

HIDROGEOLOŠKI PROBLEMI V JAMI LOKE RUDNIKA ZAGORJE

Dušan Kuščer

S 4 slikami med tekstem in z 1 sliko v prilogi

Uvod

Večina naših premogovnih kadunj leži na mezozojski podlagi, ki je pogosto iz propustnih dolomitov in apnencev. V rudarska dela pod nivojem dolinskega dna v teh dolomitih in apnencih doteka skoraj vedno mnogo vode, ki ogroža tudi jamske prostore v nepropustnih terciarnih sedimentih v njihovi bližini. Če je pritisk vode dovolj velik in nepropustna plast, ki loči jamski prostor od dolomita, tanka, jo voda lahko v silovitem in nepričakovanem vdoru predere.

Z napredovanjem rudarskih del v globino postajajo težave s talno vodo iz mezozojske podlage vedno večje, ker narašča pritisk vode in ker je dolžina jamskih prostorov v dolomitu in apnencu ali v njuni bližini vedno večja.

Tudi rudnik rjavega premoga Zagorje se mora boriti s takimi težavami. Edini sloj premoga, ki ga tu odkopavajo, leži blizu dna 700 do 800 m debele skladovnice sredneoligocenskih in miocenskih sedimentov. Podlaga terciarnih kadunj je delno iz nepropustnih psevdofiljskih skladov, delno pa iz propustnih srednjetriadnih in zgornjetriadnih dolomitov in apnencev. Med triadno podlago in premogovim slojem so le sorazmerno tanki spodnjeseški skladi, sestavljeni iz glin, glinastih peskov in glinastega proda. Tudi v prodnatih plasteh je povečini toliko glinastega polnila, da so te plasti nepropustne in pri dovolj veliki debelini dobra zaščita pred dotokom vode iz triadne podlage.

Razporeditev propustnih triadnih dolomitov in apnencev ter nepropustnih psevdofiljskih plasti pod dnem terciarnega sinklinorija je še malo pojasnjena, ker segajo raziskovalne vrtine le redkokdaj v triadno podlago.

Geološka zgradba okolice Lok

Po podatkih površinskega geološkega kartiranja (I. sl.) (Bittner, 1884; Teller, 1907; Kuščer, 1962) in jamskih del lahko ugotovimo naslednje:

1. Vso srednjo in zgornjo triado litološko delimo v tri oddelke: spodaj mendolski dolomit, v sredi psevdofiljski skladi in zgoraj zgornjetriadni dolomit in apnenec. Nekateri znaki govore, da je na območju južno od

terciarnega sinklinorija vsaj del apnencev, ki jih je Teller (1907) kartiral kot dachsteinske, mlajši, verjetno jurski.

2. Triadna podlaga zagorskega sinklinorija je nesimetrična. Vzdolž severne meje terciarnega ozemlja poteka neprekinjen pas psevdofiljskih plasti, ki se nadaljuje preko Laškega še dalje proti vzhodu. Na južni strani pa meji terciar zagorskega sinklinorija, razen v svojem vzhodnem delu, povsod na triadne dolomite in apnenec.

3. Dolomitni grebeni, ki spremljajo pas psevdofiljskih plasti na severni strani terciarnega sinklinorija, pripadajo v celoti mendolskemu dolomitu. Dolomit na južni strani terciarnega sinklinorija pri Kisovcu je zgornjetriadne starosti. Le jugovzhodno od Kisovca je ob cesti Zagorje—Senožeti izdanek močno zdrobljenega dolomita, ki ga loči od ostalega dolomitnega območja komaj 10 m širok pas psevdofiljskih skladov. Ker leži pod psevdofiljskimi plastmi, sklepamo, da je ta dolomit mendolski.

4. Terciarno ozemlje je po svoji tektonski strukturi sinklinorij z več vzporednimi sinklinalami, ki so med seboj ločene z vzdolžnimi dislokacijami. V območju Lok leži na severni strani velika glavna kadunja, medtem ko zavzemajo južni del terciarnega območja manjše stranske kadunje (loška in kisovska kadunja). Ob dislokacijah med posameznimi kadunjami je triadna podlaga ponekod dvignjena do površine, kjer tvori izolirane triadne otoke v sklenjenem terciarnem ozemlju. Ti otoki so povečini iz dolomita, ob katerem se pojavljajo na severni ali južni strani manjši izdanki psevdofiljskih skrilavcev z vložki peščenjakov in ploščatih apnencev. Iz tega sklepamo, da je tudi pod dnom terciarnega sinklinorija triada močno dislocirana in se dolomiti večkrat menjavajo s psevdofiljskimi skladi.

5. Z rudarskimi deli so v jami Loke zadeli pod 2. obzorjem na triadni greben, ki je podobna tektonska struktura, kot prej omenjeni triadni otoki, le da ne sega do površine.

6. Za dolomite in apnenec v triadnih otokih in v grebenu v jami Loke zaradi nejasne tektonske lege ni mogoče nedvoumno ugotoviti ali pripadajo anizični stopnji ali zgornji triadi.

