



1 B 19 b
387/2004

GEOLOGICKÉ PRÁCE

ISSN 0433-4795

SPRÁVY

108

Ústredná geologická knižnica SR
ŠGÚDŠ



3902001016648

**GEOLOGICKÉ
PRÁCE
SPRÁVY 108**

Vedecký redaktor

RNDr. Ladislav Šimon, PhD.

Členovia redakčnej rady

RNDr. K. Fordínál, PhD., RNDr. J. Hók, CSc., Ing. J. Janočko, CSc., RNDr. A. Klukanová, CSc., RNDr. P. Liščák, CSc., RNDr. P. Malík, CSc., RNDr. A. Nagy, CSc., RNDr. P. Šiman, RNDr. J. Zuberec, CSc.



**METODIKY ZOSTAVOVANIA ZÁKLADNÝCH
HYDROGEOLOGICKÝCH
A HYDROGEOCHEMICKÝCH MÁP
A MÁP KVALITY PRÍRODNÝCH VÔD
V MIERKE 1 : 50 000**

EDITOR: S. RAPANT

GEOLOGICKÉ PRÁCE

SPRÁVY

108

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra
KNIŽNICA, Bratislava

Signatúra : 10196

Inv. čís. : 307104

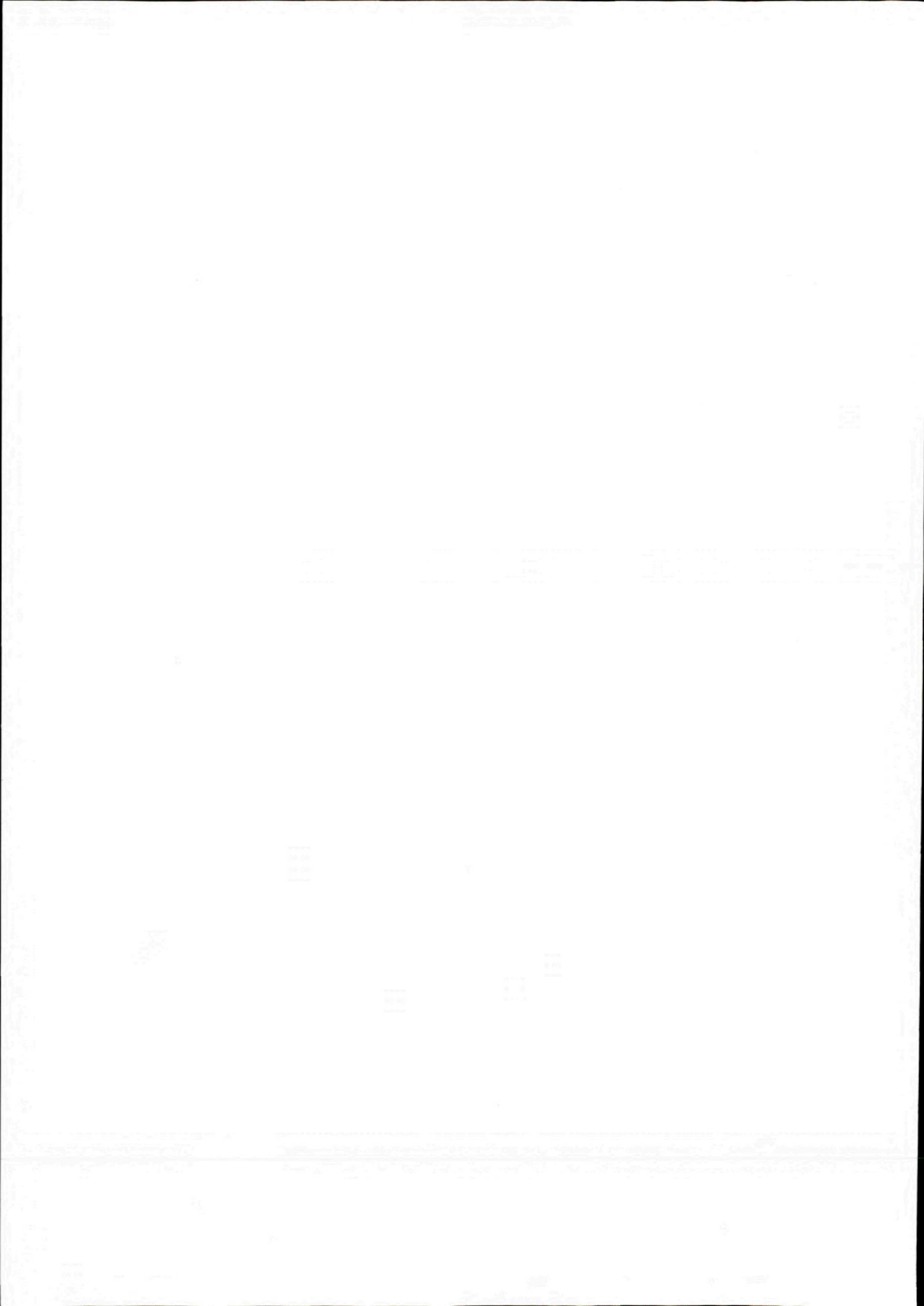
Sk. : 69-

Získané : PV

ny :

OBSAH

<i>Rapant, S.:</i> Predslov	7
<i>Bodiš, D., Rapant, S. a Vrana, K.:</i> Spomíname na inžiniera S. Gazdu	9
<i>Rapant, S. a Bodiš, D.:</i> Metodika zostavovania základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000	11
<i>Malík, P., Jetel, J. a Švasta, J.:</i> Metodika zostavovania základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000	23
<i>Rapant, S. a Bodiš, D.:</i> Metodika zostavovania máp kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000	45
<i>Kadlecová, R., Majer, V. a Čurda, J.:</i> Kartografické vyjádření jakosti podzemních a povrchových vod v České republice	59



PREDSLOV

Najnázornejší a najefektívnejší spôsob vyjadrovania a znázorňovania geologických informácií sú geologické mapy. Na vyjadrovanie kvantitatívnych a kvalitatívnych charakteristík prírodných vôd sa zostavujú hydrogeologické mapy, hydrogeochemické mapy, mapy kvality a upraviteľnosti vôd a pod. Zostavovanie najrozličnejších hydrogeologických a hydrogeochemických máp v širokom zmysle slova má na Slovensku dlhoročnú tradíciu. Za všetky takéto mapy možno spomenúť napríklad edíciu základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 200 000 zo sedemdesiatych rokov 20. storočia, ktorými bolo pokryté celé územie bývalej ČSSR.

Autorom a redaktorom celej edície hydrogeochemických máp v mierke 1 : 200 000 zo Slovenskej republiky bol nezabudnuteľný slovenský vedec – hydrogeochemik Ing. Stanislav Gazda, CSc. Široká odborná hydrogeochemická, hydrogeologická a geochemická verejnosť si v roku 2003 pripomína jeho nedožitú sedemdesiate narodeniny. Aj týmto monotematickým hydrogeochemicko-hydrogeologickým číslom časopisu *Geologické práce – Správy*, vydávaným pri príležitosti odborného seminára usporiadaného 16. 10. 2003 v Mojmirovciach pri Nitre, si slovenská odborná verejnosť a Štátny geologický ústav D. Štúra chcú uctiť pamiatku zakladateľa slovenskej hydrogeochémie Stanislava Gazdu.

V tomto monotematickom čísle sú publikované metodiky zostavovania základných hydrogeologic-

kých a hydrogeochemických máp a máp kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000. Podľa týchto metodík prebieha v súčasnosti na Slovensku v rámci geológie mapovanie kvantitatívnych a kvalitatívnych vlastností podzemných aj povrchových vôd.

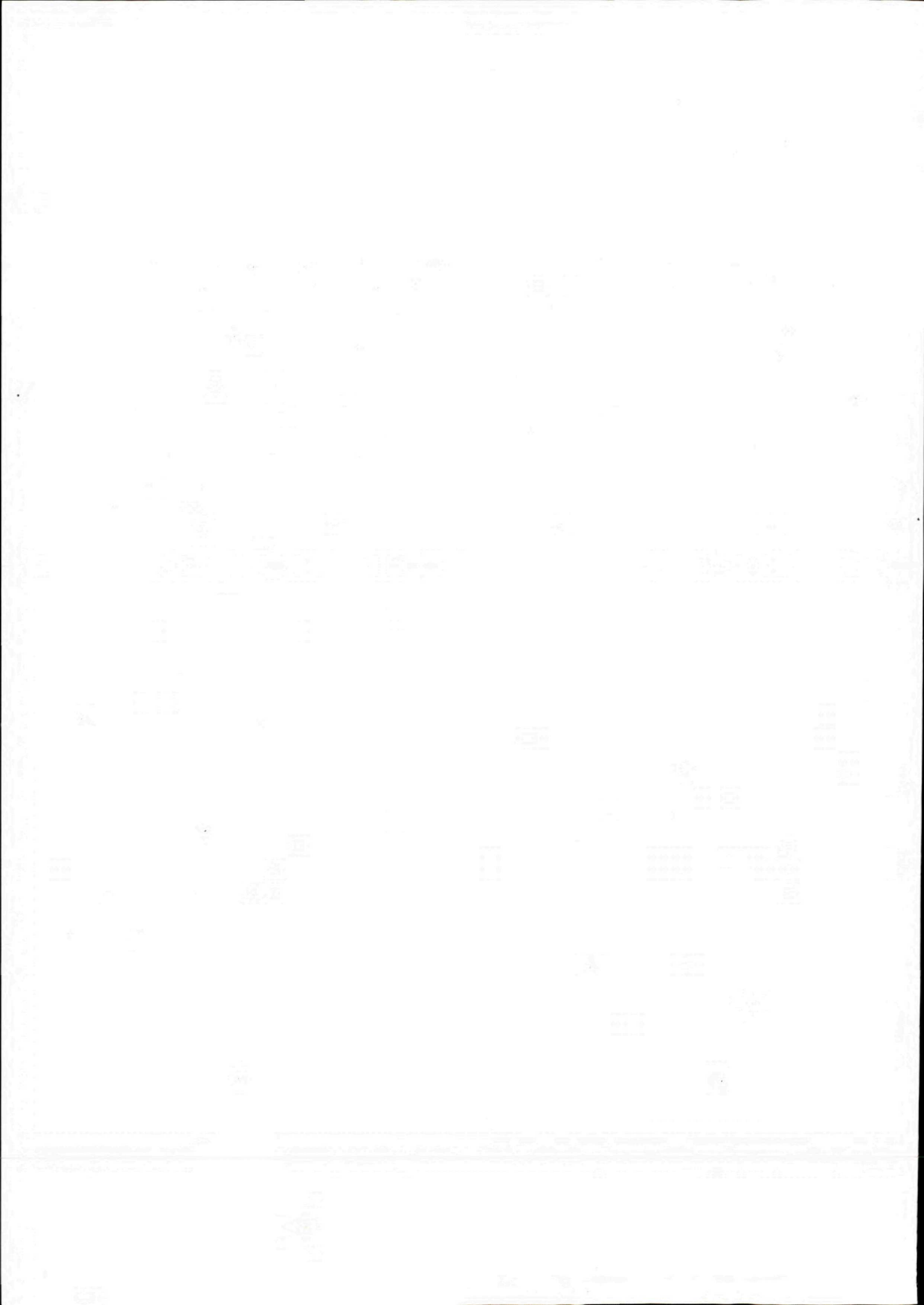
Prezentované metodiky vychádzajú z rovnomených metodík vypracovaných autorskými kolektívami z GÚDŠ zo začiatku 90. rokov minulého storočia. Sú do nich zapracované poznatky a skúsenosti získané pri zostavovaní desiatok máp rôznych regiónov Slovenska a zmeny a doplnky vyplývajúce zo zmien a doplnkov legislatívnych predpisov a vyhlášok z posledného obdobia. Prezentované metodiky však zachovávajú kontinuitu princípov zobrazenia kvantitatívnych a kvalitatívnych charakteristík vôd. Tým je zachovaná kontinuita a kompatibilita s mapami za posledných desať rokov.

Na tomto mieste si dovoľujem poďakovať kolegovi a priateľovi z Českej geologickej služby za ich príspevok podávajúci prehľad mapovania najmä kvalitatívnych vlastností prírodných vôd Českej republiky.

Dovoľte mi na záver vysloviť jednu myšlienku: Ing. S. Gazda bol pre nás všetkých, ktorí sme ho poznali, veľký nielen ako odborník, ale aj ako človek. Pevne verím, že v tomto duchu sa bude niesť aj „GAZDOV SEMINÁR“, ktorý bude stretnutím priateľov a odborníkov.

S. Rapant





Spomíname na inžiniera Stanislava Gazdu

Je jednoduché spomenúť si na blízkeho človeka, ak má jubileum. Spomenúť si však na nedožitú 70. jubileum vnesie do vás silu spomienok. Ak pre niekoho tento človek predstavuje po ľudskej, odbornej a spoločenskej stránke učiteľa, ktorý vám odovzdával svoje znalosti a zasväcoval vás do tajov hydrogeochémie a environmentálnej geochémie, objaví sa jeho gesto, slovo, veta a myšlienka, ktorú ste kedysi dávno počuli, a pripomenie učiteľa. Takým vzácnym človekom bol pre nás Ing. Stanislav Gazda, CSc. Oživujeme spomienku na jeho prácu a už 20 rokov sa snažíme v nej pokračovať a rozvíjať jeho myšlienky do iných dimenzií pomocou iných techník. V niektorých chvíľach nám to všetko pripadá také, akoby sme stále ostávali žiakmi, a nie pokračovateľmi.

Pri tejto príležitosti nielen formou spomienky, ale aj odborným seminárom a publikáciou s metodickým námetom mapového vyjadrovania kvantitatívnych a kvalitatívnych vlastností prírodných vôd sa snažíme uctiť si pamiatku a dielo Ing. S. Gazdu.

Ing. S. Gazda bol jedným z najvýznamnejších slovenských geochemikov, zakladateľ hydrogeochémie na Slovensku. Narodil sa 3. 9. 1933 v Bratislave a zomrel 19. 1. 1983 v Bratislave. Po úspešnom skončení stredoškolského štúdia absolvoval v rokoch 1952 – 1957 Chemickú fakultu SVŠT, špecializáciu analytická chémia. V roku 1969 na PriF UK v Bratislave získal vedeckú hodnosť kandidát geologických vied.

V Geologickom ústave Dionýza Štúra pracoval Ing. S. Gazda dlhé roky vo funkcii vedúceho laboratórneho sektora a zároveň ako vedúci oddelenia hydrogeochémie. Významná je aj jeho manažérska práca. Spolupracoval na príprave viacerých celoštátnych seminárov a konferencií, bol spoluzakladateľom hydrogeochemického strediska odbornej skupiny hydrogeológie pri ČSMG a SGS. Pracoval aj v mnohých vedeckých a odborných komisiách a organizá-

ciách v bývalej ČSSR a zahraničí (IAH, IAGC). Aj jeho zásluhou sa podarilo v rezorte SGÚ vybudovať modernú laboratórnu prístrojovú bázu.

Jeho široká odborná aktivita bola zameraná aj na pedagogickú činnosť. Prednášal na SVŠT, ale najmä na Katedre geochémie PriF UK v Bratislava. Počas tejto svojej činnosti vychoval viac ako 20 diplomantov, doktorov prírodných vied a jedného kandidáta geologických vied.

Na začiatku svojho odborného pôsobenia v GÚDŠ v rokoch 1959 – 1960 študoval problematiku hydrogeochémie uhličitých minerálnych vôd v okolí Hnúšte a Hornej Súče a agresivitu povrchových a podzemných vôd Hornonitrianskej kotliny. Neskôr (1960 – 1961) spolupracoval na inžinierskogeologickom výskume zosuvu v Handlovej, kde poukázal na význam geochemických faktorov pri procesoch inicializácie, priebehu a stabilizácie zosuvov. Až do roku 1966 pracoval prevažne na riešení dôležitých hydrogeologických úloh ako napr. *Základný hydrogeologický výskum bojnických termálnych vôd vo vzťahu k ťažbe uhlia na Nováckom ložisku*, *Hydrogeologický výskum Juhoslovenskej uhoľnej panvy vo vzťahu k CO₂* a pod. Významné sú jeho výsledky výskumu genézy termálnych vôd v Bojniciach a ich vzťahu k uhoľnému ložisku, založené na dôslednej hydrogeochemickej bilancii vôd v celej štruktúre. V Juhoslovenskej uhoľnej panve študoval genézu uhličitých vôd, ich pôvod, výstupové cesty a priestorovú distribúciu CO₂, tzv. plynový faktor, časové zmeny chemického zloženia vôd a obsahu plynov atď. To umožnilo vymedziť infiltračné oblasti podzemných vôd regiónu. V uvedených rokoch pracoval aj na ďalších problémoch ako napr. hydrogeochémia kvartérnych sedimentov Záhorskej a Východoslovenskej nížiny a neovulkanitov stredného Slovenska, hydrogeochemická prospekcia v Spišsko-gemerskom rudohorí a banskoštiavnickej oblasti, hydrogeoché-

mia krasových oblastí a pod. Ing. S. Gazda sa významne podieľal na zostavovaní hydrogeologických máp ČSSR v mierke 1 : 200 000. Bol autorom a redaktorom celej série hydrogeochemických máp Slovenska.

Úspešne vyriešil aj celý rad teoretických i praktických geochemických problémov Západných Karpát dotýkajúcich sa najmä hodnotenia genézy chemického zloženia a kvalitatívnych vlastností podzemnej vody. Poznatky z tejto problematiky využil na vypracovanie novej hydrogeochemickej klasifikácie podzemných vôd, tzv. Gazdovej genetickej klasifikácie, ktorá sa v nezmenenej forme aplikuje dodnes. Významným prínosom bolo hodnotenie chemického zloženia a genézy minerálnych vôd Západných Karpát, ktoré predstavuje v súčasnosti najkomplexnejšie hodnotenie tejto problematiky na Slovensku. Zaoberal sa aj sledovaním významného kvalitatívneho faktora pre prírodné vody, a to chemického zloženia zimných zrážok na Slovensku. Tým položil teoretické a praktické základy tohto výskumu, ktorý formou monitoringu 44 lokalít prebieha dodnes, už 27 rokov. Z pohľadu geochemickej bilancie je významné sledovanie tohto fenoménu v modelových povodiach. Ing. S. Gazda rozvinul metodiku aj opakované pozorovania v niektorých povodiach kryštalinika Západných Karpát a objasnil prínos/odnos prvkov. Tým kvantifikoval podiel chemického zvetrávania horninového prostredia. V posledných rokoch sa jeho pozornosť sústreďovala na ochranu životného prostredia, a najmä na ochranu podzemných vôd v rámci krajiny bývalej RVHP. Bol koordinátorom témy 1.4 (*Rozpracovanie metód ochrany podzemných vôd pred znečistením*) za ČSSR, ktorá sa riešila v spolupráci s bývalým ZSSR. Skončila sa v roku 1978 záverečnou správou a následne monografickým dielom. Významne sa zaslúžil aj o rozvoj geochemie na Slovensku. V rámci toho sa podieľal na vypracovaní viacerých projektov, pričom bol koordinátorom prvého projektu regionálnej geochemie na Slovensku – *Geochemický a izotopový výskum Slovenska*.

Výsledky odbornej práce Ing. Stanislava Gazdu, CSc., sú zhrnuté v približne 60 správach, štúdiách, vyše 100 odborných článkoch a dvoch monografiách.

Najvýznamnejšie vedecké publikácie

Ing. S. Gazdu, CSc.:

- Gazda, S. a Kullman, E., 1964: Hydrogeochemia podzemných vôd vápencovo-dolomitických komplexov mezozoika Západných Karpát. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 32, s. 29 – 46.
- Gazda, S., 1971: Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. In: Hydrogeologická ročenka 1970 – 1971. Bratislava, s. 122 – 126.
- Gazda, S., 1974: Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a jeho genetická klasifikácia. Zborník z III. celoslovenskej geologickej konferencie v Bratislave. Bratislava, SGÚ.
- Gazda, S. a Pospíšil, P., 1974: Problematika ochrany podzemných vôd Žitného ostrova z hľadiska súčasných hydrogeologických a hydrochemických poznatkov. In: Miner. Slov. (Bratislava), roč. 6, č. 3.
- Gazda, S. a Pačes, T., 1975: Použitie termodynamiky pri riešení genetických problémov prírodných vôd. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 62, s. 161 – 185.
- Franko, O., Gazda, S. a Michalíček, M., 1975: Tvorba a klasifikácia minerálnych vôd Západných Karpát. Monografia. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra. 230 s.
- Gazda, S. a Hanzel, V., 1980: Influence of natural factors on chemical properties of groundwaters in the West Carpathians. In: Západ. Karpaty., Sér. Hydrogeol. inž. geol. (Bratislava), 3, s. 121 – 141.
- Gazda, S. a Lopašovský, K., 1983: Chemické zloženie zrážok na území Slovenska. In: Hydrochemické problémy znečisťovania prírodných vôd. Konferencie, Sympóziá, Semináre. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra, s. 63 – 71.
- Gazda, S. a Kovařík, K., 1983: Mathematical simulation of the dispersion of nitrate of the fluvial zone of the river Danube, with respect to outwash of fertilizers from soil. In: Leaching and diffusion in rocks and their weathering products. S. A. Athens, Greece, Theophrastus Publ., s. 527 – 542.
- Goldberg, V. M. a Gazda, S., 1984: Hidrogeologičeskije osnovy ochrany podzemnych vod od zagraznenija. Moskva, NEDRA.

Po Ing. S. Gazdovi ostala silná generácia hydrogeochemikov, ktorá nastúpila na ním vytýčenú cestu a ktorá sa vždy s hrdosťou hlási k svojmu učiteľovi.

D. Bodiš, S. Rapant a K. Vrana

Metodika zostavovania základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000

STANISLAV RAPANT A DUŠAN BODIŠ

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Kľúčové slová: hydrogeochémia, hydrogeochemické mapy, kvalita podzemnej vody, Slovensko

Key words: Hydrogeochemistry, hydrogeochemical maps, groundwater quality, Slovakia

Abstrakt. V príspevku je prezentovaná metodika zostavovania základných hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Táto metodika sa používa na spracúvanie hydrogeochemických máp regiónov financovaných zo štátneho rozpočtu. V hydrogeochemických mapách sú plošne vyjadrené tri základné kritériá, a to: kvalitatívne (farba na ploche), geochemické (raster na ploche) a vodohospodárske (kontúrové značky - izolínie). Kvalitatívne a vodohospodárske kritériá sú odvodené od príslušných slovenských noriem pre pitnú a surovú vodu a geochemické kritériá vyjadrujú najmä genetické a geochemické typy podzemných vôd.

1. Úvod

Zdroje a využiteľné množstvá zásob podzemných vôd tak vo svete, ako aj na Slovensku už v súčasnosti prestávajú byť limitované len ich kvantitatívnymi charakteristikami. V súvislosti s celoplošným antropogénnym zafažením Zeme čoraz väčšiu úlohu zohrávajú ich kvalitatívne vlastnosti. Ich kartografické vyjadrenie je náplňou hydrogeochemických máp. Problematika histórie a rozvoja hydrogeochemického mapovania na Slovensku bola v slovenskej odbornej literatúre v poslednom období už viackrát podrobne spracovaná vo viacerých prácach (napr. Rapant et al., 1996; Vrana a Rapant, 1999), a preto sa ňou v tomto príspevku nezaobráme. Prezentujeme *len metodiku zostavovania hydrogeochemických máp 1 : 50 000*

(Rapant a Bodiš, 2002), ktorá bola vypracovaná v rámci riešenia úlohy 12-02-9/200 *Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska* (Malík, 2002). Táto metodika vychádza z rovnomennej metodiky (Rapant a Bodiš, 1994), podľa ktorej boli v rokoch 1994 – 1998 vypracované hydrogeochemické mapy siedmich regiónov Slovenska (Kordík et al., 2000). Sú do nej zapracované poznatky a skúsenosti získané pri riešení uvedených hydrogeochemických máp a zmeny a doplnky legislatívnych noriem a vyhlášok z posledného obdobia (vyhláška MZ SR č. 29/2002 Z. z. a STN 75 7214).

2. Základná charakteristika mapy

Cieľom základnej hydrogeochemickej mapy v mierke 1 : 50 000 je plošné zobrazenie najdôležitejších kvalitatívnych a geochemických charakteristík podzemných vôd prvého zvodneného kolektora pri povrchu a ďalších významných zvodnených kolektorov uložených hlbšie pod povrchom. Hydrogeochemická mapa priamo nadväzuje na hydrogeologickú mapu. Sú na nej vyjadrené a zohľadnené najmä kvalitatívne, geochemické, environmentálne, vodohospodárske, genetické a prospekčné kritériá. Hydrogeochemická mapa je základným odborným podkladom na charakteristiku kvalitatívnych vlastností a stupňa znečistenia podzemných vôd slúžiacim na racionálne využívanie a cieľavedomú ochranu podzemných vôd.

