

GEOLOŠKE RAZMERE V OKOLICI KOLAŠINA V ZVEZI S PROJEKTIRANIMI HIDROENERGETSKIMI OBJEKTI NA TARI IN MORAČI

Marko Breznik in Ljubo Zlebnik

Z geološko karto v prilogi

UVOD

Črna gora ima med vsemi republikami najugodnejše pogoje za izrabo vodne energije, ki pa so jo doslej izkoriščali le v neznatni meri. Posebno ugodne so razmere na reki Tari in Morači. Tara teče v svojem zgornjem toku na nadmorski višini okrog 900 m in se približa pri Kolašinu reki Morači na razdaljo 10 km. Morača teče na višini 230 m. Velika višinska razlika obeh rek na kratki razdalji nudi izredno ugodne pogoje za zgraditev hidrocentrale. Iz akumulacijskega bazena, ki bi nastal z zaježitvijo Tare pri Kolašinu, bi odtekala voda po 9,2 km dolgem rovu do vodnega zbiralnika in od tod po tlačnem rovu do strojnice. Padec bi bil 680 m, srednji letni pretok pa 21 m³/sek.

V okviru izdelave osnovne energetske rešitve Tare in Morače smo leta 1954 pregledno geološko raziskali dolino Tare od izliva do Bakoviča klisure in dolino Morače od izliva potoka Slatine do vasi Bioče pri Titogradu. Razen tega smo geološko raziskali tudi ozemlje med Kolašinom in dolino Zgornje Morače.

V letu 1956 smo ponovno podrobno kartirali ozemlje med Kolašinom in Zgornjo Moračo, predvsem zaradi tega, da bi pojasnili nekatere stratigrafske in tektonske probleme, ki so ostali še nerešeni. To nam ni v celoti uspelo, ker je območje, ki smo ga raziskali, premajhno. Ko bo geološko raziskano vse obširno ozemlje med Bjelasico, Komovi in dolino reke Morače, bomo dobili jasno stratigrafsko in tektonsko sliko.

Uspelo nam je dokazati, da peščenjaki in skrilavci v dolini Morače med Slatino in vasjo Vočje, ter peščenjaki in skrilavci v dolini Pčinje ne pripadajo paleozoiku, kamor so jih prištevali do sedaj, ampak zgornji kredi. Sive ploščaste lapornate apnenice v dolini Tare ter med spodnjim tokom Pčinje in Ženjskim potokom smo uvrstili v zgornjo kredo, čeprav tega nismo mogli s fosili dokazati. Vprašanje stratigrafske pripadnosti teh skladov bo rešeno šele takrat, ko bo raziskano celotno območje med zgornjim tokom Tare in Moračo.

V opisu stratigrafskih in tektonskih razmer smo se omejili predvsem na ozemlje v okolici Kolašina. Geološke razmere v zgornjem toku Tare so podrobneje opisane v inženirsko geološkem delu prispevka in sicer za vsako pregrado posebej.

PREGLED DOSEDANJEGA DELA

Prve jasnejše geološke podatke o kartiranem ozemlju je podal E. Tietze (1884), ki je leta 1881 prepotoval Črno goro. Vse ozemlje pod apnenčevo ploščo Vučija je uvrstil v paleozoik. Omenja tudi prodornine, ki zavzemajo precejšnji obseg. Baldacci (1889), ki je nekoliko kasneje geološko kartiral Črno goro, ni dosegel nič novega.

Vinassa de Regny (1903) je uvrstil skrilavce in peščenjake pod gorskim masivom Vučije v permokarbon oziroma permotriado. Na svoji geološki karti je zarisal eruptiv ob izlivu Slatine v Moračo, vendar v pretirano velikem obsegu.

Cvijič (1899) je opredelil durmitske skrilavce in peščenjake, ki so razširjeni tudi na našem ozemlju, v kredni fliš.

Leta 1937 so kartirali na območju lista Kolašin geologi Simić, Pavlović, Čubrilović in Jovanović. Glinaste skrilavce, peščenjake in apnenice v okolici Kolašina so uvrstili v mlajši paleozoik. Laporne apnenice in laporje v dolini Tare južno od Kolašina so označili kot paleozojske, vendar niso izključili možnosti, da so mlajši. Peščenjake, laporje in glinaste skrilavce z vložki apnenca v območju zgornjega toka Tare so uvrstili v kredni fliš.

Protić, Čubrilović, Mikinčić in Jovanović (1940) so uvrstili flišne sedimente južno od Sinjajevine v zgornjo kredno.

