

NEKAJ HIDROGEOLOŠKIH RAZISKAV NA OBMOČJU
ŽIROVSKEGA VRHA

Geografski pregled

Območje Žirovskega vrha predstavlja vzpetino, ki doseže v Javorčevem vrhu višino 909 m in v Golem vrhu 962 m. Območje leži v ovinku Poljanske Sore med pritokoma Račevo pri Žireh (482 m) in Brebovščico pri Gorenji vasi (407 m). Omenjena potoka odvajata vode južnih in jugovzhodnih pobočij oziroma severovzhodnih bregov. Ob Brebovščici je omeniti izdatnejši pritok z leve — Zalo. Večji potok s severovzhodnega pobočja Žirovskega vrha je tudi Dršak. Ob njegovem izlivu je v ledeni dobi nastal večji vršaj (Planina, 1975), na katerem leži naselje Dobravščice. Z desne priteka v Brebovščico Kremenški potok izpod Zadobja, Bačen in Kremenka. Na sotočju je v Todražu manjša aluvialna ravnica.

Območje je dokaj razgibano, vodna mreža je gosta, vendar vodotoki niso stalni. Znatno porast vodnega stanja in največje napajanje je ob tajanju snega, po dolgoletnih opazovanjih v aprilu in maju.

Klimatske razmere

Po podatkih Hidrometeorološkega zavoda iz leta 1971 znašajo poprečne padavine za obdobje 1926—1965 v območju Gorenje vasi: za porečje Poljanščice do Gorenje vasi 1901 mm in za Brebovščico 1894 mm. Najmanj padavin je pričakovati od decembra do marca in aprila, največje jeseni, septembra in novembra. Od maja do avgusta ni pričakovati kritičnih malih vod.

Srednje letne temperature tega območja in režim srednjih mesečnih temperatur je naslednji (Furlan, 1955):

Kraj	Mesec												Srednja letna
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Javorje (695 m)	-1,5	-0,3	3,3	7,9	12,1	15,7	17,6	17,3	14,3	9,1	3,7	0,2	8,2
Nova vas Žiri (480 m)	-2,6	-0,9	2,7	7,2	12,1	16,2	17,5	16,6	13,2	7,1	3,7	-0,1	7,7
Škofja Loka (320 m)	-2,6	-1,0	3,5	8,7	13,3	16,7	18,2	17,9	14,4	9,0	3,7	-0,4	8,5

Najbolj hladen mesec je januar, najtoplejši pa julij.

Geološke razmere Žirovskega vrha

Najstarejše kamnine na tem območju so paleozojski glinasti skrilavci, kremenovi peščenjaki in konglomerati. Te kamnine mestoma leže na triasnih slojih. Omenjeni seriji slede erozijsko-diskordantno kremenovi peščenjaki in alevroliti, drobnozrnati konglomerati in peščeni skrilavci značilne grödenske serije. V ozkem pasu ob Račevi nahajamo tudi siv zrnat dolomit in temnosiv apnenec zgornjega perma. K triasnim kamninam prištevamo zdrobljen glavni dolomit, pod tem pa leže tuf, tufit, peščenjaki s skrilavci in polami laporjev ter mestoma bel apnenec.

Ob potopih nahajamo kvartarne gruše in peske z glino. Za to območje je značilna narična in krovna zgradba ozemlja. Permokarbonske plasti leže na severni in vzhodni strani na triasnih kamninah, na jugozahodni strani Žirovskega vrha pa leže triasne plasti normalno na paleozojskih kamninah.

Obravnava ozemlja sodi v širšem okviru k zahodnim podaljškom Posavskih gub, v ožjem smislu pa k enoti idrijsko-žirovskega ozemlja, ki je ob prelomu, ki poteka ob vzhodnem robu Žirovskega vrha do Trate in dalje mimo Stare Oselice, narinjeno na poljansko-vrhnjske nize (Grad, K., 1968; Omaljev, 1976).

Hidrogeološke lastnosti kamnin

Karbonski glinasti skrilavci in peščenjaki so zaradi nizke kapilarne poroznosti dober izolator in za vodo neprepustni. Tektonsko porušene cone imajo ponekod tudi kapilarno in subkapilarno poroznost.

Permski sivi in rdeči peščenjaki so v nasprotje temu zelo razpokani, razpoke pa so povečini zaglinjene. Raziskovalci so opazovali 3 tipe razpok: razpoke vzporedne smeri gub, razpoke, ki potekajo pravokotno na smeri gub, in razpoke, ki potekajo diagonalno na ta dva sistema. Zaradi zaglinjenosti razpok je ta sistem za vodo slabo prepusten. Poroznost je 2 %. (Petrovič, 1969).

Tudi triasni dolomiti imajo značilno razpoklinsko poroznost. Zaradi razpokanosti lahko to kamnino štejemo za slabo izdaten kolektor. Triasnim tufitom ter vulkanogeno sedimentni seriji kamnin pripisujejo gobasto in kombinirano poroznost v vrednosti 15 % (Petrovič, 1969). Aluvialni nevezani sedimenti imajo intergranularno poroznost. Te kamnine so vodonosne, vendar zaradi glinastih primesi slabo izdatne.

Glede na naše izkušnje sodimo, da so ocene poroznosti permskih in triasnih kamnin (Ž. Petrovič, 1969), zelo visoke in nestvarne. Triasne kamnine ne bi mogle imeti poroznosti preko 2 %, druge kamnine pa bi bile ustrezno manj porozne.

Hidrogeološke razmere

Na vzhodni in severni strani Žirovskega vrha ločijo karbonski glinasti skrilavci triasne kamnine od permskega peščenjaka. Glinaste skrilavce imamo lahko za izolator, v permskih peščenjakih in predvsem v preperelih conah te kamnine, kjer je značilna medzrnska poroznost, pa nahajamo zadržane nekaj padavinske vode. Ta cona je slab kolektor in slab prevodnik.

Boljši kolektor je razpokan triasni dolomit. V teh območjih nahajamo dva horizonta podzemelske vode, v preperem delu peščenjaka in v dolomitu. Tudi mestoma precej debela preperinska odeja je dokaj dober kolektor padavinske vode, ki se odteka v značilnih močilih v najnižjih delih reliefa.