3. Základné princípy použitej koncepcie a kartografického vyjadrenia hlavných hydrogeochemických charakteristík

A) Plošné vyjadrenie

Na mape sú plošne vyjadrené 3 základné hydrogeochemické kritériá, a to:

- kvalitatívne,
- geochemické,
- vodohospodárske.

KVALITATÍVNE KRITÉRIÁ

Kvalitatívne kritériá vyjadrujúce kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd sú vyjadrené farbou na ploche. Vychádzajú z porovnania jednotlivých analýz podzemných vôd s definovanými kritériami (pozri ďalej) vychádzajúcimi z vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. Na základe príslušnosti podzemných vôd do definovaných tried kvality sa mapované územie člení na oblasti s rovnakou triedou kvality vôd.

GEOCHEMICKÉ KRITÉRIÁ

Geochemické kritériá vychádzajú z prírodných daností regiónu. Vyjadrujú sa formou vyčlenenia hydrogeochemických skupín podzemných vôd, ktoré sa znázornia čiernym rastrom na ploche. Vyčlenené hydrogeochemické skupiny vôd predstavujú oblasti s rovnakými vlastnosťami podzemných vôd zahŕňajúcimi:

- genetické typy vôd,
- chemické typy vôd,
- celkovú mineralizáciu vôd,
- charakter horninového prostredia obehu vôd.

VODOHOSPODÁRSKE KRITÉRIÁ

Vodohospodárske kritériá vyjadrujú vhodnosť surovej vody z hľadiska jej upraviteľnosti na pitné účely. Rozlišujú sa 4 kategórie: **A, B, C, D** v zmysle STN 75 7214 *Kvalita vody, surová voda na úpravu na pitnú vodu*. Územie hodnoteného regiónu sa prostredníctvom kontúr a symbolov rozčlení na oblasti s rovnakými kategóriami upraviteľnosti podzemnej vody.

B) Bodové značky

Bodovými značkami sú znázornené miesta odberov vzoriek vôd so špecifikáciou zdroja odberu vody, typu zdroja a rozsahu analýzy.

C) Symboly

Používajú sa na vyjadrenie doplnkových hydrogeochemických charakteristík, najmä na vyjadrenie:

- vôd anomálnej kvality,
- charakteru znečisťujúcich a vodohospodársky významných zložiek,
- odporúčaných a rozšírených analýz vôd,
- časového vývoja kvality podzemných vôd.

D) Kontúrové značky

Používajú sa na vyjadrenie:

- oblastí s obsahom prvkov a zložiek výrazne prevyšujúcich limitné hodnoty pre pitnú vodu,
- oblastí s rovnakou kategóriou upraviteľnosti podzemných vôd,
- ohraničenia území s odporúčenými podrobnejšími prácami.

E) Prídavné mapky

Používajú sa na vyjadrenie dôležitých doplnkových vlastností vôd, napríklad:

- agresivity,
- obsahu Ca + Mg,
- ďalších významných zložiek podzemných vôd podľa charakteru mapovaného územia.

4. Charakteristika základného hydrogeochemického dokumentačného materiálu

Základný dokumentačný materiál na zostavovanie hydrogeochemických máp predstavujú analýzy vzoriek podzemných vôd, t. j. z prameňov, vrtov, štôlní, drenáží a studní.

A) Hustota dokumentačných bodov

Pre hydrogeochemickú mapu v mierke 1 : 50 000 je záväzná minimálna priemerná hustota analýz vzoriek podzemných vôd (v záväznom analytickom roz-

sahu) 1 vzorka na 3 km². V prípade použitia navrhovanej metodiky pre mierku 1 : 25 000 sa odporúča priemerná hustota analýz vôd 1 – 1,5 vzorky na 1 km² a pre mierku 1 : 200 000 hustota 1 vzorka na 8 km². Hustotu analýz vzoriek podzemných vôd treba považovať za štatistickú a podľa prírodných, antropogénnych a socioekonomických podmienok mapovaného územia je potrebné ju modifikovať.

B) Odber vzorky vody, terénne merania a stanovenia

Odbery vzoriek vôd sa vykonávajú v čase stabilných klimatických podmienok. Množstvo vzorky a ostatné podmienky (typ a počet vzorkovníc, ich sterilizáciu a pod.) určí laboratórium, v ktorom sa vzorky vôd analyzujú.

V priebehu odberu vzorky sa robia tieto úkony:

- merania - T_{vody} , pH, vodivosť (prepočítaná na teplotu 25 °C), obsah O₂ (mg · l⁻¹) a výdatnosť (l · s⁻¹),
- stanovenia - KNK_{4,5} a ZNK_{8,3} (neutralizačnou titráciou, resp. potenciometricky),
- chemická stabilizácia vzoriek v zmysle pokynov laboratória.

C) Rozsah analýz

1. záväzný: Na, K, Mg, Ca, NH₄, Mn, Fe, F, Cl, SO₄, NO₂, NO₃, PO₄, HCO₃, CO₃, SiO₂, Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sb, Se, Zn, ChSK_{Mn};
2. odporúčaný: a) organické polutanty,
b) rádiochemické ukazovatele;
3. rozšírený: mikrobiologické a biologické ukazovatele.

Záväzný rozsah analýz predstavuje škálu analyzovaných anorganických zložiek podzemných vôd v rámci rozsahu analýz *Geochemického atlasu SR, časť Podzemné vody* (Rapant et al., 1996) (1 vzorka/3 km²). Zahŕňa všetky najdôležitejšie anorganické ukazovatele vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. V odôvodnených prípadoch je možné rozsah analýz účelovo rozšíriť aj o ďalšie anorganické ukazovatele špeciálneho rozboru vôd.

Analýzy na **organické polutanty** sa zadávajú prísne účelovo, bez plánovanej hustoty odberu vôd, v rozsahu najmä skupinových ukazovateľov - TOC,

PAH, AOX, EL, NEL. V prípade preukázaného zvýšeného obsahu skupinových ukazovateľov sa odporúča pristúpiť k analýze konkrétnych organických látok.

Z **rádiochemických ukazovateľov** sa odporúča analyzovať radón so štatistickou hustotou 1 vz./20 km² a vo vzorkách podzemných vôd s obsahom radónu nad 50 Bq · l⁻¹ stanoviť aj urán a rádium.

Mikrobiologické a biologické ukazovatele sa zadávajú prísne účelovo, bez plánovanej hustoty odberu vzoriek, v rozsahu ukazovateľov v zmysle vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z., a to najmä z najvýznamnejších vodných zdrojov.

D) Detekčné limity analýz

Všetky analyzované zložky vôd musia byť analyzované s detekčným limitom o 1 rád nižším, ako sú ich normované hodnoty vo vyhláške MZ SR č. 29/2002 Z. z.

E) Kvalita a reprodukovateľnosť analýz

Kvalita a reprodukovateľnosť analýz musia byť garantované internou a externou kontrolou. Internú kontrolu zabezpečuje laboratórium formou interných kontrolných analýz a formou regulačných diagramov. Externá kontrola sa vykonáva formou externých kontrolných vzoriek a kontrolných vzoriek z referenčných materiálov v množstve 3 – 7 % z celkového počtu vzoriek.

Analýzy podzemných vôd **nesplňajúce uvedené kritériá** (najmä v prípade starších analýz) sa použijú pri konštrukcii hydrogeochemickej mapy len ako pomocné. Autor mapy individuálne posúdi ich významnosť, reprodukovateľnosť a časovú platnosť a v odôvodnených prípadoch rozhodne o ich zaradení do databázy analýz vôd spracúvanej mapy.

5. Spôsob zostavovania mapy

A) Vyjadrenie kvalitatívnych vlastností podzemných vôd

Kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd sa vyjadrujú prostredníctvom 8 tried kvality podzemných vôd (A až H). Triedy kvality podzemných vôd sú

Tab. 1 Kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd – schéma vyčleňovania tried kvality podzemných vôd

Triedy kvality podzemných vôd				Hodnotené ukazovatele a ich medzné hodnoty				
Názov triedy	Kvalitatívna charakteristika triedy			Hodnotené skupiny ukazovateľov	Hodnotené ukazovatele	Symbol	Jednotka	Medzné hodnoty
	1	2	3					
A	+	+	+	1	hliník	Al	mg/l	0,2
					arzén	As	mg/l	0,01
					bárium	Ba	mg/l	1
B	+	+	-		kadmium	Cd	mg/l	0,003
					chróm	Cr	mg/l	0,05
					meď	Cu	mg/l	0,1
C	+	-	+		ortuť	Hg	mg/l	0,001
					amónne ióny	NH ₄	mg/l	0,5
					dusitany	NO ₂	mg/l	0,1
D	+	-	-		dusičnany	NO ₃	mg/l	50
					antimón	Sb	mg/l	0,005
					olovo	Pb	mg/l	0,01
E	-	+	+		selén	Se	mg/l	0,01
					chloridy	Cl	mg/l	100
					fluoridy	F	mg/l	1,5
F	-	+	-	železo	Fe	mg/l	0,2	
				mangán	Mn	mg/l	0,05	
				fosforečnany	PO ₄	mg/l	1	
G	-	-	+	sírany	SO ₄	mg/l	250	
				zinok	Zn	mg/l	3	
				H	-	-	-	vápnik a horčík
chem. sp. kyselika (KMnO ₄)	ChSK _{Mn}	mg/l	3					
horčík	Mg	mg/l	125					
nasýtenie vody kyslíkom	O ₂	%	> 50					
reakcia vody	pH		6,5 - 8,5					
rozpusťné látky	RL	mg/l	1 000					

+ vyhovuje vyčleneným medzným hodnotám
 - nevyhovuje vyčleneným medzným hodnotám

● podzemná voda anomálnej kvality
 (vo vzťahu k vyčlenenej ploche)

Kurzívou sú vytlačené prvky neuvedené vo vyhláske MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu pitnej vody.

vyčlenené na základe zoskupenia medzných ukazovateľov v zmysle vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. do troch skupín podľa ich rastúcej toxicity a náročnosti technológie úpravy vody. Spôsob vyčleňovania tried kvality podzemných vôd je uvedený v tabuľke 1. Na základe príslušnosti jednotlivých vzoriek vôd do tried kvality sa územia rozčleňujú na oblasti s rovnakou triedou kvality podzemných vôd. Vyžaduje sa minimálne 80-percentná príslušnosť vôd rovnakých tried kvality vo vymedzenej ploche. Vody výrazne sa odlišujúce svojimi kvalitatívnymi vlastnosťami od vymedzenej plochy sa vyznačia osobitným symbolom ako anomálie.

Na farebné vyjadrenie kvalitatívnych vlastností vôd bol zvolený „semaforový“ spôsob zobrazenia územia, a to od sýtomodrej farby – oblasti s najlepšou kvalitou vody – po tmavočervenú – oblasť s najhoršími kvalitatívnymi vlastnosťami vôd. Potrebné je výrazne oddeliť neprekročenie 1. skupiny ukazovateľov (toxické kovy a formy dusíka) modrými a zelenými odtieňmi od ich prekročenia – červené odtiene farby.

B) Vyjadrenie geochemických charakteristík podzemných vôd

Geochemická charakteristika podzemných vôd je spracovaná na základe vyčlenenia a kartografického vymedzenia hydrogeochemických skupín podzemných vôd. Hydrogeochemické skupiny sú podmienené prírodnými danosťami mapovaného územia. Vyčleňujú sa na základe *genetických typov* vôd, ktoré sa ďalej rozčleňujú podľa:

- chemických typov vôd (podľa Gazdových charakteristík a podľa prevládajúcich iónov),
- hodnôt celkovej mineralizácie,
- geologického charakteru a typu priepustnosti zvodneného kolektora.

Genetické typy vôd vyjadrujú pôvod rozpustných látok vo vode. Rozlišuje sa prírodne (Gazda, 1974) a antropogénne (Rapant, 2001) podmienený pôvod obsahu prvkov a zložiek v podzemných vodách. Dopĺňajú sa Gazdovými charakteristikami [napr. A_2 výrazný, $S_2(SO_4)$ nevýrazný, A_2-A_1 prechodný; Gazda, 1972].

Rozlišujú sa nasledujúce genetické typy a podtypy:

1. PETROGÉNNE:

- a) karbonátogénne,
- b) silikátogénne,
- c) sulfátogénne,
- d) sulfidogénne,
- e) halogénne,
- f) hydrosilikátogénne,
- g) ich prechodné medzitypy;

2. FLUVIOGÉNNE;

3. MARINOGÉNNE;

4. POLYGÉNNE;

5. ANTROPOGÉNNE:

- a) čiastočne antropogénne ovplyvnené vody,
- b) antropogénne ovplyvnené vody.

Ako *čiastočne antropogénne ovplyvnené vody* sa vyčleňujú také podzemné vody, ktoré v základných črtách svojho chemizmu (genetické a chemické typy) zodpovedajú horninovému prostrediu ich obehu, ale vplyvom látok a solí antropogénneho pôvodu nastáva čiastočná metamorfóza ich primárneho chemického zloženia. Tento vplyv sa prejavuje najmä v náraste hodnôt celkovej mineralizácie (spravidla v rozmedzí 25 – 50 %), v posunoch chemického zloženia smerom k nevyhraneným typom (napr. od výrazných A_2 po nevýrazné A_2 a prechodné) a bežným výskytom jednej alebo niekoľkých vodohospodársky významných zložiek nad medznými hodnotami vyplývajúcimi z vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. V týchto podzemných vodách je ešte významný podiel ich primárne podmieneného chemického zloženia.

Ako antropogénne ovplyvnené vody sa vyčleňujú tie podzemné vody, ktoré svojím chemickým zložením a kvalitatívnymi vlastnosťami nezodpovedajú horninovému prostrediu ich obehu. Chemické zloženie týchto vôd je vplyvom látok a solí antropogénneho pôvodu výrazne zmenené. Táto zmena sa prejavuje v zmene chemických typov (napr. od základných smerom k prechodným a zmiešaným), nárastom hodnôt celkovej mineralizácie (spravidla viac než 50 %) a pravidelným výskytom viacerých vodohospodársky významných zložiek nad medznými hodnotami v zmysle vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. V takýchto podzemných vodách už prakticky nie je

Schéma vyčleňovania chemických typov podľa Gazdových charakteristík

TYP		OBSAH CHARAKTERISTÍK (mmol · z %)	PRÍKLAD
Základný	výrazný	jedna charakteristika > 66	S ₁ (Cl) výr. S ₂ (SO ₄) výr. A ₂ výr.
	nevýrazný	jedna charakteristika 50 - 66	A ₁ nevýr.
Prechodný		dve charakteristiky 33 - 50	A ₂ -S ₂ (SO ₄) prech. A ₁ -S ₁ (Cl) prech. A ₂ -S ₁ (SO ₄) prech.
Zmiešaný		jedna charakteristika 33 - 50 a ostatné < 33	S ₁ (SO ₄) zmieš.
		všetky charakteristiky < 33	A ₂ -S ₁ (SO ₄)-S ₁ (Cl) zmieš.

možné identifikovať chemické zloženie sformované primárnymi procesmi.

Chemické typy vôd podľa prevládajúcich iónov sa vyjadrujú symbolmi prvkov a zložiek podľa výsledkov chemickej analýzy z ekvivalentných hodnôt (mmol · z %) pre základné zložky (Na, K, Mg, Ca, NH₄, NO₃, Cl, HCO₃). Kritériom určenia chemického typu je ekvivalentný podiel zložiek väčší ako 25 mmol · z % zo sumy 100 % katiónov a aniónov zvlášť. Jednotlivé prvky a zložky chemického zloženia vôd sú usporiadané podľa ich ekvivalentného zastúpenia.

Intervaly hodnôt **celkovej mineralizácie** sa vyčleňujú na základe matematicko-štatistického spracovania údajov podľa konkrétnych daností regiónu.

Pri **geologickej** charakteristike sa uvedie základná charakteristika horninového prostredia a typ priepustnosti zvodneného kolektora.

Ako základ **pri vyčleňovaní hydrogeochemických skupín vôd** sa berú **genetické** typy vôd a ostatné tri charakteristiky sa k nim pričleňujú.

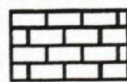
Hydrogeochemické skupiny podzemných vôd sa kartograficky znázorňujú **rastrom na ploche**. Voľba typu rastra musí vychádzať z geologickej stavby mapovaného územia tak, aby genetické typy vôd boli logicky znázornené značkami pre geologické prostredie, v ktorom podzemné vody obiehajú. Napríklad pre karbonátogénne vody vápencov a dolomitov sa používajú tehličky, pre silikátogénne vody kryštali-

ka sa používajú +, pre silikátogénne vody vulkanitov v, pre fluviogénne vody krúžky a podobne. Odlišnosti v hodnotách celkovej mineralizácie, chemických typov a typu priepustnosti sa riešia modifikáciou značiek na ploche a veľkosťou značiek.

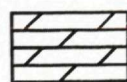
ZÁSADY A PRÍKLADY POUŽITIA RASTROV

1. PETROGÉNNE VODY

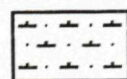
V prípade **karbonátogénnych a silikátogénnych** vôd sa používajú rastre podľa prevládajúceho horninového prostredia tvorby chemického zloženia podzemných vôd v zmysle smerníc na zostavenie hydrogeologických máp 1 : 50 000. Napríklad:



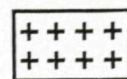
karbonátogénne vody vápencov



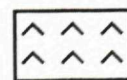
karbonátogénne vody dolomitov



karbonátogénne vody vápnitých pieskocov



silikátogénne vody granitoidov

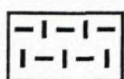


silikátogénne vody bazických efuzív



Sulfátogénne vody

bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende



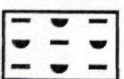
Sulfidogénne vody

bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende



Halogénne vody

bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende



Hydrosilikátogénne vody

bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende

V prípadoch, kde je možné a účelné bližšie špecifikovať charakter mineralogicko-petrografického prostredia sulfátogénnych až hydrosilikátogénnych vôd, základný raster týchto skupín vôd sa doplní značkou vyjadrujúcou litologický charakter kolektorov vôd v zmysle smernice na zostavovanie hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Napríklad:

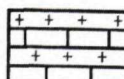


sulfidogénne vody bazických neovulkanitov



hydrosilikátogénne vody ílovcov

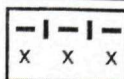
Prechodné medzitypy sa vyjadria formou striedania uvedených rastrov. Charakter karbonátogénnych a silikátogénnych vôd sa vyjadri formou rastra podľa prevládajúceho horninového prostredia tvorby chemizmu vôd (v zmysle *smernice na zostavovanie hydrogeologických máp 1 : 50 000*). Prítomnosť podielu sulfátogénnych až hydrosilikátogénnych vôd sa vyjadri ich základnými uvedenými rastrami. Napríklad:



silikátovo-karbonátogénne vody

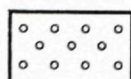


hydrosilikátovo-halogénne vody



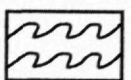
silikátovo-sulfidogénne vody

2. FLUVIOGÉNNE VODY



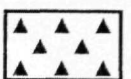
bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende

3. MARINOGÉNNE VODY



bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende

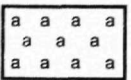
4. POLYGÉNNE VODY



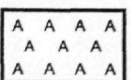
Petrogénno-fluviogénne vody

bližšia špecifikácia horninového prostredia tvorby chemizmu sa uvedie len v texte k legende

5. ANTROPOGÉNNE VODY



čiastočne antropogénne ovplyvnené vody

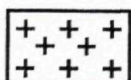


antropogénne ovplyvnené vody

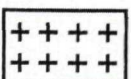
PRÍKLADY RASTROV A POPISOV HYDROGEOCHEMICKÝCH SKUPÍN PODZEMNÝCH VÔD

HYDROGEOCHEMICKÉ SKUPINY PODZEMNÝCH VÔD

1. Petrogénne vody



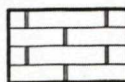
silikátogénne, A_2 základné, menej $A_2-S_2(SO_4)$ prechodné, typu $Ca-Mg-HCO_3$ a $Ca-Mg-HCO_3-SO_4$, s mineralizáciou menej než $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, v granitoidoch a metamorfitech kryštalínika, s puklinovou priepustnosťou



silikátogénne, A_2 základné nevýrazné, $Ca-Mg-HCO_3$ typu, s mineralizáciou $50 - 150 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, v granitoidoch a metamorfitech kryštalínika, s puklinovou priepustnosťou



karbonátogénne, A_2 výrazné, $Ca-HCO_3$ typu, s mineralizáciou $250 - 400 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, vo vápencoch vrchného triasu, s krasovou priepustnosťou

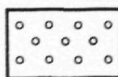


karbonátogénne, A_2 výrazné, $Ca-Mg-HCO_3$ typu, s mineralizáciou $300 - 500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, vo vápencoch a dolomitoch mezozoika, s puklinovou priepustnosťou



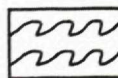
sulfátogénne, $S_2(SO_4)$ základné, $A_2-S_2(SO_4)$ prechodné, $Ca-Mg-SO_4$ a $Ca-Mg-SO_4-HCO_3$ typu, s mineralizáciou viac než $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, v pieskovo-bridličnatých súvrstviach verfénu a keuperu, s puklinovou priepustnosťou

2. Fluviogénne vody



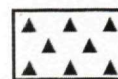
A_2 základné, menej $A_2-S_2(SO_4)$ prechodné, $Ca-Mg-HCO_3$ a $Ca-Mg-Na-HCO_3-SO_4$ typu, s mineralizáciou $300 - 500 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, vo fluviálnych sedimentoch dnovej výplne a riečnych terás, s medzizrnovou priepustnosťou

3. Marinogénne vody



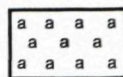
$S_1(Cl)$ základné, $S_1(Cl)-A_2$ prechodné, $Na-Cl$ a $Na-Ca-Cl-HCO_3$ typu, s mineralizáciou viac než $1\,000 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, v pieskoch a íloch egenburgu, s medzizrnovo-puklinovou priepustnosťou

4. Polygénne vody

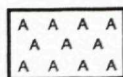


petrogénno-fluviogénne, silikátovo-karbonátogénne, A_2 základné, $Ca-Mg-HCO_3$ typu, s mineralizáciou $400 - 600 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, prolúviálnych sedimentov, s medzizrnovou priepustnosťou

5. Antropogénne vody



A_2 základné nevýrazné, $A_2-S_1(Cl)$ prechodné, $Ca-Mg-HCO_3$ a $Ca-Mg-Na-HCO_3-Cl$ typu, s mineralizáciou $500 - 700 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ v prolúviálnych sedimentoch, s medzizrnovou priepustnosťou



$A_2-S_1(Cl)$, $A_2-S_1(NO_3)$ prechodné, $Ca-Mg-HCO_3-Cl$ a $Ca-Mg-Na-HCO_3-NO_3$ typu, vo fluviálnych sedimentoch, s medzizrnovou priepustnosťou

C) Vyjadrenie vodohospodárskych 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 v STN 75 7214 a určí sa kategória ich upraviteľnosti (A, B, C, D). Pomocou kontúr a symbolov sa územie rozčlení na oblasti s rovnakou kategóriou upraviteľnosti. Vyžaduje sa 80-percentná príslušnosť vôd rovnakej kategórie upraviteľnosti na vymedzenej ploche.

D) Vyjadrenie podzemných vôd hlbších kolektorov

Kvalitatívne vlastnosti a hydrogeochemické charakteristiky podzemných vôd významných hlbších zvodnených kolektorov sa vyjadrujú pomocou pruhov, pričom šírka pruhov závisí od hĺbkovej úrovne vyjadrovaného kolektora. Rozlišujú sa a graficky znázorňujú dva nasledujúce prípady:

- výskyt vôd druhého, prípadne tretieho zvodneného kolektora,
- výskyt vôd odlišných vlastností (s hĺbkou) v rámci jedného kolektora.

Formou striedania vodorovných pruhov znázorňujeme:

- kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd - triedy kvality podzemných vôd (bod 4.A),
- geochemické vlastnosti podzemných vôd - hydrogeochemické skupiny podzemných vôd (bod 5.B).

Podzemné vody I. zvodneného kolektora, resp. podzemné vody I. hĺbkovej úrovne v rámci jedného zvodneného kolektora znázorňujeme vodorovným pruhom. Jeho šírka zodpovedá šírke základného rastra hydrogeochemických skupín.

Podzemné vody II. zvodneného kolektora (uloženého do 100 m), resp. podzemné vody hĺbkovej úrovne do 100 m v rámci jedného zvodneného horizontu znázorňujeme pruhom, ktorého šírka je rovná 1,5-násobku šírky základného rastra hydrogeochemických skupín vôd.

Podzemné vody zvodneného kolektora uloženého hlbšie než 100 m, resp. podzemné vody z hĺbkovej úrovne nad 100 m v rámci jedného zvodneného horizontu znázorňujeme pruhom, ktorého šírka je rovná dvojnásobku základného rastra hydrogeochemických skupín vôd.