Na Mikinčićevi geološki karti Jugoslavije v merilu 1:500.000 (1953) poteka meja med paleozoikom in krednim flišem od Manastira Moraškega do izliva potoka Žurena v Taro. Meja je v resnici veliko severneje, kar smo ugotovili že pri prvem kartiranju (1954). Tudi Bešićeva geološka karta severozahodne Črne gore v merilu 1:200.000 (1953) se ne ujema z resničnim stanjem na našem ozemlju.

Bešić (1933–1953) je doslej največ prispeval k razjasnitvi geoloških razmer v Črni gori. Našega ozemlja ni podrobno raziskoval; kljub temu je dokazal, da pripadajo masivni apnenici, ki sestavljajo gorski greben Vučije in Gradište, srednji triadi. Mejo med paleozoikom in krednim flišem v dolini Morače je potegnil nekoliko severneje kot Mikinčić, ob izlivu reke Slatine v Moračo. Apnenice, ki so vloženi med skrilavce severno od Manastira Moraškega, je pravilno uvrstil v kredno, medtem ko jih je imel Mikinčić za triadne. Skrilavce in peščenjake v dolini Pčinje je uvrstil v paleozoik.

STRATIGRAFIJA

Permokarbon

Najstarejši skladi, ki so zastopani na našem ozemlju, spadajo v mlajši paleozoik. Razširjeni so predvsem v dolini Tare okoli Kolašina, okoli prelaza Crkvine in na južnih pobočjih Vučija ter Gradišta. Zaradi tektonsko zelo porušenega terena ni mogoče podati preglednega zaporedja plasti.

Najbolj so razširjeni črni glinasti skrilavci, črni trdi peščeni glinasti skrilavci in temni kremenovi peščenjaki s sljudo. Peščenjaki so vloženi med skrilavce v obliki leč in tankih, pa tudi debelih plasti. V zgornjem delu permokarbonskih plasti prevladuje kremenov konglomerat. Sedi-menti so podobni našim javorniškim skladom. Fosilnih ostankov je zelo malo. V temnem apnencu, ki je ponekod vložen med skrilavci, se dobe ostanki krinoidov, koral in redko fuzulinid.

Približno 1 km južno od Peja (kota 1359 m) leži na permokarbonskih skrilavcih in peščenjakih svetel apnenec in dolomit, v katerem smo našli številne psevdoschwagerine. Le-te dokazujejo, da so apnenci in dolomiti spodnjepermške starosti. Skrilavci in peščenjaki, ki leže v talnini, so vse-kakor starejši od spodnjega perma.

Posebnost v permokarbonskih skladih so eruptivi. Le-ti pripadajo spilitu. Imajo obliko konkordantnih pol in leč, ki so vložene med skrilavci in peščenjaki. Sledov kontaktne metamorfoze ni opaziti, iz česar sklepamo, da so eruptivi enako stari kot kamenine, v katere so vključeni. Največ eruptivov je v območju Žutega in Streličkega Krša v bližini Kolašina.

Triada

Spodnjetriadni skladi so razkriti samo na severnem in južnem po-bočju Peja ter na južnem pobočju Vučija. Zastopan je temen, le redko rjavkast plastovit apnenec z bogato favno. Zelo številni so polži *Naticella costata* Münster, ki dokazujejo, da pripada apnenec zgornjemu wer-fenu. Spodnji werfen ni razvit.

Srednja triada je razvita v dveh faciesih. V enem prevladujejo ma-sivni apnenci, v drugem pa ploščasti apnenci z roženci. Drugi facies za-vzema mnogo večje ozemlje kot prvi. Zastopan je na Peju, na grebenih gorskih masivov Gradište in Vučije ter leži večinoma na zgornjewerfen-skih apnencih. Njihovo srednjetriadno starost sta dokazala Bešić in Ču-brilović. Apnenci z roženci so razširjeni na levem bregu Tare pri Kola-šinu, v največji meri pa vzhodno od Tare, že izven kartiranega ozemlja. Podobni so sedimentom znane »dijabaz-rožnačke serije« v Srbiji. Leže večinoma na kremenovem porfiritu. Le-ta je močno razširjen v dolini Tare pri Kolašinu in v dolini Morače ob izlivu Slatine, predvsem pa na Bjelasici, vzhodno od doline reke Tare.

