

## 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<sup>-1</sup>.

### 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 l s<sup>-1</sup>.

---

Slovenský kras je hydrogeologic-  
ky a vodohospodársky významnou  
oblasťou juhovýchodného Sloven-

ska. Jeho geologická stavba sa vy-  
značuje 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 skrasovatení prejavujúcu sa od drobných krasových dutín až po rozsiahlejšie jaskynné systémy a chodby sledujúce hlavné tektonické línie.

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

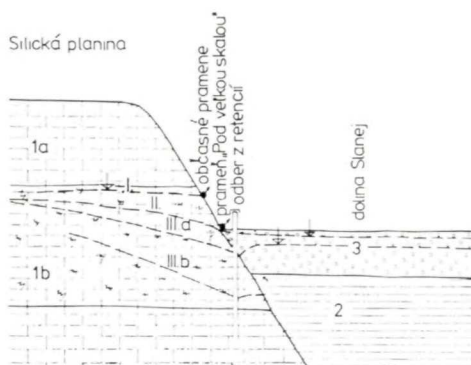
Intenzívne skrasovatenie v karbonickom masíve, kde nastáva

horizontálna, resp. sifonálna cirkulácia vody, siaha do úrovne 10–25 m pod miestnu eróznú bázu. 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 bázu. 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 miestnou eróznou bázu (v činnosti okrem vyvieračiek aj občasný prameň), II — hladina na úrovni miestnej eróznej bázy (v činnosti vyvieračky), III a — hladina zaklesnutá pod úroveň miestnej eróznej bázy (vyvieračky bez vody), III b — odber z retenčných priestorov v čase, keď sa nedoplňajú zrážkami. Prestup do náplavov čiastočne blokový (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 debouchurres also temporal springs are active), II — ground level coincides with the local erosion level (active debouchurres), IIIa — ground water level beneath the local erosion level (debouchurres 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 bazu vznikajú občasné vývery vo vyššej úrovni a poschodiach. Ich výdatnosť je často aj niekoľko  $100 \text{ l. s}^{-1}$ .

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 bazu 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 bazou. 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 bezrúžkovom 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 vyrovnávanie 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 prameništia 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. Zásadou 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  $50 \text{ l. s}^{-1}$  a potom postupne klesala, ako to ukazuje nasledujúci prehľad:

---

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

---

Z podrobnej analýzy priebehu čerpacej skúšky, vyplynulo, že sa v jej počiatkových 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  $50 \text{ l. s}^{-1}$  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-<br>gický<br>rok | 300-denná<br>voda l. s <sup>-1</sup> | Minimum<br>v l. s <sup>-1</sup> | Maximum<br>v l. s <sup>-1</sup> | Modus<br>l. s <sup>-1</sup> | Vytečené<br>množstvo<br>v m <sup>3</sup> |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| 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                                |

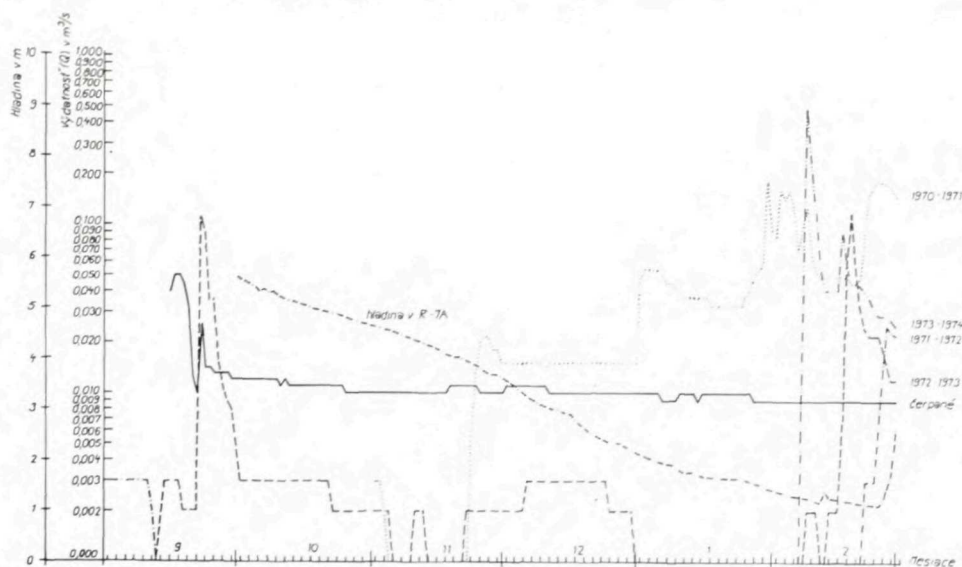
stupujúce z vápencového masívu do pokryvných útvarov — sutín. Postupné zapájanie širšej oblasti s dynamickými zásobami do obehu v bezzrážkovom období dokumentuje aj klesajúca tendencia hladiny podzemnej vody v blízkych pozorovacích objektoch. Klesajúca tendencia hladiny krasovej vody a súčasne aj výdatnosti 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 nedoplňali. 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 nedoplňajú, 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 <sup>3</sup> |
| október 1977 . . . . .   | 29 505 m <sup>3</sup> |
| november 1977 . . . . .  | 27 053 m <sup>3</sup> |
| december 1977 . . . . .  | 28 130 m <sup>3</sup> |
| január 1978 . . . . .    | 25 718 m <sup>3</sup> |
| február 1978 . . . . .   | 22 017 m <sup>3</sup> |

Za celé obdobie čerpacej skúšky dovedna 161 300 m<sup>3</sup>.

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.) vyteklo z prameňa Pod Veľkou skalou v rokoch 1971—1975.

|                         |   |                          |
|-------------------------|---|--------------------------|
| 15. 9. 1971—28. 2. 1972 | = | 12 441 m <sup>3</sup>    |
| 15. 9. 1972—28. 2. 1973 | = | 84 931 m <sup>3</sup>    |
| 15. 9. 1973—28. 2. 1974 | = | 139 276 m <sup>3</sup>   |
| 15. 9. 1974—28. 2. 1975 | = | 1 842 048 m <sup>3</sup> |

V porovnaní s objemom vyčerpanej vody (161 300 m<sup>3</sup>) 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 vyteklo až 1 842 048 m<sup>3</sup>, 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 m<sup>3</sup>) 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.

Príklad 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  $9 \text{ l.s}^{-1}$ . Pri jesenných dažďoch (vyskytujúcich sa najčastejšie v novembri) sa dĺžka obdobia s minimálnymi zrážkami skracuje 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 Brzotine) a i.

Recenzoval E. Kullman

#### LITERATÚRA

- Bystrický, J. 1964: Slovenský kras — stratigrafia a Dasykladaceae mezozoika Slovenského krasu. Bratislava, Slovenská akadémia vied.
- Cibuľka, 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 jehoslovenském 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—Hartiny—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.*