V prípadoch, keď s hĺbkou dochádza len k zmenám v kvalitatívnych vlastnostiach vôd a hydrogeochemické charakteristiky podzemných vôd sa nemenia, na mape sa striedaním farebných pruhov znázorňuje len zmena kvalitatívnych vlastností vôd. Obdobne, keď sa kvalitatívne vlastnosti podzemných vôd v nadložných a podložných kolektoroch nemenia a menia sa len hydrogeochemické vlastnosti vôd, na mape sa striedaním pruhov rôznych rastrov znázorňuje výskyt rôznych hydrogeochemických skupín vôd.

Oblasti s výskytom viacerých významných kolektorov v rôznych hĺbkových horizontoch podzemných vôd:

1
2
3

1. podzemné vody I. zvodneného kolektora,
2. podzemné vody podložného kolektora, horizontu do hĺbky 100 m,
3. podzemné vody podložného kolektora, horizontu v hĺbke nad 100 m.

E) Bodové značky

Bodové značky sa používajú na určenie miesta odberu vzoriek podzemných vôd na chemickú analýzu so špecifikáciou zdroja a s číslom zodpovedajúcim číslu analýzy v databáze. Odberové body sú zoradené podľa stúpajúcej súradnice x miesta odberu.

24 ○ prameň

7 ● vrt

17 □ studňa

3 △ drenáž

9 √•∖ štôlna

Výskyt minerálnych a termálnych vôd sa vyjadri značkami. V prípade minerálnych vôd sa použije tmavofialová farba (T9), v prípade termálnych vôd sa použije tmavomodrá farba (T13).

24 ○ prameň minerálnej vody

35 ● vrt s termálnou vodou

F) Symboly

Symboly sa používajú na vyjadrenie doplnkových hydrogeochemických charakteristík, najmä na vyjadrenie a určenie:

- vôd anomálnej kvality,
- charakteru znečisťujúcich a vodohospodársky významných zložiek,
- odporúčeného a rozšíreného rozsahu analýz vôd,
- časového vývoja kvality podzemných vôd.



Vody anomálnej kvality

Zdroje podzemných vôd, ktoré sa svojimi kvalitatívnymi vlastnosťami výrazne odlišujú (najmenej o 2 triedy) od vymedzenej plochy tried kvality podzemných vôd, sa vyznačia krúžkom veľkosti 8 mm a farbou príslušnej kvality.

● podzemné vody kvality triedy D

Označenie charakteru znečisťujúcich zložiek

Charakter prekročenia medzných hodnôt záväzného rozsahu analýz podzemných vôd nad kritériá uvedené vo vyhláske MZ SR č. 29/2002 Z. z. sa vyjadri symbolom prekročenej zložky vpravo hore od bodovej značky odberového bodu. V prípade prekročenia viacerých ukazovateľov sa uvedú len tri najviac prekročené ukazovatele v závislosti od ich stupňa toxicity.

- | | | |
|---|---|---|
| 1 |  | prameň podzemnej vody
s obsahom As > 0,01 mg · l ⁻¹ |
| 2 |  | vrt s podzemnou vodou
s obsahom As > 0,01 mg · l ⁻¹ ,
NO ₃ > 50 mg · l ⁻¹
a Fe > 0,2 mg · l ⁻¹ |




Vyjadrenie odporúčeného a rozšíreného rozsahu analýz

Analýzy vzoriek vôd s odporúčeným a rozšíreným rozsahom sa vyjadria symbolom znázorňujúcim rozsah analýz, umiestneným vpravo dolu od označenia miesta odberu vzorky vody. V prípade prekročenia medzných ukazovateľov sledovaných látok sa symbol zvýrazní.

- | | |
|------------|--|
| org | analyzované organické látky, medzné hodnoty vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. neprekročené |
| org | analyzované organické látky, medzné hodnoty vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. prekročené |
| Ra | analyzované rádiologické ukazovatele, indikačné hodnoty vyhlášky MZ SR č. 12/2001 Z. z. neprekročené |
| Ra | analyzované rádiologické ukazovatele, indikačné hodnoty vyhlášky MZ SR č. 12/2001 Z. z. prekročené |
| Mb | analyzované mikrobiologické a biologické ukazovatele, hodnoty vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. neprekročené |
| Mb | analyzované mikrobiologické a biologické ukazovatele, hodnoty vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. prekročené |

ZNÁZORNENIE ČASOVÉHO VÝVOJA KVALITY PODZEMNÝCH VÔD



Časový vývoj kvality podzemných vôd sa vyjadri v zdrojoch podzemných vôd, v ktorých existuje viacnásobne opakované sledovanie chemického zloženia (minimálne 5 analýz v časovom rozpätí minimálne piatich rokov). Charakter takýchto zdrojov vôd sa na mape označí šípkou svetlohnedej farby (T19) cez stred bodovej značky odberu.

- | | |
|---|-----------|
|  | nezmenená |
|  | zlepšenie |
|  | zhoršenie |

MIESTA PRESTUPU KONTAMINÁCIE DO ZVODNENÝCH KOLEKTOROV



Znázorňujú sa oblasti, v ktorých je dokázaný alebo predpokladaný prestup znečisťujúcich látok do zvodnených kolektorov. Charakter týchto miest sa vyjadri na mape dvojitou šípkou tmavočervenej farby (T6) v smere šírenia kontaminácie. Symbolom sa vyjadri charakter kontaminujúcej látky.

Prestup kontaminácie do zvodnených kolektorov:

- | | |
|---|---------------|
|  | zistený |
|  | predpokladaný |

DYNAMIKA PODZEMNÝCH VÔD

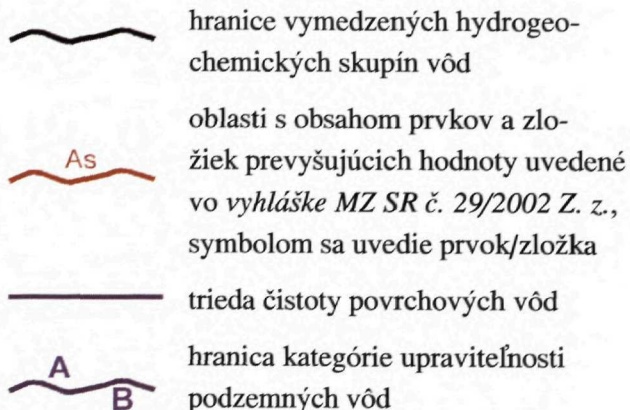
Dynamické vlastnosti podzemných vôd sú vyjadrené smerom prúdenia podzemných vôd v prvom zvodnenom kolektore a smerom prúdenia vôd vo významnom, hlbšie uloženom kolektore v hydrogeochemickom reze. Smer prúdenia podzemných vôd sa vyjadri na mape šípkami fialovej farby (T9).

- | | |
|---|--|
|  | smer prúdenia v prvom kolektore |
|  | smer prúdenie v hlbšie uloženom kolektore v hydrogeochemickom reze |

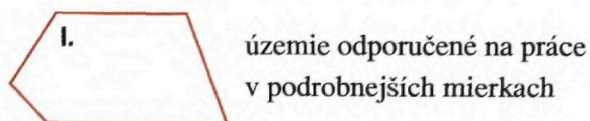
G) Kontúrové značky

Kontúrové značky sa používajú na:

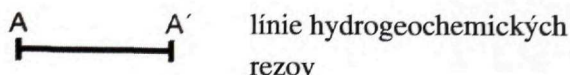
- označenie plošne vymedzených charakteristík podzemných vôd,
- vyjadrenie kvalitatívnych vlastností - tried čistoty povrchových vôd,
- ohraničenie oblastí so zvýšeným obsahom kontaminantov,
- vymedzenie územia odporúčaného na práce v podrobnejších mierkach,
- znázornenie línie hydrogeochemického rezu.



Trieda čistoty povrchových vôd sa uvedie v prípade tokov sledovaných v rámci národnej pozorovacej siete. Na mape sa vyjadrí výsledná trieda čistoty povrchových vôd (I. až V.) v zmysle STN 75 7221 *Klasifikácia akosti povrchových vôd*.



Vyznačujú sa v oblasti, ktoré sa na základe dosiahnutých výsledkov odporúčajú na následné práce v detailnejších mierkach - prieskumné, monitorovacie, revitalizačné a iné. Charakter navrhovaných prác sa bližšie uvedie v textovej časti vysvetliviek k mape.



H) Prídavné mapky

Formou prídavných máp v mierke 1 : 200 000 až 1 : 500 000 sa vyjadria ďalšie dôležité doplnkové informácie o chemickom zložení vôd mapovanej oblasti, prípadne v závislosti od dostupnosti údajov aj informácie o vlastnostiach zrážkových alebo povrchových vôd. Prídavné mapy formou farebných monoprvkových máp, resp. izolínií, vyjadrujú plošnú distribúciu koncentrácie sledovanej zložky.

Prídavnými mapami sa vyjadruje plošná distribúcia vodohospodársky významných zložiek vôd, a to najmä:

- a) agresivita,
 - b) obsah Ca + Mg (tvrdosť),
 - c) obsah dusičnanov,
 - d) kategórie upraviteľnosti v zmysle STN 75 7214
- a ďalších zložiek vôd podľa charakteru prírodných vôd mapovaného územia.

I) Hydrogeochemický rez

Cieľom vyhotovenia hydrogeochemického rezu je vyjadriť zonálnosť a priestorovú charakteristiku chemického zloženia a kvalitatívnych vlastností podzemných vôd. Hydrogeochemický rez sa zostavuje najmä v oblastiach, kde sa vyskytuje viacero zvodnených kolektorov, resp. v oblastiach, kde sa v zvodnenom kolektore pozoruje hydrogeochemická zonálnosť. Rez sa zobrazuje na spoločnom liste s mapou a jeho mierku (dĺžka, výška) je možné podľa potreby prehľadnosti a názornosti dvoj- až pätnásobne zväčšiť v porovnaní s mierkou mapy. Mierka rezu sa označí na mapovom liste. V hydrogeochemickom reze sa vyjadrujú hlavné hydrogeochemické charakteristiky uvedené na mape, a to najmä:

- hydrogeochemické skupiny podzemných vôd,
- triedy kvality podzemných vôd,
- dynamika chemického zloženia a kvalitatívnych vlastností podzemných vôd (smer prúdenia podzemných vôd, šírenie kontaminácie a jej charakter).

6. Topografický podklad

Hydrogeochemická mapa sa zostavuje do zjednodušeného topografického podkladu znázorneného sivou farbou. Topografický podklad obsahuje:

- riečnu sieť,
- miestopis (ohraničenie a opis miest a obcí),
- zjednodušený výskopis (označenie a názov kót a vrstevnice po 50 m).

7. Textové vysvetlivky

Súčasťou každej mapy sú textové vysvetlivky. Textové vysvetlivky obsahujú:

- stručný opis prírodných pomerov (v prípade, ak je hydrogeochemická mapa zostavená súbežne s hydrogeologickou mapou, sa neuvádzajú),
- hydrogeochemickú preskúmanosť,
- charakter reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu,
- charakteristiku procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd regiónu (vrátane antropogénne podmienených faktorov),
- charakteristiku a klasifikáciu chemického zloženia podzemných vôd,
- charakteristiku kvalitatívnych vlastností podzemných vôd,
- podrobnú charakteristiku území navrhnutých na ďalšie práce v podrobnejších mierkach a zdôvodnenie navrhovaného charakteru prác.

8. Hydrogeochemická dokumentácia

Hydrogeochemický dokumentačný materiál predstavujú analýzy vzoriek vôd použitých pri konštrukcii hydrogeochemickej mapy. Každá analýza má čís-

lo zhodné s číslom uvedeným na hydrogeochemickej mape. Analýzy sú zoradené na mape aj v databáze v poradí vzrastajúcej súradnice x. Okrem výsledkov analytických údajov a terénnych meraní sa uvádza dátum odberu vzorky vody, súradnice miesta odberu a zdroj informácií.

Literatúra

- Gazda, S., 1972: *Modifikácia Palmerového klasifikačného systému*. In: Hydrogeologická ročenka 1970 - 1971. Bratislava, s. 122 - 126.
- Gazda, S., 1974: *Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a jeho genetická klasifikácia*. Materiály z III. celoslovenskej geol. konferencie, II. časť. Bratislava.
- Kordík, J., Rapant, S., Bodiš, D. a Slaninka, I., 2000: *Hydrogeochemické mapy v mierke 1 : 50 000 - prezentácia výsledkov z vybraných regiónov Slovenska*. In: Podzemná voda, VI, 2 (Bratislava), s. 130 - 137.
- Malík, P., 2002: *Základné hydrogeologické mapy vybraných regiónov Slovenska*. Projekt geolog. úlohy. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Rapant, S. a Bodiš, D., 1994: *Metodika zostavovania hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000*. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Rapant, S., Vrana, K. a Bodiš, D., 1996: *Geochemický atlas SR, časť Podzemné vody*. Bratislava, GS SR. 127 s.
- Rapant, S., 2001: *K problematike klasifikácie antropogénne ovplyvnených vôd a hydrogeochemického vyhodnocovania pri environmentálnom monitoringu*. In: Podzemná voda, VII, 2 (Bratislava), s. 181 - 184.
- Rapant, S. a Bodiš, D., 2002: *Metodika zostavovania hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000*. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Vrana, K. a Rapant, S., 1999: *Hydrogeochemical mapping in Slovakia*. In: Slovak Geol. Mag., 5, 1 - 2 (Bratislava), s. 69 - 73.
- STN 75 7221 *Kvalita vody, Klasifikácia kvality povrchových vôd*.
- STN 75 7214 *Kvalita vody, Surová voda na úpravu na pitnú vodu*.
- Vyhláška MZ SR č. 12/2001 Z. z. o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany.
- Vyhláška MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.

Metodika zostavovania základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000

PETER MALÍK*, JÁN JETEL**, JAROMÍR ŠVASTA*

* Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

** Štátny geologický ústav, Reg. centrum Košice, Jesenského 8, 040 01 Košice

Kľúčové slová: hydrogeológia, hydrogeologické mapy, metodika, prietočnosť

Key words: hydrogeology, hydrogeological maps, methods, transmissivity

Abstrakt. Metodika zostavovania základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 vychádza z praktických skúseností zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 200 000 v ŠGÚDŠ a zohľadňuje skúsenosti získané zostavovaním hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 viacerých regiónov na území Slovenska, ako aj zahraničné skúsenosti. Mapa zostavená podľa tejto metodiky zobrazuje hydraulické parametre hodnoteného územia – transmisivitu (prietočnosť), pričom zároveň rešpektuje zobrazovanie geologickej stavby. Geologická stavba najmä v podmienkach Západných Karpát značne vplyva na utváranie okrajových podmienok prúdenia podzemných vôd. Zobrazenie líniových a bodových prvkov rešpektuje detailnosť použitej mierky a dáva možnosť zostavovateľom máp aplikovať metodiku aj pri zostavovaní účelových a detailnejších hydrogeologických mapových diel.

Abstract. Methods of construction of hydrogeological maps in the scale of 1 : 50 000 follow the practical experience gathered by compilation of the edition of hydrogeological maps in the scale of 1 : 200 000. This experience was enriched by constructing of hydrogeological maps in more detailed scale of 1 : 50 000 applied for several regions on the Slovak territory by the Geological Survey of Slovak Republic, and by international experience as well. Hydrogeological map constructed according to this methodical tool shows hydraulic parameters of the rock environment – transmissivity and, in the same moment, enables sufficient depicting of geological settings, that – especially in the Western Carpathians – controls boundary conditions for groundwater movement. Selection of linear and point elements respect the details required by applied scale and in the same moment gives a possibility to apply the same methodical tool for compilation of applied hydrogeological maps in more detailed scales.

Úvod

Celá plocha územia Slovenskej republiky bola dosiaľ komplexne pokrytá hydrogeologickými mapami iba v mierke 1 : 200 000. Táto generácia hydrogeologických máp bola prvým priblížením spojitého zobrazenia hydrogeologických pomerov na našom území. Súbor 12 mapových listov hydrogeologických máp v mierke 1 : 200 000 pokrývajúci celé územie Slovenska bol v rukopisnej forme zostavený v priebehu prvej polovice sedemdesiatych rokov minulého storočia a vydaný tlačou o desaťročie neskôr. Ďalšia generácia hydrogeologických máp, tentoraz už v detailnejšej mierke 1 : 50 000, sa na území Slovenska spočiatku zostavovala analogicky podľa predtým použíwanej metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 200 000. Neskôr sa aplikovala metodika zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 používaná v Českej republike (Jetel, 1985) s kvantifikáciou jednotlivých kolektorov – t. j. na základe interpretácie výsledkov hydrogeologických meraní a pozorovaní ich presným číselným ohodnotením a zatriedením. Pre ťažkú aplikovateľnosť niektorých kritérií tejto metodiky v západokarpatských pomeroch bol v roku 1991 vypracovaný prvý návrh metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 (Malík a Jetel, 1991), ktorá sa pokúsila skĺbiť prednosti a odstrániť nedostatky predchádzajúcich metodík. Mapa zostavená podľa tejto metodiky zobrazuje hydraulické parametre hodnoteného územia – transmisivitu (prietočnosť). Zároveň rešpektuje zobrazovanie geologickej stavby, ktorá najmä v podmienkach Západných Karpát značne vplyva na utváranie okrajových podmienok prúdenia podzemných vôd. Podľa tejto metodiky bolo v rokoch 1991 – 1993 zostavených 12 hydrogeologických máp

v danej mierke. Boli to hydrogeologické mapy Braniška, Šarišskej vrchoviny, Levočských vrchov, Kričovskej Malej Fatry, Chvojnickej pahorkatiny, Horného Ponitria, Zvolenskej kotliny, Breznianskej kotliny a severnej časti Záhorskej nížiny (spolu 2 735 km²; 5,6 % plochy územia SR). Zároveň boli tieto mapy zostavené z regiónov, v ktorých sa v rokoch 1991 - 1993 realizoval hydrogeologický výskum: sz. svahy Pezinských Karpát, Spišská Magura a západná časť Bielych Karpát. K uvedeným hydrogeologickým mapám 9 regiónov a 3 oblastí základného hydrogeologického výskumu však neboli zostavené hydrogeochemické ekvivalenty.

V rámci geologickej úlohy *Hydrogeologické mapy v mierke 1 : 50 000* (10/94) sa v rokoch 1994 až 1998 spracovalo ďalších 7 regiónov Slovenska. V rámci tejto úlohy v roku 1994 na základe prvých skúseností so zostavovaním hydrogeologických máp získaných v rokoch 1991 až 1993 bola zároveň popravená dovtedy jestvujúca metodika (Malík a Jetel, 1994). Koncepcia zostavovania máp bola doplnená o súčasné zostavenie hydrogeochemickej mapy (Rapant a Bodiš, 1994). Takto boli potom spracované tieto regióny: južná časť Záhorskej nížiny, Pezinské Karpaty, severovýchodná časť Podunajskej nížiny, východná časť Veľkej Fatry, severná časť Spišsko-gemerského rudohoria, Ľubovnianska vrchovina a Čierna hora. Tieto mapy už boli vypracované ako dvojlistové aprobované hydrogeologické a hydrogeochemické mapy v mierke 1 : 50 000, vydané aj ako jednoducho použiteľný geografický informačný systém vo formáte HTML na CD. Celkove v rámci danej úlohy bola v tejto mierke zmapovaná plocha 4 078 km², t. j. 8,3 % plochy územia SR.

Podľa uvedených metodík sa v uplynulom desaťročí zároveň často zostavovali aj účelové hydrogeologické mapy dokumentujúce výsledky vyhľadávacích hydrogeologických prieskumov alebo ako súčasť komplexu máp geofaktorov životného prostredia. Využitie všetkých predpísaných prvkov a metodických postupov v týchto mapách viac-menej záviselo od autorského prístupu. Napriek tomu však inšpirovalo viaceré zmeny v novonavrhovanom metodickom postupe. Ďalšie zmeny vyplývajú z legislatívnych úprav dotýkajúcich sa využívania a ochrany podzemných vôd prijatých v uplynulých rokoch.

Tento metodický návrh zostavovania hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 vychádza z prepracovania a kodifikácie optimálnych metodických postupov zhrnutých v metodike zostavovania hydrogeologických máp (Malík a Jetel, 1994) a hydrogeochemických máp (Rapant a Bodiš, 1994) v mierke 1 : 50 000. Návrh smerníc na zostavovanie hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 bol vypracovaný aj na základe spracovania podnetov a skúseností zo zostavovania dvojlistov základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 zo 7 regiónov SR, rešeršného spracovania jestvujúcich smerníc na zostavovanie základných hydrogeologických a hydrogeochemických máp v zahraničí (v Českej republike, Maďarsku, Rakúsku, Veľkej Británii, Írsku, Rakúsku, Taliansku, Albánsku a Francúzsku, metodiky zostavovania hydrogeologických máp IAH/UNESCO z r. 1970) a na základe spracovania podnetov z užívateľskej sféry hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 - z okruhu vodohospodárov, pracovníkov ochrany životného prostredia a pedagogických pracovísk. Práce spolu s ich autormi, ktorí prispeli k vzniku tejto metodiky najväčším dielom, sú citované v zozname literatúry na konci tohto príspevku. Spracovanie podnetov zo sféry zostavovateľov a užívateľov hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000 z okruhu vodohospodárov, pracovníkov ochrany životného prostredia, pedagogických pracovísk a ďalších sa realizovalo prostredníctvom dotazníka rozoslaného v priebehu augusta 2002 na 53 adries reprezentujúcich okruh ľudí, ktorí už v minulosti prišli do kontaktu s hydrogeologickými mapami v mierke 1 : 50 000.

Nové znenie metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 zohľadňuje väčšinu doručených pripomienok, pričom však zachováva kontinuitu princípov zobrazovania hydrogeologických pomerov územia. Princípy metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 sú koncipované tak, aby umožňovali grafické znázornenie hydrogeologických pomerov jednotlivých regiónov formou tlačených máp, ale aj zostavovanie hydrogeologických máp ako geografických informačných systémov podporujúcich vodohospodárske

a krajinnookologické syntézy i samotný rozvoj hydrogeologického poznania nášho územia.

A) Všeobecné princípy zostavovania hydrogeologických máp

Účel základnej hydrogeologickej mapy

Účelom základnej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 50 000 je získanie a zhodnotenie základných informácií o zdrojoch podzemných vôd a podmienkach tvorby, akumulácie a pohybu podzemných vôd v hodnotenom území a súčasne poskytnutie objektívnych ucelených podkladov na racionálne využívanie a účinnú ochranu podzemných vôd pri územnoplánovacom rozhodovaní, sanácii, ochrane a skvalitňovaní činiteľov životného prostredia. Jej obsahom je zobrazenie hydrogeologických pomerov územia najmä prostredníctvom grafického vyjadrenia priestorových zmien prietochnosti horninového prostredia a jej variability, hraníc zvodnených kolektorov a zvodnených systémov, izolátorov a poloizolátorov, dynamiky podzemných vôd, vymedzenie hydrogeologických štruktúr, lokalizácia a kvantifikácia vývev podzemných vôd a umelých hydrogeologických objektov.

Spôsob zobrazovania

Hydrogeologická mapa zobrazuje najmä základné charakteristiky zvodnených kolektorov, izolátorov a poloizolátorov. Na hydrogeologickej mape mierky 1 : 50 000 sa zobrazuje prietochnosť a jej variabilita, litológia a stratigrafické zaradenie horninového prostredia. Tieto charakteristiky sú na mape vyjadrené takto:

- a) priemerná prietochnosť zvodneného horninového prostredia:
 - farbou plochy;
- b) variabilita prietochnosti (plošná filtračná nehomogenita):
 - intenzitou farby plochy a číselným indexom;
- c) litológia zvodneného horninového prostredia:
 - druhom a smerom šrafy na ploche;
- d) litostratigrafické zaradenie horninového prostredia:
 - indexom na ploche.

V horských terénoch, resp. v oblastiach, kde autor považuje za nemožné hodnoverne stanoviť prietochnosť zobrazovaného zvodneného horninového prostredia, môže namiesto prietochnosti zvodneného horninového prostredia a jej variability vyjadriť jednoduchú hydrogeologickú kvantitatívnu charakteristiku vo forme:

- e) priemernej hodnoty merného odtoku podzemných vôd z plochy, ktorú dané horninové prostredie na povrchu zaberá, resp. efektívnej infiltrácie (v jednotkách $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ alebo mm):
 - farbou šrafy na danej ploche.

Uvedený spôsob znázorňovania hydrogeologických charakteristík umožňuje súčasné vyjadrovanie prietochnosti a merného odtoku podzemných vôd, ak to autor uzná za vhodné. Tento spôsob je vhodný aj na zobrazenie extrémne heterogénnych kolektorov s krasovo-puklinovým alebo krasovým typom priepustnosti.

Znázornenie priestorovej superpozície viacerých kolektorov sa vykonáva mriežkovým (okienkovým) spôsobom s vyjadrením uvedených charakteristík (prietochnosť a jej variabilita, litológia a stratigrafické zaradenie kolektora) v okienkach mriežky. Účelnosť znázornenia priestorovej superpozície viacerých kolektorov vyplýva zo stupňa poznania štruktúr, z technickej dosiahnuteľnosti a hydrogeologického vplyvu prekrytých kolektorov. Viacnásobnú priestorovú superpozíciu kolektorov je možné graficky vyjadriť ďalšími vloženými menšími okienkami. Priestorová superpozícia izolátorov a poloizolátorov sa na hydrogeologickej mape nevyjadruje.