Zaradi lažjega pregleda bomo navedli zaporedje plasti v grapi Ženj-skega potoka pri Kolašinu. V spodnjem delu so zastopani sivi plastoviti apnenci in laporni skrilavci, ki leže konkordatno na tufih kremenovega keratofirja. Na apnencih leže tankoplastoviti rdečkasti in zeleni roženci,

ki so pokriti s svetlosivimi, belimi in rožnatimi kristalastimi plastovitimi apnenci z roženci. Više sledi debela serija ploščastih silificiranih apnencev in temnih skrilavcev, katerih starost ni z gotovostjo določena.

Zelo podobne kamenine so razširjene na Bjelasici in na Ključu, kjer leže prav tako na eruptivih. V rožnato obarvanem apnencu, ki je vložen v silificiranih skrilavcih in brečastih apnencih z roženci, smo našli na Troglavu v masivu Bjelasice bogato favno brahiopodov, ki še ni v celoti obdelana. Zastopane so naslednje vrste: *Spirigera trigonella* Schloth., *Terebratula bukowskii* Bittner, *Aulacothyris turgidula* Bittner. Brahiopodi so značilni za srednji del anizične stopnje (rekoarski apnenci). Zaradi tega domnevamo, da pripadajo ploščasti apnenci z roženci v dolini Tare prav tako srednjemu anizu. Drug zaključek, ki sledi iz tega, je, da so eruptivi starejši od srednjega aniza, kajti apnenci z roženci niso nikjer predrti z eruptivi, niti ni opaziti kontaktne metamorfoze.

Kreda

Pretežni del zgornjekrednih skladov na našem ozemlju pripada flišu, ki smo ga razdelili v spodnji in zgornji del. Vmes leže več kot 100 m debeli skladi sivega brečastega apnenca. Pripominjamo, da velja ta razdelitev le za naše ozemlje. Za širše flišno območje pa verjetno ni primerna.

V bazalnem delu spodnjih flišnih plasti prevladujejo temni laporni apnenci in temni glinasti skrilavci z debelimi plastmi brečastega apnenca. Više slede sivkasti glinasti in laporni skrilavci s tankimi in debelimi plastmi sivega zrnatega in brečastega apnenca.

V brečastem apnencu, ki je vložen med skrilavci južno od izliva Slatine v Moračo, smo našli slabo ohranjene odlomke polža *Nerinea* in ostanke radiolitov.

Skladi, ki pripadajo spodnjemu delu fliša, so razkriti predvsem na levem bregu Morače in deloma tudi v dolini potoka Blace. Ob izlivu reke Slatine leže neposredno na triadnem kremenovem keratofirju, ki po petrografskem sestavu ustreza eruptivom na Bjelasici. Zaradi poznejšega termalnega delovanja so skrilavci in apnenci v bližini eruptiva silificirani in impregnirani z železnimi minerali. Med skrilavci smo ponekod opazili v neposredni bližini eruptiva vložke tufskega peščenjaka. Odlomki rudistov in polžev iz rodu *Nerinea*, ki smo jih našli v brečastem apnencu ob izlivu Slatine, nesporno dokazujejo, da so sedimenti zgornjekredne starosti.

Na sedimentih spodnjega dela fliša leži siv brečast apnenec, ki prehaja ponekod v apnen konglomerat. Apnenec se dviga v obliki strme stene nad dolino Morače in se razprostira od reke Slatine pod Dubravico in pod grebenom Imelo do vasi Seoce nad potokom Blaco, kjer ob prelomu izgine. Fosili so v apnencu izredno redki. V dolini reke Slatine smo našli odlomke rudistov.

Na apnencu leže skladi zgornjega dela fliša. Sestavljeni so iz temnih glinastih skrilavcev, kremenovih apnenih peščenjakov s sljudo in peščenih skrilavcev. Poleg peščenjakov so razširjeni tudi silificirani zrnati apnenci in brečasti apnenci. Kamenine so lepo plastovite. Plasti so debele od 1 cm do 1 m. Južno od Vrujice smo našli v brečastem apnencu, ki je vložen

med skrilavci, odlomke polžev, hidrozojev in koral. Severno od mosta preko Pčinje pod prelazom Crkvine smo našli v enakem apnencu dobro ohranjene fragmente rudistov in koral. V brečastem apnencu v dolini Pčinje in Koštanice so pogostni odlomki rožencev in porfiritskih tufov.

Razen makrofosilov so v brečastem apnencu tudi številne foraminifere. Povečini so slabo ohranjene. Apnenec z grebena Vrujice vsebuje orbitoide in orbitoline. V temnem lapornem apnencu severozahodno od »popove kuče« v Blaci so zastopane tekstularije in miliolide.

