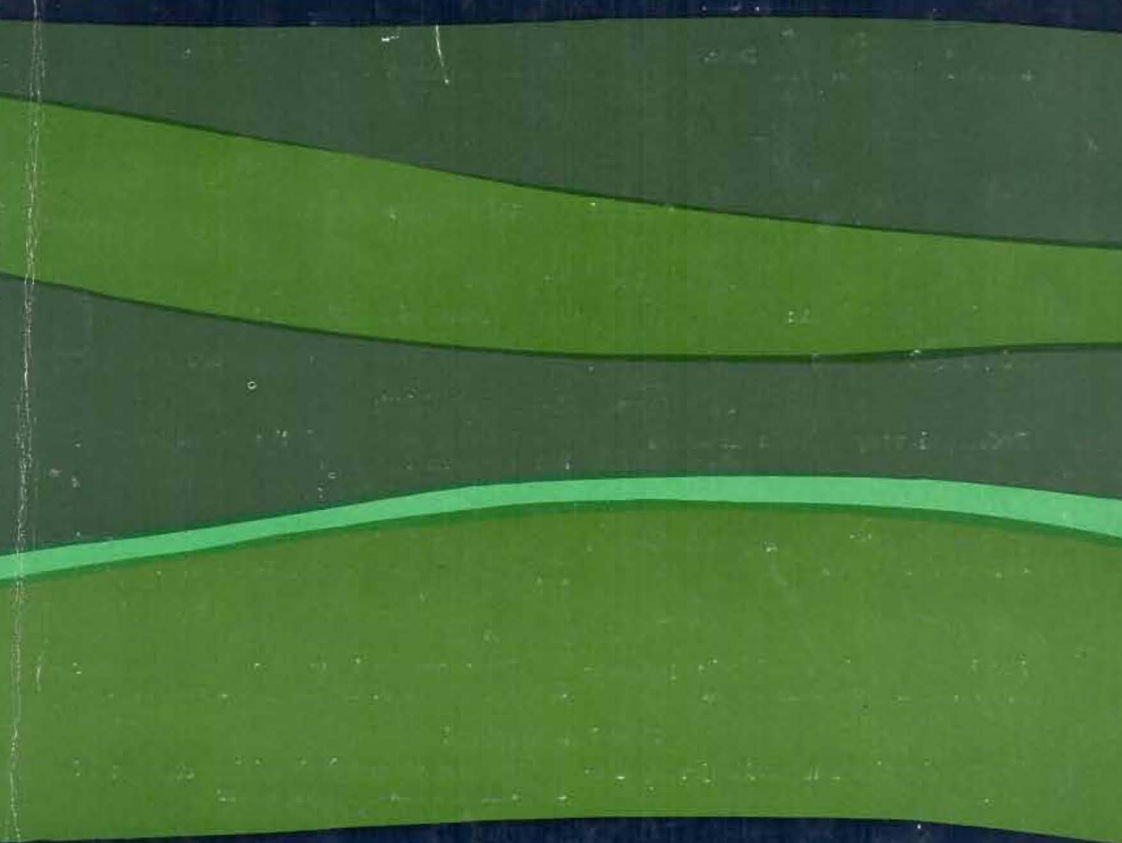


MINERALIA SLOVACA

12

1980

4

An abstract graphic at the bottom of the cover depicts a landscape with rolling hills. The hills are represented by several horizontal, wavy bands of different shades of green, set against a dark blue background. The bands vary in width and color, creating a sense of depth and movement.

Ing. Ján BARTALSKÝ, CSc., *vedúci redaktor*
RNDr. Pavol GREČULA, CSc., *vedecký redaktor*
p. g. Ján KOBULSKÝ, *technický redaktor*

REDAKČNÁ RADA.

Ing. Ján KURÁŇ, *predseda redakčnej rady*

RNDr. Juraj ANTAS
RNDr. Ján BYSTRICKÝ, DrSc.
akademik Bohuslav ČAMBEL
RNDr. Jozef CVERČKO, CSc.
RNDr. Miroslav HARMAN, CSc.
prof. RNDr. Jakub KAMENICKÝ
RNDr. Vlastimil KONEČNÝ, CSc.
Ing. Ján KOZÁČ
Ing. Ivan KRAVJANSKÝ
RNDr. Bartolomej LEŠKO, DrSc.
akademik Michal MAHEL

Ing. Ivan MARUŠIAK, CSc.
prof. Ing. Milan MATULA, DrSc.
Ing. Ivan PAGAC, CSc.
RNDr. Anton PORUBSKÝ, CSc.
RNDr. Ondrej SAMUEL, DrSc.
RNDr. Miroslav SLAVKAY
RNDr. Ivan ŠARIK
RNDr. Pavel TKÁČIK
Ing. Milan TAPAK, CSc.
prof. RNDr. Cyril VARČEK, CSc.
RNDr. Imrich VARGA

OBSAH CONTENTS

Vladislav Pikart

30 rokov IGHP Žilina

289 30 years of IGHP Žilina

PÔVODNÉ PRÁCE

ORIGINAL PAPERS

Jozef Frankovič — Pavel Tkáčik

Podzemné vody pohoria Branisko

291 Ground waters of the Branisko Mts.
(Eastern Slovakia)

Milan Haluška

Hydrogeologické pomery aluviálnych
náplavov Popradu

311 Hydrogeological conditions in alluvial
deposits of the Poprad river (Eastern
Slovakia)

Juraj Orvan

Nový prístup k využívaniu podzem-
ných vôd Slovenského krasu

323 New approach to the ground water
utilization of the Slovak Karst area

Zora Bondarenková

Zmeny chemizmu minerálnej vody Sla-
tina

331 Causes of water-chemistry changes of
the Slatina mineral water

30 rokov IGHP Žilina

Vznik národného podniku IGHP Žilina je úzko spätý s rozvojom socialistickej spoločnosti po víťazstve pracujúceho ľudu, keď nastal významný prelom v riadení a ekonomike štátu, a to na báze socialistického plánovania.

V súvislosti s tým bolo nevyhnutné v prvom rade odstrániť neblahé dedičstvo buržoáznej spoločnosti, následky vojnou zničeného hospodárstva a vytvoriť základné podmienky pre plánovitý rozvoj Slovenska. Plniť tieto nanajvýš zložité otázky bolo možno len novými, progresívnymi, socialistickými formami riadenia štátu. Tak sa v päťdesiatych rokoch uskutočnila prestavba a zjednotila inžinierska geológia a hydrogeológia. Roku 1950 v rámci Československých stavebných závodov vznikla v Žiline špecializovaná prieskumná organizácia. V súlade so stále rastúcimi požiadavkami a prudko sa rozvíjajúcimi potrebami národného hospodárstva prešla mnohými zmenami, a to nielen na podnikovej, lež aj na rezortnej úrovni. Dnešné organizačné a riadiace usporiadanie v oblasti inžinierskej geológie a hydrogeológie bolo motivované federatívnym usporiadaním aj v rezortoch geológie.

Za celé obdobie činnosti podni-

ku, ale najmä v ostatnom desaťročí sa prejavuje prudký kvalitatívny rast v oblasti inžinierskej geológie a hydrogeológie, ktorý si vyžiadali stále narastajúce požiadavky späté s rozvojom a industrializáciou Slovenska. Pracovali sme a pracujeme na národohospodársky najvýznamnejších úlohách pre priemyselné komplexy, hydroenergetické a energetické stavby, vodárenské diela, líniové stavby a urbanistické centrá, hydrogeologické regióny, liečebné a zdravotnícke zariadenia vybudované na báze minerálnych a termálnych vôd, ako aj na úlohách súvisiacich s ochranou životného prostredia. Uskutočňovanie takých náročných prieskumov si vyžiadalo mnoho pracovného úsilia a obetavosti geológov, vrtných a banských robotníkov, technikov a ostatných pracovníkov. Rad pracovníkov prvej pionierskej generácie už odišiel alebo odchádza na zaslúžený odpočinok a zaslúži si uznanie za dobre vykonanú prácu. Nastupuje nová generácia, ktorá pod vedením starších a skúsených pracovníkov preukazuje schopnosť úspešne pokračovať v započatom diele. Aj nasledujúce príspevky sú dôkazom dobrej odbornej úrovne našich pracovníkov.

Som presvedčený, že pod vedením našej komunistickej strany, pri rozvíjajúcej sa pracovnej iniciatíve našich pracujúcich a cieľavedomej tvorivej práci všetkých pracujúcich

splníme aj ďalšie, ešte náročnejšie a národohospodársky dôležité úlohy.

*Ing. Vladislav Pikart,
riaditeľ IGHP, n. p., Žilina*

Podzemné vody pohoria Branisko

JOZEF FRANKOVIČ*, PAVEL TKÁČIK**

* IGHP, závod Košice, Magnezitárska 7, 042 78 Košice

** IGHP, Žilina, Rajecká cesta, 010 51 Žilina

(4 obr. a 4 tab. v texte)

Doručené 17. 3. 1980

Подземные воды гор Браниска

В статье произведена оценка результатов поисковых гидрогеологических работ гор Браниска. Кроме основных гидрогеологических данных и общей гидрогеологической характеристики территории были в карбонатных породах мезозоя вычленены две основные гидрогеологические структуры. Возможное использование количества воды из этих структур предполагается на 172 л. за сек. Эти воды по качеству относятся к хорошим питьевым водам.

Ground waters of the Branisko Mts. (Eastern Slovakia)

A pioneering hydrogeological survey ascertained two important water bearing structures in Mesozoic carbonates of the Branisko Mts. Utilizable water-yields from these structures were ascertained in amount of 172 l. s⁻¹ of high-quality potable water.

Ustavičný rast spotreby vody vyžaduje hodnotiť hydrogeologické pomery väčších územných, najmä horských celkov, ktoré sa postupne stávajú jedinými oblasťami, kde ešte možno získať kvalitnú pitnú vodu. Poznať hydrogeologické štruktúry nádejné na výskyt podzemnej vody je nevyhnutné aj z hľadiska ich plánovitého využíva-

nia, a najmä na ich ochranu pred nepriaznivými zásahmi človeka. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum Braniska prebiehal v rokoch 1971—1975 a jeho cieľom bolo základné hydrogeologické hodnotenie, vymedzenie hydrogeologicky významných štruktúr a ocenenie zásob podzemnej vody.

Zložité geologické podmienky si

vyžiadali použiť pri prieskume rad hydrogeologických a hydrologických metód, ako aj metódy z príbuzných vedných disciplín. Práce sa zamerali na hydrogeologické mapovanie, pričom geologickým podkladom boli archívne materiály Geol. ústavu D. Štúra. Na vybraných prameňoch a povrchových tokoch boli vybudované meracie zariadenia, ich pozorovanie zabezpečoval Hydro-meteorologický ústav, pobočka v Košiciach, ktorý zhodnotil územie aj z klimatickej stránky. Využívané pramene sa pozorovali v spolupráci s Východoslovenskými vodárňami a kanalizáciami, závod Prešov. V priebehu hydrogeologického prieskumu sa v pohorí vyhlásilo 7 hydrogeologických vrto.

Geografická a klimatická charakteristika

Branisko je vysoko vyzdvihnutým hrastom výrazne ohraničeným zlomami smeru SSV—JJZ a SZ—JV. Na S a SV hraničí so Šarišskou vrchovinou, zo Z s Levočskými vrchmi a Spišskou kotlinou. Južnú hranicu so Spišsko-gemerským rudohorím tvorí dolina Hornádu a na JV ho od Čiernej hory ohraničuje dolina Dolinského potoka.

Pohorie má povahu hornatiny s ostro rezanými svahovými dolinami, z ktorých niektoré sú na zlomových poruchách. Centrálny chrbát smeru S—J je v dôsledku spätnej erózie svahových tokov na východnej a západnej strane pohoria mierne sprehýbaný. Miestami má charakter dosť širokého chrbta, inde zase úzkeho hrebeňa. Okolo najvyšších kôt pohoria (od S Smrekovica 1199,8 m, Patria 1170,6 m a Slubica 1129,0 m) sa zachovali zvyšky zarovnaných plôch, ktoré s miernym sklonom prechádzajú do ročných rássoch smeru Z—V a zvyš-

čajne ich ukončujú trojuholníkovité fazetové plochy, typické formy zlomových svahov.

Podľa Š. Petroviča (1966) hrebeň Braniska klimaticky patrí do mierne chladnej oblasti, svahy a doliny do mierne teplej oblasti, na západnej strane mierne vlhkej so studenou zimou, na východnej strane vlhkej a so studenou zimou. Priemerná ročná teplota vzduchu sa pohybuje v rozmedzí 4 až 6 °C, na východnom okraji pohoria 7 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok v mm sa pohybuje prevažne od 600 do 700 mm, v oblasti kóty Smrekovica 750 mm (obr. 1, 2).

Presnejšia charakteristika zrážkových pomerov v hodnotenom období je v tab. ročného úhrnu zrážok a jeho odchýlok od dlhodobého priemeru (tab. 1). Výpar sa pre túto oblasť doteraz nestanovil.

Územie Braniska patrí do povodia Hornádu, ktorého údolie tvorí južnú hranicu pohoria. Podstatná časť povrchových vôd z územia Braniska sa však do Hornádu vlieva mimo územia pohoria. Severozápadnú časť Braniska odvodňuje Slavkovský potok, ktorý sa vlieva do Torysy. Východnú časť pohoria odvodňuje prevažne Kopytovský potok, potok v údolí Kanné, potok v doline Krajná,



Obr. 1. Priemerná ročná teplota vzduchu (°C) 1931—1960

Fig. 1. Average annual temperature for the 1931—1960 interval.

Tabuľka odchýlok zrážok v období prieskumu od dlhodobého priemeru
*Deviations of precipitation values during the exploration time
 from long-term averages*

Tab. 1

Zrážkomerná stanica	Priemerný ročný úhrn za obdobie 1930—1960	Ročný úhrn v mm			% dlhodobého priemeru		
		1972	1973	1974	1972	1973	1974
Vyšný Slavkov	723	680	578	795	94	80	110
Spišské Podhradie	567	700	446	648	123	79	114
Spišské Vlachy	575	680	480	698	118	85	121
Krompachy	625	631	475	708	101	76	113
Široké	652	682	472	nesl.	105	72	nesl.
Lipovce	699	668	641	778	96	92	111

Veľká Svinka a Pohľadov. Z južných svahov pohoria tečie Zlatník, Studenec a Jasenovce. Západné svahy Braniska odvodňuje bezmenný potok tečúci cez obec Poľanovce, ďalej Žehrica a Slatvina. Údaje o priemernom ročnom prietoku sú v tab. 2.

Maximálnu vodnosť majú potoky v apríli—máji, keď je hlavným zdrojom topiaci sa sneh. V júli—auguste sa vyskytuje podružné maximum v závislosti od bohatších zrážok. Najmenej vody v potokoch je v decembri a januári.

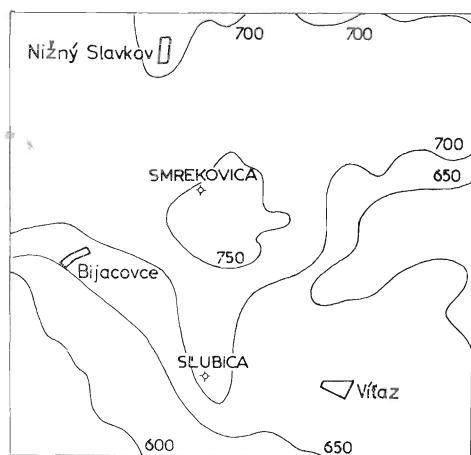
Geologická charakteristika

Branisko je spolu s Čiernou horou najvýchodnejším jadrovým pohorím Západných Karpát. Jeho južná časť s Čiernou horou sa rozprestiera pri severnom okraji Slovenského rudohoria. Geologickú hranicu tvorí murgéckanska tektonická línia, ktorá v oblasti Braniska prebieha údolím Hornádu. Hranica medzi

Tabuľka priemerného ročného prietoku v rokoch 1973—1974
Annual average flow rate during 1973—1974

Tab. 2

Tok, stanica	Plocha povodia (km ²)	Priemerný ročný prietok (l/s)	
		1973	1974
Kopytovský potok, Šindliar	22,09	163	174
údolie Kanné, hájovňa Kanné	6,0	39	56
dolina Krajná, na SZ	2,0	16	22
Široké miestny potok v obci Korytné	8,0	—	112
Žehrica, Harakovce	2,68	—	28
Svinka, na S od priesmyku Branisko	5,2	—	37
Pohľadov, Vítaz	8,77	—	61
Zlatník, Kluknava	5,71	—	35
Studenec, Kolinovce	4,99	—	27



Obr. 2. — Priemerný ročný úhrn zrážok (mm) 1931—1960
 Fig. 2. Average annual precipitation for the 1931—1960 interval

Braniskom a Čiernou horou sa konvenčne kladie do údolia Dolinského potoka. Severnú časť Braniska voči paleogénu Spišskej kotliny ohraničuje poľanovský a na V voči Šarišskej vrchovine šindliarsky zlom.

Na geologicko-tektonickej stavbe Braniska (M. Maheľ et al. 1967) sa zúčastňujú dve antiklinoriá, južnejšie ho buduje masív Sľubice, severnejšie masív Braniska. Medzi antiklinóriami je harakovské a severne od masívu Braniska lačnovské synklinorium.

Kryštalické jadro masívu Braniska tvoria v podstatnej miere metamorfne deriváty parabdíl, v menšej miere granitoidné horniny a amfibolity. Na rozdiel od masívu Braniska sa kryštalínium Sľubice skladá prevažne zo série diafktorických svorov a fylonitov, ktoré prechádzajú do biotitických a dvojsľudových pararúl, v menšej miere sa vyskytujú amfibolity a migmatity.

Mladopaleozoický obal kryštalinického jadra masívu Braniska vystupuje podľa F. Rösinga (1947) severne od kóty Smrekovica a západne od obce Šindliar. Karbón má plytkovodný vývoj a je zo slabo metamorfovaných bridlíc s vložkami piesčitých bridlíc ležiacich transgresívne na kryštaliniku. Perm má kontinentálny vývoj, leží na kryštaliniku alebo karbóne. Tvoria ho zbridličnené arkózy s polohami bridlíc.

V mladopaleozoickom obale masívu Sľubice sa doteraz zistil iba perm, ktorý tvorí súvislý pruh pri severnom okraji masívu. Tvoria ho drobové zlepence, arkózy a arkózovité pieskovce, drobové a slienité bridlice.

Južne od kryštalinika Sľubice vystupuje mladšie paleozoikum severogemeridného príkrovu. Karbón východne od Vojkoviec a Slatviny a severne od Krompách zastupujú bazálne tmavosivé zlepence prechádzajúce do pieskovcov s polohami bridlíc. Perm gemeridnej jednotky buduje severné okolie Krompách. Zastupuje ho porfyroidové a bridličnaté súvrstvie. Menšie výskyty mladšieho paleozoika gemeridnej jednotky sú známe z príkrovových kryh z oblasti priesmyku Braniska

V mezozoických komplexoch Braniska

rozlišuje M. Maheľ et al. (1967) dve série, ktoré predstavujú okrajový typ krížňanskej jednotky a mezozoikum patriace do chočského príkrovu.

Hrabkovská séria vystupuje východne od obce Harakovce a Dúbrava v harakovskom synklinóriu. Spodný trias zastupujú kremence v nadloží so súvrstvím pestrých bridlíc s vložkami pieskovcov a arkóz. Hlavným predstaviteľom stredného triasu sú masívne dolomity sivej farby. Prítomnosť 10–12 m mocnej polohy čiernych bridlíc, piesčitých bridlíc a pieskovcov, ktoré patria do lunzských vrstiev, svedčí o tom, že nadložné 10–30 m mocné polohy dolomitov patria do karnu. Karpatský keuper mocný 25–30 m zastupujú červené a zelené bridlice a arkózové pieskovce až kremence. Spodný lias predstavujú najčastejšie doskovité až lavicovité vápence striedajúce sa s polohami tmavých bridlíc. Stredný a vrchný lias zastupujú hrubozrnné krinoidové vápence, doskovité rohovcové vápence s polohami slienitých bridlíc, brekciovitých vápence a doskovité slienité vápence. Do dogeru patria doskovité rohovcové vápence s polohami silicitu, ktoré do nadložia pozvoľne prechádzajú do malmských ružovkastých vápencov s bielou patinou. Nadložné doštičkovité vápence patria do titónu. Ich vyššia časť, vykazujúca drobné mikrovrásky, je neokómska.

Lipovecká séria vystupuje v nadloží kryštalinika severne od Smrekovice. Na báze sú vyvinuté hrubé lavicovité kremence, ktoré majú vo vrchných polohách vložky bridlíc. Nad nimi je horizont pestrých bridlíc kampilského veku. Nadložie spodného triasu tvoria droby.

Chočská jednotka buduje severnú časť pohoria. Zastupuje ju mocné súvrstvie sivého dolomitu lačnovskej synklinály. Na jeho báze sú časté vápencové a dolomitické brekie. Vrstvičky červených a zelených bridlíc v dolomitoch prezrádzajú, že vrchná časť dolomitov patrí do vrchného triasu.

Na východnej strane západne od obce Široké a Vítaz a v oblasti Hrišovce—Kluknava zasahujú do pohoria heterogénne konglomeráty patriace do bazálneho paleogénu.

Hydrogeologická charakteristika

Branisko má zložitú geologicko-tektonickú stavbu, čo sa odzrkadľuje aj v zložitosti hydrogeologických pomerov. Časté striedanie petrograficko-litologických typov hornín s rozličnými hydrofyzikálnymi vlastnosťami spôsobuje, že výsledky overovaných bodov nemožno zovšeobecňovať pre väčšie územné celky. Tektonická stavba je výsledkom viacerých orogénnych cyklov, počas ktorých uvedené petrograficko-litologické typy hornín boli rozlične exponované. Pri hydrogeologickom hodnotení je rovnako dôležitá značná členitosť terénu, ktorá v podstatnej miere ovplyvňuje odtokové pomery.

V zásade možno v Branisku rozlíšiť horniny kryštalinika, mladšieho paleozoika a spodného triasu, ktoré sa vyznačujú puklinovou priepustnosťou, a súvrstvia karbonatických hornín prevažne strednotriasového veku s prevládajúcou puklinovo-krasovou priepustnosťou (obr. 3).

Hydrogeologický význam geologických jednotiek

Kryštalinikum

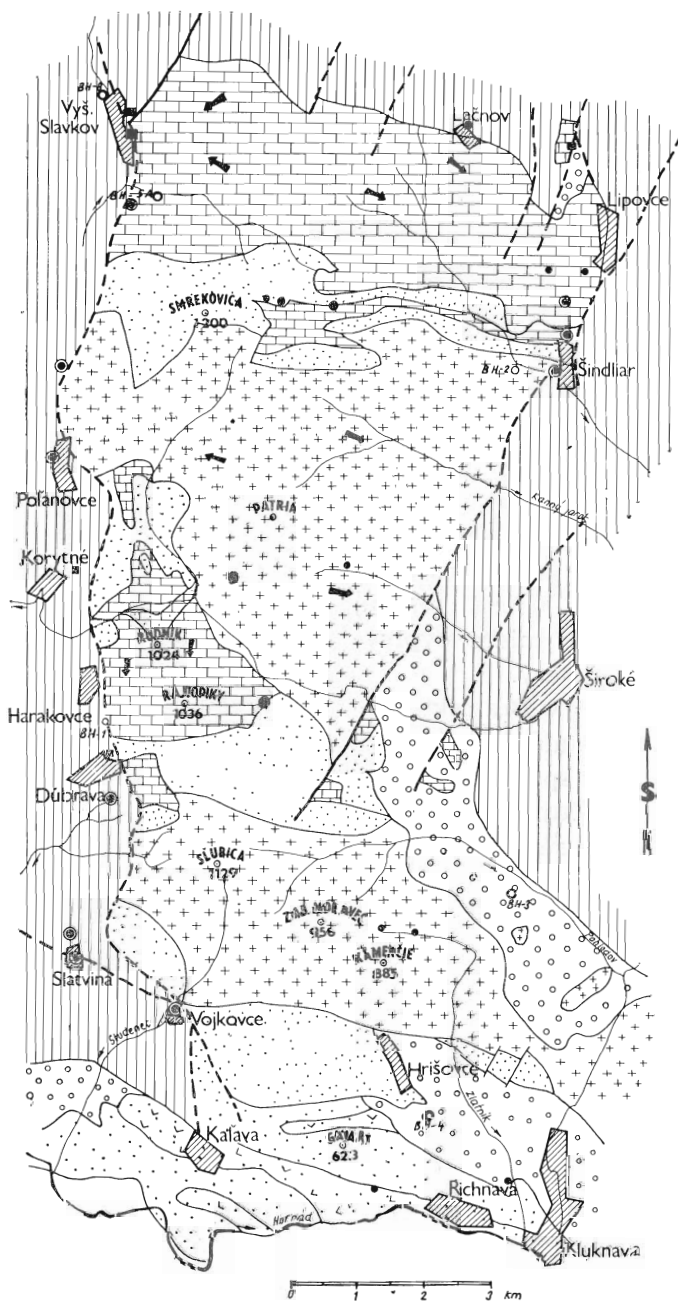
Horniny kryštalinika sú v pohorí plošne najrozšírenejšie. Rozhodujúcim činiteľom ich zvodnenia je puklinovitosť. Z rozličných genetických typov puklín majú pre zvodnenie kryštalinika najväčší význam

pukliny a trhliny tektonického pôvodu. Kryštalinikum Braniska po jeho vzniku intenzívne porušili alpínske orogénne procesy, počas ktorých sa staršie predalpínske štruktúry zotreli a už zopnuté variské systémy puklín sa doplnili novými.

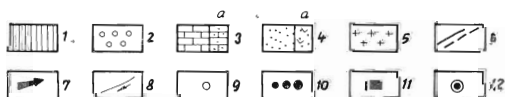
Južný tlak sa odrazil v zošupinovatení masívu Sľubice a vo vzniku mylonitových zón smeru SZ—JV. Z hydrogeologického hľadiska majú veľký význam aj mladšie zlomy postpaleogénneho veku smeru SSV—JJZ, SSZ—JJV až S—J, ktoré svojou polohou na okraji pohoria ovplyvňujú obeh podzemnej vody v pohorí. Významné z hľadiska vzniku puklín sú fyzikálne vlastnosti hornín, ktoré významne ovplyvňujú charakter rozpukania, a tým aj ich zvodnenie.

Najpriaznivejšie pre vznik puklinových systémov schopných akumulovať podzemnú vodu sú granitoidné horniny, ktoré svojou všesmerne zrnitou textúrou vytvárali dobré podmienky pre vznik siete drobných puklín umožňujúcich infiltráciu zrážkovej vody. Ale tieto horniny sú v pohorí slabo plošne rozšírené. Vystupujú iba útržkovite a rýchlo prechádzajú do rúl a migmatitov, takže ich hydrogeologická funkcia je obmedzená. Na najnižšie položenom priechode žúl do kryštallických bridlíc sú zvyčajne prameňe s výdatnosťou do 0,2 l.s⁻¹.

Oproti predchádzajúcim majú oveľa väčšie plošné rozšírenie pararuly, migmatity a amfibolity. Vy-



0 1 2 3 km



stupujú od kóty Smrekovice smerom na J až do doliny Svinky. Ich usmernená textúra a bridličnatosť predurčili plochy rozpukania prevažne v smere kolmom na smer horninového tlaku, takže dnes v týchto horninách prevládajú plochy diskontinuity zopnuté a mylonitizované, a preto je ich hydrogeologická hodnota pre akumuláciu a pohyb podzemnej vody slabá. Puklinové pramene, ktoré z nich vyvierajú, majú len ojedinele výdatnosť do $0,2 \text{ l.s}^{-1}$. Väčšiu výdatnosť dosahujú pramene iba vtedy, keď puklinový systém dopĺňa voda z pokryvných útvarov, ako napr. pramene na západných svahoch hlavného hrebeňa medzi kótou Smrekovica a Patria, kde ich výdatnosť dosahuje $0,5 \text{ l.s}^{-1}$, ojedinele až 1 l.s^{-1} . Veľký je výskyt sutinových prameňov so silne kolísavou výdatnosťou, závislou od

zrážkových pomerov. Ich výdatnosť spravidla nepresahuje $0,2 \text{ l.s}^{-1}$.

O slabom zvodnení opisovaného typu hornín svedčia aj hodnoty minimálneho špecifického podzemného odtoku. Podľa sústavného denného pozorovania prietoku potokov v dolinách Krajná a Kanné v rokoch 1973 a 1974 bol minimálny špecifický odtok podzemnej vody (minimálny špecifický odtok podzemnej vody stotožňujeme s minimálnym celkovým odtokom) od $0,5$ do $1,0 \text{ l.s}^{-1} \text{ km}^2$.

Z hornín kryštalinika sú najnepriaznivejšie pre vznik puklín diaforické svory a fylonity, ktoré vystupujú spolu s rulami a migmatitmi. Striedanie rigidných rúl a migmatitov s menej rigidnými, relatívne plastickejšími fylonitmi zapríčiňuje, že časť horninotvorného tlaku sa eliminuje v zónach plastickejších hornín. Pokiaľ sa pukliny

Obr. 3. Schematická geologická mapa Braniska s hydrogeologickými údajmi (J. Frankovič — P. Tkáčik 1980). Vysvetlivky: 1 — paleogén — striedanie ílovcov a pieskovcov, stredné až nízke zvodnenie, 2 — bazálny paleogén — stredné zvodnenie, 3 — mezozoikum — spravidla vysoko zvodnené vápence a dolomity, 3a — v bridličnatom vývoji, 4 — mladšie paleozoikum + verfén, nízke až veľmi nízke zvodnenie, 4a — vo vývoji kremitých porfýrov, porfýroidov a tufov, 5 — kryštalinikum, spravidla stredné zvodnenie, 6 — zlomové línie, 7 — predpokladané smery prúdenia, 8 — významnejšie toky povrchovej vody, 9 — významnejšie prieskumné vrty, 10 — pramene — vývery obyčajnej vody (podľa výdatnosti), 11 — zachytené pramene obyčajnej vody, 12 — pramene a vrty s preplynou minerálnou vodou (CO_2 , H_2S)

Fig. 3. Geological sketch map of the Branisko Mts. with hydrogeological data (J. Frankovič — P. Tkáčik 1980). Explanations: 1 — Paleogene, alternating claystone and sandstone, medium to low saturation, 2 — basal Paleogene, medium saturation, 3 — Mesozoic rocks usually highly saturated, limestone and dolomite, 3a — the former in shale development, 4 — Upper Paleozoic to Werfenian beds, low to very low saturation, 4a — the former in quartz porphyry, porphyroide and tuffaceous development, 5 — crystalline, mainly medium saturated, 6 — fault line, 7 — supposed ground-water flow direction, 8 — more important surficial discharge, 9 — more significant prospecting wells, 10 — springs, common water issue (according to water-yields), 11 — trapped common water issue, 12 — spring and well with mineralized water-yield (CO_2 , H_2S)

vyskytujú, rýchlo ich zanášajú produkty zvetrávania málo odolných diaforických svorov a fylonitov. V oblasti výskytu týchto hornín, na južných svahoch Sľubice a na svahoch kóty Zadný Moravec a Kamenčie sa vyskytuje málo sutinových prameňov s výdatnosťou zväčša do $0,1 \text{ l.s}^{-1}$, ojedinele do $0,2 \text{ l.s}^{-1}$.

Podľa chemického zloženia je podzemná voda kryštalínika prevažne kalciovo-sulfátovo-bikarbonátového typu. Ojedinele sa vyskytuje voda kalciovo-bikarbonátového a kalciovo-sulfátového typu. Mineralizácia vody sa pohybuje od 0,05 do 0,4 g/l. (S. Gazda in F. Frankovič, 1976). Vybrané analýzy vody sú v tab. 3.

Mladšie paleozoikum a spodný trias

Karbónsko-spodnotriasové súvrstvie tvoria porfyroidy, bridlice, arkózy, pieskovce, kremence a zlepenice. Všetky zastúpené litologické typy hornín sú metamorfované, takže zväčša stratili pôvodnú pórovú priepustnosť. Terajšia priepustnosť sa viaže na pukliny a zlomy.

Bridlice pre malú odolnosť voči zvetrávaniu nemajú predpoklady zachovať otvorené pukliny, a preto tento litofaciálny typ hornín treba pokladať za nepriepustný.

Vhodnejšie fyzikálne vlastnosti na vznik puklín majú zlepenice, pieskovce, kremence a arkózy. Pri

posledných môže nastať zásluhou rozkladu živcov (kaolinizácie) čiastočné utesňovanie puklín. Ale v oblastiach, kde sú v prevahe zlepenice, pieskovce a kremence, vznikajú ojedinele pramene s výdatnosťou do 1 l.s^{-1} . Severne od kóty Brezová vyviera z verfénskych pieskovcov prameň Zlatá studňa, ktorého výdatnosť kolíše od 0 do $12,0 \text{ l.s}^{-1}$. Podľa režimného sledovania v rokoch 1971—1975 dosahovala výdatnosť prameňa minimálne až nulové hodnoty vo februári—marchi, maximálne v letných mesiacoch, a to v závislosti od množstva zrážok.

Posledný litologický typ hornín mladšieho paleozoika (porfyroidy) možno z hľadiska podmienok na vznik puklín a ich zvodnenia porovnať ku kryštalíniku Sľubice. Keďže porfyroidy zvyčajne tvoria len polohy v bridliciach, nemajú vyvinutý systém schopný drénovať podzemnú vodu zo širšieho okolia. Puklinové pramene viažúce sa na polohy porfyroidov majú výdatnosť do $0,1 \text{ l.s}^{-1}$. Vrt BH-4, situovaný južne od obce Hrišovce, ktorý prešiel do hĺbky 100 m porfyroidovým súvrstvom, bol suchý.

O celkovom slabom zvodnení mladšieho paleozoika južnej časti Braniska svedčí odtok podzemnej vody. Na základe sústavného denného pozorovania prietoku potoka Studenec, ktorého zbernú oblasť buduje porfyroidová séria a bridlice mladšieho spišsko-gemerského paleozoika, sa v roku 1974 zistil

minimálny špecifický odtok podzemnej vody $0,4 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{km}^2$ (rovná sa celkovému minimálnemu špecifickému odtoku). Rovnaké pozorovania v roku 1974 pri Kluknave na potoku Zlatník, ktorého zbernú oblasť tvorí kryštalinikum Sľubice, ostrov paleogénu a bridlice s porfyroidmi spišsko-gemerského mladšieho paleozoika, zistili minimálny špecifický odtok podzemnej vody $0,5 \text{ l. s}^{-1} \cdot \text{km}^2$.

Stredný a vrchný trias

Z hornín mezozoika sú najrozšírenejšie dolomity stredného a vrchného triasu. Toto do 300 m mocné homogénne súvrstvie vytváralo veľmi dobré podmienky na uplatnenie sa drobivej tektoniky, ktorá umožňuje infiltráciu zrážkovej vody do horninového masívu. Pri dlhodobej cirkulácii vody sa pod vplyvom chemického rozpúšťania karbonátov vychádzajúceho od plôch diskontinuity vytvárali krasové dutiny najmä v miestach, kde je v prevahe vápencová zložka. Dnešnú priepustnosť týchto hornín preto možno charakterizovať ako puklinovo-krasovú, pričom vzhľadom na prevahu dolomitovej zložky má prevahu puklinová priepustnosť. O čiastočnom skrasovaní masívu svedčia krasové javy v údolí Lačnovského potoka a ďalšie ponory povrchových tokov. Pri hydrogeologickom hodnotení Braniska možno vyčleniť samostatné štruktúry puklinovo-krasových vôd, ktoré sa

odlišujú geologicko-tektonickou stavbou, čo vo veľkej miere ovplyvňuje ich hydrogeologické pomery. Je to štruktúra harakovského synklinória a lačnovskej synklinály.

Harakovské synklinórium

Súvrstvie dolomitov harakovského synklinória vystupuje v tvare trojuholníka. Plocha dolomitového súvrstvia je $3,2 \text{ km}^2$. Vrtý BH-1 a BH-9 ukázali, že dolomit nezasahuje pod miestnu eróznú bázu, leží na starších členoch triasu, resp. mladšieho paleozoika. Súvrstvie dolomitov má dobré podmienky na vsakovanie atmosferických zrážok, ktoré prestupujú dolomitovým masívom a po relatívne málo priepustnom podloží smerujú k západnému okraju pohoria, kde vystupujú na povrch na styku s paleogénom Spišskej kotliny v prameni Žriedlo v Dúbrave a ďalšími prameňmi s výdatnosťou do 5 l. s^{-1} .