Nahajamo torej naslednje vrste vodonosnikov: razpoke v permskem peščenjaku, razpokan triasni dolomit in razpoke v triasnih vulkanogeno-sedimentnih kamninah ter preperinsko plast in kvartarne naplavine. Podzemeljska voda se napaja iz padavin, v manjši meri z infiltracijo iz površinskih voda.

Izvire nahajamo na mestih, kjer so razlike v prepustnosti kamnine in v dnu depresij v reliefu. Večina izvirov je po izdatnosti v razredu pod 0,1 l/sek. Izdatnejših izvirov je le nekaj ob zgornjem toku Brebovščice. Najbolj pogostna so močila. Od zabeleženih izvirov jih je 69 % v rdečem permskem peščenjaku, 20 % v sivem peščenjaku, 8 % v dolomitu, 3 % v drugih skrilavcih in kamninah. Po anketi o izkoriščenosti izvirov v območju nad rudarskimi deli doslej ni bilo opaziti zmanjšanja izdatnosti, ki bi ji bil vzrok rudarjenje.

Hidrogeološke razmere v jamskih prostorih

Petrografska sestava kamnin je razmeroma enakomerna. Vsa jamska dela so v permski peščeno-skrilavi seriji z vmesnimi conami trdno sprijetega drobnega konglomerata. Le izvozni rov v višini 430 m preseka zgornjetriadni dolomit, karnijske rdeče peščenjake in cono karbonskega glinastega skrilavca. V tem območju so kamnine tektonsko zelo porušene. Zaradi tega se pojavljajo v območju glinastega skrilavca tudi večji pritiski na stene rova.

Vodo odvaja drenažni kanal, ki je na koti 430 m speljan na površje. Horizont 430 m predstavlja drenažno območje za statične in dinamične podzemeljske vode.

Študija iz leta 1969 (Ž. Petrovič) omenja na horizontu 580 m pojavljanje vode iz razpok in vrtin. Iz jame je iztekalo 11 l/sek vode, del vode pa se je izgubljal v globino, čeprav so ponekod izmerili gladino vode v jamskih vrtinah v globini 0,5 do 2 m. Na horizontu 430 m, ki so ga začeli kopati leta 1967, je pritekalo 16 l/sek vode. Redka opazovanja povedo, da se je bil horizont 580 m osušil leta 1970. Leta 1969 so v območju jaška naleteli na strukturno vrtino, po kateri je tekla voda, ki pa se je presušila po 2—3 mesecih. Sedaj se na horizontu 580 m voda ne pojavlja več. — Tudi na horizontu 530 m, ki so ga pričeli kopati leta 1971 in končali leta 1973, se voda prav tako več ne pojavlja.

Na obzorju 480 m, ki je v delu od leta 1973, priteka največ vode iz prečnikov in iz vrtin na severozahodni strani. Voda odteka po kanalu in po cevi ob jašku na spodnje obzorje. Skupen dotok s te strani je bil 4. maja 1977 ocenjen na okoli 4 l/sek, 14. oktobra pa na 2 l/sek. Smerni rov proti severovzhodu je sedaj zaprt. Novo odprti deli okoli 400 m jugozahodno od jaška odvajajo podzemeljsko vodo iz novega, doslej še neosuševanega območja. Največ vode priteka v območju prečnikov H-53 in H-54.

Obzorje 430 m je še vedno pod gladino podzemeljske vode. Glavne drenaže so vrtine in razpokane cone. Opazovanja kažejo, da priteka voda v jamska dela iz posameznih manjših razpok ter moči strop in stene, iz večjih razpok ali razpokanih con v obliki vodnih curkov, iz vrtin v večjih ali manjših curkih in iz območja tektonskih con na obzorju 430 m.

Leta 1973 je odtekalo iz jame povprečno po 15 l/sek vode. Ta količina se je naslednje leto povečala na 19 l/sek, leta 1975 pa je odtekalo povprečno okoli 28 l/sek vode. V tem se kaže morda vpliv razmeroma mokrih zadnjih dveh let, deloma pa tudi povečanje obsega in dolžine rudarskih del, ki je lani dosegla skupno 15.300 m. S tem so se odprla nova območja s podzemeljsko vodo

v razpokanih in preperelih conah. Povečanju odtoka v zadnjih letih sta vzrok sušni leti 1971 in 1974, ko je npr. v Lučinah padlo le 1774,2 mm padavin, kar je pod povprečkom, leta 1975 pa je padlo 2008,7 mm.

Glede dotekanja vode v jamska dela moremo z računskimi predpostavkami sklepati, da bo ob trikratnem povečanju površine rovov in ob povečanju depresije na 200 m narasla količina vode na 45 l/sek. Sicer pa (Omaljev, 1974) voda v rudišču ne bo predstavljala bistvenih težav. Nad višino 480 m so rovi v osrednjem delu rudišča že v coni iznad piezometričnega nivoja, nižje pa je odtekanje otežkočeno z majhno prepustnostjo kamnin.

Hidrokemične raziskave

Pri dosedanjih raziskovanjih (po prilagojeni metodi V. A. Aleksandrova) je bilo ugotovljeno, da prevladujejo $MgCaHCO_3$ vode z odstopanji k $NaCa$ faciji. Ta odstopanja so v povezavi ali s kmetijsko dejavnostjo ali pa so posledica kamninske zgradbe. Istočasno lahko opazujemo poleg porasta količine Na tudi povečanje količine Cl iona, pri tem pa količina K iona, ki bi kazala na onesnaženje s fekalnimi vodami, ne narašča. Izjema sta le vodi pri Kočarju v Kladju in izvir v Dolenji Dobravi, ki leži pod naseljem.

Domnevamo, da Na in Cl tipom vodâ daje počat kamninska zgradba zaledja, permski peščenjaki, saj večina takih vodâ odteka z gozdnatega in malo naseljenega sveta. Predstavnik tega tipa sta izvir pri Štreku in izvir pri Podlešanju. Slednjega domačini za pitje ne uporabljajo, čeprav sprva v okusu ni čutiti nobene razlike od drugih vodâ. Količina Na + K in Cl se poveča v kamninah karbonske in permske serije, količina Mg pa v dolomitih. V drugih kamninah prevladuje Ca ion.