Zelo pogostne kamenine v zgornjem delu fliša so drobnozrnati peščeni skrilavci. Pogosto vsebujejo rastlinske ostanke, kot na primer v dolini Bistrice severno od Peja, na južnem pobočju Vrujice in v dolini Pčinje ter Slatine.

Podali bomo zaporedje skladov, ki sestavljajo zgornji del fliša. Neposredno nad brečastim apnencem prevladujejo glinasti in laporni skrilavci z redkimi plastmi kremenovih apnenih peščenjakov. Plasti so nagnjene proti vzhodu in severovzhodu; zato prevladujejo v zahodnem delu ozemlja, ki ga sestavljajo sedimenti zgornjega dela fliša, skrilavci. Skrilavci sestavljajo greben Dubravico, grebene zahodno od vasi Seoce in greben Imelo.

Više slede kremenovi apneni peščenjaki s sljudo, peščeni skrilavci in glinasti ter laporni skrilavci. Redkejšje so plasti zrnatega apnenca. Skrilavci se iverasto kroje in se v tem razlikujejo od paleozojskih skrilavcev. Sedimenti tega dela fliša so razširjeni na Vrujici, na grebenu Stupe, v dolini Bistrice severno od Peja in v dolini Pčinje.

Lepo so razgaljeni sedimenti zgornjega dela fliša na desnem bregu Morače. Profil od vasi Osredci do Skorega Vrga je najbolj popoln, zato ga bomo na kratko popisali. V spodnjem delu, do izohipse 650 m, prevladuje temnosiv glinast in lapornat skrilavec s plastmi sivega zrnatega apnenca. Nato slede do izohipse 850 m sivkastozeleni apneni kremenovi peščenjaki s sljudo in temnosivi glinasti in laporni skrilavci z vložki brečastega apnenca. Od izohipse 850 m do 1250 m sestavljajo pobočje v spodnjem delu temni, v zgornjem pa zelenkasti in vijoličasti glinasti skrilavci z vložki brečastega apnenca. Na izohipsi 1000 m so zastopani sivi ploščasti silificirani apneni.

Na skrilavcih leži na višini 1250 m brečast apnenec, ki je debel 50 m, nad njim pa debeloplastovit zrnat apnenec s številnimi odlomki lupin radiolitov. Na višini 1400 m se na pobočju Skorega Vrga pojavijo sivi, zelenkasti in rdečkasti ploščasti apneni in lapornati skrilavci z roženci. Skladi so zelo podobni »scaglii« na Apeninskem polotoku. V ploščastih apnencih so zelo pogostne foraminifere, predvsem gümbeline in globigerine.

Na geološki karti smo iz zgornjekrednih kamenin posebej ločili sedimente, ki sestojijo iz sivkastozelenih ploščastih silificiranih apnencev, temnih glinastih in lapornih skrilavcev in redkeje zelenih apnenih kremenovih peščenjakov. Razširjeni so na levem bregu Pčinje pri Crkvinah in ob spodnjem toku Pčinje, Očibe ter v zgornjem delu Ženjskega potoka pri Kolašinu, kjer leže neposredno na triadi. Nadalje so zastopani južno

od Crkvin, na Vrujici, v bližini izliva potoka Korita v Bistrico ter končno tudi na levem in desnem bregu Tare jugovzhodno od Kolašina. Od tod se razprostira dokaj širok pas teh kamenin po dolini Tare še južno od Mateševa (izven naše geološke karte). Značilno je, da so zastopani prav ob narivnem robu premokarbona na kredo. Prišteli smo jih v zgornjo kredo. Naša opredelitev se naslanja na položaj skladov, ki povečini leže konkordantno na flišnih peščenjakih in skrilavcih, katerih kredna starost je s fosili dokazana. Najtehtnejši dokaz za kredno starost teh skladov so rudisti, ki smo jih našli v okolici Mateševa.

Izjema so sivkasto zeleni ploščasti silificirani apnenci in laporni skrilavci med spodnjim tokom Pčinje, Očibo in Ženjskim potokom. Tu leže sivi ploščasti apnenci in skrilavci neposredno na triadnih svetlih in rožnatih apnencih in tufih brez vidne diskordance. Zaradi tega med temi sedimenti nismo mogli potegniti točne meje. Morda pripadajo tudi sivi ploščasti apnenci in skrilavci triadi, vendar pripominjamo, da leže v dolini reke Morače zgornjekredni sedimenti neposredno na triadnem kremnovem keratofirju.