Prameň Žriedlo je v intraviláne Dúbravy. Vyviera v relatívne najnižšom mieste styku dolomitov so spodným triasom. Prameň má pomerne ustálenú výdatnosť, ktorá v rokoch 1969—1974 kolísala od $7,1$ do $9,8 \text{ l. s}^{-1}$. Výdatnosť nad 8 l. s^{-1} sa namerala v apríli 1971 a 1972. Minimálna výdatnosť je zvyčajne v januári—februári, maximálna sa viaže na obdobie topenia sa snehu a dlhodobejšie výdatnejšie zrážky (obr. 4). Teplota vody sa pohybovala od $10,6$ do 11°C . Infil-

Vybrané analýzy prameňov minerálnej vody

Selected analyses of common waters

Tab. 4

Por. č.	Názov	Tepl. vody	pH	M v mg	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe celk.
1.	Vyšný Slavkov BH-5a	8,3	7,51	440,27	0,004	1,68	0,96	1,18	50,36	40,36	0
2.	Vyšný Slavkov BH-11	9,0	6,95	860,82	0,042	17,76	7,80	3,85	127,14	45,14	0,02
3.	Dúbrava pr. Žriedlo	11,0	7,50	266,58	0,02	4,00	1,20	1,52	35,64	17,36	0
4.	Dúbrava — pr. dok. bod č. 68	9,0	7,7	270,09	0,10	2,60	0,80	1,43	30,69	22,35	0
5.	Branisko dok. bod. č. 119	5,5	6,55	155,94	0	7,36	1,20	1,08	15,84	9,55	0,06
6.	Branisko dok. bod č. 57	5,6	6,25	111,19	0,002	6,60	1,80	0,87	12,12	4,99	0
7.	Diablova diera dok. bod č. 43	10,3	7,67	139,78	0,0012	4,40	1,60	0,28	18,81	6,73	0
8.	Branisko-chata dok. bod č. 47	10,0	7,20	106,81	0,12	4,20	1,80	0,65	14,08	4,77	—
9.	Šindliar BH-2	14,9	7,76	451,74	0,01	9,20	2,48	2,07	54,79	35,59	0,06
10.	Vyšný Slavkov obecný vodovod	11,6	7,02	640,57	0,010	4,00	1,64	0,52	100,98	36,02	0
11.	Vyšný Slavkov pr. Hlavný	10,6	8,0	650,22	0,010	4,60	3,80	1,82	99,79	41,01	0
12.	Salvátor č. 33 Školský prameň	9,5	7,1	514,97	0,11	4,80	2,20	0,46	85,51	26,91	0

Por. č.	Mn ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Viazaný CO ₂	H ₂ S	Dátum odberu
1.	0,02	14,10	28,81	0,01	8,3	286,8	0	103,4	0	22. 12. 1975
2.	0,05	28,20	55,98	0,24	10,1	555,3	0	200,2	0,15	22. 12. 1975
3.	0	2,63	29,22	0,05	3,6	158,7	0,04	57,2	0,12	2. 7. 1974
4.	0	3,51	13,58	0	3,5	183,1	0,03	66,0	0	2. 7. 1974
5.	0	4,26	45,69	0	10,7	36,6	0	13,2	0,35	21. 5. 1974
6.	0	4,39	39,51	0	2,10	18,3	0,01	6,6	2,26	13. 5. 1975
7.	0	3,51	20,99	0,10	5,30	64,05	0,01	23,1	0	17. 7. 1974
8.	—	2,60	26,34	—	—	36,6	0,05	13,2	0	14. 8. 1973
9.	—	6,05	75,32	2,70	13,40	238,0	0	85,8	0,005	29. 11. 1975
10.	0	5,27	21,40	0	3,80	460,7	0,03	166,1	0	17. 7. 1974
11.	0	8,69	37,46	0	6,05	439,3	0,09	158,4	0,02	12. 6. 1975
12.	0	13,64	43,63	0	15,3	311,2	0,01	112,2	0	6. 9. 1973

Analýzy — laboratórne stredisko GP, n. p. Spišská Nová Ves

tračnú oblasť prameňa tvorí dolomitový masív, ktorý buduje kóta Rudník a Rajtopiky až po údolie Svinky. Vyššia a pritom vyrovnaná výdatnosť prameňa poukazuje na možnosť dotácie z priľahlých území a hlbší obeh vody prameňa. Chemizmus a mineralizácia (0,25—0,3 g/l) vody z prameňa naznačujú výrazný podiel nižšie mineralizovanej vody permu, resp. spodného triasu (S. G a z d a in J. F r a n k o v i č 1976).

Lačnovská synklinála

Dolomitové súvrstvie lačnovskej synklinály je v pruhu medzi Vyšným Slavkovom na západnej strane a Lipovcami na východnej strane pohoria. Smerom na S sa ponára pod paleogén Šarišskej vrchoviny. Má plochu cca 18 km² a patrí do dvoch hydrogeologických povodí s rozvodím kolmým na sever dolomitového pruhu, ktoré tvorí hlavný hrebeň pohoria.

Pre celú oblasť lačnovskej synklinály je charakteristický nízky povrchový odtok. Korytá potokov v jej západnej časti sú väčšiu časť roka suché. Povrchový odtok majú len v jarných mesiacoch pri topení sa snehu a pri letných búrkových dažďoch.

Vo východnej časti lačnovskej synklinály sa na niektorých potokoch koeficient odtoku za sledované roky 1973—1974 pohybuje od 10 do 15 ‰. Centrálna časť lačnovskej synklinály je prakticky bez

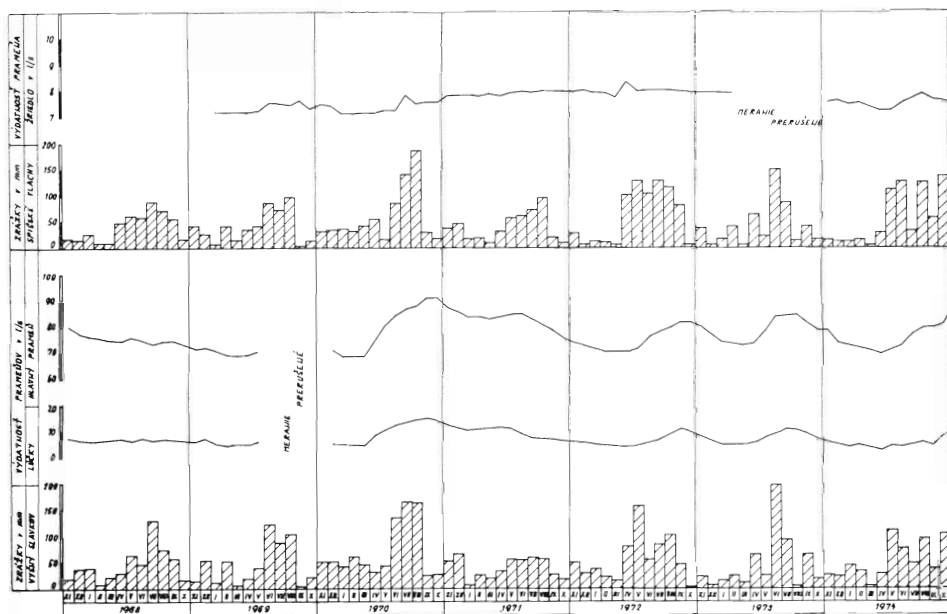
prameňov. Všetky údaje svedčia o veľmi dobrých podmienkach na infiltráciu zrážok do dolomitového komplexu a naznačujú, že sa podzemná voda zúčastňuje na hlbšom obeh.

Okrem zrážok sa na dopĺňaní podzemnej vody zúčastňujú aj povrchové toky, ktoré sa v Suchej doline na styku s karbonátovým súvrstvom ponárajú.

Karbonátové súvrstvie lačnovskej synklinály z prevažnej časti odvodňuje pramene pri okrajových zlomoch Braniska, kde menej priepustné súvrstvie paleogénu tvorí bariéru podzemnej vode dolomitového súvrstvia.

Západnú časť lačnovskej synklinály odvodňuje skupina prameňov pri obci Vyšný Slavkov. Z nich najvýznamnejší je prameň Hlavný a Lúčky, ktoré sú zachytené a v plnej miere sa využívajú na zásobovanie Prešova pitnou vodou. Podľa týždenných čítaní na vodomere sa v rokoch 1967—1974 výdatnosť prameňa Hlavný pohybovala od 67,5 do 102,0 l.s⁻¹. Teplota vody prameňa sa pohybuje od 9,5 do 11,5 °C. Výdatnosť prameňa Lúčky sa v tom istom období pohybovala v rozmedzí 4,0—16,2 l.s⁻¹ a teplota vody od 10 do 11 °C.

Výtokové čiarly prameňov (obr. 4) ukazujú, že minimálnu výdatnosť majú obidva pramene v januári—februári. Pri jarnom topení sa snehu začína výdatnosť stúpať a maximálna výdatnosť je nepravidelná a závisí od dlhotrvajúcich



Obr. 4 Režim výdatnosti prameňov Žriedlo v Dúbrave a Hlavný a Lúčky vo Vyšnom Slavkove

Fig. 4. Water yield regime of Žriedlo spring at the Dúbrava locality and Hlavný and Lúčky springs at the Vyšný Slavkov locality

výdatnejších zrážok.

Za infiltračnú oblasť prameňov treba pokladať svahy Suchej doliny. O možnosti zasahovania infiltračnej oblasti za hranicu hydrogeologického povodia — do východnej časti lačnovskej synklinály — nateraz podklady nie sú. Výdatnosť ďalších prameňov na západnom okraji lačnovskej synklinály sa pohybuje do $0,5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$, ojedinеле do $1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Vrt BH-11, vyhlbený už v paleogéne na západnom okraji lačnovskej synklinály severne od obce Vyšný Slavkov, z ktorého sa čerpalo $5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody pri znížení hladiny

vody o 10,0 m, svedčí o tom, že časť vody dolomitov prestupuje do okrajového zlomu a po ňom do súsedných území.

Zvodnenie komplexu dolomitov overil vrt BH-5A asi 500 m juho-východne od prameňa Hlavný a Lúčky. Pri čerpacej skúške sa z vrtu čerpalo $14 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ podzemnej vody pri znížení hladiny o 4,0 m. Počas 17-dňovej čerpacej skúšky sa nezistil vplyv na pramene Hlavný a Lúčky. Z toho, ako aj podľa rozdielneho chemizmu vody z prameňov a z vrtu BH-5A sa dá usúdiť, že je viac hydraulicky obmedzených obehov podzemnej vody. Chemiz-

mus vody z prameňov poukazuje na styk s vápencovým prostredím, zatiaľ čo voda z vrtu BH-5A len na obeh v dolomitoch.

Východnú časť lačnovskej synklinály odvodňuje niekoľko prameňov s výdatnosťou do $1,0 \text{ l.s}^{-1}$. Najznámejší je prameň Školský, pramene zachytené na zásobovanie plniarne závodu Salvátor, obce Lačnov, chatovej základne a i. Merným prietokom na povrchovom toku, ktorý tečie cez oblasť žriedla Salvátor, sa na úseku dlhom 800 m zisťoval nárast vody na vyše 40 l.s^{-1} , čo svedčí o skrytých prestupoch podzemnej vody do povrchového toku na styku dolomitového komplexu s horninami paleogénu. Na základe zjednodušenej hydrogeologickej bilancie za roky 1973—1974, ktorou sa vyčíslila priemerná strata z bilancovaného územia 60 l.s^{-1} , sa dá usúdiť, že časť vody dolomitov prestupuje do priľahlých území. Na overenie tohto predpokladu by bol potrebný hydrogeologický vrt v žriedlovej oblasti Salvátor.

Podzemná voda karbonátov chemicky patrí základnému kalciovo-magnéziovo-bikarbonátovému typu s mineralizáciou prevažne 0,4—0,8 g/l. Hodnota jej koeficienta Mg/Ca sa pohybuje v intervale 0,7—1,3. Pri vode z prameňov Hlavný a Lúčky sa hodnota koeficienta Mg/Ca pohybuje v intervale 0,5—0,7, čo naznačuje výraznejšie zastúpenie vápencov v prostredí obehu podzemnej vody (S. Gazda in J. Frankovič 1976).

Hydrogeologické hodnotenie pohoria Branisko

Z uvedeného vychodí, že pri formovaní obehu podzemných vôd pohoria Branisko hrá dôležitú úlohu skutočnosť, že pohorie je morfológicky vyzdvihnuté nad okolité paleogénne oblasti, takže sa na tvorbe podzemnej vody môžu zúčastňovať len zrážky napadané v pohorí. Pri ich ďalšom obehú majú dôležitú úlohu úložné pomery petrograficko-litologických typov hornín rozličných hydrofyzikálnych vlastností, tektonika a morfológia terénu. Kryštalikum, ktoré je v pohorí plošne najrozšírenejšie, je od najpriepustnejších karbonatických hornín oddelené súvrstvím mladšieho paleozoika a spodného triasu, ktoré ako celok pokladáme za nepriepustné. V pohorí prevláda tektonika karpatského smeru. Mladšia tektonika, kolmá na karpatský smer, je v pohorí slabo vyvinutá. Svedčí o tom riečna sieť, ktorá v centrálnej časti pohoria prevažne sleduje karpatský smer. A naopak, rovnomerné narástanie prietochného množstva vody v povrchových tokoch svedčí o tom, že potoky nepretínajú zlomové systémy schopné drénovať podzemnú vodu. Z uvedeného rezultuje, že v pohorí globálne prevláda smer prúdenia podzemnej vody od hlavného hrebeňa pohoria k jeho okraju, t. j. smerom na Z a V. Všeobecne prevláda plytký obeh podzemnej vody po úroveň eróznej bázy alebo tesne pod jej úroveň, pri kto-

rom sa podzemné vody odvodňujú prameňmi a prestupujú do povrchových tokov, a hlbší obeh, do ktorého treba zaradiť podzemné vody prestupujúce do okrajových zlomov alebo priľahlých území. O jeho existencii svedčia aj minerálne pramene na okraji pohoria.

Minerálne vody

V oblasti Braniska sú popri zdrojoch obyčajnej vody zastúpené aj zdroje minerálnej vody rozmanitého fyzikálno-chemického typu. Z minerálnych prameňov sa vo väčšom rozsahu využívajú len pramene v Lipovciach — známa stolová voda Salvátor. V minulosti sa okrem toho na plnenie do fliaš využívala aj minerálna voda v Šindliari (prameň Sultán) a v Slatvine (prameň Anna). Ostatné drobnejšie a roztrúsené pramene kyseliek v Poľanovciach, vo V. Slavkove, Dúbrave, Vojkovciach, Slatvine, Šindliari a Hrišovciach sa využívajú len miestne. Väčšina týchto zdrojov je zachytená len plytko pod povrchom a primitívnym spôsobom.

Minerálna voda v Lipovciach a v Šindliari vystupuje z východného tektonického styku pohoria Branisko s paleogénom Šarišskej vrchoviny v údolí Lipovského potoka. Ide o prírodné slabo mineralizované hydrouhličitanové vápenato-horečnaté hypotonické studené (S-3, prameň Sultán) až sodné (S-1), sodno-sírne (S-2, prameň Šindliar pri mlyne) kyselky. Celková výdatnosť

sústavy prameňov sa odhaduje na $5 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$. Teplota vody prameňov v Lipovciach sa pohybuje v rozmedzí $12\text{--}17^\circ\text{C}$. Pramene v Šindliari majú teplotu vody $9\text{--}10^\circ\text{C}$. Pri väčšine prameňov je obsah CO_2 v rozmedzí $2050\text{--}2600 \text{ mg/l}$. Obsah H_2S je od stôp až po $1,6 \text{ mg/l}$.

Tieto minerálne vody v zmysle genetickej klasifikácie S. Gazdu (1972) patria medzi tzv. karbonátogenne vody, teda formujúce svoj chemizmus hlavne rozpúšťaním karbonátov. Z hľadiska intenzity ďalších mineralizačných procesov pri tvorbe celkového chemizmu týchto minerálnych vôd je spoluúčasť ďalších procesov malá (čiastočne sa metamorfuje stykom s paleogénom). Chemizmus vôd vystupujúcich v oblasti Lipovce—Šindliar sa rozhodujúco formuje rozpúšťaním karbonátov v podmienkach hlbšieho, resp. plytkého obehu vo vápencovo-dolomitickom komplexe mezozoika pri spoluúčasti hlbinného CO_2 v obehových cestách. Svojím chemizmom i postavením je zaujímavý prameň pri starom mlyne, ktorý zrejme tvorí centrum oblasti výstupu kyseliek tejto oblasti.

Na západnom okraji Braniska na tektonickom styku s paleogénom Spišskej kotliny a Levočských vrchov vystupujú len málo výdatné pramene kyseliek. Ich výdatnosť sa pohybuje od 1 do 8 l/min . Obsah CO_2 je od 1100 do 2500 mg/l , teplota vody $8,3\text{--}11^\circ\text{C}$.

Pramene minerálnych vôd severne od Poľanoviec a vo Vojkovciach

Vybrané analýzy prameňov mineralizovanej vody

Selected analyses of mineral waters

Tab. 3

Por. č.	Názov	Tepl. vody	pH	M v gr.	Li ⁺	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ²⁺
1.	Salvátor S-1	13,1	6,35	2,93	0,76	164,0	30,0	0,05	343,08	148,08	0,09
2.	Salvátor S-2	15,2	6,15	3,59	0,90	230,0	29,2	0,10	442,48	153,70	0,46
3.	Slatvina Anna	9,4	6,00	3,58	3,84	453,79	48,20	0,00	271,74	152,24	0,20
4.	Slatvina pri potoku	21,0	6,20	1,27	0,8	20,8	2,6	—	197,99	61,77	—
5.	Vojkovce pod mostom	12,2	5,10	0,38	0,00	33,4	3,4	0,14	44,88	13,61	0,12
6.	Poľanovce pri križi	10,5	5,50	0,22	0,00	6,85	2,00	0,06	22,44	15,56	0,09
7.	Poľanovce pri škole	8,3	5,75	1,64	9,80	19,2	5,6	—	250,90	82,20	—
8.	Dúbrava kyslá voda	10,1	5,35	0,87	4,6	117,0	13,6	2,0	52,90	30,15	0,30
9.	Šindliar Sultán	9,2	6,55	2,81	2,4	134,4	22,8	—	496,99	92,22	—
10.	Šindliar pri starom mlyne	10,0	5,40	5,08	11,40	386,86	72,80	—	581,96	187,75	—
11.	Vyšný Slavkov	12,0	6,10	1,26	1,80	7,2	1,8	0	211,24	54,96	0,08

Por. č.	Mn ²⁺	Sr ²⁺	Cl ⁻	Br ⁻	J ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻	Voľný CO ₂
1.	0,48	1,05	79,54	1,00	0,00	123,86	st	st	1964,15	0,04	2280,0
2.	0,38	1,08	98,83	0,00	0,00	146,49	0,00	st	2428,9	0,09	2260,0
3.	0,16	—	550,0	2,00	0,70	124,27	0,00	st	1800,03	0,03	2700,0
4.	—	—	2,0	—	—	26,33	—	—	933,57	—	1550,0
5.	1,53	—	45,0	0,00	0,10	31,68	0,28	14,8	176,95	0,02	2250,0
6.	1,17	0,25	4,39	st	st	15,63	0,03	1,2	146,44	0,00	2115,0
7.	—	—	9,80	—	—	44,44	—	—	1177,64	—	1425,0
8.	1,80	—	154,4	1,00	0,15	25,10	0,08	st	390,51	0,05	2370,0
9.	—	—	61,80	—	—	109,70	—	—	1790,03	—	2600,0
10.	—	—	190,8	—	—	226,30	—	—	3337,68	—	2240,0
11.	1,21	—	4,0	0	0	108,22	0,12	2,5	835,95	st	1450,0

1 — kopaná studňa v areáli plniarne (1. 4. 1976), 2 — hlavný zdroj plniarne (26. 2. 1976), 3 — zachytený prameň (27. 8. 1974), 4 — neupravený výver tesne pri potoku (9. 8. 1974), 5 — primitívne zachytený prameň v obci (27. 8. 1974), 6 — nezachytený plytký prameň (15. 8. 1978), 7 — kopaná studňa vystužená skružami (9. 8. 1974), 8 — primitívne zachytený prameň (27. 8. 1979), 9 — kopaná studňa v obci v minulosti využívaná ako zdroj pre plniareň (9. 8. 1974), 10 — neupravený prameň v riečišti potoka (9. 8. 1974), 11 — neupravený prameň (24. 9. 1968).

Analýzy vykonali pracovníci chemického laboratória IGHP, n. p., Žilina.

majú relatívne plytko podpovrchový obeh v kryštaliniku a nasycujú sa iba v konečnej fáze výstupu na povrch hlbinným CO_2 . Dokumentuje to nízka mineralizácia (0,2—0,4 g/l), ktorá je v porovnaní s mineralizáciou bežnej podzemnej vody kryštalinika iba mierne zvýšená. Prameň v obci Poľanovce má relatívne plytko podpovrchový obeh vo vápnitých pieskovcoch paleogénu a nasycuje ho hlbinný CO_2 v priebehu obehu.

Minerálne vody v Poľanovciach sú prírodné slabo mineralizované hydrouhličitanové vápenato-horečnaté hypotonické studené kyselky.

Minerálna voda vo Vojkovciach je prírodná obyčajná hydrouhličitanovo-síranovo-chloridová vápenatá sodno-horečnatá hypotonická studená kyselka.

Južne od obce Dúbrava vystupuje minerálna voda s relatívne hlbším obehom v kryštaliniku nasycovaná hlbinným CO_2 v priebehu obehu (vyššia mineralizácia ako pri predchádzajúcich prameňoch). Charakteristická je tu prítomnosť nátriovo-bikarbonátovej zložky. Je to prírodná obyčajná hydrouhličitanovo-chloridová sodno-vápenatá železnatá hypotonická studená minerálna voda.

V obci Slatvina vystupuje prameň minerálnej vody, v ktorej sa oveľa výraznejšie prejavuje vplyv miešania s paleogénnou vodou hydrouhličitanového typu s výraznejším zastúpením nátriovo-chloridovej zložky.

Minerálna voda vystupuje na tektonickom styku paleogénu s kryštalinikom. Je to prírodná slabo mineralizovaná hydrouhličitanovo-chloridová sodno-vápenato-horečnatá železnatá hypotonická studená kyselka so zvýšeným obsahom lítia.

Severnejšie od prameňa Anna vystupuje minerálna voda v tesnej blízkosti koryta miestneho potoka. Chemizmom i mineralizáciou (1,2 g/l) sa výrazne odlišuje od prameňa v obci. Je to prírodná slabo mineralizovaná hydrouhličitanová vápenato-horečnatá železitá hypotonická studená kyselka. Jej chemizmus sa formuje rozpúšťaním karbonátov v podmienkach plytšieho, resp. hlbšieho obehu pri spoluúčasti hlbinného CO_2 , resp. v plytko uložených vápnitých obzorochoch paleogénu v dokonale degradovaných synsedimentárnou morskou salinitou. Vysoký obsah Fe v tejto vode naznačuje väčšiu pravdepodobnosť druhej alternatívy (S. Gazda in P. Tkáčik 1975).

Západne od Hrišoviec vystupuje malý prameň s nižším obsahom CO_2 (890 mg/l), ktorý sa svojimi fyzikálno-chemickými parametrami približuje kritériám pre minerálnu vodu.

Možnosti vodohospodárskeho využitia podzemnej vody Braniska

Na základe predchádzajúceho hydrogeologického hodnotenia pohoria Branisko možno podať súhrnný prehľad vodohospodársky využiteľnej zásoby podzemnej vody, príp. vy-

medziť prognózne lokality v hydro-geologicky významných oblastiach. Za využiteľné množstvo podzemnej vody pokladáme zistenú priemernú výdatnosť prameňov a dosiahnutú výdatnosť pri čerpacích skúškach.

Horniny kryštalinika, ktoré sú v pohorí plošne najrozšírenejšie, sú zvodnené po puklinách, ale nemajú také puklinové systémy, v ktorých by sa mohlo akumulovať množstvo podzemnej vody vhodné na odber. Okrem ojedinelých prameňov v severnej časti, ktoré sa dajú využiť lokálne, je územie kryštalinika z hľadiska väčšieho vodohospodárskeho využitia podzemnej vody bezvýznamné.

Voda z kryštalinika je podľa chemického zloženia zväčša pitná. Má nízku mineralizáciu a úmerne jej zodpovedá aj nízka celková tvrdosť (jej minimálna hodnota je 2,82 °N). Pomerne častá prítomnosť CO₂ je zdrojom agresívnych vlastností vody.

Ako zdroj podzemnej vody má v pohorí Branisko najväčší význam karbonátové súvrstvie lačnovskej synklinály a harakovského synklinória. Najvýznamnejšie využiteľné množstvo podzemnej vody v západnej časti lačnovskej synklinály predstavuje prameň Hlavný a Lúčky, ktorých priemerná výdatnosť v sledovanom období 1968—1974 bola 86,0 l.s⁻¹. Ďalších 14 l.s⁻¹ podzemnej vody možno odoberať z vrtu BH-5A a 5 l.s⁻¹ z vrtu BH-11, ako to potvrdila čerpacia skúška.

Podľa výsledkov vrtu BH-11 možno predpokladať, že situovaním ďalších 3 vrtov v okrajovom zlome Braniska medzi Vyšným Slavkovom a Poľanovcami sa získa ďalších okolo 15 l.s⁻¹ podzemnej vody.

Vo východnej časti lačnovskej synklinály sa nesústavným hydro-metrickým meraním na styku mezozoika s paleogénom zistil prestup podzemnej vody v množstve 40 l.s⁻¹. Z bilančného hodnotenia za roky 1973—1974 sa zistila strata vody z územia v množstve 60 l.s⁻¹. Predpokladá sa, že táto voda prestupuje do východného okrajového zlomu Braniska, príp. do prilahlých území. Vhodne umiestnenými vrtmi by bolo možno získať okolo 40 l.s⁻¹ podzemnej vody. Overiť toto množstvo bude možno len vtedy, ak sa overí vzťah obvyčajnej vody s minerálnou vodou žriedla Salvátor.

Karbonáty harakovského synklinória sa odvodňujú hlavne prameňom Žriedlo, ktorého priemerná výdatnosť za roky 1968—1974 bola 7,0 l.s⁻¹. Podľa výskytu prameňov na južnom okraji štruktúry predpokladáme, že umiestnením 1—2 vrtov v tejto oblasti by sa dalo získať ďalších 5 l.s⁻¹ podzemnej vody.

Podzemná voda karbonátov je podľa chemického zloženia vhodná na pitie. V porovnaní s vodou kryštalinika má vyššiu mineralizáciu (v priemere o 0,4 g/l). Tvrdosť vody z väčšej časti závisí od prechodnej, t. j. bikarbonátovej tvrdosti s priemernou hodnotou 12 °N. CO₂ sa vy-

skytuje ojediniele v nízkej koncentrácii, a to tam, kde je prestup vody z kryštalinika.

Celkove predstavuje využiteľné množstvo podzemnej vody pohoria Branisko 172 l.s^{-1} . Z toho sa

93 l.s^{-1} už využíva ako pitná a úžitková voda na zásobovanie (prameň Hlavný a Lúčky zásobujú Prešov a Žriedlo Spišské Podhradie).

Recenzoval E. Kullman

LITERATÚRA

- Frankovič, J. 1976: Branisko — vyhladávací hydrogeologický prieskum, záverečná správa s ocenením zásob vód. *Manuskript — Geofond Bratislava*. 130 s.
- Fusán, O. et al. 1963: Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR, list Vysoké Tatry. *Geofond Bratislava*. 215 s.
- Karniš, J. — Kvitkovič, J. 1970: Prehľad geomorfologických pomerov východného Slovenska. *Geogr. práce*, 1, Bratislava, SPN. 222 s.
- Maheľ, M. et al. 1967: Regionální geologie ČSSR. Díl 2. Sv. 1. *Praha, Academia*. 651 s.
- Petrovič, Š. et al. 1966: Klimatické a fenologické pomery Východoslovenského kraja. *Praha HMÚ*.
- Rösing, F. 1947: Die geologischen Verhältnisse des Branisko — Gebirges und der Cierna Hora (Karpathen). *Z. Dtsch. geol. Gesell. (Stuttgart)*, 99.
- Tkáčik, P. et al. 1975: Zhodnotenie prameňov minerálnych vód Západných Karpát a ich ochrana. *Manuskript — IGHP Žilina*.

Ground waters of the Branisko Mts. (Eastern Slovakia)

JOZEF FRANKOVIČ — PAVEL TKÁČIK

The paper evaluates results of pioneering hydrogeological survey in the Branisko Mts. Hydrogeological mapping, surficial flow ratio measured both systematically and unsystematically, water yield data from surficial sources and hydrogeological wells as well as pumping tests were used.

The mountain range is built by a crystalline core, Late Paleozoic to Mesozoic cover and by Mesozoic, mainly carbonate, rocks of the Križna and Choč nappes.

The most wide-spreaded crystalline rocks, together with psephitic-psammitic development of the Upper Paleozoic to Lower Triassic cover are characterized by fissure permeability. Fissures are mainly of "Carpathian" (i. e. E—W to WNW—ESE) direction, frequently joined and mylonitized. Therefore the infiltrated water circulates only to shallow

depths. The area is characterized by a set of issues yielding 0.2 l.s^{-1} , only rarely springs attain a $0.5\text{--}1.0 \text{ l.s}^{-1}$ discharge.

From the hydrogeological point of view, more important are those areas where Mesozoic rocks and mainly dolomitic developments occur. These rock assemblages have peculiar fissure to karst permeabilities. The fissuring of carbonates created here suitable conditions for the infiltration of atmospheric precipitations into the rock mass. Carbonate layers are drained by the springs located along the peripheral faults of the Branisko Mts., by water discharge into surficial flows or into the surrounding area. Utilizable ground-water reserves from carbonates were evaluated to 172 l.s^{-1} .

Preložil I. Varga

Hydrogeologické pomery aluviálnych náplavov Popradu

MILAN HALUŠKA

IGHP, závod Košice, Magnezitárska 7, 042 78 Košice

(2 obr. v texte)
Doručené 13. 3. 1980

Гидрогеологические условия аллювиальных отложений реки Поппрад

В статье изучены материалы гидрогеологических работ, которые проводились в аллювиальных отложениях реки Поппрад. Отложения реки были разделены на три участка: поппрадский, любовнянский и прирубешный. Гидрогеологические условия галечных отложений первого участка не очень подходящие для аккумуляции подземных вод. Мощность отложений в пределах 2,1—5,2 м. Производительность колодцев преимущественно в пределах 1—2 л. сек⁻¹.

Второй участок имеет мощность осадков 5—8 м, с производительностью в пределах 3—8 л. сек⁻¹. Начиная Плавницей до Чирча производительность достигает даже 16 л. сек⁻¹.

Третий участок имеет очень узкую долину, где мощность осадков достигает 7—11,5 м. Производительность колодцов достигает даже 7,3—11,5 л. сек⁻¹. Запасы, которые можно использовать, достигают более 60 л. сек⁻¹. Характер вод преимущественно бикарбонатно-карбонатный. Если они вторично загрязнённые могут использоваться для питьевых целей.

Hydrogeological conditions in alluvial deposits of the Poprad river (Eastern Slovakia)

Results of hydrogeological investigations in alluvial deposits of the Poprad river are evaluated. River-borne sediments were divided into three sections along the river stream. Alluvial deposits of the Poprad basin create the first section, in the second alluvial deposits of the Lubovňa basin occur whereas the third section is represented by the river-borne deposits in the Poprad river frontier portion. Hydrogeological conditions of gravel deposits are less favourable for ground-water accumulation in the first section where thicknesses are 2.1—5.2 m and single wells have water-yields of 1—2 l.s⁻¹. In the second area, alluvial sediment thicknesses are 5—8 m, water-yields of wells increase to 3—8 l.s⁻¹ and even to 16 l.s⁻¹ between Plav-

nica and Čirč. A relatively narrow alluvial plain occurs in the third section where thicknesses were found to be 7–11.5 m and water-yields are 7.3–13.9 l.s⁻¹. Utilizable ground-water reserves are over 60 ls⁻¹, mainly of pronounced calcareous-bicarbonate water type. Inasmuch secondary pollution lacks, the water is suitable for drinking-water utilization.

Hydrogeologický prieskum aluviálnych náplavov Popradu sa vykonával prevažne v súvislosti s riešením požiadaviek spotrebiteľov pitnej a úžitkovej vody. Prvé hydrogeologické práce boli lokálneho významu a obmedzili sa na niekoľko hydrogeologických vrtov. Za najvýznamnejší treba pokladať hydrogeologický prieskum z územia východne od Hniezdneho, ktorým sa zabezpečil doplnkový vodný zdroj pre Starú Lubovňu (P. Tkáčik 1958).

Systematický hydrogeologický prieskum náplavov Popradu sa začal v rokoch 1967–1968, keď sa vykonali práce vyhľadávacieho hydrogeologického prieskumu pozdĺž celej údolnej nivy od Lučivnej až po Mníšek nad Popradom, kde rieka opúšťa územie ČSSR. Výsledkom bolo vyčlenenie hydrogeologicky významnejších lokalít a ocenenie využiteľnej zásoby podzemnej vody (M. Haluška — V. Banský 1968). V nadväznosti na výsledky týchto prác sa vykonal predbežný hydrogeologický prieskum na lokalite Hniezdne, Chmelnica, na území SZ od Plavnice (M. Haluška 1973), ďalej východne od Plavnice (A. Vitikáčová 1974) a na SZ od Čirča (F. Mičák 1976). Na

základe uvedených prác hodnotíme aj celú oblasť náplavov Popradu.

Všeobecná charakteristika územia

Podľa orografického členenia (J. Karniš — J. Kvitkovič 1970) patrí údolná niva Popradu svojou hornou časťou do Popradskej kotliny, ktorú v smere toku od Lubovnianskej kotliny oddeľuje úzky prielom pri Nižných Ružbachoch. Túto kotlinu Poprad opúšťa severne od Čirča pri štátnych hraniciach s PLR. V hraničnej časti toku je dolina Popradu hlboko založená, pomerne úzka a oddeľuje Lubovniansku vrchovinu od poľských Beskyd.

Popradska kotlina je výraznou subsekventnou postpaleogénnou depresiou zaklesnutou medzi tatranské masívy, Levočské vrchy a Spišskú Maguru. Jej ohraničenie je prevažne zlomového charakteru. Aj Lubovnianska kotlina je zlomového a erózneho pôvodu.

Akumulačnú pokrývku kotliny tvorí predovšetkým fluvialny štrkový materiál, iba oblasti severne od Batizoviec miestami zasahuje aj materiál riských morén. Poprad v kotlinách zanechal pomerne rozľahlé terasové stupne v troch až štyroch úrovniach nad sebou a poriečnu

nivu. Rozšírené sú aj pomerne rozsiahle náplavové kužele tokov. Z predpolia Vysokých Tatier do poriečnej nivy Popradu zasahujú glaciálno-fluviálne sedimenty väčšinou v tvare kužeľov.

Popradská kotlina klimaticky patrí do oblasti mierne teplej, mierne vlhkej, Lubovnianska kotlina a hraničný tok Popradu do oblasti mierne teplej, vlhovo vlhkej. Dlhodobý priemerný ročný úhrn zrážok za obdobie 1931—1960 v Poprade bol 615 mm. Severným smerom sa postupne zvyšuje a v Orlove predstavuje 696 mm. Obdobne je to s priemernou ročnou teplotou, ktorá sa zvyšuje z 5,8 (stanica Poprad) na 6,7 °C (Plaveč).

Geologická stavba územia

Na geologickej stavbe kotliny Popradu sa zúčastňujú sedimenty mezozoika až kvartéru. Horniny mezozoika vystupujú v hornej časti doliny Popradu medzi Štrbou a Spišskou Teplicou v tektonickej jednotke chočskej série. Reprezentuje ich sivý dolomit stredného až vrchného triasu. Miestami má dolomit v dôsledku prekonaných orogénnych procesov charakter dolomitických brekcií až dolomitického piesku. Smerom na S sa mezozoikum ponára pod centrálnokarpatský paleogén.

V bradlovom pásme mezozoikum vystupuje medzi Starou Lubovňou a Plavnicou. Zastupuje ho hlavne slienitý vápenec, pestrý slien, menej pieskovec a zlepenec. Tieto horniny stratigraficky patria do jury a kriedy.