Izvir	Hidrofacija	Cel. trdota °dH	Ostale značilne komponente
Na ovinku	$MgCaHCO_3$	8,1—16,0	
Hrastje	$NaCaHCO_3$	0,42	
Podlešan	$NaMgCaClHCO_3$	0,3—1,4	26,1 % Na + K 44,5 % Cl
Šrek	$CaNaSO_4HCO_3Cl$	0,4—2,0	
Pod Mrakom	$CaHCO_3$	1,2—2,2	13 % Na, 14,3 % Cl
Lajše	$MgCaHCO_3$	1,8—4,9	10 % Cl
Izvir Selo	$MgCaHCO_3$	0,6—2,3	9,5 % Na 9,5 % Cl
Brebovščica	$MgCaHCO_3$	6,8—9,3	
Pod Prelesjem	$MgCaHCO_3$	11,9—16,1	
Pri žagi	$MgCaHCO_3$	12,1—15,3	
Zabrežnik	$NaCaHCO_3$	0,3	13,8 % Cl
Izvir pri Kočarju	$NaCaHCO_3$	1,0	20,8 % Cl 2,0 mg/l K 0,16 mg/l Fe
Dol. Dobrava	$MgCaHCO_3$	7,6—10,5	14,5 mg/l K
Izvir pri Bolku	$MgCaHCO_3$	12,1	
Površinske vode:			
Zala	$MgCaHCO_3$	0,8	19,4 % Na, 10,5 % Cl
Todražki potok	$MgCaHCO_3$	6,1	
Brebovščica, zg.	$MgCaHCO_3$	5,7	
Brebovščica, sp.	$MgCaHCO_3$	4,5	
Potok Dršak, 1971	$MgCaHCO_3$	1,2	16,3 % Na
1974	$NaCaHCO_3$	0,9	10,8 % Cl
Potok Jazbec	$MgCaHCO_3$	1,3	15,5 % Na 16,6 % Cl
Račeva	$MgCaHCO_3$	1,2	16,0 % Na 7,0 % Cl
Kašec	$MgCaHCO_3$	0,5—1,1	

Sistematična opazovanja fizikalno-kemičnih značilnosti režima podzemeljskih voda so potrdila tri tipe:

- vode v permskih peščenjakih in preperinske vode so zelo mehke (0,3—2,3° dH) in imajo zelo umirjen režim sprememb z majhnimi amplitudami ter s hitrimi in izrazitimi reakcijami pretoka in temperature na padavine in zunanje spremembe; neizraziti viški trdot so v avgustu in novembru;

- zastopnik drugega tipa izvirov je Brebovščica, kjer voda izvira iz apnenca triasne karnijske serije in je zmerno trda (6,8 do 9,3° dH cel. trdote); režim je razgiban, odvisen od padavin, na katere razmeroma hitro reagira;

- na meji med zmerno trdimi in trdimi vodami so (po A. O. Alekinu) vode, ki pritekajo iz dolomita; imajo umirjen režim z minimumi trdote v sušnem delu leta, po deževnem obdobju (11,9 do 16,1° dH), pozne pomladi in v septembrskem deževju, viške pa v ravnem obdobju, največ v avgustu in v hladni jeseni; »Pri žagi« je morda malenkostno nižja trdota znak manjšega neposrednega dotekanja aktivnejše površinske vode.

Količina SO_4 iona je bila upoštevanja vredna le v vodi v izviri v karbonatnih kamninah, vendar ni presegla količine 7,4 mg/l. Spremembe so sledile padavinam v jesenskih mesecih. Višja (16,4 do 18,2 mg/l) je bila vrednost v vodi izvira v Dolenji Dobravi, kar pa je posledica lokalnega onesnaženja.

Količina Cl je dosegla pri Podlešanu celo 44 % vsote mg Cl/3—4,1 mg/l) ter tako vplivala na spremembo facije. Količina Cl v vodi narašča s padavinami. V vodi v Dolenji Dobravi se spreminja med 4,4 do 26,0 mg/l, kot posledica lokalnega fekalnega onesnaženja, kajti v tej vodi je tudi 14,5 mg/l K in le 5,5 mg/l Na.

Redna mesečna in petdnevna opazovanja temperaturnega režima na izviri so prav tako pokazala nekaj režimskih tipov:

- vode iz karbonatnih kamnin imajo v poprečju višje temperature, vendar z manjšimi amplitudami sprememb: 8,8 do 11,1, 7,1 do 9,0 ter 7,0 do 12,3° C;

- majhne spremembe temperatur pri izviri v karbonatnih kamninah kažejo na daljše in globlje podzemeljsko kroženje vode, kjer se temperature že ustalijo ter se zunanje spremembe odražajo šele kasneje in niso več tako izrazite;

- druge vode imajo temperature zelo spremenljive. Nekoliko manjša nihanja imata izvira pod Mrakom in izvir na Selu, kjer se temperature spreminjajo med 3,1 do 9,2 oziroma med 8,0 do 14,0° C. Pri drugih izviri pa se spreminjajo temperature hitro in v povezavi s spremembami zunanje temperature ali padavin: izvir na Javorču od 2,0 do 15,0° C, potok pri Kašču med 0,0 do 17,0° C, kar kaže na izrazit režim površinskih voda, izvir v Lajšah od 5,0 do 14,5° C in izvir pri Podlesarju med 3,0 in 16,0° C. Ta dva izvira sta izvira globljih con preperinske odeje, ostali pa so izraziti preperinski izviri s plitvo cirkulacijo vode.

Naravna radioaktivnost voda Žirovskega vrha

Na naravno radioaktivnost je živi svet prilagojen. Za ekologijo pa je važno vsako povečanje le-te z umetno radioaktivnostjo. Radioaktivne snovi se naglo širijo in postanejo važen ekološki faktor. S tega stališča smo v letih 1974 do 1976 z mrežo analiz in enoletnim opazovanjem podzemeljskih in površinskih vod v območju Žirovskega vrha dobili regionalno sliko naravnega stanja količine ionizirajočih snovi v vodah.