Hidrogeologija okolice Lok

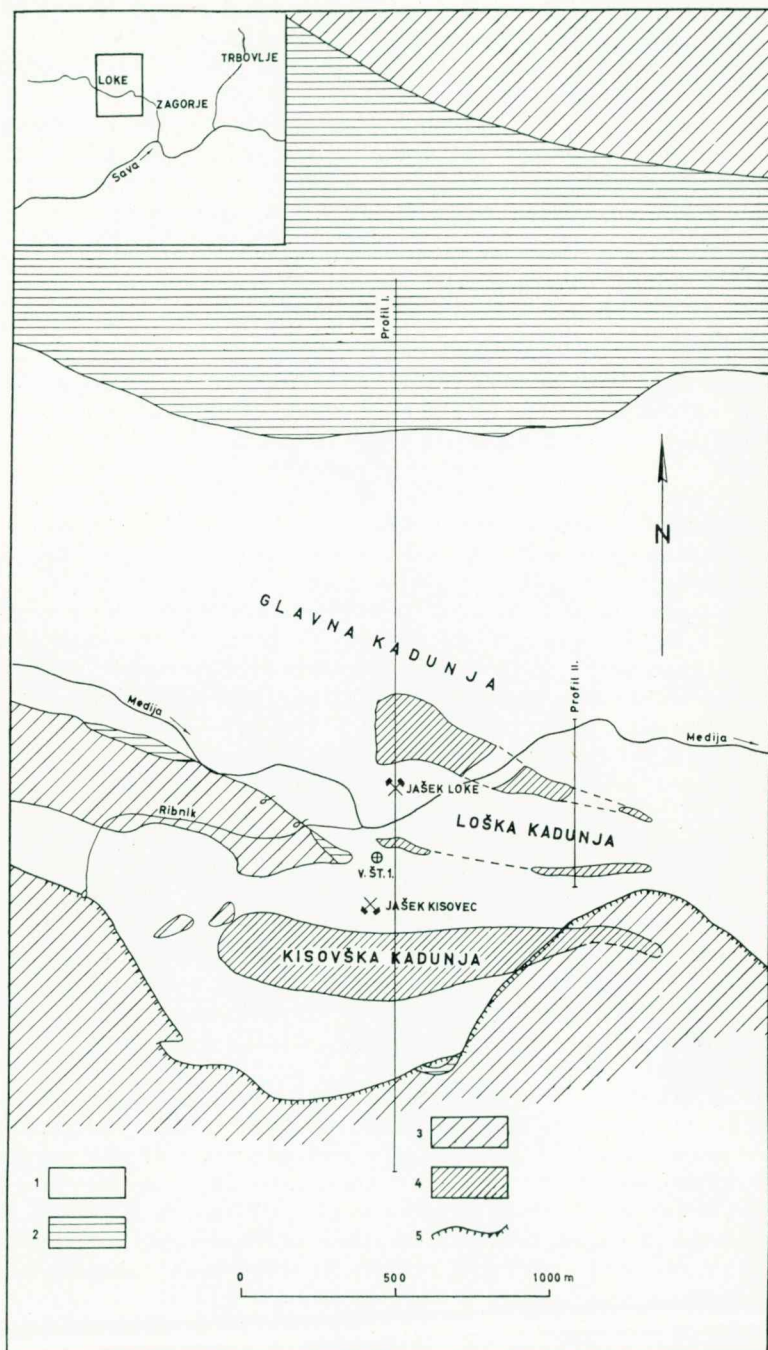
Psevdofiljski skladi so prvotno delili triado v dva vodonosna horizonta, spodnjega v mendolskem dolomitu ter zgornjega v zgornjetriadnih dolomitih in apnencih. Zaradi kasnejših tektonskih deformacij pa sta bila prvotno sklenjena vodonosna horizonta pretrgana. Zato na področjih, kjer je triada pokrita s terciarjem, ni mogoče z gotovostjo ugotoviti, kako posamezni triadni masivi med seboj komunicirajo.

Nekatere dislokacije v triadni podlagi so očitno zelo globoke, saj je vzdolž laško-zagorskega sinklinorija več termalnih izvirov (Laško, Toplice

1. sl. Geološka skica terciarnega sinklinorija pri Lokah

Fig. 1. Geologic sketch map of the Tertiary synclinorium at Loke

- 1 — terciarne plasti, 2 — psevdofiljske plasti, 3 — triadni dolomit in apnenec,
4 — odkopan sloj premoga, 5 — nariv
1 — Tertiary strata, 2 — Pseudozilian beds, 3 — Triassic dolomite and
limestone, 4 — Excavated coal seam, 5 — Overthrust



pri Zagorju, Izlake). V ožjem območju rudnika Zagorje leži nekdanji topli izvir pri Toplicah, ki je izviral na zahodni strani triadnega otoka Ocepkevega vrha, a je kasneje pri poglobljanju jame Kotredež pričel odtekati v niže ležeče jamske prostore.

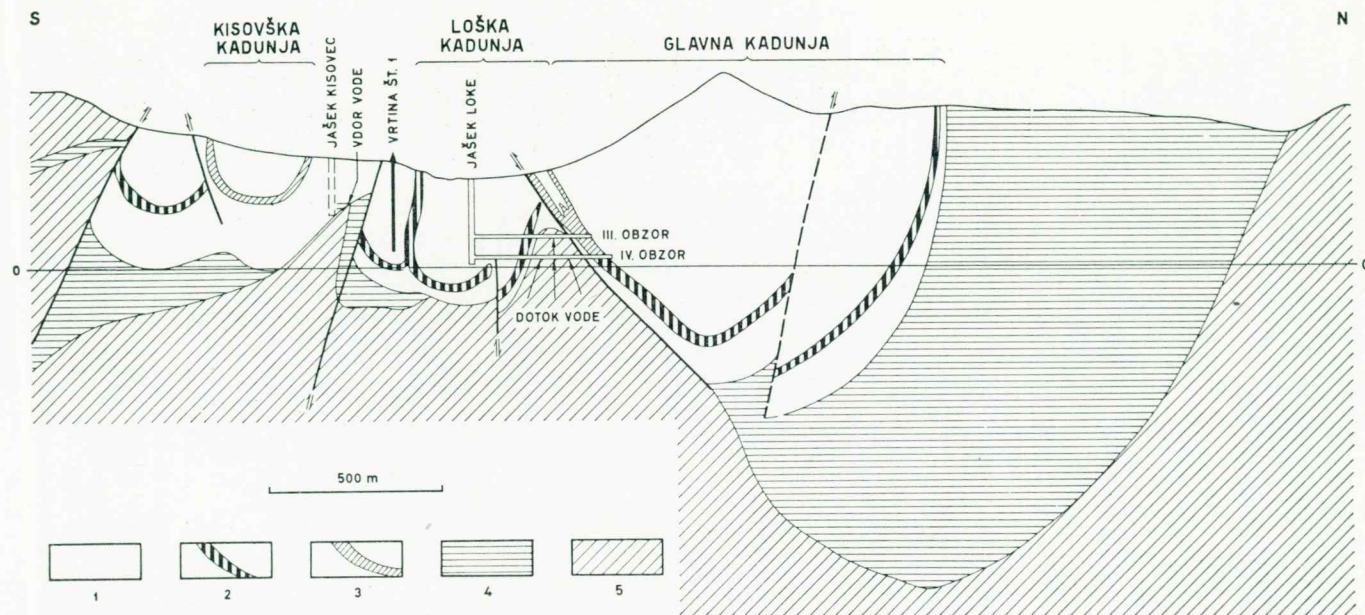
Debelina spodnjesoteških skladov, ki tvorijo nepropustno plast med triadno podlago in premogovim slojem, je spremenljiva. Te plasti pokrivajo diskordantno erozijski relief, ki je bil vrezan v triadno podlago pred odlotitvijo soteških plasti. Zato je debelina nad nekdanjimi vzpetinami manjša, nad nekdanjimi depresijami pa večja. Velike razlike, ki jih opazujemo, so delno tudi posledica kasnejših tektonskih deformacij. V jami Kotredež je debelina spodnjesoteških plasti povsod preko 50 m in doseže na vzhodnem koncu jame celo preko 100 m; zato je možna izvedba priprav za odkopavanje s smernimi progami v talnini. Nasprotno pa je debelina spodnjesoteških plasti v jami Loke znatno manjša in zelo spremenljiva. Ponekod ne doseže niti 1 m, že v majhni oddaljenosti pa naraste na več deset metrov; zato pri rudarskih delih v premogu ali spodnjesoteških skladih v novih, globljih obzorjih le redkokdaj vemo, kako daleč je še nevaren triadni dolomit.