Centrálnokarpatský paleogén tvorí výplň Popradskej kotliny. Leží diskordantne a transgresívne na horninách chočskej jednotky. Bazálne súvrstvie

tvorí zlepenec a pieskovec, ktoré do nadložia prechádzajú do pieskovcovovo-ílovcového vývoja. Miestami je v prevahe pieskovec, inde ílovec. Stratigraficky patrí súvrstvie do stredného až vrchného eocénu.

Paleogén bradlového pásma vyplňa severovýchodný výbežok Lubovnianskej kotliny. Zastupujú ho vápnité ílovce, drobové a vápnité pieskovce a slieňe — spodný až vrchný eocén.

Magurský flyš buduje dolinu Popradu na jeho hraničnom úseku s PLR. Tvorí ho vápnité a drobové pieskovce a flyšové pieskovcovo-ílovcové vrstvy paleocénu — stredného eocénu čerchovskej jednotky.

Kvartér je vyvinutý po celej dĺžke doliny Popradu, a to vo forme fluvialných, proluviálnych, glaciálno-fluvialných a deluviálnych sedimentov.

Fluviálne sedimenty vyplňajú dno údolia a zúčastňujú sa aj na stavbe erózných a akumuláčných stupňov. Mocnosť náplavov poriečnej nivy je 3—11,5 m, ojedinele aj menej, pričom je všeobecná tendencia narastania mocnosti v smere toku. Povrchovú vrstvu tvorí hlina, ktorá miestami prechádza do hlinitého piesku a má hrúbku od niekoľkých desiatok cm do 1,8 m. Mocnosť pokryvnej hliny sa spravidla zväčšuje smerom k svahu, kde povodňová hlina prechádza do deluviálnych sedimentov.

Pod povodňovou hlinou sa spravidla vyskytuje jemnozrnný až strednozrnný zahlinený piesok s mocnosťou 0,3—0,8 m, len zriedkavo 1,5—1,8 m. Spodnú, najhrubšiu polohu riečnych náplavov tvorí piesčitý štrk uložený na zvetranom predkvartérnom podloží. Najväčšia mocnosť štrku je na hraničnom toku

Popradu (8—11,5 m), najmenšia pri Veľkej Lomnici (1—1,2 m). Jeho hrúbka najčastejšie kolíše od 4—6 m. Štrk je zvyčajne silne piesčitý, strednozrnný až hrubozrnný, dobre spracovaný a s rozdielnym obsahom hlinitej prímеси.

V doline Popradu sú časté proluviálne sedimenty vo forme náplavových kuželov jeho bočných prítokov. Štrkový materiál je silne zahlinený a menej opracovaný ako v riečnych náplavoch. Glaciálno-fluviálne sedimenty sa spravidla skladajú z balvanito-štrkového materiálu stmeleneho rôznorznným pieskom a sú produktom ľadovcových tokov.

Deluviálne uloženiny sú vyvinuté na priľahlých svahoch doliny Popradu. Prevažne je to hlinito-kameňitá sutina a svahová hlina.

Hydrogeologické pomery

Hydrogeologické pomery aluviálnych náplavov Popradu určuje najmä rozloha a mocnosť zvodnenej vrstvy, jej hydraulické parametre a faktory ovplyvňujúce dotáciu a režim podzemnej vody.

Kolektorom podzemnej vody náplavov je poloha piesčitého štrku ležiaceho na paleogénnom, sčasti na mezozoickom podloží. Jeho priepustnosť závisí od granulometrického zloženia, najmä od obsahu hlinitej prímеси. Podiel tejto frakcie sa spravidla zväčšuje smerom k okrajom aluviálnej nivy. Všeobec-

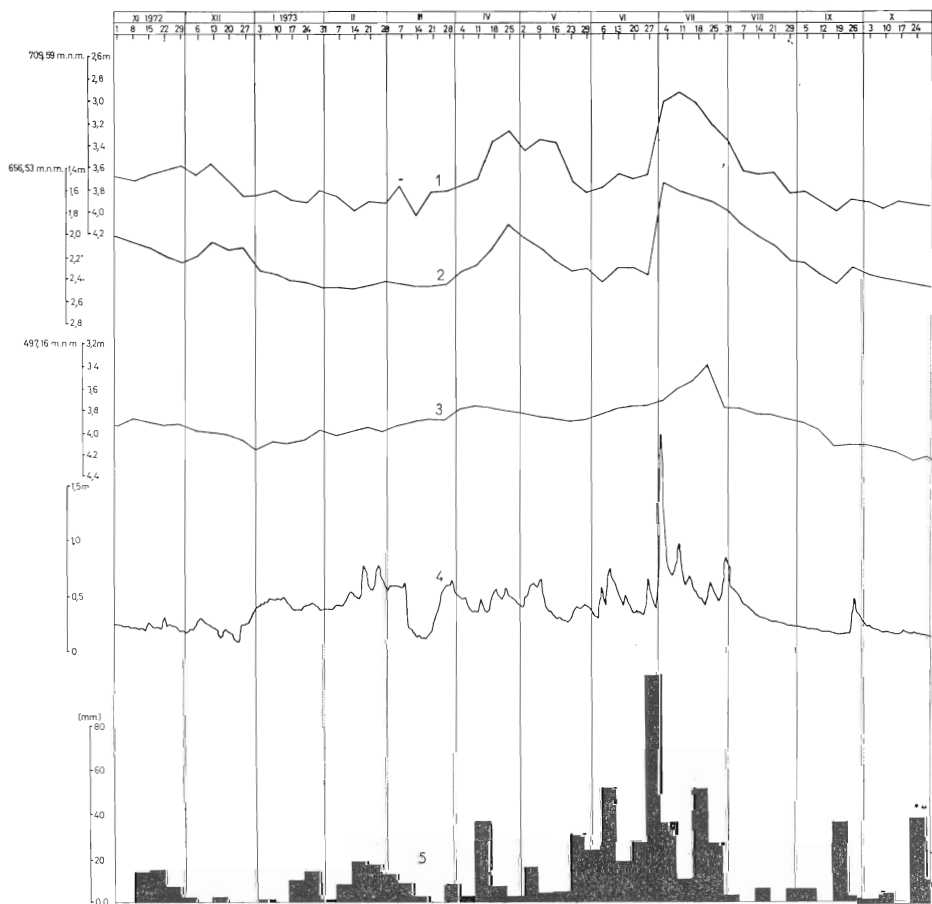
ne možno konštatovať, že v smere toku sa priepustnosť zvodneného štrku zvyšuje, ale rozdiely v priepustnosti sú veľmi malé. Koeficienty filtrácie sú väčšinou $10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Podzemná voda štrkových sedimentov je rozličného pôvodu, infiltruje z povrchového recipientu Popradu a jeho bočných prítokov, preštipuje z priľahlých geologických útvarov, ako aj infiltruje priamo zo zrážok.

Rieka Poprad meandrovaním najmä v strednej a dolnej časti toku vytvára v aluviálnych náplavoch samostatné hydrogeologické celky s typickým príbrežným režimom, ktoré navzájom hydrodynamicky nekomunikujú. Pritom môžu mať svoj vlastný režim podzemnej vody. Koryto Popradu je zarezané cez vrchnú vrstvu povodňovej hliny do vlastných štrkových náplavov, v ktorých rieka tečie po celej dĺžke toku. Pri dobrej priepustnosti štrku v príbrežnom pásme tak vznikajú podmienky pre úzku hydraulickú spojitost podzemnej vody s povrchovým recipientom. Hladina podzemnej vody kolíše v závislosti od vodného stavu Popradu, pričom amplitúda kolísania hladiny závisí od vzdialenosti rieky. Podľa pozorovania hydrometeorologického ústavu minimálny stav hladiny podzemnej vody sa najčastejšie vyskytoval v októbri—januári. Hladina výrazne stúpa spravidla od druhej polovice marca do konca mája. Toto obdobie vyššieho stavu súvisí s topením sa snehu, a tým aj so zvýšeným sta-

vom hladiny Popradu. Najvyšší stav hladiny bol zaznamenaný v júli—auguste a druhotne ho spôsobuje najvyššia intenzita zrážok v týchto mesiacoch. Za roky 1961—1973 sa

maximálna amplitúda kolísania hladiny podzemnej vody pohybuje prevažne od 1,6—1,9 m. Najmenší rozdiel medzi hladinami bol zaznamenaný pri Spišskej Belej — 1,10 m



Obr. 1. Charakteristický priebeh kolísania hladín podzemnej vody a hladiny Popradu. Zostavil M. Haluška 1980. Vysvetlivky: 1 — hladina podzemnej vody v sonde č. 984 (Svit), 2 — hladina podzemnej vody v sonde č. 998 (Sp. Sobota), 3 — hladina podzemnej vody v sonde č. 977 (Plavnica), 4 — hladina vody v Poprade pri Chmelnici, 5 — týždenné úhrny zrážok v Chmelnici

Fig. 2. Characteristic course of level fluctuations of the ground-water and that of the Poprad river. Explanations: 1 — ground-water level in the well No. 984 (Svit town), 2 — groundwater level in the well No. 998 (Spišská Sobota town), 3 — groundwater level in the well 977 (Plavnica), 4 — water level of the Poprad river at Chmelnica, 5 — weekly totals of precipitation at Chmelnica.

(sonda č. 979) a najväčší pri Chmelnici — 2,31 m (sonda č. 985).

Za vyššieho stavu hladiny Popradu infiltruje povrchová voda do aluviálnych náplavov a za minimálneho stavu naopak rieka drénuje podzemnú vodu. V dôsledku meandrovania Popradu má vzťah vody v rieke s podzemnou vodou náplavov pri minimálnom a priemernom stave Popradu svoje špecifiká. Na nárazových brehoch infiltruje povrchová voda do štrkových náplavov a v smere toku pri ukončení meandra rieka drénuje podzemnú vodu.

Smer prúdenia podzemnej vody je spravidla totožný so smerom toku rieky v jednotlivých jej úsekoch. Smer prúdenia sa čiastočne mení v miestach výskytu bočných prítokov Popradu, keď pri vyústení do doliny časť ich vody infiltruje do náplavov a rovnako v prípadoch dotácie aluviálnych náplavov prítokom vody z priľahlých geologických útvarov.

Spád hladiny podzemnej vody v štrkových náplavoch je dosť strmý, mení sa v rozmedzí 4—8 ‰, a to v závislosti od sklonu podložja, pozdĺžneho profilu a tvárnosti toku.

Poriečna niva Popradu má veľmi pretiahnutý tvar a je pomerne úzka. Pozdĺž toku rieky sa hydrogeologické pomery rieky podstatne menia. Spôsobuje to geologická stavba doliny Popradu, litologicko-faciálny vývoj a geomorfológia územia. Z hydrogeologického hľadiska možno aluviálne náplavy Popradu roz-

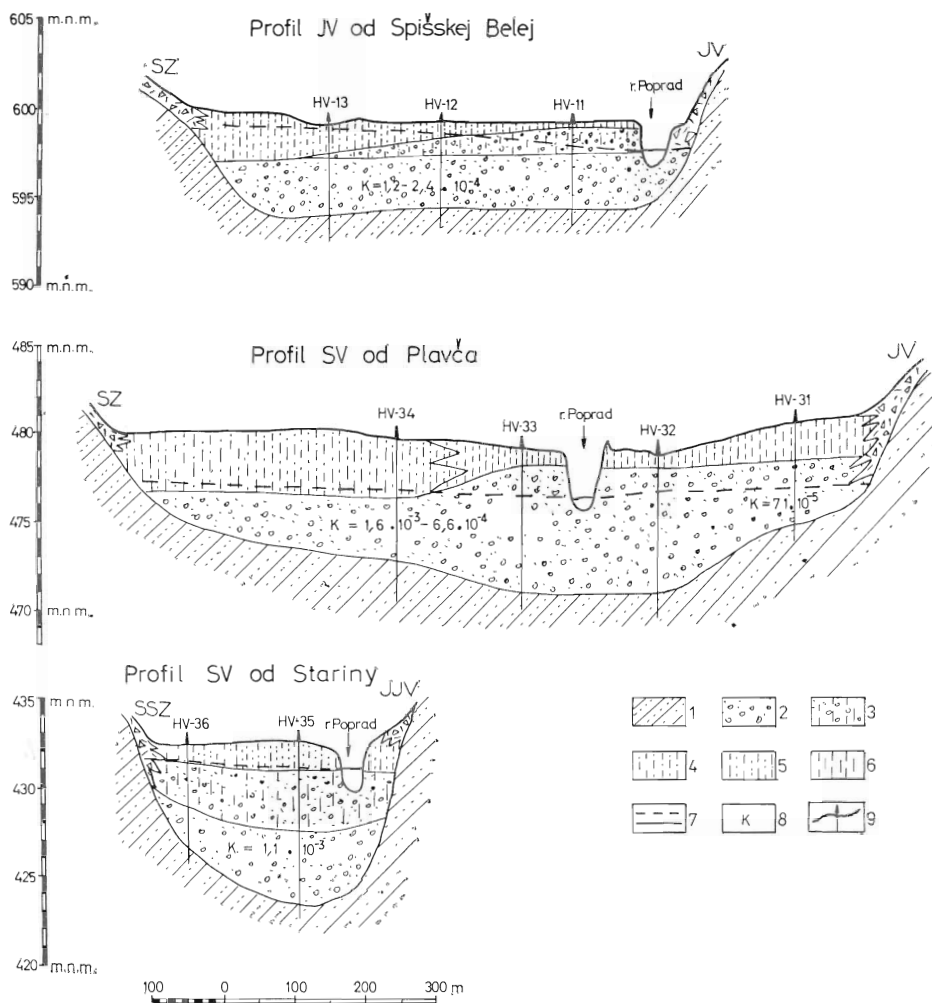
členiť na úseky: 1. alúvium Popradu v Popradskej kotline, 2. alúvium Popradu v Ľubovnianskej kotline, 3. alúvium hraničného toku Popradu.

Alúvium Popradu v Popradskej kotline

Vyznačuje sa pomerne veľkou variabilnosťou šírky aluviálnej nivy, ako aj hrúbky náplavov. V oblasti Svitú je alúvium Popradu široké 300—450 m, pri Poprade vzrastá na 1000—1200 m a ďalej sa v smere toku zužuje a jeho šírka sa pohybuje od 100—700 m. Celková mocnosť náplavov sa mení od 2,1 do 5,2 m a na miestach, kde do aluviálnych náplavov zasahujú dejekčné kužele prítokov, hrúbka náplavov vzrastá až nad 7 m. Hrúbka zvodneného štrku sa za priemerného vodného stavu mení spravidla od 1,5—3,5 m. Pokryvnú vrstvu štrku tvorí piesčitá hlina alebo hlinitý piesok v hrúbke 0,2—2,0 m.

V podloží náplavov v úseku medzi Ľučivnou a Spišskou Teplicou vystupujú triasové dolomity a ďalej v smere toku horniny centrálnokarpatského paleogénu.

Hydrogeologické pomery štrkových náplavov Popradu tohto úseku možno charakterizovať ako málo priaznivé na akumuláciu a prúdenie podzemnej vody. Výdatnosť vrtov sa väčšinou pohybuje od 1—2 l.s⁻¹ a len ojedinele, napr. pri Nižných Ružbachoch, je výdatnosť



Obr. 2. Charakteristické hydrogeologické rezy priečnou nivou Popradu. Zostavil M. Haluška 1980. Vysvetlivky: 1 — flyšové súvrstvie paleogénu, 2 — piesčité štrk, 3 — zahlinený piesčité štrk, 4 — piesčitá hlna, 5 — hlinitý piesok, 6 — prachovitá a ílovitá hlna, 7a — hlna podzemnej vody, 7b — hladina rieky Poprad, 8 — koeficient filtrácie v m.s^{-1} , 9 — hydrogeologické vrtý

Fig. 1. Characteristic hydrogeological cross-sections of the Poprad river alluvium (M. Haluška 1980). Profile SE from Spišská Belá, Profile NE from Plaveč, Profile NE from Starina. Explanations: 1 — flysch sequence, Paleogene, 2 — sandy gravel, 3 — loamy-sandy gravel, 4 — sandy loam, 5 — loamy sand, 6 — silty and clayey loam, 7a — ground-water level, 7b — Poprad river water level, 8 — filtration coefficient in ms^{-1} , 9 — hydrogeological well

studní 2,4—3,4 l.s⁻¹. Pomerne dobré zvodnenie náplavov sa zistilo západne od Svitú pri sútoku Popradu s potokom Lopusná. Výdatnosť studne bola pri znížení hladiny o 1,5 m 5,2 l.s⁻¹. V tejto oblasti, ktorá sa tiahne východným smerom až po Spišskú Teplicu, skryte prestupuje voda z mezozoika do náplavov, príp. nastáva aj priamy prestup vody do rieky Poprad, ako to zistil V. H a n z e l (1974).

Medzi riekou Poprad a Velickým potokom je zvodnenie náplavov len nepatrné, výdatnosť studní sa pohybovala od 0,1—0,5 m l.s⁻¹. Štrk je v týchto miestach zahlinený, pričom od kraja aluviálnej nivy smerom na J hlinitej frakcie ubúda a zvyšuje sa jeho priepustnosť. Je to pravdepodobne dôsledok vplavovania jemných pelitických častíc z priliehajúcich glaciálno-fluviálnych kužeľov počas sedimentácie riečnych náplavov.

Rieka Poprad sa pri Poprade stáča z východného smeru na severo-východný. Súčasne s tým sa redukuje hrúbka aluviálnych náplavov, ktoré až po Kežmarok majú mocnosť 2—3 m, a hrúbka zvodneného štrku sa mení od 0,5—1,5 m. Výdatnosť studní dosahuje 0,4 l.s⁻¹, koeficient filtrácie $6,7 \cdot 10^{-5}$ až $1,3 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹. Od Strážok hrúbka aluviálnych náplavov opäť narastá až po Nižné Ružbachy, kde rieka opúšťa Popradskú kotlinu. Ich mocnosť sa mení od 4,3—5,2 m a hrúbka zvodneného štrku spravidla od 1,5—3,5 m. Výdatnosť studní je

väčšinou 1,5—2,4 l.s⁻¹, koeficient filtrácie $6,3 \cdot 10^{-5}$ až $2,1 \cdot 10^{-3}$ m.s⁻¹.

Na úsekoch, kde majú aluviálne náplavy Popradu väčšie plošné rozšírenie a je možnosť situovať v nich odberný rad studní pozdĺž rieky, sa vypočítala využiteľná zásoba podzemnej vody. Z hľadiska jej množstva môžu mať lokálny význam náplavy Popradu západne od Svitú, kde je využiteľná zásoba 8,9 l.s⁻¹, pri Spišskej Teplici 3,1 l.s⁻¹ a Nižných Ružbachoch 7,0 l.s⁻¹, a to z radu 3—4 studní (M. H a l u š k a, V. B a n s k ý 1968).

Alúvium Popradu Lubovnianskej kotliny

Štrkové náplavy Popradu sa v tejto kotline oproti predchádzajúcemu úseku vyznačujú oveľa priaznivejšími hydrogeologickými pomermi. Celkove sa v Lubovnianskej kotline aluviálna niva rozširuje. Jej šírka sa mení prevažne od 500—800 m a pri Plavnici a Plavči dosahuje šírku 1000—1200 m. Údolie Popradu sa výrazne zužuje len východne od Chmelnice a od Orlova po štátnu hranicu, t. j. v miestach, kde si rieka vytvorila koryto v odolnejších horninách bradlového pásma. V podloží kvartérnych náplavov sú horniny centrálno-karpatského paleogénu, mezozoika a paleogénu bradlového pásma.

Celková mocnosť náplavov Popradu v Lubovnianskej kotline sa mení prevažne od 5—8 m a pri Plavči

dosahuje 9 m. K okraju poriečnej nivy sa ich hrúbka zmenšuje na 2,5–3 m. Z povrchu náplavy tvorí vrstva povodňovej piesčitej hliny v hrúbke okolo 0,5 m. Hlina miestami chýba a na povrch vystupuje zahlinený piesčitý štrk. Mocnosť zvodnenej vrstvy sa za priemerného vodného stavu mení prevažne od 3–6 m.

Výdatnosť studní sa väčšinou pohybuje od 3–8 l.s⁻¹, od Plavnice po Čirč výdatnosť vzrastá na 10–16 l.s⁻¹ (F. Mičák 1976, A. Vitikáčová 1974). Mimoriadne vysoká výdatnosť studní sa zistila východne od Hniezdneho, kde dosahovala 19–25 l.s⁻¹ (P. Tkáčik 1958). Koeficient filtrácie zvodneného štrku sa pohybuje od $2,4 \cdot 10^{-4}$ m.s⁻¹ do $2,7 \cdot 10^{-3}$ m.s⁻¹.

Aluviálne náplavy Popradu v Lubovnianskej kotline sú podľa doterajších hydrogeologických poznatkov z tejto oblasti jediným významnejším kolektorom podzemnej vody. Preto sa na ne sústredila pozornosť z hľadiska overenia ich vodárenského využitia. Aluviálne náplavy Popradu boli hydrogeologicky preskúmané predovšetkým na územiach, kde majú najväčšie plošné rozšírenie a kde meandrovaním rieka vytvorila dostatočne veľké hydrogeologické celky na situovanie odberného radu studní pozdĺž Popradu. Predbežný hydrogeologický prieskum sa vykonal na lokalitách Hniezdne, Chmelnica, Plavnica a Čirč. Podľa poloprevádzkových spoločných čerpacích skúšok a režim-

ných meraní sa na uvedených lokalitách ocenila využiteľná zásoba podzemnej vody. Z toho vyplynul návrh zaradiť ju do kategórie B.

Na lokalite východne od obce Hniezdne P. Tkáčik (1958) odporučil na trvalý odber podzemnej vody 30–35 l.s⁻¹ zo štyroch studní a podľa toho sa táto oblasť začala vodárensky využívať pre Starú Lubovňu. Po ukončení prieskumných prác sa v predmetnej oblasti vykonala vodohospodárska úprava. Jej výsledkom bol všeobecný pokles hladiny podzemnej vody, a tým podstatné zníženie odporúčeného odberného množstva vody. Využiteľné množstvo vody v tejto oblasti prehodnotil M. Haluška (1973) a stanovil ho na 15 l.s⁻¹, a to odberom vody z piatich studní.

Na území južne od Chmelnice sa využiteľná zásoba určila na 15 l.s⁻¹ odberom vody z radu ôsmich studní a z územia severne od Plavnice sa odporučilo na trvalý odber 33 l.s⁻¹ z radu desiatich studní (M. Haluška 1973). Lokalita Chmelnica sa v súčasnosti využíva na zásobovanie Starej Lubovne vodou. Východne od Plavnice podrobný hydrogeologický prieskum stanovil využiteľné množstvo podzemnej vody na 27 l.s⁻¹ z radu šiestich studní (A. Vitikáčová 1974) a z územia na SZ od Čirča 16 l.s⁻¹ z radu štyroch studní (F. Mičák 1976).

Uvedená využiteľná zásoba podzemnej vody sa stanovila pre rad studní situovaných vo vzdialenosti

100—150 m od rieky Poprad, pričom sú studne od seba vzdialené 80—100 m.

Alúvium hraničného toku Popradu

Hraničný tok Popradu má pomerne úzku poriečnu nivu. Ľavá časť aluviálnych náplavov na území ČSSR má spravidla nepatrnú šírku — niekoľko desiatok metrov — a na značnej dĺžke toku rieka narezáva horniny paleogénu magurského flyšu, ktorý vystupuje aj v podloží kvartérnych náplavov. Na krátkych úsekoch vytvorila rieka meandre v šírke 200—300 m, vhodné na odber podzemnej vody. Hrúbka aluviálnych náplavov sa mení od 7—11,5 m. Pokryvnú vrstvu štrkov tvorí piesčitá hlina, príp. hlinitý piesok v hrúbke 30—70 cm, ktorá smerom k okraju alúvia narastá miestami až na 1,8 m. Zvodnený piesčitý štrk má hrúbku 5—8 m, a to v závislosti od vodného stavu Popradu.

Zistená výdatnosť studní sa pohybuje od $7,3\text{--}13,3\text{ l.s}^{-1}$ a presahuje priemernú výdatnosť predchádzajúcich úsekov. Hodnoty koeficientov filtrácie zvodnenej vrstvy sa menia od $6,9 \cdot 10^{-4}\text{ m.s}^{-1}$ do $1,1 \cdot 10^{-3}\text{ m.s}^{-1}$. Aj koeficient akumulácie 0,2 indikuje veľkú akumuláciu schopnosť štrku.

Využiteľná zásoba podzemnej vody v zmysle požiadaviek na jej zaradenie do kategórie C₂ sa ocienila na troch lokalitách. Vypočítané od-

berné množstvo na SV od Legnavy predstavuje 25 l.s^{-1} z dvoch studní a pri Mníšku nad Popradom tiež z dvoch studní 11 l.s^{-1} (M. Haluška, V. Banský 1968).

Kvalita vody

Z hydrochemického hľadiska možno na základe genetickej klasifikácie S. Gazdu (1972) podzemnú vodu náplavov Popradu zaradiť medzi fluviogénne vody.

Pri formovaní chemizmu podzemnej vody sa uplatňuje predovšetkým infiltrujúca voda z povrchového recipientu, ktorá je v úzkej hydraulikej spätosti s podzemnou vodou. Zrážková voda ovplyvňuje chemizmus najmä počas extrémnych jarných a letných dažďov. V oblasti medzi Lučivnou a Spišskou Teplicou chemizmus vody je ovplyvňovaný prítokom vody z mezozoického komplexu.

Pri väčšine podzemných vôd prevažuje výhradne bikarbonátovo-vápenatý typ. Voda je spravidla mierne alkalická ($\text{pH} = 7,1\text{--}7,3$), stredne mineralizovaná ($320\text{--}520\text{ mg l}^{-1}$) a tvrdá ($12\text{--}22^\circ$ nem. celkovej tvrdosti). Voda fyzikálno-chemickými vlastnosťami, pokiaľ nie je sekundárne znečisťovaná, väčšinou vyhovuje kritériám ČSN 83 06 11 ako pitná voda.

Z genézy vody vyplýva, že jej chemizmus závisí predovšetkým od čistoty rieky Popradu. Tá v zmysle kritérií ČSN má v hornej časti toku

triedu čistoty III—IV, v dolnej časti sa kvalita zlepšuje na triedu Ia—1b.

Podzemnú vodu štrkových náplavov ďalej znečisťujú organické a anorganické látky, ktoré sa do pôdy dostávajú vo forme hnojív vylúhovaných presakujúcimi zrážkami.

Na to, aby sa kvalita podzemnej

vody zachovala a voda sa mohla využívať ako pitná, je nevyhnutné zachovať aspoň takú čistotu rieky Poprad, aká bola v čase prieskumných prác (1968—1974) a súčasne riešiť otázky súvisiace so záujmami poľnohospodárskych organizácií.

Recenzoval P. Bujalka

LITERATÚRA

- Frankovič, J. 1963: Hydrogeologický prieskum náplavov rieky Poprad a Velického potoka pri Poprade. *Manuskript — IGHP Košice*. 30. s.
- Haluška, M. — Banský, V. 1968: Alúvium Popradu — hydrogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Košice*. 18 s.
- Haluška, M. 1973: Stará Lubovňa, vodné zdroje — predbežný hydrogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Košice*. 83 s.
- Haluška, M. 1974: Stará Lubovňa, vodné zdroje — II. etapa. *Manuskript — IGHP Košice*. 22 s.
- Hanzel, V. 1974: Poznatky z hydrogeologického výskumu kvartérnych sedimentov Vysokých Tatier a ich predpolia. *Mineralia slov.*, 6, s. 291—298.
- Karniš, J. — Kvitkovič, 1970: Prehľad geomorfologických pomerov východného Slovenska. *Geogr. práce*, 1, Bratislava, Slovenské pedagogické nakladateľstvo. 220 s.
- Mičák, F. 1976: Čirč — hydrogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Košice*. 60 s.
- Tkáčik, P. 1958: Hydrogeologický prieskum vodného zdroja pre Starú Lubovňu. *Manuskript — IGHP Košice*. 25 s.
- Vitikáčová, A. 1974: Poprad—Plaveč—Plavnica — predbežný prieskum. *Manuskript — IGHP Košice*. 21 s.

Hydrogeological conditions in alluvial deposits of the Poprad river (Eastern Slovakia)

MILAN HALUŠKA

Alluvial deposits of the Poprad river are, due to the considerable stream length, relatively significant as they have considerable areal extent and, in northernmost parts of the drainage area according to recent hydrogeological knowledge, they represent the sole

aquifer for ground-water.

River-borne sediments of the Poprad river are composed mainly by alluvial gravels covered by a horizon of high-flood loam. Total thicknesses fluctuate between 3—11.5 m. The thickness of the loam cover is 0.2—0.8 m. Thicknesses of

aquiferous gravel beds considerably fluctuate between 1.5—8 m depending on water level changes in the Poprad river. A general tendency is that alluvial deposit thicknesses increase downstream.

Ground-water of gravel deposits occurs in narrow hydraulic connection with the surficial Poprad river stream. During high water stages the surficial water infiltrates into river-borne sediments, and contrary, during the low stages the river drainages the ground-water.

According to ascertained hydrogeological conditions, the Poprad river alluvium may be subdivided into 3 sections. The first section comprises river-borne sediments of the Poprad basin, the second one that of the Lubovňa basin whereas the third section represents frontal portion of the Poprad river toward Poland.

Hydrogeological conditions in alluvial deposits of the Poprad basin are generally unfavourable. Water-yields of single wells are 1—2 l.s^{-1} and only rarely more (W from Svit e. g. 5.2 l.s^{-1} , at Nižné Ružbachy 2.4—3.4 l.s^{-1}). Filtration coefficients of the aquiferous horizon fluctuate here between $6.3 \cdot 10^{-5}$ and $2.1 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$.

Through a narrow fault-gap, the Poprad river abandons the upstream Poprad

basin entering the Lubovňa basin. Hydrogeological conditions in alluvial deposits are here considerably more favourable. River-borne sediment thicknesses attain higher values together with their increased permeability there. Water-yields of single wells are 3—8 l.s^{-1} , but between Plavnica and Čirč achieve as much as 10—16 l.s^{-1} . Filtration coefficients were found to be $2.4 \cdot 10^{-4}$ — $2.7 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. A more detailed investigation proved by pilot-plant pumping test yielded total utilizable ground-water reserves amounting 106 l.s^{-1} on five localities.

The Poprad river flow section along the Polish-Czechoslovak frontier has similar favourable hydrogeological conditions. Great thicknesses of alluvial deposits preserve good permeability also here. Water-yields of single wells are between 7.3—13.9 l.s^{-1} and filtration coefficients are $6.9 \cdot 10^{-4}$ — $1.1 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$. Utilizable ground-water reserves were estimated according to demands for C_2 category in amount of 88 l.s^{-1} .

Ascertained ground-water reserves belong chemically in most cases to calcareous-bicarbonate water type. The water is hard and medium mineralized (0.32—0.52 mg l^{-1}).

Preložil I. Varga

Nový prístup k využívaniu podzemných vôd Slovenského krasu

JURAJ ORVAN

IGHP, n. p., Rajecká cesta, 010 51 Žilina

(2 obr. a 1 tab. v texte)

Doručené 7. 3. 1980

Новый подход к использованию подземных вод Словацкого карста

Подземные воды Словацкого карста до сих пор использовались лишь классическим способом, то есть использованием ограниченного количества источников. В этой работе демонстрируют возможность увеличения минимальной производительности источника за счёт отбора подземных вод, которые являются динамическими запасами переходящими из триасовых карстовых известняков до младших свит находящихся под местным эрозионным уровнем и за барьерой неогенных пород выполняющих долину реки Слана. Улучшить можно источник под „Вельков Скалов“ до 9 л. сек⁻¹.

New approach to the ground water utilization of the Slovak Karst area

Ground waters of the Slovak Karst area tapped until only in conservative manner utilizing restricted number of springs with more or less stable water yields. The paper proposes amelioration of minimal water yields by trapping ground waters represented by dynamical reserves discharged from karstified Triassic limestones into younger sediments above the local erosion base which occur beneath the barrier of Neogene rocks filling of the Slaná river valley. It is possible to ameliorate water yields of the spring beneath the Veľká Skala hill by addition of a minimal yield of 9 ls⁻¹.

Slovenský kras je hydrogeologicky a vodohospodársky významnou oblasťou juhovýchodného Sloven-

ska. Jeho geologická stavba sa významne prejavuje prevahou vápencov, ktoré sú podľa výsledkov prieskumných

prác dobre zvodnené a možno z nich odoberať podzemnú vodu.

Doteraz sa z tohto územia voda odoberala väčšinou klasicky, a to priamym zachytávaním krasových prameňov. Zachytávali sa najmä výdatnejšie a stálejšie pramene s menšou rozkolísanosťou.

Väčšina krasových prameňov však odteká v prameništiach, ktoré majú veľký rozdiel medzi minimálnou a maximálnou výdatnosťou, resp. na niekoľko mesiacov v roku vysychajú. Takéto pramene, ako aj krasová voda odtekajúca z vápencového masívu inou formou ako prameňmi zostávali v prírodnom stave doteraz nevyužitú.

Jedným z kritérií hodnotenia využiteľného množstva podzemnej vody z prameňov, zaužívaným v nedávnom čase, bola ich 300-denná výdatnosť. Ale toto hodnotenie nevystihovalo všetky možnosti, ktoré poskytujú hydrogeologické štruktúry Slovenského krasu na odber vody. Výsledky prieskumných prác poukazujú na možnosti ďalšieho využitia podzemnej vody, a to zvyšovaním minimálnej výdatnosti prameňov odberom krasovej podzemnej vody priamo zo skrasovatených vápencov alebo z nadložných pokryvných útvarov pomocou odberných objektov, spravidla vrtov.

Možnosť takto využívať krasovú vodu a s tým späté čiastkové problémy, ako napr. návrh na optimálne umiestnenie odberných objektov, ako aj niektoré metodické problémy spojené s hodnotením množstva

podzemnej vody, ktoré možno takto odoberať, sa overovali na viacerých lokalitách v oblasti Silickej planiny a Plešivskej planiny v doline rieky Slaná.

V tejto práci hodnotíme výsledky prieskumu, ktorým sa overovala možnosť odberu krasovej vody v priestore vyvieracky Pod Veľkou skalou v blízkosti obce Slavec.

Hydrogeologická charakteristika

Z hydrogeologického prieskumu okolia vyvieracky pomocou série vrtov vyplynul rad poznatkov o spôsobe prúdenia krasovej vody v hydrogeologickej štruktúre Veľkej skaly, o jej odvodňovaní, rozsahu skrasovatenia a o prestupe krasovej vody do pokryvných útvarov. Rozsah skrasovatenia vo vertikálnom a horizontálnom smere odráža vývoj doliny rieky Slaná. Tektonické porušenie a svahové deformácie okrajového pásma svahu Silickej planiny boli ďalšími faktormi, ktoré podmienili hlavne anizotropiu v skrasovaní prejavujúcu sa od drobných krasových dutín až po rozsiahlejšie jaskynné systémy a chodby sledujúce hlavné tektonické línie.

Väčšina vody odteká, drénujúce veľké plochy územia práve takýmito jaskynnými systémami vo forme krasových vyvieraciek, oblasti medzi týmito líniami bývajú menej zvodnené alebo nezvodnené.

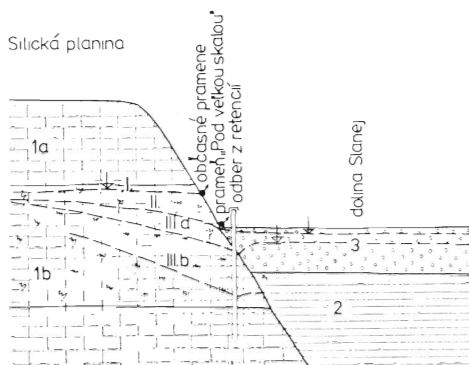
Intenzívne skrasovatenie v karbonickom masíve, kde rastáva

horizontálna, resp. sifonálna cirkulácia vody, siaha do úrovne 10—25 m pod miestnu eróznú bazu. V tomto pásme badať skrasovatenie aj do vnútra masívu, a to najmenej do vzdialenosti 100—150 m, na čom sa zúčastňuje rieka Slaná pri vývoji riečnej doliny. Svedčí o tom prítomnosť kaverien vyplnených materiálom riečnych náplavov Slanej.