Po podatkih tega pregleda na jugozahodnem delu območja Žirovskega vrha ni opaziti izrazitih viškov:

uran — pod 0,1 do 0,3 γ /1
radij — 0,03 do 0,09 pCi/1
radon — 2,5 do 97 pCi/1
beta — 0,5 do 2,7 pCi/1

Na severovzhodnem obrobju v Todražu in Brebovnici je opaziti le malenkostno zvišanje količine urana in radona:

uran — pod 0,1 do 4,0 γ /1
radij — 0,02 do 0,42 pCi/1
radon — 0,2 do 2830 pCi/1
beta — 0,03 do 11,5 pCi/1

Severni deli Žirovskega vrha, okolica Gorenje vasi in obrobje je značilno po višji količini urana, večji beta aktivnosti, mestoma pa tudi z več radona v vodi:

uran — pod 0,1 do 12 γ /1
radij — 0,03 do 0,22 pCi/1
radon — 3,5 do 470 pCi/1
beta — 0,7 do 11,5 pCi/1

Vršni deli masiva Žirovskega vrha:

uran — pod 0,1 do 0,55 γ /1
radij — 0,03 do 0,3 pCi/1
radon — 42 do 372 pCi/1
beta — 1,0 do 2,5 pCi/1

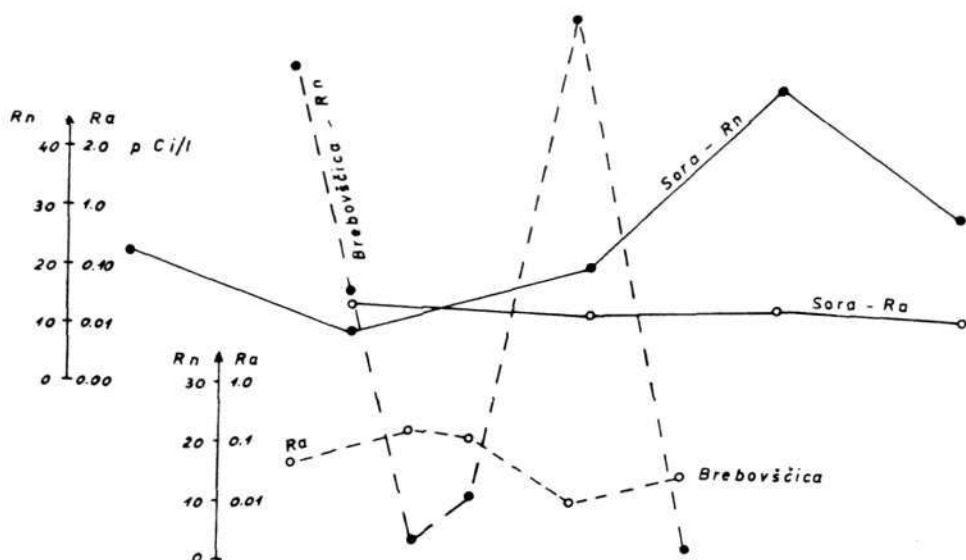
Z mesečnimi analizami na nekaterih izviri smo skušali slediti spremembam količine ionizirajočih komponent in njih odvisnost od drugih činiteljev. V izviru na Selu opazujemo spremembe količine:

222-Rn — med 14 in 43 pCi/1
226-Ra — 0,05 in 0,02 pCi/1
U — 0,1 in 0,2 γ /1
beta aktiv. — 0,4 in 0,95 pCi/1

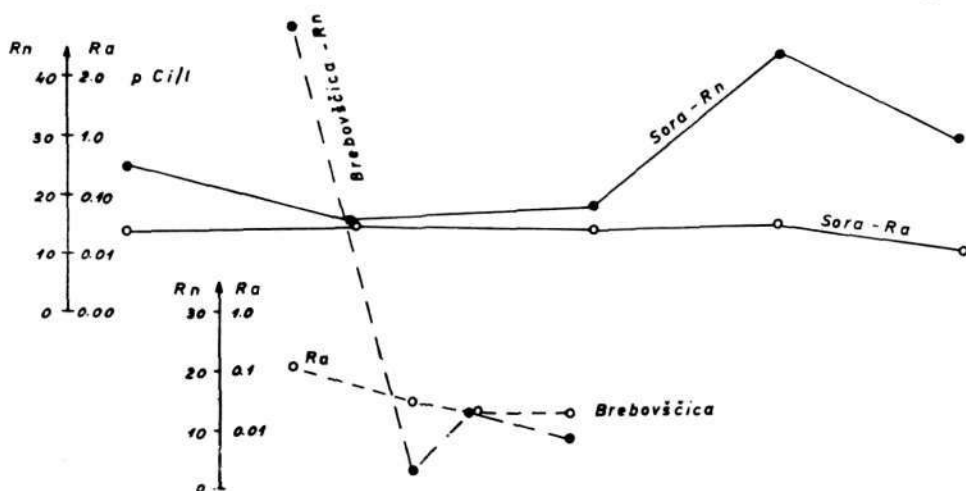
Izvir »na ovinku« v Brebovnici, ki je oddaljen od rudišča, ima zelo nizke količine Rn (6 do 14 pCi/1) in Ra (0,06 do 0,26 pCi/1) ter višjo beta aktivnost (0,4 do 2,2 pCi/1). Na potoku Zali se je v preteklih letih količina Rn zelo spreminjala, v zadnjem letu pa ustalila. Spremembe so sedaj manjše (6,8 do 25 pCi/1), količina Ra je med 0,02 in 0,21 pCi/1, beta aktivnost pa med 0,8 in 2,7 pCi/1. Večja je količina ionizirajočih snovi v izviru v Dolenji Dobravi. Tu se Rn spreminja med 558 in 1200 pCi/1. V zvezi s tem je nekoliko višja tudi splošna beta aktivnost (1,5 do 22 pCi/1) in količina urana (0,1 do 0,8 γ /1). Podobne so razmere tudi pri Štreku pod Javorčem. Količina Rn se tu spreminja med 225 in 980 pCi/1. Ostalih komponent je malenkostna količina.