Medtem ko v jami Kotredež razen omenjenega vdora termalne vode ni bilo večjih problemov z vodo iz triadnih dolomitov, je ta problem v jami Loke težji. Že 1. 1927 je vdrla voda v prekop, ki so ga kopali iz starega kisovskega jaška proti loški kadunji. Po podatkih površinske geologije in vrtine št. 1 so predvidevali, da prekop ne bo zadel v triadni dolomit Borovnika, temveč naj bi potekal v vsej dolžini v terciarnih plasteh. Pokazalo se je pa, da sega triada v globini dalje proti vzhodu; ko jo je prekop dosegel, je začela s čela pritekati voda. V kratkem času je dotok narastel na 9,7 m³/min. Istočasno so usahnili vsi izviri na vzhodnem koncu Borovnika, v strugi potokov Medije in Ribnika so se celo pojavili ponori. S težavo se je posrečilo z vgraditvijo jezov v jami zapreti vdor; projekt povezave kisovskega jaška z loško kadunjo pa so morali opustiti. Po zaježitvi vode v jami so se površinski izviri spet pojavili.

Pri odkopavanju premoga v jami Loke ni bilo do III. obzorja nobenih težav z vodo iz triadne podlage. Šele v prekopu v polju C so prišli na tem obzorju v vrhnji del triadnega grebena (2. sl.). Pritisk vode v dolomitu so ob tej priliki merili in je znašal 16 atm, kar precej dobro ustreza višinski razliki 180 m do površine. V ta prekop je v začetku dotekalo nekaj nad 1 m³/min vode. Kasneje pri odpiranju IV. obzorja so izviri na III. obzorju postopno usihali.

Pri odpiranju IV. obzorja so bile težave z vodo v triadi precej večje. V prekopu v polju B so 140 m od jaška zadeli na dolomit pod sorazmerno tankimi spodnjesoteškimi skladi. Da bi prekop zavarovali pred premočnim dotokom vode, so dolomit v njegovi okolici zatesnili s cementnimi injekcijami. Po nekaj tednih se je nepričakovano zrušil del prekopa v spodnjesoteških skladih tik ob dolomitu, iz zruška je teklo okrog 1000 l/min vode istočasno z znatnimi množinami metana. Iz vrtine na III. obzorju, ki so jo zvrtili navzdol proti zrušku, je teklo 670 l/min.

Čudno je bilo, da je do rušenja prišlo šele, ko je bil prekop že daljši čas odprt. Zakasnitev je verjetno nastala zato, ker je bil dolomit tik ob



2. sl. Shematični profil I terciarnega sinklinorija pri Lokah

Fig. 2. Sketch section I of the Tertiary synclinorium at Loke

- 1 — terciarne plasti, 2 — sloj premoga, 3 — odkopan sloj premoga, 4 — psevdofiljske plasti,
5 — triadni dolomit in apnenec
1 — Tertiary strata, 2 — Coal seam, 3 — Excavated coal seam, 4 — Pseudozilian beds,
5 — Triassic dolomite and limestone

prekopu nepropusten; voda je pronicala skozi spodnjeseške gline proti prekopu in jih pri tem mehčala. Ko se je zaradi tega njihova trdnost dovolj zmanjšala, je prišlo do nenadnega zruška.

Ta vdor je pokazal, da premogovega sloja v jami Loke ni mogoče odkopavati ne da bi predhodno znižali piezometrični nivo vode v triadnih kameninah na višino najnižjih odkopov. Še bolje je to pokazal vdor vode na IV. obzorju v polju 4 (3. sl.). Tudi tu leži premog, ki ga odkopavajo, na severni strani dolomitnega grebena. Zaradi luskastih narivov se sloj na III. in IV. obzorju večkrat ponavlja. Južno krilo, ki pada proti loški kadunji, imenujejo 1. sloj, premog v treh luskah na severni strani pa 2., 3. in 4. sloj. Pri kopanju prekopa iz loške kadunje proti tem slojem so med 1. in 2. slojem pričakovali, da bodo zadeli na triadno jedro. Zato so stalno otipavali s 30 do 35 m dolgimi vrtinami pred čelom in pod njim ležeče kamenine, vendar triade niso dosegli. Drugi sloj so pripravili za odkopavanje s smerno progo iz tega prekopa. Ko so bile vse priprave za odkopavanje končane, je 7. 1. 1960 s čela nenadno vdrla voda (12.000 l/min) in nanesla v progo in v prekop premog, pomešan z drobci zgornjesoteškega laporja. Kljub podrobnemu pregledu naplavine ni bilo mogoče ugotoviti drobcev spodnjeseških plasti. Po čiščenju prekopa se je vdor ponovil 16. 9. 1960 z le malo manjšo silovitostjo (10.000 l/min); zato so opustili delo v tem polju na IV. obzorju, dokler ne bodo s posebnimi progami drenirali vodonosnih plasti ob tem sloju.

Znatno manjši je bil dotok vode (200 l/min) približno v istem profilu na III. obzorju v 4. sloju, a tu s talninske strani. Triado, ki so jo takrat domnevali v majhni globini pod III. obzorjem, so v resnici kasneje navrtali iz prekopa na IV. obzorju. Podoben triadni zob se nahaja verjetno tudi neposredno ob prej orisanem vdoru na IV. obzorju, vendar ga moramo iskati za prelomom na severni strani 2. sloja, sicer bi težko razumeli veliko množino krovninskega laporja v nanosu. Na podlagi teh podatkov in vrtine 14 je narisana profil II (3. sl.). Oddaljenost triadnega zoba od vdora je sicer v tem profilu tolikšna, da se nam vdor po tako dolgi poti zdi malo verjeten. Pri risanju profila smo predpostavljali, da je vrtina 14 vertikalna, ker odkloni vrtine niso bili merjeni. Pri globinah okrog 300 m, kakršne so tu, pa so vrtine odklonjeje lahko že za več deset metrov. V primeru, da je vrtina nagnjena proti levi strani profila, bi lahko narisali tudi triadni zob pod 3. slojem dalje proti levi, t. j. bliže k mestu vdora.