Farba líniových a bodových prvkov má stály logický význam podľa vzťahu vody a horninového prostredia, pričom zodpovedá princípu dohodnutému v medzinárodnej legende pre hydrogeologické mapy IAH/UNESCO (1970):

- **zelená:** vstup vody do systému (infiltrácia),
- **modrá:** výstup vody zo systému (drenáž),
- **sivá:** bez výmeny medzi povrchom terénu a zvodneným systémom (nulový prietok),
- **červená:** umelé zásahy do prirodzeného obehu podzemných vôd.



Používanie zelených, modrých a sivých líniových prvkov sa týka najmä fakultatívnych značiek hraníc zvodnených systémov (kolektorov) na vyjadrenie (tam, kde je to účelné a zistené) druhu okrajovej podmienky:

- **prietokovej** ($Q = \text{const}$, $Q = 0$, nekonštantný prietok),
- **potenciálovej** ($H = \text{const}$, prípadne nekonštantný hydraulický potenciál piezometrického napätia).

Líniové značky pre povrchové vody sú vedené modrou farbou. Infiltrácia, drenáž alebo zanedbateľná výmena týchto vôd s podzemnými vodami je vyjadrená priradením bodových značiek patričnej farby. Zvyšné úseky sa považujú za nepreskúmané.

Pre ostatné líniové a bodové značky, ktoré nevyjadrujú vzťahy vstupu a výstupu vôd zo systému voda - hornina, sú použité:

- **oranžová** farba na vyjadrenie výskytu minerálnych vôd a na vyjadrovanie chemického zloženia podzemných a povrchových vôd,
- **fialová** farba na vyjadrenie dynamiky (smerov prúdenia) podzemných vôd,
- **čierna** farba pre geologické štruktúrno-tektonické prvky.

B) Kvantitatívna charakteristika zvodneného horninového prostredia



B.a) Priemerná hodnota koeficientu prietochnosti T [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]









Pri zachovaní sledu farieb pre postupnosť veľkosti prietochnosti môže pri zostavovaní účelových hydrogeologických máp autor primerane posunúť hranice intervalu priemerných hodnôt koeficientu prietochnosti. Napríklad namiesto hraníc intervalu $3 \cdot 10^{-5}$ až $1 \cdot 10^{-4}$ ($10^{-4,5} - 10^{-4,0}$) môže vymedziť interval v hraniciach $4 \cdot 10^{-5}$ až $1,3 \cdot 10^{-4}$ ($10^{-4,4} - 10^{-3,9}$) alebo napr. v hraniciach $2 \cdot 10^{-5}$ až $4 \cdot 10^{-5}$ ($10^{-4,7} - 10^{-4,2}$).

Kvôli sprehľadneniu vzájomnej väzby medzi škálou veľkostí prietochnosti vyjadrených v legende hydrogeologickej mapy a veľkosťou prietochnosti horninového prostredia sa odporúča označovať v legende jednotlivé intervaly prietochnosti číslicami. Toto označenie sa umiestni vľavo od políčka s príslušnou farbou. Príslušné čísla sa v časti legendy znázorňujúcej horninové prostredie priradia aj k tým horninám, pre ktoré bola na hydrogeologickej mape stanovená zodpovedajúca hodnota prietochnosti. Aj toto označenie sa umiestni vľavo od políčka znázorňujúceho príslušné horninové prostredie.



Napríklad:

Príslušná časť legendy znázorňujúca škálu veľkostí koeficientu prietochnosti T :

	Farba plochy	Priemerná hodnota koeficientu prietochnosti T [$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$]
(a)	3 	$T = 3 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-3}$
(b)	8 	$T < 1 \cdot 10^{-6}$

	Farba plochy		
1	 fialová, RGB: 240-179-255	$T > 3 \cdot 10^{-3}$	($> 10^{-2,5}$)
2	 modrofialová, RGB: 183-179-255	$T = 1 \cdot 10^{-3}$ až $3 \cdot 10^{-3}$	($10^{-3} - 10^{-2,5}$)
3	 modrá, RGB: 179-231-255	$T = 3 \cdot 10^{-4}$ až $1 \cdot 10^{-3}$	($10^{-3,5} - 10^{-3}$)
4	 zelenomodrá, RGB: 179-255-231	$T = 1 \cdot 10^{-4}$ až $3 \cdot 10^{-4}$	($10^{-4} - 10^{-3,5}$)
5	 zelená, RGB: 225-255-179	$T = 3 \cdot 10^{-5}$ až $1 \cdot 10^{-4}$	($10^{-4,5} - 10^{-4}$)
6	 oranžová, RGB: 255-236-179	$T = 1 \cdot 10^{-5}$ až $3 \cdot 10^{-5}$	($10^{-5} - 10^{-4,5}$)
7	 hnedooranžová, RGB: 255-198-179	$T = 1 \cdot 10^{-6}$ až $1 \cdot 10^{-5}$	
8	 hnedá, RGB: 209-172-63	$T < 1 \cdot 10^{-6}$	

Príslušná časť legendy znázorňujúca horninové prostredia:

	Litológia, typ priepustnosti	Hydrogeologická funkcia
(a) 3	 bielopotocké súvrstvie centrálnokarpatského paleogénu: sivé pieskovce, <i>puklinová priepustnosť</i>	kolektor
(b) 8	 tmavosivé bridlice vrch. triasu (lunzské vrstvy), <i>puklinová priepustnosť</i>	izolátor

B.b) Priemerná hodnota merného odtoku podzemných vôd q [$l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$]






Použitie priemernej hodnoty merného odtoku podzemných vôd ako základnej zobrazovanej charakteristiky zvodneného horninového prostredia sa odporúča len vo výnimočných prípadoch, keď autor mapy považuje za nemožné hodnoverne stanoviť prietoknosť zvodneného horninového prostredia. Tento spôsob je však vhodný na zobrazenie extrémne heterogénnych kolektorov s krasovo-puklinovým alebo krasovým typom priepustnosti.

Podobne ako pri znázorňovaní priemernej hodnoty koeficientu prietoknosti, aj pri zobrazení priemernej hodnoty merného odtoku podzemných vôd









pomocou farby šrafy pri zostavovaní účelových hydrogeologických máp môže autor primerane posunúť hranice intervalov hodnôt merného odtoku podzemných vôd. Podmienkou je zachovanie sledu farebnej škály rastra (šrafovania) podľa uvedenej postupnosti.

B.c) Variabilita prietoknosti (plošná filtračná nehomogenita zvodneného horninového prostredia)



















Plošná filtračná nehomogenita zvodneného horninového prostredia je na hydrogeologickej mape prezentovaná hodnotou smerodajnej odchýlky indexu prietoknosti Y (s_Y), alebo logaritmu špecifickej výdatnosti q ($s_{\log q}$), alebo logaritmu koeficientu prietoknosti T ($s_{\log T}$). Používa sa v kombinácii so znázorňovaním priemernej hodnoty koeficientu prietoknosti T a je vyjadrená indexom (písmenom) a zároveň intenzitou farby použitej na vyjadrenie príslušného intervalu priemerných hodnôt koeficientu prietoknosti T [$m^2 \cdot s^{-1}$].

	Index	Intenzita farby	$s_Y, s_{\log q}, s_{\log T}$
17		silná	< 0,3
18		silná	0,3 - 0,6
19		slabá	0,6 - 0,9
20		slabá	> 0,9
21		slabá	nedá sa zistiť ani odhadnúť

Farba šrafy:

9		fialová, RGB: 240-179-255	$q > 161 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(> 500 mm)
10		modrofialová, RGB: 183-179-255	$q = 13 - 161 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(400 - 500 mm)
11		modrá, RGB: 179-231-255	$q = 9 - 131 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(300 - 400 mm)
12		zelenomodrá, RGB: 179-255-231	$q = 6 - 91 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(200 - 300 mm)
13		zelená, RGB: 225-255-179	$q = 3 - 61 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(100 - 200 mm)
14		hnedooranžová, RGB: 255-198-179	$q = 1,5 - 31 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(50 - 100 mm)
15		hnedá, RGB: 209-172-63	$q < 1,51 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$	(< 50 mm)
16		sivá, RGB: 179-179-179	q nezistené alebo nestanoviteľné	



Intenzita farby

silná	slabá
 RGB: 240-179-255	 RGB: 248-217-255
 RGB: 183-179-255	 RGB: 219-217-255
 RGB: 179-231-255	 RGB: 217-243-255
 RGB: 179-255-231	 RGB: 217-255-244
 RGB: 225-255-179	 RGB: 240-255-217
 RGB: 255-236-179	 RGB: 255-246-217
 RGB: 255-198-179	 RGB: 255-227-217
 RGB: 209-172-63	 RGB: 209-190-136
 RGB: 179-179-179	 RGB: 217-217-217







C) Znázornenie litológie horninového prostredia

Litológia horninového prostredia sa na základných hydrogeologických mapách vyjadruje druhom a smerom šrafy na ploche, ktorú príslušný horninový typ na mape zaberá. Litológia sedimentárnych hornín je vyjadrená šrafou zvlášť pre vodorovne a subhorizontálne uložené sedimenty (panvové štruktúry) a zvlášť pre zvrásnené a silne uklonené sedimentárne celky.







Vyvreté horniny:

kyslé a intermediárne hlbinné a žilné vyvreniny		22
bázické hlbinné a žilné vyvreniny		23

Efuzíva:



	Neovulkanity	Paleovulkanity
kyslé (ryolity, ryodacity)	 24	 25
intermediárne (dacity, andezity)	 26	 27
bázické	 28	 29

Vulkanoklastiká:





	Prevažne hrubé (brekcie, aglomeráty, konglomeráty ± pieskovce)	Prevažne drobné (tufy, pieskovce, siltovce, ílovce)
kyslé (ryolity, ryodacity)	 30	 31
intermediárne (dacity, andezity)	 32	 33
bázické (bazalty)	 34	 35

Hydrotermálne premeny efuzív aj vulkanoklastík (propylitizácia, argilitizácia) sa v príslušnej oblasti postihnutej takouto premenou vyjadria zavedením bodového symbolu do rastra príslušnej, hydrotermálnou premenou postihnutej horniny.

Napríklad:

(c) propylitizované andezity	
(d) argilitizované ryodacitové tufy	

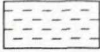


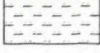

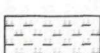

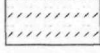
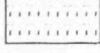
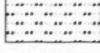
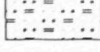
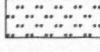
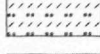
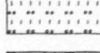
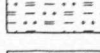
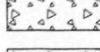
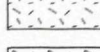
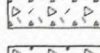
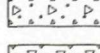
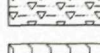
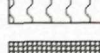


Metamorfované horniny:

ortometamorfity (ortoruly, migmatity)	 36
metabazity, amfibolity	 37
metaryolity, metaandezity	 38
epizonálne a mezozonálne parametamorfity (fylity a svory)	 39

katazonálne parametamorfity (ruly)		40
kryštalické vápence		41
kvarcity (metadroby, metamorfované arkózy a pieskovce)		42

Sedimentárne horniny:

	Vodorovne a subhorizontálne uložené			Zvrásnené alebo silne uklonené (> 30°)	
kremence		a	43	b	
bridlice		a	44	b	
striedanie pieskovcov a bridlíc		a	45	b	
vápence		a	46	b	
dolomity		a	47	b	
vápence a bridlice		a	48	b	
pestré vápence (hľuznaté, piesčité krinoidové, detritické)		a	49	b	
slienité vápence		a	50	b	
mezozoikum vcelku		a	51	b	
zlepence		a	52	b	
pieskovce		a	53	b	
ílovité pieskovce		a	54	b	
striedanie pieskovcov a ílovcov		a	55	b	
striedanie pieskovcov a ílovcov, prevaha pieskovcov		a	56	b	
striedanie pieskovcov a ílovcov, prevaha ílovcov		a	57	b	
ílovce		a	58	b	
slieňovce		a	59	b	
striedanie pieskovcov a slieňovcov		a	60	b	
vápnité pieskovce		a	61	b	
prachovce (aleurity)		a	62	b	

íly		63
hliny		64
spraše a sprašové hliny		65
striedanie pieskov a ílov		66
striedanie pieskov a ílov, prevaha ílov		67
striedanie pieskov a ílov, prevaha pieskov		68
piesky		69
piesky prekryté povodňovými hlinami		70
piesky prekryté sprašami		71
piesčité štrky		72
hlinité a piesčité štrky		73
štrky		74
štrky prekryté povodňovými hlinami		75
štrky prekryté sprašami		76
hlinité a ílovité štrky		77
kamenité sutiny		78
hlinité sutiny		79
hlinito-kamenité sutiny		80
glacifluviálne sedimenty		81
morénové sedimenty		82
rašeliny a hnilokaly		83
travertíny a penovce		84
antropogénne sedimenty		85

D) Vyjadrenie stratigrafie, litológie, tektonickej príslušnosti a charakteristiky vnútornej štruktúry (druhu priepustnosti) horninového prostredia

Stratigrafická príslušnosť zobrazovaného zvodneného horninového prostredia sa vyjadří indexom príslušného útvaru na ploche spolu so zaradením jednotlivých horninových typov k patričným litostratigrafickým jednotkám (súvrstviam). Uvádzanie čisto stratigrafického zaradenia súvrstvia bez jeho litostratigrafickej identifikácie sa neodporúča. Litologické zloženie horninového prostredia je na hydrogeologickej mape vyjadrené typom šrafy a do použitého indexu sa nepremiata.

Napríklad:

- (e) PG^{ZL} – paleogén, zlínske vrstvy,
- (f) S^{BP} – silúr, súvrstvie Bystrého potoka.

V prípade potreby, ak to vyplýva z geologických pomerov, stratigrafické útvary je možné bližšie špecifikovať pri zachovaní stručnosti vyjadrenia. Rovnako je možné použiť namiesto litostratigrafického začlenenia v hornom indexe vyjadrenie príslušnosti k tektonickým jednotkám. Vyjadrovanie príslušnosti k tektonickým jednotkám (příkrovom) sa nemusí použiť, pokiaľ litostratigrafický index implicitne indikuje príslušnosť k týmto jednotkám.

Napríklad:

- (g) T^{HD}_{CH} – trias, hlavný dolomit, chočský příkrov.

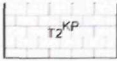
V prípade kvartérnych sedimentov je účelné v základnom indexe uvádzať okrem útvaru aj stratigrafické oddelenie (na konci indexu) a písmenom na začiatku indexu genetický typ uloženi (rozlišovanie prolúviálnych, deluviálnych, fluviálnych, glaciénných či eolických sedimentov).

Napríklad:

- (h) fQp – fluviálne sedimenty pleistocénnych terás,
- (i) eQ – kvartérne eolické uloženi.

Všetky horninové prostredia zobrazené na mape sú sumarizované v legende na okraji mapy. Spolu s vysvetlivkami kvantitatívnych charakteristík horninových typov (veľkosť prietoku podľa druhu použitej farby, priemerný špecifický odtok podzemných vôd podľa použitej farby šrafy) v tabuľke legendy, slovnou vysvetľujúcej litostratigrafiu, stratigrafiu a litológiu horninových typov, bude uvedené aj vyjadrenie druhu priepustnosti (vnútornej štruktúry) týchto litologických celkov a ich hydrogeologickej funkcie.

(j) Príklad sumarizácie horninových typov zobrazených na mape:

Na mape	Vysvetlenie, typ priepustnosti	Hydrogeologická funkcia
	svetlé vápence stredného triasu krížňanského príkrovu, krasová priepustnosť	kolektor
	tmavosivé bridlice vrchného triasu (lunzske vrstvy), puklinová priepustnosť	izolátor
	bielopotocké súvrstvie centrálnokarpatského paleogénu: sivé pieskovce, puklinová priepustnosť	kolektor

E) Vyjadrenie superpozície viacerých zvodnených kolektorov




Významné zvodnené kolektory, ktoré sa nachádzajú v podloží prvého zobrazovaného zvodneného kolektora pod zemským povrchom, vyjadrujeme okienkovým spôsobom. Veľkosť okienka pritom závisí od hĺbkovej úrovne prekrytého podložného kolektora. Takýmto spôsobom je možné vyjadriť aj superpozíciu viacerých kolektorov, pričom v príslušnom okienku je možné vyjadrenie všetkých charakte-

ristík príslušného kolektora patričnými prostriedkami (farba plochy, šrafa, farba šrafy, ev. index).

Účelnosť znázornenia je daná stupňom poznania hydrogeologickej štruktúry, technickou dosiahnuteľnosťou a hydrogeologickým významom prekrytých zvodnených kolektorov. Znázornenie superpozície kolektorov sa odporúča použiť najmä tam, kde je hydrogeologická produktivita (napr. prietoknosť) prekrytých kolektorov vyššia než produktivita nadložia, ako aj tam, kde to autor mapy považuje za vhodné vyjadriť.

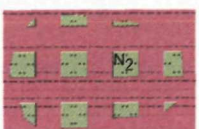
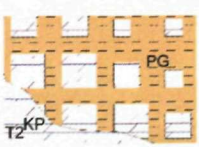
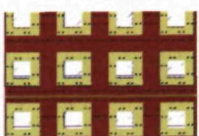
Izolátory sa zobrazujú iba v tom prípade, ak ide o najvyššiu, pripovrchovú vrstvu, znázornenú medzi štvorcami - okienkami.

Vzdialenosť stredov štvorcov - okienok - je konštantná - 12 mm. Veľkosť strany štvorca (okienka) vyjadruje hĺbku hornej hranice zvodne pod povrchom, a to takto:

- 86  8 mm - 100 m
- 87  6 mm - 100 až 300 m
- 88  4 mm - nad 300 m

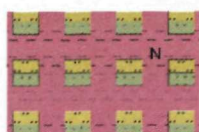
Tento spôsob umožňuje vyjadriť aj priestorové charakteristiky podložitých kolektorov (upadanie pod kotlinu, významné vyzdvihnuté kryhy a pod.). Ďalší významný podložitý kolektor sa znázorní do toho istého okienka.

Například:

- (k)  šošovka pliocénnych pieskov v slieňovcoch v hĺbke 100 - 300 m pod povrchom terénu
- (l)  postupné upadanie dolomitov stredného triasu pod eocénne ílovce
- (m)  dva podložené kolektory pod slieňovcami - piesky v hĺbke do 100 m a dolomity nad 300 m

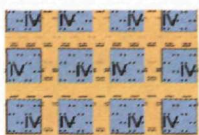
V prípade existencie dvoch významných zvodnených kolektorov v jednom intervale (napr. 100 až 300 m) sa okienko - štvorec - rozdelí vodorovnou čiarou na dve polovice, pričom spodná časť sa vyplní grafickou charakteristikou nižšie uloženého kolektora.

Například:

- (n)  zvodnené neogénne piesky a paleogénne zlepenca v podloží neogénnych ílov v hĺbke medzi 100 a 300 m, paleogénne zlepenca ležia pod neogénnymi pieskami






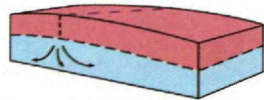
Ak sa v rámci niektorej litostratigrafickej jednotky opakovane striedajú významné polohy kolektorov totožného litologického charakteru, priradí sa k nim len jedno políčko. Do neho sa môže číselne (rímskou číslicou) vpísať počet polôh kolektorov v danom hĺbkovom intervale, pričom farba okienka bude zodpovedať sumárnej prietoknosti všetkých kolektorov v zobrazenom intervale.

Například:

- (o)  striedanie polôh pieskov s hlinami v hĺbke do 100 m, počet pieskových polôh je 4, sumárna prietoknosť v ráde od 10^{-4} do $10^{-3,5} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$


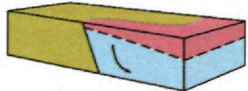


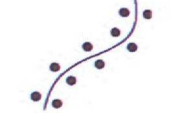







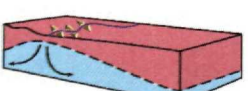

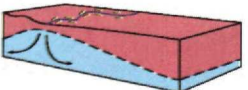
V prípade výskytu významných geologických rozhraní v iných hĺbkových intervaloch než 100 a 300 m je možné - ak to autor hydrogeologickej mapy uzná za vhodné - zmeniť hĺbkový rozsah použitých veľkostí štvorcov mriežky napr. na 200 a 500 m alebo 50 a m pre tú istú postupnosť veľkosti strán štvorcových okienok 8 - 6 - 4 mm.

F) Hranice zvodneného horninového prostredia a zvodnených systémov

89		tenká tmavosivá	hranica zvodneného horninového prostredia alebo zvodneného systému bez vyjadrenia okrajových podmienok
90		tenká tmavosivá	hranica zmeny priemernej prietočnosti vnútri horninových telies
91		tenká tmavosivá	hranica celkov s rozdielnou variabilitou prietočnosti
92		fialová	orografická rozvodnica
93	 	fialová	rozvodnica podzemnej vody

Symbody hraníc, ktoré vyjadrujú typ okrajovej podmienky, sa použijú iba tam, kde sú okrajové podmienky objasnené a kde je účelné ich zdôrazniť. Výber použiteľných značiek z uvedeného súboru je ponechaný na autora so zreteľom na aplikovateľnosť na danej mape.

F.a) Hranice s prietokovou okrajovou podmienkou:

94	 	tmavosivá	súvislá nepriepustná hranica (zanedbateľný prietok)
95	 	hrubá tmavosivá	nesúvislá alebo zakrytá nepriepustná hranica (zanedbateľný prietok)
96		tmavosivá modrá	zanedbateľná výmena vody medzi povrchovým tokom a podzemnou vodou
97	 	zelená	línia prechodu napätej hladiny do voľnej so smerom prúdenia podzemných vôd do voľnej hladiny (napájacia hranica kolektora s voľnou hladinou)
98	 	zelená	vymedzenie plochy napájania zvodneného kolektora z polopriepustného pokryvu
99	 	zelená	hranica medzi oblasťou napájania a oblasťou vzostupného odvodnenia kolektora s hladinou cez polopriepustný pokryv (línia inverzie zmyslu vertikálnej zložky hydraulického gradientu)
100	 	zelená modrá	zistené trvalé straty vody z povrchového toku
101	 	zelená modrá	toky, v ktorých periodicky dochádza k drenáži povrchových vôd do zvodnených kolektorov

F.b) Hranice s potenciálovou okrajovou podmienkou:

102			zelená modrá	vodný tok alebo breh nádrže predstavujúci hranicu napájania
103			modrá	línia odvodňovania zvodneného kolektora na kontakte s počvovým izolátorom
104			modrá	línia bariérového odvodnenia zvodneného kolektora s voľnou hladinou
105			modrá	línia prechodu voľnej hladiny do napätej bez prejavov bariérového odvodnenia (smer prúdenia do napätej časti)
106			modrá	zistené významné skryté prestupy podzemných vôd do povrchového toku

G) Vývery podzemnej vody

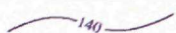
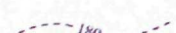


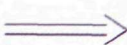
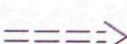
(rozlíšené podľa priemernej výdatnosti)

107	Modrá farba	Priemer	
do $0,11 \cdot s^{-1}$		1 mm	(zobrazí sa, ak autor uzná za vhodné)
$0,1 - 11 \cdot s^{-1}$		2 mm	(zobrazí sa, ak autor uzná za vhodné)
$1 - 31 \cdot s^{-1}$		3 mm	(zobrazí sa, ak autor uzná za vhodné)
$3 - 101 \cdot s^{-1}$		4 mm	
$10 - 301 \cdot s^{-1}$		5 mm	
nad $301 \cdot s^{-1}$		6 mm	

108		modrá	pramenná línia
109		modrá	skupina prameňov
110		modrá	ponor, úplná strata prietoku povrchového toku
111		modrá	vyvieračka - výstup vôd po predchádzajúcom ponorení




H) Dynamika podzemných vôd





Všetky značky: fialová farba

112		hydroizohypsy (hydroizopiezy) prvej zvodne
113		hydroizopiezy významnej, hlbšie uloženej zvodne
114		zistený smer prúdenia v prvej zvodni (tam, kde je to účelné, vyjadri sa efektívna rýchlosť prúdenia číselne v $m \cdot s^{-1}$)
115		predpokladaný smer prúdenia podzemnej vody v prvej zvodni
116		zistený smer prúdenia vo významnom, hlbšie uloženom kolektore (tam, kde je to účelné, vyjadri sa efektívna rýchlosť prúdenia číselne v $m \cdot s^{-1}$)
117		predpokladaný smer prúdenia vo významnom, hlbšie uloženom kolektore (tam, kde je to účelné, vyjadri sa efektívna rýchlosť prúdenia číselne v $m \cdot s^{-1}$)

Ak hydrogeologická mapa znázorňuje hydroizohypsy (hydroizopiezy) zvodní, je potrebné uviesť, aký stav reprezentujú (minimálny, maximálny, priemerný), alebo uvádzať konkrétny dátum, pre ktorý boli hydroizohypsy (hydroizopiezy) zvodní konštruované. Túto špecifikáciu je potrebné uvádzať v legende mapy aj na samotnej mape.