Potek teh sprememb prikazuje, da je količina Ra dokaj enakomerna v vseh opazovanih izviri, narašča s poletjem in jesenjo z izjemo Zale, kjer je

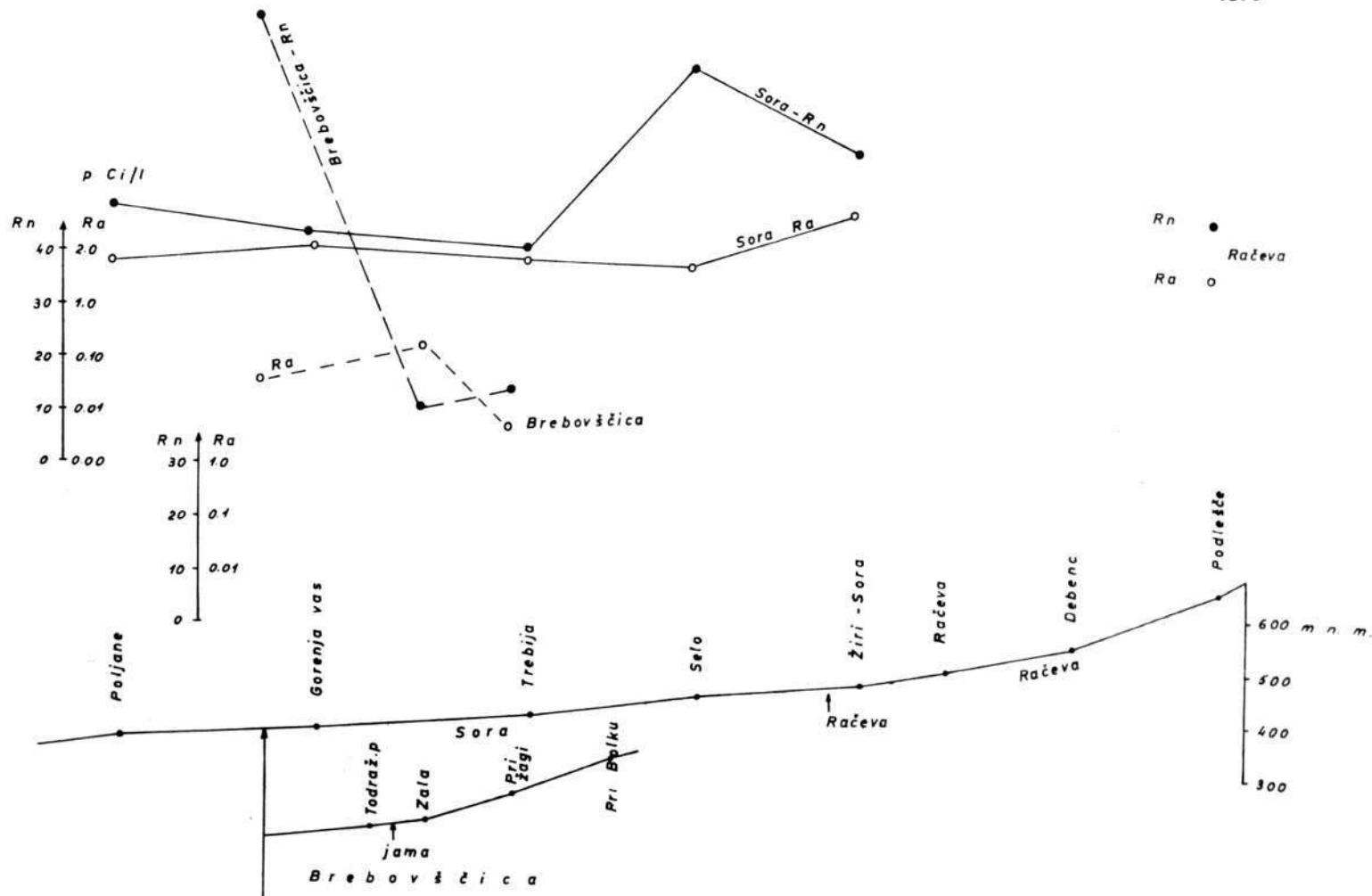
1974



1975



Količina ionizirajočih komponent vzdolž Sore, Račeve in Brebovščice 14. 12. 1974, 16.10.1975 in 6. 5. 1976 (str. 157)



radija junija in julija več in jeseni manj. Količina urana je omembe vredna le v Dolenji Dobravi, kjer upada od pomladi proti poletju. Viški količine urana so v Zali in na Selu v avgustu, bržkone po deževju.

Bolj je zanimiva slika beta aktivnosti, kjer tvorijo vsi izviri, razen vode v Dolenji Dobravi, enotno skupino z manjšimi nihanji. Voda v Dolenji Dobravi ima beta aktivnost znatno višjo in z izrazitimi nihanji spomladi (10,5 do 22 pCi/l). Glede na ugotovitve, da v naravi nihajo količine 226-Ra med 0,2 in 3,0 pCi/l, nar. U do 16 μ /l ter beta aktivn. med 3 in 15 pCi/l, je nad temi vrednostmi le celotna beta aktivnost v Dolenji Dobravi.

Sicer pa je radioaktivnost ozadja Žirovskega vrha velikostnega reda kot drugje v Sloveniji, čeprav bi morda pričakovali povečanje (I. Kopal, 1976).

Ionizirajoče snovi v površinskih vodah

Analize, ki so bile napravljene v sodelovanju z Inštitutom Jožef Stefan leta 1974, so pokazale, da opazujemo v Račevi rahel porast vseh komponent razen radona, ki se vzdolž toka izgublja iz vode. Račevo napajajo vode, ki pritekajo z Žirovskega vrha in izpirajo permske peščenjake.

Vzdolž Brebovščice je opaziti porast Rn v Todražu po sotočju z vodo, ki odteka iz jamskih del. Ta količina se do izliva zopet zmanjša. Isto je opaziti v količini urana. Zelo se spreminjata količina radona in vrednost beta sevanja, pri čemer opazujemo vpliv dotekanja podzemeljske vode z območja Dolenje Dobreve, kjer smo opazovali visoko količino te komponente.

V Sori je značilna dokaj visoka vrednost radona, ki se zmanjšuje do Gorenje vasi in z Brebovščico znova naraste. Količina drugih snovi je zanemarljiva.

Slika na podlagi meritev iz leta 1974 se leta 1975 ni bistveno spremenila. Količini Rn in Ra sta zelo ustaljeni, močno se spreminjata le v Brebovščici, pri čemer je čutiti vpliv dotoka jamske vode. Ta voda pa na stanje v Sori bistveno ne vpliva. Odsek za zaščito pred ionizirajočimi sevanji Inštituta Jožef Stefan je od aprila 1976 do oktobra 1976 meril celokupno beta aktivnost padavin v Todražu. Vrednosti niso bile višje kot v drugih krajih v Sloveniji.