Ker nam lahko pri risanju podobnih geoloških profilov odklon vrtine za 10 m sliko precej spači, je potrebno, da v vseh vrtinah, ki so globlje od 100 m, dosledno merimo odklone.

Izkušnje pri vdorih na IV. obzorju so pokazale, da je treba pred odkopavanjem premoga zgraditi v dolomitu jamske proge na najnižjem obzorju ali celo pod njim in črpati vodo, ki vanje doteka.

Voda, ki doteka iz triadnih dolomitov v jamo Loke, nima neposredne zveze s površino, ker je triadni greben prekrit z debelo plastjo nepropustnih terciarnih glin. Prihaja le iz globine, kjer ima dolomit pod pokrovom terciarnih plasti zvezo z dolomitnimi masivi na severni ali južni strani terciarnega sinklinorija ali tudi z dolomitnimi otoki znotraj terciarnega sinklinorija.

Voda je za jamo Loke torej arteška voda. Ker ne poznamo geološke strukture triadne podlage, bi bilo možno le posredno, z meritvijo površinskih vod, sklepati, od kod se ta arteški horizont napaja.

Ker so nekateri izviri iz dolomitnih masivov na severni in južni strani terciarnega sinklinorija zajeti za zagorski vodovod, bi imelo njihovo občutnejše pojevanje kaj neprijetne posledice. Zato rudnik rjavega premoga Zagorja te izvire stalno nadzoruje, posebno v zimskem času, ko je izdatnost izvirov najmanjša. Kljub temu, da je dotok vode v jamo Loke močan (preko 3000 l/min), do sedaj še ni bilo mogoče opaziti nobenega zmanjšanja površinskih izvirov. Niti bližnji izviri ob severni strani Borovnika ne pojemajo; to kaže, da dolomit v jami Loke nima z njimi nobene neposredne zveze. Verjetno se ozki pas psevdofiljskih plasti na severni strani Borovnika nadaljuje v globino in tvori med obema dolomitnima blokoma nepropustno pregrado. Dolomitni greben v jami Loke more biti torej v zvezi le z oddaljenimi dolomitnimi območji. Če predpostavljamo, da ponikne na dolomitnem terenu v okolici Zagorja letno 1000 mm padavin (kar je zelo visoko cenjeno), znaša povprečni letni odtok talne vode 1,9 m³/min/km². Če bi se voda v triadi napajala samo iz bližnjih horizontov talne vode, bi morali na območju preko 1,5 km² usahniti vsi izviri. Ker ne opazujemo nobenega pojevanja izvirov, je možno samo dveje:

1. da napaja triado kakšen površinski vodni tok (Medija ali Kotredežki potok),

2. da se triada jame Loke napaja iz oddaljenih in zelo širokih triadnih ozemelj, zaradi česar so vodne izgube več ali manj enakomerno porazdeljene preko velike površine in so zato pri posameznih izvirih tako majhne, da jih zaenkrat ne opazimo. Najbližji vodni tok, ki bi lahko napajal triadni dolomit, je Medija ob severnem robu Borovnika. Že prej pa smo omenili izvore ob vzhodnem koncu Borovnika, na katerih še ni opaziti pojevanja. Dokler bodo ti izviri tekli, smo gotovi, da je gladina talne vode v dolomitu Borovnika višja od gladine Medije in ta ne more pronicati v triado.

Pri projektiranju globljih jamskih obzorij je eno najvažnejših vprašanj dotok vode, ki ga lahko pričakujemo pri odpiranju triade na novem obzorju. V večini primerov cenitev pričakovanega dotoka ni zanesljiva, ker propustnost dolomitov ni enakomerna. Ponekod so razpoke v dolomitu do razdalje 10 m in več od kontakta s terciarjem zapolnjene s svetlo sivo glino, ki je bila vtisnjena v dolomit med tektonskimi premikanji. Zaradi tega je dolomit na takih mestih za vodo skoraj nepropusten. Drugod pa so pore v zdrobljenem dolomitu prazne in je zato dolomit močno propusten.

Le v redkih primerih je možna tudi bolj točna cenitev, če so predhodne preiskave dale dovolj podatkov. Tak primer je bil prekop v polju 3 na IV. obzorju; kmalu potem, ko je prišel v dolomit, so pričele s čela izvirati znatne množine vode (okrog 1 m³/min). Zato so s čela zvrtili tri krajše in šest daljših vrtin v različnih smereh (4. sl.), od katerih so nekatere prevrtale dolomitni greben. Dotok vode iz teh vrtin je bil močan (najmočnejša vrtina je dajala v začetku do 1500 l/min, skupno pa je bilo okrog 3000 l/min). Upravičena je bila torej bojazen, da bo dotok vode pri nadaljnjem napredovanju prekopa še močno narastel.

Pričakovani dotok pri izkopu polnega profila prekopa je bilo možno točneje oceniti. V ta namen smo razmere idealizirali na naslednji način:

1. Dolomit je enakomerno in v vseh smereh enako propusten.

2. Dolomitni greben tvori vertikalno ploščo med nepropustnimi terciarnimi plastmi, ki smo jo pravokotno prevrtali z vrtino oziroma s prekopom.

Tako idealizirane razmere se le bolj grobo približujejo dejanskemu stanju, ker dolomiti niso nikdar enakomerno propustni. Vendar pa po drugi strani v dolomitu ni bilo pričakovati večjih kavern, ki bi lahko povzročile velika odstopanja od izračunanih vrednosti. Gosta mreža vrtin okrog osi prekopa je dajala dovolj jamstva za to.

Oblika dolomitnega grebena je precej drugačna, kot smo predpostavljali, ker se greben proti globini širi, navzgor se pa še tik nad prekopom končava pod nepropustnimi terciarnimi plastmi. Zaradi velikih dimenzij dolomitnega grebena v primeri s premerom vrtine oziroma prekopa pa oblika grebena nima velikega vpliva na izračunane vrednosti.

Vpliv premera odprtine na dotok vode

Namesto smerne vrtine s premerom 86 mm je treba izkopati prekop z okroglim profilom s premerom 2,5 m. Izračunati je treba, kolikokrat se bo povečal dotok vode, pri predpostavki, da je kamenina enakomerno in v vseh smereh enako propustna.