Karbonatický masív, ktorý má strmý sklon do doliny Slanej, je v styku s výplňou doliny Slanej. V nej rozlišujeme na spodku nepriepustné, väčšinou ílovité sedimenty pliocénnej formácie, na povrchu sú riečne náplavy Slanej zo štrku prekrytého náplavovou hlinou. Priepustnosť štrku riečnych náplavov charakterizujú prevažne hodnoty koeficientov filtrácie max. do $5 \times 10^{-4} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Tieto pomery, najmä prítomnosť bariéry pliocénnych hornín, umožňujú akumuláciu podzemnej vody vo forme objemových zásob v retenčných priestoroch pod miestnou eróznou bazu. Retenčným priestorom sú v tomto prípade skrasovatené a vodou vyplnené vápence od miestnej eróznej bázy až po pásmo sifonálnej cirkulácie za bariérou nepriepustných pliocénnych hornín výplne doliny Slanej.

Pre krasovú vodu v týchto podmienkach sú typické zmeny v charaktere prúdenia, a to v závislosti od výšky hladiny v skrasovatenom karbonatickom masíve. Podľa toho vznikajú tri typické prejavy odvodňovania sa vápencového masívu:



Obr. 1. Schéma odvodňovania hydrogeologickej štruktúry Pod Veľkou skalou v Slovenskom krase do doliny Slanej. I — hladina krasovej vody vysoko nad miestnu eróznou bazu (v činnosti okrem vyvieráčiek aj občasné pramene), II — hladina na úrovni miestnej eróznej bázy (v činnosti vyvieracky), III a — hladina zaklesnutá pod úroveň miestnej eróznej bázy (vyvieracky bez vody), III b — odber z retenčných priestorov v čase, keď sa nedoplňajú zrážkami. Prestup do náplavov čiastočne blokováný (I, II, a III a = stály prestup do riečnych náplavov). Vysvetlivky: 1a — vápence stredného triasu so zónou intenzívneho skrasovatenia (1b), — 2 — pliocén, 3 — riečne náplavy Slanej

Fig. 1. Water discharge scheme into the Slaná river alluvium for the hydrogeological structure beneath the Veľká Skala hill in Slovak Karst area. Explanations: I — karstic ground water level high above the local erosion base (besides debouchures also temporal springs are active), II — ground level coincides with the local erosion level (active debouchures), IIIa — ground water level beneath the local erosion level (debouchures without water discharge), IIIb — ground water trap from retention reserves in time of any water supply by precipitation. The discharge into alluvial beds is partly blocked (steady discharge into alluvial beds during the stages, I, II and IIIa). 1a — Middle Triassic limestone with a belt of intensive karstification (1b), 2 — Pliocene, 3 — alluvial deposits of the Slaná river

1. Pri stúpnutí hladiny krasovej vody nad miestnu eróznú bázou vznikajú občasné vývery vo vyššej úrovni a poschodiach. Ich výdatnosť je často aj niekoľko 100 l. s^{-1} .

2. Pri normálnej výške hladiny (t. j. na úrovni miestnej eróznej bázy) sú v činnosti vývery v najnižšom mieste. Ich výdatnosť dosahuje len priemerné hodnoty (v litroch, maximálne v desiatkach sekundových litrov, a to v závislosti od výšky hladiny).

3. Pri poklese hladiny krasovej vody pod miestnu eróznú bázou pramene strácajú prelev, avšak voda z vápencového masívu má možnosť prestupovať do riečnych náplavov. Množstvo krasovej vody prestupujúcej do riečnych náplavov v plnej miere závisí od výšky hladiny vo vlastnom vápencovom masíve. Krasová voda prestupuje do riečnych náplavov po istých zónach — cestách, ktoré sa vyznačujú zvýšenou priepustnosťou. Hodnoty koeficientov filtrácie sa v nich pohybujú až od $5 \times 10^{-4} \text{ m. s}^{-1}$ do $3 \times 10^{-3} \text{ m. s}^{-1}$.

Z podmienok prúdenia krasovej vody a jej odtoku z krasovej hydrogeologickej štruktúry vychodí aj možnosť jej odberu. Pritom platí:

a) Základom pre odber zo štruktúry je voda, ktorá z nej odtéka prameňmi.

b) V obdobiach, keď pokles hladiny v karbonatickom masíve spôsobí pokles výdatnosti prameňov pod mieru únosnú pre vodárenský odber, možno zlepšovať výdatnosť

odberom z retenčného priestoru pod miestnou eróznou bázou. Množstvo vody, ktoré sa dá z takých miest odobrať, je priamo úmerné najmä objemu retenčného priestoru, priepustnosti masívu v mieste odberu, ale nepriamo úmerné dĺžke bezzrážkového obdobia a dĺžke odberu.

Na odber sú najvhodnejšie zvislé diela (vrty, studne, šachty a pod.). Takto odobraná voda z prevažne objemových zásob sa každoročne niekoľkokrát doplní, a to či už pri jarnom topení sa snehu alebo pri intenzívnejších zrážkach, ktoré zvyšujú hladinu krasovej vody.

Režim a rovnováha podzemnej vody sa tu v nijakom prípade nenarúšajú. Naopak, na efektívne využitie vody z retenčných priestorov treba hladinu v odbernom objekte znížiť čo najviac.

c) Ďalšou a veľmi významnou možnosťou je odoberať vodu prestupujúcu z karbonatického masívu do riečnych náplavov. Závisí najmä od výšky hladiny vo vlastnom karbonatickom masíve, ktorá je pre množstvo vody prestupujúcej do riečnych náplavov určujúca, a ďalej od filtračných parametrov zvodneného štrku.

Hydrogeologické pomery na okrajoch planinových svahov umožňujú v niektorých prípadoch kombinovať odber z retenčných priestorov s odberom krasovej vody prestupujúcej do pokryvných útvarov. Odber z retenčných priestorov karbonatického masívu, ako aj odber prestupujúcej

vody z riečnych náplavov je charakteristický tým, že medzi množstvom odoberanej vody a prítokom zvyčajne nenastáva rovnovážny stav, teda ustálenie odoberaného množstva. Pri výraznom znížení hladiny v odbernom objekte sa postupne zapájajú do obehu širšie oblasti karbonatického masívu, takže aj keď voda vyplňajúca retenčné priestory má charakter objemovej zásoby, nevylučuje sa tu istý podiel prítoku ďalšej vody dynamického charakteru. Na strane druhej po vyčerpaní objemových zásob ide prakticky už len o odber dynamických zásob, ktorých množstvo v dlhšom bezzrážkovom období tiež postupne klesá. Na to, aby sa detailnejšie spoznal opisovaný mechanizmus, treba vybudovať objekt na pozorovanie hladiny krasovej vody v smere od prameništia do vnútra planiny, a to na strmom svahu planiny alebo z jej povrchu.

Dosiahnuté výsledky

Zistiť stupeň využitia vody z retenčného priestoru a vody prestupujúcej do pokryvných útvarov na vyrovnanie odberu krasovej vody zo štruktúry nemožno v danom prípade iba sledovaním prírodných faktorov, a preto sa muselo využiť priame dlhodobé čerpanie.

Na porovnanie dosiahnutých výsledkov s prírodnými podmienkami, ktorých ukazovateľom je výdatnosť prameništia, uvádzame niektoré cha-

rakteristické hodnoty viacročného režimu pozorovania prameňa Pod Veľkou skalou (tab. 1).

Zo série hydrogeologických vrtov, ktorými sa overovali hydrogeologické pomery v mieste tohto prameništia, spĺňal podmienky na dlhodobú čerpaciu skúšku vrt R-8, hlboký 50 m, ktorý v celom profile zachytil silne zvodnenú vápencovú sutinu.

Čerpacia skúška sa konala od 15. 9. 1977 do 28. 2. 1978. Zasadou bolo odobrať z retenčných priestorov čo najväčšie množstvo krasovej vody pri maximálnom možnom znížení hladiny v odbernom objekte, ktoré bolo 10–12 m od pôvodnej hladiny.

Výdatnosť pri začatí čerpacej skúšky 15. 9. 1976 bola 50 l.s^{-1} a potom postupne klesala, ako to ukazuje nasledujúci prehľad:

23. 9. 1976	14	l.s^{-1}
6. 10. 1976	11,9	l.s^{-1}
30. 10. 1976	10,0	l.s^{-1}
10. 1. 1977	9,61	l.s^{-1}
28. 1. 1977	9,09	l.s^{-1}
18. 2. 1977	8,92	l.s^{-1}

Z podrobnej analýzy priebehu čerpacej skúšky, vyplynulo, že sa v jej počiatočných fázach vyčerpávali objemové zásoby z retenčných priestorov pod miestnou eróznou bázou a pod úrovňou povrchu pliocénnych sedimentov vyplňajúcich dolinu rieky Slaná. Prejavilo sa to poklesom výdatnosti z 50 l.s^{-1} na cca $12\text{--}15 \text{ l.s}^{-1}$. V ďalšej fáze sa už čerpali dynamické zásoby pre-

*Charakteristické hodnoty viacročného režimu pozorovania prameňa
Pod Veľkou skalou*

*Characteristic values several of years regime of observation for the spring near
Pod Veľkou skalou*

Tab. 1

Hydrolo- gický rok	300-denná voda l.s ⁻¹	Minimum v l.s ⁻¹	Maximum v l.s ⁻¹	Modus l.s ⁻¹	Vytečené množstvo v m ³
1971	1,0	0	860	1,0	1 450 742
1972	0	0	2750	1,0	1 647 388
1973	0	0	118	1,0	0 283 291
1974	0	0	3850	1,0	2 230 502
1975	0	0	2300	9,0	1 830 211

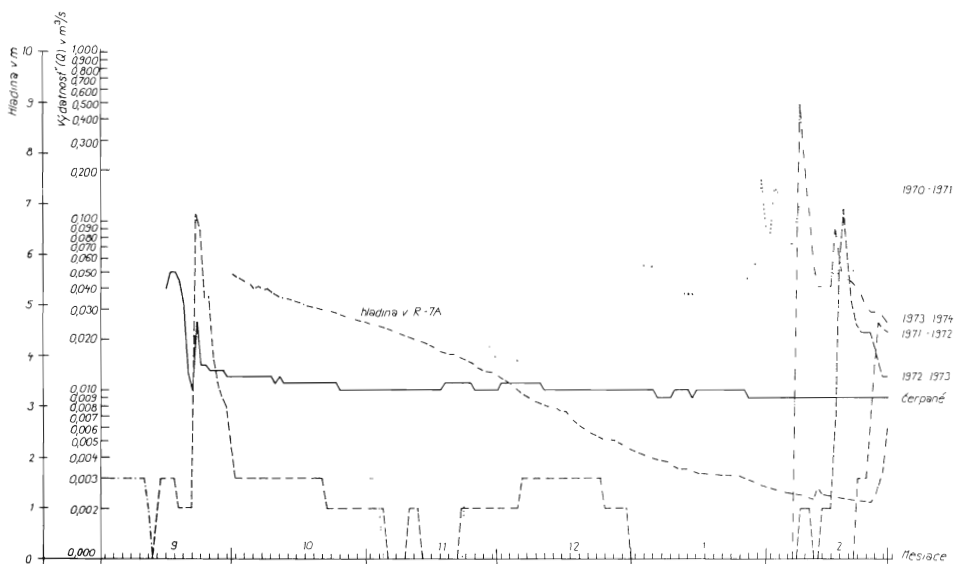
stupujúce z vápencového masívu do pokryvných útvarov — sutín. Postupné zapájanie širšej oblasti s dynamickými zásobami do obehu v bezzrážkovom období dokumentuje aj klesajúca tendencia hladiny podzemnej vody v blízkych pozorovacích objektoch. Klesajúca tendencia hladiny krasovej vody a súčasne aj výdatnosti sa skončili 27. 2. 1978 so zmenou klimatických pomerov a s nástupom zrážkového obdobia. Dá sa konštatovať, že sa čerpacia skúška konala v klimaticky veľmi priaznivom období. Zrážky takého charakteru a intenzity, ktoré by mohli doplniť objemové a dynamické zásoby, sa prakticky nevyskytli, a tak sa čerpacia skúška prejavila plynulým poklesom výdatnosti, ktorý bol odrazom postupného znižovania objemových a dynamických zásob krasovej vody v období, keď sa skoro nedopĺňali. Podľa dlhodobých pozorovaní zrážok zo zrážkomerných staníc Plešivec a Silica možno konštatovať, že

v podmienkach Slovenského krasu môže maximálna dĺžka obdobia, v ktorom sa využiteľné zdroje podstatnejšie nedopĺňajú, trvať 5—6 mesiacov. A to je dĺžka zhodná s dĺžkou čerpacej skúšky. Preto možno údaje pokladať za veľmi reprezentatívne. Množstvo vody, ktorým sa dá zlepšovať minimálna výdatnosť prameňa Pod Veľkou skalou, možno sledovať z celkového objemu vyčerpanej vody v tomto období.

september 1977	28 864 m ³
október 1977	29 505 m ³
november 1977	27 053 m ³
december 1977	28 130 m ³
január 1978	25 718 m ³
február 1978	22 017 m ³

Za celé obdobie čerpacej skúšky dovedna 161 300 m³.

Prínos odberu krasovej vody z retenčných priestorov a z dynamických prestupov podzemnej vody v zrážkovo suchom období vidieť



Obr. 2. Porovnanie výdatnosti prameňa Pod Veľkou skalou v septembri—februári 1970—1974 s množstvom čerpaným počas čerpacej skúšky vo vrte R-8 v roku 1976—1977

Fig. 2. Comparison of water yields obtained from the spring beneath the Veľká Skala hill in time interval February—September 1970—1974 with pumping test results from the R-8 well during the years 1976—1977

najmä z porovnania dosiahnutého výsledku s množstvom vody, ktoré v tom istom období (15. 9.—28. 2.) vytieklo z prameňa Pod Veľkou skalou v rokoch 1971—1975.

15. 9. 1971—28. 2. 1972	=	12 441 m ³
15. 9. 1972—28. 2. 1973	=	84 931 m ³
15. 9. 1973—28. 2. 1974	=	139 276 m ³
15. 9. 1974—28. 2. 1975	=	1 842 048 m ³

V porovnaní s objemom vyčerpanej vody (161 300 m³) predstavuje objem vytečenej vody z prameňa za obdobie:

15. 9. 1971—28. 2. 1972	iba 7,4 ‰
15. 9. 1972—28. 2. 1973	iba 52 ‰
15. 9. 1973—28. 2. 1974	iba 87 ‰

Atypické je obdobie od 15. 9. 1974 do 28. 2. 1975, keď z prameňa vytieklo až 1 842 048 m³, čo je o 1142 ‰ viac ako objem vyčerpanej vody. Je to mimoriadny prípad, ktorý bol odrazom povodne v októbri 1974.

Keď porovnáme objem vyčerpanej vody (161 300 m³) s celkovým vytečeným množstvom vody z prameňa Pod Veľkou skalou za jednotlivé hydrologické roky 1971 až 1975, vychádza nám, že objem vyčerpanej vody tvorí len časť množstva vody vytečenej z prameňa. To znamená, že každoročné dopĺňanie uvedeného vyčerpatelného množstva vody je reálne.

Priklad ukazuje, že pri takej dĺžke obdobia s minimálnymi zrážkami, aké bolo pri hodnotenej čerpacej skúške, možno prameň Pod Veľkou skalou v čase, keď sa jeho výdatnosť rovná nule, zlepšovať najmenej množstvom 9 l.s^{-1} . Pri jesenných dažďoch (vyskytujúcich sa najčastejšie v novembri) sa dĺžka obdobia s minimálnymi zrážkami skraca na polovicu, počas ktorej by výdatnosť od začatia odberu nemala poklesnúť pod $10\text{--}11 \text{ l.s}^{-1}$.

Množstvo vody, ktorým možno zlepšovať výdatnosť prameňa Pod

Veľkou skalou s nulovou hodnotou 300-dennej výdatnosti, je prínosom a obohatením využiteľných zdrojov podzemnej vody v oblasti Slovenského krasu.

Na takýto spôsob odberu krasovej vody sú priaznivé podmienky na rade lokalít Slovenského krasu v doline rieky Slaná, napr. v oblasti vyvieracky Vidová, prameň Pistrang (pstruhová vyvieracka pri Slavci), hradná vyvieracka (pri Brzotíne) a i.

Recenzoval E. Kullman

LITERATÚRA

- Bystrický, J. 1964: Slovenský kras — stratigrafia a Dasykladaceae mezozoika Slovenského krasu. *Bratislava, Slovenská akadémia vied*.
- Cibulka, L. — Šuba, J. 1972: Možnosti využitia podzemných vôd Slovenského krasu v oblasti Rožňava—Plešivec pre vodárenské účely. *Hydrogeologická štúdia. Manuskript — Správa vodných zdrojov Prešov pre VVaK Košice*.
- Hanzel, V. 1961: Hydrogeologické problémy výskumu krasových vôd. [Práca z aspirantského minima.] *Manuskript — PFUK Bratislava*.
- Homola, V. 1961: Geologické pomery Jasovskej plošiny v juhoslovenskom krasu. *Sbor. věd. prací Vys. šk. báň, v Ostravě*, 7.
- Kullman, E. 1964: Krasové vody Slovenska a ich hydrogeologický výskum. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 32.
- Kullman, E. 1977: Hydrogeologické a hydrodynamické hodnotenie podzemných vôd v puklinovom a puklinovo-krasovom prostredí. *Geol. práce, Spr. (Bratislava)*, 67.
- Nešvara, J. 1973: Deformace krasových masívů Západních Karpat. *Sbor. geol. věd, HIG*, s. 11.
- Orvan, J. 1974: Návrh na optimálne využitie podzemných vôd v oblasti Jasov—Hattiny—Moldava n. B. [Tematická úloha.] *Manuskript — Okr. závod VVaK Košice*.
- Orvan, J. 1979: Slovenský kras — prameň Pistrang, stanovenie ochranného pásma. *Manuskript — IGHP Žilina pre VVaK Košice*.
- Orvan, J. 1979: Slavec — hydrogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Žilina pre VVaK Košice*.
- Štein, F. 1973: Výskum technických parametrov vodárenského využitia krasových vôd — Výskum zmien akosti podzemnej vody — Východná časť Slovenského krasu. [Výskumná úloha.] *Manuskript — VÚV Bratislava*.
- Šuba, J. et al. 1973: Slovenský kras a Turnianska kotlina — vyhľadávací hydrogeologický prieskum. *Manuskript — IGHP Žilina*.

Mineralia slov.

12 (1980), 4, 331—342

Zmeny chemizmu minerálnej vody Slatina

ZORA BONDARENKOVÁ

IGHP, závod Bratislava, Geologická ul. 18, 834 38 Bratislava

(8 obr. a 2 tab. v texte)

Doručené 27. 3. 1980

Заметка к познанию режимных измерений химизма минеральной воды.

Чрезмерным откачиванием источников минеральной воды для завода Слатина в прошлом произошла деструкция этих источников, что способствовало понижению минерализации и содержания CO_2 в воде из источников С-II, С-7 а позже и Б-1.

Causes of water-chemistry changes of the Slatina mineral water

Excessive offtake of mineral water for the bottle-filling factory at the Slatina mineral well caused destruction of the utilizable source in the past. This led to vigorous decrease of water mineralization and that of carbon dioxide content in S-II and S-7 springs and later even in the B-1 spring. A hydro-geological prospection aimed at securing new sources satisfying qualitative demands in the immediate surroundings of the source area and bottle-filling factory. Two wells (BB-1 and BB-2) yield 3.0 l.s^{-1} mineral water recently which appear sufficient for the new bottle-filling factory completed in 1972.

Starý aj nový plniarenský závod Slatina sa nachádzajú asi 1 km na JZ od rovnomennej obce. Sú v bezprostrednej blízkosti prírodných výverov minerálnej vody pôvodne zachytených plytkými studňami. Boli známe ako prameň Kúpeľný, Viera, Ján a Čulý (J. H e n z e l

1951). Minerálna voda sa využívala na pitie a vo vaňových kúpeľoch a voda z prameňa Viera sa plnila do fliaš.

Po rekonštrukcii záchytných objektov vrtmi bol od roku 1957 v prevádzke vrt S-I a S-II, od roku 1965 sa využíval vrt S-II a S-7 a od

roku 1969 sa exploatoval aj nový vrt B-1, situovaný v bezprostrednej blízkosti starších objektov.

Zhoršenie kvality vody priamo vo výverovej oblasti viedlo k nevyhnutnosti zamerať sa pri vyhľadávaní nových zdrojov mimo tejto oblasti, ale v dosahu rozptylu CO_2 v pôdnom vzduchu, lebo ten indikuje blízkosť poruchových línií s výstupom minerálnej vody, resp. iba výstup CO_2 .

Vrty sa situovali podľa výsledkov plynometrie v širšom okolí planinského závodu. Aj keď prevažne ílovitý charakter hliny v poriečnej nive Štiavnice nie je na plynometrické merania optimálny, vrty v miestach anomálneho obsahu CO_2 v pôdnom vzduchu boli pozitívne.

Stručná geologická a hydrogeologická charakteristika

Vývery minerálnej vody sú na styku Ipeľskej pahorkatiny a Krupinskej planiny. Viazu sa na okraj poriečnej nivy Štiavnice v miestach jej zúženia vystupujúcim pruhom neogénu a starších hornín.

Na okraji tohto pruhu sa v poriečnej nive usadil morfológicky výrazný travertín.

Neogénne sedimenty sú náchylné k zosunom. V blízkosti Slatiny sú typické fosílné aj recentné morfológické tvary zosuvného územia.

Oblasť výverov minerálnej vody v Slatine je súčasťou „levickej žriedlovej línie“ (O. H y n i e 1963),

pásma kyseliek pri juhovýchodnom okraji neovulkanitov Krupinskej vrchoviny.

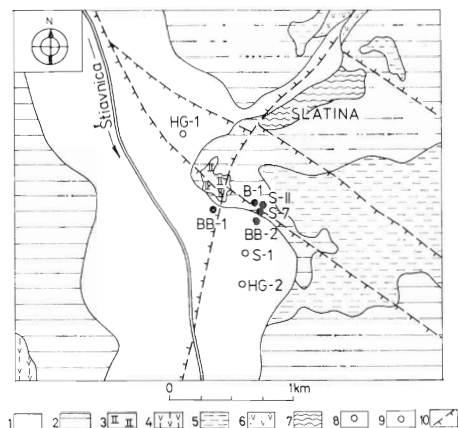
Prítomnosť kyseliek v celej žriedlovej línii je podmienená vyzdvihnutím komplexu paleozoických a mezozoických hornín v podloží neogénu a na povrch v tzv. santovsko-turovskom chrbte. Chrbát má priebeh smeru ZSZ—VJV, tektonicky ho ohraničujú a na čiastkové elevácie a depresie rozčleňujú priečne tektonické línie toho istého smeru.

Za najstaršie horniny v okolí Slatiny sa pokladajú permské arkózy. Vystupujú na povrch v Slatine a boli navŕtané v priestore zosuvného územia. Mezozoikum zastupujú spodnotriasové kremence. Ich prítomnosť sa zistila vo vrte S-II, S-7 a B-1 v hĺbke 7,5—8,3 m pod terénom a vo vrte BB-1 v hĺbke 33,8 m.

Nad nimi sú bádenské zlepence (vo vrte S-7 a BB-2). Ich prevŕtaná mocnosť je 1,3—2,1 m.

Báden ďalej zastupujú polohy tufitu, ílu a tufitického pieskovca. Tufity sú miestami kaolizované (vrt BB-2). Kvarterne uloženiny sú vyvinuté v priestore poriečnej nivy Štiavnice. Vo vrchných polohách ich tvorí hlina v mocnosti 2,0—5,7 m. Spodné polohy tvorí štrk, piesčitý štrk a silne zahlinený štrk s mocnosťou 2,0—6,0 m. Okraje poriečnej nivy sú lemované svahovými sedimentmi, hlinito-kamenistou sutinou a hlinou (obr. 1).

Hlavnými kolektormi minerálnej vody v Slatine sú spodnotriasové kremence a bádenské zlepence. Kremence sú charakteristické puklinovou priepustnosťou, sú silne tektonicky porušené a prestúpené hustou sieťou puklín. Bádenské zlepence sa vyznačujú pórovou prie-



Obr. 1. Geologická stavba okolia Slatiny (podľa R. Gabča 1979). Vysvetlivky: 1 — fluviálne uloženiny Štiavničky (hľina, štrk), 2 — hľina, hlinito-kamenistá sutina, 3 — travertín — kvartér, 4 — tufit, tufitický pieskovec, 5 — pelitický tufit, 6 — piesčitý tufit a tufitický piesok — stredný bádén, 7 — pestré bridlice, arkózy — perm, 8 — hydrogeologické vrty s minerálnou vodou, 9 — hydrogeologické vrty s obyčajnou vodou, 10 — tektonické línie

Fig. 1. Geological structure of the Slatina mineral water spring surroundings (according to R. Gabčo 1979). Explanations: 1 — fluvial deposits of the Štiavnica brook (loam and gravel), 2 — loam, loam-stony debris, 3 — travertine, Quarternary, 4 — tuffite, tuffaceous sandstone, 5 — pelitic tuffite, 6 — sandy tuffite and tuffaceous sand, Middle Badenian, 7 — variegated shale, arcose, Permian, 8 — hydrogeological well with common water discharge, 10 — tectonic line

pustnosťou. Obidvom hlavným kolektorom tvorí bádén v ílovom a tufitovom vývoji artézsky strop. Tam, kde je bádén v pelitickom vývoji v malej mocnosti a v blízkosti poruchových línií, umožňuje svojou netesnosťou výstup minerálnej vody na povrch v prírodných výveroch alebo jej rozptýl do podzemnej

vody kvartérnych uloženín.

Kvartérne uloženiny sú kolektorom obvyčajnej vody, ktorá má v dôsledku pomerne mocného hlinitého pokryvu štrku mierne napätý charakter.

Zhrnutie výsledkov starších prác

Z doterajších prieskumov okolia Slatiny vychodia rozdielne náhľady na pôvod a infiltračnú oblasť kyselky. L. Ivan (1952) vidí pôvod minerálnej vody v Slatine a na ostatných miestach prameňových výverov „levickej žriedlovej línie“ vo vystupujúcom mezozoickom pruhu, ktorý je poruchovým pásmom umožňujúcim obeh a výstup minerálnej vody na povrch. Za infiltračnú oblasť pokladá vulkanity Štiavnických vrchov a Krupinskej planiny.

M. Mahel (1952) vysvetľuje pôvod vody „levickej žriedlovej línie“ z hydrogeochemického a geotektonického hľadiska. Na základe vysokej mineralizácie vody a prevládajúceho podielu hydrokarbonátov alkalických zemín a alkálií, chloridov a sulfátov či alkálií vyslovuje otázku, či nejde sčasti o naftovú vodu. Aj keď chemické zloženie pripúšťa genetickú spätosť s naftovou vodou, nevylučuje ani to, že by to mohla byť vadózna voda, získavajúca mineralizáciu pri styku s prostredím obehu.

Podrobnejšie hodnotenie minerálnej vody v Slatine uvádza O. Hynie (1957) v súvislosti s hodnotením vrtu S-7. Prínosom jeho práce je zistenie, že sú zdodené bazálne bádenské zlepenice i spodnotriasové kremence. Prítok minerálnej vody do kolektorov, ktoré považuje za súvisle zdodené, predpokladá z hlbkového pásma jej tvorby, a to s tým, že ide o pôvodnú vodu karbonatických komplexov, ktorá sa pri prestupe neogénnym súvrstvím metamorfuje. Žriedlovú štruktúru Slatiny pokladá za plytšiu ako ostatné v „levickej žriedlovej líni“. Toto tvrdenie opiera o nižšiu mineralizáciu minerálnej vody

a jej väčšiu výdatnosť v porovnaní s ostatnými studenými kyskami tejto línie.

Režimové sledovanie chemizmu minerálnej vody zo zdroja S-7 poukázalo na jej značnú chemickú nestálosť (obr. 2). V roku 1964 sa vykonal výskum stability hydrochemických vlastností zdroja s cieľom stanoviť podmienky jeho maximálnej využiteľnosti bez ohrozenia kvality vody (J. Dvořák — J. Konopáč 1965).

Autori urobili záver o rozličnej dotácii zdrojov S-II a S-7 a zdôvodňujú to vyššou mineralizáciou vody z S-II ako z S-7, v ktorom predpokladajú výraznejší prítok vody z mezozoika. Ďalej uvádzajú, že pri odbere 1 l.s⁻¹ bol chemizmus ustálený v hodnotách znamenajúcich zvýšenie kvalitu minerálnej vody ako stolovej. Podľa celkového vývoja chemizmu predpokladajú, že pri zvýšenom odbere bude pravdepodobne rásť podiel minerálnej vody z mezozoika, t. j. bude sa znižovať obsah „slaných“ zložiek vody. Poukazujú na to, že ide o miešanie dvoch typov vody s rozličným prostredím obehu, ale nie o metamorfózu, ako to predpokladal O. Hynie.

Poznatky z najnovších prieskumných prác

Nový vrt BB-1 a BB-2 (obr. 1) zachytili minerálnu vodu v hĺbke 33,5 a 31,6 m. V obidvoch vrtoch je voda slabo až stredne mineralizovaná, typu HCO₃—Cl—Na—Ca a so zvýšeným obsahom lítia, hypotonická studená. Obsah CO₂ sa pohyboval okolo 1600—2600 mg/l. Čerpacej skúšky overili výdatnosť vrtu BB-1 2,5 l.s⁻¹, BB-2 3,17 l.s⁻¹ a na odber sa odporučilo 3,0 l.s⁻¹, a to na základe porovnania hladiny podzemnej vody nových vrtov a využívaného vrtu B-1.

Erupcie vo vrtoch počas prieskumných prác (obr. 3) jednoznačne ukázali na vzájomné prepojenie všetkých zdrojov. Toto prepojenie pri súčasnom využívaní BB-1, BB-2 a B-1 postupne viedlo k úplnej deštrukcii zdroja B-1 (obr. 4).

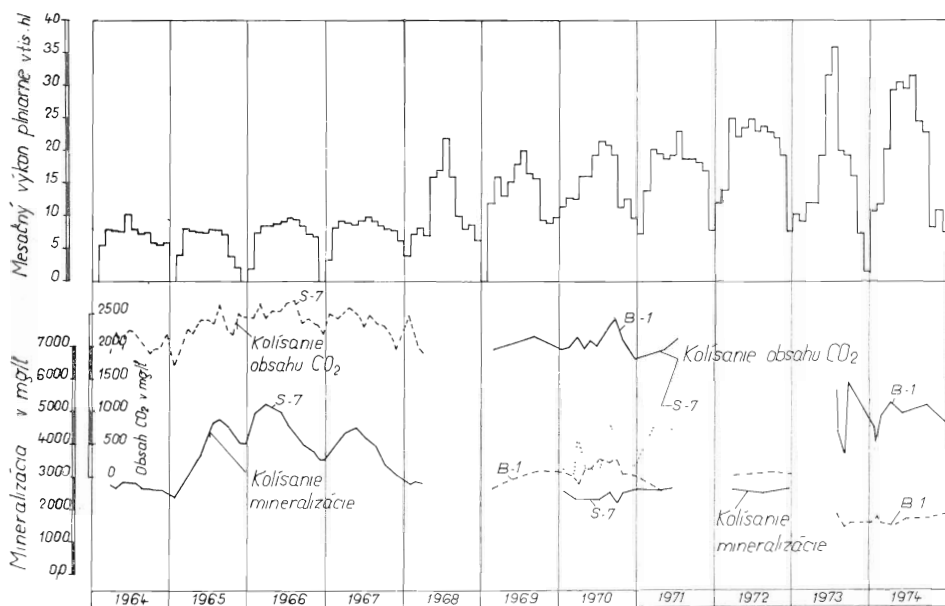
Už počas čerpacích skúšok sa zistilo aj kolísanie chemizmu minerálnej vody z nových objektov. Najvýznamnejšie zmeny sa prejavili pri vode z vrtu BB-2 až počas jeho exploatacie. Spolu so znižovaním hladiny podzemnej vody sa evidentne znižoval obsah CO₂ v odčerpávanej vode. Pri čerpacej skúške pri tlaku 0,04 MPa na ústí vrtu spontánne unikal plyn v množstve 0,2—2 m³/hod. Po dlhšej exploatacii sa plyn prestal uvoľňovať a aj obsah CO₂ vo vode poklesol na 1200 mg/l.

Hydrodynamický výskum vrtov v roku 1975 poukázal na výraznú labilnosť plynového režimu vo vrte BB-2. Pri dvojfázovom prúdení, ktoré sa v kolektore minerálnej vody zistilo, to môže viesť k zmene priepustnosti v zmesi voda — plyn.

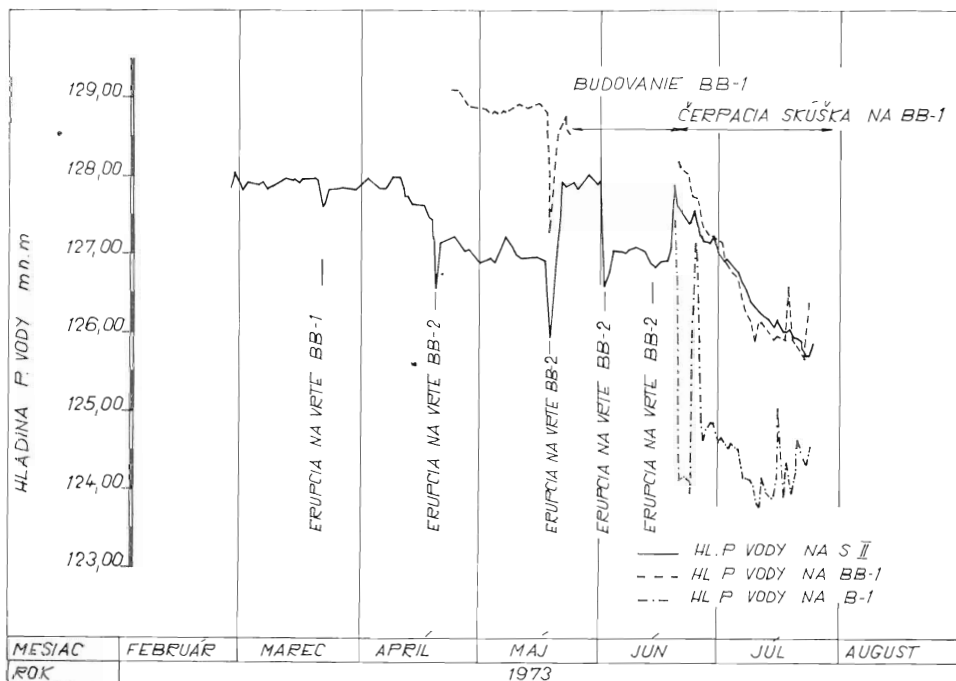
Zmeny chemizmu minerálnej vody

Pri hodnotení zmien chemizmu sa vychádza zo sledovania všetkých zdrojov, pričom sú tendencie zmien rovnaké. Podrobnejšie sú spracované výsledky sledovania vrtu BB-1 a BB-2.

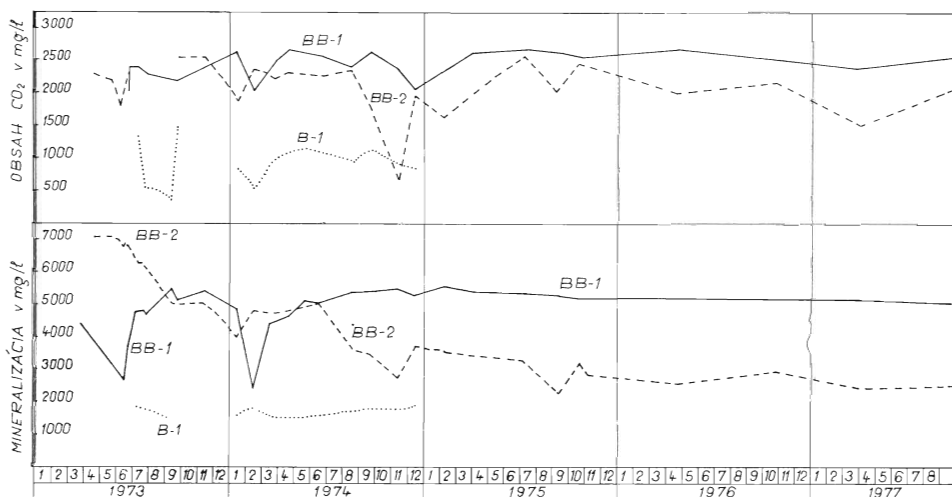
V tab. 1 sú krajné zistené koncentrácie rozpustených látok vo vodách. Súčasne sa uvádzajú rozbor



Obr. 2. Grafické spracovanie režimových pozorovaní zdrojov S-7 a B-1
 Fig. 2. Graphical presentation of regime observations of S-7 and B-1 wells



Obr. 3. Vzájomné ovplyvňovanie vrtu B-1, BB-1 a BB-2 pri erupciách
 Fig. 3. Mutual influences of B-1, BB-1 and BB-2 wells at eruptions



Obr. 4. Grafické spracovanie režimových pozorovaní zdrojov B-1, BB-1 a BB-2

Fig. 4. Graphical presentation of regime observations of B-1, BB-1 and BB-2 wells

minerálnej vody z vrtu ŠV-8 v Dolných Semerovciach (v blízkosti Slatiny) z permu a verfénu z hĺbky okolo 500 m. Porovnanie analýz vody z vrtu BB-2 a ŠV-8 vyvracia niektoré náhľady z predchádzajúcich prác. Treba uviesť, že zistenie vody z vrtu BB-2 z bádenských klastík s obdobným chemickým zložením ako vo vrte ŠV-8 vylučuje úvahu o prítoku vody rozličného chemického zloženia z mezozoika a neogénu a zároveň aj úvahu o metamorfóze tejto vody.

