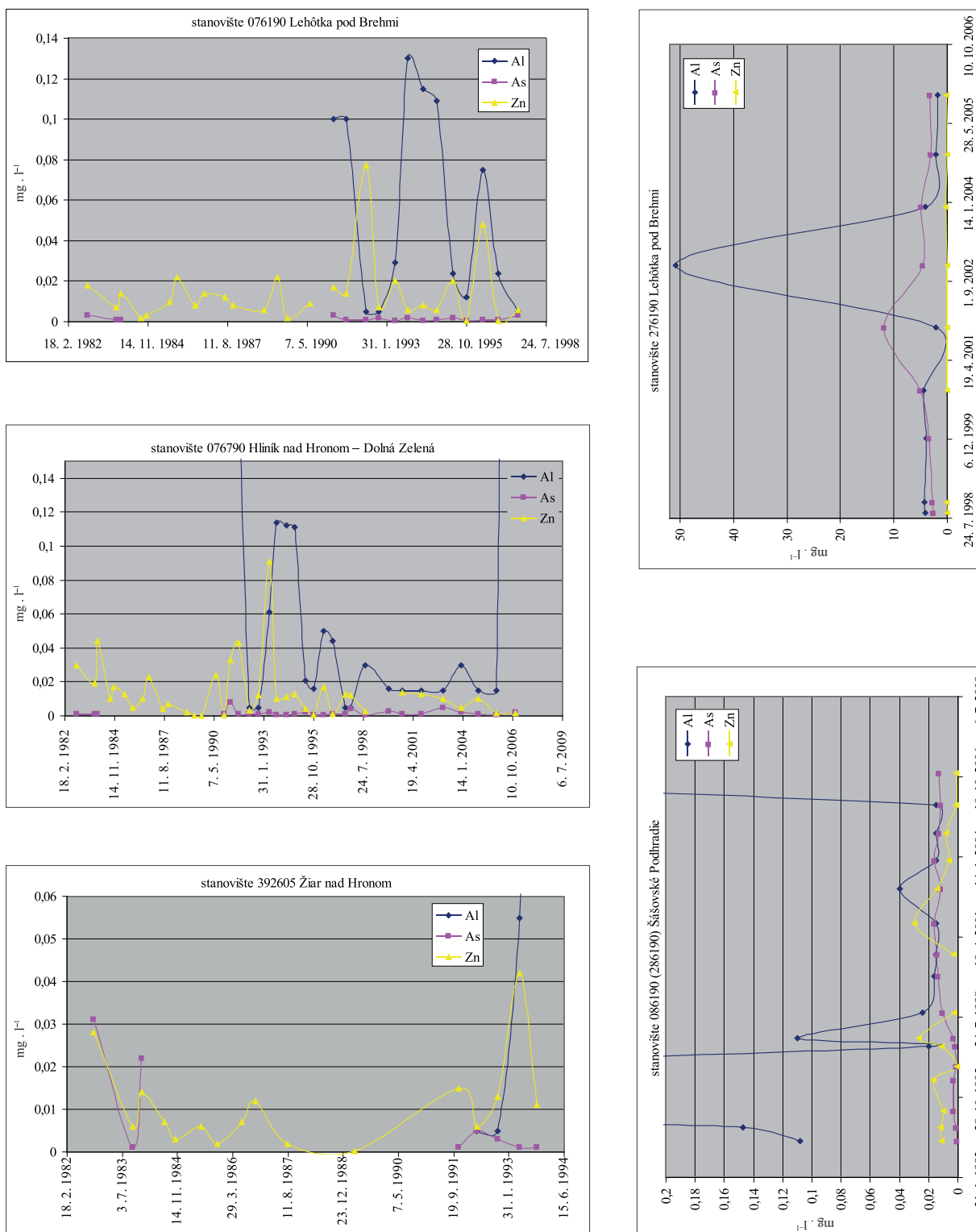


Obr. 6.13. Časový vývoj obsahu základných chemických zložiek a hodnôt celkovej mineralizácie v podzemnej vode monitorovaných objektov.



Obr. 6.14. Časový vývoj obsahu vybraných indikátorov antropogénneho znečistenia v podzemnej vode monitorovaných objektov.

dolytický rozklad silikátov, hlavne živcov, ktorý je základným zdrojom mineralizácie tejto vody, prebieha v prostredí s limitovaným obsahom aktívnych iónov H⁺ a dospieva prevažne do štádia kontrovaného dvojfázovou rovnováhou kaolinit – montmorillonit. Dôsledkom je relatívne (vzhľadom na dlhodobý kontakt zrážkovej vody s horninovým prostredím) nízka mineralizácia (prevažne 200 – 600 mg · l⁻¹), charakteristický posun pH smerom do alkalického oblasti a výrazné zastúpenie zložky Na–HCO₃ (dôsledok prednostného uvoľňovania sodíka z mriežok živcov), ktorá sa často prejavuje aj typovo (Škvarka a Gazda, 1974) (tab. 6.14).



Obr. 6.15. Časový vývoj obsahu vybraných stopových prvkov v podzemnej vode monitorovaných objektov.

Z príkladov uvedených v tab. 6.14 sa svojím chemickým zložením výrazne odlišuje voda prelivu z otvorenej časti (456,5 – 814,5 m) vrtu HF-1, situovaného zhruba 3 km sz. od Sklených Teplíc. V profile nezapaženej časti vrtu sa striedajú amfibolicko-biotitické, resp. pyroxenické andezity a ich pyroklastiká s polohami terciérnych sedimentov (íly, piesčité íly a ílovité pieskovce) Žiarskej kotliny, ktoré zasahujú do neovulkanického komplexu na podstatne väčšiu vzdialenosť, než sa pôvodne predpokladalo. Výrazné zastúpenie zložky Na–Cl v chemickom zložení tejto vody potvrdzuje geologické predpoklady vysvetľujúce prítomnosť ojedinelej morskej fauny v týchto sedimentoch. Podľa Forgáča (1969) sa do Žiarskej kotliny, v ktorej sedimentácia prebiehala v sladkovodnom prostredí, občas prelievala morská voda cez nízke prahy a tie ju miestami oddeľovali od morského bazéna.

Významným procesom uplatňujúcim sa pri formovaní chemického zloženia podzemnej vody s hlbším obehom je rozpúšťanie karbonátov. Karbonáty sú bežnou súčasťou pyroklastík. Karbonatizácia spolu s ďalšími postvulkanickými premenami (hlavne chloritizáciou a pyritizáciou) postihuje rozsiahle partie neovulkanických komplexov hlavne pozdĺž poruchových zón. Karbonáty (hlavne kalcit) vyplňajú pseudomorfózy po pyroxéne, metasomaticky zatláčajú chlorit a tvoria aj samostatné žilky s hrúbkou aj niekoľko centimetrov, ktoré sú miestami výrazne nahustené. Kalcit spolu so sideritom sú výrazne zastúpené aj v ťažkej frakcii piesčito-ílovitého súvrstvia, hlavne v jeho spodnej časti (napr. Pulec, 1966, zdokumentoval ich obsah v intervale 371,0 – 504,3 m až na úrovni 80,5 – 92,5 %). Ako už bolo uvedené, prítomnosť kalcitu v obehových cestách podzemnej vody vzhľadom na výrazne vyššiu rozpustnosť v porovnaní so silikátovými minerálmi má závažný hydrogeochemický význam (výraznejší Ca–HCO₃ charakter podzemnej vody). Významnejšiu účinnosť rozpúšťania kalcitu pri formovaní chemického zloženia vody je možné predpokladať napr. v prípade vody z vrtu GK-15 v Brehoch (pozri výrazne zvýšenú mineralizáciu a nízku hodnotu koeficientu rMg/rCa – tab. 6.14).

Na formovaní chemického zloženia podzemnej vody hlbších horizontov sa podieľajú aj ionovýmienné a sorpčné procesy. Ionovýmienné procesy môžu byť aktívne už v počiatočnej fáze infiltrácie zrážkovej vody v pôdnom pokryve. Pomerne výraznú výmennú kapacitu vykazuje kaolinit (2 – 15 c_i · z_i na 100 g), montmorillonit (80 – 150 c_i · z_i na 100 g) a illit, resp. chlorit (10 – 40 c_i · z_i na 100 g), ktoré ako produkty zvetrávacích procesov, resp. postvulkanických premien sú bežnou súčasťou obehových ciest podzemnej vody (vo forme výplne puklín, ílovej prímеси klastických sedimentov, ílových vrstiev a pod.). Ionovýmienné procesy dosahujú maximálnu intenzitu pri hlbšom obehu podzemnej vody v sedimentárno-vulkanogénnom komplexe Žiarskej kotliny, pri ktorom spolu s ďalšími spomenutými faktormi podmieňujú charakteristický posun celkového chemického zloženia smerom k Na–HCO₃ typu (podzemná voda s hydrosilikátogénnou mineralizáciou). Zo sorpčných procesov má najväčší hydrogeochemický význam sorpcia draslíka na ílových mineráloch podmieňujúca (v porovnaní so sodíkom) jeho nižšiu koncentráciu v podzemnej vode neovulkanitov, hoci v horninovom prostredí jej obeh je zastúpenie oboch týchto prvkov približne rovnaké.

Ďalším genetickým faktorom uplatňujúcim sa lokálne pri tvorbe chemického zloženia podzemnej vody študovaného územia je hlbinný (juvenilný v širšom zmysle slova) CO₂. Je privádzaný hlavne zlomami obmedzujúcimi z. okraj Žiarskej kotliny, kde podmieňuje vznik niekoľkých drobných prameňov uhličitej minerálnej vody v širšom okolí Trubína, Dolnej Ždane a Bukoviny (bližšie pozri v časti 8.1).

Tab. 6.14. Chemické zloženie podzemnej vody s hlbším obehom v sedimentárno-vulkanogénnom komplexe Žiarskej kotliny (podľa Škvarku a Gazdu, 1974).

Lokalita	M [mg · l ⁻¹]	S ₁ (Cl) [%]	S ₁ (SO ₄) [%]	A ₁ [%]	A ₂ [%]	rMg/rCa	rNa/rK	SO ₄ /M
Stará Kremnička, vrt BŽ-3	256	3,5	15,0	38,8	28,5	0,69	8,1	0,067
Stará Kremnička, starý presakovací vrt	162	7,4	14,3	24,4	52,4	0,63	4,2	0,072
Žiar nad Hronom, vrt HŽ-4	475	2,85	2,75	25,6	68,5	0,79	3,8	0,014
Brehy, vrt GK-15	858	1,3	11,0	37,3	49,0	0,11	76,7	0,055
Žiar nad Hronom, vrt P-20	559	4,1	8,8	69,5	14,8	0,75	21,3	0,044
Janova Lehota, vrt HŽ-4	538	2,75	2,65	29,8	59,5	0,69	3,8	0,013

Tab. 6.14 – pokračovanie

Lokalita	M [mg · l ⁻¹]	S ₁ (Cl) [%]	S ₁ (SO ₄) [%]	A ₁ [%]	A ₂ [%]	rMg/rCa	rNa/rK	SO ₄ /M
Janova Lehota, vrt HLZ-3	340	3,7	4,6	52,4	39,1	0,67	9,5	0,023
Lutila, starý presakovací vrt	342	3,0	8,2	19,4	68,4	0,18	6,1	0,041
Lutila, starý presakovací vrt	267	4,9	6,85	40,8	42,6	0,31	12,0	0,035
Lutila, starý presakovací vrt	285	4,5	6,2	66,8	22,3	0,5	15,7	0,031
Lutila, vrt HŽ-2	302	3,35	11,5	10,9	68,8	0,19	11,0	0,058
Hliník nad Hronom, vrt HF-1	831	56,2	10,6	29,5	3,75	0,29	156	0,050

M – celková mineralizácia

6.3. CHARAKTERISTIKA KVALITATÍVNYCH VLASTNOSTÍ PODZEMNEJ VODY

V zmysle požiadaviek nariadenia vlády č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu, sa ako negatívny **vplyv prírodných faktorov** v študovanom území najvýraznejšie prejavuje nízka geochemická aktivita horninového prostredia neovulkanitov. Jej dôsledkom je nedosýtenie a agresívne vlastnosti podzemnej vody. Okrem toho sa táto, zvyčajne nízko mineralizovaná podzemná voda vyznačuje aj nízkym obsahom vápnika, resp. nízkymi hodnotami tvrdosti vody vyjadrenej sumou zastúpenia vápnika a horčíka (t. j. nižšími, ako sú odporúčané hodnoty 30 mg · l⁻¹, resp. 1,1 mmol · l⁻¹). Do tejto skupiny je možné zaradiť približne tretinu zdrojov podzemnej vody v oblasti (tab. 6.15). Územie sa vyznačuje aj prírodne zvýšenou koncentráciou arzenu (v niektorých prípadoch nad povoleným limitom 0,01 mg · l⁻¹ pre vodu určenú na ľudskú spotrebu), pretože v Žiarskej kotline sú na viacerých miestach známe východy lignitových uhoľných slojov v piesčito-ílovitých neogénnych súvrstviach (Lutila, Hliník, Slaská, Trubín, Vieska, Opatovce a i.). Vo východnej časti kotliny sa vyskytujú aj limnokvarcity, ktoré vznikli vyzrážaním z hydrotermálnych roztokov pri doznievaní ryolitovej fázy sopečnej činnosti (Lutila – Stará Kremnička). V *Geochemickom Atlase SR, časť Horniny* (Marsina et. al., 1999) je zdokumentovaný zvýšený priemerný obsah As v lyditoch (okolo 11,4 mg · kg⁻¹), ktorý indikuje vplyv naložených hydrotermálnych procesov a je podmienený aj jeho väzbou na organickú hmotu (lignit). Intenzitu hydrotermálnych premien ryolitov a ryolitových tufov v priľahlej časti Kremnických vrchov dokumentuje aj prítomnosť najvýznamnejších ložísk zeolitu, bentonitu a perlitu v SR (Kopernica, Bartošova Lehôtka, Dolná Ves, Stará Kremnička a i.), ktoré vznikli hydrotermálnymi premenami a sú sústredené do oblasti celého horského hrebeňa medzi Kopernicou a Starou Kremničkou.

V podzemnej vode sa v zmysle požiadaviek nariadenia vlády č. 354/2006 zistil aj nadlimitný obsah ChSK_{Mn} (10 vzoriek) indikujúci organické znečistenie, resp. v niekoľkých vzorkách boli prekročené medzné hodnoty zložiek indikujúcich **antropogénnu kontamináciu** predovšetkým z poľnohospodárskej činnosti (vo 2 vzorkách dusitany, 7 vzoriek dusičnany, 4 vzorky fosforečnany). Vo viac ako tretine vzoriek podzemnej vody sa zistila nízka koncentrácia rozpusteného kyslíka, resp. nízke nasýtenie kyslíkom pohybujúce sa pod odporúčanou hodnotu 50 % (až 28 vzoriek).

Špecifické postavenie z hľadiska hodnotenia kvality podzemnej vody majú **stopové prvky** (ich koncentrácia je zvyčajne nižšia ako 1 mg · l⁻¹). Sledovanie stopových prvkov vo vodnom prostredí má všeobecne veľký význam, pretože mnohé z nich pri zvýšenej koncentrácii predstavujú vážne riziko pre organizmy a zdravie človeka (toxické a iné nežiaduce vlastnosti). Výskyt stopových prvkov v pitnej vode je prísne limitovaný nariadením vlády č. 354/2006 (prekročenie medzných hodnôt stopových prvkov je zhrnuté v tab. 6.16).

Distribúcia stopových prvkov v sledovanom území vo väčšine prípadov zodpovedá prirodzeným podmienkam obehu podzemnej vody, t. j. koncentrácia stopových prvkov je zvyčajne veľmi nízka a v mnohých prípadoch nedosiahla hranicu analytickej stanoviteľnosti. Nadlimitná koncentrácia stopových prvkov Cr, Cu, Zn, Cd, Se, Pb a Ba nebola zaznamenaná v žiadnom prípade (tab. 6.16). Po jednom prípade

sa v podzemnej vode zistilo prekročenie medznej koncentrácie ortuti a antimónu. Najčastejšie boli medzné hodnoty stopových prvkov prekročené v prípade železa, mangánu a hliníka (bližšie v ďalšej časti), čo korešponduje so zisteniami z iných regiónov Slovenska (napr. Slaninka et al., 2001; Michalko et al., 2005; Malík et al., 2006). V oblasti Žiarskej kotliny sa až v 12 prípadoch zaznamenala nadlimitná koncentrácia arzénu. Väčšinou ide pravdepodobne o hodnoty, ktoré súvisia s geochemickým pozadím v príslušnom prostredí obehu podzemnej vody. Vzhľadom na to, že územie Žiarskej kotliny predstavuje významnú priemyselnú oblasť, nemusí byť jednoznačné, že ide o prirodzený podiel arzénu v podzemnej vode.

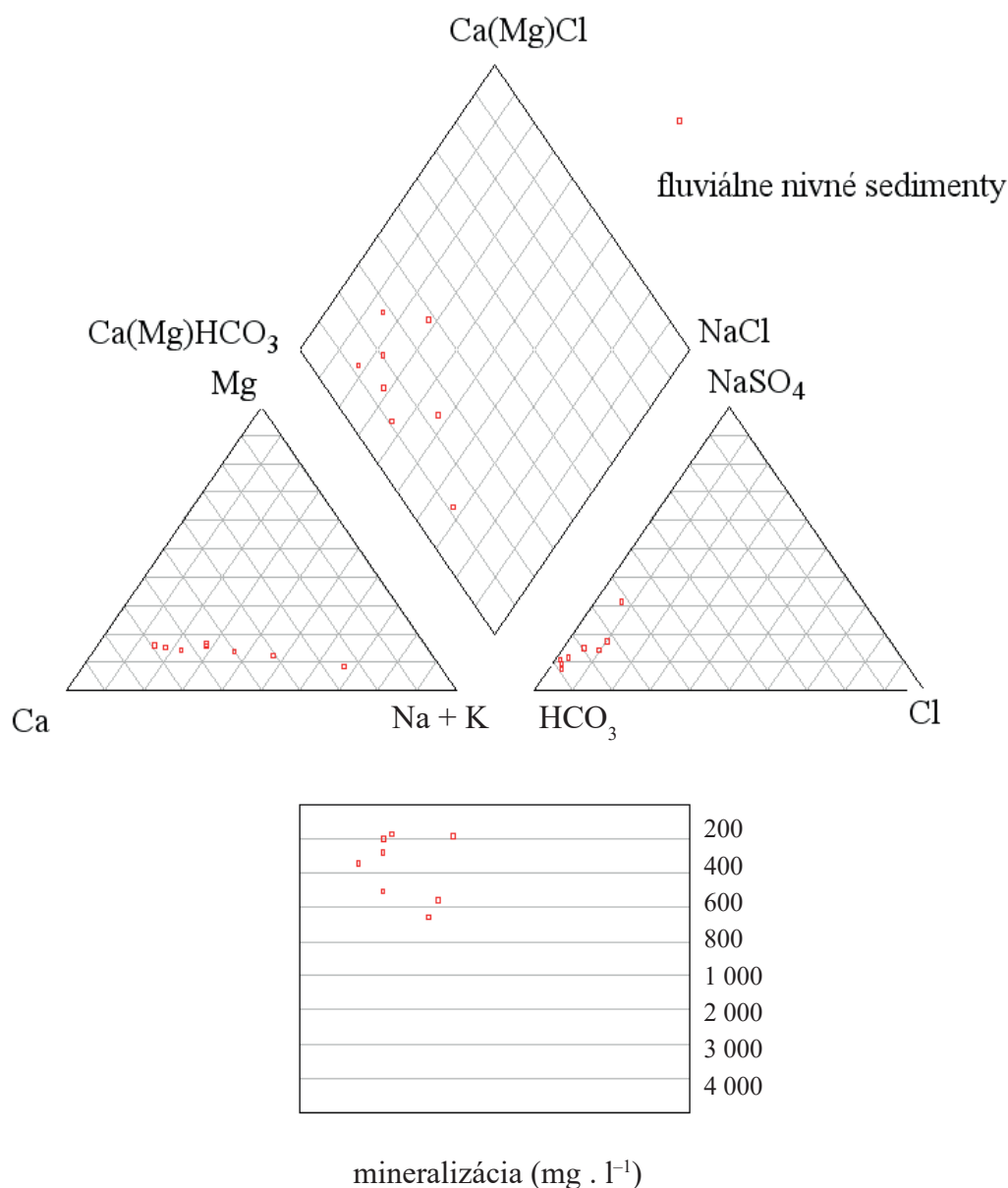
Tab. 6.15. Medzné a odporúčané hodnoty fyzikálno-chemických ukazovateľov dané nariadením vlády č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a podiel meraní nevyhovujúcich týmto požiadavkám.

Zložka	Limitná koncentrácia [mg · l ⁻¹]	Počet prekročení	Počet prekročení [%]	Zložka	Limitná koncentrácia [mg · l ⁻¹]	Počet prekročení	Počet prekročení [%]
Mineralizácia	1 000	2	2,5	F ⁻	1,5	0	0
ChSK _{Mn}	3	10	12,7	Cl ⁻	100	0	0
NH ₄ ⁺	0,5	2	2,5	SO ₄ ²⁻	250	0	0
NO ₂ ⁻	0,5	2	9,5	Mg ²⁺	125	0	0
NO ₃ ⁻	50	7	8,9	PO ₄ ³⁻	1	4	5,1
Parameter							
	Odporúčané hodnoty		Nesplňa počet objektov		Nesplňa počet objektov [%]		
pH	6,5 – 8,5		4		5,1		
O ₂	< 5 (< 50 %)		28		36,4		
Ca ²⁺	< 30 mg · l ⁻¹		34		43,0		
Tvrdosť vody	1,1 – 5,0 mmol · l ⁻¹		33		41,8		

Tab. 6.16. Medzná koncentrácia stopových prvkov daná nariadením vlády č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a podiel meraní nevyhovujúcich týmto požiadavkám.