Kvartar

Pleistocenu pripadajo na našem ozemlju konglomeratne terase na obeh straneh reke Morače. Najvišja konglomeratna terasa na levem bregu leži južno od Koštanice 200 m nad današnjo gladino reke. Ta terasa je morda nastala že v pliocenu.

Melišča, ki so zelo razširjena na južnih pobočjih gorskih masivov Gradište, Vučije in Pej, so delno pleistocenska, delno pa holocenska. Prod, ki prekriva dolino Tare, Pčinje in Očibe, so nasule reke v holocenu.

TEKTONIKA

Celotno ozemlje, ki smo ga kartirali, pripada Dinaridom. Po starejših avtorjih so Dinaridi sestavljeni iz več velikih narivnih plošč, ki si slede od jugozahoda proti severovzhodu. Narivni robovi potekajo v smeri severozahod—jugovzhod.

V novejšem času je Bešić (1948) razvil teorijo, da to niso narivne plošče, ampak luske in poleggle gube, katerih teme je nekoliko narinjeno na sosednjo enoto. Tektonske meje med luskami naj bi bile strme. Od Jadranskega morja proti notranjosti si slede štiri luske: Staročrnogorska, Kučka, Durmitorska in Pevaljska luska.

Naše ozemlje je tektonsko zelo komplicirano, ker se prav tod stikata Kučka in Durmitorska luska. Pripominjamo, da je na našem ozemlju rob Durmitorske luske ponekod več kilometrov daleč narinjen na sosednjo enoto. Dislokacija, ki deli obe enoti, poteka od izvira reke Slatine do Kolašina. Ob njej so v zahodnem delu narinjeni na kredni fliš triadni apnenci, v vzhodnem pa permokarbonski skrilavci.

V skrajnem zahodnem delu ozemlja poteka narivni rob Durmitorske luske skoraj v smeri vzhod—zahod. Nad izvirov reke Slatine se obrne v smer sever—jug in obdrži to smer do Peja. Zgornjekredni skladi, ki leže

pod triadnim apnencem, so povečini nagnjeni proti severovzhodu ali proti vzhodu, vendar so močno lokalno nagubani. Ozemlje, ki ga sestavlja zgornja kreda, je razkosano po številnih prelomih na več delov. Največji je prelom, ki poteka po dolini reke Morače v smeri sever–jug. Ob tem prelomu se je ozemlje na desnem bregu pogreznilo; tod ni sedimentov spodnjega dela fliša, ki so razširjeni le na levem bregu. Debeli apneni vložek, ki loči spodnji del fliša od zgornjega, se ne nadaljuje z levega brega reke na desni breg v isti višini. Na levem bregu sega apnenc do kote 700 m, na desnem pa do kote 400 m. Skok ob prelomu je približno 300 m.

Razen tega preloma je še nekaj večjih prelomov v dolini potoka Blace in Koštanice. Prelom, ki poteka po dolini potoka Blace, se cepi vzhodno od zaselka Seoce v več vej. Vse ozemlje vzhodno in jugovzhodno od preloma je bilo pogreznjeno. Zaradi tega se apnena stena na desnem bregu potoka Blace ne nadaljuje na levi breg. Ker je debelina apnenca okrog 200 m, je zaradi tega skok preloma najmanj tako velik.

Ozemlje med jugovzhodnim in skrajnim zahodnim odcepom tega preloma je bilo dvignjeno najmanj za 200 m, ker se pojavi tod apnena stena 200 m višje, kot je na desnem bregu potoka Blace.

Večji prelom poteka po grapi potoka Koštanice. Apneni vložki na levem bregu so bili zaradi dislokacije odsekani in se ne nadaljujejo na desni breg.

Med Pejem in prelazom Crkvine je narivni rob luske pomaknjen daleč proti jugu. Paleozojski in triadni sedimenti Peja, Dubovin in Crkvin predstavljajo pokrov, ki leži na zgornjekrednem flišu. V zgornjem toku Bistrice je bil pokrov erodiran, zaradi česar so bili razkriti zgornjekredni skladi.

V osrednjem delu ozemlja med prelazom Crkvine in dolino reke Tare poteka narivni rob Durmitorske luske v smeri vzhod–zahod, le v vzhodnem delu je rahlo ukrivljen proti severovzhodu. Zgornjekredni skladi, na katere so narinjeni paleozojski sedimenti, so nagnjeni povečini proti severu ali severovzhodu.