Zároveň poukazuje na to, že zmeny chemizmu treba dávať do súvislosti s hydrodynamickými zmenami pri odbere vody s možnosťou riedenia minerálnej vody obyčajnou vodou z kvartéru poriečnej nivy Štiavnice. Kvartérne uloženiny vykazujú veľmi priaznivé zvodnenie. Výdatnosť vrtov sa

pri znížení hladiny podzemnej vody o 2,5 m pohybuje okolo 10–12 l. s⁻¹.

Preukázaná súvislosť zdrojov v rozličnej pozícii voči zisteným tektonickým líniam (obr. 1) a 20–22 m mocná poloha izolátorov v nadloží vrtov BB-1 a BB-2 vylučujú existenciu medzivrstvového pretekania a potvrdzujú predpoklad o priepustných poruchových líniah, umožňujúcich vzájomnú komunikáciu vôd kvartéru a minerálnej vody. Rozptyl minerálnej vody v kvartéri sa tesne viaže na priebeh poruchových líní.

Z prieskumných prác na zabezpečenie zdrojov obyčajnej vody v poriečnej nive Štiavnice (vrtý HG-1, HG-2) sa získali údaje o jej chemizme (tab. 2) a použili sa v schéme riedenia vody (obr. 5).

Z obrázku je zrejmé riedenie mi-

Medzné zistené koncentrácie rozpustených látok v minerálnej vode v Slatine
Marginal ascertained concentrations of diluted matters in mineral water at Slatina

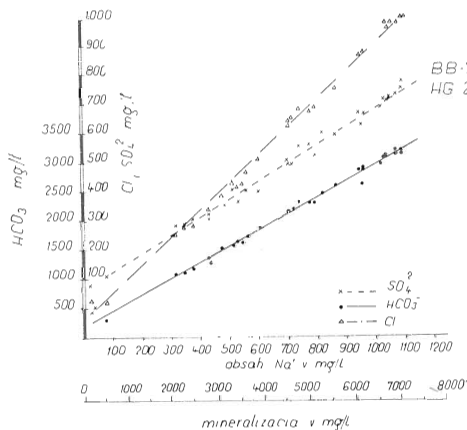
Tab. 1

Otsah zložiek mg/l	Označenie zdroja									
	S-7		B-1		BB-1		BB-2		ŠV-8	
	max	min	max	min	max	min	max	min	perm	verfén
Mineralizácia	3378,0	2411,0	3128,0	1482,3	5572,5	2445,7	7090,0	2299,0	6925	7027
Na ⁺	860,0	310,0	384,0	154,4	819,3	336,0	1090,2	347,8	1231,1	1302,1
K ⁺	158,0	96,0	100,0	37,2	161,6	92,5	216,0	75,0	82,0	120,0
Ca ²⁺	418,7	204,4	275,7	147,5	407,21	195,7	539,0	210,4	440,9	370,7
Mg ²⁺	122,1	60,8	92,4	46,7	152,7	65,4	168,3	39,5	206,7	243,2
Cl ⁻	784,7	254,2	258,6	138,2	766,0	283,1	1010,0	251,7	1098,9	1169,8
SO ₄ ²⁻	577,0	265,5	374,0	181,9	593,8	267,4	783,5	286,8	791,3	822,2
HCO ₃ ⁻	2366,5	1164,5	1628,7	738,3	2587,2	1152,7	3179,0	1085,8	3010,3	2970,7
CO ₂	2480	1731,2	2083	359,0	2661,5	2035,0	2200	2057,7	—	—
Br ⁻	—	—	—	0	4,0	2,0	3,0	0,49	—	—
J ⁻	—	—	—	0	0,25	stopy	0,30	0,006	—	—
H ₂ SiO ₃	—	—	—	20,76	14,92	41,54	41,54	22,75	—	—
HBO ₂	—	—	—	8,70	37,5	14,5	34,9	6,5	—	—
Teplota °C	16	16	15	16	15	17	16	16	—	—
S _I	46,8	40,0	36,2	38,97	44,52	41,5	46,34	42,34	49	50,7
A _I	10,0	10,5	11,28	4,10	12,43	11,7	11,73	12,88	8,38	9,7
A ₂	42,4	48,1	52,10	56,89	43,01	45,60	41,90	44,54	40,2	37,4

Chemické zloženie obyčajnej vody kvartéru Štiavnice v Slatine
Chemical composition of ordinary water from Quartnary of Štiavnica brook at Slatina

Tab. 2

Obsah zložiek mg/l	Označenie zdroja					
	Studňa pri trati		HG-1		G-2	
	mg/l	mval ‰	mg/l	mval ‰	mg/l	val ‰
Mineralizácia	641,62	—	776,9	—	653,13	—
Na ⁺	54,60	25,37	26,0	11,3	80,0	55,6*
K ⁺	15,40	—	6,0	—	28,0	—
Ca ²⁺	71,14	40,99	121,44	60,6	42,08	27,8
Mg ²⁺	28,45	27,14	31,37	25,82	14,35	15,62
Cl ⁻	25,56	8,36	27,16	7,6	20,92	7,7
SO ₄ ²⁻	129,29	31,24	74,89	15,49	109,45	30,1
HCO ₃ ⁻	317,20	60,39	469,8	76,46	286,80	62,08
pH	8,15	—	6,85	—	6,85	—

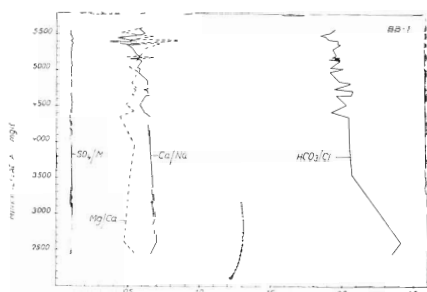


Obr. 5. Schéma riedenia minerálnej vody
Fig. 5. Dilution scheme of mineral water

nerálnej vody obyčajnou vodou, pokiaľ ide o zložky HCO₃⁻ a SO₄²⁻. Obr. 6 a 7 spolu s predchádzajúcim dokumentujú stálosť pomeru SO₄²⁻/M, relatívne malý rozptyl koeficientov

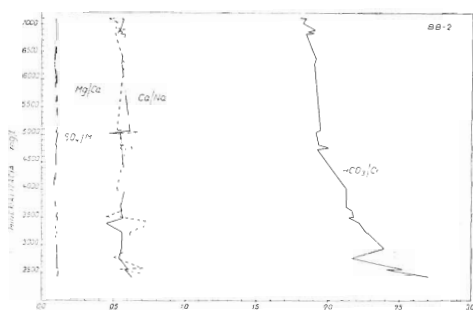
Mg²⁺/Ca²⁺ a Ca²⁺/Na⁺. Na druhej strane je zrejmé, že sa zo schémy riedenia vymyká obsah Cl⁻ a vzájomný pomer HCO₃⁻/Cl⁻. Nevýrazná zmena tohto pomeru je pri vode z vrtu BB-2 pri mineralizácii okolo 4500 mg/l, výraznejšia zmena vody oboch vrtov je pri mineralizácii okolo 2500 mg/l, keď sa na výdatnosti vrtu zúčastňuje voda z kvartéru v pomere 1 : 1 až 1 : 2—3. Kvartérna voda, pokiaľ sa v prevažujúcom zastúpení zúčastňuje na výslednom chemizme, ovplyvňuje pomer HCO₃⁻/Cl⁻ vo vzťahu k Na⁺ tým, že sa prítomné ióny Na⁺ viažu vo forme Na HCO₃.

Zistené zmeny chemizmu podzemnej vody v závislosti od znižovania hladiny podzemnej vody pri exploatacii zdrojov BB-1, BB-2 sú



Obr. 6. Zmeny hydrochemických koeficientov v závislosti od zmien mineralizácie vody z vrtu BB-1

Fig. 6. Changes in hydrochemical coefficients depending on mineral water chemistry changes of BB-1 wells



Obr. 7. Zmeny hydrochemických koeficientov v závislosti od zmien mineralizácie vody z vrtu BB-2

Fig. 7. Changes in hydrochemical coefficients depending on mineral water chemistry changes of BB-2 wells

na obr. 8. Rozdiely v chemizme vody sledovaných zdrojov treba dávať do súvislosti s litologickým vývojom kvartéru, a teda aj so stupňom jeho zvodnenia, odlišným v priestore obidvoch vrtov.

Pokles mineralizácie vo vode z vrtu BB-2 nastáva pri poklese hladiny podzemnej vody počas exploatacie pod úroveň hladiny pod-

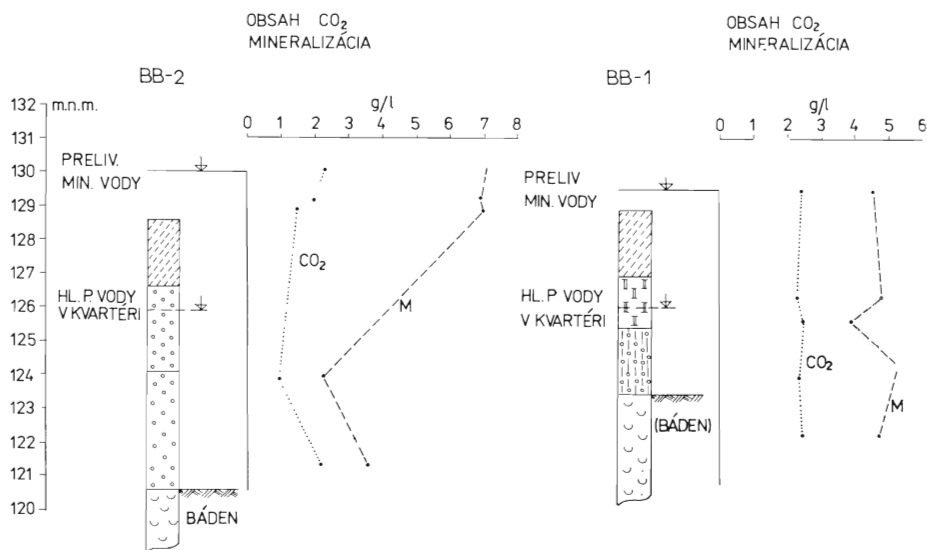
zemnej vody v kvartéri. Preto nastáva výraznejší prítok obvyčajnej vody a riedenie minerálnej vody. Vzhľadom na to, že už v kolektore ide o dvojfázové prúdenie, so zvyšovaním výdatnosti sa na úkor vyššieho prítoku z kvartéru znižuje aj obsah CO_2 v čerpanej vode.

Ďalšie riedenie možno predpokladať až dotedy, pokiaľ hladina podzemnej vody pri exploatacii nedosiahne bázu kvartéru.

Aj keď sa pri vrte BB-1 zaznamenal ojedinelý výkyv v mineralizácii vody, ide o ustálenejší režim. Napriek tomu, že aj tu hladina podzemnej vody pri exploatacii poklesla pod úroveň hladiny podzemnej vody v kvartéri, vplyv riedenia nie je výrazný. Pri tomto vrte možno predpokladať, že pri ďalšom zvyšovaní výdatnosti a znížení hladiny podzemnej vody podstatná zmena v chemizme ani v obsahu CO_2 v čerpanej vode nenastane.

Pokusné zvýšenie odberu vody z vrtu BB-2 na $4,5 \text{ l.s}^{-1}$, sprevádzané ďalším poklesom hladiny podzemnej vody vo vrte, potvrdilo predpoklad o vývoji zmien chemizmu. Pri čerpaní vody z úrovne blízkej báze kvartéru sa začal chemizmus vody opäť meniť, a to tak rastom mineralizácie, ako aj obsahom CO_2 . Súčasne s tým sa zaznamenal ďalší pokles hladiny podzemnej vody vo vrte BB-1, a to bez podstatnej zmeny mineralizácie čerpanej vody a obsahu CO_2 .

Poznanie tendencie vývoja zmien chemizmu vody odčerpávaných



Obr. 8. Zmeny mineralizácie a obsahu CO₂ vo vzťahu k zníženiu hladiny podzemnej vody

Fig. 8. Changes in mineralization and carbon dioxide content depending on the lowering of the ground-water level

zdrojov umožňuje upraviť režim exploatacie tak, že pri kvantitatívne vyhovujúcich parametroch čerpanej vody zo zdroja BB-2 a dostatočnej kapacity pre plniarenskú prevádzku možno zdroj BB-1 dočasne vyradiť z odberu, aby sa regeneroval, ako aj opačne.

Záver

Praktické výsledky z režimových pozorovaní chemizmu minerálnej vody exploatovaných zdrojov pre plniarenský závod Slatina všeobecne poukazujú na nevyhnutnosť zabezpečiť na všetkých exploatovaných lokalitách minerálnej vody režimové merania parametrov ur-

čujúcich kvalitu čerpanej vody, ako aj výdatnosť zdrojov a hladinu podzemnej vody spolu so sledovaním celkového odberu vody.

Pri minerálnej vode je táto požiadavka dôležitá aj preto, že v relatívne krátkom období prieskumných prác spravidla nemožno postihnúť všetky zmeny závisiace od časového faktora.

Závažnosť požiadavky vystupuje do popredia najmä tam, kde sa bezprostredne po vykonaní prieskumných prác zdroje exploatujú, pričom sú podmienky exploatacie zvyčajne od čerpacích skúšok odlišné a sú často ďalším faktorom ovplyvňujúcim kvalitu exploatovanej vody.

Recenzoval P. Tkáčik

LITERATÚRA

- Dvořák, J. — Konopáč, J. 1965: Stabilita zdroje kyselky ve Slatině za střídavého odběru čerpáním pro plnírnu. *Manuskript*.
- Henzel, J. 1951: Balneologia Slovenska. *Bratislava, VSAV*.
- Gabčo, R. 1979: Geologická stavba územia na rozhraní Podunajskej nížiny a Ipeľskej kotliny. [Rigorózna práca.] *Manuskript — PFUK Bratislava*.
- Hyníe, O. 1957: Hydrogeologický posudek o výsledku vrtného průzkumu minerálních zřídél ve Slatině u lázní Dudinců v roce 1957, s pokusy o získání pitné vody pro plnírnu. *Manuskript — Západoslovenské žriedla Santovka*.
- Hyníe, O. 1963: Hydrogeologie ČSSR. Díl 2. Minerální vody. Praha, VČSAV.
- Ivan, L. 1952: Geologická stavba a minerálne pramene okolia Levíc. *Geol. práce, Zoš. (Bratislava), 32*.
- Mahel, M. 1952: Slané vody pri južnom okraji Krupinskej vrchoviny. *Geol. práce, Zoš. (Bratislava), 32*.

Causes of water-chemistry changes of the Slatina mineral water

ZORA BONDARENKOVÁ

The Slatina mineral water spring is utilized long ago for bottle-filling purposes. In the course of exploitation from the S-II, S-7 and B-1 wells, a pronounced change in water-chemistry appeared by the decrease of total mineralization and of carbon dioxide content of the trapped water. New prospection aimed at securing new sources satisfying qualitative demands. Besides that, causes of decreased water mineralization were explained by the evaluation of water regime measurements during the hydrogeological investigation proper and also using older data obtained during the exploitation. These data allowed to predict changes in water mineralization depending on fluctuations of ground-water level in Quarternary deposits of the area.

Changes in water mineralization were assumed from data of new wells (BB-1 and BB-2) whereas general tendencies in changes were assumed in all sources to be similar. The original water chemistry data and changes after the realization of both new wells, on the basis of trapping and pumping tests, allowed

to ascribe the water mineralization changes to changes in hydrodynamics of the area imposed by water offtake. The main cause lies in the possibility of mineral water dilution by common ground-water from Quarternary deposits. Ascertained permeable tectonic lines which disturb the geological structure in the immediate surrounding of wells, enable mutual interconnection of mineral water regimes to the common ground-water ones.

The evaluated dilution scheme is proved by constant ratios of $\text{SO}_4^{2-}/\text{M}$ and by only slight scattering of $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ and $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+$ coefficients. These data point to the dilution of mineral water by common ground-water sources.

Differences ascertained in the BB-1 well, where the water chemistry appears more constant as it is in the BB-2 well, are caused by different lithological development of Quarternary sediments in the sites of both wells.

An analysis of ground-water level decrease during the exploitation and that of the water chemistry changes allowed to assume the main influence on mineral

water dilution. This is caused by the decrease of mineralized ground-water level below the surface of the common ground-water. Due to the presence of double-phase seepage flow already within the collector of the mineral water, its carbon dioxide content diminishes due to the increased trapping and also due to higher discharge of common ground-

water from the Quarternary deposits. Therefore a further deterioration of the water offtaken from the BB-2 source may be supposed until the common water offtaken from the BB-2 source beneath the base of Quarternary deposits in the area.

Preložil I. Varga

Dutiny pod dnom hornej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh

VILIAM NEVICKÝ

IGHP, n. p., závod Žilina, Rajecká cesta, 010 51 Žilina

(1 obr. a 4 foto v texte)

Doručené 12. 3. 1980

Пустоты на дне верхней плотины Чёрный Ваг

ПВЕ Чёрный Ваг принадлежит к редким постройкам в Чехословакии. Её верхний бассейн содержащий 3,6 миллиона м³ воды находится на доломитах и известняках содержащих много выщелоченных пустот. В течении геологоразведочных работ пустоты были обнаружены но не очень чётко определены. После очистки пород на дне водохранилища, еще перед запуском воды, эти пустоты разведовались более детально. Пробурилось почти 500 буровых скважин глубиной до 15 м. Было обнаружено и ликвидировано всего 53 пустоты с объёмами над 2 м³.

Cavities under the Čierny Váh pumped-storage power plant upper reservoir

The Čierny Váh pumped-storage power plant belongs, from several viewpoints, to unique hydro-electric power plants in Czechoslovakia. Its upper reservoir of 3.6 million cubic metres capacity is founded in karstified dolomite and limestone. The engineering-geological survey preceeding the construction ascertained karst phenomena but not of particular intensity in the reservoir site. After the remove of the rock mass for the projected reservoir, cavities attaining several tens of cubic metres were found to occur at the reservoir bottom. Contemporaneously with ongoing construction, a complementary survey aimed at identification and maintenance of cavities. The survey used geophysical measurements and coreless drilling. Almost 500 drill-holes have been realized to average 15 m depth. A total amount of 53 cavities with volume over 2 m³ ascertained and subsequently maintained.

Neveľká náhorná plošina pri kóte 1172 m n. m.) na rozvodnici povodia Bieleho Váhu a Čierneho Váhu na severných svahoch

Nízkyh Tatier je morfológicky vhodným miestom na vybudovanie hornej nádrže PVE Čierny Váh.

Nadmorská výška územia náhornej plošiny bola pred započatím stavebných prác 1130—1162 m n. m. a jej priemerný generálny sklon na S bol okolo 6°. Projektovaná a skutočná kóta dna nádrže je 1131 m n. m. Inžinierskogeologický prieskum prebiehajúci v niekoľkých etapách sa realizoval z povrchu terénu 29 m nad dnom budovanej nádrže. To čiastočne sťažilo najmä geofyzikálne merania uskutočnené pred etapou podrobného prieskumu. Ovplyvnilo to aj možnosť priamo dokumentovať geologické prostredie pomocou šachtíc, z ktorých len malá časť dosiahla úroveň projektového dna. Vychádzalo sa totiž zo všeobecne prijatej zásady, že sa smerom do hĺbky charakter horninového prostredia zlepšuje. Ale v danom prípade sa tento predpoklad, ako uvádzame ďalej, ukázal ako nesprávny.

Výsledky inžinierskogeologického prieskumu

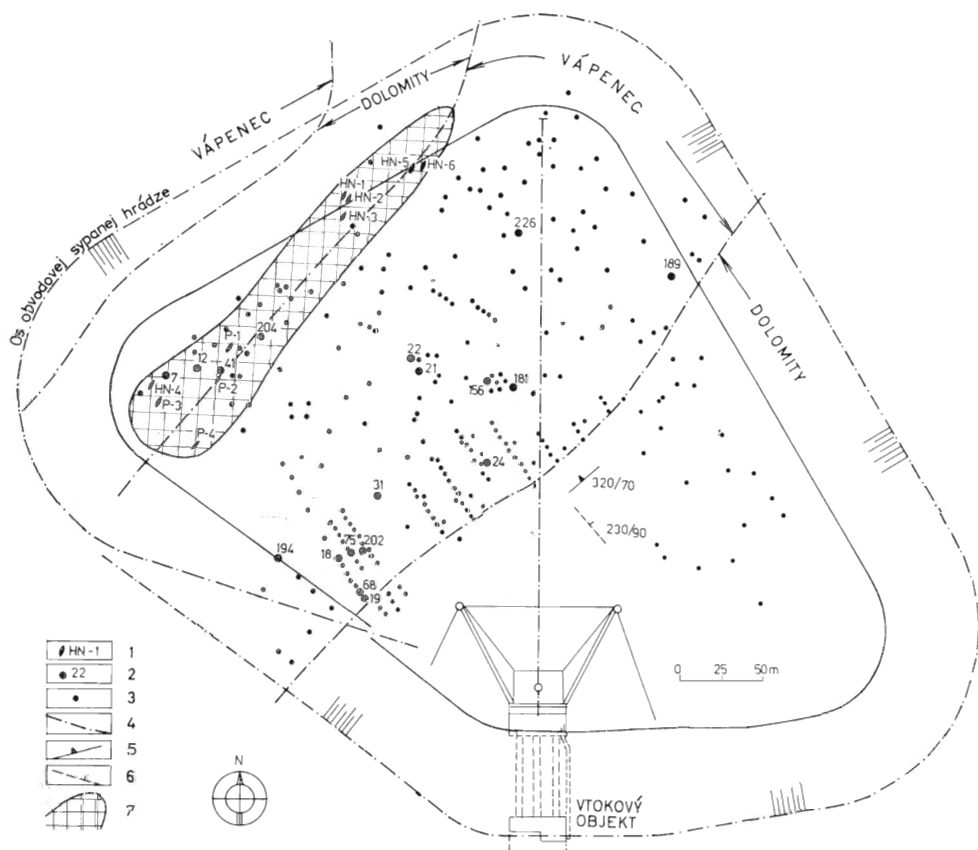
Územie hornej nádrže budujú kvartérne sedimenty priemerne do 3 m, ojedinele do 15 m, a z hľadiska opisovanej problematiky nemajú väčší význam. Pod kvartérom je vrchnotriasový dolomit a vápence liasu. Dolomit pokrýva 40 % plochy nádrže a pri prieskume sa charakterizoval ako navetraný, silne porušený, veľmi rozpukaný až po-

drvený, krehký, silne rekryštalizovaný, s brekciovitou štruktúrou a s malými stopami skrasovania. Vápence, ktorých styk s dolomitom je tektonický a budujú ostatných 60 % podzákladia hrádze (obr. 1), sú horninovým prostredím s najväčším množstvom zistených krasových javov. Prieskum hodnotil vápenec ako navetraný, pevný, jemnokryštalický až hrubokryštalický, tenkolavicovitý až hrubolavicovitý, silne tektonicky porušený, s puklinami, trhlinami a medzivrstvovými špármi vyplnenými zátekmi kvartérnej ílovej hliny a úlomkov do hĺbky niekoľko desiatok m (foto 1).

Pri nalievacích skúškach sa vo vrtoch najmä v hlbších etážach zistila vysoká priepustnosť prostredia a interpretovala sa ako otvorené tektonické trhliny a dutiny, príp. kaverny. To si vyžiadalo doplnkový



Foto 1. Stupeň porušenia vápencov vo východnej stene hornej nádrže
Photo 1. Grade of limestone disruption in the east wall



Obr. 1. PVE Čierny Váh — horná nádrž. Vysvetlivky: 1 — dutiny zistené stavebnými prácami, 2 — dutiny zistené overovacími vrtmi, 3 — podstatná časť overovacích vrtov, 4 — rozhrania horninových typov, 5 — priemerná vrstvitosť v severozápadnej polovici územia, 6 — priemerné plochy puklin, 7 — priestor maximálneho výskytu dutín (vyplnených a nevyplnených)

Fig. 1. PVE Čierny Váh — upper basin. Explanations: 1 — cavities ascertained by building works, 2 — cavities ascertained by exploratory boreholes, 3 — essential parts of exploratory boreholes, 4 — boundary of rock types, 5 — average stratification in NW half of the area, 6 — average planes of joints, 7 — space of maximum occurrence of cavities

prieskum na detailné overenie príčin vysokej priepustnosti podložia a rozsahu signalizovaných krasových javov.

Doplňkový prieskum krasových foriem bolo treba vykonať počas stavebných prác, a to po vylámaní

hornín po projektované dno nádrže.

Aby sa nenarušilo plnenie harmogramu výstavby PVE Čierny Váh, museli sa použiť metódy prieskumu identifikujúce tektonické poruchy, dutiny, resp. kaverny čo najrýchlejšie.

Výskyt krasových foriem v takom rozsahu bol aj napriek náznakom a zisteniam pri predchádzajúcich prieskumných prácach istým prekvapením.

Dutiny a ich vplyv na výstavbu nádrže

Pri výkopových prácach na úrovni projektového dna nádrže (1131 m n. m.) sa v apríli 1977 pod násypom hrádze zistili podzemné dutiny HN-1 a HN-2 (foto 2 a 3). Dutiny boli široké okolo 1 m a hlboké viac ako 7 m.

Pri prerokúvaní návrhov na riešenie sa odporučila tamponáž dutín riedkou cementovou zmesou. Na vyplnenie dutiny HN-1 sa spotrebovalo 22,2 m³ a HN-2 8,0 m³ zmesi. Pri stavebných prácach v júni 1977 sa pod kontrolnou drenážnou chodbou zistila HN-3 s kruhovým prierezom $\varnothing$ 3 m a hĺbkou 30 m. Bola priamo dostupná a speleologicky ju zdokumentovali pracovníci Správy slovenských jaskýň. Odstránila sa obdobným spôsobom ako predchádzajúce, pričom spotreba cementovej zmesi bola 150 m³.

Po zistení dutiny HN-3 (foto 4) bolo prijaté rozhodnutie urýchlene vykonať doplňujúci prieskum celého priestoru hornej nádrže. Jeho cieľom bolo overiť lokalizáciu ďalších podzemných priestorov, zistiť ich objem a odstrániť ich. Riziko havárie pri prípadnom ponechaní podzemných dutín pod dnom nádrže by bolo reálne.

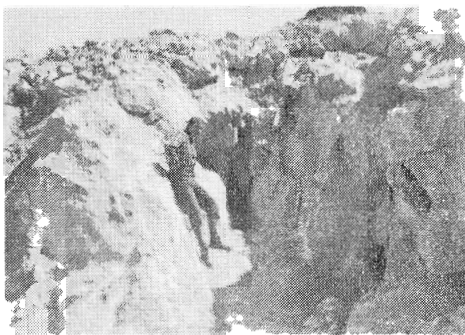


Foto 2. Dutina HN-1 — vstup
Photo 2. Cavity HN-1 — entrance



Foto 3. Dutina HN-2
Photo 3. Cavity HN-2



Foto 4. Dutina HN-3
Photo 4. Cavity HN-3

Horná nádrž má asfaltovo-betónové tesnenie dna i svahov, aby sa zabránilo akémukoľvek úniku vody z nádrže. Možné presakovanie by znamenalo nielen ekonomickú stratu (pre nevyužitie prečerpanej vody), ale mohlo by vzhľadom na geologický charakter podzákladia a materiálu násypov vyvolať aj veľký sufózný účinok, a tak viesť ku vzniku porúch a k narušeniu stability násypových či prirodzených svahov.

Voda v nádrži bude značiť veľké statické zaťaženie dna (výška hladiny 26 m) a bude mať veľmi nepriaznivé dynamické účinky — kolísanie hladiny $2 \times$ denne o 25 m. Je zrejmé, že podzemné dutiny pod dnom nádrže by pôsobením statického či dynamického zaťaženia mohli porušiť asfaltovo-betónové tesnenie, ako aj ďalšie konštrukčné vrstvy. To by viedlo k strate vody z nádrže a prípadne ďalším negatívnym prejavom, a to napriek tomu, že pod celým dnom nádrže je vybudovaný kontrolný drenážny systém.

Bolo nevyhnutné zvoliť metodiku zaručujúcu čo najväčší úspech pri vyhľadávaní dutín, pretože aj jediná nezistená dutina „väčších“ rozmerov by mohla spôsobiť veľké škody.

Metodika prieskumu a docielené výsledky

Pri návrhu metodiky prieskumných prác sa vzali do úvahy tieto aspekty: cieľ, ktorý bolo treba spl-

niť; geologická stavba a s ňou súvisiaca priestorová orientácia dutín; technické možnosti prieskumných metód za daného stavu poznania a prírodných podmienok; časový faktor ohrozený harmonogramom výstavby nádrže; priestorový rozsah skúmaného územia.

Podľa tvaru, rozmerov, priestorového priebehu a sprievodných znakov je väčšina dutín tektonického pôvodu a v niektorých prípadoch sa uplatnilo aj následné skrasovanie.

Vo vzdialenosti okolo 150—200 m od dutín HN-1 až HN-3 (obr. 1) prebieha násunová tektonická línia medzi bielovážskou a čiernovážskou sériou chočského príkrovu. Je pravdepodobné, že sily, ktoré viedli k jej vzniku, súčasne spôsobili relatívne pohyby nielen na kontaktoch medzi súvrstviami vápencov a dolomitov priľahlej oblasti, ale aj v rámci jednotlivých súvrství po vrstvových polohách, najmä vo vápencoch.

Pri výlomových prácach bolo možno sledovať intenzívne porušenie strmo uložených vrstiev vápencov. Prejavovalo sa najmä veľkým oddialením vrstvových kontaktov, pričom sa tieto priestory spravidla vyplnili kvartérnym materiálom zavlečeným z povrchu (foto 1). Intenzita porušenia a druhotného vyplnenia materiálom bola taká veľká, že okolo 30 % ťaženého materiálu predstavovala kvartérna výplň trhlín, dutín a porúch.

Pozoruhodné je zistenie, že tektonické trhliny a dutiny boli vy-

plnené približne do úrovne zodpovedajúcej kóte projektovaného dna nádrže, ale vo svojej hlbšej časti zostali prázdne (foto 2). Väčšina dutín či skôr trhlín malého rozmeru (niekoľko cm až dm) mala pretiahnutý tvar, pričom priebeh dutín koincidoval s priebehom vrstvovitosti a mal sklon $70-90^\circ$ (foto 3).

Najväčším rozmerom dutín bola ich hĺbka. Dutiny tohto typu väčšinou nemali stopy krasových foriem, resp. išlo len o minimálne stopy. V miestach križovania vrstvovitosti zhodnej s najvýraznejším tektonickým smerom $320/70^\circ$, daným násunovou líniou s výraznejšie vyvinutými prvkami puklinového systému $230/90^\circ$ kolmého na vrstvovitost', ojedinele vznikli rozmernejšie dutiny. Medzi dutiny tohto typu patrila najmä HN-3 a neskôr zistená HN-5, 6, 7 (foto 3). Mali približne kruhový, resp. oválny prierez, priemer 1 až 3 m a boli aj priestorovo najväčšie. Viazali sa na vápence v pásme susediacom so súvrstvím dolomitov až dolomitických vápencov, ktoré boli intenzívne porušené a s abnormálne vysokým stupňom rekryštalizácie.

Pre nepriaznivý vplyv vedľajších účinkov, orientáciu a relatívne malé rozmery väčšiny dutín bola voľba optimálnej metodiky prieskumu na PVE Čierny Váh náročným problémom. Pre veľkosť plochy (dno má 96 tisíc m^2), časový faktor, ako aj zlé skúsenosti s výnosom jadra nebolo možno použiť jadrové vrty a banské práce. Preto sa použili geo-

fyzikálne metódy v kombinácii s overovaním zistených anomálií pomocou bezjadrových vrto.

S ohľadom na potreby a možnosti stavby (časový harmonogram výstavby a len čiastočnú pripravenosť dna) sa prieskumné práce rozčlenili do niekoľkých etáp. V prvej sa použila geofyzika metódami mikrogravimetrie, seizmiky a geoelektriky.

Geoelektrická metóda spočívala v kombinácii symetrického odporového profilovania v troch rozličných rozostupoch, s krokom merania 5–10 m a s vertikálnou elektrickou sondážou. Merania vykonali pracovníci Uránového prieskumu, závod Spišská Nová Ves. Mikrogravimetrický prieskum sa urobil meraním bodov v pravidelnej sieti s rozstupom 3 m, v dolomitoch, v ktorých bol minimálny predpokladaný aj skutočný počet dutín, s rozstupom 5 m.

Seizmické merania sa vykonali refrakčnou metódou v profiloch vzdialených 24 m, dĺžka profilov bola 22,5 m, rozmiestnenie geofónov vo vzdialenosti 7,5 m.

Vzhľadom na priestorovú orientáciu a veľkosť dutín sme na overenie použili zvislé vrty do hĺbky 15 m. Rozmiestnenie prvej série overovacích vrto (zisťujúcich význam nameraných geofyzikálnych anomálií) záviselo od tvaru, rozsahu a významu zistených anomálií. Plošné anomálie väčšieho predpokladaného významu sa overovali pomocou štvorcovej siete vrto s rozstupom

5 m, profilmi orientovanými kolmo a paralelne na vrstvitosť. Výrazné bodové anomálie sa overovali samostatnými vrtmi. Len čo sa vrtaním a zvýšenou spotrebou cementovej zmesi preukázala niektorá z anomálií ako pozitívna, v okolí sondy sa vyhýbali zahusťovacie vrty, spravidla do kríža s rozstupom 1 m. Vrty mali priemer 80 mm. Hĺbenie 1 vrtu trvalo okolo 40–60 minút. Vrtanie sa priebežne hodnotilo vizuálne, podľa farby vzduchom vynášaného prachu a drviny sa určoval typ prevrtávanej horniny. Podrobne sa registroval postup vrtného náradia, jeho pokles a hĺbka. V prvej etape sa vo všetkých vrtoch použil kavernometer a vo vrtoch so zistenými dutinami vrtný periskop BP-34.

Účelom meraní bolo spresniť hĺbku a objem dutín. Všetky vrty sa hneď likvidovali tamponážou cementovou zmesou pomocou injekčného zariadenia Putzmeister — Pioneer cez trubičky osadené v stropoch dutín, a to až po ústie vrtných dier. Spotreba zmesi bola v konečnej fáze najspoľahlivejším indikátorom skutočného objemu prázdnych podzemných priestorov. Sanácia zistených dutín teda bezprostredne nadväzovala na okamžité čiastkové výsledky prieskumných prác, spätne poskytovala informácie o potrebe zhusťovať overovacie a sanačné vrty v miestach zvýšenej potreby.

V druhej etape, ktorá pokračovala po zime 1978/79 a skončila v júni 1979 (a tým sa skončil aj

celý prieskum), sa rozsah prieskumu zredukoval. Z geofyzikálnych metód sa využívali už len geoelektrické merania. Nimi sa dosiahli relatívne spoľahlivejšie výsledky ako seizmickou metódou, a preto sme seizmickú metódu v druhej etape nepoužili. Rovnako sme upustili od hodnotenia vrtovej pomocou kavernometrie a periskopu, ktorých výsledky neboli úmerné finančnému nákladu a navyše zdržiavali postup prác.

Na svahoch nádrže, ktoré tvoria podložie obvodovej sypanej hrádze, sa použila len geoelektrická metóda, lebo riešitelia gravimetrických meraní v tejto časti nezaručovali dostatočne presné a interpretovateľné výsledky.