Zložka	Limitná koncentrácia [mg · l ⁻¹]	Počet prekročení	Počet prekročení [%]	Zložka	Limitná koncentrácia [mg · l ⁻¹]	Počet prekročení	Počet prekročení [%]
Fe _{celk}	0,2	16	20,3	As	0,01	12	15,8
Mn	0,05	17	21,5	Cd	0,003	0	0
Al ³⁺	0,2	17	22,4	Se	0,01	0	0
Al ³⁺ filtrovaný	0,2	0	0	Pb	0,01	0	0
Cr	0,05	0	0	Hg	0,001	1	1,3
Cu	1,0	0	0	Ba	1	0	0
Zn	3	0	0	Sb	0,005	1	1,4

Výskyt **železa** je v podzemnej vode bežný, spravidla však v koncentrácii nižšej ako 0,5 mg · l⁻¹ (Rapant et al., 1996). Jeho prírodná distribúcia vo vode vo všeobecnosti závisí najmä od horninového prostredia jej obehu a oxidačno-redukčných podmienok (výskyt zvýšeného obsahu železa je zvyčajne podmienený anoxickými podmienkami). Medzné hodnoty vo vode určenej na ľudskú spotrebu boli v hodnotenom regióne prekročené na viac ako 20 % odberových miest. Výrazne najvyšší obsah železa (v oboch prípadoch 14 mg · l⁻¹) bol zaznamenaný v podzemnej vode prameňov minerálnej vody v Bukovine a Dolnej Ždani (odberové miesta č. 13 a 31). Vo vrtoch (4 prípady) a studniach (1 prípad) môže mať zvýšená koncentrácia



Obr. 6.16. Upravený Piperov systematizačný diagram podzemnej vody fluviálnych nívnych sedimentov s petrogénno-potamogénnou (petrogénno-fluviogénnou) mineralizáciou.

železa pôvod z ich výstroja. Nadlimitná koncentrácia železa (väčšinou do $0,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) v podzemnej vode prameňov bola okrem uvedenej minerálnej vody zaznamenaná v 9 prípadoch.

Mangán je bežnou chemickou zložkou podzemnej vody. Jeho obsah závisí od horninového prostredia a oxidačno-redukčných podmienok obehu podzemnej vody (výskyt zvýšeného obsahu mangánu je podobne ako v prípade železa zvyčajne podmienený predovšetkým anoxickými podmienkami). Mangán zohráva určitú pozitívnu úlohu pri tvorbe krvi, ale pri trvale zvýšenom prísune do organizmu vyvoláva vážne ochorenie, ktoré sa prejavuje poruchami centrálného nervového systému. Okrem toho môže poškodzovať pečeň a obličky. Medzná hodnota vo vode určenej na ľudskú spotrebu bola na území prekročená podobne ako pri železe na viac ako 20 % odberových miest. Najvyšší obsah mangánu ($1,4$, resp. $1,14 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) bol zaznamenaný v podzemnej vode prameňov minerálnej vody v Bukovine a Dolnej Ždani (odberové miesta č. 13 a 31), v ktorých sa zistila aj najvyššia koncentrácia železa. Nadlimitná koncentrácia mangánu (do $0,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) v oblasti sa zistila okrem uvedenej minerálnej vody aj v 8 vzorkách podzemnej vody prameňov.

Hliník v rozpustenej forme sa vyskytuje vo vyššej koncentrácii zvyčajne vo vode s hodnotou pH nižšou ako 4. To znamená, že v prírodnej, antropogénne neovplyvnenej vode je jeho koncentrácia nízka (v

oblasti Žiarskej kotliny je zvyčajne do $1,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). V neutrálnej oblasti (pH okolo 7) je prítomný vo forme koloidných hydratovaných oxidov. Jeho prítomnosť v organizme môže spôsobovať vážne poruchy zdravia ako encefalopatiu, chudokrvnosť a deformáciu kostí. Medzná hodnota nefiltrovaného hliníka vo vode určenej na ľudskú spotrebu ($0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) bola na území prekročená na viac ako 20 % odberových miest (11 prameňov, 5 domových studní, 1 vrt). Na základe zistení v iných, zväčša antropogénne neovplyvnených alebo len málo ovplyvnených oblastiach, ako sú napr. pohorie Žiar, horská časť stredného Považia, Myjavská pahorkatina, Turčianska kotlina, Veľká Fatra (Černák et al., 2004; Kordík a Slaninka, 2005; Slaninka et al., 2001; Michalko et al., 2005; Malík et al., 2006), je možné v mnohých prípadoch nadlimitnú koncentráciu nefiltrovaného hliníka až do $1,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ považovať za prírodnú. Koncentrácia vyššia ako $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ sa v oblasti zistila v prameni v Kopernici ($2,04 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ – odberové miesto č. 74) a v domovej studni v Lutile ($1,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ – odberové miesto č. 68). V prípade filtrovaných vzoriek obsah hliníka ani v jednom prípade neprekročil medznú hodnotu vody určenej na ľudskú spotrebu.

Hoci sa vo všeobecnosti predpokladá, že hliník má na ľudský organizmus neurotoxické účinky, jeho prítomnosť vo vode má viac-menej len indikačný charakter (aj keď sa uvádza, že hliník je vo vode prítomný v biologicky ľahko dostupnej forme, človek vodou prijme približne len 5 % hliníka). Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) odporúča maximálnu koncentráciu hliníka vo vode $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, nešpecifikuje však, či ide o filtrovaný alebo nefiltrovaný hliník. Na porovnanie, vo vodárenských tokoch sa pripúšťa koncentrácia hliníka až $1,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a v ostatných tokoch až $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ Al. Z dôvodov regionálneho hydrogeochemického významu distribúcie hliníka bol pri zostavovaní hydrogeochemickej mapy uvažovaný nefiltrovaný hliník. V tomto prípade však koncentráciu nefiltrovaného hliníka do zhruba $1,0 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ netreba považovať za reálnu kontamináciu.

V prílohe 9 v rámci chemických rozborov sú priložené rádiohydrochemické rozborov z dvoch objektov. Stanovené hodnoty celkovej aktivity alfa a beta sú nízke a pohybujú sa na úrovni okolo $0,1 \text{ Bq} \cdot \text{l}^{-1}$. Detailnejšie výsledky týkajúce sa rádiochemických ukazovateľov (nie sú predmetom tejto geologickej úlohy) je možné získať zo správy zostavenej v rámci *Súboru regionálnych máp geofaktorov životného prostredia SR v mierke 1 : 50 000 regiónu Žiarskej kotliny a Banskštiavnickej oblasti* (Gomolčák et al., 1993), kde bola veľmi dôkladne spracovaná aj rádiohydrogeochemická mapa ($U_{\text{nat}}, {}^{226}\text{Ra}, {}^{222}\text{Ra}$) s hustotou odberu vzoriek zhruba 1 vz./5 km².

Na základe výsledkov chemických analýz podzemnej vody a ich porovnania s hodnotami ukazovateľov podľa nariadenia vlády č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu, bola plošne vymedzená podzemná voda s dobrou kvalitou (trieda kvality B), resp. podzemná voda so zhoršenými kvalitatívnymi vlastnosťami (triedy kvality E a G).

Na viac ako polovici územia ($54,8 \text{ km}^2$) sa vyskytuje podzemná voda zhoršenej **kvality triedy E** (tab. 6.17). Ide prevažne o centrálnu časť Žiarskej kotliny – oblasť väčšej časti pohronskej nivy, resp. oblasť medzi Žiarom nad Hronom, Lovčicou-Trubínom a Dolnou Trnávku. Podzemná voda kvality triedy E nevyhovuje ukazovateľom nariadenia vlády SR č. 354/2006 najmä v dôsledku vysokej koncentrácie dusíkatých látok a fosforečnanov z poľnohospodárskej činnosti, na niektorých odberových miestach bol zaznamenaný nevyhovujúci obsah ChSK_{Mn} , arzénu a hliníka, resp. nízky obsah rozpusteného O_2 .

Viac ako tretinu územia (36 %) charakterizuje podzemná voda **kvality triedy B** (tab. 6.17). Viaže sa predovšetkým na oblasť neovulkanitov a príľahlej oblasti, v ktorej dominuje podzemná voda so silikátogénnou, resp. karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou. Pre podzemnú vodu kvality triedy B sú typické nízke hodnoty tvrdosti vody (suma obsahu vápnika a horčíka) a celkovej mineralizácie, ktoré sú odrazom nízkej efektivity mineralizačných procesov. Aj napriek týmto vlastnostiam je podzemná voda po jednoduchej úprave vhodná na pitné účely.

Takmer na desatine územia (8,4 %) bola vymedzená podzemná voda **kvality triedy G**. Príčinou zhoršených kvalitatívnych vlastností podzemnej vody tejto skupiny je neprípustná koncentrácia najmä dusičnanov, železa, hliníka, arzénu a ChSK_{Mn} . Plošne je kvalita triedy G vymedzená v oblasti Dolnej Ždane, Hliníka nad Hronom a v páse medzi obcami Lehôtka pod Brehmi a Lovča.

Triedy kvality podzemnej vody zistené na jednotlivých odberových miestach sú uvedené v tab. 6.18. Z prehľadu je zrejmé, že najväčšie zastúpenie má kvalita triedy B (29,1 %). Viac ako tretina vzoriek podzemnej vody sa však vyznačuje zhoršenými kvalitatívnymi vlastnosťami (triedy kvality F, G, H).

Tab. 6.17. Plošné vymedzenie tried kvality podzemnej vody na hydrogeochemickej mape.

Trieda kvality	km ²	%
B	36,0	36,3
E	54,8	55,3
G	8,3	8,4
Spolu	99,1	100

Tab. 6.18. Triedy kvality podzemnej vody zistené na jednotlivých odberových miestach.

Trieda kvality	Počet odberových miest	V percentách z celkového počtu odberových miest
A	7	8,86
B	23	29,1
C	0	0
D	11	13,9
E	11	13,9
F	12	15,2
G	5	6,33
H	10	12,71
Spolu	79	100

Triedy upraviteľnosti podzemnej vody

V rámci zatriedovania podzemnej vody do kategórií upraviteľnosti podľa vyhlášky MŽP SR č. 636/2004, ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody, sa zistilo, že väčšiu časť podzemnej vody tejto oblasti je možné zaradiť do **kategórie upraviteľnosti A3** (podzemná voda zhoršených tried kvality E až H). Podzemná voda tejto skupiny si vyžaduje intenzívnu fyzikálnu a chemickú úpravu, rozšírenú úpravu a dezinfekciu (napríklad chloráciu, koaguláciu, usadzovanie, filtráciu, adsorpciu, prípadne kombináciu fyzikálno-chemických a biologických metód úpravy vody a dezinfekciu). Zdroje podzemnej vody tried kvality A a B a príslušné vymedzené oblasti boli zaradené do **kategórie upraviteľnosti A1**. Tie si vyžadujú zvyčajne len jednoduchú úpravu dezinfekciou alebo jednoduchou fyzikálnou úpravou a dezinfekciou (napríklad rýchla filtrácia a dezinfekcia, prípadne nasýtenie vody kyslíkom a dezinfekcia).

6.4. CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ NAVRHNUTÝCH NA NÁSLEDNÉ PRÁCE V PODROBNEJŠÍCH MIERKACH

Na základe výsledkov hydrogeochemického prieskumu, t. j. súčasného stavu poznania chemického zloženia a kvalitatívnych charakteristík podzemnej vody oblasti, sa pomerne značná časť územia vyznačuje zhoršenými kvalitatívnymi vlastnosťami podzemnej vody. Pri ďalšom prieskume je preto dôležité zamerať pozornosť na zabezpečenie ochrany existujúcich, prípadne nových potenciálnych vodných zdrojov, systematicky ich monitorovať a poukazovať na prípadné nedostatky, resp. náznaky zmien chemického zloženia a režimu podzemnej vody. Špecifický význam má ochrana zdrojov minerálnej vody, z ktorých niektoré využívajú miestni obyvatelia na pitie.

V oblasti Žiarskej kotliny nebolo vymedzené konkrétne územie na následné práce v podrobnejších mierkach, pretože z pohľadu ochrany a zraniteľnosti podzemnej vody si pozornosť v budúcnosti zaslúži celé študované územie.

7. ÚDAJE O MNOŽSTVE A ODBEROCH PODZEMNEJ VODY

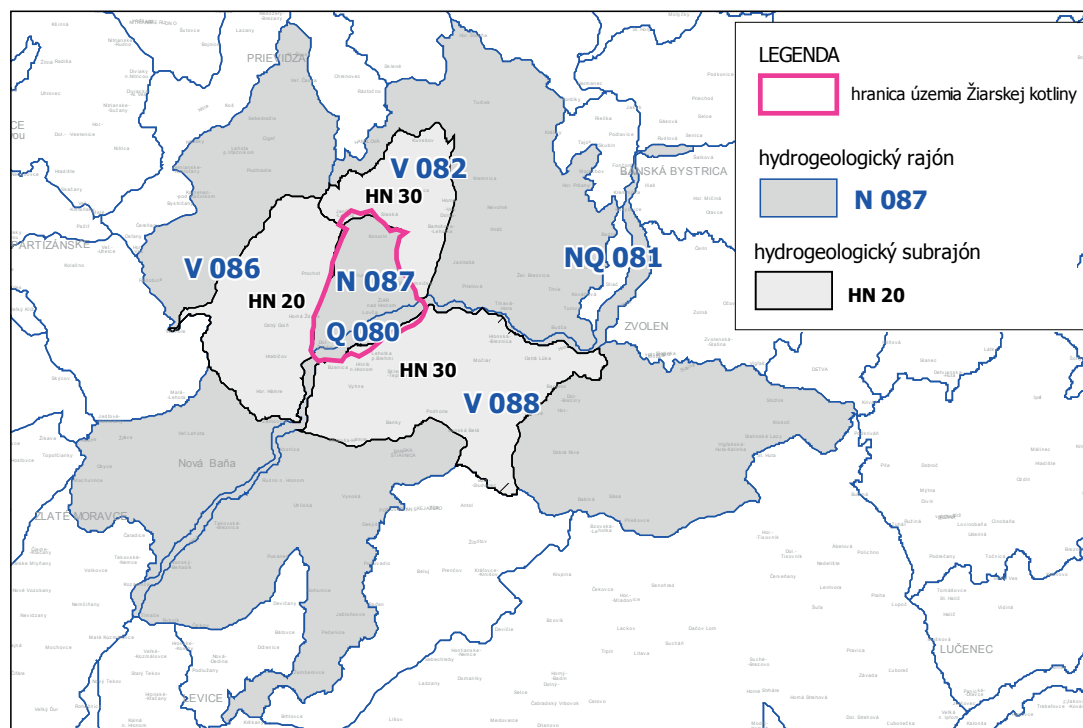
Hlavným zdrojom zásobovania obyvateľov pitnou vodou v území Žiarskej kotliny je Vodárenská nádrž Turček, Pohronský skupinový vodovod – Banská Bystrica a v menšej miere lokálne zdroje podzemnej vody, ako sú vrty, studne a pramene. V území sa nenachádzajú pramene pozorované SHMÚ.

HYDROGEOLOGICKÉ RAJÓNY, ICH VYUŽITELNÉ MNOŽSTVO A ODBERY

Informácie o zásobách sú získané z publikácie SHMÚ v Bratislave *Štátna vodohospodárska bilancia za rok 2006* (Čaučík et al., 2007) a za rok 2007 (Čaučík et al., 2008). Základnou hodnotiacou jednotkou vodohospodárskej bilancie podzemnej vody je hydrogeologický rajón s jeho následným detailným členením na subrajóny a čiastkové rajóny (obr. 7.1). Takmer celé územie Žiarskej kotliny tvorí hydrogeologický rajón N 087 *Neogén Žiarskej kotliny* a v menšej miere rajón Q 080 *Kvartér nivy Hrona a Slatiny od Slovenskej Lupče po Tlmače*. Ostatné rajóny zasahujú do územia iba okrajovo.

Žiarska kotlina patrí k územiám s relatívne nízkymi využiteľnými zdrojmi podzemnej vody ($74 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) a podzemná voda sa tu podľa posledných údajov SHMÚ využíva veľmi málo ($2,69 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ v roku 2007). V roku 2007 klesol odber podzemnej vody o $0,34 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ oproti roku 2006.

Prehľad využiteľného množstva a odberov podzemnej vody v hydrogeologických rajónoch v rokoch 2006 a 2007 podáva tabuľka 7.1. Detailné hodnotenie využiteľného množstva a odberov v jednotlivých subrajónoch je v tabuľke 7.2.



Obr. 7.1. Hydrogeologické rajóny a subrajóny v Žiarskej kotlině (zdroj: SHMÚ Bratislava, 2008).

Tab. 7.1. Bilančný stav v hydrogeologických rajónoch Žiarskej kotliny v roku 2006 a 2007 (zdroj: *Vodohospodárska bilancia SR*, SHMÚ; Čaučík et al., 2007; Čaučík et al., 2008).

Označenie rajónu	Názov hydrogeologického rajónu	Plocha rajónu [km ²]	Využ. množstvo [l . s ⁻¹]	Z toho geoterm. voda [l . s ⁻¹]	Odber 2006 [l . s ⁻¹]	Odber 2007 [l . s ⁻¹]	Z toho geoterm. voda 2007 [l . s ⁻¹]	Bilančný stav 2006	Bilančný stav 2007
N 087	Neogén Žiarskej kotliny	75,7	74	39	3,03	2,69		dobry	dobry
Q 080	Kvartér nivy Hrona a Slatiny od Slovenskej Lupče po Tlmače	80,50	234		17,63	22,00		dobry	dobry
V 082	Neovulkanity Kremnických vrchov	502,10	444,40		28,88	30,07		dobry	dobry
V 086	Neovulkanity pohorí Vtáčnik a Pohronský Inovec	622,4	443,11		52,46	46,99		dobry	dobry
V 088	Neovulkanity s. svahov Štiavnických vrchov a Javoria	1 003,2	587,90	26,3	149,96	127,45	4,44	uspo- kojivý	dobry

Tab. 7.2. Využitelné množstvo a odbery podzemnej vody v hydrogeologických rajónoch a subrajónoch Žiarskej kotliny v roku 2007 (zdroj: *Vodohospodárska bilancia SR*, SHMÚ; Čaučík et al., 2008).

N 087 – NEOGÉN ŽIARSKEJ KOTLINY							
Subrajón povodia Hrona							
Plocha: 75,7 km ²							
Využitelné množstvo podzemnej vody: 35 l . s ⁻¹							
Odber: 2,69 l . s ⁻¹							
Bilančný stav: dobrý							
Bilančný profil: 5 600 Žiar nad Hronom							
Využitelné množstvo							
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využitelnosť	Bilančný stav
Rozptýlené lokálne zdroje	ZH	III.	2	O	0,89	V3	uspokojivý
Bilančný profil: 6 425 Hron – Tekovská Breznica							
Využitelné množstvo							
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využitelnosť	Bilančný stav
Janova Lehota	ZH	C2 III.	3,00 1,00	V O	0,00	V2	dobry
Kosorín	ZH	C2 III.	5,30 2,00	CA, CO O	0,00	V3	dobry
Lovčica-Trubín	ZH	C2	2,40	CA, O	0,73	V2	uspokojivý
Žiar nad Hronom	ZH	C2 III.	2,40 2,00	CO, CA O	0,00	V2	dobry
Lutila	ZH	C2	2,40	CA	0,04	V2	dobry
Rozptýlené lokálne zdroje	ZH	C2 II. III.	1,50 1,00 10,00	CA N, O O	1,03	V3	

Tab. 7.2 – pokračovanie.

Q 080 – KVARTÉR NIVY HRONA A SLATINY OD SLOVENSKEJ LUPČE PO TLMAČE							
Subrajón povodia Hrona							
Plocha: 80,5 km ²							
Využiteľné množstvo podzemnej vody: 234 l . s ⁻¹							
Odber: 22 l . s ⁻¹							
Bilančný stav: dobrý							
Bilančný profil: 5 600 Žiar nad Hronom							
				Využiteľné množstvo			
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využiteľnosť	Bilančný stav
Šášovské Podhradie	ZH	C2	31	CO	0,00	V2	dobrý
Bilančný profil: 6 425 Hron – Tekovská Breznica							
				Využiteľné množstvo			
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využiteľnosť	Bilančný stav
Žiar nad Hronom	ZH	C2	20,30	N	0,00	V2	dobrý
Ladomerská Vieska – Horné Opatovce	ZH	C2	35,00	O	15,23	V4	uspokojivý
Bzenica	ZH	C2	14,10	O	0,10	V2	dobrý
Žarnovica	ZH	C2	43,30	N, O	0,00	V2	dobrý
Nová Baňa	ZH	C2	10,00	O	0,24	V2	dobrý
Tekovská Breznica	ZH	C2	9,20	N	1,01		dobrý
Rozptýlené lokálne zdroje	ZH	C2	2,60	N	2,50	V2	

Pozn.: Ostatné bilančné profily hydrogeologického rajónu Q 080 sú mimo hodnoteného územia, a preto ich neuvádzame.