Ker je v našem primeru vodonosna plast omejena spredaj in zadaj z nepropustnimi terciarnimi plastmi, gladina podtalnice pa je še visoko nad IV. obzorjem, bo voda dotekala z vseh strani enakomerno in v radialni smeri. Zato velja za dotok naslednja enostavna enačba (primerjaj: Bogomolov & Silin-Bekčurin, 1959, 57; Muskat, 1949):

$$Q = \frac{2 \pi k h (p_e - p_i)}{\ln r_e / r_i} \quad (1)$$

kjer pomeni:

k — koeficient propustnosti,

h — debelina propustne plasti,

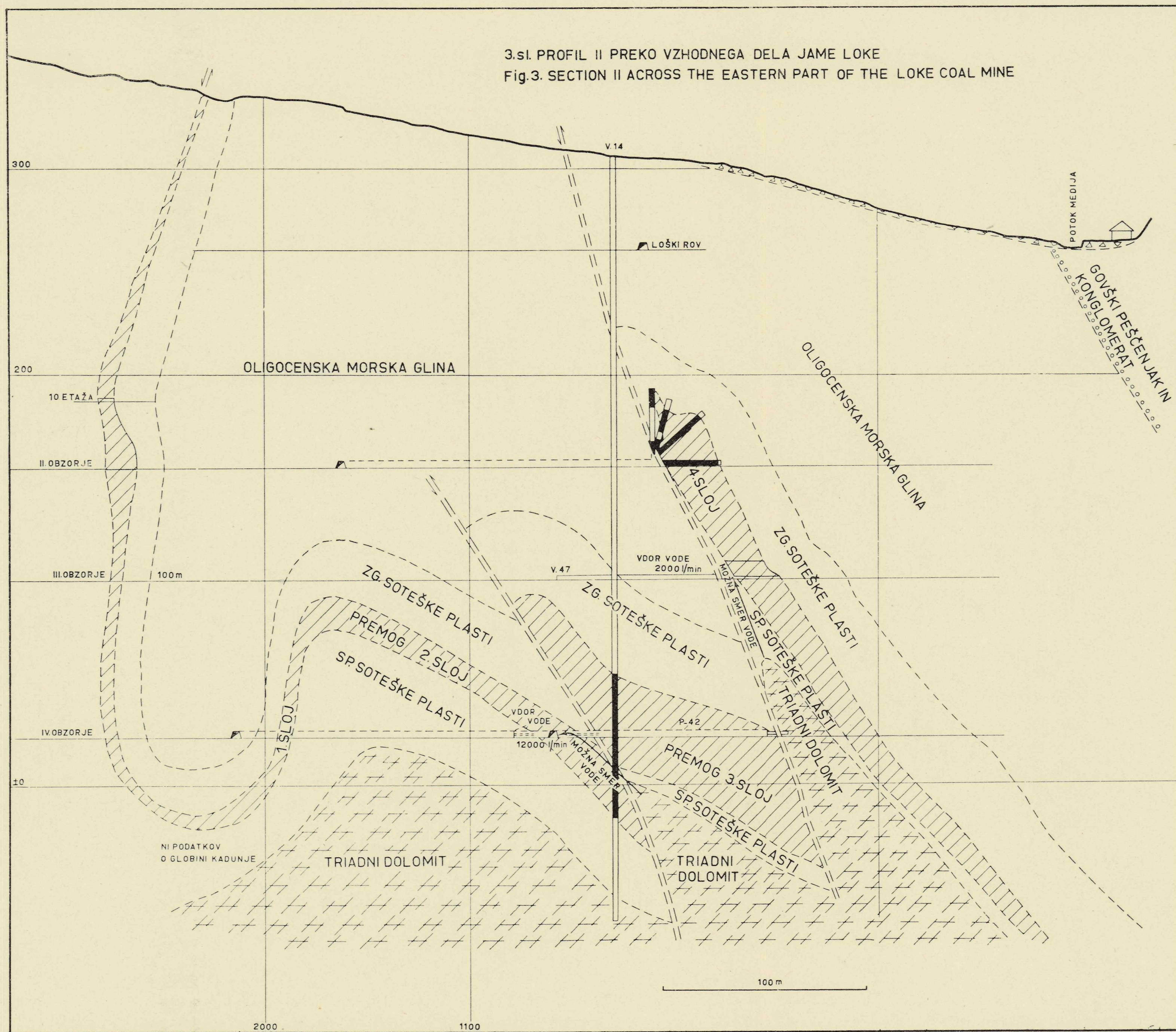
p_e — piezometrični nivo v veliki oddaljenosti od vrtine oziroma proge, kjer se ne pozna več vpliv vrtine oziroma proge; za p_e predpostavljamo višino dolinskega dna, t. j. okrog 270 m,

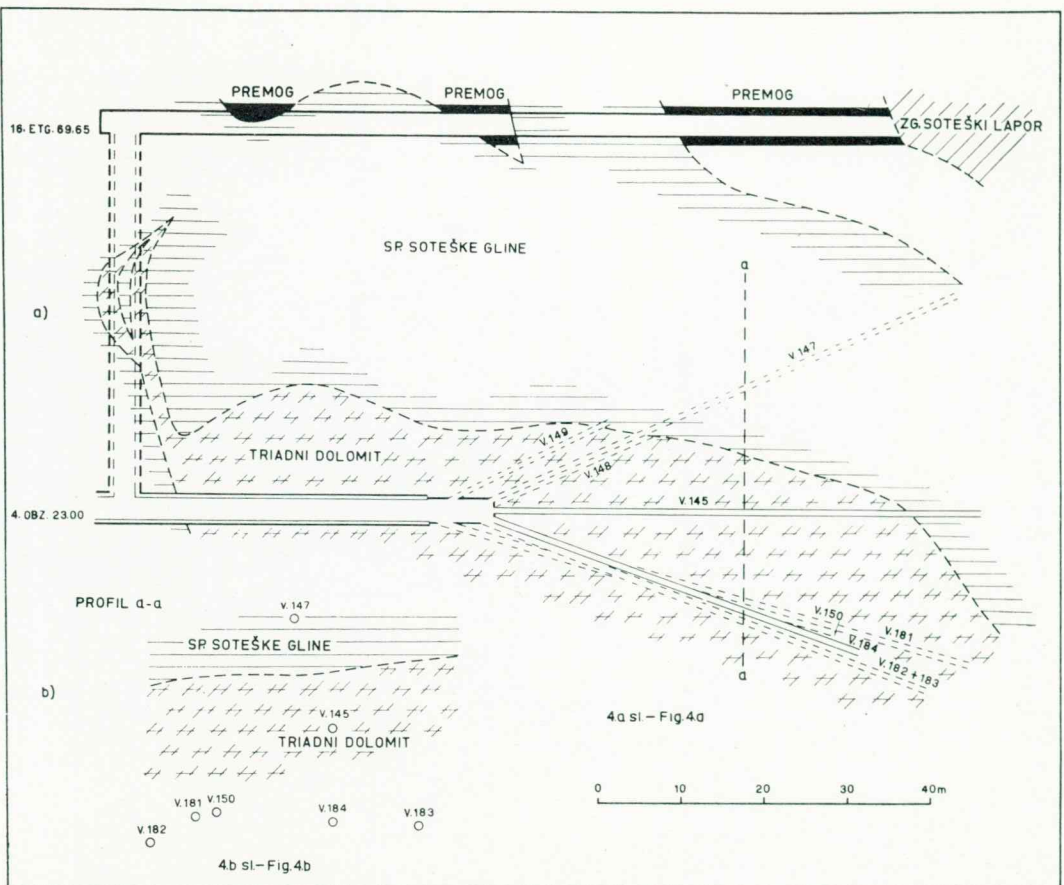
p_i — piezometrični nivo v vrtini oziroma progi — 23 m,