Na celom skúmanom území hornej nádrže sa zistilo dovedna 53 dutín s objemom nad 2 m³. Z nich bolo 11 otvorených po úroveň dna, resp. svahov nádrže, 42 bolo otvorených vrtmi. Najväčšie objemy mali dutiny: HN-4 (650 m³), HN-5 (280 m³), VO-18 (159 m³), HN-3 (150 m³), VO-194 (76,6 m³), VO-12 (54 m³), VI/3 (51 m³), VO-21 (48 m³) (obr. 1).

Od objemu 20 do 40 m³ bolo 5 dutín, od 10 do 20 m³ 6 dutín. Ostatné mali menší objem ako 10 m³. Napriek objemu väčších dutín je skutočnosť relatívne priaznivejšia, pretože ide o úzke a strmo uložené dutiny s veľkým hĺbkovým a dĺžkovým dosahom.

Recenzoval M. Ingr

Cavities under Čierny Váh pumped-storage power plant upper reservoir

VILIAM NEVICKÝ

The Čierny Váh pumped-storage power plant represents a masterpiece of power-system construction of exceptional importance with a rated output of 660 MW. It is constructed in Mesozoic rocks with very complicated geological structure.

The paper appraises foundation problems which occurred at the upper reservoir. This artificial "vat" originated by break out of the rock mass to a bottom levelled at 1,131 m a. s. l., what represents a remove of 30 m thick rock pile beneath the original upland plateau surface. The total volume of the reservoir is 3.6 mil. cubic metres. The rock mass is represented by dolomite, limestone and dolomitic limestone, all strongly tectonized, of Middle Triassic to Jurassic age. Foregoing engineering geological survey stated karstification of lesser extent and resulted in originally proposed and designed bituminous concrete sealing of the reservoir bottom and slopes. After the break out of the projected reservoir bottom, several caverns of some cubic metres volume were found to occur there. Due to the possibility of crash of the reservoir construction which may have led to putting out of operation the whole power-plant, a complementary engineering-geological survey aimed at discovery and maintenance of all cavities below the reservoir bottom was necessary. The survey has been realized under continuing construction and it applied geophysical methods and coreless drilling. Geoelectrical, microgra-

vimetric and seismic methods were used. The best results were obtained by the first two methods. Ascertained geophysical anomalies were checked by vertical coreless drilling to 15 m depth using 80 mm diameter drilling device. Drill-holes were bored by rotary-percussion drilling with air-flush using Houser and Ingersoll drilling rigs. The time necessary for one drill hole was 50 min. The drilling rate has been evaluated continuously together with the rock material carried out by air-flush. Drill-holes were checked by cavernometer and partly controlled by a BP-34 drill-hole periscope. The larger caves have been partly documented by direct speleological observation. The investigation resulted in that cavities do not represent primary karst caves but they are of tectonic origin.

All ascertained cavities and realized drill-holes were filled by thin concrete mud transported by a Putzmeister-Pioneer injection equipment into the cavities. A total amount of 53 cavities having volumes above 2 cubic metres has been found. The biggest cavity needed 650 m³ concrete mixture. Over 300 identification drill-holes were realized and completed further by another 200 maintaining drillings. These all contributed to the benefication of the rock mass for the reservoir foundation and operation.

Preložil I. Varga

METODIKA VÝSKUMU

Stanovovanie zmraštenia zemín v inžinierskej geológii

IGOR MODLITBA

IGHP, Geologická ul., 834 37 Bratislava

(11 obr. a 7. tab. v texte)
Doručené 26. 2. 1980

Определение сморщивания глин в инженерной геологии

Понижение содержания воды в глинах способствует сморщиванию, т. е. уменьшение объёма глин. Это физический процесс, при котором отдельные частицы глин — особенно глинистые минералы — в результате повышения притягивающих сил и понижения отталкивающих сил взаимно приближаются. Анализом большего количества графов зависимости сморщивания по отношению к влажности глин были определены три различных процесса сморщивания. Они обусловлены главным образом гранулометрическим составом глин и чувствительностью глинистых минералов в связи с изменением состава физически связанной воды.

Determination of soil shrinkage in engineering geology

The dessication of soils generally leads to shrinkage. In the course of this physical process, single particles of soils, mainly of clay minerals, approach due to attraction force growth when their mutual repellency decreases. An analysis of considerable number of soil shrinkage curves representing the shrinkage process development relative to the decreasing soil moisture allowed delimitation of three characteristic shrinkage behaviours of soils. These are influenced mainly by the mechanical structure of soil samples and by the sensitivity of clay minerals to changes of physically bound water content.

Zmrašťovanie je z hľadiska inžinierskej geológie jednou z nežiadúcich vlastností zemín, lebo zhoršuje kvalitu základovej pôdy, vyvoláva poruchy objektov, ohrozuje ich pre-

vádzku a jeho sanácia je dosť nákladná. Je preto povinnosťou inžinierskej geológie predvídať takéto správanie zemín a na možnosti porúch včas upozorňovať.

Fyzikálny proces zmrašťovania

Všeobecne možno termín zmrašťovanie definovať ako zmenšenie rozmeru (dĺžky alebo objemu) istého telesa zeminy v dôsledku úniku pórovej a adsorbovanej vody zo zeminy.

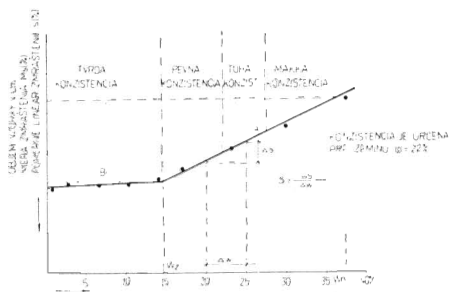
Fyzikálny mechanizmus zmrašťovanie zemín je podľa E. Nortona (1952) nasledujúci: v prvých štádiách vysušovania prebieha zmrašťovanie intenzívne a je úmerné objemu odparenej vody. Túto vodu nazýva R. E. Grim (1962) vodou zmrašťovania. Voda, ktorá sa nachádza v póroch zeminy, vytvára medzi zrnami kvapalinové menisky a na dotykovej čiare pevné skupenstvo — kvapalina — plyn pôsobí ťah povrchového napätia v smere povrchu kvapaliny. Vnútri kvapalinového menisku tak vzniká kapilárny podtlak. Kapilárny podtlak a povrchové napätie vytvárajú príťažlivé sily medzi zrnami, ktoré sa súborne volajú kapilárnymi adhéznymi silami. Zmenšovaním objemu voľne viazanej vody v póroch zeminy odparovaním nastáva väčšie prehnutie kvapalinových meniskov, čím sa adhézne sily zväčšujú a svojím pôsobením príťahujú jednotlivé zrná zeminy. V ďalších štádiách vysušovania sa zrná dostávajú do takého vzájomného zoskupenia, že sily vyvolávajúce zmrašťovanie nie sú schopné spôsobiť ďalšie zmenšovanie objemu. Na grafe (obr.1) znázorňujúcom vzťah obsahu vody

k objemu skúšobnej vzorky sa tento stav prejavuje ako zlom, ktorý určuje vlhkosť na medzi zmraštenia.

Je prirodzené, že celý proces zmrašťovania neprebieha podľa uvedenej predstavy. So zmenšovaním vzdialenosti zŕn sa začínajú intenzívnejšie uplatňovať aj ďalšie sily pôsobiace medzi zrnami, a to v prvom rade van der Waalsove príťažlivé sily, príťažlivosť iónovej mriežky a napokon aj príťažlivosť medzi hranou a plochou.

Zmrašťovanie je teda z fyzikálneho hľadiska veľmi komplikovaný proces a jeho kvalitu ovplyvňujú viaceré faktory. Sledovaním účinku faktorov zmrašťovania sa zaoberal E. C. Henry (1941), A. C. Seifert (1941), U. Hofmann et al. (1958), W. A. White (1947), C. C. Harman — Fraulini (1940) a i.

Podľa spomenutých autorov je zmrašťovanie zemín podmienené najmä obsahom vody v zemine, pričom vzťah zmraštenia k obsahu



Obr. 1. Závislosť zmeny objemu od vlhkosti zeminy

Fig. 1. Dependence of volume change upon the soil moisture

vody je priamo úmerný. S naranastaním obsahu vody narastá hodnota lineárneho i objemového zmraštenia (R. E. Grim 1962).

Ďalším faktorom, ktorý sa v procese zmrašťovania výrazne uplatňuje, je mineralogické zloženie zeminy. V tab. 1 sú medzné hodnoty lineárneho zmraštenia pri niektorých typoch ílovitých zemín. Podľa tejto tabuľky schopnosť zmrašťovania klesá v tomto poradí: montmorillonit — attapulgit — hallozyt — illit — kaolinit. Podľa R. E. Grima (1962) na veľkosť zmraštenia vplýva aj prítomnosť neílovitých minerálov, a to najmä vyvinutých vo forme izometrických zŕn, ktoré účinkom ílovitých minerálov na zmraštenie vo veľkej miere tlmia.

V ílovitých zeminách sa okrem vlastného mineralogického zloženia uplatňuje aj rozmer častíc. So zmenšovaním častíc sa zmraštenie výrazne zväčšuje a naopak. Ako príklad je v tab. 2 narastanie hodnot lineárneho zmraštenia kaolinitových ílov so zmenšovaním rozmeru častíc. Podľa C. G. Harmana — F. Frauliného (1940) stonásobné zmenšenie veľkosti častíc vyvoláva 2,5-násobné zväčše-

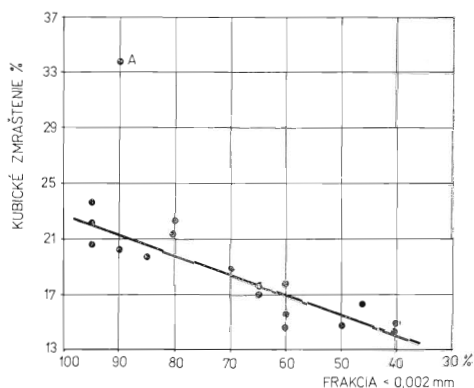
Lineárne zmraštenie kaolinitových ílov v závislosti od rozmeru častíc
(C. C. Harman — F. Fraulini 1940)

Linear shrinkage of kaolinite clay in dependence from dimension of elements

Tab. 2

Rozmer frakcie v mm	Lineárne zmraštenie v ‰
0,01 — 0,02	1,45
0,01 — 0,005	1,89
0,002 — 0,004	2,19
0,001 — 0,0005	2,35
0,005 — 0,00025	2,69
0,0001 — 0,00025	3,70

nie lineárneho zmraštenia. K podobnému záveru dospel aj R. E. Grim (1962) a upozornil aj na veľký vplyv obsahu častíc menších ako 0,002 mm (obr. 2).



Obr. 2. Závislosť zmraštenia od obsahu ílovej frakcie (R. E. Grim 1962)
Hornina: ílovitá bridlica; pre hodnotu A je charakteristický + montmorillonit
Fig. 2. Dependence of shrinkage upon the clay fraction content in soils (R. E. Grim 1962). Rock type: illite shale. The value A characterizes additional montmorillonite content

Lineárne zmraštenie mineralogicky rozličných typov ílu (R. E. White 1947)
Linear shrinkage of various mineralogical types of clay (R. E. White 1947)

Tab. 1

Montmorillonitické íly	12—23 ‰
Attapulgitové íly	15 ‰
Hallozytové íly	7—15 ‰
Illitové íly	4—11 ‰
Kaolinitové íly	3—10 ‰

Za ďalší faktor ovplyvňujúci kvalitu zmraštenia, treba pokladať tvar a orientáciu ílových častíc v zemine. Pre íly, ktoré sú z ílových častíc s predĺženým až vláknitým tvarom, pričom sú častice chaoticky rozmiestnené, je typické izotropné a pomerne veľké zmraštenie. Pri rovnobežnej orientácii bazálnych plôch ílových častíc bude zmraštenie anizotropné — v smere kolmom na bazálne plochy oveľa väčšie ako v smere rovnobežnom s plochami. V danom prípade anizotropiu zmraštenia podmieňuje šupinatý tvar ílových častíc, ktoré majú na bazálnych plochách podstatne väčšiu schopnosť viazať vodu ako na stenách (W. O. Williamson 1941). Pomerne vo veľkej miere sa pri zmrašťovaní uplatňuje aj typ adsorbovaného katiónu. Podľa niektorých autorov (napr. E. C. Henry, A. C. Seifert 1941; U. Hoffman et al. 1958 atď.) je pre kaolinitové íly charakteristické znižovanie zmraštenia v tejto postupnosti katiónov: vodík — vápnik — draslík — sodík. Je pravdepodobné, že táto postupnosť platí aj pri iných druhoch ílových minerálov.

Niektorí autori, napr. A. Myslivec (1970), N. P. Lysenko (1972), porovnávajú fyzikálny proces zmrašťovania zemín s konsolidáciou zeminy pri statickom zaťažení. V oboch prípadoch sa znižuje vlhkosť a pórovitosť, znižuje sa hrúbka koloidnej vrstvy vody a narastajú elektromolekulárne prí-

ťažlivé sily. Na základe tejto analógie A. Myslivec (1970) uvádza, že na dosiahnutie zodpovedajúceho zmenšenia objemu je nevyhnutné v oedometri vyvinúť ekvivalentné zaťaženie, ktoré pri piesčitej hline zodpovedá 0,25 MPa, pri hline 3,0 MPa a íle dokonca až 90,0 MPa. Je prirodzené, že íl stlačený takým veľkým zaťažením nemožno rozoznať od pevnej horniny, a to nielen vizuálne, ale ani podľa mechanických vlastností. Má vysokú pevnosť v tlaku a malú stlačiteľnosť. Zvýšenie pevnosti však platí len na malé obmedzené čiastky — „agregáty“ zeminy. V skutočnosti je masív zmraštenej zeminy porušený systémom pravidelných puklín, ktoré veľmi nepriaznivo vplyvajú na pevnosť zeminy ako celku. Trhliny v zemine znižujú stabilitu svahov a umožňujú nielen intenzívnejšie vysychanie, ale i prevlhčovanie zemín a napokon urýchľujú prenikanie všetkých činiteľov, ktoré spôsobujú zvetrávanie zemín, do hlbších vrstiev.

Charakteristiky zmraštenia zemín

Veľkosť zmraštenia zemín vyjadrujeme hodnotami objemového (kubického) alebo lineárneho zmraštenia. Objemové zmraštenie sa spravidla vyjadruje hodnotami, ktoré odrážajú pomer medzi pôvodným a „zmrašteným“ objemom, príp. úbytkom pôvodného objemu. Naproti tomu lineárne zmraštenie

spravidla vyjadruje pomer pôvodnej dĺžky skúšobnej vzorky k jej skrátenej dĺžke.

V literatúre sa najčastejšie stretáme s nasledujúcimi charakteristikami zmraštenia:

1. *Miera zmraštenia* M_s podľa Scheidiga (in ČSN 72 1019) vyjadruje pomer objemovej zmeny k pôvodnému objemu skúšobnej vzorky.

$$M_s = \frac{V - V_n}{V} \cdot 100 (\%)$$

kde: V — pôvodný objem zeminy [cm^3], V_n — objem vysušenej zeminy [cm^3].

2. *Miera zmraštenia* M_{sA} podľa T. N. W. Akroyda (1964) vyjadruje mieru zmraštenia pomerom súčinu objemovej zmeny a vlhkosti po vysušení k súčinu objemu vysušenej zeminy a rozdielu zodpovedajúcich vlhkostí, t. j.

$$M_{sA} = \frac{(V_1 - V_2) \cdot W_2}{V_2 \cdot (W_1 - W_2)}$$

kde: V_1 — objem zeminy pri vlhkosti W_1 , [cm^3], V_2 — objem zeminy pri vlhkosti W_2 , [cm^3], W_1 — pôvodná vlhkosť zeminy [%], W_2 — vlhkosť po vysušení [%].

3. *Súčiniteľ lineárneho zmraštenia* S (podľa ČSN 72 1019) charakterizuje vzájomný pomer medzi pomernou zmenou dĺžky skúšobného telesa a zodpovedajúcim úbytkom vlhkosti. Môžeme ho vyjadriť vzťahom

$$S = \frac{\Delta s}{\Delta W}$$

kde: Δs — rozdiel pomerných lineárnych zmraštení [mm], ΔW — vlhkosť zeminy, ktorej úbytok vyvolal Δs (‰).

4. *Súčiniteľ kubického zmraštenia* Sk (podľa A. Myslivca 1972)

$$Sk = 3 \cdot S + 3 \cdot \frac{S^3}{100} + \frac{S^2}{100}$$

kde S — súčiniteľ lineárneho zmraštenia.

5. *Pomerné lineárne zmraštenie* s (podľa ČSN 72 1019) charakterizuje pomer zmenšenia dĺžky vzorky zeminy k dĺžke vzorky vysušenej zeminy

$$s = \frac{l - l_d}{l_d} \cdot 100 [\%]$$

kde: l — pôvodná dĺžka skúšobnej zeminy [mm], l_d — dĺžka skúšobnej vzorky po vysušení [mm].

6. *Medza zmraštenia* W_z sa spravidla definuje ako vlhkosť zeminy, ktorej znížovaním sa objem zeminy už nemení, resp. sa mení oveľa pomalšie ako nad touto hodnotou. Inými slovami, zemina pri vlhkosti na medzi zmraštenia má takú konzistenciu, pri ktorej sa výrazne mení vzťah objemu zeminy k objemu voľne viazanej vody v zemine. Niektorí autori, napr. B. K. Hough (1964), definujú medzu zmraštenia ako stav, pri ktorom zemina prechádza z pevnej konzistencie do tvrdej.

Vlhkosť na medzi zmraštenia možno stanoviť:

a) Graficky — z diagramu pomerného zmraštenia a vlhkosti zeminy (obr. 1). Medzou zmraštenia je hodnota vlhkosti, ktorá zodpovedá súradnici priesečníka priamok preložených bodmi s výraznou objemovou zmenou (priamka A) a bodmi bez objemovej zmeny (priamka B).

b) Empiricky — pomocou vzťahov (platia len pre plný stav nasýtenia):

$$W_z = \frac{V_n}{G_o} - \frac{1}{\rho_s} \cdot 100 \quad [0\%]$$

(J. Eichler 1964)

$$W_z = \frac{G - G_o - V - V_n}{G_o} \cdot \rho_v \cdot 100 [0\%]$$

(J. Poliaček et al. 1962)

kde: V — objem vlhkej zeminy (cm^3), V_n — objem vysušenej zeminy (cm^3), G — hmotnosť vlhkej zeminy (g), G_o — hmotnosť suchej zeminy (g), ρ_v — merná hmotnosť vody (g/cm^3), ρ_s — merná hmotnosť zeminy (g/cm^3).

Graficky sa vlhkosť na medzi zmraštenia určuje dosť ľahko, ale často nedáva jednoznačné výsledky. Dôsledkom je pomerne značný rozptyl hodnôt medze zmraštenia a nie veľmi tesné korelačné vzťahy k iným vlastnostiam zemín. Keďže vlhkosť na medzi zmraštenia nevyjadruje kvantitu tejto vlastnosti, jej použitie v praxi je obmedzené

na klasifikačnú charakteristiku.

Ak prijmem podmienku, že vlhkosť na medzi zmraštenia je medzou vlhkosťou medzi pevnou a tvrdou konzistenciou (B. K. Hough 1964), potom číselné vyjadrenie tejto hranice pomocou čísla konzis-

$$\text{tencie } I_c \left(I_c = \frac{W_T - W_z}{IP} \right) \text{ je pri-}$$

bližne 1,25. Toto číslo sa získalo zo súboru hodnôt ako priemerná hodnota pri vylúčení minimálnych hodnôt.

Stanovenie charakteristík zmraštenia

Laboratórne metódy na stanovenie charakteristík zmraštenia zemín používané v ČSSR, publikované v ČSN 72 1019, príp. v rozličných metodických návodoch (napr. J. Poliaček et al. 1962), vychádzajú pri príprave skúšobných vzoriek zo zeminy, ktorá sa vopred upravuje sušením, mletím, odstraňovaním hrubšej frakcie (spravidla nad 0,5 mm), vlhčením destilovanou vodou a miesením. Ak dáme do súvisu prípravu skúšobnej vzorky s uvedenými poznatkami, bude zrejmé, že takáto príprava skúšobnej vzorky musí ovplyvniť výsledok merania. Príčiny sú nasledujúce:

— zmraštenie je funkciou štruktúry zeminy, najmä usporiadania ílových minerálov;

— niektoré typy ílových minerálov nie sú schopné po úplnom vysušení,

rozpojení a navlhčení obnoviť štruktúrne väzby v pôvodnom rozsahu;

— prítomnosť frakcie nad 0,05 mm „tlmí“ účinok ílových minerálov na zmraštenie.

Je zrejmé, že ak chce inžiniersky geológ vystihnúť správanie sa zeminy pri znižovaní vlhkosti in situ, musí charakteristiky zmraštenia stanovené metodikou, ktorá vyžaduje uvedenú prípravu skúšobnej vzorky, hodnotiť s istou rezervou.

V laboratóriu mechaniky zemín IGHP, n. p., Žilina, závod Bratislava, používajú pri stanovovaní charakteristik zmraštenia skúšobné vzorky s tzv. neporušenou štruktúrou.

Skúšobná vzorka sa pripravuje zo vzorky zeminy s neporušenou štruktúrou olámaním alebo orezaním na ľubovoľný tvar v objeme minimálne 30 cm³. Objem skúšobnej vzorky meriame v istých časových intervaloch vysušania tzv. vztlakovým ortuťovým objemomerom do ustáleného objemu a hmotnosti. Skúšobné vzorky sa sušia v sušiarňi pri 105 °C alebo pri menšej teplote (20—30 °C) v miestnosti. Pre každý interval merania stanovujeme vlhkosť zeminy, objem skúšobnej vzorky a vypočítame tzv. pomerné zmenšenie objemu V_c pomocou vzťahu

$$V_o = \frac{V - V_n}{V} \cdot 100 (\%)$$

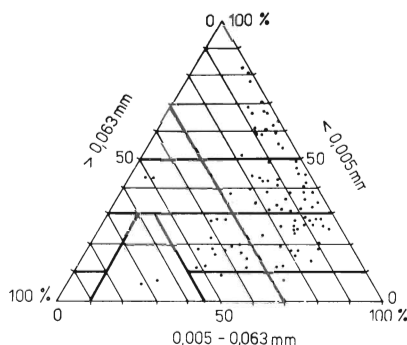
kde: V — pôvodný objem skúšobnej vzorky [cm³] (1. meranie), V_n —

objem skúšobnej vzorky pri 2. 3. n meraní (cm³).

Spočiatku meriame objem vzorky aspoň 6-krát v hodinovom intervale a ďalej intervaly predlžujeme až na 24 hodín. Aby sme zaručili objektivnosť merania, stanovujeme vlhkosť a objem na troch súbežných skúšobných vzorkách.

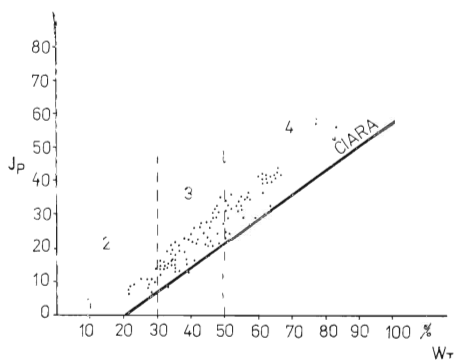
Hodnotenie skúšok zmraštenia

V rámci sledovania problematiky zmrašťovania zemín bolo analyzovaných 126 vzoriek, ktoré predstavovali súbor granulometricky a plasticitne rôznorodých zemín (obr. 3—4) kvartéru a neogénu západného Slovenska. Z kvartérnych sedimentov boli v súbore fluviálne, deluviálne a eolické a z neogénnych poväčšine jazerno-lagunárne sedimenty. Na obr. 5 sú hodnoty aktivity ílových minerálov sledovaného súboru v diagrame A. W.



Obr. 3. Zrnitosť použitého súboru zemín
Fig. 3. Mechanical structure of the investigated soil sample set

Skemptona podľa jednotlivých lokalít. Z diagramu si možno urobiť predstavu o približnom kvalitatívnom zastúpení ílových minerálov v sledovaných zeminách. Obsahujú hlavne Ca-montmorillonit a illit,

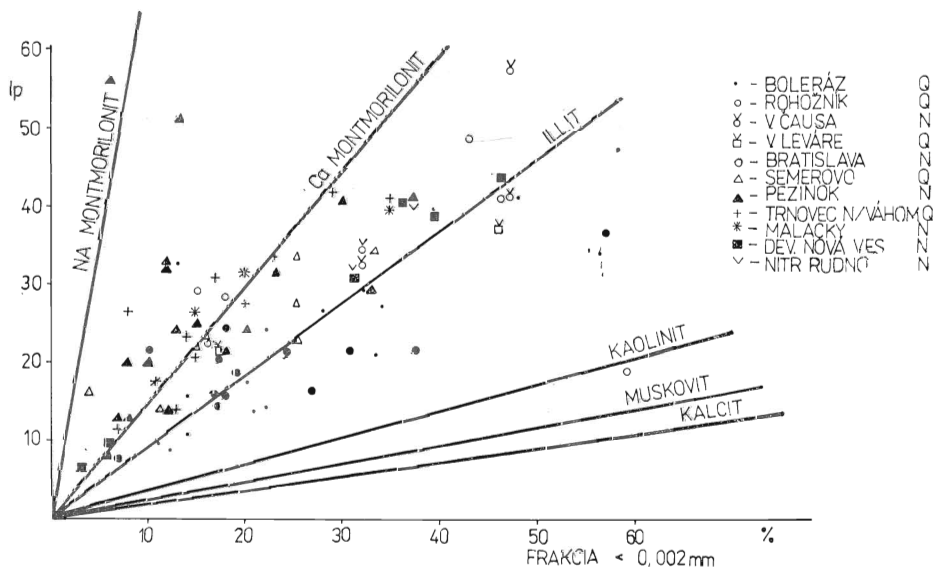


Obr. 4. Plasticita použitého súboru zemín
Fig. 4. Plasticity of the investigated soil sample set

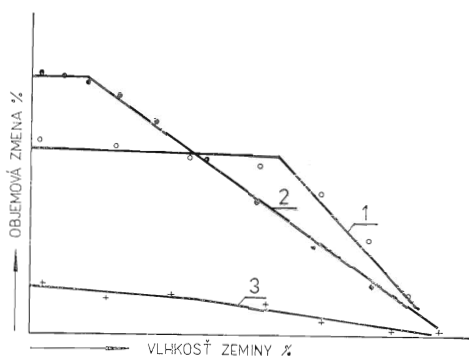
menej Na-montmorillonit a kaolinit.

V súbore zemín, z ktorého bolo k dispozícii 370 stanovení objemového zmraštenia a 50 stanovení lineárneho zmraštenia, boli identifikované tri typické priebehy objemových zmien (obr. 6).

Prvý typ priebehu objemovej zmeny (graf 1) má priebeh, pri ktorom zmenšovanie objemu zeminy v pomere k zmenšovaniu vlhkosti je 1:1 až 1:3, a to v úseku od maxima vlhkosti po vlhkosť na medzi zmraštenia. V úseku od vlhkosti na medzi zmraštenia po nulovú hodnotu vlhkosti je tento pomer už len 1:0,1. Aj keď jednotlivé body merania ležia na parabole, ktorej vrchol je na osi y , možno bodmi preložiť dve priamky, v ktorých priesečníku sa nachádza vlhkosť na



Obr. 5. Aktivita ílovitých zemín podľa A. W. Skempton (V. Mencil 1966)
Fig. 5. Activity of clayey soils according to A. W. Skempton (V. Mencil 1966)



Obr. 6. Typické priebehy zmrašťovania zemín

Fig. 6. Typical soil shrinkage curves

medzi zmraštenia. Tento priebeh je typický pre ílovité až hlinité zeminy, ktorých štruktúra umožňuje pomerne tesné vzájomné „dosadnutie“ častíc skeletu po odstránení pórovej a čiastočne aj adsorbovanej vody zo zeminy (súborne nazývanej vodou zmraštenia). Ďalšia strata vody, ktorá spravidla tvorí už len menej ako 50 % z pôvodného obsahu, vyvoláva prakticky zanedbateľné zmraštenie. Výskyt tohto priebehu bol zaznamenaný pri cca 80 % vzoriek.

Druhý typ priebehu grafu objemovej zmeny (obr. 6, krivka 2) je charakteristický pomerne intenzívnym zmenšovaním objemu v relatívne širokom pásme znižovania vlhkosti, prakticky až do hodnôt vlhkosti blízkych nule (3–8 %). Pomer zmenšovania objemu k zmenšovaniu vlhkosti v intervale vlhkosti od maxima do vlhkosti na medzi zmraštenia je spravidla menší ako 1 : 1, príp. túto hodnotu

veľmi tesne prekračuje. Po prekročení vlhkosti na medzi zmraštenia, t. j. po úniku vody zmraštenia zo zeminy, zmenšovanie objemu zeminy je opäť zanedbateľné ako pri prvom type. Zmenšovanie objemu v prvých fázach zmrašťovania má spravidla priamkový priebeh a ten v oblasti vlhkosti na medzi zmraštenia pozvoľne prechádza do paraboly. Graficky určiť vlhkosť na medzi zmraštenia je v tomto prípade dosť ťažko, lebo na určenie priebehu priamky v poslednej fáze vysušania nie je dostatok údajov.

Druhý typ sa viaže na dve skupiny zemín zo sledovaného súboru.

1. skupina sa vyznačuje vysokým obsahom ílovej frakcie (pod 0,005 mm), číslo plasticity je nad 50, relatívne nízkou hodnotou objemovej hmotnosti vysušenej zeminy a vysokou pórovitosťou.

Hodnota aktivity ílových minerálov je od 0,85 do 2,11, čo zodpovedá illiticko-montmorillonitickým zeminám.

2. skupina sa vyznačuje hodnotami $I_p \leq 20$ s malým obsahom ílovitých častíc a s vysokým obsahom piesčitých častíc, pričom je pórovitosť nižšia ako pri prvej skupine zemín. Hodnota aktivity ílových minerálov je od 1,07 do 3,31, čo zodpovedá montmorillonitickým zeminám.

V zásade možno povedať, že uvedeným priebehom zmrašťovania sa vyznačujú zeminy, ktoré majú vysoký obsah frakcie pod 0,005 mm,

alebo pri zníženom obsahu ílovitej frakcie vyšší obsah ílových minerálov typu montmorillonitu, ktorý je charakteristický abnormálnymi objemovými zmenami. Štruktúra týchto zemín musí byť dostatočne „voľná“, aby umožnila zmenšovanie objemu v širokom rozsahu vlhkosti, a to aj pri nízkych hodnotách vlhkosti. Predpokladáme, že pri týchto zeminách sa vo veľkej miere uplatňuje interakcia ílových zŕn po zániknutí príťažlivých síl vyvolaných meniskami pórovej vody.

Tretí typ priebehu grafu objemovej zmeny (obr. 6, krivka 3) je charakteristický plochým priebehom, pravidelným v celom rozsahu. Typický zlom, ktorý je dosť výrazný pri obidvoch predchádzajúcich prípadoch, je veľmi nezreteľný. Medza zmraštenia sa preto stanovuje ťažko, resp. sa nedá určiť. Pomer zmenšenia objemu k zmenšeniu vlhkosti zeminy v celom rozsahu meranej vlhkosti je veľmi nízky. Pohybuje sa v rozmedzí od 0,21 do 0,69. Objemová zmena vyvolaná zmraštením je veľmi malá.

Tento priebeh sa identifikoval v niektorých hlinách a ílovitých hlinách (ČSN 72 1002). Zrejme ho vyvoláva relatívne malý obsah ílových minerálov, pričom prevládajú minerály, ktoré nemajú veľkú schopnosť meniť objem stratou vlhkosti (pravdepodobne illit + kaolinit). Pritom však veľký podiel prachovitej a piesčitej frakcie ešte aj tak dosť „tlmí“ pôsobenie ílových minerálov na zmenu objemu. Možno

predpokladať, že pri tomto priebehu zmrašťovania sú odpudivé sily medzi jednotlivými zrnami pomerne aktívne, naproti tomu príťažlivé sily sa stratou vlhkosti aktivujú iba nepatrne.

Na kvantitatívnu charakteristiku zmraštenia zemín sa použili hodnoty súčiniteľa objemového zmraštenia S a tzv. hodnota celkového objemového zmraštenia Z_c .

Súčiniteľ zmraštenia S , ktorý vyjadruje pomer medzi celkovým zmraštením zeminy ΔV (resp. Δl) a zodpovedajúcou stratou vlhkosti zeminy ΔW , neplatí pre celý rozsah zmrašťovania zeminy, ale buď len pre úsek vlhkosti zodpovedajúci priamke A (obr. 1) alebo pre úsek priamky B . Keďže zo samotnej hodnoty S nemožno postrehnúť, pre ktorú priamku platí, určovala sa hodnota S_I pre priamku A , t. j. pre stratu vlhkosti od prirodzenej do vlhkosti na medzi zmraštenia W_z , a hodnota S_2 pre priamku B , t. j. pre stratu vlhkosti od W_z po úplné vysušenie. Na výpočet obidvoch súčiniteľov možno použiť tieto vzťahy

$$S_I = \frac{V_o}{W_N - W_z} ;$$

$$\text{resp. } S_{IL} = \frac{l_o}{W_N - W_z}$$

$$S_2 = \frac{V_n}{W_z} ; \text{ resp. } S_{2L} = \frac{l_n}{W_z}$$

kde: $V_o(l_o)$ — zmenšenie objemu (resp. dĺžky) vzorky zeminy pri zní-

žení prirodzenej vlhkosti W_N na vlhkosť na medzi zmraštenia W_z vyjadrené v ‰ pôvodného objemu (resp. pôvodnej dĺžky vzorky);

$V_n(l_n)$ — zmenšenie objemu (resp. dĺžky) vzorky zeminy, zodpovedajúce úplnému vysušeniu vlhkosti na medzi zmraštenia W_z vyjadrené v ‰ pôvodného objemu (resp. pôvodnej dĺžky vzorky);

W_N — prirodzená vlhkosť [‰];

W_z — vlhkosť na medzi zmraštenia [‰].

Hodnoty súčiniteľa zmraštenia S_I získané zo sledovaného súboru vzoriek zemín sa pohybovali v rozmedzí od 0,4 (pri nevýrazných objemových zmenách) do 2,0 (pri výrazných objemových zmenách). Hodnoty sú v istej, ale nie veľmi tesnej korelácii s plasticitou a granulometrickým zložením. Netesnosť korelácie pravdepodobne spôsobilo nejednotné uplatňovanie sa, resp. potláčanie viacerých štruktúrno-mineralogických faktorov, ktorých indikácie sú veľmi nepresné.

Štatistickým spracovaním členov súboru S_I sa pre jednotlivé granulometrické a plasticidné typy zemín získali priemerné hodnoty S_{IL} , ktoré možno označiť ako charakteristické (tab. 3).

Hodnoty súčiniteľa zmraštenia S_2 boli cca 10-násobne nižšie. Pohybujú sa okolo hodnoty 0,1–0,2. Z hľadiska celkovej objemovej zmeny zemín možno túto hodnotu v odôvodnených prípadoch zanedbať.

Z porovnania objemových súčini-

*Charakteristické hodnoty S_I
pri rozličných typoch zeminy
Characteristic values of S_I for different
types of earths*

Tab. 3

Typ zeminy	S_I
Vysokoplastické íly ($I_p > 20$)	1,41
Strednoplastické íly ($I_p = 10 \sim 20$)	0,97
Nízkoplastické íly ($I_p < 10$)	0,75

Typ zeminy	S_I
Íly (frakcia 0,005 mm nad 50 ‰)	1,47
Ílové hliny (frakcia < 0,005 mm od 30 do 50 ‰)	1,25
Hliny (frakcia 0,005 mm pod 30 ‰)	0,81

teľov zmraštenia S_I s lineárnymi súčiniteľmi S_{IL} vychodí, že lineárny súčiniteľ zmraštenia je v priemere 4,8-krát menší ako objemový súčiniteľ zmraštenia, pričom extrémne hodnoty dosahujú pomer 1,93 (minimum) a 8,95 (maximum) (tab. 4).