I) Umelé hydrogeologicky významné objekty





















118		červená	existujúci hydrogeologický vrt
119		červená	vodárensky využívaný vrt
120		červená	vrt, ktorý poskytol hydrogeologické informácie, ale bol zlikvidovaný

Rozlíšenie vrtov podľa štandardnej mernej výdatnosti q				
$q =$	do 0,1	0,1 - 1	1 - 10	nad 10 ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$)
				
priemer	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm

J) Údaje o chemickom zložení, minerálne vody

Hydrogeochemické pomery územia sa zobrazujú zvlášť na hydrogeochemickej mape v rovnakej mierke. Na hydrogeologickej mape sa vyjadria iba vybrané údaje týkajúce sa kvality vody, resp. jej ochrany, a výskytu minerálnych vôd.

121		červená	významná kovaná alebo spúšťaná studňa slúžiaca na odber vody
122		červená	šachta s čerpaním vody
123		červená	šachta s prielivom
124		červená	významný výver podzemnej vody do technického diela (banské dielo, tunel, štôlna) v podzemí
125		červená	štôlna s výtokom vody







126		červená modrá	výtok z podzemnej drenáže (trubky, horizontálne vrty)
127		červená	významné technické dielo v podzemí (dedičná štôlna, tunel) drénujúce významné množstvá podzemných vôd, resp. prevádzajúce podzemné vody medzi povodiami
128		modrá červená	vodárensky využívaný prameň
129		modrá červená	pozorovaný prameň
130		modrá červená	vodárensky využívaný a pozorovaný prameň
131		modrá oranžová	prameň s monitorovaním kvality vody
132		modrá červená	vodomerná stanica so sledovaním prietokov na povrchových tokoch
133		modrá oranžová	monitorovanie kvality vody na povrchových tokoch
134		červená	monitorovanie hladiny podzemných vôd vo vrte
135		červená oranžová	monitorovanie kvality podzemných vôd vo vrte
136		červená oranžová	monitorovanie hladiny a kvality podzemných vôd vo vrte
137		červená	vrt s prielivom
138		červená	reinjekčný vrt podzemných vôd
139		zelená	kanál, závlahy
140		modrá	drenážny kanál
141		červená	vrt v reze
142		červená	hranice povrchovej ťažby nerastných surovín
143		červená	hranice hlbinej ťažby nerastných surovín
144		červená	zrážkomerná stanica
145		červená	meteorologická stanica

J.a) Minerálne vody




Výskyt prirodzeného výveru minerálnej vody vo forme prameňa alebo výtoku z vrtu sa vyjadří oranžovým krúžkom okolo symbolu prameňa alebo vrtu. Priemer krúžku je vždy o 3 mm väčší než priemer symbolu prameňa (vrtu).

146		oranžová modrá	prameň minerálnej vody
147		oranžová červená	vrt, ktorý zachytil minerálnu vodu vo výverovej oblasti s jestvujúcimi prirodzenými vývermi minerálnych vôd
148		oranžová červená	vrt s minerálnou vodou
Napr.:			
(p)			prameň s minerálnou vodou s výdatnosťou $1 - 31 \cdot s^{-1}$





Úprava oranžového krúžku môže bližšie špecifikovať:

149		oranžová	uhličité minerálne vody (kyselky sytené CO ₂)
150		oranžová	sírne minerálne vody
151		oranžová	chloridové minerálne vody
152		oranžová	termálne vody (ďalší krúžok oranžovej farby má o 3 mm väčší priemer než vnútorný oranžový krúžok)
153		oranžová	nešpecifikované minerálne vody
154		modrá oranžová červená	zachytený minerálny prameň

J.b) Ochranné pásma prírodných liečivých zdrojov a stolových vôd:

155		červená	I. stupňa
156		červená	II. stupňa
157		červená	III. stupňa

J.c) Ochranné pásma zdrojov obyčajných pitných podzemných vôd:

158		červená	ochranné pásmo I. stupňa vodárenského zdroja podzemných vôd
159		červená	ochranné pásmo II. stupňa vodárenského zdroja podzemných vôd
160		červená	ochranné pásmo III. stupňa vodárenského zdroja podzemných vôd
161		belasá	hranica chránenej vodohospodárskej oblasti

K) Štruktúrno-tektonické prvky a geomorfologické javy

Vzhľadom na to, že v hydrogeologických pomeroch Západných Karpát hrajú štruktúrno-tektonické pomery podstatnú úlohu pri formovaní obehu podzemných vôd, vzniku anomálnych zón, prejavoch heterogenity a anizotropie horninových masívov, symboly označujúce štruktúrno-tektonické prvky vnášame na mapu výraznou čiernou farbou.

162a		zlom	a) zistený
162b		— " —	b) predpokladaný
162c		— " —	c) predpokladaný zakrytý
	čierna	(s prípadným vyznačením smeru sklonu zlomovej plochy)	
163		zistená príkrovová línia	
164		predpokladaná príkrovová línia	
165		prešmyková línia	
166		os antiklinály	
167		os synklinály	
168a		izolínie bázy	a) prvého zvodneného kolektora
168b		— " —	b) druhého zvodneného kolektora
168c		— " —	c) tretieho zvodneného kolektora
169		zóna intenzívneho tektonického porušenia s cirkuláciou podzemných vôd	
170		hnedá	jaskyne
171		hnedá	krasové priepasti
172		hnedá	závrty

L) Topografia, kartografické detaily

Základný topografický podklad (obce, mestá, cesty, železnice, mosty, kóty) sa znázorňuje sivou farbou. Riečna sieť vrátane občasných tokov sa zobrazuje modrou farbou. Keďže súčasťou každej mapy je najmenej jeden hydrogeologický rez, jeho línia sa vyznačí na mape. Na spoločnom liste s mapou vo väčších mierkach sa podobne môžu vyznačiť detaily významných vodárenských území, území s komplikovanou alebo z vodohospodárskeho hľadiska nádejnou geologickou stavbou. Na spoločnom liste môžu byť okrem detailov zobrazené aj prehľadné prídavné hypsografické mapy, prehľadné lokalizácie zobrazo-

vaného územia v rámci krajiny alebo listokladov máp, prípadne ďalšie parametre zvolené autorom.

173		fialová	línie rezov
174		fialová	ohraničenie detailov
175		modrá	povrchové toky (stále)
176		modrá	občasné povrchové toky

M) Legenda k hydrogeologickej mape

V legende hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 50 000 sú zhrnuté všetky útvary (plošné, líniové a bodové) odlišené na mape a v hydrogeologickom reze. Spolu s vysvetlivkami kvantitatívnych charakteristík horninového prostredia (veľkosť prietochnosti podľa druhu použitej farby, priemerný špecifický odtok podzemných vôd podľa použitej farby šrafy) je v legende tabelárnou formou slovne vysvetlená litológia a stratigrafia horninového prostredia, ako aj vyjadrenie druhu priepustnosti (vnútornej štruktúry) príslušných kolektorov alebo izolátorov (pozri príklad s označením (h) v časti D). Okrem farebného vyznačenia a šrafy pre horninové telesá musí byť vždy uvedený aj použitý index príslušnej litostratigrafickej (alebo tektonickej) jednotky.

Kvôli sprehládnutiu vzájomnej väzby medzi škálou veľkosti prietochnosti vyjadrených v legende hydrogeologickej mapy a veľkosťou prietochnosti jednotlivých typov horninového prostredia sa odporúča označovať v legende jednotlivé intervaly prietochnosti číslami. Toto označenie sa umiestni vľavo od políčka s príslušnou farbou. Príslušné čísla sa v časti legendy znázorňujúcej typy horninového prostredia priradia aj k tým typom horninového prostredia, pre ktoré bola na hydrogeologickej mape stanovená zodpovedajúca hodnota prietochnosti. Aj toto označenie sa umiestni vľavo od políčka znázorňujúceho príslušný typ horninového prostredia.

Pre bodové značky znázorňujúce vývery podzemných vôd alebo hydrogeologické vrty odlišené veľkosťou bodovej značky v závislosti od výdatnosti (štandardnej mernej výdatnosti) je v legende prehľadne znázornená veľkostná klasifikácia objektov.

N) Hydrogeologický rez

Na základnej hydrogeologickej mape v mierke 1 : 50 000 sa požaduje zostavenie najmenej jedného hydrogeologického rezu, ktorý má byť orientovaný v smere priebehu hlavných hydrogeologických štruktúr. Úlohou hydrogeologického rezu je podať užívateľovi mapy základnú informáciu o priestorovom

rozšírení zvodneného horninového prostredia zobrazeného na hydrogeologickej mape. Možno ho zostaviť podľa lomených línií, pokiaľ je to možné s čo najmenším počtom lomov. Hydrogeologický rez je v dĺžkovej mierke zhodný s mierkou mapy, prevýšenie môže byť podľa potreby prehľadnosti a názornosti rezu dvoj- až päťnásobné, pričom veľkosť prevýšenia uvedie autor hydrogeologickej mapy a rezu nápadnou formou. Rez sa zobrazí na spoločnom liste spolu s hydrogeologickou mapou.

Pri zobrazovaní hydraulických vlastností horninových telies v reze treba rešpektovať zmenu (pokles) priemernej prietochnosti s hĺbkou najmä v hydrogeologických masívoch so sústredením obehu v pripovrchovej zóne. Do zobrazenia zvodnencov vo väčšej hĺbke sa nesmie mechanicky prenášať stupeň prietochnosti stanovený z vrtov v malej hĺbke prijatý pre pripovrchové partie a zobrazený na ploche mapy. Ak tak autor pre nedostatok údajov urobí, je potrebné upozorniť na to výrazným textom vedľa hydrogeologického rezu s nasledujúcim znením: **Farby plôch alebo šrafy v reze vyjadrujúce prietochnosť alebo priemerný špecifický odtok zobrazených horninových celkov sú odvodené z farieb plôch (šrafy) horninových celkov, ktoré vystupujú na povrchu v línii rezu, a nezodpovedajú skutočnej prietochnosti hornín vo väčšej hĺbke.**

O) Textové vysvetlivky k základnej hydrogeologickej mape

Súčasťou každej hydrogeologickej mapy v mierke 1 : 50 000 sú textové vysvetlivky s veľmi stručným opisom prírodných (geografických, geomorfologických, klimatologických, hydrografických, geologických) pomerov (odporúčaný súhrnný rozsah maximálne 20 až 30 % celkového rozsahu textových vysvetliviek k hydrogeologickej mape), charakteristikou geologickej a hydrogeologickej preskúmanosti, prehľadom doteraz stanovených zásob podzemných vôd v oblasti, opisom režimu a obehu podzemných vôd a charakteristikou hydrogeochemických pomerov. Obsah textových vysvetliviek k základným hydrogeologickým mapám mierky 1 : 50 000 je takýto:

1. ÚVOD

2. PRÍRODNÉ POMERY

- 2.1. Geomorfologické pomery, charakter krajiny a vegetácie v území
- 2.2. Klimatické pomery
- 2.3. Hydrologické pomery
- 2.4. Činnosť človeka významne ovplyvňujúca hydrogeologické a hydrogeochemické pomery územia
- 2.5. Geologické pomery
 - 2.5.1. Súčasný stav geologickej preskúmanosti územia
 - 2.5.2. Geologický vývoj a charakteristika litostratigrafických jednotiek
 - 2.5.3. Geologicko-tektonická stavba územia

3. HYDROGEOLOGICKÁ A HYDROGEOCHEMICKÁ PRESKÚMANOSŤ ÚZEMIA

- 3.1. Súčasný stav hydrogeologickej preskúmanosti územia
- 3.2. Súčasný stav hydrogeochemickej preskúmanosti územia
- 3.3. Hranice hydrogeologických rajónov v území

4. POUŽITÉ ÚDAJE A METODIKA ICH SPRACOVANIA

- 4.1. Charakteristika dokumentačného materiálu použitého na zostavenie hydrogeologickej mapy
- 4.2. Spôsob spracovania hydrogeologických údajov
- 4.3. Charakteristika reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu

5. HYDROGEOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ÚZEMIA

- 5.1. Hydrogeologická charakteristika hornín (vrátane charakteristiky rozdelenia hydraulických parametrov hornín)
- 5.2. Obeh a režim podzemných vôd

6. HYDROGEOCHEMICKÉ POMERY

- 6.1. Charakteristika procesov tvorby chemického zloženia podzemných vôd regiónu

- 6.2. Charakteristika a klasifikácia chemického zloženia podzemných vôd

- 6.3. Charakteristika kvalitatívnych vlastností podzemných vôd z hľadiska vodárenského využívania

7. PREHLAD PRÍRODNÝCH ZDROJOV A VYUŽITELNÉHO MNOŽSTVA PODZEMNÝCH VÔD, ICH SÚČASNÁ EXPLOATÁCIA

8. BANSKÉ VODY, ZDROJE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD

9. ZÁVER

10. LITERATÚRA

Názov kapitoly 8. BANSKÉ VODY, ZDROJE MINERÁLNYCH A GEOTERMÁLNYCH VÔD sa prispôsobí regionálnym pomerom podľa výskytu banských vôd, zdrojov minerálnych vôd a zdrojov geotermálnych vôd v regióne.

Kapitola 9. ZÁVER má okrem zhrnutia najdôležitejších hydrogeologických a hydrogeochemických charakteristík regiónu sumarizovať možnosti praktického využitia získaných poznatkov, analyzovať a syntetizovať nové poznatky získané vykonanými hydrogeologickými a hydrogeochemickými prácami vo vzťahu k praktickým vodohospodárskym a územnoplánovacím problémom (relevantnosť ohraničenia hydrogeologických rajónov a ochranných pásiem využívaných zdrojov, dokumentované nové zdroje, perspektívne územia na zachytenie nových zdrojov) a ochrane životného prostredia (prírodné a antropogénne kontaminanty, riziká kvalitatívneho ovplyvnenia vodárenských zdrojov).

Súčasťou textových vysvetliviek základných hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000 bývajú spravidla prídavné mapky zobrazujúce základné klimatické, hydrologické, a najmä vodohospodárske informácie (využívanie zdrojov podzemných vôd, vodohospodárska bilančná vyťaženosť územia, mapa hydrogeologických rajónov), priložené v prehľadných mierkach.

P) Prílohy k základnej hydrogeologickej mape

So základnou hydrogeologickou mapou v mierke 1 : 50 000 a jej textovou časťou sú spojené tri prílohy vo forme spracovaných databázových súborov:

1. Zoznam dokumentovaných výverov podzemných vôd.
2. Zoznam dokumentovaných vrtov.
3. Mapa hydrogeologickej dokumentácie.

P.a) Zoznam dokumentovaných výverov podzemných vôd

Zoznam dokumentovaných výverov podzemných vôd sa skladá z dvoch častí:

- 1.1. Zoznam dokumentovaných výverov podzemných vôd s jednorazovým pozorovaním výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov.
- 1.2. Zoznam dokumentovaných výverov podzemných vôd s dlhodobým pozorovaním výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov.

Zoznam dokumentovaných výverov podzemných vôd s **jednorazovým pozorovaním** výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov obsahuje:

- číslo výveru na mape dokumentačných bodov,
- číslo výveru na hydrogeologickej mape,
- názov lokality, v ktorej sa výver nachádza,
- litológiu a stratigrafiu odvodňovaného horninového prostredia,
- typ výveru,
- nadmorskú výšku výveru,
- výdatnosť výveru (jednorazové meranie),
- teplotu vody výveru (jednorazové meranie),
- dátum merania výdatnosti a teploty vody,
- dátum odberu vzorky,
- krátku charakteristiku vody výveru: mineralizáciu, chemický typ, komponenty presahujúce medzné hodnoty stanovené súčasnou normou pre pitnú vodu,

- elektrickú vodivosť vody výveru (ak bola meraná),
- prípadnú poznámku o zachytení alebo využití výveru.

Zoznam dokumentovaných prameňov s **dlhodobým pozorovaním** výdatnosti a ďalších fyzikálno-chemických parametrov obsahuje:

- číslo výveru na mape dokumentačných bodov,
- číslo výveru na hydrogeologickej mape,
- názov lokality, v ktorej sa výver nachádza,
- litológiu a stratigrafiu odvodňovaného horninového prostredia,
- typ výveru,
- nadmorskú výšku výveru,
- výdatnosť výveru (minimálna, priemerná, maximálna),
- teplotu vody výveru (minimálna, priemerná, maximálna),
- časový rozsah pozorovaného obdobia,
- dátum odberu vzorky,
- krátku charakteristiku vody výveru: mineralizáciu, chemický typ, komponenty presahujúce medzné hodnoty stanovené súčasnou normou pre pitnú vodu,
- elektrickú vodivosť vody výveru (ak bola meraná),
- prípadnú poznámku o zachytení alebo využití prameňa.

P.b) Zoznam dokumentovaných hydrogeologických vrtov

Zoznam dokumentovaných hydrogeologických vrtov obsahuje:

- 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 čerpaciej skúšky,
- nadmorskú výšku odmerného bodu,
- hĺbku narazenej a statickej hladiny vody pod terénom,
- maximálnu ustálenú čerpanú výdatnosť,

- príslušné zníženie hladiny vody vo vrte,
- štandardnú mernú výdatnosť ($l \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$),
- celkovú mineralizáciu vody,
- dátum odberu vzorky vody,
- chemickú klasifikáciu vody, prípadne hlavné komponenty presahujúce hladinu stanovenú súčasnou normou (vyhláškou) pre pitnú vodu,
- prípadnú poznámku o vodárenskom využití hydrogeologického vrtu.

Zoznam dokumentovaných hydrogeologických vrtov je doplnený tabuľkou s výsledkami pozorovaní hladín, resp. piezometrických úrovní vo vrtoch (obdobie pozorovania, dlhodobé maximum, minimum a priemer v m n. m.), ak sa v zobrazovanej oblasti takéto vrty nachádzajú.

P.c) Mapa hydrogeologickej dokumentácie

Ak je to technicky možné, na základnej hydrogeologickej mape sa zobrazia dokumentačné čísla všetkých dokumentovaných hydrogeologických vrtov a prameňov. V mnohých prípadoch však nie je účelné a ani technicky možné zobrazovať všetky dokumentačné body (napr. početné vývery malej výdatnosti v hydrogeologických masívoch), a preto ako zvláštna príloha sa vypracuje mapa dokumentačných bodov. Na hydrogeologickej mape sa potom zobrazia vybrané objekty a na mape hydrogeologickej dokumentácie je potrebné zobraziť všetky dokumentačné body (vývery podzemnej vody aj hydrogeologické vrty). Na mape hydrogeologickej dokumentácie sú typy dokumentačných bodov (vývery podzemnej vody/hydrogeologické vrty) od seba odlišené druhom použitej značky. Veľkosť tejto značky je jednotná pre všetky vývery podzemnej vody a pre všetky hydrogeologické vrty. Je zvolená tak, aby umožňovala čo najpresnejšiu lokalizáciu dokumentačného bodu v teréne.

Ak je to technicky možné, aj na hydrogeologickej mape sa zobrazia dokumentačné čísla všetkých dokumentovaných hydrogeologických vrtov. V oblastiach s vysokým stupňom hydrogeologickej preskúmanosti sa na hydrogeologickej mape očísľujú iba vybrané vrty, no príslušným symbolom sa zakreslia všetky. Takéto oblasti sa potom vo väčšej mierke s kompletným označením dokumentovaných objektov môžu znázorniť na detailných prídavných mapkách na

okraji základnej hydrogeologickej mapy. V prípade výverov podzemnej vody sa ponecháva na autora hydrogeologickej mapy, aby vykonal výber dokumentačných bodov, ktoré budú zobrazené na hydrogeologickej mape. Všetky vývery podzemnej vody však budú zobrazené na mape hydrogeologickej dokumentácie.

POUŽITÉ TERMÍNY

Hydrogeologická produktivita – schopnosť horninového telesa uvoľňovať (produkovať) za určitých vzájomne porovnateľných podmienok gravitačnú podzemnú vodu účinkom hydraulického gradientu. Priamym ukazovateľom (kvantitatívnu charakteristikou) tejto schopnosti je koeficient prietochnosti. Ako približný nepriamy ukazovateľ hydrogeologickej produktivity sa na mapách zostavovaných podľa danej metodiky používa hodnota merného odtoku podzemných vôd, ktorá však nie je v jednoznačnej funkčnej závislosti od prietochnosti.

Hydrogeologický izolátor – horninové teleso, ktorého priepustnosť je v porovnaní s bezprostredne priľahlým horninovým prostredím natoľko menšia, že sa gravitačná voda môže pohybovať týmto telesom oveľa ťažšie ako priľahlým horninovým prostredím za inak rovnakých podmienok.

Hydrogeologický kolektor – horninové teleso, ktorého priepustnosť je v porovnaní s bezprostredne priľahlým horninovým prostredím natoľko väčšia, že sa gravitačná voda môže pohybovať týmto telesom oveľa ľahšie ako priľahlým horninovým prostredím za inak rovnakých podmienok.

Štandardná merná výdatnosť – merná výdatnosť pri znížení hladiny o prvý meter od statickej úrovne.

Koeficient prietochnosti T – miera schopnosti zvodneného kolektora s danou hrúbkou prepúšťať vodu s danou kinematickou viskozitou; je číselne rovný prietoku jednotkou šírky zvodneného kolektora pri hydraulickom gradiente rovnom jednej.

Merná výdatnosť q – podiel výdatnosti odberu a príslušného zníženia hladiny v studni (vo vrte) od statickej úrovne.

Merný odtok podzemných vôd – podiel priemernej veľkosti odtoku podzemných vôd a plochy povodia, na ktorú sa tento odtok vzťahuje; ak nie je uvedená bližšia špecifikácia, pod týmto pojmom sa rozumie priemerná hodnota z dlhodobých pozorovaní.

Zvodeň – hydraulicky spojená akumulácia gravitačných podzemných vôd v pásme nasýtenia.

Zvodnený kolektor (zvodnenec) – časť hydrogeologického kolektora, ktorá je nasýtená gravitačnou podzemnou vodou.

Kódy farieb použitých v značkách:

Farba	RGB kód farby
červená (plochy)	255-81-81
modrá (plochy)	0-171-255
červená (linie)	255-0-0
modrá (linie)	0-0-255
zelená	0-255-0
oranžová	115-255-255
fialová	192-0-255
hnedá	155-91-3
belasá	129-227-255
čierna	0-0-0
tmavosivá	179-179-179

Literatúra

Anon., 1970: International Legend for hydrogeological maps. London, UNESCO/IASH/IAH/Institute of Geol. Sciences. 101 s.

Franko, O., Hazdrová, M., Chaloupská, M., Jetel, J., Kačura, G., Kullman, E., Myslíl, V. a Pospíšil, P., 1964: Hydrogeological map of Czechoslovakia (1 : 1 000 000). Praha, Ústř. Úst. geol.

Jetel, J. a Kullman, E., 1970: Konceptia základnej hydrogeologickej mapy ČSSR 1 : 200 000. In: Sbor. ref. V. hydrogeolog. konfer., Gottwaldow, s. 106 – 111.

Krásný, J., Daňková, H., Hanzel, V., Kněžek, M., Matuška, M. a Šuba, J., 1981: Mapa odtoku podzemní vody ČSSR 1 : 1 000 000. Praha, Český hydrometeorologický ústav.

Krásný, J., 1980: New concept of synthetic hydrogeological maps. In: Věst. Ústř. Úst. geol. (Praha), 55/1, s. 53 – 62.