r_e — zunanji radij, t. j. razdalja od vrtine oziroma proge, v kateri se znižanje piezometričnega nivoja zaradi dotoka vode v vrtino oziroma progo ne pozna več; vrednost tega r_e ni zanesljiva, vendar tudi veliko zvečanje ali zmanjšanje njegove vrednosti na končni rezultat le zelo malo vpliva, ker nastopa v enačbi le pod logaritmom. V naslednjih računih bomo predpostavljali $r_e = 200$ m,

r_i — radij odprtine (vrtine oziroma proge).

3.si. PROFIL II PREKO VZHODNEGA DELA JAME LOKE
Fig.3. SECTION II ACROSS THE EASTERN PART OF THE LOKE COAL MINE





4. a sl. Profil po prekopu na IV. obzorju v jami Loke
Fig. 4a. Longitudinal section of the crosscut on the IVth level of the
coal mine

4. b sl. Prerez a—a pravokotno na os prekopa
Fig. 4b. Cross section a—a of the crosscut

Če vstavimo v zgornjo enačbo za r_i enkrat radij prekopa r_2 , drugič radij vrtine r_1 in zamenjamo naravni logaritem z dekadnim, dobimo za razmerje med dotokom v prekop Q_2 in dotokom v vrtino Q_1 :

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\log \frac{r_e}{r_1}}{\log \frac{r_e}{r_2}} \quad (2)$$

Če vstavimo naslednje vrednosti: $r_e = 2 \cdot 10^5$ mm, $r_1 = 43$ mm, $r_2 = 1250$ mm, dobimo:

$$\frac{Q_2}{Q_1} = 1,63$$

kar je presenetljivo malo.

Izdatnost posameznih vrtin je zelo neenaka. Če vzamemo za osnovo najvišjo vrednost 1500 l/min, ker obstoji možnost, da bo tudi prekop zadel na te zelo propustne dele dolomita, bo znašal pričakovani dotok vode v prekop 2500 l/min (seveda pri predpostavki, da poleg ene smerne vrtine ni nobene druge vrtine ob prekopu). Dejansko je skupni dotok vode iz prekopa in venca vrtin, ki je bil zvrtni okrog osi prekopa, še večji (okrog 3000 l/min), ker zajema venec drenažnih vrtin znatno večje območje, kot bi ga sama proga s premerom 2,5 m. Povprečna razdalja vrtin od osi prekopa v prečnem profilu v oddaljenosti 30 m od čela prekopa je okrog 12 m. Če izračunamo, kakšen bi bil dotok vode v progo z enakim premerom, t. j. predpostavljamo, da je drenažni vpliv vrtin 100 %, dobimo na isti način kot zgoraj (enačba 2) $\frac{Q_2}{Q_1} = 2$. Dotok vode iz dovolj gostega venca

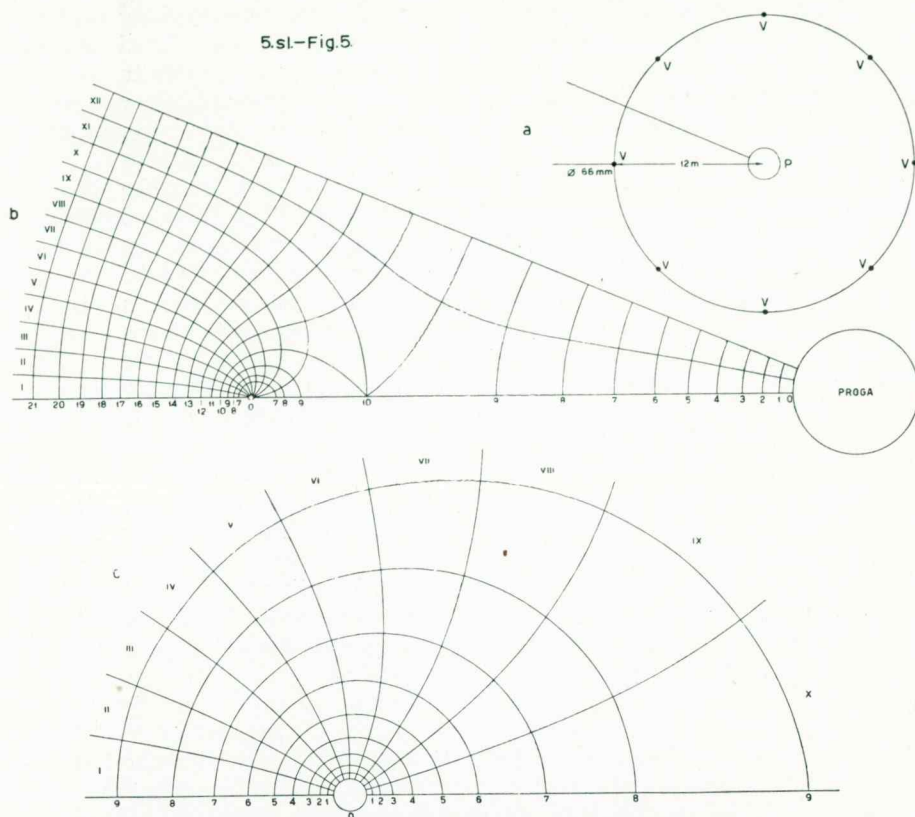
vrtin v oddaljenosti 12 m od osi prekopa bo torej le neznatno večji kot v prekop. Izračunane vrednosti se precej dobro ujemajo z merjenimi vrednostmi najizdatnejše vrtine in skupne izdatnosti vseh vrtin.