V vzhodnem delu naše karte je tektonika izredno zapletena. Narivni rob, ki poteka v zahodnem delu pretežno v smeri zahod–vzhod, se v dolini Tare zasuče v smer sever–jug. S smerjo narivnega roba se tod ujema tudi smer skladov. Z vzhodne strani so južno od Kolašina narinjeni na fliš v dolini Tare paleozojski skladi. Ostanek nekdanj enotnega paleozojskega pokrova predstavljata dve osamljeni krpi južno od izliva Pčinje v Taro. Zaradi velikega eruptivnega masiva Bjelasice, ki je imel v dobi intenzivnih gubanj vlogo stabilne mase, se je narivni rob Durmitorske luske v dolini Tare pretrgal in zasukal v smer sever–jug. Iz istega vzroka so bili paleozojski skladi, ki sestavljajo vzhodno Bjelasice in Ključa, porinjani več kilometrov daleč proti zahodu in jugu na flišne sedimente.

Vzhodno od Kolašina poteka rob luske zopet v normalni smeri severo–zahod–jugovzhod do doline reke Drske, ki se pri Mateševu izliva v Taro (izven naše geološke karte).

OPIS POSAMEZNIH OBJEKTOV

V geološkem uvodu smo se omejili na opis stratigrafskih in tektonskih razmer ozemlja, na katerem bodo zgrajeni objekti glavne stopnje Tara—Morača pri Kolašinu. V inženirsko geološkem delu prispevka pa bomo podrobneje obdelali profile, primerne za gradnjo dolinskih pregrad na Tari in Plašnici. Razen tega bomo v tem delu opisali geološke razmere v trasi dovodnega rova in na območju strojnice glavne stopnje Tara—Morača.

Pregrade

Profil »Han Garančič« (pregrada Opasnica) je 300 m niže od sotočja Veruše in Opasnice, kjer šele dobi reka Tara svoje ime. Ozemlje sestavlja kredni fliš. Zastopani so pretežno glinasti skrilavci s plastmi peščenjaka. Plasti so nagnjene proti severovzhodu, to je proti desnemu bregu. Levi breg je delno pokrit s preperino in je položno nagnjen, desni pa je znatno strmehjši, kar je posledica vpada plasti. Dno doline, ki je široko okrog 50 m, je pokrito z aluvialnim nanosom. Njegovo debelino cenimo na 10—15 m.

Profil »Bučev Potok« je 150 m niže od izliva Bučevega potoka. Dolina Tare je vrezana v krednem flišu, v katerem prevladujejo lapornati skrilavci in peščenjaki. Plasti fliša, ki so razgaljene in le delno pokrite s tanko plastjo preperine, so nagnjene proti severu, v smeri rečnega toka. V višini 50 m nad reko je vanje vložena 10 m debela plast jedrnatega in deloma brečastega apnenca. Drug vložek enakega apnenca, debel 80 m, nastopa na levem bregu Tare okrog 100 m nizvodno od profila. Dno doline, široko okoli 100 m, je zasuto s prodom, katerega debelina je cenjena na 15 do 20 m.

Profil »Pajkov Vir« nad vasjo Pajkov Vir. Tudi ta profil je v krednem flišu, v katerem nastopajo laporji in laporasti apneneci, v manjši meri pa tudi skrilave gline, glinasti skrilavci in peščenjaki. Zelo značilni so 1 do 10 m debeli konkordantni skladi apnenca v medsebojni razdalji 30 do 40 m, ki zaradi odpornosti proti denudaciji štrlijo kot plošče iz fliša. Te plasti vpadata proti severu, v smeri rečnega toka. V samem profilu so vložki apnenca najbolj poudarjeni. Na levem boku je vložena v običajni flišni seriji 25 m debela plast apnenca, ki pada proti severovzhodu in izgine v smeri toka v dnu doline. Temu vložku ustreza na desni strani dolinski bok, ki je skoraj ves iz močno propustnega apnenca. Dno doline, široko 70 m, je pokrito s prodom, debelim okoli 15 m. Pod prodom predvidevamo v dnu profila zopet lapornate skrilavce.

V profilih Han Garančič, Bučev Potok in Pajkov Vir je možno zgraditi zemeljske pregrade. Sondažna dela doslej niso bila izvedena; zato ni mogoče odločiti, ali je dopustna gradnja betonskih pregrad. Verjetno bo gradnja betonskih pregrad možna zaradi njihove majhne višine. Težave bo povzročal neugoden vpad plasti in njihova skrilavost, večje stroške pa izkop naplavine.