Malík, P. a Jetel, J., 1991: Metodika zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Malík, P. a Jetel, J., 1994: Návrh metodiky zostavovania hydrogeologických máp v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

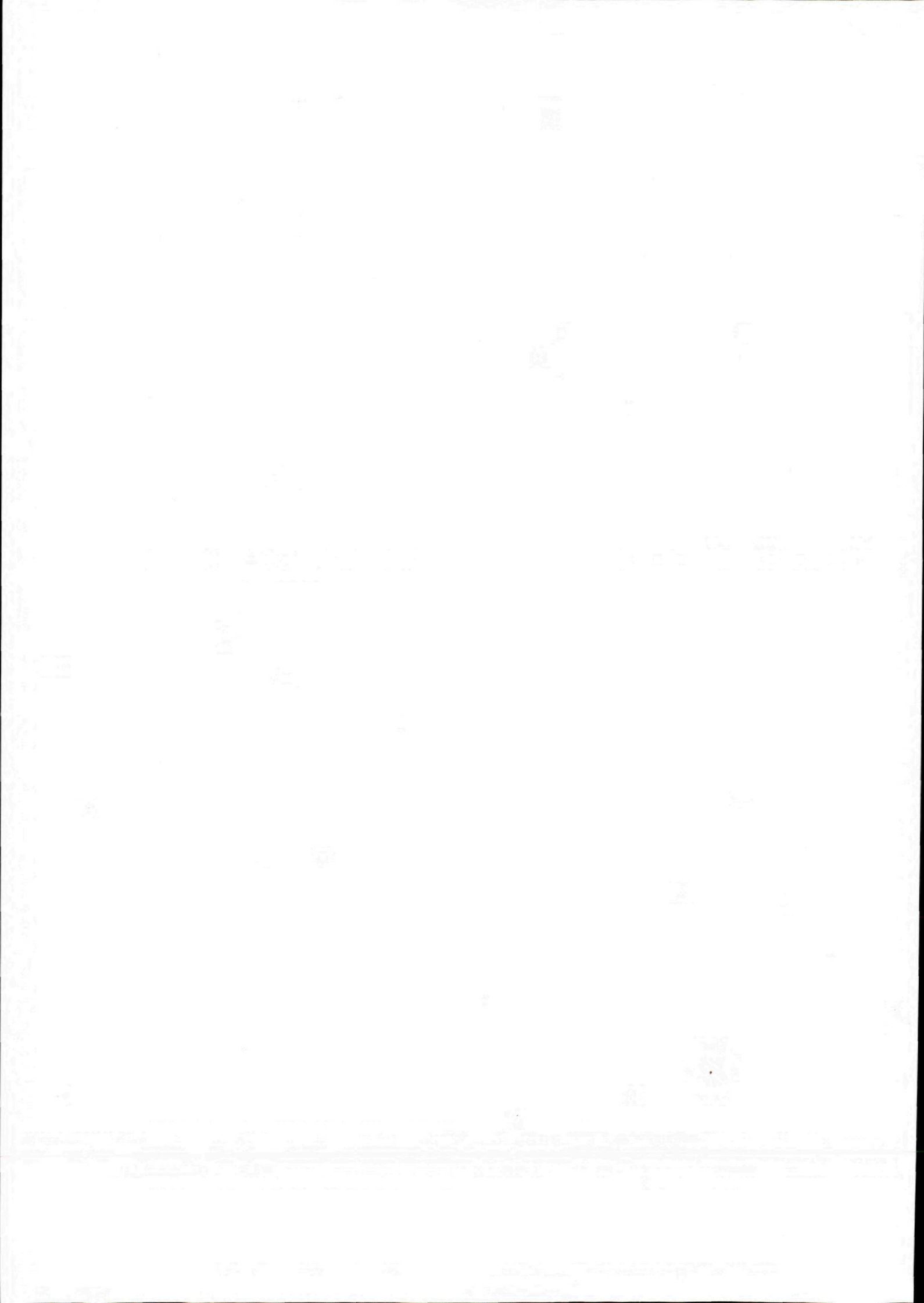
Malík, P., Rapant, S. a Bodiš, D., 2002: Vypracovanie návrhu smerníc pre zostavovanie hydrogeologických a hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Čiastk. záver. správa. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Rapant, S. a Bodiš, D., 1994: Návrh metodiky zostavovania hydrogeochemických máp v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.

Margat, J., 1980: Carte hydrogéologique de la France. Systèmes aquifères 1 : 1 500 000. Orléans, France BRGM.

Margat, J., 1989: La cartographie géohydrodynamique: étape de la modélisation des systèmes aquifères. In: Mem. Int. Symposium on Hydrogeological Maps as Tools for Economic and Social Development. Hannover, FRG, s. 524 – 526.

Struckmeier, W. F. a Margat, J., 1995: Hydrogeological maps. A guide and Standard Legend. International Contributions to Hydrogeology, 17, Heise, Hannover.



Metodika zostavovania máp kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000

STANISLAV RAPANT A DUŠAN BODIŠ

Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina 1, 817 04 Bratislava

Abstrakt. V príspevku je prezentovaná metodika zostavovania máp kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000. Podľa tejto metodiky sa spracúvajú mapy kvality prírodných vôd zostavované v rámci povinného súboru máp geologických faktorov regiónov Slovenskej republiky. Hodnotia sa podľa nej tri základné druhy prírodných vôd, a to: podzemné, povrchové a zrážkové vody.

Kľúčové slová: hydrogeochemia, hydrogeochemické mapy, kvalita vody

Key words: hydrogeochemistry, hydrogeochemical maps, water quality

Úvod

Geologické faktory životného prostredia Slovenskej republiky sa od začiatku 90. rokov dvadsiateho storočia systematicky mapujú a hodnotia prostredníctvom súboru regionálnych máp geologických faktorov životného prostredia (obr. 1). Hlavným cieľom týchto máp je poskytnúť objektívne informácie o najdôležitejších geologických faktoroch – vlastnostiach geologického prostredia, ktoré ovplyvňujú spôsob využitia geologického prostredia, a to tak v negatívnom, ako aj pozitívnom zmysle. Problematika prírodných vôd – ich kvality, genézy a znečistenia – sa v rámci uvedeného súboru máp geofaktorov hodnotí a mapuje prostredníctvom *máp kvality prírodných vôd* (KPV). Hodnotia sa na nich všetky tri najdôležitejšie zložky prírodných vôd, a to podzemné, povrchové i zrážkové. V rámci projektu *Výskum geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky* (Vrana, 1991) bola popri iných metodikách zostavovania máp geofaktorov vypracovaná aj *Metodika zostavovania máp kvality prírodných vôd* (Rapant a Bodiš, 1993). Podľa nej sa priebežne zostavovali mapy jednotlivých regiónov. Táto metodika sa

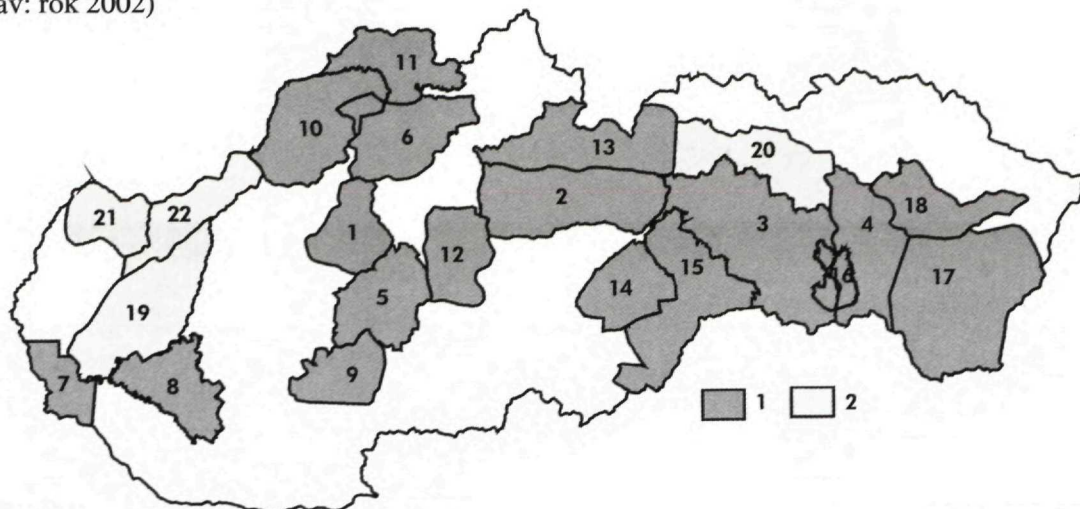
využívala aj pri zostavovaní viacerých účelových hydrogeochemických máp a máp KPV najmä v rámci úloh regionálneho a vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu.

V priebehu posledných piatich až šiestich rokov autori metodiku zostavovania máp KPV niekoľkokrát modifikovali. Zapracovali do nej poznatky a skúsenosti získané pri vypracúvaní týchto máp z viacerých regiónov a zmeny a doplnky vyplývajúce zo zmien legislatívnych vyhlášok a noriem. Tieto uvedené zmeny a doplnky neboli archivované a publikované. Keďže mapa KPV je jednou zo základných máp súboru regionálnych máp geofaktorov, podľa ktorých sa tieto mapy zostavujú a v najbližšom období aj budú zostavovať, uvádzame kompletnú opravenú a doplnenú metodiku zostavovania máp kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000.

1. Základná charakteristika a účel mapy

Mapa kvality prírodných vôd je viacúčelová syntetická mapa. Jej cieľom je komplexne zistiť, opísať a vyhodnotiť chemické zloženie a kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd. Predstavuje základný odborný podklad na charakteristiku kvalitatívnych vlastností a stavu znečistenia prírodných vôd slúžiaci na racionálne využívanie a cieľavedomú ochranu útvarov povrchových a podzemných vôd. Podáva zovšeobecnený prehľad prírodných vôd regiónu dôležitý z hľadiska územného plánovania, ako aj z hľadiska ochrany krajiny pred nevhodnými ľudskými aktivitami. Na mape kvality prírodných vôd sa hodnotia tri najdôležitejšie skupiny prírodných vôd, a to podzemné, povrchové a zrážkové.

Obr. 1 Prehľad mapovania geologických faktorov životného prostredia v jednotlivých regiónoch Slovenska (stav: rok 2002)



1. Ukončené regióny:

1 - Horná Nitra, 2 - Starohorské vrchy, 3 - Hornádska kotlina a východná časť Slovenského rudohoria, 4 - Košická kotlina a Slanské vrchy, 5 - Žiarska kotlina a banskoštiavnická oblasť, 6 - Malá Fatra a časť príľahlých kotlín, 7 - Veľká Bratislava, 8 - okres Galanta, 9 - Levice, severovýchodná časť okresu, 10 - Stredné Považie, 11 - povodie Kysuce, 12 - Banská Bystrica - Zvolen, 13 - Liptovský Mikuláš - Ružomberok a Vysoké Tatry, 14 - Jelšava - Lubeník - Hnúšťa, 15 - povodie Slanej, 16 - Košice-mesto, 17 - TIBREG, 18 - Vranov - Strážske - Humenné.

2. Rozpracované regióny:

19 - Trnavská pahorkatina, 20 - povodie Popradu a Hornej Torusy, 21 - Chvojnická pahorkatina, 22 - Myjavská pahorkatina.

Mapa kvality prírodných vôd je základná mapa v súbore máp regiónov geologických faktorov životného prostredia.

2. Základné princípy použitej koncepcie a kartografického vyjadrenia

A) Plošné vyjadrenia

Formou plošného kartografického vyjadrenia sú na mape vyjadrené 3 nasledujúce základné charakteristiky:

- kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd,
- environmentálna charakteristika vôd,
- charakteristika horninového prostredia.

Kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd

Kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd sa znázorňujú farbou na ploche. Vychádzajú z porovnaní jednotlivých analýz podzemných a povrchových vôd s definovanými kritériami odvodenými z vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody a z STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd. Na základe prísluš-

nosti podzemných a povrchových vôd do definovaných tried kvality sa mapované územie člení na oblasti s rovnakou sumárnou triedou kvality vôd.

Environmentálna charakteristika vôd

Environmentálna charakteristika vôd vyjadruje vplyv geogénnych a antropogénnych faktorov na chemické zloženie a kvalitatívne vlastnosti podzemných a povrchových vôd. Vyjadruje sa na mape formou farebného rastra na ploche.

Charakteristika horninového prostredia

Charakteristika horninového prostredia sa vyjadruje základným podkladovým rastrom a udáva: vek a stratigrafickú príslušnosť, litologicko-petrografický charakter, typ priepustnosti a hydrogeologickú produktivitu horninového prostredia.

B) Bodové značky

Bodovými značkami sú znázornené:

- miesta odberov vzoriek vôd so špecifikáciou zdroja a rozsahu analýzy,
- miesta zdrojov znečistenia so špecifikáciou zdroja.

C) Symboly

Používajú sa na vyjadrenie doplnkových hydrogeochemických a ďalších zobrazovaných charakteristik, najmä na vyjadrenie:

- vôd anomálnej kvality,
- charakteru znečisťujúcich a vodohospodársky významných zložiek,
- odporúčaného a rozšíreného rozsahu analýz vôd,
- smerov prúdenia podzemných vôd,
- smerov šírenia kontaminácie do prírodných vôd,
- veku, prípadne stratigrafického zaradenia kolektorov vôd.

D) Líniové a kontúrové značky

Používajú sa na:

- ohraničenie plošne vymedzených charakteristík,
- ohraničenie územia navrhnutého na následné práce v podrobnejších mierkach,
- znázornenie tried čistoty povrchových tokov sledovaných v rámci národnej pozorovacej siete,
- vyznačenie línie hydrogeochemického rezu.

E) Prídavné mapky

Používajú sa na vyjadrenie:

- chemického zloženia zrážkových vôd,
- najdôležitejších vodohospodárskych zložiek podzemných a povrchových vôd.

3. Charakteristika základného hydrogeochemického dokumentačného materiálu

Základný dokumentačný materiál na zostavenie mapy kvality prírodných vôd predstavujú analýzy vzoriek:

- podzemných vôd (pramene, vrty, štôlne, studne, drenáže),
- povrchových vôd (potoky, rieky, nádrže, jazerá),
- zrážkových vôd (zimné zrážky - sneh).

Hustota odberu vzoriek vôd podľa jednotlivých druhov prírodných vôd je takáto:

- podzemné vody - 1 vz./3 km²,
- povrchové vody - 1 vz./4 km²,
- zrážkové vody - 1 vz./75 km², dva opakované odbery vzoriek snehu v dvoch po sebe nasledujúcich zimných sezónach.

V prípade použitia metodiky zostavovania máp kvality prírodných vôd v iných mierkach je v tabuľke uvedená odporúčaná hustota odberu vzoriek vôd.

Vzorkované médium	Mierka		
	1 : 25 000	1 : 100 000	1 : 200 000
podzemné vody	1 vz./ 1 - 1,5 km ²	1 vz./8 km ²	1 vz./16 km ²
povrchové vody	1 vz./ 1 - 1,5 km ²	1 vz./8 km ²	1 vz./16 km ²
vzorky snehu	1 vz./25 km ² *	1 vz./150 km ² *	1 vz./250 km ² *

* - Dva opakované odbery v dvoch zimných sezónach.

Hustotu odberov vzoriek vôd treba považovať za štatistickú a podľa prírodných, antropogénnych a socioekonomických podmienok mapovaného územia je potrebné účelne ju modifikovať. V relatívne čistých horských oblastiach je potrebné ju znížiť a v nížinných, väčšinou husto osídlených a antropogénne zaťažených oblastiach je potrebné ju zvýšiť.

Výber odberových bodov

Podzemné vody

Keďže v súčasnosti existuje z celého územia Slovenska kompletná databáza analýz podzemných vôd odobraných v rokoch 1991 - 1994 pri štatistickej hustote 1 vz./3 km² (Geochemický atlas SR, časť Podzemné vody; Rapant et al., 1996), vzorky podzemných vôd na účely zostavenia mapy kvality prírodných vôd sa odoberajú len v obmedzenej miere a prísne účelovo po zhodnotení výsledkov odberov z geochemického atlasu a ostatných archívnych údajov. Autor mapy po zhodnotení rešeršných údajov určí počet potrebných nových odberov vzoriek podzemných vôd.

Povrchové vody

Vzorky povrchových vôd sa odoberajú tak, aby boli plošne zastihnuté všetky základné druhy povrchových vôd, a to tak tečúce (potoky, rieky), ako aj stojaté (jazera, plesá, umelé vodné nádrže) povrchové vody.

Z povrchových tokov, ktoré sa sledujú režimovo v rámci národnej pozorovacej siete SHMÚ, sa vzorky vôd neodoberajú.

Zrážkové vody

Zrážkové vody sa sledujú prostredníctvom zimných zrážok – snehu. Vzorky snehu sa v mapovanom území odoberajú tak, aby boli zahrnuté relatívne čisté horské oblasti (30 – 40 % zadávaných vzoriek) aj oblasti s významnými zdrojmi antropogénneho znečistenia – mestské aglomerácie, energetika a pod. (60 až 70 % zadávaných vzoriek). Vzorky snehu sa odoberajú z celého profilu snehovej pokrývky, podľa možnosti v druhej polovici zimného obdobia v rámci jednej odberovej fázy („časová snímka“).

Odber vzoriek vody, terénne merania a stanovenia

Odbery vzoriek vody sa vykonávajú v čase stabilných klimatických podmienok. Množstvo vzorky a ostatné podmienky (typ a počet vzorkovníc, ich sterilizáciu a pod.) určí laboratórium, v ktorom sa vzorky vody analyzujú.

V priebehu odberu vzorky sa robia tieto úkony:

- merania – T_{H_2O} , pH, vodivosť (prepočítaná na teplotu 25 °C), obsah O_2 ($mg \cdot l^{-1}$) a výdatnosť, resp. prietok ($l \cdot s^{-1}$),
- stanovenia $KNK_{4,5}$ a $ZNK_{8,3}$ (neutralizačnou titráciou, resp. potenciometricky),
- chemická stabilizácia vzoriek v zmysle pokynov laboratória.

Rozsah analýz

- a) *záväzný* (podzemné, povrchové a zrážkové vody): Li, Na, K, Mg, Ca, NH_4 , Mn, Fe, F, Cl, SO_4 , NO_2 , NO_3 , PO_4 , HCO_3 , CO_3 , SiO_2 , Al, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Sb, Se, Zn, $ChSK_{Mn}$;

- b) *odporúčaný* (podzemné a povrchové vody):

- a) organické polutanty,
- b) rádiochemické ukazovatele;

- c) *rozšírený* (podzemné a povrchové vody): mikrobiologické a biologické ukazovatele.

Záväzný rozsah analýz predstavuje škálu analyzovaných anorganických zložiek podzemných vôd v rámci rozsahu analýz *Geochemického atlasu Slovenska, časť Podzemné vody* (1 vzorka/3 km²). Zahŕňa všetky najdôležitejšie anorganické zložky ukazovateľov vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody a STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd. V odôvodnených prípadoch je možné rozsah analýz účelovo rozšíriť aj o ďalšie anorganické ukazovatele špeciálneho rozboru vôd.

Analýzy na organické polutanty sa zadávajú prísne účelovo, bez plánovanej hustoty odberu vôd v rozsahu najmä skupinových ukazovateľov, napr.: PAH, AOX, EL, NEL. V prípade preukázaného zvýšeného obsahu skupinových ukazovateľov sa odporúča pristúpiť k analýze konkrétnych organických látok.

Z rádiochemických ukazovateľov sa odporúča analyzovať radón so štatistickou hustotou 1 vz./20 km² a vo vzorkách podzemných vôd s obsahom radónu nad $50 Bq \cdot l^{-1}$ stanoviť urán a rádium. Mikrobiologické a biologické ukazovatele sa zadávajú prísne účelovo, bez plánovanej hustoty odberu vzoriek v rozsahu ukazovateľov vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody a STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd, a to najmä z najvýznamnejších vodných zdrojov a vodárenských tokov.

Detekčné limity analýz

Všetky analyzované zložky vôd sa musia analyzovať s detekčným limitom o 1 rád nižším, ako sú ich normované hodnoty vo vyhláške MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody a v STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd.

Kvalita a reprodukovateľnosť analýz

Kvalita a reprodukovateľnosť analýz musia byť garantované internou a externou kontrolou. Internú kontrolu zabezpečuje laboratórium formou interných kontrolných analýz a formou regulačných diagramov. Externá kontrola sa vykonáva formou externých kontrolných vzoriek a kontrolných vzoriek z referenčných materiálov, a to 3 - 7 % z celkového počtu vzoriek.

Analýzy prírodných vôd nespĺňajúce uvedené kritériá (najmä v prípade starších analýz) sa použijú pri konštrukcii mapy kvality prírodných vôd len ako pomocné. Autor mapy individuálne posúdi ich významnosť, reprodukovateľnosť a časovú platnosť a v odôvodnených prípadoch rozhodne o ich zaradení do databázy analýz vôd zostavovanej mapy.

4. Spôsob zostavovania mapy

A) Plošné vyjadrenie

Na mape sú plošne vyjadrené tri základné kritériá, a to:

- kvalitatívne kritériá,
- environmentálne kritériá,
- charakteristika horninového prostredia.

Vyjadrenie kvalitatívnych vlastností prírodných vôd

Kvalitatívne vlastnosti podzemných a povrchových vôd sa vyjadrujú triedami kvality prírodných vôd. Triedy kvality prírodných vôd vychádzajú z porovnania jednotlivých analýz podzemných a povrchových vôd s definovanými kritériami vychádzajúcimi z vyhlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody pre podzemné vody a z STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd pre povrchové vody. Definované sú 4 triedy kvality podzemných vôd (A až D) a 5 tried kvality povrchových vôd (1 až 5). Ich kombináciou je možné vytvoriť 20 tried kvality prírodných vôd (A1 až D5). Schéma vyčleňovania tried kvality podzemných vôd je uvedená v tab. 1. Triedy kvality podzemných vôd na základe zoskupenia medzných ukazovateľov vyplývajúcich z vy-

hlášky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody pre podzemné vody (záväzného rozsahu analýz) sú rozčlenené do troch skupín podľa ich rastúcej toxicity a náročnosti technológie úpravy vody.

Schéma vyčleňovania tried kvality povrchových vôd je uvedená v tab. 2. Triedy kvality povrchových vôd sú vyčlenené na základe medzných hodnôt (záväzného rozsahu analýz) stanovených v STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd. V prípade prvkov a zložiek neuvedených v norme sa medzné hodnoty preberajú z obdobných zahraničných noriem.

Na základe príslušnosti vôd do jednotlivých tried kvality sa územie člení na oblasti s rovnakou triedou kvality prírodných vôd. Vyžaduje sa minimálne 80-percentná príslušnosť vôd rovnakých tried kvality na vymedzenej ploche. Vody, ktoré sa svojimi kvalitatívnymi vlastnosťami výrazne odlišujú od vymedzenej plochy, sa vyznačia osobitným symbolom. K jednotlivým vyčleneným oblastiam s rovnakými triedami kvality prírodných vôd sa priradí farba (tab. 3), a to tak, že vody najlepšej kvality (A1) sú modré a najhoršej kvality (D5) červené. V legende k mape kvality prírodných vôd sa vyznačia len tie triedy kvality prírodných vôd, ktoré sa vyskytujú v mapovanom území.

Vyjadrenie environmentálnej charakteristiky prírodných vôd

Environmentálna charakteristika prírodných vôd vyjadruje vplyv geogénnych a antropogénnych faktorov na chemické zloženie a kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd. Formou farebného rastra na ploche sa vyčleňujú oblasti prírodných vôd:

- čiastočne antropogénne ovplyvnených,
- antropogénne ovplyvnených,
- geogénne ovplyvnených,
- antropogénno-geogénne ovplyvnených.

Oblasti, kde prírodné vody chemickým zložením zodpovedajú horninovému prostrediu ich obehu a nevykazujú zhoršené kvalitatívne vlastnosti, sa na mape neznázorňujú. Antropogénne podmienené ovplyvnenie hlavných riek sledovaných režimovo v rámci národnej pozorovacej siete sa neznázorňuje.

Tab. 1 Schéma vyčleňovania tried kvality podzemných vôd

Triedy kvality podzemných vôd				Hodnotený ukazovateľ a ich medzné hodnoty					
Názov triedy	Kvalitatívna charakteristika triedy			Hodnotený skupiny ukazovateľov	Hodnotený ukazovateľ	Symbol	Jednotka	Medzné hodnoty	
	1	2	3						
A	+	+	+	1	hliník	Al	mg · l ⁻¹	0,2	
					arzén	As	mg · l ⁻¹	0,01	
					bárium	Ba	mg · l ⁻¹	1	
					kadmium	Cd	mg · l ⁻¹	0,003	
					chróm	Cr	mg · l ⁻¹	0,05	
					meď	Cu	mg · l ⁻¹	0,1	
					ortuť	Hg	mg · l ⁻¹	0,001	
					amónne ióny	NH ₄	mg · l ⁻¹	0,5	
					dusitany	NO ₂	mg · l ⁻¹	0,1	
					dusičnany	NO ₃	mg · l ⁻¹	50	
					B	+	+	-	1
olovo	Pb	mg · l ⁻¹	0,01						
selén	Se	mg · l ⁻¹	0,01						
2	chloridy	Cl	mg · l ⁻¹	100					
	fluoridy	F	mg · l ⁻¹	1,5					
	železo	Fe	mg · l ⁻¹	0,2					
	mangán	Mn	mg · l ⁻¹	0,05					
C	+	-	+ -	2	fosforečnany	PO ₄	mg · l ⁻¹	1	
					sírany	SO ₄	mg · l ⁻¹	250	
					zinok	Zn	mg · l ⁻¹	3	
D	-	+ -	+ -	3	vápnik a horčík	Ca + Mg	mmol · l ⁻¹	1,1 až 5	
					chem. sp. kyselina mang. draselným	CHSK _{Mn}	mg · l ⁻¹	3	
				3	horčík	Mg	mg · l ⁻¹	125	
					nasýtenie vody kyslíkom	O ₂	% nasýtenia	> 50	
					reakcia vody	pH		6,5 až 8,5	
					rozpuštné látky	RL	mg · l ⁻¹	1 000	

+ vyhovuje vyčleneným medzným hodnotám

- nevyhovuje vyčleneným medzným hodnotám

Kurzívou sú vytlačené prvky neuvedené vo vyhláske MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.