V 088 – NEOVULKANITY S. SVAHOV ŠTIAVNICKÝCH VRCHOV A JAVORIA							
Subrajón povodia Hrona							
Plocha: 897,80 km ²							
Využiteľné množstvo podzemnej vody: 548,00 l . s ⁻¹							
Odber: 119,65 l . s ⁻¹							
Bilančný stav: dobrý							
HN 30 – čiastkový rajón neovulkanitov medzi Žarnovicou a Ostrou Lúkou							
Plocha: 265,8 km ²							
Využiteľné množstvo podzemnej vody: 73,00 l . s ⁻¹							
Odber: 11,20 l . s ⁻¹							
Bilančný stav: dobrý							
Bilančný profil: 5 600 Žiar nad Hronom							
				Využiteľné množstvo			
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využiteľnosť	Bilančný stav
Dobrá Niva	ZH	I.	8,00	O	0,00	V2	dobrý
Ladomerská Vieska	ZH	I. II.	5,00 3,00	O	0,00	V3	dobrý

Tab. 7.2 – pokračovanie.

Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využitelnosť	Bilančný stav
Banský Studenec	BS	II.	12,00	V, O	1,76	V3	dobry
Rozptýlené lokálne zdroje	Zv, ZH BS	II. III.	5,00 4,00	O, V O, N	1,74	V3	
<u>Bilančný profil: 6 425 Hron – Tekovská Breznica</u>							
Využitelné množstvo							
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využitelnosť	Bilančný stav
Vyhne	ZH	C1 II.	13,00 2,00	R, CA V	2,18	V2	dobry
Rozptýlené lokálne zdroje	ZH	II. III.	13,00 4,00	O, V O	5,52	V2	

Pozn.: Ostatné bilančné profily hydrogeologického rajónu Q 080 sú mimo hodnoteného územia, a preto ich neuvádzame.

V 082 – NEOVULKANITY KREMICKÝCH VRCHOV							
Subrajón povodia Hrona							
Plocha: 379,80 km ²							
Využitelné množstvo podzemnej vody: 354,90 l . s ⁻¹							
Odber: 22,18 l . s ⁻¹							
Bilančný stav: dobrý							
HN 30 – čiastkový rajón západnej časti pohoria							
Plocha: 108,10 km ²							
Využitelné množstvo podzemnej vody: 95,3 l . s ⁻¹							
Odber: 5,09 l . s ⁻¹							
Bilančný stav: dobrý							
<u>Bilančný profil: 5 600 Žiar nad Hronom</u>							
Využitelné množstvo							
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využitelnosť	Bilančný stav
Janova Lehota	ZH	C1 C2	28,90 6,40	V, O, B O, V	1,83	V2	dobry
Slaská	ZH	C1 C2	16,00 10,20	V, O O, V	2,20	V2	dobry
Rozptýlené lokálne zdroje	ZH	C1 C2	6,10 23,00	O, V	0,76	V2	
<u>Bilančný profil: 6 425 Hron – Tekovská Breznica</u>							
Využitelné množstvo							
Názov lokality	Okres	Kat.	Množstvo [l . s ⁻¹]	Kvalita	Odber [l . s ⁻¹]	Využitelnosť	Bilančný stav
Rozptýlené lokálne zdroje	ZH	C1 C2	3,00 1,70	V V, O	0,30	V2	

Charakteristika hodnotených kategórií

Využitelné množstvo je zatriedené do ôsmich kategórií. Kategórie A, B, C, C1 a C2 predstavujú využitelné množstvo podzemnej vody schválené komisiou na klasifikáciu zdrojov a zásob podzemnej vody. V ostatných kategóriách sú zaradené doteraz neschválené zdroje zdokumentované na základe hydrogeo-

logických prieskumov a výskumov a expertné posúdenie lokalít riešiteľom hydrogeologického rajónu – spracovateľom podrobných bilancií v SHMÚ (I, II, III, odhad).

Katégorie A, B, C1 a C2 boli definované v *Zásadách pre klasifikáciu zásob podzemných vôd* vydaných na základe uznesenia vlády č.159/1967. V roku 2000 Ministerstvo životného prostredia SR schválilo vyhlášku č. 141. Jej súčasťou je aj príloha 3 o postupe a spôsobe výpočtu množstva podzemnej vody, ktorá stanovuje zisťovanie množstva podzemnej vody už len v troch kategóriách – A, B a C – v závislosti od podrobnosti ich overenia.

V študovanej oblasti sa vyskytuje iba kategória C a okrem kategórií schvaľovaných spomenutou komisiou z ostatného využiteľného množstva podzemnej vody sa vyskytujú aj stupne I, II a III.

Kategória C v zmysle vyhlášky MŽP č. 141 reprezentuje zdroje a zásoby podzemnej vody stanovené vo väzbe na prírodné zdroje z hľadiska perspektívneho využitia a zabezpečenia ich kvality. Sú stanovené na základe dostupných údajov z hydrogeologických prieskumov, sledovania kvantitatívnych parametrov, základného overenia kvality v širších regionálnych súvislostiach a hydrogeologických aspektov ochrany množstva a kvality podzemnej vody. Kategória C1 reprezentuje zdroje a zásoby podzemnej vody stanovené podľa najmenej dvojročného sledovania kvantitatívnych parametrov a základného overenia kvality, geologických a hydrogeologických pomerov.

Kategória C2 reprezentuje zdroje a zásoby podzemnej vody stanovené na základe doterajších geologických, hydrogeologických, hydrochemických a iných poznatkov, preskúmanosti, režimového sledovania, prípadne hlásení o využívaní zdroja.

Stupeň I – reprezentuje využiteľné množstvo podzemnej vody stanovené na základe podkladových údajov s veľmi dobrou spoľahlivosťou.

Stupeň II – reprezentuje využiteľné množstvo podzemnej vody stanovené na základe podkladových údajov s primeranou spoľahlivosťou.

Stupeň III – reprezentuje využiteľné množstvo podzemnej vody stanovené na základe podkladových údajov s nižšou spoľahlivosťou.

Katégorie preskúmanosti hydrogeologického rajónu ako celku:

P1 – hydrogeologický rajón s vysokým stupňom hydrogeologickej preskúmanosti,

P2 – hydrogeologický rajón s dobrou hydrogeologickou preskúmanosťou,

P3 – hydrogeologický rajón s priemernou hydrogeologickou preskúmanosťou,

P4 – hydrogeologický rajón so slabou hydrogeologickou preskúmanosťou,

P5 – hydrogeologický rajón s nedostatočnou hydrogeologickou preskúmanosťou.

Hlavička bilančnej tabuľky:

Názov lokality: obsahuje názvy významných vodohospodárskych lokalít, resp. oblastí.

Okres: rámcovo začleňuje lokalitu do administratívneho členenia SR.

Kategória: kvantitatívna kategória využiteľného množstva podzemnej vody.

Množstvo: obsahuje kvantitatívne údaje o využiteľnom množstve podzemnej vody v $l \cdot s^{-1}$.

Kvalita: podáva kvalitatívnu charakteristiku využiteľného množstva hodnotenej kvality podľa dostupných údajov:

O – kvalita nehodnotená,

V – kvalita vyhovuje STN,

F – fyzikálne znečistenie,

CA – chemické znečistenie – anorganické,

CO – chemické znečistenie – organické,

CS – chemické znečistenie – stopové prvky,

B – bakteriologické a biologické znečistenie,

R – rádioaktívna kontaminácia,

N – kombinované znečistenie.

Odber: udáva sumárny odber v $l \cdot s^{-1}$ z danej lokality podľa údajov ročných hlásení a kontrol SHMÚ.

Využitelnosť: obsahuje charakteristiku využiteľnosti vodohospodárskych lokalít zohľadňujúcu zdokumentovanie, súčasné využívanie, kvalitu, prístupnosť a možnosti ochrany podzemnej vody:

- V1 – lokalita (zdroj) vodohospodársky nevyužitá alebo len čiastočne využitá, s dobre zdokumentovanými využitelnými zdrojmi podzemnej vody na základe hydrogeologických prieskumov, s vyhovujúcou kvalitou,
- V2 – lokalita (zdroj) nevyužitá alebo len čiastočne využitá, s dobre zdokumentovanými zdrojmi nevyhovujúcej kvality alebo nevyhovujúcimi z hľadiska prístupnosti a možnosti ochrany,
- V3 – lokalita (zdroj) nevyužitá alebo len čiastočne využitá, s nedostatočne zdokumentovanými zdrojmi, na vodohospodárske využitie nutná realizácia doplňujúcich hydrogeologických prieskumov.

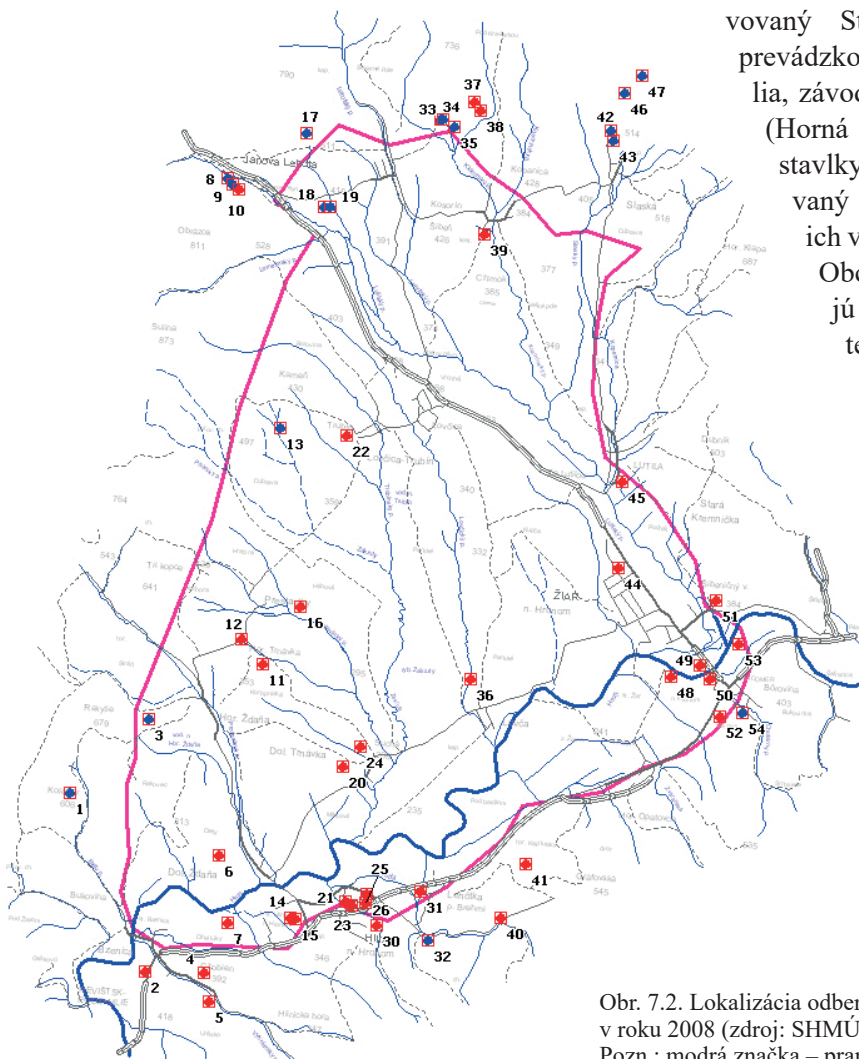
Bilančný stav: vzájomný pomer stanovených hodnôt využiteľného množstva a odberov podzemnej vody – je určujúcim faktorom bilančného stavu v hodnotenom bilančnom celku a lokalite.

VYUŽÍVANÉ VODNÉ ZDROJE, ICH VÝDATNOSŤ A ODBERY

Údaje o odberoch podzemnej vody realizovaných na vodných zdrojoch v roku 2008 poskytol SHMÚ v Bratislave a Stredoslovenská vodárenská prevádzková spoločnosť, a. s. – Veolia, závod v Žiari nad Hronom. Ich hodnoty sú uvedené v tabuľkách 7.3 a 7.4. Pozície jednotlivých vodných zdrojov sú zobrazené na obrázku 7.2.

Na základe informácií, ktoré podali zamestnanci Stredoslovenskej vodárenskej prevádzkovej spoločnosti, a. s. – Veolia (StVPS), je v oblasti Žiarskej kotliny 10 obcí zásobovaných lokálnymi zdrojmi podzemnej vody, ostatné obce využívajú zdroje vzdialenejších hydrogeologických rájónov prostredníctvom vodovodu Turček alebo Pohronského skupinového vodovodu Banská Bystrica (tab. 7.5).

Z toho 5 obcí využíva vodovod spravovaný Stredoslovenskou vodárenskou prevádzkovou spoločnosťou, a. s. – Veolia, závod Žiar nad Hronom. Štyri obce (Horná Ždaňa, Dolná Trnávka, Prestavky, Horná Trnávka) majú vybudovaný vlastný vodovod, ktorý je pod ich vlastnou samosprávou (tab. 7.5). Obce Lovča a Dolná Ždaňa nemajú vybudovaný vodovod a obyvatelia využívajú miestne studne. Hliník nad Hronom a Lehôtka pod Brehmi sa zásobujú vodou zo skupinového vodovodu Turček – Kremnica – Žiar nad Hronom (TKŽ). Mesto Žiar nad Hronom a Ladozerská Vieska sú prevažne zásobované vodou z vodovodu TKŽ a Pohronským skupinovým vodovodom (PSV) Banská Bystrica.



Obr. 7.2. Lokalizácia odberov podzemnej vody v Žiarskej kotlině v roku 2008 (zdroj: SHMÚ Bratislava, 2008).
Pozn.: modrá značka – pramene, červená značka – vrty.

Tab. 7.3. Vodárensky využívané zdroje podzemnej vody a odoberané množstvo podzemnej vody v Žiarskej kotline v roku 2008 (zdroj: SHMÚ, 2009).

ID	X	Y	Kód hydrofondu	Lokalita	Názov zdroja	HG rajón	Odber 2008 [m ³]	Odpad 2008 [m ³]	Priemerný odber 2008 [l · s ⁻¹]	Priemerný odpad 2008 [l · s ⁻¹]	Odberateľ	Adresa odberateľa
1	-450 755,40	-1 246 198,00	394 579	Dolná Ždaňa	Premeň pod čerešňou	086 HN 20	2 496	3 904	0,08	0,12	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
2	-449 433,30	-1 249 348,00	394 803	Bzenica	Vŕtaná studňa	080 HN 00	0	0	0,00	0,00		
3	-449 372,30	-1 244 897,00	393 104	Horná Ždaňa	Záchytný prameň	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
4	-448 399,90	-1 249 371,00	396 702	Bzenica	Vrt HVH-2	088 HN 30	127 775	0	4,05	0,00	Pivovar Steiger, a. s.	Výhne 24
5	-448 299,90	-1 249 871,00	391 901	Bzenica	Vŕtaná studňa	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		
6	-448 127,80	-1 247 295,00	394 801	Dolná Ždaňa	Vŕtaná studňa HVZ	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
7	-447 983,60	-1 248 488,00	392 501	Bzenica	Kopaná studňa	080 HN 00	0	0	0,00	0,00	PHS Strojárne, a. s.	Hliník nad Hronom
8	-447 979,30	-1 235 340,00	394 539	Janova Lehota	Prameň Chatky	082 HN 30	0	0	0,00	0,00		
9	-447 879,30	-1 235 440,00	394 567	Janova Lehota	Prameň Nový	082 HN 30	0	0	0,00	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
10	-447 779,30	-1 235 540,00	394 523	Janova Lehota	Vrt Déterov mlyn	082 HN 30	19 240	0	0,61	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
11	-447 739,00	-1 243 468,19	393 105	Horná Trnávka	Vŕtaná studňa	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
12	-447 349,50	-1 243 924,00	396 802	Horná Trnávka	Vrt HT-1	087 HN 00	4 800	0	0,15	0,00	obecný úrad	Prestavky
13	-447 046,19	-1 239 741,00	392 902	Lovčica-Trubín	Prameň	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
14	-446 883,60	-1 248 388,00	394 545	Hliník nad Hronom	Vrt VHR-1	080 HN 00	0	0	0,00	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
15	-446 783,00	-1 248 420,00	397 201	Hliník nad Hronom	Studňa	080 HN 00	0	0	0,00	0,00		
16	-446 706,80	-1 242 906,70	396 801	Prestavky	Vrt HVP-1	087 HN 00	18 720	0	0,59	0,00	obecný úrad	Prestavky
17	-446 579,30	-1 234 540,00	390 401	Janova Lehota	Prameň	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
18	-446 279,30	-1 235 840,00	394 546	Janova Lehota	Prameň Chatky 2	087 HN 00	7 840	3 218	0,25	0,10	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
19	-446 179,30	-1 235 840,00	394 522	Janova Lehota	Prameň Chatky 1	087 HN 00	14 960	3 208	0,47	0,10	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
20	-445 957,66	-1 245 718,00	397 101	Dolná Trnávka	Studňa	087 HN 00	8 767	0	0,28	0,00	obecný úrad	Dolná Trnávka
21	-445 914,90	-1 248 099,00	394 518	Hliník nad Hronom	Vrt KSH-4, KSH-5	088 HN 30	0	0	0,00	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
22	-445 876,70	-1 239 869,00	392 901	Lovčica-Trubín	Kopaná studne	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
23	-445 785,10	-1 248 181,00	392 503	Hliník nad Hronom	Kopaná studňa KSH-1	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		
24	-445 633,30	-1 245 372,00	393 102	Dolná Trnávka	Kopaná studňa	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
25	-445 557,00	-1 248 124,00	392 504	Hliník nad Hronom	Kopaná studňa KSH-2	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		
26	-445 537,40	-1 247 978,00	392 505	Hliník nad Hronom	Kopaná studňa KSH-3	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		

Tab. 7.3 - pokračovanie.

ID	X	Y	Kód hydrofondeu	Lokalita	Názov zdroja	HG rajón	Odber 2008 [m ³]	Odpad 2008 [m ³]	Priemerný odber 2008 [l . s ⁻¹]	Priemerný odpad 2008 [l . s ⁻¹]	Odberateľ	Adresa odberateľa
27	-445 358,44	-1 248 528,25	396 501	Hliník nad Hronom	Kopaná studňa KSH-1	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		
28	-445 358,44	-1 248 528,25	396 502	Hliník nad Hronom	Kopaná studňa KSH-3	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		
29	-445 358,44	-1 248 528,25	394 802	Hliník nad Hronom	Záchytný prameň	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		
30	-445 358,44	-1 248 528,25	395 501	Hliník nad Hronom	Tri studne	080 HN 00	0	0	0,00	0,00		
31	-444 569,80	-1 247 937,00	394 517	Lehôtka pod Brehmi	Starý vrt	088 HN 30	0	0	0,00	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
32	-444 459,20	-1 248 786,00	392 616	Lehôtka pod Brehmi	Prameň Ladienka	088 HN 30	0	58 013	0,00	1,84	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
33	-444 226,20	-1 234 290,00	392 614	Kosorín	Prameň 1 Podháj	082 HN 30	0	11 172	0,00	0,35	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
34	-444 180,20	-1 234 290,00	392 615	Kosorín	Prameň 2 Borovina	082 HN 30	0	8 680	0,00	0,28	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
35	-443 976,20	-1 234 440,00	394 547	Kosorín	Prameň Pod dubom	087 HN 00	0	0	0,00	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
36	-443 691,30	-1 244 180,00	394 805	Lovča	Kopaná studňa	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
37	-443 636,40	-1 233 980,00	394 515	Kosorín	Vrt VT-8	082 HN 30	15 100	0	0,48	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
38	-443 516,00	-1 234 154,00	394 511	Kosorín	Vrt HKZ-3	082 HN 30	0	0	0,00	0,00		
39	-443 448,80	-1 236 334,00	390 402	Kosorín	Vrtaná studňa	087 HN 00	0	0	0,00	0,00		
40	-443 159,20	-1 248 386,00	394 516	Sklené Teplice	Vrt HHL-2	088 HN 30	0	0	0,00	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
41	-442 736,59	-1 247 450,25	361 203	Lehôtka pod Brehmi	HG Vrt LB-1	088 HN 30	561	0	0,02	0,00	KERKO, a. s., záv. Ťažba a úprava surovín	Košice
42	-441 216,70	-1 234 488,00	394 514	Slaská	Vrt HKB-1	082HN30	7 000	0	0,22	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
43	-441 180,10	-1 234 673,00	394 512	Slaská	Vrt HKB-5	082HN30	25 260	0	0,80	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
44	-441 100,50	-1 242 225,20	390 504	Žiar nad Hronom	Vrt P-20	087 HN 00	144	0	0,00	0,00	poľnohospodárske družstvo	Žiar nad Hronom
45	-441 034,50	-1 240 686,20	390 503	Lutila	Vrt HZ-2	087 HN 00	1 131	0	0,04	0,00	poľnohospodárske družstvo	Žiar nad Hronom
46	-440 981,80	-1 233 831,00	394 513	Slaská	Vrt HKB-4	082 HN 30	8 620	0	0,27	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
47	-440 681,80	-1 233 531,00	394 527	Slaská	HV-4 Teplý vrt	082 HN 30	11 400	0	0,36	0,00	Veolia – StVPS, a. s.	Žiar nad Hronom
48	-440 176,10	-1 244 145,00	392 402	Horné Opatovce	Studňa	080 HN 00	489 931	0	15,54	0,00	DALKIA INDUSTRY Žiar nad Hronom, a. s.	Žiar nad Hronom
49	-439 659,30	-1 243 944,00	392 601	Žiar nad Hronom	St. Farská lúka 1 – 4	080 HN 00	0	0	0,00	0,00		

Tab. 7.3 - pokračovanie.