Vododržnost vseh profilov je dobra, računajoč z izvedbo tesnilnih membran skozi naplavino pri zemeljskih pregradah in z injekcijsko zaveso skozi apnenec v profilu Pajkov Vir. Akumulacijski bazeni v navedenih profilih so v flišu, ki je kot celota nepropusten, ker so apnenčevi vložki prostorsko omejeni in vloženi v nepropustne kamenine. Površinska preperina, ki delno pokriva boke doline, je sedaj stabilna, v primeru potopitve pa moramo računati s posameznimi plazovi.

Profil »Crna Poljana« – pregrada Crna Poljana leži okrog 2 km nizvodno od Mateševa, kjer prečni greben zoži dolino Tare na širino 110 m. Dolina je iz zgornjekrednih temnosivih, tankoplastovitih laporastih apnenec, ki vsebujejo manjše vložke temnih glinastih skrilavcev in sivih apnenec.

Sestav golice v profilu na robu ceste pri brvi preko Tare je naslednji:

- 20 cm lapornat skrilavec, debelina skrili 3 mm,
- 80 cm apnen lapor, neplastovit,
- 10 cm glinast skrilavec,
- 40 cm siv apnenec s školjkastim lomom,
- 50 cm ploščast laporast apnenec, debelina plošč 5 cm,
- 10 cm glinast skrilavec,
- 10 cm skrilav laporast apnenec,
- 15 cm siv apnenec s školjkastim lomom.

Vpadi plasti se spreminjajo, vendar je njihova generalna smer jasno izražena proti severovzhodu. Na desnem bregu Tare je vpad plasti strm, 45° do 70°, na levem pa položnejši, 30°–40°, in le izjemoma več.

Na desnem bregu Tare, na ovinku ceste Mateševo–Kolašin, so lokalno plasti antiklinalno vzbočene. Na več mestih opazujemo, da se skrilavost ne sklada s plastovitostjo. Na tem mestu vpada skrilavost proti severo-severovzhodu pod kotom okoli 40°, plasti pa vpadajo mnogo bolj strmo, 60°–90°, povečini proti severovzhodu.

Na levem bregu je nekaj površinske preperine, ki doseže ob strugi debelino 8 m, više na pobočju pa je tanjša. Dno doline je zasuto s prodom.

Da bi raziskali debelino naplavine, smo izvrtali 5 strojnih vrtin in izmerili 2 geoelektrična profila. Z vrtnjem smo dohnali, da je debelina naplavine med 9,7 in 24,5 m.

Pogoji vodopropustnosti so dobri. Meritve vodopropustnosti v kame-nini pod naplavino v koritu reke so pokazale v apnencih v vrtini M-1 in M-2 vodne izgube med 4 L in 10 L, v vrtinah M-3, M-4 in M-5, kjer prevladujejo lapornati apneneci in skrilavci, pa med 1 L in 2 L (1 L = = 1 Lugeon = izguba 1 l vode na 1 m vrtine v času 1 minute pri pritisku 10 atm.) Na grebenu Crna Poljana je bila izvrtana vrtina M-6. Vodo-propustnost je do globine 35 m med 6,0 L in 10,9 L, od globine 35 m do 100 m pa med 0,2 L in 3,7 L.

Naplavino v koritu reke je treba zatesniti s tesnilno membrano ali pa jo izkopati. V krednih sedimentih v grebenu Crna Poljana je potrebna injekcijska zavesa, pri kateri lahko računamo z zmerno porabo injekcijske snovi.

Fundacijski pogoji so ugodni za gradnjo zemeljske pregrade. Za gradnjo betonske pregrade, visoke 100 m, so fundacijski pogoji ugodni na desnem bregu in v koritu reke, kjer pa bi bilo treba izkopati naplavino. Levi breg je pokrit s preperino. Na tem bregu smo izkopali dva rova in več zasek, da bi ugotovili fundacijske pogoje za gradnjo betonske pregrade. Prvi rov, izkopan v smeri N 77° W, je v bližini starega mostu. Plasti sestavljajo lapornati apnenci z žilicami kalcita in glinasti lapornati skrilavci. Do globine 10 m je cona razpadlih glinastih lapornatih skrilavcev. V tem delu rova so samo posamezna mesta sveže kamenine. V odseku od 9 m do 13 m prevladuje sveža kamenina nad razpadlo. Druga polovica rova je iz lapornatih apnencev, ki imajo vložke lapornatih in glinastih lapornatih skrilavcev. Vpad plasti je neugoden: 30° do 40° s pobočja proti strugi. V rovu je mnogo tektonskih in krojitvenih razpok, ki so povečini zapolnjene z glino ali z glino pomešano z zdrobljeno kamenino. Razpoke vpadajo povečini proti pobočju.