Onečiščevanje površinskih vod

Površinske vode organsko niso kontaminirane, poraba KMnO_4 je globoko pod dovoljeno normo. Pri teh vodah je povsod, razen pri Todražkem potoku in zgornji Brebovščici, značilen porast količine Na ob tem, da je količina K stalno pod 0,5 g/l. Zvišana je tudi količina Cl. Ta doseže v Jazbecu celo 15,6 ‰. To si razlagamo z vplivom permskih peščenjakov, s katerih te vode pritekajo.

Glede vpliva jamske vode na kvaliteto površinskih vodnih tokov je ugotovljeno, da se količina urana v vodi povečuje v Brebovščici pod iztokom jamske vode, v Sori pa tega onesnaženja ni zaslediti. Iz polindustrijske naprave za predelavo uranove rude so bile v letih od 1972 do 1975 občasno kontrolirane izpuščene odpadne vode v majhnih količinah, tako da je bila obremenitev Brebovščice manjša, kot je dovoljeno za pitno vodo. Zadnji dve leti pa iz polindustrijske naprave vode ne izpuščajo več, ker se uranova ruda predeluje po postopku z zaprtim kroženjem vode. Tudi pri industrijski predelavi bo kroženje vode v obratu za predelavo zaprto, tako da iz obrata prak-

tično ne bo odtekala tehnološka odpadna voda. Jamska voda dovaja v Brebovščico (1976) okoli 3,9 pCi/l Ra, 164,6 pCi/l urana in 30,8 pCi/l beta emitensov. Brebovščica jamsko vodo razredči okoli 30-kratno.

Radioaktivnost Sore se po opazovanjih leta 1975/76 ni bistveno spremenila. Radija je bilo med 0,09 in 0,6 pCi/l, urana 0,9 gama/l in beta emitensov 2,3 do 2,6 pCi/l. Po normativih, ki veljajo za pitno vodo, je ta voda povsem normalna.

Ob tem pa ne smemo pozabiti še na druge načine onesnaževanja površinskih voda. Najbolj drastičen primer je onesnaženje potoka Mihevka, v katerega komunala Gorenje vasi stresa svoje odpadke in kar ima bolj neprijetne posledice kot onečiščenje iz rudnika.

Zaključki

Območje pri Gorenji vasi in ob Brebovščici je zgrajeno iz plošče paleozojskih kamnin, ki leži na triasnem dolomitu in kamninah vulkanogene-sedimentne serije. Paleozoik zastopajo karbonski glinasti skrilavci, permski kremenovi peščenjaki in drobnozrnat kremenov konglomerat.

Večji del Žirovskega vrha je zgrajen iz permskih peščenjakov, ki so slabo prepustni. Prepustnost je večja le v razpokanih conah. Kot neprepustne štejemo še karbonske glinaste skrilavce. Prepustnost je boljša v nekaterih členih triadne vulkanogeno-sedimentne serije ter v dolomitu.

Prevladuje površinski odtok, podzemeljsko vodo pa nahajamo v razpokah v permskem peščenjaku, v razpokah triasnih kamnin, v preperini in v kvartarnih naplavinah. Izviri so šibki. Prevladujejo močila in izviri z izdatnostjo okoli 0,1 l/sek do največ 1 l/sek.

Na reliefno precej razgibano površje Žirovskega vrha, ki sodi v predalpski svet, pade okoli 1900 mm padavin. Velik del vode odteče po površju. Empirično so bili določeni specifični odtoki: $\omega_n = 3,77$ l/sek km², $\omega_{sv} = 45,5$ l/sek km², $\omega_v = 1904,7$ l/sek km². Orientacijsko smo pri izračunih karakterističnih odtokov računali z odtočnim koeficientom $\eta = 0,75$.

Vrsta meritev pretokov na potokih in izvirih je pokazala hitro odvisnost odtoka od padavin in majhno zadrževalno sposobnost padavinskega zaledja. Visoke vode niso bile merjene. Količine po površju ali v izvirih odtekle vode se zelo spreminjajo. V Dršaku smo opazovali med 37 in 127 l/sek vode, najmanjše vode so bile pozimi ali poleti, največ je bilo vode spomladi. V potoku Jazbecu je odtekalo med 0,2 in 40 l/sek vode, najmanj v poletnem sušnem obdobju.

Zelo se spreminjajo vodne količine v izvirih iz karbonatnih kamnin. Spremenljive so tudi količine vode v preperinskih izvirih, vendar manj, kar pomeni, da je ta vodonosnik manj prepusten kot razpoke v apnencu ali v dolomitu. Sistematične 5-dnevne meritve v izviru pri Podlešanu prikazujejo precej majhno nihanje pretoka ob hitrem porastu in hitrem upadu po padavinah. Vzporedno s tem upada tudi temperatura vode, ki tudi sicer sledi zunanjim razmeram.

Napravljene so bile kemične analize in voda klasificirana glede na nekatere fizikalno-kemične lastnosti (trdote in temperature) ter po hidrofaciji. Sistematična opazovanja so pokazala tri tipe voda:

— zelo mehke, pripovršinske vode, vode iz permskega peščenjaka in preperinske odeje z majhnimi amplitudami trdote in izrazitim nihanjem temperatur, vendar s hitro reakcijo na zunanje spremembe (0,3—4,9° dH);

— zmerno trde vode iz razpok triadnih kamnin z razgibanim režimom, ki je odvisen od značilnih letnih padavin (6,8—9,3° dH);

— zmerno trde dolomitne vode z umirjenim režimom in majhnimi amplitudami trdote in temperatur (11,9—16,1° dH).

Ti rezultati potrjujejo pretakanje podzemelske vode po sprva predvidenih vodonosnikih.

Prevladujejo magnezijevo kalcijeve-hidrokarbonatne vode. Porast Na in Cl, ki ga opazujemo v nekaterih vodah in potokih, ima ozadje v permskem peščenjaku, s katerih te vode pritekajo.

Z analizami smo skušali dobiti regionalni pregled o naravnem stanju ionizirajočih komponent. Na jugozahodni strani Žirovskega vrha ni bilo opaziti večjih količin, v Todražu in v Brebovnici pa opazimo zvišanje koncentracije U (0,1—4,0 g/l) in povečanje koncentracije Rn (0,2 do 2830 pCi/l). Na severnem obrobju Žirovskega vrha in v okolici Gorenje vasi je prav tako višja koncentracija U (0,1—12 g/l), večja je celotna beta aktivnost (0,7—11,5 pCi/l), mestoma pa tudi koncentracija Rn (3,5—470 pCi/l). Naravna koncentracija ionizirajočih komponent v območju izven vpliva rudnika je še znatno pod dovoljenimi normami.