ID	X	Y	Kód hydrofondu	Lokalita	Názov zdroja	HG rajón	Odber 2008 [m ³]	Odpad 2008 [m ³]	Priemerný odber 2008 [l . s ⁻¹]	Priemerný odpad 2008 [l . s ⁻¹]	Odberateľ	Adresa odberateľa
50	-439 485,90	-1 244 182,00	392 401	Ladomerská Vieska	Studňa č. 1 HUV	080 HN 00	0	0	0,00	0,00	DALKIA INDUSTRY Žiar nad Hronom, a. s.	Žiar nad Hronom
51	-439 376,90	-1 242 781,00	390 501	Žiar nad Hronom	Vŕtaná studňa	082 HN 30	4 446	0	0,14	0,00	poľnohospodárske družstvo	Žiar nad Hronom
52	-439 301,10	-1 244 844,00	392 403	Ladomerská Vieska	Studňa	088 HN 30	29 259	0	0,93	0,00	DALKIA INDUSTRY Žiar nad Hronom, a. s.	Žiar nad Hronom
53	-438 986,80	-1 243 557,00	392 605	Ladomerská Vieska	Ľavobrežné studne	080 HN 00	0	0	0,00	0,00		
54	-438 911,10	-1 244 775,00	392 607	Ladomerská Vieska	Prameň	088 HN 30	0	0	0,00	0,00		

Tab. 7.4. Výdatnosť vodárensky využívaných vodných zdrojov v Žiarskej kotline v roku 2008 (zdroj: Veolia – StVPS, o. z., Žiar nad Hronom).

Lokalita	Zdroj	Názov vodovodu	Q min. [l . s ⁻¹]	Q max. [l . s ⁻¹]	Q priem. [l . s ⁻¹]
Janova Lehota	Pri kamennom múre	Janova Lehota	0,15	1,50	0,66
Janova Lehota	Pod Lalíkom – dolný	Janova Lehota	0,39	1,10	0,51
Janova Lehota	Nový prameň	Janova Lehota	0,00	0,50	0,25
Dérerov mlyn	Chatky 1	Lovčica-Trubín	0,45	0,8	0,58
Dérerov mlyn	Chatky 2	Lovčica-Trubín	0,30	0,45	0,35
Dérerov mlyn	Vrt HDM-1	Lovčica-Trubín	–	–	–
Biela dolina	Podháj	Kosorín	0,30	0,60	0,35
Biela dolina	Borovina	Kosorín	0,10	0,4	0,28
Biela dolina	Vrt VT-8	Kosorín	–	–	–
Slaská	Vrt HKB-1	Žiar nad Hronom	–	–	–
Slaská	Vrt HKB-4	Žiar nad Hronom	–	–	–
Slaská	Vrt HKB-5	Žiar nad Hronom	–	–	–
Slaská	Vrt HKZ-3	Žiar nad Hronom	–	–	–

Tab. 7.5. Typ zásobovania obyvateľov v Žiarskej kotline (zdroj: Veolia – StVPS, o. z., Žiar nad Hronom, 2009).

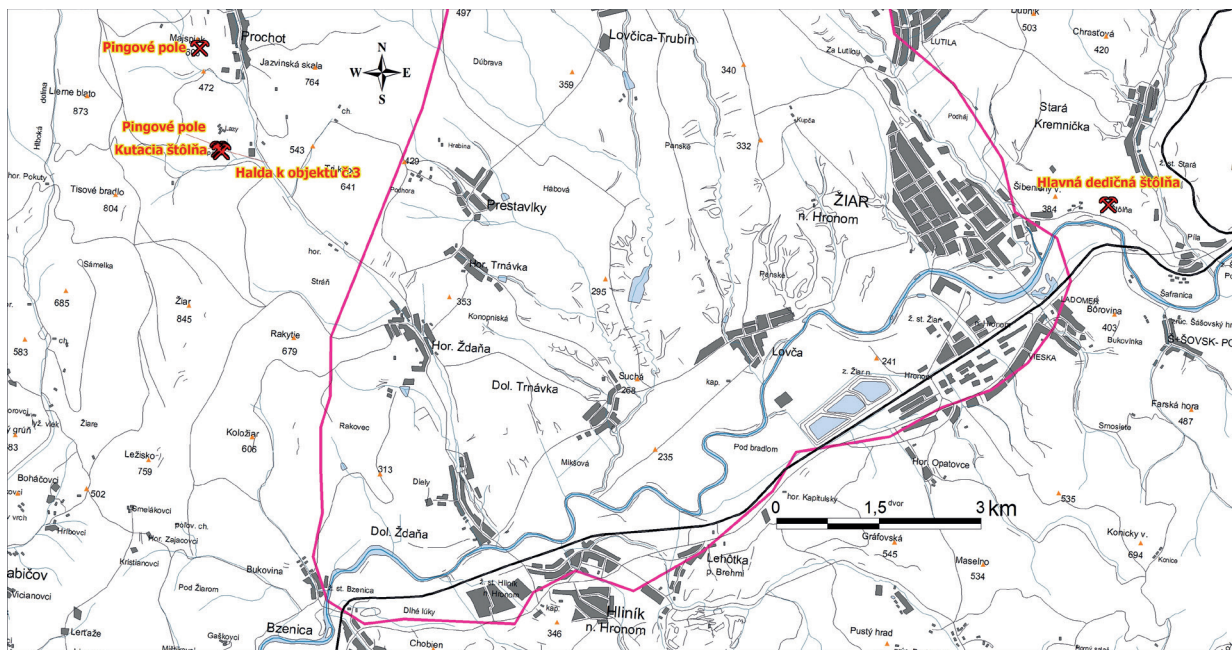
Lokalita	Typ zásobovania	Typ zdroja vody	Prevádzkovateľ verejného vodovodu
Janova Lehota	verejný vodovod	3 pramene	Veolia Žiar n. Hronom
Lovčica-Trubín	verejný vodovod	1 vrt, 2 pramene	Veolia Žiar n. Hronom
Kosorín	verejný vodovod	1 vrt, 2 pramene	Veolia Žiar n. Hronom
Slaská	verejný vodovod	4 vrty	Veolia Žiar n. Hronom
Lutila	verejný vodovod	4 vrty	Veolia Žiar n. Hronom
Dolná Ždaňa	studne		
Lovča	studne		
Horná Ždaňa	verejný vodovod + studne	1 vrt	obec
Dolná Trnávka	verejný vodovod	1 vrt	obec
Prestavky + Horná Trnávka	verejný vodovod	2 vrty	obec
Hliník nad Hronom	vodovod TKŽ		Turček
Lehôtka pod Brehmi	vodovod TKŽ		Turček
Žiar nad Hronom	vodovod TKŽ + Pohron. sk. vod. – B. B.		Turček a PSV B. B.
Ladomerská Vieska	vodovod TKŽ + Pohron. sk. vod. – B. B.		Turček a PSV B. B.
Závod SNP	vlastné vrty		Závod SNP

8. BANSKÁ VODA

V študovanom území sa nenachádzajú banské diela, z ktorých by boli zdokumentované výtoky vody. V blízkosti územia sa nachádzajú banské diela v okolí obcí Prochot a Stará Kremnička (obr. 8.1).

Banské diela v okolí obce Prochot sú vzdialené asi 3 km západne od obce Horná Ždaňa. Ide o pingové pole na ploche 40 x 15 m, pod ktorým sa nachádza kutacia štôlnia (2 x 3 x 3 m) s haldou s rozmermi 5 x 3 x 1 m.

Južne od obce Stará Kremnička je do povrchového toku Hron vyústená kremnická dedičná štôlnia. Odvodňuje banské priestory a do nej ústi aj odpad podzemnej hydroelektrárne v Kremnici. Voda používaná na pohon hydroelektrárne je z Turčeckého vodovodu, ktorý privádza vodu z povodia Turca do povodia Hrona. Celková dĺžka privodného vodovodu od prameňa (Studená dolina) až po vyústenie do akumuláčnej nádrže prvého stupňa elektrárne je 17 411 m a má prevýšenie 62 m. Celá trasa až po Hron je dlhá 34 405 m a má prevýšenie 587 m. Na trase Turčeckého vodovodu je 9 štôlní, dve akumuláčnej nádrže vody, usadzovacia a vyrovnávacia nádrž, tri stupne vodných elektrární a šachta s hĺbkou 245 m (www.kremnica.sk).



Obr. 8.1. Banské diela v okolí Žiarskej kotliny.

9. MINERÁLNA A GEOTERMÁLNA VODA

Žiarska kotlina je známa výskytom minerálnej vody a vzhľadom na vhodné hydrogeotermálne pomery má veľký potenciál aj z hľadiska výskytu geotermálnej vody v horninách predterciérneho podložia.

Minerálna voda sa nachádza v jz. a s. časti študovaného územia v oblasti Bukovina – Dolná Ždaňa a Lovčica-Trubín (tab. 9.1 a 9.2, obr. 9.3 a 9.4). Jedným z významných genetických faktorov uplatňujúcich sa lokálne pri tvorbe chemického zloženia podzemnej vody študovaného územia je hlbinný (juvenilný v širšom zmysle slova) CO₂, privádzaný hlavne prostredníctvom zlomov obmedzujúcich z. okraj Žiarskej kotliny (Škvarka a Gazda, 1974). V tomto priestore hlbinný CO₂ podmieňuje vznik niekoľkých, málo výdatných prameňov uhličitej minerálnej vody (širšie okolie Trubína, Dolnej Ždane a Bukoviny). Jej formovanie prebieha tak, že CO₂ vystupujúci z hĺbky po tektonických zlomoch sýti podzemnú vodu v horninovom prostredí sedimentárneho neogénu a neovulkanitov, čo sa prejavuje nárastom zložky Al a zvýšeným obsahom H₂SiO₃.

Tab. 9.1. Minerálna voda Žiarskej kotliny.

Lokalita	Označenie zdroja	Charakter zdroja	Teplota vody [°C]	Mineralizácia [mg · l ⁻¹]	CO ₂ [mg · l ⁻¹]	Chemický typ	Stav
Bukovina	ŽR-02	prameň	10,2	1 374,32	1 423,0	Ca–Mg–(Na)–HCO ₃	existuje
Bukovina	ŽR-03	prameň	11,5	3 365,66	1 431,4	Ca–Mg–(Na)–HCO ₃	existuje
Bukovina	ŽR-04	prameň	9,5	1 154,64	2 106	Ca–Mg–(Na)–HCO ₃	existuje
Dolná Ždaňa	ŽR-05	prameň	10,0	966,25	1 050	Ca–Mg–Na–HCO ₃	zaniknutý
Dolná Ždaňa	ŽR-05A	studňa		902,34	1 050	Ca–Mg–Na–HCO ₃	zaniknutý
Dolná Ždaňa	ŽR-06	prameň	12	703,83	1 650	Ca–Mg–(Na)–HCO ₃	existuje
Dolná Ždaňa	ŽR-07	prameň		591,70	1 775	Ca–Mg–(Na)–HCO ₃	zaniknutý
Dolná Ždaňa	ŽR-08	prameň	–	–	–	Ca–Mg–(Na)–HCO ₃	existuje
Dolná Ždaňa	ŽR-35	prameň	–	–	–	Ca–Mg–Na–HCO ₃	zaniknutý
Lovčica	ŽR-09	vrt	13,0	576,47	1 150	Na–Ca–Mg–HCO ₃	existuje
Trubín	ŽR-25	prameň	10,0	298,35	1 050	Ca–Mg–Na–HCO ₃	existuje

Z genetického hľadiska táto voda patrí do skupiny podzemných vôd so silikátogénnou, resp. silikátogénno-karbonátogénnou mineralizáciou s pomerne plytkým obehom. Charakterizuje ju výrazné kalciovo-magnéziovo-bikarbonátové chemické zloženie, prítomnosť zložky Na–HCO₃ a pomerne značný rozptyl hodnôt celkovej mineralizácie (tab. 9.2). Tá je zrejme dôsledkom stupňa preplynenia a času, počas ktorého je hlbinný CO₂ prítomný v jej obehových cestách. Najdlhšia prítomnosť CO₂ v obehových cestách sa predpokladá v minerálnom prameni vyvierajúcom pri horárni jz. od obce Bukovina (pri formovaní vysokej mineralizácie jeho vody zrejme spolupôsobí aj rozpúšťanie karbonátov). Najkratší čas sa predpokladá v prameni vyvierajúcom zhruba 2,3 km sz. od obce Lovčica-Trubín. Jeho plytký obeh je sýtený hlbinným CO₂ až v konečnej fáze výstupu na povrch. Z porovnania základných hydrogeochemických parametrov z rôznych časových období (tab. 9.2) vyplýva, že chemické zloženie prakticky všetkých minerálnych vôd v oblasti môže byť v závislosti od zmien klimatických pomerov rôzne výrazne metamorfované miešaním s nízko mineralizovanou vodou pokryvných útvarov.

Tab. 9.2. Chemické zloženie vybraných zdrojov minerálnej vody Žiarskej kotliny (podľa Škvarku a Gazdu, 1974).

Lokalita, ID a názov prameňa		T _{vody}	CO ₂	M	S ₁ (Cl)	S ₁ (SO ₄)	A ₁	A ₂	A ₃	rMg/rCa	rNa/rK	SO ₄ /M
		[°C]	[mg · l ⁻¹]	[mg · l ⁻¹]	[%]							
Bukovina, ŽR-02, Prameň pri družstve	1	10,2	2 230	1 370	1,25	1,85	11,6	84	1,4	0,51	5,1	0,009
	2	10,8	1 420	1 250	2,1	1,7	14,3	78,1	3,8	0,72	8,6	0,008
Bukovina, ŽR-04, prameň Nový	1	12	1 920	1 400	3,9	1,8	11,5	82,2	0,65	0,68	10	0,009
	2	9,5	2 111	1 150	5,85	1	11,8	76,2	5,25	0,65	7,9	0,005
Bukovina, ŽR-03, Prameň pri hájovni	1	11	1 430	3 360	1,2	6,2	9,75	80,3	2,6	0,7	31,1	0,031
	2	10,5	1 730	1 480	1,55	7,25	21	66,8	3,5	1,59	12,6	0,03
	3	9	1 710	3 240	1,55	6,3	10,8	79,8	1,6	0,68	16,1	0,031
Dolná Ždaňa, ŽR-06, 07, 08, skupina prame- ňov Rakytie	1	12,5	1 660	670	14,9			82,5	0,8	0,64	8,3	0,004
	2	9	1 510	690	1,7	2,6	10,1	74,7	10,9	0,66	5,9	0,013
Dolná Ždaňa, ŽR-05, Medokýš (zaniknutý)	1	12,2	540	1 110	0,8	6,2	31,1	62		0,69	9,6	0,03
	2	11	770	760	3,45	1,5	21,9	73,1	0,15	0,89	7,7	0,007
Trubín, ŽR-25, Me- dokýš	1	8,9	970	780	14,7	3,25	2,55	78,5	1	0,46	7,6	0,016
	2	9	710	360	1,95	4,75	12,7	76,7	3,9	0,42	3,5	0,02

Poznámky: 1 – odber VII. – VIII. 1960 (analýza GÚ PriF UK Bratislava, 2 – odber X. 1970 (analýza GP Ostrava), 3 – odber IV. 1974 (analýza GÚDŠ Bratislava).

V rámci riešenia geologickej úlohy bola odobraná minerálna voda z dvoch prameňov (28. 5. 2008 a 29. 5. 2008) v Dolnej Ždani (ŽR-08 Rakytie-dolný, dok. č. 11) a Lovčici-Trubíne (ŽR-25 Medokýš, dok. č. 32). Základné charakteristiky a chemické zloženie týchto vôd je uvedené v tab. 9.3. V porovnaní so staršími údajmi sú základné črty chemického zloženia minerálnej vody nových odberov podobné, pričom prevládajú zložky Ca²⁺, Mg²⁺ a HCO₃⁻. V oboch prípadoch sa však v novo zdokumentovaných zdrojoch minerálnej vody zistili nižšie hodnoty celkovej mineralizácie, ako aj voľného CO₂. Bližšia interpretácia tejto skutočnosti bez detailnejšieho poznania časového vývoja chemického zloženia uvedených zdrojov je však problematická.

V ďalšej časti sú stručne zhrnuté najvýznamnejšie zdroje minerálnej vody oblasti na základe pasportu minerálnych prameňov SR – aktualizovaný stav v roku 1999 – a na základe rekognoscácie prameňov počas riešenia úlohy v rokoch 2007 až 2009. Zdroje minerálnej vody sa v rámci pasportizácie overovali na základe informácií uvedených v práci Krahulca et al. (1978) a sú súčasťou webovej stránky <http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/pramene.html#mapa>.

V katastri obce **Dolná Ždaňa** sa nachádzajú 2 existujúce zdroje minerálnej vody, ŽR-6 Rakytie-prostredný a ŽR-8 Rakytie-dolný.

Prameň ŽR-6 Rakytie-prostredný sa nachádza v hlbokom koryte nepomenovaného potoka asi 1,5 km od obce smerom na SZ. Ide o prírodný výver. Voda odteká do potoka. Výdatnosť prameňa bola 0,03 l · s⁻¹. Chemický typ vody je Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto prameni na úrovni 693,94 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 1 514 mg · l⁻¹, teplota 9 °C a chemický typ vody Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980). Počas hydrogeologického mapovania v rámci riešenia úlohy v roku 2009 sa prameň našiel, koryto bolo vlhké, ale voda netiekla.

Prameň ŽR-8 Rakytie-dolný sa nachádza na pravej strane potoka asi 15 m nižšie od prameňa Rakytie-horný. Ide o prírodný výver upravený na studničku so striškou. Voda z neho odteká do potoka. Využívajú ho miestni obyvatelia na pitie. Chemické zloženie sa zhoduje s prameňom ŽR-6. V minulosti bola celková mineralizácia 638,0 mg · l⁻¹, obsah H₂SiO₃ 106,43 mg · l⁻¹ a obsah CO₂ 1 900 mg · l⁻¹ (Krahulec et al., 1978). Aktuálne chemické zloženie podzemnej vody z prameňa Rakytie-dolný je v tabuľke 9.3. Pri hydrogeologickom mapovaní v roku 2009 bola zdokumentovaná výdatnosť prameňa 0,01 l · s⁻¹.

V katastri obce **Bukovina** sa nachádzajú tri zdroje minerálnej vody – ŽR-2 Prameň pri JRD, ŽR-3 Prameň pri hájovni a ŽR-4 Prameň Nový (obr. 9.1).

Tab. 9.3. Základné charakteristiky a chemické zloženie minerálnej vody odobranej v roku 2008 v rámci riešenia geologickej úlohy (údaje okrem uvedených jednotiek a pH sú vyjadrené v mg · l⁻¹).

	Prameň Dolná Ždaňa (dok. č. 13)	Prameň Lovčica-Trubín (dok. č. 13)
Dátum	28. 5. 2008	29. 5. 2008
Teplota vody (°C)	12,1	10,3
pH	5,56	5,63
Vodivosť (μS · m⁻¹)	62,7	26,8
Mineralizácia	636,5	291,2
ZNK8,3 (mmol · l⁻¹)	25,2	8,65
KNK4,5 (mmol · l⁻¹)	6,6	2,8
O₂	1,4	2,2
ChSK_{Mn}	2,54	1,76
Li⁺	< 0,01	< 0,01
Na⁺	21,1	8,04
K⁺	4,36	3,09
Ca²⁺	68,1	30,4
Mg²⁺	27,2	11,2
Sr²⁺	0,34	0,16
Fe_{celk}	14	0,201
Mn²⁺	1,13	0,155
NH₄⁺	0,55	0,07
F⁻	0,22	0,2
Cl⁻	7,7	4,12
SO₄²⁻	3,63	5,93
NO₂⁻	< 0,01	< 0,01
NO₃⁻	< 1	< 1
PO₄³⁻	< 0,03	0,06
HCO₃⁻	403	168
CO₃²⁻	0	0
SiO₂	84,5	58,9
Vol. CO₂	1 108,8	380,6
Agres. CO₂	141	160
Cr	< 0,002	< 0,002
Cu	< 0,002	< 0,002
Zn	0,014	0,01
As	0,003	0,003
Cd	0,000 5	< 0,000 3
Se	< 0,001	< 0,001
Pb	< 0,005	< 0,005
Hg	< 0,000 1	< 0,000 1
Ba²⁺	0,126	0,083
Al³⁺	0,03	< 0,02
Sb	< 0,001	< 0,001

Prameň ŽR-2 sa nachádza na sz. okraji obce vľavo od potoka. Je zachytený do betónového zachycovadla štvorcového tvaru s hĺbkou 0,8 m. Upravili ho v roku 1959. Výdatnosť prameňa je 0,016 l · s⁻¹ (1 l · min⁻¹) a využíva sa občas na pitie. Minerálna voda má obsah CO₂ 1 302,4 mg · l⁻¹, teplotu 10,2 °C a je chemického typu Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto prameni na úrovni 1 254,52 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 1 423 mg · l⁻¹, teplota 10,8 °C a chemický typ vody Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980).

Prameň ŽR-3 sa nachádza na ľavej strane potoka v doline Nebojsa na JZ od obce. Prameň je zachytený do kopanej studne s hĺbkou 1,5 m, ktorej steny sú obmurované kameňom. Nad ňou je drevený prístrešok. Úprava je z roku 1960. Preliv zo studne odtieká potrubím do potoka. Výdatnosť prameňa je 0,016 l · s⁻¹ (1 l · min⁻¹) a využíva sa zriedka na pitie. Minerálna voda má mineralizáciu 3 365,66 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 1 431,4 mg · l⁻¹, teplotu 11,5 °C a je chemického typu Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto prameni na úrovni 1 479,39 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 1 731 mg · l⁻¹, teplota 10,5 °C a chemický typ vody Ca–Mg–Na–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980).