Tab. 2 Schéma vyčleňovania tried povrchových vôd

Hodnotené ukazovatele			Triedy kvality povrchových vôd				
			1	2	3	4	5
Ukazovateľ	Symbol	Jednotka	Medzné hodnoty				
Rozpust. kyslík	O ₂	mg · l ⁻¹	> 7	> 6	> 5	> 3	< 3
Chem. sp. kyslíka	ChSK _{Mn}	mg · l ⁻¹	< 5	< 10	< 15	< 25	> 25
Reakcia vody	pH	mg · l ⁻¹	6,5 až 8,0	6,0 až 8,5	6,0 až 6,5 8,5 až 9,0	5,5 až 6,0 9,0 až 9,5	< 5,5 > 9,5
Rozpust. látky	RL	mg · l ⁻¹	< 300	< 500	< 800	< 1 200	> 1 200
Celkové železo	Fe	mg · l ⁻¹	< 0,5	< 1,0	< 2,0	< 3,0	> 3,0
Celkový mangán	Mn	mg · l ⁻¹	< 0,05	< 0,1	< 0,3	< 0,8	> 0,8
Amoniakál. dusík	N-NH ₄	mg · l ⁻¹	< 0,3	< 0,5	< 1,5	< 5,0	> 0,5
Dusitanový dusík	N-NO ₂	mg · l ⁻¹	< 0,01	< 0,03	< 0,1	< 0,3	> 0,3
Dusičnanový dusík	N-NO ₃	mg · l ⁻¹	< 1,0	< 3,4	< 7,0	< 11,0	> 11,0
Fosforečnanový fosfor	P-PO ₄	mg · l ⁻¹	< 0,05	< 0,1	< 0,2	< 0,5	> 0,5
Chloridy	Cl	mg · l ⁻¹	< 50	< 200	< 300	< 400	> 400
Sírany	SO ₄	mg · l ⁻¹	< 80	< 150	< 250	< 300	> 300
Vápnik	Ca	mg · l ⁻¹	< 75	< 150	< 200	< 300	> 300
Horčík	Mg	mg · l ⁻¹	< 25	< 50	< 100	< 200	> 200
Bárium	Ba	mg · l ⁻¹	< 0,01	< 0,05	< 0,1	< 1	> 1
Fluoridy	F	mg · l ⁻¹	< 0,5	< 0,1	< 1,5	< 2,0	> 2,0
Ortuť	Hg	mg · l ⁻¹	< 0,000 1	< 0,002	< 0,005	< 0,001	> 0,001
Kadmium	Cd	mg · l ⁻¹	< 0,003	< 0,005	< 0,01	< 0,02	> 0,02
Olovo	Pb	mg · l ⁻¹	< 0,01	< 0,02	< 0,05	< 0,1	> 0,1
Meď	Cu	mg · l ⁻¹	< 0,005	< 0,01	< 0,05	< 0,1	> 0,1
Chróm	Cr	mg · l ⁻¹	< 0,02	< 0,1	< 0,2	< 0,5	> 0,5
Arzén	As	mg · l ⁻¹	< 0,01	< 0,02	< 0,05	< 0,1	> 0,1
Zinok	Zn	mg · l ⁻¹	< 0,02	< 0,05	< 0,1	< 0,5	> 0,5
Hliník	Al	mg · l ⁻¹	< 0,02	< 0,05	< 0,2	< 0,5	> 0,5
Antimón	Sb	mg · l ⁻¹	< 0,000 5	< 0,001	< 0,05	< 0,1	> 0,1
Selén	Se	mg · l ⁻¹	< 0,005	< 0,01	< 0,05	< 0,1	> 0,1

Kurzívou sú vytlačené prvky neuvedené v STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd.

Tab. 3 Triedy kvality povrchových vôd

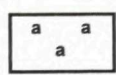
A - zhoršovanie kvality podzemných vôd - D	triedy kvality povrchových vôd	1	2	3	4	5
	triedy kvality podzemných vôd					
	A	sýtomodrá	→	→	→	svetlomodrá
	B	sýtozelená	→	→	→	svetlozelená
	C	svetložltá	→	→	→	sýtožltá
	D	svetločervená	→	→	→	sýtočervená

1 → → zhoršovanie kvality povrchových vôd → → → → → → → 5

Pod čiastočne antropogénne ovplyvnenými prírodnými vodami (Rapant, 2001) rozumieme také podzemné a povrchové vody, ktoré v základných črtách svojho chemického zloženia (chemické a genetické typy, kvalitatívne vlastnosti) zodpovedajú prírodnému prostrediu, v ktorom sa nachádzajú, ale vplyvom látok a solí antropogénneho pôvodu nastáva čiastočná metamorfóza ich primárneho zloženia. Tento vplyv sa prejavuje najmä v náraste hodnôt celkovej mineralizácie (spravidla v rozmedzí 20 až 50 %), v posunoch chemického zloženia smerom k nevyhraneným typom (napr. od výrazných A₂ po nevýrazné A₂) a bežným výskytom jednej alebo niekoľkých vodohospodársky významných zložiek prevyšujúcich medzné hodnoty stanovené vo vyhláske MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody v prípade podzemných vôd, resp. koncentračných limitov II. triedy vyplývajúcich z STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd.

Prítomnosť oblastí s čiastočne antropogénne ovplyvnenými vodami sa na mape znázorňuje vodorovným rastrom písmena **a**, a to:

- oranžovej farby (T-4) pre podzemné vody,
- svetlofialovej farby (T-8) pre povrchové vody,
- svetločervenej farby (T-5) pre podzemné a povrchové vody.

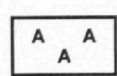
 čiastočne antropogénne ovplyvnené podzemné vody

Ako antropogénne ovplyvnené vody (Rapant, 2001) vyčleňujeme také podzemné a povrchové vody, ktoré svojím chemickým zložením a kvalitatívnymi vlastnosťami nezodpovedajú prírodnému prostrediu, v ktorom sa formujú. Chemické zloženie týchto vôd je vplyvom látok a solí antropogénneho pôvodu výrazne zmenené. Táto zmena sa prejavuje v zmene chemických typov (napr. od základných k prechodným a zmiešaným), nárastom hodnôt celkovej mineralizácie (spravidla viac než o 50 %) a pravidelným výskytom viacerých vodohospodársky významných zložiek nad medznými hodnotami vyplývajúcimi z vyhlásky MZ SR č. 29/2002 Z. z. o po-

žiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody v prípade podzemných vôd, resp. výskytom viacerých zložiek v koncentračných limitoch IV. a V. triedy v zmysle STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd.

Oblasti s antropogénne ovplyvnenými vodami sa na mape znázorňujú vodorovným rastrom písmena **A**, a to:

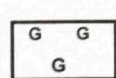
- oranžovej farby (T-4) pre podzemné vody,
- svetlofialovej farby (T-8) pre povrchové vody,
- svetločervenej farby (T-5) pre podzemné a povrchové vody.

 antropogénne ovplyvnené povrchové vody

Ako geogénne ovplyvnené vody vyčleňujeme také podzemné a povrchové vody, ktoré svojím chemickým zložením zodpovedajú prírodnému prostrediu, v ktorom sa formujú, ale ich kvalitatívne vlastnosti vplyvom látok a solí geogénneho pôvodu nespĺňajú medzné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody v prípade podzemných vôd, resp. prekračujú koncentračné limity III. triedy vyplývajúce z STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd v prípade povrchových vôd (napríklad zvýšený obsah toxických kovov v oblastiach výskytov rudných ložísk, obsah síranov v sadrovcovonostných súvrstviach verfénu a keuperu a pod.).

Oblasti s geogénne ovplyvnenými vodami sa na mape znázornia vodorovným rastrom písmena **G**, a to:

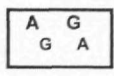
- oranžovej farby (T-4) pre podzemné vody,
- svetlofialovej farby (T-8) pre povrchové vody,
- svetločervenej farby (T-5) pre podzemné a povrchové vody.

 geogénne ovplyvnené podzemné vody

V prípade, keď sa kvalitatívne vlastnosti prírodných vôd zhoršujú kombináciou geogénnych aj antropogénnych faktorov (napr. intenzívna banská činnosť v oblastiach sulfidického zrudnenia a tým

zvýšená mobilizácia toxických kovov do prírodných vôd), takéto vody definujeme ako geogénno-antropogénne ovplyvnené vody. Oblasť s geogénno-antropogénne ovplyvnenými vodami sa na mape znázorňuje vodorovným rastrom so striedaním písmen **A** a **G**, a to:

- oranžovej farby (T-4) pre podzemné vody,
- svetlofialovej farby (T-8) pre povrchové vody,
- svetločervenej farby (T-5) pre podzemné aj povrchové vody.

 geogénno-antropogénne ovplyvnené podzemné aj povrchové vody

Vyjadrenie charakteristiky horninového prostredia

Charakteristika horninového prostredia vyjadrená základným podkladovým rastrom s príslušným indexom (sivej farby) udáva:

- vek a stratigrafickú príslušnosť,
- typ priepustnosti a litologicko-petrografický charakter,
- kvantitatívnu charakteristiku kolektorských hornín mapovaného územia.

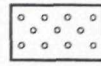
Všetky uvedené charakteristiky - kombinácia rastra (vyjadruje typ priepustnosti a litologicko-petrografický charakter horninového prostredia), indexu (vyjadruje vek a stratigrafickú príslušnosť hornín) a číselného symbolu (vyjadruje kvantitatívnu charakteristiku) - sa udávajú pre každý ohraničený útvar podzemných vôd.

Príklady:

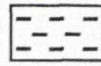
Vek a stratigrafická príslušnosť kolektorov

Q	kvartér
N	neogén
Pg	paleogén
T₁	spodný triás
v,dT₂₋₃ c	vápence a dolomity chočského príkrovu
K	krieda
Mz	mezozoikum vcelku
γ	kryštalikum vcelku

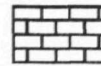
Typ priepustnosti a litologicko-petrografický charakter kolektorských hornín



medzizrnová priepustnosť
(Q - piesky, štrky; N - piesky, štrky)



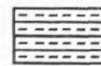
puklinová priepustnosť (granitoidy, kryštalické bridlice, dolomity, kremence, pieskovce)



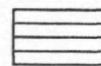
krasovo-puklinová priepustnosť (vápence, dol. vápence, striedanie vápencov a dolomitov)



nepravidelné striedanie izolátorov a medzizrnových kolektorov (N - striedanie ílov a pieskov, striedanie slieňov s pieskami)



nepravidelné striedanie izolátorov a puklinových kolektorov (Pg, N, Mz - striedanie pieskovcov a ílovcov)



izolátor: územie ako celok nepriepustné (N - íly, slieňe, Pg - ílovce, ílovce v prevahe nad pieskovcami, K - slieňe, slieň. vápence, T - karp. keuper, lunzské vrstvy, bridlice, bridlice v prevahe nad pieskovcami)

Pre kolektory, ktoré nie sú uvedené v príklade, sa použije raster a symbol v zmysle smerníc na zostavenie hydrogeologických máp (Malík et al., 2003).

Kvantitatívna charakteristika (hydrogeologická produktivita) kolektorov podzemných vôd


V prípade kolektorov s medzizrnovou priepustnosťou sa určuje na základe koeficientu prietochnosti a pri ostatných kolektoroch na základe merného odtoku podzemných vôd. Vyjadruje sa číslom umiestneným za symbolom označujúcim vek a stratigrafickú príslušnosť kolektora vôd. Rozlišuje sa 5 nasledujúcich tried zvodnenia:

Hydro-geologická produktivita		Kolektory s medzizrnovou priepustnosťou, $T (m^2 \cdot s^{-1})$	Ostatné kolektory $q (l \cdot s^{-1} \cdot km^2)$
1	veľmi vysoká	$> 1 \cdot 10^{-3}$	> 13
2	vysoká	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-3}$	9 – 13
3	stredná	$1 \cdot 10^{-5} - 1 \cdot 10^{-4}$	3 – 9
4	nízka	$< 1 \cdot 10^{-5}$	< 3
5	územie bez kolektorov, izolátory		


B) Bodové značky


Bodovými značkami sa znázorňujú miesta odberov vzoriek vôd a miesta zdrojov antropogénneho znečistenia.


a) Miesta odberov prírodných vôd sú na mape zoradené podľa stúpajúcej súradnice x a vľavo hore od značky dokumentačného bodu je uvedené číslo zhodné s číslom analýzy v databáze analýz prírodných vôd.


2  prameň


3  vrt

4  studňa

5  drenáž

6  štôlna


7  povrchový tok


8  jazero, pleso, vodná nádrž (stojaté povrchové vody)

9  sneh

b) Výskyt termálnych a minerálnych vôd sa vyjadruje bodovými značkami, ako je uvedené v predchádzajúcom texte. V prípade minerálnych vôd

sa použije tmavofialová farba (T-9), v prípade termálnych vôd tmavomodrá farba (T-13).


10  prameň minerálnej vody


11  vrt s termálnou vodou


c) Miesta zdrojov antropogénneho znečistenia


Vyznačujú sa najvýznamnejšie potenciálne bodové zdroje antropogénneho znečistenia (sklárky, odkaliská, haldy, odpadové vody a pod.). Na mape sa rozlišujú podľa skupenstva znečisťujúcich látok.

Bodové zdroje znečistenia [tmavočervená farba (T-7)]

 tuhé

 kvapalné

 plynné

 kombinované


C) Symboly

Používajú sa na vyjadrenie doplnkových hydrogeochemických a ďalších zobrazovaných charakteristík, najmä na vyjadrenie:

- podzemných a povrchových vôd anomálnej kvality,
- charakteru znečisťujúcich a vodohospodársky významných zložiek,
- odporúčaného a rozšíreného rozsahu analýz vôd,
- smerov prúdenia podzemných vôd,
- veku a stratigrafického zaradenia kolektorov vôd.



a) Vody anomálnej kvality

Zdroje podzemných a povrchových vôd, ktoré sa svojimi kvalitatívnymi vlastnosťami výrazne odlišujú (najmenej o 2 triedy) od vymedzenej plochy tried kvality prírodných vôd, sa vyznačia krúžkom veľkosti 8 mm a farbou príslušnej triedy kvality cez stred odberového bodu.



 voda triedy D5

b) Označenie charakteru znečisťujúcich zložiek

Charakter prekročenia medzných hodnôt záväzného rozsahu analýz podzemných vôd nad kritériá stanovené vyhláškou MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody sa vyjadri symbolom prekročenej zložky vpravo hore od bodovej značky odberového bodu. V prípade prekročenia viacerých ukazovateľov sa uvedú len tri najviac prekročené ukazovatele v závislosti od ich stupňa toxicity.

-  As prameň podzemnej vody s obsahom As > 0,01 mg · l⁻¹
-  As, NO₃, Fe vrt s podzemnou vodou s obsahom As > 0,01 mg · l⁻¹, NO₃ > 50 mg · l⁻¹ a Fe > 0,2 mg · l⁻¹

Charakter prvkov a zložiek záväzného rozsahu analýz povrchových vôd, ktoré podmieňujú zatriedenie povrchových vôd do príslušnej triedy kvality povrchových vôd, sa vyjadri symbolom kritického prvku/zložky vpravo hore od bodovej značky odberového bodu. V prípade, keď obsah niektorých zložiek/prvkov je vyšší než plošne vymedzená trieda kvality povrchových vôd, symbol prekročenej zložky/prvku sa doplní číselným indexom (II. – V.) podľa príslušných koncentračných limitov stanovených v STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd.

-  As, Sb povrchový tok s obsahom As a Sb podmieňujúci zatriedenie povrchových vôd do plošne vymedzenej triedy
-  NO_{2-IV} povrchový tok s obsahom NO₂ v koncentračnom limite IV. triedy kvality povrchových vôd

c) Vyjadrenie odporúčaného a rozšíreného rozsahu analýz

Podzemné vody. Analýzy vzoriek podzemných vôd s odporúčaným a rozšíreným obsahom sa znázorňujú symbolom vyjadrujúcim rozsah analýz, umiestneným vpravo dolu od označenia miesta odberu vody.

V prípade prekročenia medzných ukazovateľov sledovaných látok sa symbol zvýrazní.

- org analyzované organické látky, limitné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody neprekročené
- org analyzované organické látky, limitné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody prekročené
- Ra analyzované rádiologické ukazovatele, limitné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody neprekročené
- Ra analyzované rádiologické ukazovatele, limitné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 12/2001 Z. z. o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany prekročené
- Mb analyzované mikrobiologické a biologické ukazovatele, limitné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 12/2001 Z. z. o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany neprekročené
- Mb analyzované mikrobiologické a biologické ukazovatele, limitné hodnoty stanovené vyhláškou MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody prekročené

Povrchové vody. Analýzy vzoriek povrchových vôd s odporúčaným a rozšíreným rozsahom sa znázorňujú symbolom vyjadrujúcim rozsah analýz, obdobne ako v prípade podzemných vôd. Pri symbole sa číselným indexom (1 – 5) vyznačí obsah sledovaných látok podľa koncentračných limitov STN 75 7221 Klasifikácia kvality povrchových vôd.

- org 2 analyzované organické látky v koncentračnom limite II. triedy kvality povrchových vôd

d) Miesta prestupu znečistenia do prírodných vôd

Znázorňujú sa oblasti, v ktorých je dokázaný alebo predpokladaný prestup znečisťujúcich látok do prírodných vôd. Charakter týchto miest sa znázorňuje na mape dvojitou šípkou tmavočervenej farby (T-6) v smere šírenia kontaminácie. Symbolom sa vyjadri charakter kontaminujúcej látky.

Prestup kontaminácie do prírodných vôd



zistený



predpokladaný

D) Dynamika podzemných vôd

Dynamické vlastnosti podzemných vôd sú vyjadrené smerom prúdenia podzemných vôd v prvom zvodnenom kolektore a smerom prúdenia vôd vo významnom, hlbšie uloženom kolektore v hydrogeochemickom reze. Smer prúdenia podzemných vôd sa znázorní šípkami fialovej farby (T-9).



smer prúdenia v prvom kolektore



smer prúdenia v hlbšie uloženom kolektore v hydrogeochemickom reze

E) Kontúrové a líniové značky

Používajú sa na:

- ohraničenie plošne vymedzených charakteristík podzemných vôd,
- vyjadrenie kvalitatívnych vlastností - tried kvality povrchových vôd,
- vymedzenie územia odporúčaného na práce v podrobnejších mierkach,
- znázornenie línie hydrogeochemického rezu.



hranice vymedzených hydrogeochemických skupín vôd (sivá farba)



hranice oblastí antropogénne a geogénne ovplyvnených vôd (farba zodpovedá farbe rastra, kap. 4)



línie hydrogeochemických rezov (čierna)



trieda kvality povrchových vôd

Trieda kvality povrchových vôd sa uvádza v prípade tokov sledovaných v rámci národnej pozorovacej siete SHMÚ. Na mape sa znázorní výsledná trieda kvality povrchových vôd (I. až V.) v zmysle STN 75 7221 *Klasifikácia kvality povrchových vôd*, a to farebnou líniou s hrúbkou 2 mm, zhodnou s priebehom povrchového toku.



územie odporúčané na práce v podrobnejších mierkach

Vyznačujú sa oblasti, ktoré sa na základe dosiahnutých výsledkov odporúčajú na následné práce v detailnejších mierkach - prieskumné, monitorovacie, revitalizačné a pod. Charakter navrhovaných prác sa bližšie uvedie v textovej časti vysvetliviek k mape.

F) Hydrogeochemický rez

Cieľom vyhotovenia hydrogeochemického rezu je vyjadriť zonálnosť a hĺbkovú charakteristiku chemického zloženia a kvalitatívnych vlastností podzemných vôd. Hydrogeochemický rez sa zostavuje najmä v oblastiach, kde sa vyskytuje viacero zvodnených kolektorov, resp. v oblastiach, kde sa v zvodnenom kolektore pozoruje hydrogeochemická zonálnosť. Rez sa zobrazuje na spoločnom liste s mapou a jeho mierku (dĺžka a výška) je možné podľa potreby prehľadnosti a názornosti zväčšiť v porovnaní s mierkou mapy. V hydrogeochemickom reze sa vyjadrujú:

- charakter horninových kolektorov podzemných vôd,
- triedy kvality podzemných vôd (používajú sa farby zodpovedajúce triedam kvality podzemných vôd pri prvej triede kvality povrchových vôd),
- dynamika podzemných vôd (smery prúdenia podzemných vôd, šírenie kontaminácie a jej charakter).

G) Prídavné mapy

Formou prídavných máp v mierke 1 : 200 000 až 1 : 500 000 sa vyjadria dôležité doplnkové informácie o chemickom zložení podzemných a povrchových vôd mapovanej oblasti a chemické zloženie zrážko-

vých vôd. Prídavné mapy formou farebných mono-prvkových máp, resp. izolínií vyjadrujú plošnú distribúciu koncentrácie sledovanej zložky.

Prídavnými mapami sa vyjadruje plošná distribúcia vodohospodársky a environmentálne významných zložiek vôd, a to najmä:

- agresivita,
- obsah Ca + Mg (tvrdosť),
- obsah dusičnanov,
- environmentálne riziko,
- ďalšie zložky vôd podľa charakteru prírodných vôd mapovaného územia.

H) Topografický podklad

Mapa kvality prírodných vôd sa zostavuje do zjednodušeného topografického podkladu (1 : 50 000) znázorneného sivou farbou. Topografický podklad obsahuje:

- riečnu sieť,
- miestopis (ohraničenie a názvy miest a obcí),
- zjednodušený výškopis (označenie a názov kót, vrstevnice po 50 m).

5. Textové vysvetlivky

Súčasťou každej mapy kvality prírodných vôd sú textové vysvetlivky. Textové vysvetlivky obsahujú:

- opis prírodných pomerov (v prípade, keď sa mapa kvality prírodných vôd zostavuje súbežne s ďalšími mapami geofaktorov, sa neuvádzajú) a charakteristiku zdrojov znečistenia prírodných vôd,
- hydrogeochemickú preskúmanosť,
- charakteristiku reprodukovateľnosti použitého hydrogeochemického dokumentačného materiálu,
- charakteristiku procesov tvorby chemického zloženia prírodných vôd regiónu (vrátane antropogénne podmienených faktorov),

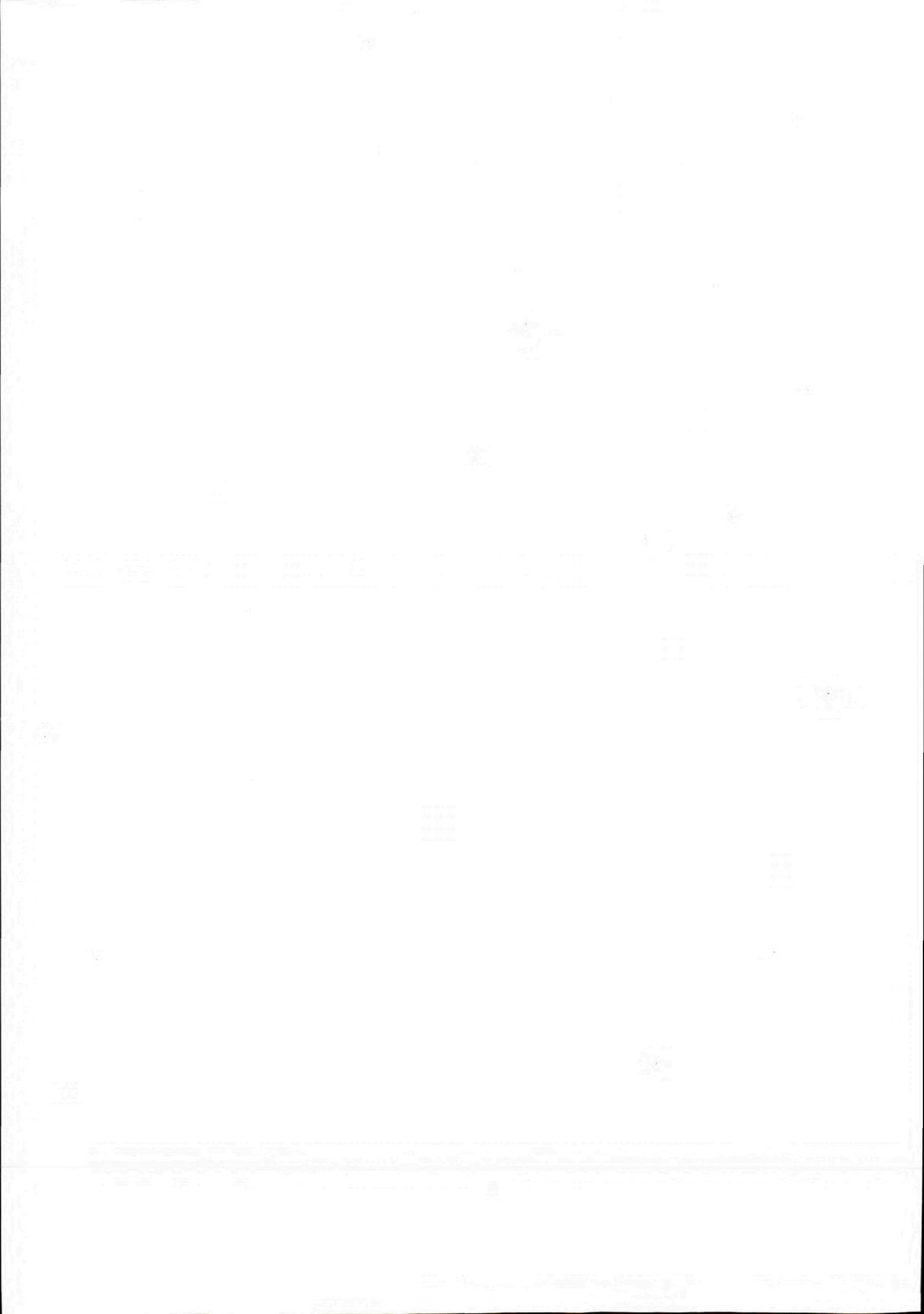
- charakteristiku a klasifikáciu chemického zloženia prírodných vôd,
- charakteristiku kvalitatívnych vlastností prírodných vôd,
- podrobnú charakteristiku území navrhnutých na ďalšie práce v podrobnejších mierkach a zdôvodnenie navrhovaného charakteru prác.