*Porovnanie objemových a lineárnych
hodnôt S_I
Comparison of voluminous and linear
values of S_I*

Tab. 4

S_I	S_{IL}	$\frac{S_I}{S_{IL}}$	S_I	S_{IL}	$\frac{S_I}{S_{IL}}$
0,92	0,21	4,38	1,54	0,23	6,70
0,86	0,29	2,97	1,69	0,27	6,26
1,26	0,31	4,06	1,36	0,31	4,39
1,29	0,20	6,45	1,01	0,31	3,26
1,70	0,19	8,95	0,65	0,29	2,24
1,29	0,18	7,17	1,04	0,54	1,93

$$\varnothing = 4,78$$

Hodnota celkového objemového zmrštenia Z_c udáva zmrštenie v percentách pôvodného objemu (podľa Scheidiga) pri vysušení zeminy, ktorej pôvodná vlhkosť [30 ‰] sa zvolila viac-menej náhodne. Jediným argumentom pre jej voľbu bola istota, že táto vlhkosť bude v každom prípade nad hodnotou vlhkosti na medzi mraštenia W_z pri všetkých bežne sa vyskytujúcich typoch zeminy. Jej význam treba vidieť v tom, že umožňuje vzájomne kvalitatívne i kvantitatívne objektívne porovnať hodnoty miery zmrštenia medzi jednotlivými typmi zemín, čo je dôležité hlavne pri regionálnom inžinierskogeologickom prieskume.

Celkové objemové zmrštenie Z_c sa stanovilo meraním prirodzeného objemu vzorky v závislosti od zmien vlhkosti vo vztlakovom ortuťovom objemomere. Po vyčíslení miery zmrštenia M_s (podľa Scheidiga) pre jednotlivé merania sa získané hodnoty vyniesli do grafu závislosti hodnoty M_s od príslušnej vlhkosti. Získanými bodmi sa preložili dve priamky A a B (obr. 7). Pomocou

priamky A možno odčítať súradnicu na osi y zodpovedajúcu súradnici $x = 30$ ‰. Súradnica y zodpovedá hodnote Z_c .

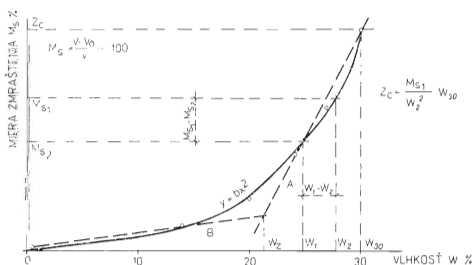
Tento postup stanovovania hodnoty Z_c je časovo pomerne náročný. Vyžaduje rovnomerné rozloženie bodov v grafe, ktoré možno získať iba pravidelným meraním v nepretržitom intervale minimálne 24 hodín, čo je práčne a z prevádzkových príčin často nemožné. Oveľa menej práčne možno túto hodnotu získať tak, že sa ako vstupná použije hodnota pôvodného objemu a objemu po vysušení zeminy so zodpovedajúcou vlhkosťou. Na výpočet hodnoty Z_c použijeme poznatok, že súborom nameraných bodov možno viesť parabolu definovanou rovnicou $y = bx^2$ [1] s vrcholom na priesečníku osí x, y . Parabola v danom tvare vyjadrovala pri 90 ‰ meraní zo 115 relatívne vysokú tesnosť korelačného vzťahu medzi mierou zmrštenia a vlhkosťou. Hodnota tesnosti korelácie R sa pohybovala od 0,95 do 0,98.

Pomocou rovnice [1] za b dosadíme

$$\text{me } \frac{y}{x^2}, \text{ pričom } y = \frac{V - V_o}{V} \cdot 100$$

a $x = W_o$, t. j. strate vlhkosti, pri ktorej bolo namerané zmenšenie objemu vzorky na V_o z pôvodného objemu V . Číže hodnotu Z_c stanovíme zo vzťahu

$$Z_c = \frac{V - V_o \cdot 100}{W_o^2} X_{30}^2$$



Obr. 7. Celková objemová zmena Z_c
Fig. 7. Total shrinkage expressed by Z_c

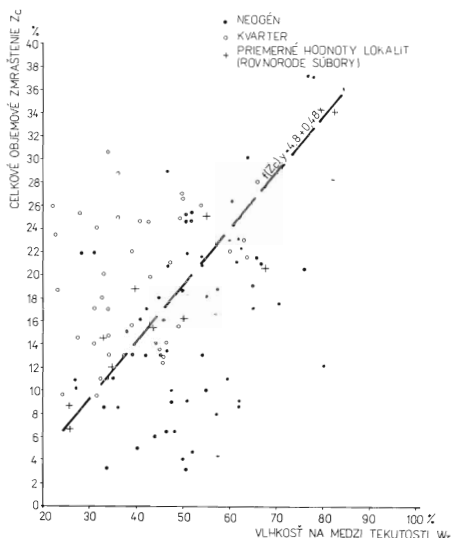
$$Z_c = \frac{(V - V_0) \cdot 100}{V \cdot W_o^2} \cdot X_{30}^2 \quad [2]$$

kde: V — pôvodný objem skúšobnej vzorky [cm^3]; V_0 — objem skúšobnej vzorky po vysušení [cm^3]; W_o — vlhkosť pri pôvodnom objeme V [%]; X_{30} — súradnica na osi x zodpovedajúca 30 % (W_{30}).

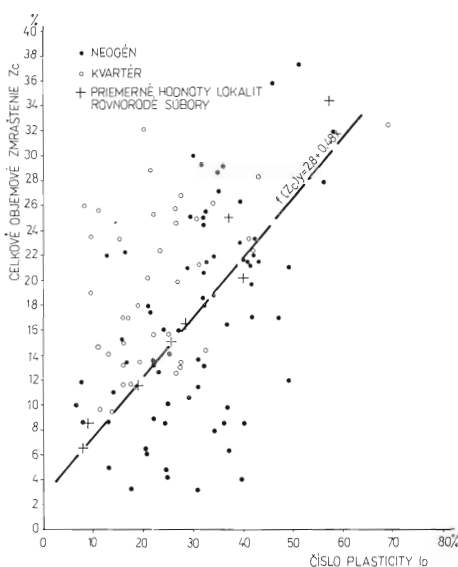
Pomocou vzťahu [2] možno stanoviť hodnotu Z_c pre akúkoľvek vlhkosť zeminy, resp. pre akékoľvek rozpätie vlhkosti, ak za V_o dosadíme objem vzorky po znížení vlhkosti na požadovanú hodnotu a za W_o rozdiel pôvodnej vlhkosti (pre objem V) a hľadanej vlhkosti (pre objem V_o). Za X_{30} dosadíme súradnicu x pre hľadanú vlhkosť. Ale treba upozorniť na to, že vzťah [2] platí pre zeminy, pri ktorých možno očakávať priebeh podľa krivky 1 alebo 2 (obr. 6).

Zavedením tejto metódy sme sledovali zjednodušenie časovo náročného laboratórneho postupu, ale najmä získanie hodnoty, ktorá by charakterizovala zmraštenie v celom rozsahu a súčasne by bola porovnateľná pri rozličných typoch zemín.

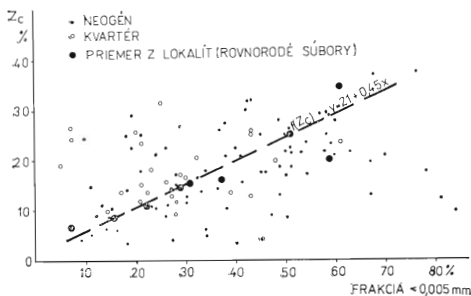
Spracovaním sledovaného súboru vzoriek zemín sme získali štatistický súbor hodnôt Z_c , ktorý po rozčlenení na rovnaké typy zemín podľa klasifikačných charakteristík s rešpektovaním genézy a veku vykazoval isté korelačné vzťahy k plasticite a granulometrii zemín (obr. 8, 9, 10, 11). Na základe zhod-



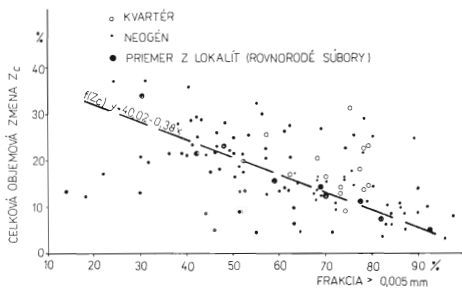
Obr. 8. Závislosť celkového objemového zmraštenia Z_c na medzi tekutosti W_t
Fig. 8. Dependence of total volume shrinkage Z_c upon the moisture limit W_t



Obr. 9. Závislosť celkovej objemovej zmrašiteľnosti od čísla plasticity I_p
Fig. 9. Dependence of total volume shrinkage upon the plasticity value I_p



Obr. 10. Závislosť Z_c od obsahu frakcie $> 0,005$ (prach + piesok)
 Fig. 10. Dependence of Z_c upon the $> 0,005$ mm fraction content (silt and sand) in samples



Obr. 11. Závislosť Z_c od obsahu frakcie $< 0,005$ mm
 Fig. 11. Dependence of Z_c upon the $< 0,005$ mm fraction (clay minerals) in samples

notenia týchto priebehov musíme konštatovať, že kvartérne zeminy majú v priemere vyššie hodnoty Z_c ako neogénne zeminy, a to najmä v oblasti nízkoplastických až strednoplastických zemín. Možno predpokladať, že takýto stav je logickým dôsledkom rozdielnosti štruktúrnej stavby neogénnych a kvartérnych sedimentov. Kvartérne sedimenty majú vzhľadom na svoj geologický vývoj zrejme relatívne „voľnejšiu“, t. j. menej komprimovanú štruktúru ako neogénne sedimenty a tá umožňuje väčší pohyb

častíc pri pôsobení síl zmraštenia.

Kvalitatívne hodnotenie hodnôt Z_c preukázalo narastanie hodnoty Z_c s narastaním obsahu ílovej frakcie a plasticity a klesanie hodnoty Z_c s narastaním obsahu prachovitej a piesčitej frakcie (obr. 10, 11). Z uvedenej závislosti, ktorá najmä pri vyjadrení jednotlivých rovnorodých súborov priemernými hodnotami je relatívne tesná, sme sa pokúsili pre rozličné čísla plasticity I_p , medze tekutosti W_T a obsahy ílovej frakcie určiť charakteristické hodnoty Z_c (tab. 5).

Charakteristické hodnoty Z_c pre rozličné čísla plasticity I_p , medze tekutosti W_T a obsahy ílovej frakcie (pod 0,005 mm)

Characteristic values Z_c for various numbers of plasticity I_p , liquid limit W_T and contents of clay fraction (below 0.005 mm)

Tab. 5

I_p	Z_c ‰	W_T ‰	Z_c ‰	Obsah frakcie pod 0,005 mm ‰	Z_c ‰
10	7,5	20	4,8	10	6,6
20	12,4	30	9,6	20	11,1
30	17,2	40	14,4	30	15,6
40	22,0	50	19,2	40	20,1
50	26,8	60	24,0	50	24,6
60	31,6	70	33,6	60	29,1

Orientačné hodnoty Z_c pre plasticitné a granulometricky rovnorodé typy zemín
 Orientative Z_c values for plastic and granulometric homogeneous soil types

Tab. 6

Názov zeminy (ČSN 72 1001)	Z_c ‰	Názov zeminy	Z_c ‰
íly	20,6	organické íly s nízkou plasticitou	6,4—12,6
ílovité hliny	12,5—25,0	organické íly so strednou plasticitou	11,7—23,2
hliny	6,4—17,4	organické íly s vysokou plasticitou	20,4
piesčité hliny	10,2—18,8		

Priemerné rozpätia charakteristických hodnôt Z_c sa stanovili aj pre granulometricky a plasticitne rovnorodé typy zemín (tab. 6).

Pre úplnosť našich predstáv sa hodnota celkového objemového zmraštenia Z_c porovnávala s hodnotou celkového lineárneho zmraštenia Z_{CL} , ktorú sme získali obdobným spôsobom ako Z_c , ale zo skúšky lineárneho zmraštenia podľa ČSN 72 1019, pričom do vzťahu [2] bola namiesto pôvodného objemu V dosadená pôvodná dĺžka l a namiesto objemu po vysušení V_o — dĺžka po vysušení l_o . Ukázalo sa, že hodnota Z_{CL} je v priemere 4,4-krát menšia ako Z_c , pričom rozptyl hodnôt sa pohybuje od 2,71 do 7,29 násobku (tab. 7).

Záver

Pri hodnotení zmraštenia zemín pre inžiniersku geológiu nemožno vychádzať z hodnôt získaných zo vzoriek s porušenou štruktúrou, a to z príčin, ktoré vychádzajú z prí-

Porovnanie objemových a lineárnych Z
 Comparison of volume and linear values of Z

Tab. 7

Z_c	Z_{CL}	$\frac{Z_c}{Z_{CL}}$	Z_c	Z_{CL}	$\frac{Z_{CL}}{Z_c}$
10,3	3,8	2,71	18,0	3,2	5,63
15,3	3,9	3,92	9,9	2,6	3,81
11,7	3,5	3,34	14,1	4,3	3,28
17,5	2,4	7,29	22,5	4,7	4,79
13,2	2,4	5,50	24,6	7,7	3,19
13,5	2,7	5,00	26,1	5,9	4,42

$$\bar{\phi} = 4,41$$

pravy skúšobnej vzorky. Preto sme vypracovali novú metodiku stanovovania zmraštenia zemín na vzorkách s neporušenou štruktúrou, a to meraním objemu skúšobnej vzorky ľubovoľného tvaru v ortuti pri rozličnej vlhkosti. Predpokladáme, že tento postup vernejšie modeluje stav, ktorý sa pri zmrašťovaní uplatňuje v prírode. Hodnotením skúšky možno získať prakticky všetky používané charakteristiky zmraštenia, ako je vlhkosť na medzi zmraštenia W_z , súčiniteľ zmraštenia S_1 a S_2 a celkové objemové zmraštenie Z_c . Pre inžiniersku geo-

lógiu sú vhodné najmä hodnoty S_1 a Z_c , pretože udávajú kvantitatívne zmraštenie a sú navzájom porovnateľné. Aj keď vlhkosť na medzi zmraštenia má svoj špecifický význam pri určovaní vlhkosti, pri ktorej nastáva výrazná zmena v závislosti objemu a vlhkosti, z hľadiska kvantity je iba pomocnou hodnotou.

Skúšku zmraštenia v ortuťovom objemomere možno zhodnotiť preložením dvoch rôznobežných priamok súborom bodov vyjadrujúcich závislosť objemovej zmeny od vlhkosti alebo preložením paraboly, ktorú definuje rovnica $y = bx^2$. Zhodnotením skúšky metódou dvoch priamok možno určiť hodnoty vlh-

kosti na medzi zmraštenia W_z , súčiniteľ objemového zmraštenia S a celkové objemové zmraštenie Z_c . Pri hodnotení metódou paraboly sa získava len hodnota Z_c . Táto metóda podstatne urýchľuje proces stanovovania zmraštenia zeminy, pretože stačí určiť pôvodný objem vzorky pri prirodzenej vlhkosti a konečný objem po vysušení zeminy. Ak je predpoklad, že vlhkosť zeminy bude vplyvom klimatických alebo iných podmienok kolísať, možno početne určiť aj zmenu objemu pri predpokladanom rozsahu vlhkosti.

Recenzoval P. Fabini

LITERATÚRA

- Akroyd, T. N. W. 1964: Laboratory testing in soil engineering soil, mechanics limited. *London*.
- Badillo, E. J. Rodriguez, A. H. 1969: Mecanica de suelos. I. *diel. Havana*.
- Eichler, J. 1964: Mechanika zemin. *Brno, VÚT (skriptum)*.
- Grim, R. E. 1962: Applied clay mineralogy. *New York, Mc. Graw-Hill Book Company*.
- Harman, C. G. — Fraulini, F. 1940: Properties of kaolinite as function of particle size. *J. Amer. ceram. Soc.*, 23, pp. 252—258.
- Henry, E. C. — Siefert, A. C. 1941: Plastic and drying properties of certain clays as influenced by electrolytic content. *J. Amer. ceram. Soc.*, 24, pp. 281—285.
- Hofman, U. — Czerch, W. — Suarez, E. 1958: Über die Ursachen der Trockenbiegefestigkeit der Tone. *Ber. deut. keram. Ges.*, 35, S. 219—225.
- Hough, B. K. 1964: Basic civil engineering. *New York, The Ronald Press Company*.
- Lodd, C. G. — Lamb, J. 1966: Klasifikacija i opredelenije svojstv uplotnenych i nabuchajuščich glin. In: *Mechanika gruntov i gruntovedenije. Moskva*.
- Lysenko, N. P. 1972: Sostav i fizikomechaničeskije svojstva gruntov. *Moskva, Nedra*.
- Myslivec, A. 1972: Poruchy na stavbách vlivem smrštění půdy v podzákladách. *Inž. stavby*, 5, s. 161—166.
- Norton, F. H. 1925: Elements of ceramics. *Reading, Mass. Addison-Wesley Publishing Company*.
- Poliaček, J. — Jacko, M. — Galluš, J. — Takáčová, V.: Návodý na cvičenie v cestnom laboratóriu. *Bratislava, SVŠT (skriptum)*.
- Stone, R. L. 1957: Determinative tests of aid in the desing of driers and kilns. *Brell. J. Amer. ceram. Soc.*, 36, pp. 1—5.

- White, W. A. 1957: The properties of clays. *M. S. — thesis of University of Illinois*.
- Williamson, W. O. 1941: Some structures of unfired pottery bodies revealed by a new technigne. *Trans. Brit. ceram. Sec.*, 40, pp. 225—241.
- Laboratorní stanovení poměrného lineárního smrštění zemín, 1971. ČSN 72 1019.

Determination of soil shrinkage in engineering geology

IGOR MODLITBA

The soil shrinkage represents a physical process typical for soils with clay mineral content or containing other fine particles and caused by the gradual decrease of soil moisture. The shrinkage process is caused by growing attraction of particles of different nature, e. g. by capilar attraction forces, the Van der Waals attractive force a. o. The shrinkage is to be comprehended as a compound physical process, the quality of which is influenced by several factors. This is mainly the water content of soils, the mineralogical composition (mainly influenced by clay mineral content), the type of adsorbed cations a. o.

The soil shrinkage is commonly expressed by volume (cubic) or linear shrinkage value. The volume shrinkage represents usually the ratio between the original and shrinked volume, or, between the former and the volume decrease. The linear shrinkage value represents commonly the ratio between the original sample length (of the tested soil sample) and that of the shrinked sample (the latest sometime substituted also by the length decrease value). Most commonly used expressions are that of

Scheidig's shrinkage value M_s , Akroyd's shrinkage value M_{SA} , the linear shrinkage coefficient S , the cubic shrinkage coefficient S_K , relative linear shrinkage value S , and the moisture value at the shrinkage limit W_z . For purposes of regional engineering geology, it is necessary to consider these values as not entirely objective ones. It appears more suitable to utilize values of shrinkage coefficients S_1 and S_2 representing the volume decrease separately for the part A (S_1) and that for the part B (S_2), curves of dependence between the soil moisture and shrinkage (Fig. 1) and the value of total volume shrinkage Z_C expressing the volume decrease in per cents to the original volume after the soil dessication from an original moisture of $W = 30$ p. c. Statistical evaluation of a considerable set of Z_C and S_1 data yielded characteristicl orientative values for different soil types determined according to their plasticity characteristics and mechanical structure (Tab. 3—6).

Preložil I. Varga

A. Rebro et al.: **Vody ozdravujúce a osviežujúce**. Martin, Osveta 1979. 254 s.

Bohatý výskyt minerálnych vôd na území Slovenska (doteraz registrovaných okolo 1300 zdrojov) a s mimoriadnou pestrosťou typov je nevšedným prírodným bohatstvom, ktorého racionálne využívanie a ochrana nie sú len vecou príslušných organizácií, ale mal by do nich zainteresovať čo najširší okruh občanov, aby sa významné výsledky hydrogeologického výskumu a prieskumu minerálnych vôd, formy ich balneoterapeutického a rekreačného využitia propagovali medzi našou verejnosťou.

Už fakt, že recenzovaná práca vyšla vo vydavateľstve Osveta, svedčí o tom, že si autori vytýčili predovšetkým tento cieľ. Mali neľahkú úlohu, veď kniha svojou náplňou zasahuje do oblasti histórie, hydrogeológie, prieskumného overovania, zachytávania, využívania vôd a i.

V takejto tematickej šírke a pri väčšom počte spracovateľov len veľmi ťažko možno dosiahnuť ucelenosť publikácie a vyváženosť jej častí, ako aj nájsť vhodnú formu odovzdávania odborných informácií, často dosť špecifických, širšej verejnosti.

S uspokojením možno konštatovať, že sa autorom úspešne podarilo prekonať takéto úskalía najmä vďaka citlivej cieľavedomej redakcii a vhodnému využitiu ilustrácií.

V prvej časti A. Porubský analyzuje podmienky vzniku minerálnych vôd v prírodnom prostredí, hodnotí základné faktory ich formovania a výskytu v geologických celkoch na území Slovenska. Pre názornosť doplnia text prehľadnými schémami niektorých žriedlových štruktúr.

V druhej časti P. Tkáčik oboznamuje čitateľov s problematikou minerálnych vôd pohľadom na spôsoby ich vyhľadávania, prieskumného overovania a zachytávania, vhodne ich konkretizuje nákresmi zachytávania niektorých našich významných zdrojov. V závere kapitoly podáva prehľad o doterajších výskumoch a prieskumoch minerálnych vôd na Slovensku a o ich perspektívach.

V ďalšej časti sa A. Rebro zaoberá vývojom náhľadov na pôvod minerálnych vôd, a to od starovekých autorov až po najmodernejšie hodnotenia, poukazuje na formy klasifikácie minerálnych vôd v súvislosti s rozvojom chémie, medicíny a geológie. V závere uvádza súčasné klasifikácie i osobitosti slovenských prírodných minerálnych vôd.

Kúpeľné a pitné využívanie minerálnych vôd v minulosti je veľmi zaujímavou témou a spracoval ju J. Mulík. Osobitnú pozornosť venuje údajom z literatúry o minulosti slovenských kúpeľov, ďalej opisuje ich rozvoj, príp. aj zánik, rovnako si všima aj vývoj plnenia minerálnych vôd u nás.

Zaslúžená pozornosť sa v knihe venuje novodobému kúpeľníctvu, osobitne jeho búrlivému rozvoju u nás po znárodnení všetkých prírodných liečivých zdrojov roku 1948. Autor tejto časti (P. Krahulec) sa zaoberá komplexom faktorov pôsobiacich v procese kúpeľnej liečby v socialistickom zdravotníctve a poukazuje na rozmanité formy súčasného využívania minerálnych vôd u nás.

O tom, že miesta výverov minerálnych vôd sú aj významnou súčasťou nášho prírodného prostredia, nás presvedča časť, ktorej autorom je A. Rebro. Venuje sa v nej produktu minerálnych vôd — travertinom, ako aj vonkajšej úprave pramenných záchyťov. Autor tu podáva aj zaujímavý pohľad na ľudové názvy minerálnych vôd.

Záverečná časť knihy (autor M. Klagó) sa zaoberá potrebou chrániť minerálne vody pred potenciálnymi zdrojmi ohrozenia, uvádza možné prírodné a umelé negatívne vplyvy. Zároveň dokumentuje spôsoby, ktorými naša spoločnosť chráni toto mimoriadne cenné prírodné bohatstvo.

Text knihy je bohato ilustrovaný s veľkým pochopením pre dokumentaristickú vyváženosť. Resumé a preklady textov k obrázkom sú štvorjazyčné.

Recenzovaná kniha je dobrým príkladom popularizácie výsledkov našej hydrogeológie v rámci komplexného pohľadu na problematiku minerálnych vôd. Možno vysloviť uspokojenie nad tým, že vydavateľstvo Osveta poskytlo miesto aj tejto tematike. Veríme, že tento počín nie je posledný a že podobné možnosti využijú aj ostatné sféry našej aplikovanej geológie.

P. Bužalka

S Ů H R N N Ý R E F E R Á T

Zariadenie na indikáciu a meranie svahových pohybov

EGON FUSSGÄNGER

IGHP, Žilina, Rajecká cesta 32, 010 51 Žilina

(12 obr. v texte)

Doručené 14. 3. 1980

Приборы для измерений и определение движений на склонах

Автор статьи описывает подходящую аппаратуру, которая используется в настоящее время в Чехословакии и за рубежом для измерения поверхностных и подповерхных движений на склонах а также для определения скользящих плоскостей. Более детальнее описывает аппаратуру, которая была развита в Чехословакии (экстензометры, дилатометры, деформационные трубки и система полосчатых проводников).

Equipments for measurements and indication of slope movements

The paper describes equipments used recently in Czechoslovakia and abroad for slope movement measuring both on the surface and subsurface and for the indication of sliding surfaces. Detailed description is given to devices developed in Czechoslovakia (extensometers, dilatometers, deformation tubes and systems of tape conductors).

Pri intenzívnej výstavbe, aká prebieha v ČSSR, a to vodných diel, dopravných stavieb, priemyselných, energetických, banských i občianskych komplexov rozlohu zasahujúcich aj svahové územné celky sa musí už vopred venovať veľká pozornosť problémom vychádzajúcim zo svahových geodynamických

procesov. Navyše súčasná tendencia vo zvýšenej miere chrániť životné a krajinné prostredie, ako aj súčasný fond poľnohospodárskej pôdy stále viac vytláčajú rozsiahlu výstavbu najmä náročnejších objektov do nepriaznivejších podmienok, do inžinierskogeologických a geomorfologicky menej vhodných regiónov.

Často sa nemožno vyhnúť ani oblastiam poznačeným svahovými pohybmi a deformáciami, príp. takým, kde je ich vznik veľmi pravdepodobný.

Prirodzené alebo umelo vyvolané svahové pohyby sú vždy závažným problémom, lebo najmä svojimi deštruktívnymi prejavmi môžu spôsobiť veľké národohospodárske škody. Rovnako je vždy technicky a časovo náročná a finančne veľmi nákladná aj sanácia každého druhu svahovej deformácie. Preto pri inžinierskogeologickom prieskume každej svahovej deformácie (napr. zosuvu) treba dôsledne zistiť pretvorenie a napätie zemín vo svahu (aj neutrálne napätie, t. j. tlak vody v póroch zeminy). Priestorová aplikácia výsledkov týchto základných geodynamických charakteristík vedie aj k jednoznačnému vymedzeniu porušeného svahu v priestore, t. j. na povrchu a pod povrchom. Napriek zložitosti vzniku a vlastnej mechaniky geodynamických procesov vo svahoch, ktoré závisia od klimatických, geomorfologických, hydrogeologických a inžinierskogeologických pomerov, zostáva vždy, hlavne v bežnej praxi, ich rozhodujúcim prejavom veľkosť svahového pohybu, resp. veľkosť a vývoj pretvorenia v priestore a čase. Preto sú meranie, kontrola i indikácia svahových pohybov, ako aj zisťovanie šmykových plôch porušených svahov veľmi dôležité a potrebné.

Voľba meracích metód a zariadení

závisí od typu svahovej deformácie, stupňa jej aktivity a štádia vývoja, od druhu zemín či skalných hornín, ale aj od cieľov merania a od času, ktorý má prieskum k dispozícii, a, prirodzene, aj od materiálnych možností.

Svahové pohyby, resp. pretvorenia v časovej závislosti možno na povrchu merať a sledovať fyzikálnymi a geodetickými metódami (J. F e k e č 1973), pod povrchom iba fyzikálnymi metódami. Väčšina terajších meracích zariadení a prístrojov je založená na aplikácii priamych fyzikálnych metód merania pretvorenia v zeminách a horninách (G. M ü l l e r 1974, G. M ü l l e r et al. 1977). Sú to prieťahomery a trhlinomery (extenzometre, dilatometre), priehybomery, sklonomery a úklonomery (inklinometre, tiltmetre) pracujúce prevažne na mechanickom, hydraulickom, kyvadlovom a zväčša aj na kombinovanom princípe, často aj s využitím tenzometrických prvkov.

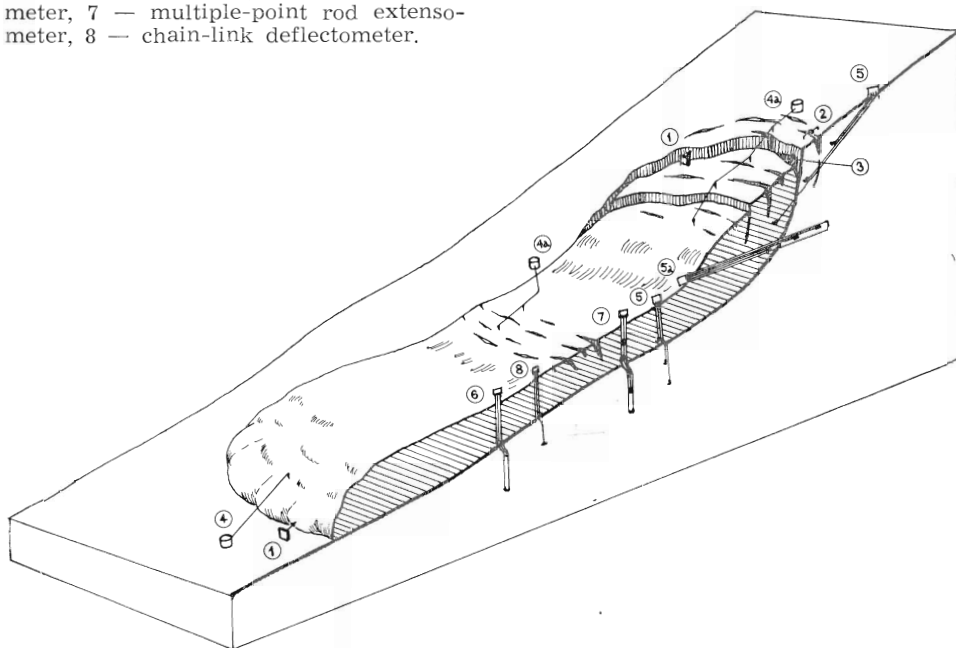
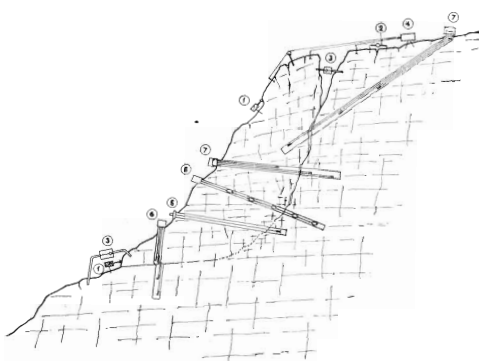
Použitie zariadení na meranie a indikáciu svahových pohybov na povrchu a pod povrchom svahových porúch v zeminách a horninách demonštrujú obr. 1 a 2.

Zariadenie na meranie svahových pohybov na povrchu

V bežnej prieskumnej praxi sa v zahraničí a u nás na meranie svahových pohybov, resp. horizontálnych pretvorenia (posunov) na povrchu svahov používajú rozmanité

Obr. 2. Meracie a indikačné zariadenia svahových pohybov v horninách. Na povrchu svahov: 1 — povrchový indikátor svahového pohybu, 2 — trhlino-
mer, 3 — dilatometer, 4 — viacbodový (lankový, drôtový) extenzometer. Pod povrchom: 5 — podpovrchový svahový indikátor, 6 — viacbodový (páskový, lan-
kový) extenzometer, 7 — viacbodový tyčový extenzometer, 8 — článkový deflektometer

Fig. 2. Measuring and indication devices of slope movements in rocks. For slope surfaces: 1 — surficial slope movement indicator, 2 — fissurometer, 3 — dilato-
meter, 4 — multiple-point (wire-, rope-) extensometer. For subsurface measuring: 5 — underground slope indicator, 6 — multiple-point (tape-, chain-) extenso-
meter, 7 — multiple-point rod extenso-
meter, 8 — chain-link deflectometer.



Obr. 1. Meracie a indikačné zariadenia svahových pohybov v zeminách. Na povrchu svahov: 1 — povrchový indikátor svahového pohybu, 2 — trhlino-
mer (fisurometer), 3 — dilatometer, 4 — jednoduchý extenzometer, 4a — viacbodový (lankový, drôtový) extenzometer. Pod povrchom svahov: 5 — viacbodový (lankový, drôtový, páskový, reťazový) extenzometer, 5a — viacbodový extenzometer, 6 — inklinometer, 7 — článkový deflektometer, 8 — podpovrchový indikátor svahového pohybu

Fig. 1. Measuring and indication equipments for slope movements in soils. Equipments for surficial measuring: 1 — surficial slope movement indicator, 2 — fissurometer, 3 — dilatometer, 4 — simple extensometer, 4a — multiple-point extensometer (wire- and rope-extensometer). Equipments for subsurface measuring: 5 — multiple-point extensometer (wire-, rope-, tape- and chain-extensometer), 5a — multiple-point rod-extensometer, 6 — inclinometer, 7 — chain-link deflectometer, 8 — underground slope movement indicator

druhy prietahomerov — extenzometrov, dilatometrov a trhlino-
metrov — fisurometrov.

Extenzometre

Extenzometre, t. j. prístroje na sledovanie zmeny vzdialenosti medzi dvoma i viacerými bodmi, patria medzi najpoužívanéjšie meracie zariadenia pri priamom zisťovaní svahových pohybov na povrchu svahov zo zemín a skalných hornín počas prieskumu svahových deformácií. Charakteristickým znakom extenzometrov pri priamom meraní pretvorenia je ich osadenie v smere očakávaného svahového pohybu na rozhraní porušeného a neporušeného prostredia. Namerané hodnoty pretvorenia sa potom porovnávajú so základným východiskovým bodom osadeným v neporušenom prostredí. Podľa druhu spojovacieho merného prvku sa rozdeľujú na lankové, drôtové, páskové, reťazové a tyčové a podľa počtu meraných bodov na jednoduché — dvojbodové a na zložené — viacbodové. Podľa spôsobu indikácie nameraných pretvorení možno ich ešte rozčleniť na zariadenia s miestnou indikáciou — odčítaním, príp. aj grafickou registráciou, alebo s diaľkovou digitálnou indikáciou, resp. aj s registráciou. Zariadenia

s diaľkovou indikáciou nameraných hodnôt pretvorení zvyčajne pracujú na elektrickom alebo kombinovanom funkčnom princípe a potrebujú zdroj elektrickej energie (akumulátor alebo sieť). Presnosť merania sa pohybuje od 0,01—0,1 mm a rozsah meraných pretvorení bez prestavenia východiskovej hodnoty je 20—100 mm ($\pm 1,0$ až $\pm 5,0$ mm). Pri malom pretvorení (do 20 mm) sú vhodné tyčové extenzometre s veľkou citlivosťou (0,01 mm) odčítania hodnôt a pri väčšom pretvorení (50—100 mm i viac) lankové a drôtové extenzometre s menšou citlivosťou. Na dosiahnutie žiadúcej presnosti merania treba použiť merné prvky s malou tepelnou rozťažnosťou (napr. z invarovej ocele).

Okrem opísaných extenzometrov, ktoré predstavujú trvale, príp. dočasne zabudované meracie zariadenia, sú aj prenosné príložené — jednoduché páskové extenzometre (napr. fy Sinco — USA). Pri ich použití treba meráciu základňu vytvoriť z pevne fixovaných skôb a priame alebo relatívne pretvorenie sa sleduje medzi nimi. Pri vhodnej konštrukcii takéhoto extenzometra a merných skôb možno dosiahnuť presnosť merania $\pm 0,13$ až $0,08$ mm na vzdialenosť 20—33 m.*

* Veľmi zjednodušenou obdobou merania prenosným páskovým extenzometrom je meranie svahového pohybu medzi dvoma fixovanými bodmi — skobami alebo kotvami — pomocou vhodného meracieho pásma. Pásmo musí byť na jednom konci spojené so strunovým minciernom, pomocou ktorého sa pri každom meraní dosiahne rovnaké napnutie pásma. Presnosť takéhoto spôsobu orientačného merania je pri vzdialenosti do 30 m asi ± 5 až 10 mm.

Zo zahraničných prístrojov sú najznámejšie jednoduché a viacbodové extenzometre fy Interfels (Rakúsko + NSR; lankové, drôtové, refazové, tyčové), Sinco (USA; páskové, drôtové, tyčové), Télémac (Francúzsko; tyčové), Borros (Švédsko; tyčové), Inštitút pre geotechniku v Lipsku (NDR; lankové), ktoré možno použiť v zeminách a v skalných horninách na povrchu i pod povrchom.