Brebovščica je delno onečiščena z jamsko vodo, ki je naravna voda z rahlo povišano količino radija in radona. Množina vseh treh radioaktivnih sestavin pa je globoko pod dovoljenimi normami. Tehnoloških odplak na obratu za predelavo rude ne bo, ker je predvideno zaprto kroženje vode. Sanitarne, meteorne in hladilne vode pa se bodo po posebnih kanalih (sanitarne vode po biološkem čiščenju) po predhodnih meritvah radioaktivnosti in onečiščenja spuščale v Soro. V Sori se pod Gorenjo vasjo onesnaženje z Brebovščico ne opaža več.

V podzemelskih rudniških delih je opaziti dotoke iz razpokanin con, iz vrtin in drobnih razpok. Podzemeljska voda se napaja iz padavin in verjetno tudi iz površinskih potokov. V delih jame pa je bilo opaziti zniževanje piezometrične gladine podzemelske vode in osuševanje zgornjih obzorij (580, 530 m). Domnevamo, da je piezometrični nivo nekje nad obzorjem 480 m. Obzorje 430 m pomeni glavno drenažo za podzemelske vode iz območja rudnika. Opazovani porast iz jame odtekle količine vode od 15 l/sek do 28 l/sek pripisujemo deloma mokrim zadnjim letom oziroma sušnim letom 1971 in 1974, deloma pa povečanju površine rudarskih del, ki so pričela drenirati obsežnejše območje. Teoretični izračun dotoka vode v jamska dela je pokazal, da pri trikratnem povečanju površine rovov lahko pričakujemo dotok okoli 45 l/sek vode.

Literatura

Antonijevič, A., 1967: Klivaža-prevladujoč strukturni element v grödenskih peščenjakih Žirovskega vrha. *Geologija*, 10, 313—321. — Bidovec, F., 1960: Empirične formule za izračunavanje količine vode uporedjene sa stvarnim količinama vode u vodenim tokovima u alpskom području Slovenije, *Vodoprivreda Jugoslavije*, 12, 3—16, Beograd. — Castany, G., 1963: *Trité pratique des eaux souterraines*, Dunod, Paris. — Djurovič, R., 1963: Hidrogeološka sistemizacija terminalnih voda. *Vesnik*, B. 3, 5—66, Inst. geol. geof., Beograd. — Dukić, D., 1962: Opšta hidrologija. Naučna knjiga, Beograd. — Furlan, D., 1955: Temperature v Sloveniji, *SAZU, Dela*, 15, 7. —

Grad, K., 1968: Tolmač k Osnovni geološki karti, list Kranj, 1 : 100 000. Arhiv GZL. — Havlik, B., Nyčková, G., Grafova, J., 1968: Radium-226 liberation from Uranium Ore processing Mill Waste Solids and Uranium Rocks into Surface Streams, Health Physics, 14, 423—430, Pergamon Press. — Ivankovič, J., 1970: Poročilo o hidrogeoloških raziskavah na ožjem območju zgornjega dela porečja Brebovščice, Geol. zavod, str. 7, p. 3. — Ivankovič, J., 1970 a: Hidrogeološke raziskave za izvedbo zajetja pitne vode v dolini potoka Brebovnice, Geol. zavod, str. 6, p. 2. — Jokač, V., et al., 1972: The Uranium Deposit of Žirovski vrh. Int. Symp. min. dep. of the Alps. Ljubljana, 91—93. — Kobal, I., 1976: Ugotavljanje radioaktivnosti vod glede na uvajanje jedrske energetike, IJS. — Kobal, I., 1976: Determination of 226-Ra in surface and drinking waters. Institut Jožef Stefan. — Kristan, J., Kobal, L., Legat, F., 1974: Measurement of Radon under various working conditions in the explorative mining of Uranium. Population dose evaluation and standards for men and his environment. Wien, LAEA, 217—223. — Marin, M., 1968: Poročilo o hidrogeoloških raziskavah za preskrbo pitne in industrijske vode potrebne za raziskovalna dela Žirovski vrh. Arhiv, GZL, str. 14, p. 7. — Novak, D., 1976: Hidrogeološke raziskave v območju rudnika Žirovski vrh. Arhiv GZL, 1974, 1975, 1976. — Novak, D., Kobal, I., 1975: Kratek pregled naravnega ozadja radioaktivnosti voda v Žirovskem vrhu. 8. simpozij Jug. dr. za zaščito od zračenja, 327—338, Herceg-Novi. — Omaljev, V., 1967: Razvoj gredenskih slojeva i uranova mineralizacija u ležištu Žirovski vrh. Radovi IGRI, 3. — Omaljev, V., 1969: Eksploatacijsko raziskovanje v uranovem ležišču Žirovski vrh, Geologija, 12, 107, Ljubljana. — Omaljev, V., 1971: Prospekcijska radioaktivnih kamnin v Sloveniji, Geologija, 14, 161—186, Ljubljana. — Omaljev, V., 1974: Istraženost i metodologija proračuna rezervi ležišta urana Žirovski vrh. Radovi IGRI, 9, 53—92, Beograd. — Omaljev, V., 1976: Ležište urana Žirovski vrh. 8. jug. geol. kongres Ljubljana, 5, 147—166. — Petrovič, Z., 1969: Hidrogeologija ležišta urana, Žirovski vrh. Radovi IGRI, 6, Beograd. — Planina, F., 1961: Reka Sora in njeno porečje. Loški razgledi, 8, 57—74, Škofja Loka. — Planina, F., 1975: Vasi v ustju Brebovnice. Loški razgledi, 22, 94—107, Škofja Loka. — Pokrajac, S., 1962: Izveštaj o geohemijskoj prospekcijski na terenu Gorenja vas—Škofja Loka. Zavod za nukl. sir., 1961, Beograd. — Sežun, M., Ahlin, M., 1971: Geotehnični in geološki profili sondažnih vrtin na jalovišču pri Dobravi, Arhiv GZL. — Stankovič, S., 1962: Ekologija životinja, Univerzitet u Beogradu. — Hidrološka študija Sore, ZVS, 1976.