Prameň ŽR-4 je v koryte potoka v doline Nebojsa, ale už mimo študovaného územia. Nad ním prechádza vedenie vysokého napätia. Výver minerálnej vody nie je upravený, len prehĺbený. Výdatnosť prameňa je 0,016 l · s⁻¹ (1 l · min⁻¹) a len zriedka sa využíva na pitie. Minerálna voda je chemického typu Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto prameni na úrovni 1 154,64 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 2 106 mg · l⁻¹ a teplota 9,5 °C, pričom voda bola chemického typu Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980).

V **Lovčici** sa nachádza zdroj *ŽR-9 Studňa v obci* (obr. 9.1). Minerálna voda je zachytená vrtom hlbokým 22,5 m v prostredí fluvialných štrkov. Vrt je vystrojený betónovými rúrami. Hladina vody vo vrte sa nachádza na úrovni terénu a výdatnosť je neznáma. Minerálna voda má mineralizáciu 576,47 mg · l⁻¹, obsah



Obr. 9.1. Prameň ŽR-09 Studňa v obci Lovčica.

CO₂ 1 150 mg · l⁻¹, teplotu 13 °C a je chemického typu Na–Ca–Mg–HCO₃ (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto vrte na úrovni 541,38 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 274 mg · l⁻¹, teplota 10,5 °C a chemický typ vody Ca–Mg–Na–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980). V rámci riešenia úlohy bola v roku 2007 nameraná merná elektrická vodivosť vody 503 μS · cm⁻¹ a teplota 12,3 °C.

V katastri obce **Lovčica-Trubín** sa nachádza prameň minerálnej vody *ŽR-25 Medokýš* (obr. 9.2). Nachádza sa v lese Medokýš asi 3 km sz. od obce. Prírodný výver je prehĺbený a upravený kameninovou rúrou do hĺbky asi 0,6 m pod terénom s priemerom zhruba 0,5 m. Je zakrytý plechovým poklopom. Využíva sa zriedka na pitie. Minerálna voda má mineralizáciu 298,35 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 1 050 mg · l⁻¹, teplotu 10 °C a je chemického typu Ca–Mg–Na–HCO₃. Výdatnosť prameňa do roku 1978 bola 0,033 l · s⁻¹ (2 l · min⁻¹) (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto prameni na úrovni 364,16 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 707 mg · l⁻¹, teplota 9 °C a chemický typ vody Ca–Mg–(Na)–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980). V rámci riešenia úlohy bola v roku 2007 zdokumentovaná výdatnosť prameňa 0,01 l · s⁻¹, merná elektrická vodivosť vody 327 μS · cm⁻¹ a teplota 10,6 °C.



Obr. 9.2. Prameň ŽR-25 Medokýš pri obci Lovčica-Trubín.

ZANIKNUTÉ PRAMENE

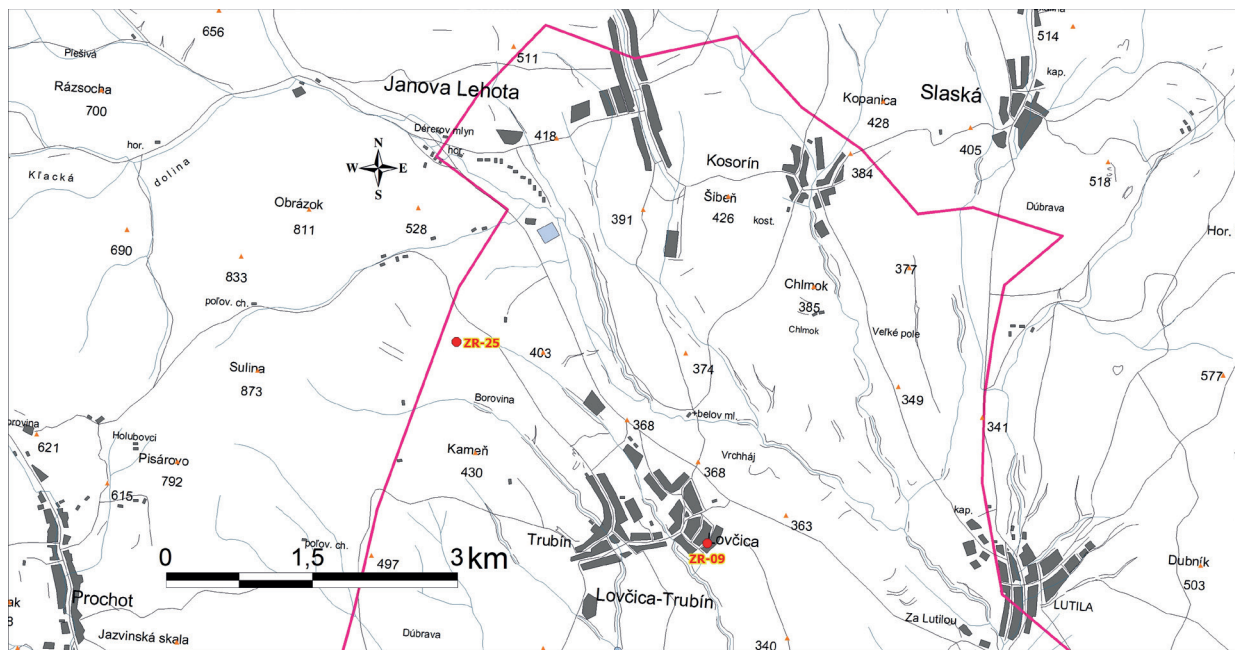
V oblasti obce Dolná Ždaňa v minulosti existovali ďalšie 4 minerálne pramene (ŽR-5 Medokýš, ŽR-5A Studňa pri medokýši, ŽR-7 Rakytie-horný a ŽR-35 Pri napájadle), ktoré časom zanikli. Ich poloha je zobrazená na obrázku 9.4 sivou farbou. Pri hydrogeologickom mapovaní v roku 2008 a následnom kontrolnom mapovaní v roku 2009 sa v miestach ich výskytu našli

len suché betónové skruže alebo suché zvyšky korýt. Ich predchádzajúcu rekognoskáciu urobila v roku 1999 Slovenská agentúra životného prostredia. Vtedy z týchto prameňov už neexistoval prameň ŽR-5 ani prameň ŽR-7. Pri našom mapovaní v rokoch 2008 a 2009 boli okrem týchto dvoch prameňov zaniknuté už aj pramene ŽR-5A a ŽR-35. Nasledujúci text podáva stručnú charakteristiku zaniknutých prameňov. Ich lokalizácia je na obrázkoch 9.3 a 9.4.

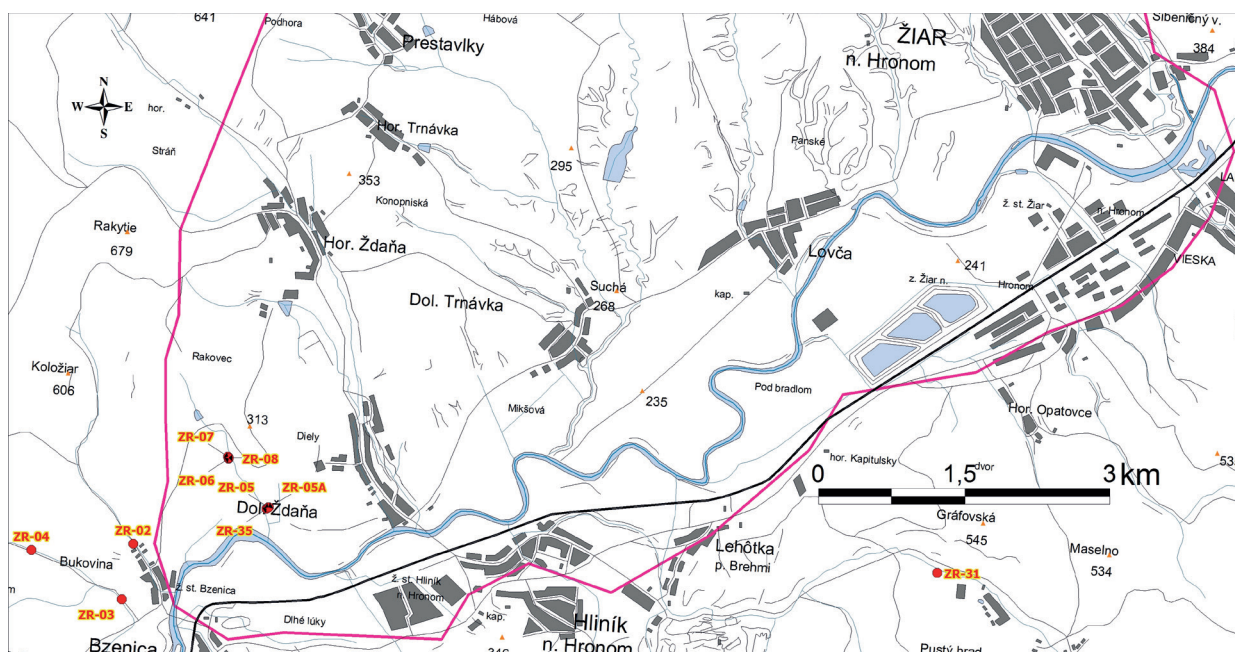
Medokýš ŽR-5 sa nachádzal na ľavej strane potoka, vzdialený od obce asi 1 km na Z. Prameň bol zachytený kopanou studňou štvorcového tvaru hlbokou 3 m. Výdatnosť prameňa sa pohybovala od 0,01 do 0,2 l · s⁻¹. Minerálna voda bola chemického typu Ca–Mg–Na–HCO₃ (Krahulec et al., 1978). V roku 1970 bola zdokumentovaná mineralizácia vody v tomto prameni na úrovni 759,70 mg · l⁻¹, obsah CO₂ 768 mg · l⁻¹, teplota 11 °C a chemický typ vody Ca–Mg–Na–HCO₃ (Franko a Zakovič, 1980). V roku 1999 počas revízie registrácie minerálnych prameňov SAŽP (<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/zh/zr-5.html>) a v roku 2007 a 2009 počas hydrogeologického mapovania zamestnancami ŠGÚDŠ bola betónová studňa suchá.

Studňa pri medokýši ŽR-5A bola vzdialená 3 m od prameňa Medokýš. Ide o kopanú studňu hlbokú 3 m a vystuženú betónovými rúrami. Výdatnosť studne je neznáma. Minerálna voda bola chemického typu Ca–Mg–Na–HCO₃ (Krahulec et al., 1978).

Prameň Rakytie-horný ŽR-7 sa nachádzal na pravej strane potoka pod koreňmi stromu asi 2 m nad prameňom Rakytie-prostredný. Jeho výdatnosť bola 0,01 l · s⁻¹. Chemické zloženie sa zhodovalo s prameňom ŽR-6 (Krahulec et al., 1978). V roku 1999 počas revízie registrácie minerálnych prameňov (<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/zh/zr-7.html>) a tiež v roku 2007 a 2009 počas hydrogeologického mapovania v rámci riešenia tejto úlohy bol už prameň zaniknutý.



Obr. 9.3. Minerálne pramene v severnej časti Žiarskej kotliny.



Obr. 9.4. Minerálne pramene v juhozápadnej časti Žiarskej kotliny.

Prameň pri napájadle ŽR-35 sa nachádzal v tesnej blízkosti prameňov ŽR-5 a ŽR-5A. Voda voľne vytekala na lúku z hadice zasunutej do výveru (<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/zh/zr-35.html>).

Geotermálna voda sa v Žiarskej kotline nachádza v predterciálnom podloží a viaže sa na triasové karbonáty (dolomity, vápence) hronika a veporika. Rozšírenie hydrogeotermálnych štruktúr je totožné s rozšírením triasových karbonátov týchto tektonických jednotiek, ale aj s rozložením morfoštruktúr podložia. Triasové karbonáty hronika tvoria vrchnú hydrogeotermálnu štruktúru (vrchná žiarska štruktúra), kde v prevažnej časti kotliny v hĺbke 1 700 – 4 100 m pod povrchom terénu je teplota 90 – 150 °C. Triasové karbonáty veporika (séria Veľkého boku) tvoria spodnú hydrogeotermálnu štruktúru (spodná žiarska štruktúra), kde v hĺbke 2 400 až zhruba 4 700 m pod povrchom terénu je teplota 100 až 160 °C (Remšík et al., 2000).

Žiarsku kotlinu Remšík et al. (2000) charakterizujú ako geotermicky vysoko aktívnu, kde teplota v hĺbke 1 000 m dosahuje 55 – 60 °C a hustota tepelného toku sa pohybuje od 80 do 100 mW . m⁻². Centrálna časť predterciálneho podložia od hĺbky 2 100 m a hlbšie dosahuje teplotu 100 °C a viac. Najvyššia teplota je v čiastkovej depresii medzi Lovčou a Žiarom nad Hronom, kde v hĺbke 3 400 až 3 500 m pod povrchom terénu je teplota okolo 130 °C. Od stredu kotliny smerom k okrajom teplota predterciálneho podložia klesá, čo je dôsledok znižovania hĺbky predterciálneho podložia.

Prognózne množstvo geotermálnej vody (prírodné zdroje) s teplotou žiarskej štruktúry 110 °C je 39,0 l . s⁻¹. Zodpovedá tomu prognózne množstvo geotermálnej energie 16,60 MW_t. Merný tepelnoenergetický potenciál prírodného množstva geotermálnej vody v triasových karbonátoch hronika predstavuje priemerne 3,251 GJ . m⁻² a v triasových karbonátoch veporika 2,357 GJ . m⁻² (Remšík et al., 2000).

Geotermálna voda viazaná na predterciálne podložie Žiarskej kotliny je pravdepodobne typu Ca–Mg–SO₄ alebo Ca–Mg–SO₄–HCO₃ s mineralizáciou 2 000 až 4 000 mg . l⁻¹ alebo vyššou a obsahom CO₂ alebo H₂S (Remšík et al., 2000).

10. ZÁVER

Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000 je zostavená podľa smernice Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 č. 8/2004 a základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 č. 9/2004.

Podľa výsledkov hydrogeologického prieskumu územie Žiarskej kotliny (99 km²) sa dá charakterizovať ako nie príliš priaznivé z hľadiska infiltrácie, akumulácie a odtoku významného množstva podzemnej vody. Z vodohospodárskeho hľadiska sa Žiarska kotlina celkovo nejaví príliš perspektívne, pretože ju z veľkej časti budujú nepriepustné ílovité polohy neogénneho veku. Takmer v celej centrálnej časti hodnoteného územia sa rozprestierajú ílovité a na severe kotliny aj **uhl'onosné sedimenty trubínskeho súvrstvia**, ktoré plnia funkciu hydrogeologického izolátora. Priemerná hodnota koeficientu prietochnosti týchto vrstiev je $T = 7,97 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a tvoria tak najmenej priepustné polohy v rámci hodnoteného územia Žiarskej kotliny. Naopak, **piesčité a štrkové polohy trubínskeho súvrstvia** neogénneho veku ($T = 5,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) na západnom a juhovýchodnom okraji kotliny tvoria spolu s aluviálnymi **náplavmi rieky Hron** (pravý breh $T = 6,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, ľavý breh $T = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) prostredie s najvyššou hodnotou koeficientu prietochnosti hodnoteného územia Žiarskej kotliny.

Na základe dostatočného množstva údajov sa podarilo určiť samostatne prietochnosť aluviálnych náplavov na oboch brehoch rieky Hron. Vyšší koeficient prietochnosti ($T = 2,74 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) dosiahli fluviálne náplavy na ľavom brehu rieky Hron, na strane od Štiavnických vrchov. Fluviálne sedimenty pravého brehu Hrona dosiahli hodnotu koeficientu prietochnosti o jeden rád nižšiu ($T = 6,59 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$). Zhoršenú priepustnosť fluviálnych štrkov na pravej strane Hrona vysvetľujeme prínosom hlinitej frakcie pochádzajúcej z neogénnych sedimentov Žiarskej kotliny. Tie sú do Hrona prinášané prostredníctvom menších tokov pretekajúcich Žiarskou kotlinou.

Okienkovým spôsobom je v podloží prvých zvodnených kolektorov (trubínske súvrstvie a aluviálne sedimenty Hrona) zobrazený **kolektor vulkanických sedimentov jastrabskej formácie**, ktorý vystupuje pozdĺž východného okraja smerom k centru kotliny. Priemerná hodnota koeficientu prietochnosti týchto sedimentov s artézskym typom vôd je $T = 4,58 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ a po aluviálnych sedimentoch Hrona a kolektoroch trubínskeho súvrstvia tak predstavujú ďalší zdroj podzemnej vody v území. Ostatné hydrogeologické celky vyčlenené na hydrogeologickej mape majú len malý plošný rozsah a z hľadiska akumulácie väčšieho množstva podzemnej vody nie sú významné.

Na účely zostavenia hydrogeologickej mapy sa v roku 2007 realizovalo hydrogeologické mapovanie. Územie Žiarskej kotliny sa podarilo zmapovať za ucelené dva týždne vo veľmi stabilnom období bez zrážok s výsledkom **76 prameňov** so sumárnou výdatnosťou $7,46 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. V rámci terénnych prác sa v máji a októbri 2008 vykonali merania prietoku na povrchových tokoch. V rámci riešenia úlohy sa na území Žiarskej kotliny zmeral prietok 2x na 52 profiloch v roku 2008 a 1x na 7 kontrolných profiloch v júni 2009. Počas meraní sa nepreukázala výrazná interakcia medzi povrchovou vodou a horninovým prostredím.

Najvýraznejší nárast prietoku bol $54,75 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ na Lutilskom potoku, kde predpokladáme prestup vody pozdĺž zlomu, ktorý prebieha súbežne s Lutilským potokom. Najvýraznejší úbytok prietoku ($77,99 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$) sa zistil na Lutilskom potoku v mieste križovania toku so sústavou zlomov. V tomto prípade s najväčšou pravdepodobnosťou ide o chybu v meraní, pretože nasledujúcimi dvomi kontrolnými meraniami sa strata povrchovej vody nepotvrdila.

Skryté prestupy podzemnej vody z oblasti Žiarskej kotliny do rieky Hron, ktoré predpokladali predchádzajúci autori ($160 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$; Böhm, 1967), sa termometrickými a rezistivimetrickými meraniami pozdĺž oboch brehov rieky nepotvrdili. Na základe získaných výsledkov predpokladáme, že podzemná voda z oblasti Žiarskej kotliny prestupuje do rieky Hron vo výrazne menšom množstve ($50 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$), ako sa očakávalo.

Na základe dosiahnutých výsledkov môžeme územie Žiarskej kotliny charakterizovať ako mierne až dosť hydrogeologicky nehomogénne, nevhodné na veľké odbery podzemnej vody regionálneho významu. Územie kotliny je vhodnejšie na menšie odbery podzemnej vody na miestne zásobovanie, pre továrne

alebo poľnohospodárske objekty. Vodohospodársky perspektívne sa javia aluviálne náplavy rieky Hron a okrajové polohy pieskovec a štrkov trubínskeho súvrstvia a pod nimi ležiace vulkanoklastické sedimenty jastrabskej formácie sarmatského veku, lokalizované pozdĺž východného okraja Žiarskej kotliny.

Základným cieľom hydrogeochemickej časti práce bolo zostavenie základnej hydrogeochemickej mapy Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000 na základe výsledkov chemického zloženia podzemnej vody oblasti. Pri spracovaní mapy boli využité podklady z geologického mapovania (Konečný et al., 1998a, b, c) a poznatky z hydrogeologického prieskumu.

V zmysle genetickej klasifikácie podzemnej vody Západných Karpát sa v regióne formuje najmä tzv. **podzemná voda s petrogénou mineralizáciou**. To znamená, že chemické zloženie tejto vody je v úzkej korelácii s mineralogicko-petrografickým charakterom horninového prostredia jej obehu. Pri hodnotení hydrogeochemických pomerov na základe geologicko-tektonických a hydrogeologických pomerov územia a výsledkov chemických rozborov podzemnej vody boli vyčlenené nasledujúce hydrogeochemické skupiny vôd:

- podzemná voda so silikátogénnou, silikátogénno-karbonátogénnou, prípadne silikátogénno-sulfidogénnou mineralizáciou s obehom v neovulkanitoch,
- podzemná voda s karbonátogénno-silikátogénnou mineralizáciou s obehom v horninovom prostredí sedimentárneho neogénu a kvartérnych proluviálno-deluviálnych sedimentov, resp. fluviálnych sedimentov riečnych terás.

V pririečnych oblastiach významných vodných tokov regiónu má zastúpenie podzemná voda s polygénou, petrogénno-potamogénnou (petrogénno-fluviogénnou) mineralizáciou, pre ktorú je charakteristický výraznejší vplyv infiltrujúcej vody povrchových tokov (predovšetkým Hrona).

V antropogénne neovplyvnenej podzemnej vode prvého zvodneného horizontu vzhľadom na dominujúce procesy tvorby chemického zloženia prevláda (80 % analýz) **základný výrazný a nevýrazný Ca-HCO₃, prípadne Ca-Mg-HCO₃ typ A₂** chemického zloženia (priemerné zastúpenie zložky A₂ zo všetkých analýz je viac ako 60 c_i . z_i %). V približne jednej štvrtine vzoriek je v podzemnej vode zastúpený zvýšený podiel zložky S₂(SO₄) (viac ako 20 c_i . z_i %) s Ca-HCO₃-SO₄, Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Ca-Na-HCO₃-SO₄, Ca-SO₄, resp. Ca-SO₄-HCO₃ typmi chemického zloženia. V 10 analýzach sa zistili rôzne zmiešané typy chemického zloženia podzemnej vody, ktoré sú dôsledkom pravdepodobne aj antropogénne, resp. čiastočne antropogénne podmienenej mineralizácie.