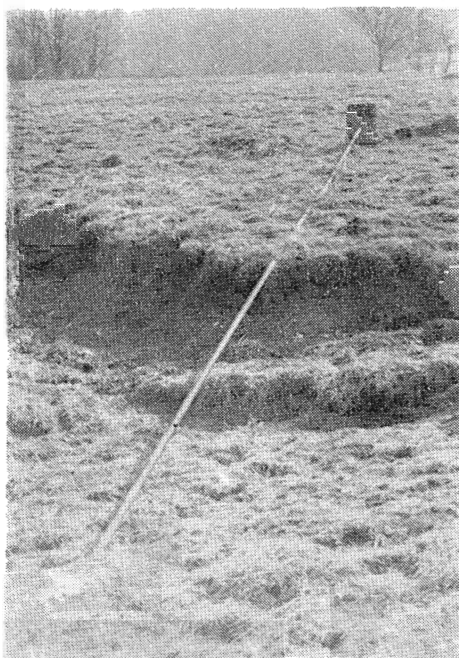
V ČSSR sa ešte takéto extenzometre sériovo nevyrábajú, aj keď vhodné prístroje vyvinul Hornický ústav ČSAV Praha (1966) a VÚIS Bratislava (1978) v rámci rezortnej výskumnej úlohy IGHP Žilina č. G-150-01 (E. Fussgänger 1976).

Jednoduchý a kombinovaný páskový a lankový extenzometer na meranie pomalých svahových pohybov (do 120 mm za rok) vyvinul VÚGI Brno, a to v troch typoch:

a) základný prístroj mechanického extenzometra s typovým označením MMP-120 na priamu miestnu indikáciu — odčítanie veľkosti svahového pohybu na stupnici prístroja (obr. 4);

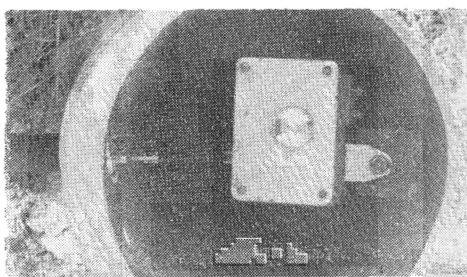
b) základný prístroj mechanického extenzometra spojeného s miestnym registračným zariadením s typovým označením MMR-120R (obr. 5) na kontinuálny záznam vývoja veľkosti svahového pohybu (s chodom registrátora 7 dní na jedno natiahnutie);

c) upravený základný prístroj na mechanicko-elektrický extenzometer spojený so zariadením na diaľ-



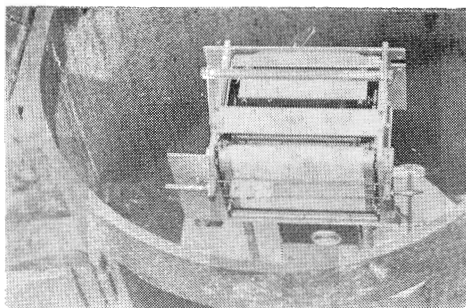
Obr. 3. Osadený jednoduchý — dvojbodový mechanický lankový extenzometer MMP-120 v odlučnej zóne zosuvu Mostište

Fig. 3. Mounted simple two-point mechanical wire extensometer MMP-120 in the detachment zone of the Mostište landslide.



Obr. 4. Pohľad na merací prístroj MMP-120 v ochrannom kryte

Fig. 4. View of the MMP-120 measuring device in protective shield



Obr. 5. Pohľad na merací prístroj MMP-120R s mechanickým registrátorom
Fig. 5. View of the MMP-120 measuring device with mechanical recording.

kovú digitálnu indikáciu meraných hodnôt veľkosti svahového pohybu s typovým označením MMP-120D (s možnosťou sledovať až 3 extenzometre odrazu).

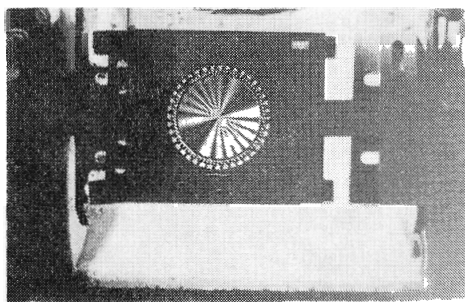
Uvedené typy extenzometrov (MMP-120, 120R a 120D) možno použiť pri priamom sledovaní progresívneho a regresívneho (nateraz okrem MMP-120D) vývoja svahového pohybu jedného bodu vo veľkosti do 120 mm za isté časové obdobie, a to v zásade iba na rozhraní porušeného a neporušeného prostredia, optimálne do vzdialenosti 15–20 m. Ale opakovaným prestavovaním východiskovej hodnoty na stupnici prístroja a nadstavením spájacieho lanka možno pôvodný rozsah merania podľa potreby aj viacnásobne zväčšiť. Dosiahnuteľná presnosť nameraných hodnôt je 0,10 až 0,05 mm. V teréne sa na povrchu zariadenie osadzuje do vhodného nosného a ochranného oceleového krytu ($\varnothing$ 250 mm pri MMP-120 a 120D a $\varnothing$ 450 mm pri

MMP-120R), pričom rovnako aj spájací merný prvok (pásku alebo lanko) proti vonkajším vplyvom a poškodeniu chráni oceľová rúrka s teleskopickým voľným priechodom (obr. 3). Opísané extenzometre sa úspešne použili na zosuvnej lokalite Handlová, Harvelka, Okoličné a Mostište.

Dilatometre

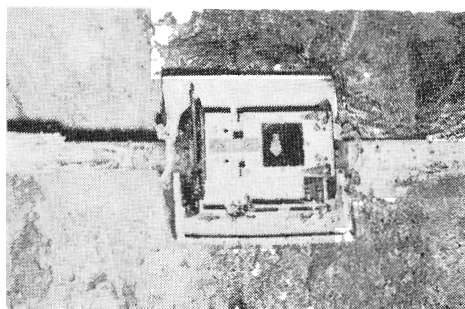
Dilatometre slúžia na meranie veľmi malých relatívnych pretvorení na rozhraní blokov a puklín, ako aj v otvorených trhlinách prevažne v skalných horninách. V zahraničí je rad takýchto prístrojov, zo špecifikovaných na skalné horniny a zeminu sú najznámejšie prístroje fy Interfels.

Roku 1972 Geologický ústav ČSAV v Prahe vyvinul veľmi kvalitný mechanicko-optický dilatometer s označením TM-71 (obr. 6, 6a; B. Košťák 1972). Prístroj pracuje na princípe mechanickej interferencie optických mriežok tvoriacich porovnávacie terče pevne spojené s pohybujúcimi sa telesami — blokmi. Zo vzájomnej interferencie mriežok vo dvoch kolmých rovinách (vertikálnej i horizontálnej) sa hodnotí posun ako excentricnosť terčov. Umožňuje miestne meranie priestorových posunov (veľkosť a smer) horninových blokov. Rozsah merania je 10 mm ($\pm$ 5,0 mm) a citlivosť $\pm$ 0,03 mm. Dilatometer TM-71 zachycuje aj tepelnú dilatáciu horniny. Osadzuje sa na konzo-



Obr. 6 Terčové meradlo TM-71 (mechanicko-optický dilatometer)

Fig. 6. Target measuring instrument TM-71 (mechanical-optical dilatometer).



Obr. 6a. Osadenie dilatometra TM-71 v otvorenej trhline

Fig 6a. Mounted TM-71 dilatometer in open fissure.

ly do vyvrtaných otvorov v hornine. Má veľkú stabilitu, takže je vhodný na niekoľkoročné meranie, keď ide o pohyby rádu 10^0 až 10^{-1} mm/rok. Prístroj už vyskúšali na viacerých lokalitách v ČSSR, Bulharsku, NDR a v Poľsku.

Na meranie malých relatívnych pohybov na menších trhlinách a puklinách hornín sa často využívajú príložné dilatometre. Meraciu základňu tu tvoria pevne osadené

2 až 3 dilatometrické skoby vo vzdialenosti cca 20–50 cm po stranách zvolenej skalnej trhliny. Vhodným rozmiestnením skôb možno okrem veľkosti posúdiť aj smer dilatácie. Vlastným meracím elementom sú citlivé indikátorové hodinky, ktoré umožňujú meranie s presnosťou 0,01–0,001 mm. Z praktických skúseností treba počítať s častým porušením dotykových plošiek skôb (napr. koróziou), čo znižuje presnosť merania asi o jeden rád. Vhodný príložný tenzometrický dilatometer u nás vyvinul VÚT Brno. Roku 1970–1971 sa ním merali deformácie trhlín v skalných zárezoch na železničnej trati Brno–Blansko (M. Šamaliková — J. Habarta 1973).

Doplňujúce zariadenia

Napokon sa pri špecifických prístrojoch ešte treba zmieniť aj o rozličných typoch indikátorov svahových pohybov, ktoré umožňujú indikovať iba existenciu svahového pohybu na povrchu (prevažne v jeho počiatočných fázach) pri prekročení vopred nastaviteľnej limitnej hodnoty (cca 10 mm). Zvyčajne sa kombinujú aj s miestnym a diaľkovým výstražným svetelným alebo zvukovým signalizačným zariadením (G. Müller 1974). U nás takýto povrchový indikátor (signalizačná súprava SS 76 pre svahové posuny väčšie ako 1 cm) vyvinul VÚIS Bratislava, pracoviisko Brno, v rámci výskumnej úlohy

P 12-526-078-02.3 (P. Novotný 1978).

Zariadenie na meranie svahových pohybov pod povrchom

Tieto zariadenia patria pri prieskume svahových porúch medzi najdôležitejšie. Osadzujú sa zvyčajne do vŕtaných sond a na základe merania svahového pohybu v rozličnej hĺbke jednoznačne a priamo určujú polohu aj mocnosť šmykovej zóny, príp. počet zón a charakter aktivity.

Priamo merať veľkosť svahového pohybu vo zvislých sondách mohli vždy iba zariadenie schopné dobre transformovať svahové pretvorenia z ich pôvodného subhorizontálneho smeru do vertikálneho smeru. Preto vývoj meracích zariadení postupoval od jednoduchých kyvadlových meradiel až po rozličné druhy extenzometrov, inklinometrov a deflektometrov (G. Müller 1974, G. Müller — H. Voort — M. Wohnlich 1977).

Kyvadlá

Princíp kyvadla, ktorý sa používa pri meraní deformácií v betónových priehradách, možno využiť aj pri meraní svahových pohybov v hĺbke systémom studňových skruží osadených do kopaných alebo vŕtaných sond (G. I. Ter-Stepanian 1965, S. Novosad 1967). Každá skruž má pretínajúcimi sa tenkými drôtni alebo lanka-

mi vyznačený stred. Posun vrchnej skruže sa proti jednotlivým nižšie položeným skružiam (osadeným až do pevného podlažia zosuvu) zisťuje kyvadlom zaveseným na pohyblivom kríži. Nevýhodou zariadenia je, že pred meraním zvyčajne treba odčerpať vodu. Za vierohodné možno pokladať namerané údaje až pri veľkosti posunov spravidla v cm.

Inklinometre

Prenosným druhom meracích prístrojov sú inklinometre. Pri inklinometri sa vychádza z predpokladu, že sa veľkosť svahového pohybu prejaví zakrivením — odklonom zabudovaných špeciálnych profilovaných pažníc vo vrtoch od ich pôvodného vertikálneho smeru, čo je možné pri zachovaní ich istej vnútornej priechodnosti zamerať až v dvoch na seba kolmých smeroch. Z celkového zakrivenia sa dá potom prepočtom stanoviť veľkosť a smer svahového pohybu — posuny v rozličnej hĺbke. Zistená maximálna hodnota uhla odklonu v istej hĺbke indikuje polohu hlavnej šmykovej plochy a zóny. Použitie inklinometrov je však podmienené „plastickým“ pretvorením zemín a merných pažníc v oblasti šmykovej plochy, a preto pre „krehké“ — strihové pretvorenie v skalných horninách sú málo vhodné. Pri pomalých svahových pohyboch možno použiť pažnice z plastických materiálov, avšak pri väčších a rýchlejších svahových pohyboch (cca nad

100 mm/rok) treba použiť materiály s vyššou priečnou tuhosťou (napr. hliníkové, duralové a pod.). Citlivosť inklinometrického merania závisí od kontaktnej nepresnosti vo výstroji vrtu, ako aj od možných chýb v počtovej integrácii, ktoré pri súčtovom postupe určenia veľkosti svahových posunov s hĺbkou narastajú.

Na praktické účely prieskumu svahových deformácií v zeminách sú najvhodnejšie menšie inklinometre, pretože umožňujú merať uhol odklonu aj pri väčšej krivosti pažníc (M. J a k u b o w s k i 1978). Medzi najvhodnejšie inklinometre sa zaraďujú prevažne elektrické inklinometre fy Sinco, Soiltest, Interfels, Terratec, ELE a pod. V súčasnosti sú najpresnejšie digitálne inklinometre fy Interfels a Sinco.

Extenzometre

Merať svahové pohyby pod povrchom vo zvislých vrtných sondách umožňujú aj rozličné druhy zložených viacbodových extenzometrov. Vhodné sú aj mechanické a elektrické extenzometre (napr. fy Interfels, Sinco) s netuhými spojovacími mernými prvkami (páskovými, lankovými, drôtovými, reťazovými), ktoré umožňujú transformovať svahový pohyb aj v priečnom smere. Bežné tyčové extenzometre sú vhodné iba pri ich osadzovaní do šikmých, príp. až subhorizontálnych vrtov, kde orientácia smeru svahového pohybu je

viac-menej subparalelná s osou vrtu a extenzometra (obr. 1 a 2).

V ČSSR boli zatiaľ vyvinuté mechanické lankové viacbodové (článkované) extenzometre, a to na Geologickom ústave ČSAV Praha (J. R y b á ř 1968) a na VÚGI Brno v rámci výskumnej úlohy IGHP Žilina č. G-150-03 (E. F u s s g ä n g e r 1976, J. H i c k l 1978) a najnovšie mechanicko-elektrický jednoduchý — dvojbodový ťahadlový extenzometer vo VÚIS Bratislava, pracovisko Brno (P. N o v o t n ý 1978). Lankové viacbodové extenzometre tvorí sústava článkov rúrok z PVC ľubovoľnej dĺžky (10—100 cm). Z každého alebo len zo zvolených tzv. merných článkov pod povrchom sa vyvádza samostatné lanko až do nadzemnej časti sondy, kde sa vedie cez kladku a napína sa malým protizávažím alebo pružinou. Vplyvom svahového pohybu sa v mieste šmykovej plochy pôvodná zvislá súosovosť článkov v sonde poruší, pričom sa veľkosť svahového pohybu — posunu prejaví zmenou dĺžok laniiek vedených z týchto merných článkov, ktoré ležia v neporušenom prostredí pod šmykovou plochou. Merané hodnoty napokon možno alebo priamo odčítať alebo zaznamenať na grafickom registrátore. Presnosť indikácie šmykových plôch závisí od zvolenej vzdialenosti medzi mernými článkami, príp. od dĺžky merného článku.

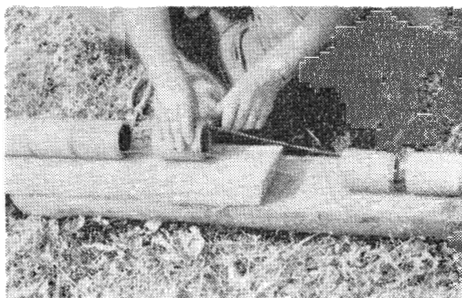
Extenzometer VÚGI Brno — IGHP Žilina, označenia SDT (tzv.

system delených teliesok), je zostavený z článkov z PVC — rúrok $\varnothing 75$ mm a dĺžky 100 mm a umožňuje merať a graficky registrovať svahové pohyby (nad 100 mm/rok) pod povrchom až v 8 ľubovoľných bodoch (obr. 7, 8, 9). Príklad nameraných posunov na lokalite zosuvu Mostište pri Púchove je na obr. 12 spolu s penetračným hodnotením vo vrte.

Ťahadlový (lankový) extenzometer VŮIS meria zmenu dĺžky medzi dnom a zhlavím vrtu a z tejto zmeny umožňuje určiť posun po šmykovej ploche. Osadzuje sa do šikmého, príp. do zvislého vrtu zasahujúceho 2 m pod šmykovú plochu. Ale vrt v oblasti šmykovej plochy nesmie byť vystrojený pažnicou. Meracie zariadenie sa skladá z kotvy upevnenej na dne vrtu, ťahadla a vrchnej meracej hlavice. Veľkosť svahového pretvorenia sa prenáša lankom cez kladku a prostredníctvom odporového prevodu sa prevádza na hodnotu elektrického odporu, ktorá sa diaľkovo prenáša a registruje na zapisovači alebo priamo meria na meracom stanovišti. Rozsah a presnosť merania závisí od veľkosti prevodovej kladky, praktická presnosť je $\pm 1,5 \%$ z rozsahu (P. Novotný 1978).

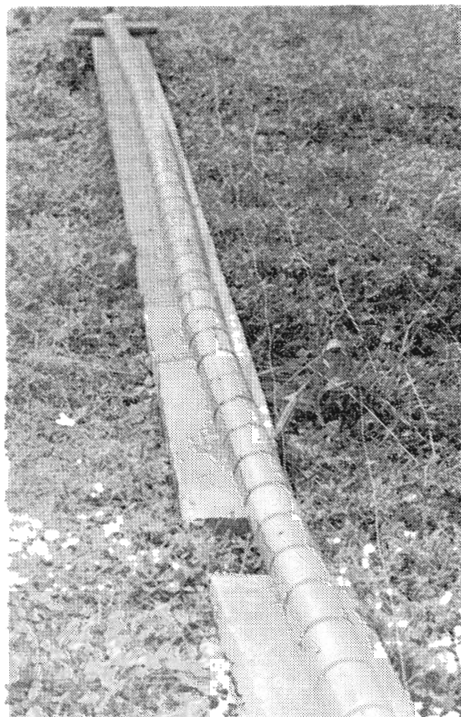
Článkový deflektometer

Princíp inklinometra s princípom extenzometra je kombinovaný v tzv. článkovom deflektometri, ktorý



Obr. 7. Zostavovanie viacbodového pod-povrchového lankového extenzometra — článkovej sondy SDT

Fig. 7. Mounting of a multiple-point subsurface chain-link extensometer. The SDT chain-link probe



Obr. 8. Hotová zostava článkovej sondy SDT

Fig. 8. Mounted assembly of the SDT chain-link probe

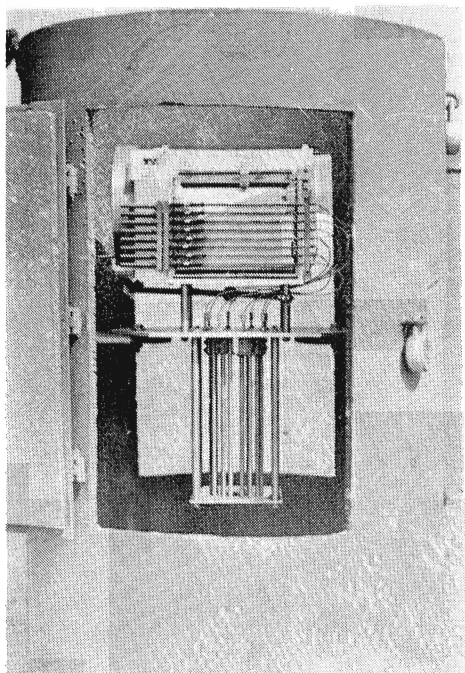
vyrába fy Interfels a Terrametrics. Zariadenie, ktoré sa zabudúva do vrtu ľubovoľného sklonu, pozostáva zo sústavy meracích článkov, medzi ktorými sú tyčové alebo drôtové spojky. Zmena pôvodného smeru spojky sa prenáša na elektricky merateľné hodnoty, ale súčasne sa zaznamenáva aj zmena vzdialenosti medzi dvoma článkami. Prístroj je vhodný prevažne pri relatívne menších pretvoreniach a vzhľadom na jeho vysokú cenu sa musí používať uvažene.

Metódy a zariadenia na indikáciu šmykových plôch pod povrchom

Na indikáciu šmykových plôch pod povrchom možno popri jadrových vrtoch a šachticiach použiť priame a nepriame metódy (J. Rybář — E. Fussgänger 1978). Priame fyzikálne metódy využívajú nielen už opísané zariadenia na meranie svahových pohybov pod povrchom, ale aj indikátory založené na deformácii alebo deštrukcii osadeného prvku do zvislého vrtu zasahujúceho až neporušené podložie.

Deformačné rúrky

V bežnej praxi sú známe a často sa používajú pružné, tzv. deformačné rúrky z plastických materiálov (PVC $\varnothing$ 40—60 mm), ktoré sa osadzujú do vrtných otvorov s piesčitým obsypom. Hneď po inštalácii deformačnej rúrky patričnej dĺžky do vrtu sa na lanku spustí na dno oceľový valček — priechodomer a druhý valček sa spúšťa pri meraní zhora. Pri svahovom pohybe sa deformačná rúrka stláča a ohýba, čo priechodnosť valčeka zhoršuje alebo znemožňuje. Vďaka tomu možno vymedziť hĺbku aktívnej šmykovej plochy alebo zóny. Deformačné rúrky pri ich perforovanom vyhotovení možno využiť aj ako pozorovacie piezometrické sondy. Naopak pri ich vodotesnom vyhotovení a čiastočne naplnení vodou možno nimi podľa stúpania hladiny prípadne zachytiť aj počiatočnú fázu

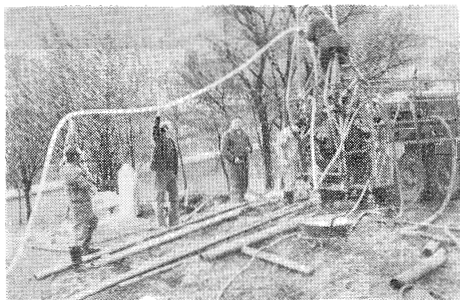


Obr. 9. Vlastná meracia a registračná aparátúra SDT
Fig. 9. Measuring and registration apparatus SDT

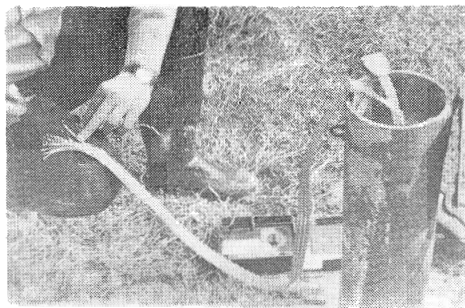
aktivácie svahového pohybu (E. Fussgänger 1976).

Systém páskových vodičov

Novým indikačným spôsobom a zariadením vyvinutým na VÚGI Brno v rámci výskumnej úlohy IGHP Žilina č. G-150-04 je tzv. systém páskových vodičov — SPV (E. Fussgänger 1976, J. Hickl 1977). Indikácia šmykovej plochy aktívnej svahovej deformácie sa tu zakladá na kontrole porušenia elektrických obvodov z krehkých vodičov, ktoré sú trvalo osadené (zacementované) vo vrte. Miesto prestrihnutia vodičov potom indikuje hĺbku aktívnej šmykovej plochy. V polyetylénovej páske (hrúbky do 2 mm a šírky 15—16 mm) je uložených 10 paralelných žíl vodičov, ktoré sú z tenkých drôtov nízkej priťažnosti. Krycia polyetylénová izolácia má naopak veľkú priťažnosť. Vodiče v páske možno v ľubovoľných úsekoch hĺbky sondy prepojiť do 8 uzavretých obvodov. Voľba polohy a vzdialenosti mostíkov sa prispôbuje hĺbke očakávanej šmykovej plochy. Meraním spojitosti jednotlivých elektrických obvodov sa zisťuje (obr. 11), medzi ktorými dvoma mostíkmi sa vytvorila šmyková plocha. Výhodou zariadenia je nízka cena (cca 25,— Kčs za 1 bm), ľahká inštalácia (obr. 10), neobmedzený hĺbkový dosah a možnosť osadiť viacej páskových vodičov do jedného vrtu. Nevýhodou je, že po prerušení vodičov zariadenia už nemô-



Obr. 10. Osadzovanie krehkých páskových vodičov — sondy SPV v ochrannej hadici z PVC do vrtu
Fig. 10. Mounting of brittle tape conductors of the SPV probe in protecting PVC tube into the drilling



Obr. 11. Kontrolné meranie spojitosti elektrických obvodov SPV pomocou avometra
Fig. 11. Control measuring of conduit joins of single electric circuits SPV using avometer

že zachytiť vývoj ďalších hlbšie položených šmykových plôch ani zistiť mocnosť porušenej šmykovej zóny. Preto sa v IGHP Žilina v spolupráci s Kablom Bratislava vyrobil a overuje variant, v ktorom sa ako spätné vetvy vodičov používajú drôty s vysokou priťažnosťou.

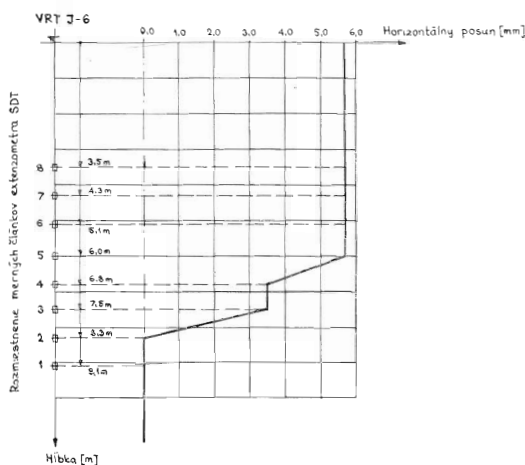
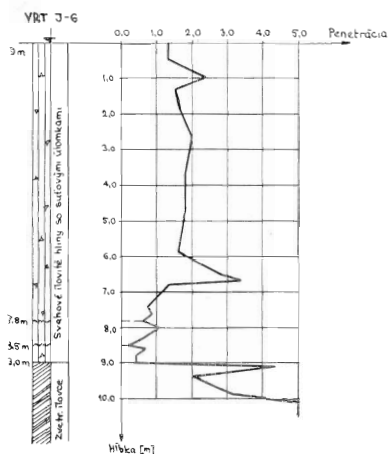
Nepriame metódy

Podľa typu svahovej poruchy, jej charakteru a druhu zemin a hornín možno na indikáciu šmykových plôch pod povrchom úspešne použiť aj nepriame metódy. O existencii pretvorenia a porušenia viažúcich sa pri svahových poruchách zvyčajne na ich šmykové plochy a zóny možno nepriamo usudzovať aj podľa zmeny iných fyzikálnych vlastností prostredia.

V súdržných zeminách je častým indikátorom porušenej šmykovej zóny ich mäkkšia konzistencia, zvýšená vlhkosť, nižšia objemová hmotnosť, zvýšenie pórových tlakov a naopak zníženie pretvárno-pevnostných charakteristík. Tieto zmeny možno zistiť (popri pôdomechanických rozboroch z odobratých vzo-

riek) kontinuálnou penetráciou alebo penetračnými testmi jadrových monolitov (obr. 12), rádiometrickými sondami (vlhkosť a objemová hmotnosť), snímačmi pórových tlakov vody (v zeminách) presometrickými sondami a pod. (E. Fussgänger — D. Jadroň 1976).

V prípade dilatantného charakteru šmykových plôch a zón, ktoré sa vyznačujú drenážnym efektom, možno výhodne použiť aj rádionuklidové sondy (J. Hulla 1978). Pri tomto spôsobe sa sondážnymi detektormi sleduje zmena rýchlosti prúdenia podzemnej vody na základe vstreknutej rádioaktívnej látky ($\text{NaJ } 131$) v rozličnej hĺbke vo vystrojenom vrte pažnicami s perforáciou nad 5 ‰ . Zistené miesta maximálnej odtokovej alebo vtokovej rýchlosti podzemnej vody vo



Obr. 12. Hodnotenie penetračných testov vrtných jadier a svahových horizontálnych posunov (pomocou extenzometra SDT) vo vrte J-6 na zosuve Mostište
Fig. 12. Evaluation of penetration tests of drill-hole cores and of horizontal slope sliding using the SDT extensometer in the J-6 drill-hole at the Mostište landslide

vrte, hlavne v zdanlivo málo priestupných zeminách, môžu zodpovedať šmykovým plochám.

V súčasnosti sa čoraz častejšie používa komplex nepriamych metód inžinierskej geofyziky (K. Müller 1977). Ide najmä o geoelektrické metódy (metóda odporovej sondáže a profilovania, metóda spontánnej polarizácie atď.), seizmické (metóda refrakčnej a reflexnej seizmiky) a geoakustické (S. Novosad — P. Bláha — J. Knejzlík 1977). V obmedzenej miere možno využiť ešte ďalšie geofyzikálne metódy, ako napr. magnetometrické, termometrické, príp. aj karotážne metódy, ktoré dopĺňajú základné geofyzikálne metódy v špecifických geologických podmienkach.

Záver

Zistenie existencie a veľkosti svahových pohybov na povrchu a pod povrchom dáva jasný obraz o charaktere svahových porúch

v zeminách a skalných horninách, o ich plošnom rozsahu a hĺbkovom priebehu. Na komplexnú charakteristiku ich vývoja sa v praxi osvedčilo kombinovať rozličné metódy merania (priame i nepriame, na povrchu fyzikálne i geodetické) a druhy meracích zariadení. Ich použitie okrem okamžitých časových i materiálnych možností závisí od charakteru a druhu svahovej poruchy. Správnou aplikáciou namerených výsledkov sa napokon dá overiť skutočná hodnota šmykovej pevnosti zemín a skalných hornín uplatňujúca sa na šmykových plochách, a tým aj reálne posúdiť stabilitu porušených svahov. Účelná a z hľadiska stability správne posúdená a včasná sanácia každej svahovej poruchy na počiatku jej zaregistrovania znamená vždy podstatné zníženie národohospodárskych strát. Preto zariadenia na meranie a indikáciu svahových pohybov majú nesporne veľký význam.

Recenzoval J. Rybař

LITERATÚRA

- Fussgänger, E. — Jadroň, D. 1976: Prieskum zosuvných území pri využití špeciálnych metód a skúšok. *Mineralia slov.*, 8, s. 23—35.
- Fussgänger, E. 1976: Vývoj meracích a registračných metód a zariadení pre trvalú kontrolu pohybov vody. *Manuskript — IGHP Žilina*.
- Fekeč, J. 1973: Geodetické metódy zisťovania svahových pohybov. In: *Inžiniersko-geologický prieskum stability svahov*. Košice, Dom techniky, s. 1—18 XV.
- Hickl, J. 1977: Equipment developed for measuring landslides and for indicating the plane of sliding. *Bull. Inst. Assoc. EG, Geol. (Krefeld)*, 16, pp. 217—218.
- Hickl, J. 1978: Sesuvy a jejich měření. *Práce Výsk. úst. geol. inž. (Brno)*, 34, s. 97—101.
- Hulla, J. 1978: Možnosti uplatnenia rádiometrických metód pri riešení problémov stability územia. In: *Zakladanie '78. Diel 1*. Košice, Dom techniky, s. 106—111.

- Jakubowski, M. 1974: Wyniki zastosowania inklinometru w badaniach dynamiki osuwiska. *Techn. poszukiwań*, 3/51, 13, s. 20—25.
- Košťák, B. 1972: Terčové měřidlo pro zjišťování dilatací v trhlinách sesuvů. *Manuskript — Geologický ústav ČSAV Praha*.
- Müller, G. 1974: Indikatoren, Mess — und Warnergeräte zur Überwachung von Böschungen. *Festschrift Leopold Müller — Salzburg zum 65. Geburtstag, Karlsruhe*, s. 187—197.
- Müller, G. Voort, H. — Wohnlich, M. 1977: Recent developments in slope monitoring instrumentation. In: K. Kovári: *Field Measurements in Rock Mechanics*, 2, A. A. Balkema, Rotterdam, pp. 757—773.
- Müller, K. 1977: Geophysical methods in the investigation of slope failures. *Bull. Inst. Assoc.*, 16, *Geol. (Krefeld)*, pp. 227—229.
- Novosad, S. 1967: Sance — sesuvy. Závěrečná zpráva o inž. geologickém průzkumu. *Manuskript — Geotest Brno*.
- Novosad, S. — Bláha, P. — Knejzlík, J. 1977: Geoacoustic methods in the slope stability investigation. *Bull. Inst. Assoc. Engineering Geol. (Krefeld)*, 16, pp. 229—231.
- Novotný, P. 1978. Vývoj zařízení pro signalizaci a registraci pohybů půdy. *Manuskript — VÚIS Bratislava, prac. Brno*.
- Rybář, J. 1968: Ein Beispiel von Bewegungsmessungen an Rutschungen. *Z. angew. Geol.*, 14, 3, S. 138—141.
- Rybář, J. — Fussgänger, E. 1978: Erkundung der Lage von gleitflächen. In: *Rutschungstagung in der DDR. B. 2. Berlin, GGW*.
- Šamaliková, M. — Habarta, J. 1973: Měření svahových pohybů ve skalních horninách HM tenzometrem. In: *Inžinierskogeologický prieskum stability svahov. Košice, Dom techniky*, s. 1—12.
- Ter-Stepanian, G. I. 1965: Polevoje opredelenije geologičeskich charakteristik gruntov na sklonach. *Dokl. Arm. Akad. Nauk*, 40, 1, s. 7—12.

Equipments for measurements and indication of slope movements

EGON FUSSGÄNGER

In common technical practice, crucial factor for the determination of the presence of slope failure activity is ascribed to the early detection and size determination of slope movements. For such purposes, the paper describes appropriate devices utilized recently in Czechoslovakia and abroad. Such equipment represent devices aimed for slope movement measuring both on the surface (extensometers and dilatometers) and subsurface (inclinometers, extensometers, deflectometers and centering systems

with pendulum), or equipments for the indication of sliding surface on slopes (deformation tubes and systems of tape conductors). The importance of such devices is considerable due to the fact that, in final consequence, they allow under correct application an effective and early maintenance of slope failures already at the beginning of the registered development.

Preložil I. Varga

MINERALIA SLOVACA — časopis Slovenskej geologickej spoločnosti a slovenských geologickoprieskumných organizácií, ročník 12, číslo 4, august 1980.

Vydáva Geologický prieskum, n. p., 052 80 Spišská Nová Ves v n. p. ALFA, vydavateľstve technickej a ekonomickej literatúry, Hurbanovo nám. 3, 893 31 Bratislava, tel. 3314 41 až 45.

Adresa redakcie: Geoprieskum — Mineralia slovaca, p. p. A-21, Jesenského 6, 040 51 Košice, tel. 21197. Vedúci redaktor: Ing. Ján Bartalský, CSc., zástupca: RNDr. Pavol Grecula, CSc., Registračné číslo: SÚTÍ 9/11. Vychádza 6-krát ročne. Tlačia Východoslovenské tlačiarne, n. p., Švermova 47, 040 67 Košice. Objednávky adresujte redakcii časopisu. Imprimované dňa 13. 8. 1980. Cena jednotlivého čísla Kčs 15.—, ročné predplatné Kčs 90.—.

Suscriptions and correspondence concerning advertisements be sent to SLOVART Ltd., Leningradská 12, 896 26 Bratislava.

The Mineralia slovaca is also available on an exchange basis. For details please write to the Editor Mineralia slovaca, P. O. Box A-21, 040 51 Košice, Czechoslovakia.

© ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, Bratislava 1980.

Dutiny pod dnom hornej nádrže pre-
čerpávacej vodnej elektrárne Čierny
Váh

343

Cavities under the Čierny Váh pum-
ped-storage power plant upper reser-
voir

METODIKA VÝSKUMU

METHODS OF INVESTIGATION

Igor Modlútba

Stanovovanie zmraštenia zemín v inži-
nierskej geológii

351

Determination of soil shrinkage in
engineering geology

SÚHRNNÝ REFERÁT

GENERAL REPORTS

Egon Fussgänger

Zariadenie na indikáciu a meranie
svahových pohybov

369

Equipments for measurements and
indication of slope movements

RECENZIA

REVIEW

Pavel Bujalka

A. Rebro et al.: Vody ozdravujúce
a osviežujúce

368

A. Rebro et al.: Waters — healing
and refreshing

vydavateľ:

VYDAVATEL:

SLOVENSKÁ GEOLOGICKÁ SPOLOČNOSŤ – BRATISLAVA

SLOVENSKÝ GEOLOGICKÝ ÚRAD – BRATISLAVA

INŽINIERSKOGEOLOGICKÝ A HYDROGEOLOGICKÝ PRIESKUM, N. P., ŽILINA

NAFTA, K. P., GBELY

GEOLOGICKÝ PRIESKUM, N. P., SPIŠSKÁ NOVÁ VES

49 374