Če vstavimo v enačbo (1) podatke vrtin, lahko izračunamo koeficient propustnosti. Uporaba te enačbe je dopustna za propustnejše dele, ki so ploščati in leže med manj propustnimi območji. Za osnovo vzemimo močno propustne kamenine v vrtini 150 ($\phi = 66$ mm) med globinama 28,0 in 39,5 m, od koder je dotekalo 400 l/min, ali povprečno 5,7 cm³/sek/cm vrtine. Iz tega izračunana propustnost je $k = 3,2 \cdot 10^{-4}$ cm/sek. Posamezni deli kamenin so verjetno še bolj propustni, vendar koeficient propustnosti verjetno le malokje prekorači vrednost $k = 10^{-3}$ cm/sek.

Drenažni vpliv venca vrtin

Drenažni vpliv sorazmerno redkega venca vrtin okrog proge je zelo velik. Zato smo zgoraj upravičeno računali dotok vode v venec vrtin s premerom 12 m, kot v progo z enakim premerom. To lahko dokažemo s poskusnim prostoročnim risanjem mreže tokovnic in ekvipotencialnih linij (linij enakega piezometričnega nivoja) za idealiziran primer, pri katerem so vrtine vzporedne s progo in enakomerno razvrščene okrog nje. Tak problem je ravninski, t. j. vse tokovnice so vzporedne s profili, ki so

5.sl-Fig.5



5. sl. Mreža tokovnic in nivojnic okrog proge v propustni kamenini, ki jo drenira 8 vrtin

- Razpored vrtin v idealiziranem modelu
P — prečnik s premerom 2,5 m
V — vrtina s premerom 66 mm
- Mreža tokovnic in nivojnic v osnovnem izseku
- Povečana mreža tokovnic in nivojnic okrog vrtine
I do XII tokovnice
1 do 21 nivojnice

Fig. 5. Flow net around a crosscut in a pervious rock, symmetrically surrounded by 8 boreholes

- Idealised model for which the flow net was drawn
P — crosscut, diam. 2,5 m
V — borehole, diam. 66 mm
- Flow net in an elementary sector
- Enlarged flow net around one borehole
I — XII flow lines
1 — 21 equipotential surfaces

pravokotni na os proge. Če rišemo mrežo tako, da teče med dvema sosednjima tokovnicama povsod enaka množina vode in je med dvema sosednjima ekvipotencialnima ploskvama razlika piezometričnih nivojev Δh vedno enaka, mora biti razmerje med dolžino in širino elementarnih polj v tej mreži povsod enako. Najlažje rišemo tako mrežo, če je razmerje med dolžino in širino enako 1, ker pri takem razmerju napake najprej opazimo. Poleg tega se morajo sekati tokovnice in nivojnice vedno pravokotno (primerjaj Šuklje, 1957, 169 do 171). Mreža je torej sestavljena iz samih krivočrtnih kvadratov. Zaradi teh pogojev vsako bolj grobo napako v mreži že na prvi pogled opazimo, kar nam omogoča, da z nekaj vaje in potrpežljivosti napake v provizorično narisani mreži postopno popravljamo in dosežemo takšno natančnost, ki za reševanje hidrogeoloških problemov popolnoma zadostuje. V našem primeru, kjer se vrtine iztekaajo v progo, moramo tudi paziti, da sta potenciala v vrtini in proggi enaka.

V idealiziranem primeru, ki ga tukaj obravnavamo, je 8 vrtin s $\phi = 86$ mm simetrično razporejenih v razdalji 12 m okrog proge s $\phi 2,5$ m. Tudi slika tokovnic je simetrična. Zato smo narisali samo en izsek, ki se simetrično ponavlja šestnajstkrat okrog osi proge. Neposredna okolica vrtine, kjer se tokovnice močno približajo, je risan še posebej v večjem merilu.

Iz 5. sl. je razvidno, da se od vseh 12 tokovnih pasov, označenih z I do XII, 10 izliva v vrtino, in le 2 v progo. To pomeni, da bo pri podanih premerih vrtin in proge ter razdalje vrtin od proge dotekalo v vrtine 93 %, v progo pa le 17 % vse vode. Če bi bila razdalja vrtin od proge manjša, bi bil njihov drenažni vpliv manjši. Pri dejanskih razmerah, kjer vrtine od osi prekopa divergirajo, bo drenažni vpliv vrtin v začetnem delu prekopa slabši kot v sredini in dalje proti koncu, kjer so vrtine bolj oddaljene od prekopa. Bolj propusten dolomit pa je ravno v drugi polovici prekopa, kjer je razdalja vrtin od prekopa tolikšna, da bi pri simetrično razporejenih vrtinah približno veljalo grafično dobljeno razmerje 4 : 1. Vrtine pa so v resnici razporejene zelo nesimetrično (4. sl.) in leže povečini na spodnji strani prekopa. Zato je razdalja med njimi manjša kot v našem idealiziranem primeru. Nad prekopom se nahaja že v majhni oddaljenosti nepropustna terciarna glina, zato je bilo vrtanje navzgor nepotrebno. Zaradi nepropustnega pokrova z ene strani in gostejše mreže vrtin z druge strani, kot smo jo predpostavljali v grafičnem primeru, je bilo pričakovati, da bo dotok vode v prekop še manjši kot v idealiziranem grafičnem primeru.

Dotok vode na bodoče V. obzorje

Pri poglobljanju jame in zgraditvi drenažnih prog na novih globljih obzorjih se bo tok vode skozi triado povečal v istem razmerju, kot razlika piezometričnih višin, ki to vodo potiska.

Danes še ne vemo, od kod se triada napaja, zato tudi ne poznamo piezometrične višine na začetku vodnega toka v triadi. S precejšnjo verjetnostjo pa predpostavljamo višino dolinskega dna (okrog 270 m). Tudi meritev vodnega pritiska v triadi, ko so prvič na III. obzorju zadeli nanjo, daje približno isti podatek. Po zgraditvi drenažnih prog v triadnem do-

limitu na V. obzorju bo piezometrična višina na koncu vodnega toka na višini tega obzorja (—70 m). Celotna razlika piezometričnih višin bo takrat znašala torej 340 m.