Najvyšším obsahom základných iónov, ako aj najvyššími hodnotami celkovej mineralizácie sa vyznačuje podzemná voda kvartérnych deluviálno-proluviálnych sedimentov, resp. fluviálnych sedimentov riečnych terás (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 403 mg . l⁻¹, resp. 470 mg . l⁻¹). O niečo nižšie hodnoty základných chemických ukazovateľov boli zaznamenané v podzemnej vode kvartérnych sedimentov riečnych nív a sedimentárneho neogénu (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 362 mg . l⁻¹, resp. 336 mg . l⁻¹). Všeobecne najnižšími hodnotami základných ukazovateľov chemického zloženia sa vyznačuje podzemná voda neovulkanitov, hoci v tomto prostredí je badateľný pomerne výrazný rozdiel v chemickom zastúpení jednotlivých zložiek v individuálne hodnotených hydrogeochemických skupinách (andezity, ryolity, pyroklastiká ryolitov). Výrazne najnižším obsahom rozpustených látok v prostredí neovulkanitov sa vyznačuje podzemná voda ryolitov (priemerná hodnota celkovej mineralizácie je 179 mg . l⁻¹). Naopak, v prípade podzemnej vody s obehom v andezitoch bol sledovaný pomerne vysoký obsah rozpustených solí s priemernou hodnotou celkovej mineralizácie 317 mg . l⁻¹ (medián 317 mg . l⁻¹).

V zmysle požiadaviek nariadenia vlády č. 354/2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu, sa spomedzi prírodných faktorov v študovanom území najvýraznejšie negatívne prejavuje nízka geochemická aktivita horninového prostredia neovulkanitov, ktorej dôsledkom je nedosýtenie a agresívne vlastnosti podzemnej vody. Okrem toho sa táto podzemná voda, zvyčajne nízko mineralizovaná, vyznačuje aj nízkym obsahom vápnika, resp. nízkymi hodnotami tvrdosti vody vyjadrenej sumou zastúpenia vápnika a horčíka (t. j. nižšími, ako sú odporúčané hodnoty 30 mg . l⁻¹, resp. 1,1 mmol . l⁻¹). Do tejto skupiny je možné zaradiť až približne tretinu zdrojov podzemnej vody v oblasti. Z ostatných ukazovateľov chemického zloženia podzemnej vody sa v 10 vzorkách zaznamenal nadlimitný obsah ChSK_{Mn} indikujúci organické znečistenie, resp. v 2, 7 a 4 vzorkách bolo sledované prekročenie medzných hodnôt zložiek indikujúcich antropogénnu kontamináciu predovšetkým z poľnohospodárskej činnosti (dusitany, dusičnany, resp. fosforečnany). Vo viac ako tretine vzoriek podzemnej vody sa zistila nízka koncentrácia rozpusteného kyslíka, resp. nízke nasýtenie kyslíkom pohybujúce sa pod odporúčanou hodnotou 50 % (až 28 vzoriek).

Distribúcia stopových prvkov v sledovanom území vo väčšine prípadov zodpovedá prirodzeným podmienkam obehu podzemnej vody, t. j. koncentrácia stopových prvkov je zvyčajne veľmi nízka a v mnohých prípadoch nedosiahla hranicu analytickej stanoviteľnosti. Nadlimitná koncentrácia stopových prvkov Cr, Cu, Zn, Cd, Se, Pb a Ba nebola zaznamenaná v žiadnom prípade. Po jednom prípade sa v podzemnej vode zistilo prekročenie medznej koncentrácie ortuti ($> 0,001 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a antimónu ($0,005 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). Zo stopových prvkov boli medzné hodnoty najčastejšie prekročené v prípade železa ($> 0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), mangánu ($> 0,05 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) a hliníka ($> 0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). V oblasti Žiarskej kotliny sa až v 12 prípadoch zaznamenala nadlimitná koncentrácia arzénu ($> 0,01 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$). V mnohých prípadoch ide o hodnoty, ktoré súvisia s geochemickým pozadím v príslušnom prostredí obehu podzemnej vody. Vzhľadom na to, že územie Žiarskej kotliny predstavuje významnú priemyselnú oblasť, vyjadrenie prirodzeného podielu arzénu v podzemnej vode nie je vždy jednoznačné.

Na viac ako polovici územia (54,8 %) sa vyskytuje podzemná voda zhoršenej kvality triedy E. Podzemná voda tejto skupiny nevyhovuje ukazovateľom nariadenia vlády SR č. 354/2006 najmä v dôsledku vysokej koncentrácie dusíkatých látok a fosforečnanov z poľnohospodárskej činnosti. Na niektorých odberových miestach sa zaznamenal nevyhovujúci obsah ChSK_{Mn} , arzénu a hliníka, resp. nízky obsah rozpusteného O_2 . Viac ako tretinu územia (36 %) charakterizuje podzemná voda kvality triedy B, pre ktorú sú typické nízke hodnoty tvrdosti vody (suma obsahu vápnika a horčíka) a celkovej mineralizácie. Sú odrazom nízkej efektivity mineralizačných procesov. Aj napriek týmto vlastnostiam je podzemná voda po jednoduchej úprave vhodná na pitné účely. Na takmer desatine územia (8,3 %) bola vymedzená podzemná voda kvality triedy G. Príčinou zhoršených kvalitatívnych vlastností podzemnej vody tejto skupiny je neprípustná koncentrácia najmä dusičnanov, železa, hliníka, arzénu a ChSK_{Mn} .

11. LITERATÚRA

A

- Auxt, A., Gálisová, M., Kazmuková, M., Jarúnek, J. a Drahoš, M., 1989: Neovulkanity Kremnických vrchov, južná časť. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 228 s.
- Auxt, A., Klúz, M., Šalagová, V., Beracko, I., Galisová, M., Dorčík, G., Szabová, H., Urbaník, J. a Berzáková, M., 1997: Neovulkanity Kremnických vrchov – severná časť, vyhľadávací HGP. Manuskript. Žilina, Ingeo, 133 s.
- Atlas SSR, 1980, 1986: Bratislava, Slov. Akad. Vied a Slov. úrad geodézie a kartografie.
- Atlas krajiny Slovenskej republiky, 2002: Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky; Banská Bystrica, Slov. agentúra životného prostredia.

B

- Bajo, I., Franko, O., Grexová, S. a Mlynarčík, M., 2008: Neogén Žiarskej kotliny – hydrogeologický rajón N 087. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (88 801), 116 s.
- Bakošová, A., 2004: Geofaktory životného prostredia v Žiarskej kotline. Diplomová práca. Manuskript. Bratislava, archív PriF UK, 55 s.
- Banský, M. a Hornung, T., 1974: Žiar nad Hronom – studňa, vyhľadávací HGP. Manuskript. Žilina, archív IGHP, 8 s.
- Banský, M. a Potyš, Z., 1969: Hliník nad Hronom – čerpacie skúšky na studni K-1 a K-2, HGP, účel: získanie údajov o množstve a kvalite podzemnej vody. Manuskript. Žilina, archív IGHP, 4 s.
- Bartko, J., Hauskrecht, I. a Hrčková, D., 1976: Slaská – okres Žiar nad Hronom – vyhodnotenie hydrogeologických prieskumných vrtov HKB-1 a HKB-4, HGP, účel: vykonať čerpacie skúšky, overenie množstva a kvality vody. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 13 s.
- Bartko, J., Hauskrecht, I. a Palkovičová, M., 1977a: Kosorín – vyhodnotenie hydrogeologických prieskumných vrtov HKŽ-4, HKŽ-5 a HKŽ-6, HGP, účel: zabezpečenie pitnej vody pre spotrebisko Žiar nad Hronom. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 17 s.
- Bartko, J., Hauskrecht, I., Hrčková, D. a Tadanaiová, H., 1977b: Lutilla – vyhodnotenie hydrogeologického prieskumného vrtu HKB-2, HGP, účel: zaistiť pitnú vodu pre spotrebisko Žiar nad Hronom. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje 10 s.
- Bartko, J. a Porubský, A., 1979a: Slaská – vyhodnotenie doplnujúceho HGP, účel: zdokumentovať zdroj pitnej vody. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 7 s.
- Bartko, J. a Porubský, A., 1979b: Janova Lehota – Kosorín – vyhodnotenie HGP, účel: zdokumentovať možnosť rozšírenia zdroja pitnej vody. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 7 s.
- Bartko, J., Žák, D. a Hauskrecht, I., 1975a: Hliník nad Hronom – vyhodnotenie HGP vrtov HHL-3, HHL-4, cieľ: vodný zdroj. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 14 s.
- Bartko, J., Žák, D. a Hauskrecht, I., 1975b: Lovčica-Trubín – JRD, vyhodnotenie HGP vrtu HTŽ-2, cieľ: vodný zdroj. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 10 s.
- Blaško, D., 1994: Možnosti rekultivácie skládky lúženca v Seredi a kalových poli v Žiari nad Hronom. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (80 936), 58 s.
- Blaško, D., Juriš, F., Lukaj, M. a Klubert, J., 1983: Handlová – Juh, surovina: uhlie, záverečná správa a výpočet zásob, vyhľadávací prieskum, stav k 1. 4. 1983. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (56 503), 117 s.
- Blaško, D., Laffers, F., Juriš, F., Makuša, M. a Frzon, D., 1984: Kosorín – lignit. Záverečná správa a výpočet zásob. Slovenský geologický úrad Bratislava, Geologický prieskum, národný podnik, Spišská Nová Ves, Geologická oblasť Banská Bystrica. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (61 111), 131 s.
- Bodiš, D., Lopašovská, M., Lopašovský, K. a Rapant, S., 2000: Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku – výsledky 25-ročného pozorovania. X. slovenská hydrogeologická konferencia, Herľany. Podzemná voda (Bratislava), 2, 162 – 173.
- Böhm, V., 1962: Hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (11 089), 42 s.
- Böhm, V. a Pospíšil, A., 1964: Hydrogeologické pomery na liste Žiar nad Hronom v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (13 632), 52 s.
- Bublinec, E., 1973: Akumulácia živín a makroelementov v nadzemnej biomase drevín hrabovej dúbavy. Manuskript. Zvolen, archív VÚLV.
- Bučeková, M., Bajo, I., Mlynarčík, M. a Pospiechová, V., 2001: Vtáčnik a Pohronský Inovec – vyhľadávací hydrogeologický prieskum. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (84 838), 157 s.

Č

- Čaučík, P., Mihálik, F., Leitmann, Š., Gavurník, J., Sopková, M., Moziešiková, K., Molnár, L., Šelleng, J. a Juráčková, D., 2007: Vodohospodárska bilancia SR, Kvantitatívna vodohospodárska bilancia za rok 2006, časť Podzemné vody. Bratislava, Slovenský hydrometeorologický ústav, 354 s.
- Čaučík, P., Mihálik, F., Leitmann, Š., Gavurník, J., Sopková, M., Moziešiková, K., Molnár, L., Šelleng, J. a Juráčková, D., 2008: Vodohospodárska bilancia SR, Kvantitatívna vodohospodárska bilancia za rok 2007, časť Podzemné vody. Bratislava, Slovenský hydrometeorologický ústav, 349 s.
- Černák, R., Kordík, J., Bottlik, F., Havrila, M., Helma, J., Kohút, M. a Šimon, L., 2004: Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa pohoria Žiar v mierke 1 : 50 000. Čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

D

- Dovina, V., Lexa, J., Vrana, K., Konečný, V., Gross, P., Vozár, J., Kullmanová, A., Planderová, E. a Sitár, V., 1985: Zhodnotenie hydrogeologických pomerov Vtáčnika. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 160 s.
- Dovina, V., Škvarka, L., Rapant, S. a Gazda, S., 1980: Základný hydrogeologický výskum Štiavnických vrchov. Čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (49 372), 189 s.
- Drahoš, M., 1981: Neovulkanity Kremnických vrchov, študijné zhodnotenie hydrogeologického rajónu 082. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (50 823), 92 s.

Ď

- Ďuriančík, M., 1971: Dolná Ždaňa – hospodárstvo, kravín pre 400 ks, podrobný IGP a HGP. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 6 s.
- Ďuriančík, M., 1974a: Horná Trnávka – JRD hospodársky dvor, HGP, nová vrtná studňa. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 12 s.
- Ďuriančík, M., 1974b: Dolná Trnávka – JRD, vrtná studňa, dvor Prestavilky, HGP. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 12 s.
- Ďuriančík, M., 1978: Horná Ždaňa – farma dojníc JRD Dolná Trnávka, HGP, cieľ: zabezpečiť zdroj vody a zhodnotiť HG pomery vrtu HVHZ-1. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 7 s.
- Ďuriančík, M. a Majerská, D., 1979: Lovča – OSBD Žiar nad Hronom 2 x 6 b. j., HGP, cieľ: zaistiť zdroj pitnej a úžitkovej vody. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 9 s.
- Ďuriančík, M. a Majerská, D., 1982: Horná Trnávka – Diagnostické stredisko a bytovky, HGP. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 13 s.
- Ďuriančík, M. a Žember, M., 1973: Prochoť – JRD Dolná Trnávka, podrobný HGP, cieľ: zaistenie pitnej a úžitkovej vody. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 10 s.
- Ďurovič, E., 1985: Hydrogeologické pomery lignitového ložiska Kosorín. Diplomová práca. Manuskript. Bratislava, archív PriF UK, 55 s.

Dž

- Džuppa, P., 1977: Geofyzikálny prieskum Žiarskej kotliny – hydrogeologický prieskum. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (39 048), 18 s.

E

- Everling, G., 1964: Vyhodnotenie hydrogeologických prieskumov pre školu Janova Lehota. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (13 795).

F

- Forgáč, J., 1969: Záverečná správa k vrtu HF-1. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Forgáč, J., 1971: Geologické a štruktúrnotektonické pomery styku Kremnických vrchov a pohoria Vtáčnik so Žiarskou kotlinou. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (26 953), 17 s.
- Francistyová, E., 1988: Žiar nad Hronom – kúpalisko, vyhľadávací HGP na získanie zdroja pitnej a úžitkovej vody. Manuskript. Žiar nad Hronom, Agrostav, 18 s.
- Franko, O., Biely, Q., Maďar, D. a Weis, K., 2003: Návrh revidovaných ochranných pásiem a opatrení prírodných liečivých zdrojov hydrogeologickej štruktúry Sklené Teplice. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (85 778).
- Franko, O., Forgáč, J., Fusán, O. a Zboril, L., 1971: Základný výskum priestorového rozloženia zemského tepla a vyhľadávanie vysokotermálnych vôd. Komplexné geologické zhodnotenie Žiarskej kotliny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (25 720), 61 s.
- Franko, O., Fusán, O., Král, M., Remšík, A., Fendek, M., Bodiš, D., Drozd, V. a Vika, K., 1995: Atlas geotermálnej energie Slovenska. Bratislava, MŠ SR Bratislava, MŽP SR Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra.
- Franko, O. a Zakovič, M., 1980: Rekognoskácia minerálnych prameňov SSR. Čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

G

- Garrels, R. M., 1960: Mineral Equilibria at Low Temperature and Pressure. New York, Harper Brothers, 254 s.
- Gazda, S., 1965: Rozpúšťacia schopnosť vody a jej význam pre tvorbu chemizmu podzemných vôd a roztokov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 251 s.
- Gazda, S., 1969: Hydrogeochemia Juhoslovenskej uhoľnej panvy. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Gazda, S., 1971: Hydrogeochemické pomery neovulkanitov Slovenska a ich podložia. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 66 s.
- Gazda, S., 1972: Modifikácia Palmerového klasifikačného systému. In: Hydrogeologická ročenka 1970 – 1971. Bratislava, Slovenský hydrometeorologický ústav, 122 – 126.
- Gazda, S., 1974: Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a ich genetická klasifikácia. Materiály z III. celoslovenskej hydrogeologickej konferencie, sekcia Hydrogeológia. Bratislava, SGÚ, 43 – 50.
- Gáľisová, M., Kazmuková, M. a Jarúnek, J., 1989: Neovulkanity Kremnických vrchov, južná časť, záverečná správa, vyhľadávací HGP, účel: získanie nových zdrojov pitnej vody v tejto oblasti. Manuskript. Žilina, archív IGHP.
- Gomolčák, F., Oslanec, J., Vlasková, D., Buran, M. a Otepka, J., 1993: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia SR v mierke 1 : 50 000, región Žiarska kotlina a banskoštiavnická oblasť. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (79 682).

H

Hanzel, V., Kullman, E., Dovina, V., Chochol, M., Gabauer, G. a Bálint, J., 1983: Hydrogeologický výskum vybraných oblastí SSR, stav k 31. 8. 1983, správa pre priebežnú oponentúru štátnej úlohy. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (57 156), 64 s.

Hudec, L., 1961: Správa o hydrogeologickom prieskume na lokalite v Hliník nad Hronom. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (9 783).

J

Jetel, J., 1985: Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin. Praha, Metod. příruč. Ústř. Úst. geol., 1, 147 s.

Jetel, J., 1995: Utilizing Data on Specific Capacities of Wells and Water-Injection Rates in Regional Assessment of Permeability and Transmissivity. Slovak Geol. Mag. (Bratislava), 1/95, 7–18.

K

Káčer, Š., Antalík, M., Lexa, J., Zvara, I., Fritzman, R., Vlachovič, J., Bystrická, G., Brodianska, M., Potfaj, M., Madarás, J., Nagy, A., Maglay, J., Ivanička, J., Gross, P., Rakús, M., Vozárová, A., Buček, S., Boorová, D., Šimon, L., Mello, J., Polák, M., Bezák, V., Hók, J., Teťák, F., Konečný, V., Kučera, M., Žec, B., Elečko, M., Hraško, L., Kováčik, M. a Pristaš, J., 2005: Slovenská republika – digitálna geologická mapa v M 1 : 50 000 a 1 : 500 000. Bratislava MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 42 s.

Kettner, J., 1929: Druhé geologické dobrozdanie o výskytu minerálnej vody v lázních Kováčová u Zvolena. Manuskript. Praha, archív St. geol. Úst., 9 s.

Klukanová, A., Iglárová, L., Wagner, P., Ondrášik, M., Liščák, P., Matys, M., Vlčko, J., Kováčiková, M., Hrašna, M., Bodiš, D., Moczo, P., Smolárová, H., Antal, J., Cipciar, A., Dananaj, I., Durmeková, T., Frankovská, J., Helma, J., Jelínek, R., Maas, P., Ondrejka, P., Labák, P., Paudiš, P., Petro, L., Polaščinová, E., Rozimant, K., Gajdoš, V., Scherer, S., Slaninka, Kordík, J., Vanko, J. a Král, J., 2003: Čiastkový monitorovací systém – geologické faktory. Správa za rok 2003. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Klúz, M., 1981: Žiar nad Hronom – ochranné pásma. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (51 577), 18 s.

Klúz, M., Vrábľová, M. a Rosinčin, J., 1990: Žiar nad Hronom – ZSNP– kysličníkareň, znečistenie podzemných vôd, HGP. Manuskript. Žilina, archív IGHP.

Konečný, V., Lexa, J., Halouzka, R., Dublan, L., Šimon, L., Stolár, M., Nagy, A., Polák, M., Vozár, J., Havrila, M. a Pristaš, J., 1998a: Geologická mapa regiónu Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca 1 : 50 000. Bratislava, GS SR.

Konečný, V., Lexa, J., Halouzka, R., Hók, J., Vozár, J., Dublan, L., Nagy, A., Šimon, L., Havrila, M., Ivanička, J., Hojstričová, V., Miháliková, A., Vozárová, A., Konečný, P., Kováčiková, M., Filo, M., Marcin, D., Klukanová, A., Liščák, P. a Žáková, E., 1998b: Vysvetlivky ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca (štiavnický stratovulkán) 1 : 50 000. I. diel. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 248 s.

Konečný, V., Lexa, J., Halouzka, R., Hók, J., Vozár, J., Dublan, L., Nagy, A., Šimon, L., Havrila, M., Ivanička, J., Hojstričová, V., Miháliková, A., Vozárová, A., Konečný, P., Kováčiková, M., Filo, M., Marcin, D., Klukanová, A., Liščák, P. a Žáková, E., 1998c: Vysvetlivky ku geologickej mape Štiavnických vrchov a Pohronského Inovca (štiavnický stratovulkán) 1 : 50 000. II. diel. Bratislava, GS SR, 473 s.

Konečný, V., Lexa, J. a Šefara, J., 1978: Vzťah vulkanizmu k morfoloģickým štruktúram predvulkanického podložja. Čiastk. záver. správa za rok 1978. Názov čiastkovej úlohy: Komplexný geologicko-štruktúrny výskum a mapovanie centrálnych prognózných zón a plášťových oblastí stredoslovenských neovulkanitov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 63 s.

Kordík, J. a Slaninka, I., 2005: Mapa kvality prírodných vôd regiónu Myjavská pahorkatina a Biele Karpaty. Príloha 3.0 k záverečnej správe. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 92 s.

Kordík, J. a Slaninka, I., 2009: Zostavovanie základných hydrogeochemických máp na Slovensku – cesta k jednotným digitálnym podkladom. Podzemná voda (Bratislava), XV, 1, 87–99.