6. Hydrogeochemická dokumentácia

Hydrogeochemický dokumentačný materiál predstavujú analýzy vzoriek vôd použitých pri konštrukcii mapy kvality prírodných vôd. Každá analýza má číslo zhodné s číslom uvedeným na mape. Analýzy sú zoradené na mape aj v databáze v poradí vzrastajúcej súradnice x. Okrem výsledkov analytických údajov a terénnych meraní sa uvádza dátum odberu vzorky vody a zdroj informácií.

Literatúra

- Malík, P., Jetel, J. a Švasta, J., 2003: Metodika zostavovania základných hydrogeologických máp 1 : 50 000. In: Geol. Práce, Spr. (Bratislava), 106.
- Rapant, S. a Bodiš, D., 1993: Metodika zostavovania máp kvality prírodných vôd v mierke 1 : 50 000. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Rapant, S., Vrana, K. a Bodiš, D., 1996: Geochemický atlas SR, časť Podzemné vody. Bratislava, GS SR. 127 s.
- Rapant, S., 2001: K problematike klasifikácie antropogénne ovplyvnených vôd a hydrogeochemického vyhodnocovania pri environmentálnom monitoringu. In: Podzemná voda (Bratislava), VII, 2, s. 181 - 184.
- Vrana, K., 1991: Výskum geologických faktorov životného prostredia Slovenskej republiky. Vedecko-technický projekt. Manuskript. Bratislava, archív Št. Geol. Úst. D. Štúra.
- Vyhláška MZ SR č. 12/2001 Z. z. o požiadavkách na zabezpečenie radiačnej ochrany.
- Vyhláška MZ SR č. 29/2002 Z. z. o požiadavkách na pitnú vodu a kontrolu kvality pitnej vody.
- STN 75 7221 Kvalita vody, Klasifikácia kvality povrchových vôd.



Kartografické vyjádření jakosti podzemních a povrchových vod v České republice

RENÁTA KADLECOVÁ, VLADIMÍR MAJER A JAN ČURDA

Česká geologická služba, Klárov 3/131, 118 21 Praha, Česká republika

Abstrakt. K hodnocení chemického složení podzemních vod se v minulosti používaly v České republice různé hydrochemické klasifikace, z nichž nejširšího uplatnění v 80. letech 20. stol. dosáhla Gazdova klasifikace založená na principu hypotetických iontových kombinací, jejíž výsledky se promítly do konstrukce několik edic hydrochemických map. Obliba Gazdovy klasifikace mezi odborníky byla založena na schopnosti podrobněji postihnout chemismus podzemních vod při současném odstranění některých nedostatků jiných klasifikačních škál. Gazdova klasifikace představuje dobrou pomůcku při hodnocení podílu určitých fyzikálně-chemických procesů na tvorbě mineralizace vod, což přispívá k řešení otázek geneze jejich chemického složení.

Klíčová slova: hydrochemické klasifikace, hydrogeologické mapy, jakost podzemních vod, geochemie povrchových vod

Key words: hydrochemical classifications, hydrogeological maps, groundwater quality, geochemistry of surface water

Úvod

Pestrost geologické stavby území České republiky se odráží i v širokém spektru chemického složení podzemních vod. S tvorbou různých druhů hydrogeologických map a doprovodných vysvětlujících textů je nedílně spojena též snaha o přehledné vyjádření rozdílů v chemismu podzemních vod jednotlivých zvodněných systémů či subsystémů. K hodnocení chemického složení podzemních vod se v minulosti používaly v České republice různé klasifikace, z nichž v počátečních etapách hydrochemických výzkumů nejširšího uplatnění zaznamenala klasifikace Palmerova, Gazdova a Alekinova.

Mapy v měřítku 1 : 200 000

V průběhu 80. let 20. století, kdy vznikaly základní hydrogeologické a hydrochemické mapy ČSSR v měřítku 1 : 200 000, byla v tehdejší Ústředním ústavu geologickém využita též Gazdova klasifikace (Gazda, 1974), která je založena na principu hypotetických iontových kombinací. Její obliba mezi odborníky byla založena na schopnosti podrobněji postihnout chemismus podzemních vod při současném odstranění některých nedostatků Palmerovy klasifikace. Gazdova klasifikace představuje dobrou pomůcku při hodnocení podílu určitých fyzikálně-chemických procesů na tvorbě mineralizace vod, což přispívá k řešení otázek geneze jejich chemického složení.

Gazdovy klasifikace bylo použito např. v Mapách chemismu podzemní vody ČSSR 1 : 200 000 a ve Vysvětlivkách k základní hydrogeologické mapě ČSSR 1 : 200 000, mimo jiné pro prostorové zobrazení chemismu podzemních vod v kombinaci s Alekinovou klasifikací, anebo v rámci studia vertikální hydrochemické zonálnosti České pánve (Malkovský et al., 1974). Gazdovy klasifikace lze s úspěchem použít i pro charakteristiku hydrochemických typů hornin, jak činí např. jednotlivé díly publikace Minerální vody krajů ČSSR anebo manuálové Katastru minerálních vod, zpracované v 2. polovině 70. let 20. století v bývalém Ústředním ústavu geologickém.

K edicím map pokrývajícím v publikované podobě celé území České republiky patří i Mapa chemismu podzemních vod ČSSR 1 : 200 000, navazující na Základní hydrogeologickou mapu ČSSR 1 : 200 000. V těchto tzv. hydrochemických mapách byly použity originální kombinace barev, šraf a symbolů. Barvy znázorňují výši celkové mineralizace, Palmerovy-Gazdovy symboly jsou užity pro vyjádření sumy kyselin a kovů rozpuštěných v podzemní vodě, Alekinovy symboly indikují chemický typ, šrafy a symboly označují horninový typ. Kromě plošného znázornění chemismu podzemních vod obsahují tyto mapy rovněž sloupcové kolony znázorňující změny chemismu podzemní vody s hloubkou ve vybraných hydrogeologických vrtech pánevních zvodněných systémů.

Výše uvedené hydrochemické mapy na rozdíl od Map jakosti podzemních vod ČSR 1 : 200 000 vyjadřují hlavně chemické typy podzemní vody. Účelem map jakosti zdrojů podzemní vody bylo zhodnocení existující chemické dokumentace zdrojů podzemních vod z vodárenského hlediska, resp. z hlediska zastoupení hlavních iontů (vyjádření obsahu hlavních iontů – NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NH_4^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} a alkalita). Zároveň měly tyto mapy sloužit jako výchozí podklady pro posuzování a porovnávání znečištění podzemních vod na území ČSR do budoucna. Tematický obsah map jakosti zdrojů podzemních vod byl zakreslen a vytištěn do tematického obsahu Vodohospodářské podkladové mapy ČSSR Výzkumného ústavu vodohospodářského vydaného v roce 1987 na topografickém podkladu Základní mapy ČSSR 1 : 200 000 Českého ústavu geodetického a kartografického. Metodické pokyny a legenda mapy jakosti zdrojů podzemních vod ČSR byly sestaveny koncem roku 1986 Ústředním ústavem geologickým, schváleny a doplněny Ministerstvem lesního a vodního hospodářství a Výzkumným ústavem vodohospodářským na příkladě vzorového listu 13 Hradec Králové (Myslil, 1988) a příslušných vysvětlivek (Myslil et al., 1988).

Vrstva jakosti vod obsahuje bodové informace s grafickým vyjádřením sledovaných složek. V příslušných vysvětlivkách je ke každému bodu na mapě uveden obsah znázorněných iontů. Mapa zobrazuje

dostupnou hydrochemickou prozkoumanost první zvodně pod povrchem především z období let 1986 až 1987. V mapě jsou i barevně odlišeny zjištěné hodnoty obsahu sledovaných iontů z různého časového období. Dále bylo provedeno barevné rozdělení veškerých lokalit s vodárenskými zdroji (k datu sestavení mapy) registrovanými v bývalém resortu lesního a vodního hospodářství (s využitím analýz podzemní vody z let 1987 – 1988). Tyto rozbory vod, které jsou téměř ze stejného časového údobí, nerepresentují jen jeden vodohospodářský objekt, ale často krát jsou odrazem kvality směsného vzorku vody pocházející z více jímacích objektů. Celý soubor 19 listů Map jakosti podzemní vody ČSR 1 : 200 000, který pokrývá celé území ČR, je dostupný v tištěné formě stejně jako doprovodný tabelární přehled všech bodů s obsahem sledovaných iontů.

Hydrogeologické mapy v měřítku 1 : 50 000

Na období tvorby hydrogeologických a hydrochemických map v měřítku 1 : 200 000 navázala etapa sestavování jednotlivých listů Hydrogeologické mapy ČR v měřítku 1 : 50 000, probíhající od roku 1985 až do roku 1998. Metodiku tvorby těchto map postupně zpracovali Jetel (1985a, 1985b), Krásný (1978, 1979, 1986, 1990) a Čurda (1991). Výše uvedené mapy zobrazují prostředí z kvantitativního a částečně i kvalitativního hlediska. Koncepte zmiňované vrstvy prosazuje explicitní znázornění hydrogeologických poměrů pouze s implicitním vyjádřením hydrogeologicky významných prvků a základních rysů dynamiky podzemních vod za současného kvantitativního vyjádření některých hydrogeologických vlastností horninového prostředí. Hydrogeologická vrstva kromě vyjádření základního typu a charakteru hydrogeologického prostředí obsahuje i základní údaje o kvalitě podzemní vody z hlediska využitelnosti pro zásobování pitnou vodou. Výrazná oranžová šrafa v ploše schematicky vyjadřuje kvalitu podzemní vody ve třech kategoriích z hlediska doporučení tehdy platné ČSN 757111 Pitná voda a podle nákladů nutných na její úpravu pro pitné účely podle Žáčka (1981, 1990). Příslušné oranžové

symboly vyznačují v jednotlivých územních celcích přítomnost některých kritických složek, které v regionálním měřítku podmiňují zhoršenou kvalitu podzemní vody. Lokální zhoršení kvality podzemní vody je znázorněno symbolem v kruhu. Uvedený způsob zobrazení kvality podzemní vody poskytuje informace o rozšíření jednotlivých úpravárenských typů v zájmovém území. Při zpracování údajů o kvalitě podzemní vody se redaktoři jednotlivých mapových listů opírali o časově značně nehomogenní soubory dat, které vedly spíše ke schematizaci. Ta postihuje především negativní vývojový trend v kvalitě podzemní vody. Hydrogeologické objekty (prameny, vrty, štoly, šachty atd.) jsou znázorněny pouze symboly. Z hlediska znečištění podzemních vod dusičnan je volen symbol N, který ovšem zahrnuje i zvýšený obsah NH_4^+ , NO_2^- a NO_3^- . Do druhé kategorie podle ČSN 757111 a Žáčka (1981, 1990) náleží podzemní vody, které mají obsah NH_4^+ od 0,1 do $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, NO_2^- od 0,1 do $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a NO_3^- od 15 do $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Do třetí kategorie jsou pak řazeny podzemní vody s obsahem $\text{NH}_4^+ > 1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, $\text{NO}_2^- > 3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a $\text{NO}_3^- > 50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

V hydrogeologické vrstvě jsou zhodnoceny bodové údaje z jednotlivých hydrogeologických objektů (cca 52 tisíc pro celou ČR), které byly v době zpracování uvedené mapy uloženy v tehdejší Geofondu ČR v Databázi hydrogeologické prozkoumanosti ve formě DBF. V ČGS zůstávají tyto dokumentační hydrogeologické body zatím uchovány nadále jen v písemné formě – v hydrogeologických dokumentačních kartách. Pouze k některým mapovým listům existuje zpracování těchto dat v tabulkových procesorech (EXCEL, LOTUS, případně C602).

Mapy chemismu povrchových vod v měřítku 1 : 50 000

S chemickým složením podzemních vod úzce souvisí i chemické složení povrchových vod. Využití území člověkem se nejdříve projevuje právě na jakosti povrchových vod a s určitým časovým odstupem pak

následně i na jakosti podzemních vod. Proto v rámci edice Souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů ČR 1 : 50 000 byly zpracovány i Mapy geochemie povrchových vod (Veselý a Majer, 1998). Mapy jsou sestavovány na podkladě analýz vod z povrchových toků, vodních nádrží a prameništ v období let 1984 – 1995 [Müller (ed.), 1991]. Cílem odběrů a analýz vod bylo zachytit aktuální stav jejich znečištění anorganickými polutanty a zjistit rozsah jejich acidifikace v regionálním měřítku. Vzorkování probíhalo s hustotou 1 vzorek na 5 až 9 km^2 , t. j. 50 – 100 vzorků na jeden mapový list. Obecně byla hustota vzorkování vyšší v horských terénech a na horninách krystalinika.

Vzorky vod byly odebírány v období duben – říjen (listopad) za relativně stabilní hydrogeologické situace, kdy aktuální průtok se pohyboval v rozmezí 0,5 až 2-násobku průměrného průtoku. Ze vzorkování tak byla vyloučena doba jarního tání (v terénech s vyšší nadmořskou výškou) a období při a po extrémních srážkách. Souhrnně bylo odebráno 14 237 vzorků, z toho 12 352 při základních a 1 885 při revizních odběrech. Omezení vlivu sezónních a denních variací, správnost odběru a analýzy byla kontrolována tzv. revizními odběry, uskutečněnými po předběžném vyhodnocení výsledků základních odběrů.

U vzorků se měřilo pH, specifická vodivost, obsah Be, Cd, As, Pb, Cu, Ca, Li, Sr, Fe, Mn, Zn, NO_3^- , SO_4^{2-} a Cl^- . pH a měrná vodivost se stanovovaly v den odběru v terénní laboratoři. Všechny vzorky analyzovala laboratoř ČGS.

Stanovené koncentrace jednotlivých složek byly hodnoceny jako zvýšené, anomální a extrémní. Hranice mezi uvedenými kategoriemi byly stanoveny rozбором výsledků analýz statistického souboru dat z přípravných odběrů na ploše $2\,200 \text{ km}^2$ s různou geologickou stavbou a s různým stupněm antropogenního zasažení a nesouvisející s hygienickými ukazateli přípustného obsahu látek v povrchových vodách. Anomální a extrémní hodnoty obsahu byly ověřovány revizními odběry (cca 1 450). Mapy obsahují bodové informace pro místo odběru.

Zpracovatelé (Majer et al., 1998) si byli vědomi, že jde v podstatě o jednorázové odběry vzorků. Proto se pokusili vyjádřit spolehlivost prezentovaných dat

mírou reprodukovatelnosti odběru, což jim umožnilo opakované revizní odběry. Srovnávací analýze byl podroben soubor obsahující 1 017 dvojic opakovaných odběrů. Pro každou dvojici byla spočtena hodnota relativní odchylky O

$$O (\%) = 100 \cdot \left\{ \frac{\text{MAX}(x_z, x_r)}{\text{MIN}(x_z, x_r)} - 1 \right\},$$

vyjadřující procentuální míru odlišnosti obou hodnot; [100 % - odchylka znamená dvojnásobnou (poloviční) hodnotu revizního (x_r) oproti základnímu (x_z) odběru]. Střední hodnota (medián) této odchylky je pro jednotlivé analyzované složky uvedena v tabulce 1 včetně procentuálního počtu dvojic s relativní odchylkou nižší než 100 %.

Tab. 1 Relativní reprodukovatelnost opakovaných odběrů (Majer et al., 1998; Veselý a Majer, 1998)

Složka	Medián	Procento dvojic pod 100 %
Ca mg · l ⁻¹	16,2	91,8
NO ₃ ⁻ mg · l ⁻¹	74,8	57,3
Cl ⁻ mg · l ⁻¹	22,5	87,9

$$\text{medián hodnoty } 100 \cdot \left\{ \frac{\text{MAX}(x_z, x_r)}{\text{MIN}(x_z, x_r^{-1})} \right\}$$

(x_z - obsah složky v základním odběru)

(x_r - obsah složky v revizním odběru)

Z tabulky 1 je patrné, že střední reprodukovatelnost se u hlavních složek (s výjimkou dusičnanů) pohybuje okolo 20 % (a procento dvojic s odchylkou pod 100 % okolo 90 %). Reprodukovatelnost se liší u jednotlivých typů vzorků a v různých typech povodí. Obecně platí, že reprodukovatelnost je lepší v neosídlených a zalesněných povodích, především díky absenci proměnlivých antropogenních zdrojů.

V závěru projektu byly ze souboru všech analýz vod drobných povrchových toků vypočteny mediány a 75 %, 85 %, 95 % a 99 % kvantily (tab. 2) a srovnány s ukazateli přípustného znečištění povrchových vod (Nařízení vlády ČR č. 171/92 Sb. a novely č. 185/96 Sb.) pro vodárenské toky a ostatní povrchové vody a s doporučenými mezními koncentracemi pro pitnou vodu (ČSN 757111).

Jako drobné vodní toky byly vybrány všechny toky podle listokladu Základní vodohospodářské mapy ČR v měřítku 1 : 50 000 se šířkou koryta do 8 m. Reprodukovatelnost dat z regionálního geoche-

Tab. 2 Kvantily koncentrací vybraných složek v povrchové vodě drobných toků (Majer et al., 1998)

Složka	Medián	75 % kvantil	85 % kvantil	95 % kvantil	99 % kvantil	Povrchová voda* vodár. /ostatní		Pitná voda ⁺ ČSN 757111
pH	7,5	7,85	8,0	8,2	8,8	6 - 8,5	6 - 9	6 - 8
Ca mg · l ⁻¹	44,0	83,1	118	173	232	200	300	
NO ₃ mg · l ⁻¹	12,5	27,3	37,8	64,1	114	15	50	50
SO ₄ mg · l ⁻¹	53,6	88,3	122	253	679	200	300	250
Cl mg · l ⁻¹	18,1	37,0	51,2	81,3	146	150	350	100
SO ₄ / Cl	3,2	6,4	9,7	15,7	30,1	—	—	—

* ukazatele přípustného znečištění povrchových vod podle Nařízení vlády ČR č. 171/92 Sb. a novely č. 185/96 Sb.

+ doporučené hodnoty ČSN 757111 Pitná voda

mického mapování ČR je do jisté míry snížena délkou časového úseku, ve kterém byly údaje pořizovány (1984 až 1996), a skutečností, že jde o jednorázové odběry povrchových vod. Naopak, příznivé je, že poměrně rozsáhlý soubor dat pokrývá v pravidelné síti celé území ČR, že se během trvání celého projektu neměnili metodika odběrů, analýz ani laboratoř a že zjištěné anomální hodnoty byly ověřovány revizními vzorky.

Stav acidifikace povrchových vod (Veselý et al., 2002) charakterizuje především nízká hodnota pH. Acidifikace je způsobena kyselou depozicí. Její stupeň je však silně ovlivněn složením horninového podkladu (jeho pufrací schopností), a tak např. v oblastech sedimentárních hornin se kyselá depozice projevuje pouze zvýšením relativního obsahu síranů, tedy vyššími hodnotami poměru $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$.

Chemické složení povrchových vod zprostředkovaně vyjadřuje ekologickou, pedologickou a geologickou situaci a hospodářské využití území drénovaného do vodního toku nad místem odběru vzorku vody.

Soubor geochemických map v měřítku 1 : 50 000 pokrývá celou ČR v tištěné formě a částečně i v digitální formě. Databáze míst odběrů včetně příslušných analýz je ve formě DBF v ČGS. Zpracováním bodových údajů pH a koncentrací dusičnanů ze vzorkování povrchových vod a jejich interpolací na povodí vodních toků lze získat přehled o jejich stavu v povrchových vodách v letech 1984 – 1995 na území ČR.

Závěr

Využití Gazdovy klasifikace chemismu podzemních vod výrazným způsobem přispělo k rozvoji poznání zákonitostí hydrochemických vlastností podzemních vod v České republice. To se následně promítlo i do kartografického zpracování chemismu podzemních vod v několika rozličných edicích hydrogeologických a hydrochemických map, na něž úspěšně navázalo i kartografické znázornění chemismu vod povrchových.

Literatura

- Čurda, J., 1991: Legenda a pokyny pro sestavování Hydrogeologické mapy ČR souboru geologických a účelových map přírodních zdrojů měřítko 1 : 50 000. Manuskript. Praha, archiv Ústř. Úst. geol.
- Gazda, S., 1974: Chemismus podzemních vod Západních Karpat a jeho genetická klasifikácia. In: III. Celoslovenská geologická konferencia, II. část. Bratislava, Geol. Úst. D. Štúra – Slov. geol. Úrad, s. 43 – 50.
- Jetel, J., 1985a: Legenda hydrogeologické mapy souboru geologických a účelových map přírodních zdrojů měřítko 1 : 50 000. Manuskript. Praha, archiv Čes. geol. Úst.
- Jetel, J., 1985b: Metody regionálního hodnocení hydraulických vlastností hornin. Metod. příruč. Praha, Ústř. Úst. geol., 1.
- Krásný, J., 1978: Návrh legendy a pokynů pro sestavení Hydrogeologické mapy ČSR v měřítku 1 : 50 000. Manuskript. Praha, archiv Ústř. Úst. geol.
- Krásný, J., 1979: Základní principy nové koncepce tvorby hydrogeologických map. Hydrogeol. Ročen. 1978, Praha, s. 81 – 86.
- Krásný, J., 1986: Klasifikace transmisivity a její použití. In: Geol. Průzk. (Praha), 6, 28, s. 177 – 179.
- Krásný, J., 1990: Předběžná legenda a metodika sestavení hydrogeologické mapy Čech a Moravy v měřítku 1 : 500 000. Manuskript. Praha, archiv Ústř. Úst. geol.
- Majer, V., Sánka, V., Veselý, J. a Hruška, J., 1998: Geochemie povrchových vod na území listu 03 – Liberec. Manuskript. Praha, archiv Čes. geol. Úst.
- Malkovský, M., Benešová, Z., Čadek, J., Holub, V., Chaloupský, J., Jetel, J., Müller, V., Mašín, J. a Tásler, R., 1974: Geologie české křídové pánve a jejího podloží. Praha, Ústř. Úst. geol – Academia.
- Myslil, V., 1988: Mapa jakosti zdrojů podzemní vody ČSR. Vzorový list. List 13 Hradec Králové. Praha, Ústř. Úst. geol.
- Myslil, V. et al., 1988: Vysvětlivky k mapě jakosti zdrojů podzemní vody ČSR 1 : 200 000, List 13 Hradec Králové. Praha, Ústř. Úst. geol.
- Müller, V., Adamová, M., Čurda, J., Lochmann, Z., Majer, V., Opletal, M., Pošmourný, K., Tomášek, M., Veselý, J. a Volšan, V., 1991: Instrukce k využívání souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů 1 : 50 000. Praha, Čes. geol. Úst.
- Veselý, J., Majer, V. a Norton, S. A., 2002: Heterogenous response of central European streams to decreased acidic atmospheric deposition. In: Environ. Poll., 120, 2, s. 275 – 281.
- Veselý, J. a Majer, V., 1998: Hydrogeochemical mapping of Czech freshwaters. In: Věst. Čes. geol. Úst. (Praha), s. 183 – 192.
- Žáček, L., 1981: Chemické a technologické úpravy vody. Praha, Stát. Nakl. Tech. Liter.
- Žáček, L., 1990: Přehled kvality podzemní vody z vodárenských objektů v Čechách a na Moravě za rok 1986. In: Olmer, M., Prchalová, H. a Kubala, P.: Kvalita podzemních vod. Manuskript. Praha, Výzk. úst. vodohosp.



GEOLOGICKÉ PRÁCE, SPRÁVY 108

Vydal Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava 2003.

Vedúca redaktorka: Gabriela Šipošová
Jazyková redaktorka: Ing. Janka Hrtusová
Sadzba a príprava tlačových podkladov: Didaktis

Náklad 300 kusov. Tlač a knihárske spracovanie: ALFAPRINT, Martin.