Za točnejšo cenitev dotoka vode na bodoče V. obzorje bi rabili še podatke o dotoku na IV. obzorje in piezometrične višine v globini V. obzorja pred poglobljanjem jame. Kakšna je ta višina, bi mogli ugotoviti s posebnimi vrtinami, ki bi segale navzdol do V. obzorja in bi bile opremljene za meritev pritiska na dnu vrtine. Te piezometrične višine ne bodo po vsej ravnini bodočega V. obzorja enake, temveč bodo med njimi večje ali manjše razlike. Po zgraditvi drenažnih prog na V. obzorju pa bodo padle vse na isto višino, t. j. na višino obzorja. Zaradi tega se bo spremenila oblika tokovnic pod V. obzorjem. Najverjetnejšo vrednost za dotok na bodoče V. obzorje bomo dobili, če bomo povečali dotok vode na IV. obzorje v razmerju povečanja celotnih piezometričnih razlik od višine 270 m do višine V. obzorja (piezometrična višina po poglobitvi), oziroma do povprečne piezometrične višine na V. obzorju pred poglobitvijo. Zaradi spremembe v obliki tokovnic ta račun seveda ne bo točen. Dobili pa bomo lahko neko skrajno zgornjo mejo, preko katere bodoči dotok na V. obzorju ne bo narastel, če za osnovo ne bomo vzeli povprečnega temveč najvišji piezometrični nivo, ki ga bomo merili pred poglobljanjem jame na V. obzorju.

Tako izračunane vodne množine bodo veljale le za vodo, ki doteka od spodaj navzgor. V začetku pa bodo pri odpiranju novega obzorja dotekajoče vodne množine nekoliko večje, ker se bodo praznile še vse pore v dolomitu, ki leži nad tem obzorjem. Računati je treba s tem, da ta voda ne bo dotekala enakomerno, temveč v posameznih močnejših sunkih, ko bomo pri odpiranju zadeli na bolj propustne dele dolomita.

Dotok vode bo na bodočem V. obzorju vsekakor precej večji kot je sedaj na IV. obzorju. Vendar po drugi strani kapaciteta vodnih poti v globini ni neomejena v primeri z današnjim dotokom vode na IV. obzorje, sicer se vrh triadnega grebena ne bi osušil. Pri dosedanjih odpiralnih delih na IV. obzorju so usahnili vsi izviri na III. obzorju, tako da imamo prosto gladino talne vode nekje med III. in IV. obzorjem.

HYDROGEOLOGIC PROBLEMS IN THE LOKA PIT OF THE ZAGORJE COAL MINE

In the Zagorje area the coal bearing Tertiary beds are underlain partly by pervious Triassic dolomites and limestones, partly by impervious Pseudozilian strata. There is a danger of water escape from dolomite or from limestone if the coal mine workings reach the water-bearing Triassic rocks or approach them very closely.

In the Loka pit a narrow reef of dolomite abundant in artesian water has been discovered under the second level (figs. 2, 3); its piezometric surface was originally close to the valley floor.

Several strong inrushes of water out of dolomite through the Tertiary strata into the pit have shown that it will be necessary to lower first

the piezometric surface of water by special mine workings before coal can be mined on a new lower level.

The whole water inflow from the dolomite into all the coal mine workings is about 3000 l/min; but no surface spring has been observed to decrease in spite of this considerable quantity. The nearest place where Triassic beds could be watered by the Medija brook is on the northern margin of the Borovnik hill built up of Triassic dolomite. But all springs flow here with the same intensity as they did earlier. This shows that there is no hydrologic connection between the Loka pit and the Triassic ridge of Borovnik. In all probability Triassic dolomite is being watered in more remote and extensive areas, so that the losses of water which occur in individual springs cannot be very considerable.

In few cases only it is possible to make in advance a more precise evaluation of the inflow of water which can be expected out of dolomite into the mine workings. Thus it has been possible to prove in advance on the basis of data obtained by means of a group of drillings made from the face of the newly begun crosscut into the Triassic beds that the whole inflow of water in the crosscut of the coal field No. 1 in the fourth level will be only slightly larger than it was into the bore holes before the crosscut has been excavated. The fig. 5 shows an idealised flow net around a crosscut made in pervious rock and surrounded by 8 boreholes. According to fig. 5 the relation between inflow into the boreholes and into the crosscut is 4:1. Conditions are actually even more favourable. From the back side i. e. the crosscut is protected by a stratum of impervious Tertiary clay, while in the floor the net of boreholes was denser than in the pattern with 8 symmetrically distributed boreholes.

The permeability of more highly crushed parts of dolomites, reckoned by means of the equation (1) (page 184) is $k = 3,2 \cdot 10^{-4}$ cm/sek.

Water flows into the Loka pit from a considerable distance under the neighbouring lower parts of the Tertiary synclitorium, and rises towards the present coal mine workings.

It will be necessary to evaluate, in connection with plans to open a new lower level, the quantity of water which will flow into the pit when this level will be completely opened. It is therefore necessary to determine the present piezometric surface of water in the depth of the future fifth level. The flow of water through the Triassic dolomite will be increased in proportion to the sinking of the piezometric water surface on the fifth level.

EXPLANATIONS OF FIGURES 3, 4a, AND 4b

Fig. 3. Section II across the eastern part of the Loke coal mine

Potok Medija — Medija brook

Loški rov — Loke adit

V 14 — Borehole No. 14

Govški peščenjak in konglomerat — Govce sandstone and conglomerate

Oligocenska morska glina — Oligocene marine clay
 Zg. soteške plasti — Upper Socka beds
 Premog, 1. sloj, 2. sloj, 3. sloj, 4. sloj — Coal. 1st, 2nd, 3rd, and 4th seam
 Sp. soteške plasti — Lower Socka beds
 Triadni dolomiti — Triassic dolomite
 Vdor vode — Watter inrush
 Možna smer vode — Supposed direction of underground watter flow
 Ni podatkov o globini kadunje — Depth of the coal trough is unknown
 II., III., IV. obzorje — level

Fig. 4a. Longitudinal section of the crosscut on the IVth level of the Loke mine

Fig. 4b. Cross section a—a of the crosscut

Premog — Coal
 Zg. soteški lapor — Upper Socka marl
 Sp. soteške gline — Lower Socka clay
 Triadni dolomit — Triassic dolomite
 V 147 — Borehole No. 147

LITERATURA

- Bittner, A., 1884, Die Tertiär — Ablagerungen von Trifail und Sagor. Jahrb. d. geol. R.—A., 34, Wien.
 Bogomolov, G. V. in Silin — Bekčurin, A. J., 1959, Specialna hidrologija, Beograd.
 Kuščer, D., 1962, Psevdoziljski skladi v okolici Zagorja. Geologija, 7, Ljubljana.
 Šuklje, L., 1957, Mehanika tal, Ljubljana.
 Teller, F., 1907, Geologische Karte der öster. — ungar. Monarchie, SW — Gruppe, Nr. 93, Cilli — Ratschach, Wien.