Krahulec, P., Rebbo, A., Uhliarik, J. a Zeman, J., 1978: Minerálne vody Slovenska II. Martin, Osveta, 1 035 s.

Kubička, P., 1993: Horná Ždaňa – HGP, cieľ: Získať nové zdroje pitnej vody. Manuskript. Žilina, archív Hydroeko.

Kullman, E., Dovina, V., Škvarka, L., Gazda, S. a Rapant, S., 1978: Základná hydrogeologická mapa 1 : 200 000, list 36 – Banská Bystrica. Čiastk. záver. správa. Názov úlohy: Základný hydrogeologický výskum spojený s edíciou hydrogeologických máp. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 472 s.

Kullman, E., Gavurník, J., Molnár, L., Šelleng, J., Juráčková, D. a Saglenová, A., 2008: Hydrologická ročenka, Podzemné vody 2007. Bratislava, Slovenský hydrometeorologický ústav, 166 s.

Kullman, E., Malík, P., Patschová, A. a Bodiš, D., 2005: Vymedzenie útvarov podzemných vôd na Slovensku v zmysle rámcovej smernice o vodách 2000/60/ES. Podzemná voda (Bratislava), XI, 5, 5–18.

Kullmanová, A., Kantor, J., Franko, O., Biely, A., Fusán, O., Lexa, J. a Vozár, J., 1977: Vyhodnotenie štruktúrneho vrtu JL-1 Jánova Lehota. Čiastk. záver. správa. Názov čiastkovej úlohy: Geologická stavba podložja vnútorných Západných Karpát. Názov úlohy: Výskum substrátu a hlbinej stavby Západných Karpát. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 117 s.

L

Lapin, M., Faško, P. a Kveták, Š., 1987: Metodický predpis SHMÚ 3-09-1/1 Klimatické normály, platný od 1. 1. 1988. Bratislava, SHMÚ.

Lauko, V., 1981: Vyhodnotenie HG prieskumného vrtu HKB-1a na lokalite Slaská, HGP, cieľ: nahradenie znehodnoteného vrtu HKB-1. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 10 s.

Lauko, V. a Čepela, J., 1981: Vyhodnotenie HG prieskumného vrtu HL-1 na lokalite Lutilla, HGP, cieľ: zdroj pitnej a úžitkovej vody pre farmu. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 9 s.

- Lauko, V., Polák, R., Novomestská, D., Kost'ov, K., Lauková, E. a Tadanaiová, H., 1982: Vyhodnotenie spoločnej čerpacej skúšky na lokalite Slaská – Kosorín, HGP. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 18 s.
- Lexa, J., Blaško, D., Filo, M., Hroncová, Z., Hruškovič, S., Knésl, J., Knésllová, A. a Stolár, M., 1989: Vysvetlivky k regionálnej mape ložísk a prognóz nerastných surovín – Kremnické vrchy, Regionálne mapy ložísk a prognóz nerastných surovín v mierke 1 : 50 000 a 1 : 100 000, 1988 – 1989. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 169 s.
- Lexa, J., Halouzka, R., Havrila, M., Hanzel, V., Kubeš, P., Liščák, P. a Hojstričová, V., 1998: Vysvetlivky ku geologickej mape Kremnických vrchov. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra, 308 s.

M

- Majerská, D., 1981: Janova Lehota – JRD, HGP. Manuskript. Banská Bystrica, Pôdohospodársky projektový ústav, 11 s.
- Malík, P., Bačová, N., Hronček, S., Ivanič, B., Káčer, Š., Kočický, D., Maglay, J., Marsina, K., Ondrášik, M., Šefčík, P., Černák, R., Švasta, J. a Lexa, J., 2007: Zostavovanie geologických máp v mierke 1 : 50 000 pre potreby integrovaného manažmentu krajiny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (88 158), 555 s.
- Malík, P., Jetel, J. a Švasta, J., 2003: Metodika zostavovania základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 (Methods for constructing hydrogeological maps in 1 : 50 000 scale). Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 108, 23 – 44, ISSN 0433-4795.
- Malík, P., Kordík, J., Bottlik, F. a Kováčová, E., 2006: Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa západnej časti Veľkej Fatry v mierke 1 : 50 000. Čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Malík, P. a Švasta, J., 2006: Priestorové rozloženie priemerných efektívnych zrážok na území Slovenska. Podzemná voda (Bratislava), XII, 1, 65 – 77.
- Marsina, K., Bodiš, D., Havrila, M., Janák, M., Káčer, Š., Kohút, M., Lexa, J., Rapant, S. a Vozárová, A., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky. Časť III. Horniny. Bratislava, GS SR, 135 s.
- Mayer, R., 1971: Bioelement – transport im niederschlagenwasser und in bodenlösung eines wald-ekosystems. Göttingen Bodenkund. Ber., 19, 1 – 119.
- Michalko, J., Berta, J. a Magic, D., 1986: Geobotanická mapa ČSSR, Slovenská socialistická republika. Bratislava, Veda, vyd. Slov. Akad. Vied, 168 s.
- Michalko, J., Kordík, J. a Bottlik, F., 2005: Základná hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Turčianskej kotliny v mierke 1 : 50 000. Čiastk. záver. správa. Názov geologickej úlohy: Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 273 s.
- Mikuláš, E., 1968: Vyhodnotenie hydrogeologického prieskumného vrtu pre ŠM Hliník nad Hronom, HGP. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 9 s.
- Mitro, I., 1968: Lutilla – vyhodnotenie HG prieskumného vrtu, HGP, účel: zaistiť zdroj pitnej a úžitkovej vody pre 2 x 4 bytové jednotky. Manuskript. Prešov, Vodné zdroje, 10 s.

N

- Némethyová, M., 1981: Vyhodnotenie hydrogeologického prieskumného vrtu HV-1 na lokalite Hliník nad Hronom. Vodné zdroje Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (51 333).
- Nariadenie vlády SR z 10. mája 2006, ktorým sa ustanovujú požiadavky na vodu určenú na ľudskú spotrebu a kontrolu kvality vody určenej na ľudskú spotrebu. Zbierka zákonov č. 354/2006, 2 524 – 2 542.

O

- Ostroľuký, P., 1962: Hydrogeologický prieskum vodného zdroja pre JRD Horná Trnávka. Krajský poľnohospodársky projektový ústav Banská Bystrica. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (10 393).
- Otepka, J., Gomolčák, F., Oslanec, J., Vlasková, D. a Buran, M., 1993: Súbor regionálnych máp geofaktorov životného prostredia SR v mierke 1 : 50 000, región 05: Žiarska kotlina a banskoštiavnická oblasť. Záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (79 682), 30 s.
- OTN ŽP 3108 Kvantita povrchových vôd. Meranie prietokov vodomernou vrtuľou na vodnom toku.

P

- Pačes, T., 1972: Chemical Characteristic and Equilibration in Natural Water – felsic rock – CO₂ System. Geochim. cosmochim. Acta. (Oxford), 36, 217 – 240.
- Pačes, T., 1983: Základy geochemie vod. Praha, ČGÚ.
- Pekař, J., Pittlová, D., Hladká, B. a Vávrová, A., 1968: Žiar nad Hronom – vyhodnotenie HG prieskumného vrtu HŽ-1, HGP, účel: zaistiť zdroj pitnej a úžitkovej vody pre prevádzkovú budovu spojov. Vodné zdroje Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 7 s.
- Pitter, P., 1999: Hydrochemie. 3. vyd. Praha, Vyd. VŠCHT, 568 s.
- Planderová, E., 1969: Korelácia Handlovske-Nováckej uhoľnej panvy so sedimentami Žiarskej kotliny na základe palynologických výskumov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (23 843), 62 s.
- Polák, R., Poláková, S., Hauskrecht, a Olejko, I., 1977: Dolná Ždaňa – hospodársky dvor ŠM, HGP, účel: posúdiť možnosť a spôsob využívania vrtu HVŽ-2 ako zdroj pitnej a úžitkovej vody pre danú lokalitu. Manuskript. JRD 1. máj Kočín, 2 s.
- Porubský, A., 1979A: Vyhodnotenie doplnujúceho hydrogeologického prieskumu na lokalite Slaská. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (45 459).
- Porubský, A., 1979b: Vyhodnotenie doplnujúceho hydrogeologického prieskumu na lokalite Janova Lehota – Kosorín. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (45 458).
- Pulec, M., 1966: Celkové zhodnotenie ílovitých sedimentov v žiarskej, Zvolenskej a Slatinskej kotline. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (20 935).

R

- Rapant, S., 1994: Geochémia prírodných vôd kryštalinika Nízkyh Tatier. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 12, 177 – 219.
- Rapant, S., 2001: K problematike klasifikácie antropogénne ovplyvnených vôd a hydrogeochemického vyhodnocovania pri environmentálnom monitoringu. Podzemná voda (Bratislava), VII, 2, 181 – 184.
- Rapant, S. a Bodiš, D., 2003: Metodika zostavovania základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 108, 11 – 22.
- Rapant, S., Vrana, K., Bodiš, D., Doboš, V., Hanzel, V., Kordík, J., Repčoková, Z., Slaninka, I. a Zvara, I., 1996: Geochemický atlas Slovenskej republiky – časť Podzemné vody. Bratislava, GS SR, Vyd. D. Štúra 127 s.
- Remšík, A., Konečný, V., Fendek, M., Král, M., Lexa, J., Hók, J., Maďar, D., Grand, T., Weis, K., Šefara, J., Vika, K. a Drozd, V., 2000: Regionálne hydrogeotermálne zhodnotenie Žiarskej kotliny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (82 282), 97 s.

S

- SHMÚ národný monitoring: Kvalita podzemných vôd na Slovensku. Bratislava, SHMÚ.
- SHMÚ národný monitoring: Kvalita povrchových vôd na Slovensku. Bratislava, SHMÚ.
- Slaninka, I. a Kordík, J., 2006: Ipeľský región (IPREG) – orientačný prieskum geologických činiteľov životného prostredia. Mapa kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000. Čiastk. záver. správa (príloha G). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Slaninka, I., Kordík, J. a Rapant, S., 2001: Mapa kvality prírodných vôd 1 : 50 000 regiónu Stredné Považie. Čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Smernica MŽP SR č. 8/2004 – 7 na zostavovanie základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky.
- Smernica MŽP SR č. 9/2004 – 7 na zostavovanie základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky.
- Smernica MŽP SR č. 2/2000 o zásadách spracovania a odovzdávania úloh v Geografickom informačnom systéme. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky.
- STN 75 7214: 1998 Kvalita vody. Surová voda na úpravu na pitnú vodu.
- STN EN ISO 748 (75 1202) Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Rýchlostno-plošné metódy.
- STN ISO 1088 (75 1401) Meranie prietoku kvapalín v otvorených korytách. Metódy rýchlostného poľa. Zber a spracovanie údajov na určenie chýb merania.
- Svorenčík, V. a Žišková, M., 1981: Vyhodnotenie HG prieskumných vrtov HVŽ-1 až HVŽ-3 na lokalite Žiar nad Hronom, HGP, cieľ: získanie vodného zdroja pre kúpalisko. Vodné zdroje Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 21 s.

Š

- Šály, R., 1972: Hlavné typy lesných pôd na Slovensku. Bratislava, Vyd. Slov. Akad. Vied, 235 s.
- Šimon, L., Elečko, M., Lexa, J., Pristaš, J., Halouzka, R., Konečný, V., Gross, P., Kohút, M., Mello, J., Polák, M., Havrila, M. a Vozár, J., 1997: Geologická mapa Vtáčnika a Hornonitrianskej kotliny 1 : 50 000. Bratislava, GS SR.
- Škvarka, L., 1967: Hydrogeologické vyhodnotenie vrtov S-1 a S-2 prevedených v ZSNP v Žiari nad Hronom, HGP. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 14 s.
- Škvarka, L., 1969a: Poruchové zóny vo vulkanickom komplexe – najnádejnejší zdroj zvodnenia vo vulkanickom komplexe. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (25 143), 25 s.
- Škvarka, L., 1969b: Možnosti získania nových vodných zdrojov vody v stredoslovenských neovulkanitoch (štúdia). Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (21 209), 43 s.
- Škvarka, L., 1974: Zvodnené zlomové línie v oblasti neovulkanitov Slovenska. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 1, 115 – 172.
- Škvarka, L., 1980: Hydrogeologické pomery Žiarskej kotliny. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 2, 193 – 229.
- Škvarka, L. a Gazda, S., 1974: Doterajšie poznatky o hydrogeologických pomeroch Žiarskej kotliny. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (33 663), 75 s.
- Škvarka, L., Gazda, S., Karolus, K. a Forgáč, J., 1971: Základný hydrogeologický výskum neovulkanitov Slovenska a ich podložia. Čiastk. záver. správa za etapy výskumu 1965 – 1970. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (26 950), 169 s.
- Šuba, J., Bujalka, P., Cibulka, E., Frankovič, J., Hanzel, V., Kullman, E., Porubský, A., Pospíšil, P., Škvarka, L., Šubová, A., Tkáčik, P. a Zakovič, M., 1984: Hydrogeologická rajonizácia Slovenska. 2. vyd. Hydrofond 14. Bratislava, SHMÚ, 308 s.
- Šuba, J. (ed.), Bujalka, P., Cibulka, E., Frankovič, J., Hanzel, V., Jetel, J., Kullman, E., Míhálík, F., Porubský, A., Pospíšil, P., Škvarka, L., Šubová, A., Tkáčik, P. a Zakovič, M., 1995: Aktualizácia hydrogeologickej rajonizácie Slovenska. Manuskript. Bratislava, archív SHMÚ.
- Šuba, J. a Pavúr, K., 1964: Kozárovce – Zvolen – hydrogeologický prieskum kvartérnych náplavov rieky Hron spojený s budovaním pozorovacích objektov pre sledovanie hladín podzemných vôd, orientačný HGP. Manuskript. Žilina, archív Geol. priesk, 53 s.
- Šubjak, K. a Zuber, V., 1992a: Žiar nad Hronom – Bratislavská ul., čerpacia stanica č.10523, ČSPHM, čiastková záverečná správa, komplexné posúdenie stupňa nutnej ochrany podzemných vôd v podmienkach k. p. Benzinol. Manuskript. Žilina, Ekologický a hydrogeologický servis.

Šubjak, K. a Zuber, V., 1992b: Žiar nad Hronom – Handlovská, čerpacia stanica č.10775, čiastková záverečná správa, komplexné posúdenie stupňa nutnej ochrany podzemných vôd v podmienkach k. p. Benzinol, ČSPHM. Manuskript. Žilina, Ekologický a hydrogeologický servis.

Šubová, A., Putišová, E. a Gudabová, M., 1986: Hydrogeologický rajón 080, kvartér nivy Hrona a Slatiny od Slovenskej Lupče po Tlmače – výpočet zásob podzemných vôd v kategórii C2 bez technických prác. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 89 s.

T

Tartal, M., 1966: Vyhodnotenie hydrogeologických vrtov pre 8 triednu školu v Hornej Ždani. Vodné zdroje Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (17 973).

Tuma, W. a Kurilovský, 1961: Zhodnotenie prieskumných hydrogeologických vrtných prác v Hliníku nad Hronom. Vodné zdroje Prešov. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra (9 762).

V

Valušiak, I., 1968: Vyhodnotenie hydrogeologického prieskumného vrtu HL-1 pre ÚŠM v Lovči, HGP. Vodné zdroje Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 10 s.

Vass, D., 2002: Litostratigrafia Západných Karpát: neogén a budínsky paleogén. Bratislava, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 202 s.

Vozár, J., Méres, Š., Vrana, K. a Kúšiková, S., 1998: Zhodnotenie ekologickej únosnosti regiónu Žiarskej kotliny. Záver. správa. Ekologické a veterinárne laboratória, Spišská Nová Ves a MŽP SR. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Vrana, K., Bodiš, D., Lopašovský, K. a Rapant, S., 1989: Regionálno-hydrogeochemické zhodnotenie kvality snehovej pokrývky na území Slovenska. Západ. Karpaty, Sér. Hydrogeol. inž. Geol. (Bratislava), 7, 87 – 128.

Vyhláška MŽP SR č. 141/2000, ktorou sa vykonáva geologický zákon č. 313/1999 Z. z. o geologických prácach a o štátnej geologickej úlohe. Zbierka zákonov č. 141/2000.

Vyhláška MŽP SR z 19. novembra 2004, ktorou sa ustanovujú požiadavky na kvalitu surovej vody a na sledovanie kvality vody vo verejných vodovodoch. Zbierka zákonov č. 636/2004, 6 346 – 6 361.

Z

Zakovič, M., Bodiš, D. a Franko, O., 2003: Hydrogeologické pomery na základnej hydrogeologickej mape SR 1 : 200 000 – list 36 Banská Bystrica. Bratislava, MŽP SR, Št. Geol. Úst. D. Štúra, 115 s.

Zelenka, V., Flaškár, P., Barančok, P., Balaščáková, G., Bartek, M., Caltík, M., Cebecauer, T., Cebecauerová, M., Hofierka, J., Korda, J., Kočícký, D., Kremnický, M., Maník, V., Matečný, I., Matušková, I., Miškeje, H., Minár, J., Paulínyová, N., Ružičková, J., Sládek, P., Švecová, E., Šúri, M., Šúriová, N., Švec, M., Tremboš, P. a Tvrdoň, J., 1996: Miestny územný systém ekologickej stability vo vybraných katastrálnych územiach v dosahu ZSNP, a. s. Žiar nad Hronom. Bratislava, MŽP SR.

Ž

Žák, D. a Hauskrecht, I., 1974: Horná Ždaňa, vrtv HŽD-3 + HŽD-4, HGP, cieľ: zásobovanie strediska JRD pitnou a úžitkovou vodou. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 13 s.

Žák, D., Hauskrecht, I., Palkovičová, M. a Makrányiová, Z., 1973a: Hliník nad Hronom, vyhodnotenie HGP vrtov HHL-1 – HHL-2, cieľ: vodný zdroj. Vodné zdroje Bratislava. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra, 12 s.

Žák, D., Kartoška, M., Palkovičová, M. a Makrányiová, Z., 1973b: Trubín, HGP vrtu HTŽ-1, vyhodnotenie, cieľ: vodný zdroj. Manuskript. Bratislava, Vodné zdroje, 13 s.

ZOZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJOV

<http://www.kremnica.sk>

<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/zh/zr-7.html>

<http://www.slovalco.sk>

<http://www.zsnp.sk/genPage.php?id=34>

(<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/zh/zr-5.html>)

<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/zh/zr-35.html>

<http://www.sazp.sk/slovak/struktura/ceev/DPZ/pramene/pramene.html#mapa>

12. SUMMARY

The Žiarska kotlina Basin represents intermountain and intravolcanic depression located west of Central – Slovakian Neogene volcanic field, with 2,500 m deep subsidence of pre-Tertiary basement. Based on the hydrogeological research the Žiarska kotlina Basin represents a place without the possibility of infiltration and accumulation of significant or exploitable amount of groundwater. Majority of the Žiarska kotlina Basin (99 km²) is filled with relatively impermeable Neogene clay sediments (Trubín Fm.) with function of regional hydrogeological aquitard. More permeable and more suitable for water management appear alluvial sediments of the Hron River, sandstone – gravel layers of the Trubín Fm. situated on the edges of the basin and volcanoclastic sediments of the Jastrabská Fm. lying under the Trubín Fm.

The most permeable aquifers in the area are the **Quaternary fluvial sediments** located along the Hron River in the south of the basin. The Quaternary fluvial sediments along the right bank of the Hron River are characterized by transmissivity $T = 6,59 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. The Quaternary fluvial sediments along the left bank of the river are typical of higher permeability and transmissivity value $T = 2,74 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Reduced permeability of the Quaternary fluvial sediments on the right side of the Hron River is due to the higher presence of clay fraction. The fine-grained clay particles eroded away from Neogene sediments are brought by small streams flowing through the Žiarska kotlina Basin. The Quaternary fluvial and alluvial sediments of the Hron River are characterized by intergranular permeability and slightly confined groundwater level. Thickness of the Quaternary sediments varies from 2 to 12 m with maximum in the vicinity of the town of Žiar nad Hronom. The Quaternary sediments are drained from deluvial deposits in the form of 35 talus springs, mostly.

The **Trubín Fm.** plays a function of **regional aquitard** of the Žiarska kotlina Basin. Particularly in the northern part of the basin, the Trubín Fm. – Kosorín Mb. (Pontian) contains impermeable clay and lignite layers with mean transmissivity value $T = 7,97 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Maximum thickness of the Kosorín Mb. is 85 m. The coal-bearing Kosorín Mb. represents a hydrogeological aquitard without natural groundwater outflow – springs. The Trubín Fm. – claystones and siltstones located in the central part of the basin with total thickness from 200 to 400 m and with transmissivity values $T = 1 \times 10^{-6}$ to $3 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ is considered as aquitard. Relatively more permeable sandstones and gravel layers of the Trubín Fm. (Pannonian – Pontian) classified as aquifers are located on the east and west edge of the basin with mean transmissivity value $T = 1,32 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Thickness of the sandstone and gravel aquifers of the Trubín Fm. varies from 10 to 400 m, with maximum in the most northerly part of the Žiarska kotlina Basin. Sandstones and gravel layers of the Trubín Fm. are characterized by intergranular permeability and confined groundwater level. Infiltration and accumulation of the natural resources of groundwater is mainly through precipitation and also through groundwater inflow from the Vtáčnik Mts. in the western part of the Žiarska kotlina Basin. The Neogene sediments are drained through 20 mostly talus and talus – stratal springs.