Summary

SOME HYDROLOGICAL EXAMINATIONS IN THE ŽIROVSKI VRH AREA

The area near Gorenja vas and along the Brebovščica river is formed by Paleozoic rocks, these being laid upon a layer of Triassic dolomite and the rocks originating from volcanic — sedimental series. Paleozoic is thus represented by carbonic clay shale, Permian quartz sandstone and by fine grained quartz conglomerate.

However, greater part of the Žirovski vrh area is composed of Permian sandstones, distinguished by a remarkably weak porosity. The porosity is however stronger only in fissured zones. Carbonic clay shales are likewise considered to be rather unpermeable. On the other hand the permeability is considerably better on some sections of the Triassic volcanic-sedimentary series as well as in dolomites.

There predominates the surface drainage, however, the underground water is to be found in fissures of Permian sandstone, in fissures of Triassic rocks, in weathered and in quaternary deposits.

Sources are being weak, prevailing however the sources of about 0,1 l/sec. up to utmost 1 l/sec.

The Žirovski vrh area which is characterized by a rather rugged surface, being of pre-alpine origin, is affected by 1900 mm of precipitations. However greater quantity of rainfall is drained already on surface. Empirically speaking there have been established the following specific drains.

$$\begin{aligned}\omega_n &= 3,77 \text{ l/sec km}^2 \\ \omega_r &= 45,5 \text{ l/sec km}^2 \\ \omega_v &= 1904,7 \text{ l/sec km}^2\end{aligned}$$

Taking into consideration the characteristic drains, we have come to approximate results using the outlet coefficient which is:

$$\eta = 0,75$$

Corresponding flow rates carried out on streams and sources proved rather remarkable dependance of the drain caused by atmospheric precipitations as well as rather weak retaining capacity of the atmospheric background. However, high water situation was not subjected to measurement.

It is accordingly worth mentioning that water quantities on surface area or in sources vary considerably. In Dršak we have examined the range of water to be between 37 and 127 l/sec, the lowest water level being in in winter or in summer time, whereas the highest in spring time. The flow rate in the stream Jazbec was measured to be 0,2 and 40 l/sec, while in summer, dry period the flow rate being the weakest.

The water quantities in sources from carbonate rocks are likewise observed to vary considerably. There are remarkably variable also the water quantities in weathered sources, however far less, which means that this layer is less permiable than the fissures in limestone or in dolomite.

Systematic five-day measurements in the source near Podlešan show rather weak flow rate oscillation during fast increase and likewise fast decrease after rainfall. Consequently and parallelly to such phenoma, there is to be noted also the decrease in temperature, the fact which is likewise in close connection with atmospheric conditions.

There are carried out necessary chemical analyses and water was accordingly classified according to certain physical-chemical properties (hardness and temperature) as well as according to hydrofacies.

Systematic observations proved three types of waters:

— extremely soft, surface waters, originating from Permian sandstone and weathered zone with only minor hardness amplitudes and distinctive temperature oscillations, however showing considerable reactions due to atmospheric changes (0,3—4,9° dH),

— considerably hard waters from Triassic rock fissures which depends on characteristic annual precipitations (6,8—9,3° dH),

— considerably hard dolomite waters distinguished by moderate water course and rather low hardness and temperature amplitudes (11,9—16,1° dH).

All above shown results confirm the water flow rate of the underground water according to foreseen waterbearing layers.

There are noticed to predominate magnesium calcium — hydrocarbonate waters. Increase of Na and Cl which is to be noticed on certain stream waters is believed to originate from permian sandstones.

With approximately 90 analyses we had attempted to obtain regional survey regarding natural state of ionizing components. On the South-Western side of Zirovski vrh, however, there were not traced considerable quantities, on the other hand in Todraž and in Brebovnica it is possible to notice the increase of uranium concentration, namely U (0,1—4,0 μ /l) as well as increase of Rn concentration (0,2 up to 2830 pCi/l). On the northern borderland of Zirovski vrh and in the vicinity of Gorenja vas area, there is likewise to be noticed higher uranium concentration, namely (0,1—12 μ /l), the entire activity being considerably bigger (0,7—11,5 pCi/l), at places also the Rn concentration (3,5—470 pCi/l).

Natural concentration of ionizing components within the area which is out of influence range of the mine, is still considerably below the permitted standards.

Brebovšćice is proved to be partly polluted by mine water, which is in fact natural water by slightly increased contents of Ra and Rn. On the other hand the quantity of all three radioactive component parts is far below the permitted standards. The mine water emerges from the shaft at the level of 430 m. However, the measurements which are to be carried out to denote the quality and quantity of mine water, will be continued during the construction period of the mine, as well as after the mine had been set to operation. The project will in any case include all necessary assurance measures in case the quality of mine water would considerably deteriorate.

Technological waste-waters on the plant for the working up of the mine ore will not occur, mainly due to the fact that the proceeding foresees joint water circulation. Sanitary, meteorological as well as cooling waters will be by special channels, after being preliminary measured to establish the degree of radioactivity and pollution, dewatered in the river Sora. On the other hand the sanitary waters will be drained into the river after the biological purification had been applied.

In the river Sora which at one place traverses the village Gorenja vas, there is no longer to be traced that the river is polluted by Brebovšćica.

In the underground mining sections there are to be found influxes from fissured zones, from boreholes and some minor fissures. Particular water-bearing layers have likewise not been distinguished between themselves with regard to any eventual distinctions in physical-chemical water characteristics. The underground water is being accumulated mainly by atmospheric precipitations and most probably also by surface streams.

In mine sections there was traced the lowering of piezometric surface of underground water level, accompanied by rather dried upper sections (horizons) of the mine (580, 530 m). Presently we foresee the piezometric level to be somewhat above the level on 480 m. The level on 430 meters represents the main drainage for underground waters within the area of the mine.

The observed increase of drained mine water the quantity of 15 l/sec to 28 l/sec, may generally be attributed partly to recent wet namely arid seasons of the years 1971 and 1974, and partly to enlarged mining area caused by more extended scope of mining works, which caused the drainage of far larger area to take place. Accordingly, merely the theoretical calculation of water influx had proved that in case of three times enlarged drift surface, it is possible to expect the water influx to be approx. 45 l/sec.