Another relatively permeable aquifer of volcanoclastic sediments is located below the Upper Quaternary and Neogene formations in the depth approximately 250 – 300 m below the surface. The tuffs, breccias and conglomerates of the **Jastrabská Fm.** (sarmat) lies under the Trubín Fm. across the whole basin, with a known thickness of 150 m in Žiar nad Hronom. These sediments of the rhyolite volcanism are characterized by transmissivity $T = 3 \times 10^{-4}$ to $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, intergranular permeability and confined groundwater level. Due to the considerable depth of volcanic formations, infiltration, accumulation and groundwater circulation depend on the presence of hydraulically active fissures and fault zones and position of volcanoclastic rocks. Groundwater inflow into these formations is mostly from Kremnické vrchy Mts. through the hydraulically active fault zones situated in the northern part of the Žiarska kotlina Basin. Neogene volcanic formations with characteristic intergranular and fissure permeability are drained in the form of 21 mostly talus – fissure springs.

The Žiarska kotlina Basin is surrounded by a set of water-bearing tectonic faults. Nová Baňa – Kľak tectonic fault zone located along the west side of the basin represents a drainage function for groundwater inflow from the Vtáčnik Mts. Prochot-Kremnica tectonic fault zone located on the northwest provides a drainage function for groundwater inflow from Kremnické vrchy Mts. Based on previous research (Auxt

et al., 1989, Bučeková, 2001, Bajo et al., 2008), it is assumed, that groundwater inflow from the surrounding mountains through these fault zones is approximately 200 – 300 l.s⁻¹. Stream yield measurements by current meter documented only slight dewatering of the massifs by groundwater percolation to fluvial and Neogene sediments in the marginal parts of the faults zones and through secondary faults running parallel to the streams, mainly in the northern parts of the basin. Vyhne – Ihráč tectonic fault zone located on the southern edge is characterized as non-water-bearing failure.

Based on previous research the groundwater runoff 160 l.s⁻¹ was determined along the right side of the Hron River (Böhm, 1962). The resistivimetric and thermometric measurements performed did not confirm the transfer of groundwater in such a large quantity. Flow rate calculation of the groundwater runoff through permeable Quaternary and Neogene sediments of the Žiarska kotlina Basin to the Hron River has given approximately 50.0 l.s⁻¹. The whole Žiarska kotlina Basin (99 km²) is drained by 76 mostly talus and talus – stratal springs with total discharge of 7.46 l.s⁻¹. Mineral waters surge to the surface through 7 existing springs located in the SW and in the area of Bukovina – Dolná Ždaňa and Lovčica – Trubín. Internal resources of groundwater are approximately 40 l.s⁻¹ and groundwater withdrawal for water supply is 2.65 l.s⁻¹.

Hydrogeological research and subsequently constructed hydrogeological map shows the Žiarska kotlina Basin, in terms of groundwater quantities, as non-prospective for regional drinking water supply and for water management planning. The Žiarska kotlina Basin is a known by occurrence of mineral waters and, due to suitable hydrogeothermal properties, has a great potential for the occurrence of geothermal waters in the rocks of the pre-Tertiary basement.

Based on the results of groundwater chemical composition using information from basic geological map (Konečný et al., 1998a,b,c) and hydrogeological mapping, the basic hydrogeochemical map at a scale 1:50 000 was compiled. Groundwaters in the region genetically belong to the groundwater with petrogenic mineralization type, i.e. the main and most characteristic part of their chemical composition is obtained through the reactions taking place at the water/rock interface. In the evaluation of hydrogeochemical settings, based on geological-tectonic and hydrogeological settings of the area the following hydrogeochemical groundwaters were delineated:

- groundwater with silicatogenic, silicate-carbonatogenic or silicate-sulphidogenic mineralization circulating in the rocks of volcanic Neogene,
- groundwater with silicate-carbonatogenic mineralization circulating in the rock environment of Neogene sediments and Quaternary proluvial-deluvial sediments and fluvial sediments of terraces.

In the catchment areas of significant watercourses of the region, the presence of groundwater with polygenic, petrogenic-potamogenic (petrogenic-fluviogenic) mineralization is characteristic (more pronounced influence of surface water infiltration, especially from the Hron River).

In groundwater non-affected by anthropogenic influence, in the uppermost aquifer due to the dominant chemical composition formation processes, A₂ basic significant and insignificant Ca-HCO₃ or Ca-Mg-HCO₃ types predominate (80% of analyses): Eventually, increased proportion of S₂(SO₄) with Ca-HCO₃-SO₄, Ca-Mg-SO₄-HCO₃, Ca-Na-HCO₃-SO₄, Ca-SO₄, or Ca-SO₄-HCO₃ types of chemical composition is present in around 25% of the groundwater samples.

Highest mean concentrations of most essential ions and also the highest mean of the T.D.S. values are typical for groundwater of Quaternary proluvial-deluvial sediments or fluvial sediments of terraces (403 mg.l⁻¹, resp. 470 mg.l⁻¹ on average). Lower concentrations of most essential ions and T.D.S. values were observed for groundwater circulating in fluvial river sediments and sedimentary Neogene (362 mg.l⁻¹, resp. 336 mg.l⁻¹ of T.D.S. on average). In general, the lowest values of the basic chemical components are typical for groundwater circulating in volcanic rock formation, although in this environment a significant difference in the chemical composition in individually evaluated hydrogeochemical groups (andesites, rhyolites, rhyolite pyroclastics) is evident. Significantly lowest content of most essential ions is typical for groundwater of rhyolites (179 mg.l⁻¹ of T.D.S. on average). On the other hand, in the groundwater circulating in andesites, the relatively high content of essential ions and T.D.S. (with an average value of 317 mg.l⁻¹ and median 317 mg.l⁻¹) were observed.

Pursuant to the requirements of standards for water used for drinking purposes, the “negative” impact of the rock environment of groundwater circulation in the study area is present in low geochemical activity of volcanic rocks, which results in undersaturation and aggressiveness of groundwater (low values of

T.D.S. and $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ parameter used for description of water “hardness”). Up to about a third of groundwater resources in the area can be included in this group. From the other indicators of the groundwater chemical composition, chemical oxygen demand (COD-Mn) indicating organic pollution exceeded the limit value in 10 samples. Moreover, exceeding the limit values of components indicating anthropogenic contamination mainly from agricultural activity were also observed (nitrates, nitrides or phosphates).

Concentrations of trace elements in groundwater are very low and in many cases these did not reach the level of analytical detection limit. Multiple exceedance of threshold concentrations was recorded only in the cases of trace elements as Fe_{total} , Mn^{2+} and Al^{3+} . In the Žiarska kotlina Basin, over-limit concentrations of arsenic ($> 0.01 \text{ mg.l}^{-1}$) were recorded in 12 samples. In most cases, however, these values are related to the geochemical background in the relevant groundwater circulation environment.

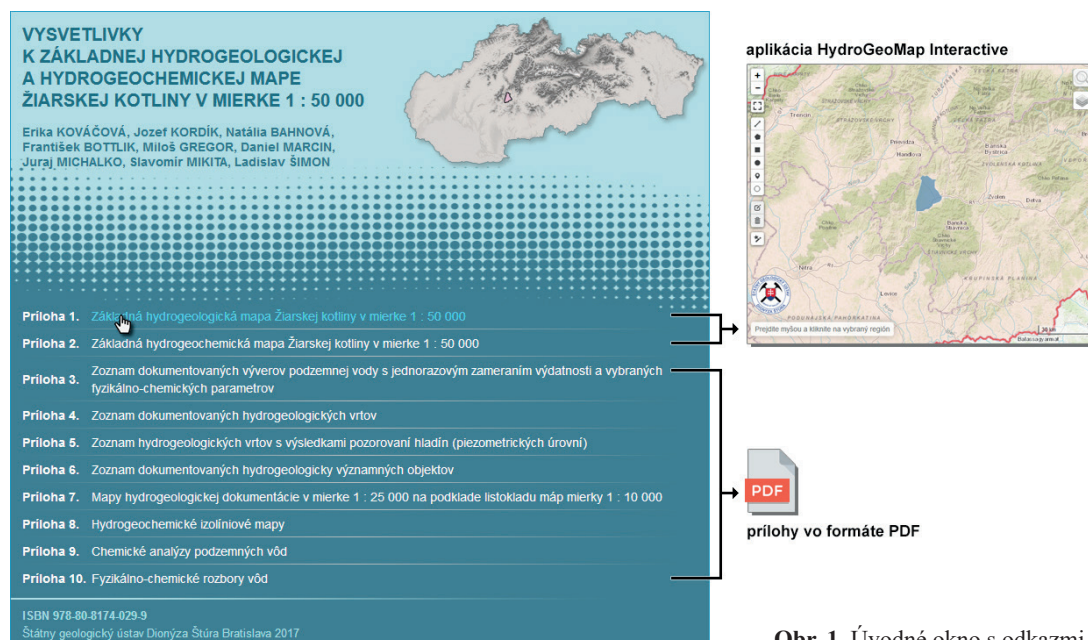
Hydrogeochemical research and subsequently constructed hydrogeochemical map show the Žiarska kotlina Basin, in terms of groundwater quality, as non-prospective for regional drinking water supply and for water management planning. More than half of the area (54.8%) is typical of groundwater of degraded quality – E quality class (mainly due to high content of nitrogenous substances and phosphates from agricultural activities, or the unsatisfactory contents of COD-Mn, arsenic and aluminium). Potential for local use has a groundwater circulating in about one-third of the area, which is characterized by a quality class B due to low water hardness and low contents of T.D.S. Despite these properties, groundwater after a simple treatment would be suitable for drinking.

NA ZÁVER O PRILOŽENOM CD/DVD K PUBLIKOVANÝM VYSVETLIVKÁM

Na priloženom CD/DVD k týmto vysvetlivkám opisujúcim hydrogeologické a hydrogeochemické pomery Žiarskej kotliny sa nachádzajú nasledujúce prílohy:

- Príloha 1:** Základná hydrogeologická mapa Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000
- Príloha 2:** Základná hydrogeochemická mapa Žiarskej kotliny v mierke 1 : 50 000
- Príloha 3:** Zoznam dokumentovaných výverov podzemnej vody s jednorazovým zameraním výdatnosti a vybraných fyzikálno-chemických parametrov
- Príloha 4:** Zoznam dokumentovaných hydrogeologických vrtov
- Príloha 5:** Zoznam hydrogeologických vrtov s výsledkami pozorovaní hladín (piezometrických úrovní)
- Príloha 6:** Zoznam dokumentovaných hydrogeologicky významných objektov
- Príloha 7:** Mapy hydrogeologickej dokumentácie v mierke 1 : 25 000 na podklade listokladu máp mierky 1 : 10 000
- Príloha 8:** Hydrogeochemické izolíniové mapy
- Príloha 9:** Chemické analýzy podzemných vôd
- Príloha 10:** Fyzikálno-chemické rozborov vôd

Po vložení CD/DVD do mechaniky a spustení súboru «**start.html**» sa v predvolenom internetovom prehliadači počítača otvorí úvodné okno (obr. 1) s odkazmi na prílohy. Prílohy 1 a 2 sú publikované v interaktívnej digitálnej forme v rámci aplikácie HydroGeoMap Interactive (Gregor, 2019), ostatné prílohy sú vo formáte PDF. Aby bolo možné zobrazenie súborov vo formáte PDF, musí byť nainštalovaný prehliadač súborov PDF (napr. Adobe Reader).

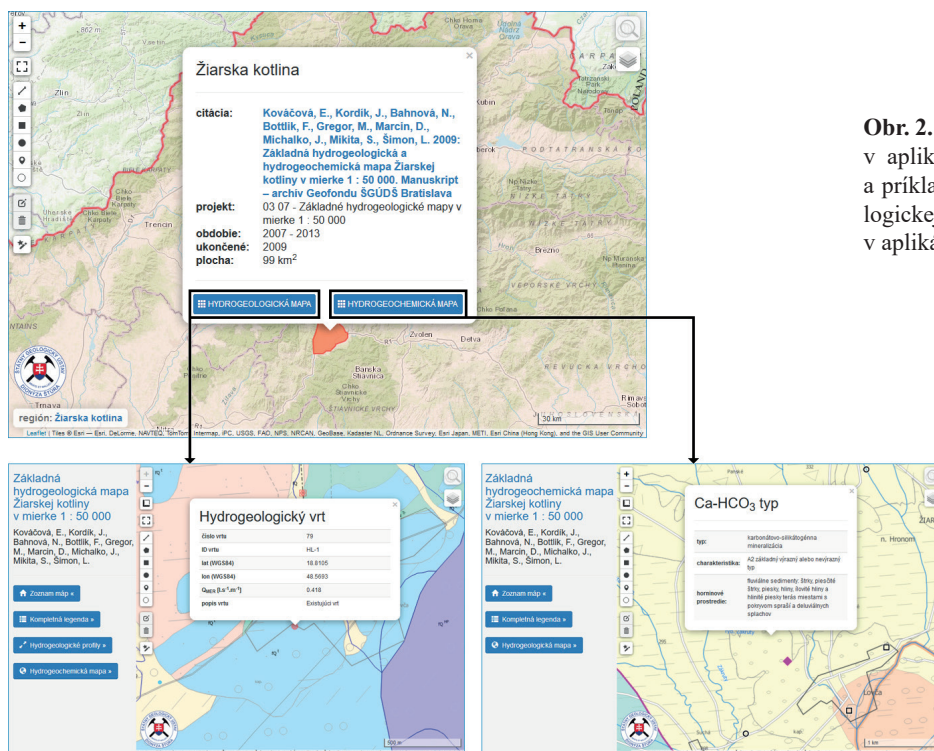


Obr. 1. Úvodné okno s odkazmi na prílohy.

HLAVNÉ FUNKCIE APLIKÁCIE HYDROGEO MAP INTERACTIVE

Po otvorení prílohy 1 alebo 2 sa zobrazí mapa Slovenska s regiónom Žiarska kotlina. Po kliknutí na tento región sa môžete rozhodnúť zobraziť hydrogeologickú mapu alebo hydrogeochemickú mapu regiónu (obr. 2). Po kliknutí na tlačidlo «**HYDROGEOLOGICKÁ MAPA**», resp. «**HYDROGEOCHEMICKÁ MAPA**» sa zobrazí okno s vybranou mapou, rozdelené na bočný panel a samotnú mapu (obr. 2). V bočnom paneli sa nachádza niekoľko tlačidiel. Ak kliknete na «**Zoznam máp**», zobrazí sa úvodné okno aplikácie, tlačidlo «**Kompletná legenda**» zobrazuje pomocné okno s úplnou legendou hydrogeologickej alebo hy-

drogeochemickej mapy. Ak kliknete na tlačidlo «**Hydrogeologické rezy**», otvorí sa pomocné okno, ktoré zobrazuje hydrogeologické rezy patriace k hydrogeologickej mape. Posledné tlačidlo zobrazí druhú mapu z vybraného regiónu, a to v závislosti od toho, ktorú mapu máte aktuálne zobrazenú. Ak máte zobrazenú hydrogeologickú mapu, zobrazí sa odkaz na hydrogeochemickú mapu, ak máte zobrazenú hydrogeochemickú mapu, zobrazí sa odkaz na hydrogeologickú mapu.



Obr. 2. Informácie o vybranom regióne v aplikácii HydroGeoMap Interactive a príklad zobrazenia detailu hydrogeologickej a hydrogeochemickej mapy v aplikácii.

Mapové okno aplikácie má niekoľko funkcií, ktoré sú naprieč aplikáciou identické. Ide o tlačidlá/paneľy zobrazené po okrajoch mapy (obr. 2).

Služba **lokalizácie** na mape je prístupná v pravom hornom rohu mapového okna. Po prejdení myšou na tlačidlo sa zobrazí textové okno, v ktorom zadáme hľadaný objekt na mape. Na fungovanie tejto služby je potrebné aktívne pripojenie na internet. Na mape môžeme hľadať špecifickú adresu, miesta alebo geografické oblasti. Po kliknutí na tlačidlo «**hľadať**» sa mapa vycentruje na nájdenú oblasť.

Pod tlačidlom na lokalizáciu sa nachádza panel, ktorý umožňuje nastavovať **zobrazovanie jednotlivých vrstiev**. Tento panel sa automaticky zobrazí, ak prejdeme myšou na druhé tlačidlo v pravom hornom rohu mapového okna. Samotný panel sa skladá z dvoch častí. Prvá (vrchná) časť zobrazuje mapové podklady, medzi ktorými môžeme prepínať. V tejto časti si môžeme vybrať medzi topografickým podkladom, podkladom satelitných snímok (v prípade aktívneho pripojenia na internet) a podkladom v podobe hydrogeologickej alebo hydrogeochemickej mapy. Druhá časť panela obsahuje možnosť zobrazenia (prípadne skrytia) vektorových vrstiev. Môže ísť o bodové objekty, ako sú napríklad vrty, pramene a ostatné objekty, alebo o vrstvu na kreslenie rôznych typov grafických vektorových objektov, ktoré môžeme vytvárať priamo nad mapou.

Prvé dve tlačidlá, ktoré sa nachádzajú v ľavom hornom rohu mapového okna, slúžia na **zmenu mierky zobrazenej mapy**. Na rovnaký účel je možné použiť aj funkciu, ktorú poskytuje koliesko na myši. Mapa sa automaticky zobrazuje vo veľkej mierke, ale kvôli lepšej čitateľnosti mapy sa pri približovaní alebo vzdalovaní podrobnejšie informácie postupne zobrazujú alebo skrývajú. Pod opísanými tlačidlami sa nachádza ďalšie, ktoré slúži na zobrazenie mapy v móde cez **celú obrazovku**.

Zvyšné tlačidlá v stĺpci v ľavej hornej časti okna slúžia na **meranie vzdialeností** a plôch, ako aj na **kreslenie** rôznych typov grafických objektov (línie, bodové značky alebo polygóny). Takto vytvorené objekty sú plne editovateľné a môžu sa posúvať, vymazávať alebo meniť ich farby a priehľadnosť.

Ďalšia dôležitá funkcionalita, ktorá je prístupná v rámci hydrogeologickej a hydrogeochemickej mapy, sú tzv. dialógové okná. Po kliknutí na bodový objekt (napr. vrt alebo prameň) sa v dialógovom okne zobrazia detailné informácie o objektoch a v prípade kliknutia na plochu územia pokrytého mapou sa otvorí okno obsahujúce informácie o základných hydrogeologických charakteristikách horninového prostredia, resp. o typických kvalitatívnych parametroch podzemnej vody (obr. 2).

**VYSVETLIVKY K ZÁKLADNEJ HYDROGEOLOGICKEJ A HYDROGEOCHEMICKEJ
MAPE ŽIARSKEJ KOTLINY 1 : 50 000**

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava 2017

Vedúci odd. vydavateľstva ŠGÚDŠ a propagácie: RNDr. Ladislav Martinský

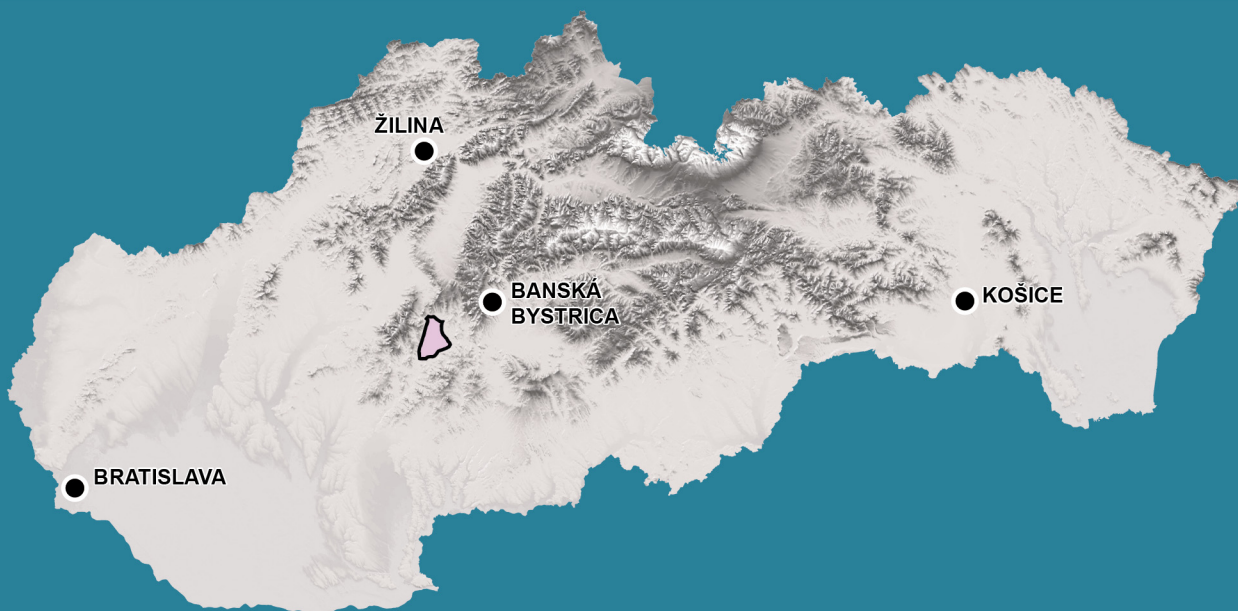
Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová

Grafická úprava a technické spracovanie: Slávka Žideková

Návrh obálky: Mgr. František Bottlik

Tlač a knihárske spracovanie: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava

ISBN 978-80-8174-029-9



ISBN 978-80-8174-029-9