Drugi rov je v bližini pokopališča in ima smer N 20° E. Površinski razpadli sloj je debel 3 m. V rovu so lapornati apnenci in glinasti lapornati skrilavci. Kamenina je kompaktna in čvrsta. Plasti vpadajo v smeri rečnega toka pod kotom 60°. Tektonske razpoke so večinoma vzporedne z vpadom plasti.

Ni še rešeno vprašanje, ali je možna gradnja betonske pregrade v profilu prvega rova. Zaradi neugodnega vpada plasti bi bilo levo pobočje med gradnjo nestabilno. Potreben bi bil velik izkop zaradi globokega preperelega površinskega sloja in zato, da bi se povečala varnost pregrade proti zdrsu.

V profilu drugega rova je verjetno možna gradnja betonske pregrade. Kamenina je v tem rovu sveža in kompaktna. Plasti padajo v smeri toka vode, kar je v splošnem neugodno; zaradi strmega vpada plasti, 50° do 60°, pa tak vpad plasti ni neugoden.

Akumulacijski bazen leži v zgornjekrednih lapornatih apnencih z vložki glinastih in lapornatih skrilavcev, v silificiranih apnencih, skrilavih glinah, glinastih skrilavcih in peščenjakih s polami apnencev. Apnenci so prostorsko ozko omejeni in vključeni v nepropustne kamenine, zaradi česar je akumulacijski bazen nepropusten. Bregovi bazena so delno pokriti s preperino, ki je sestavljena iz razpadlih laporastih apnencev, glinastih skrilavcev, peščenjakov in apnencev. Ta preperina, ki je običajno debela 1 do 5 m, ponekod do 15 m, ne kaže znakov aktivnih plazov. V akumulacijskem bazenu se bodo stabilnostni pogoji brežin zaradi zmanjšanja kohezije v mokri hribini in strujnega pritiska ob praznitvi bazena poslabšali; zato moramo pričakovati posamezne premike brežin.

Profil »Žuti Krš«. Dolina Tare, ki je pri Kolašinu široka 700 m, se 800 m nad mestom zoži. Med grebenom Žutega Krša na levem boku doline Tare in Barutano s Streličkim Kršom na desnem boku, kjer je aluvialna ravnica Tare široka 280 m, je predvidena gradnja 60 m visoke pregrade Žuti Krš.

Ne desnem boku, v okolici Barutane, prevladujejo glinasti skrilavci nad finozrnatimi peščenjaki; na pobočju proti zahodu, to je proti pregradi,

pa je manjša leča sivega apnenca. Na vznožju Streličkega Krša je večje telo spilita, v bližini pa apnenčeva breča s tufskim vezivom.

Hribina je pokrita s preperino in je zato možno meriti vpad plasti samo na nekaterih mestih. Severno od Barutane, na pobočju proti dolini Svinjače, vpadajo glinasti skrilavci položno (15° – 20°) proti severu. Tudi v rovu Strelički Krš padajo plasti večinoma položno proti severu.

Za ugotovitev sestava in debeline površinske preperine smo izkopali več zasek. Preperina je na pobočjih povprečno debela 1–2 m, na terasah pa do 3 m. Pod preperino je 0,50–1 m debela plast močno preperene osnovne kamenine. Preperino sestavljajo peščena glina z drobci skrilavcev in peščenjakov, razpadli skrilavci in peščenjaki s plastmi gline in redko razpadel spilit z glino. Preperina je, razen na nekaj mestih, dobro osušena in stabilna. V akumulacijskem bazenu pa bo pod vplivom vode na strmejših pobočjih plazovita. V potoku, ki omejuje Strelički Krš z juga, je v razpadlih glinastih skrilavcih manjši plaz, globok 3 m in s površino 30 m².

Laboratorijske preiskave so pokazale, da je možno uporabiti površinske preperinske gline za tesnilno jedro zemeljske pregrade. Največ preperinskih glin je na pobočju 150 m južno od Barutane.

Da bi ugotovili lastnosti osnovne kamenine, smo izkopali 40 m dolg rov in izvrtali 3 vrtine. V rovu nastopajo peščeni glinasti skrilavci z vložki gline, grafitni glinasti skrilavci, ki imajo mnogo glinastih vložkov in so posebno močno prepereli, ter leče sljudnatih kremenovih peščenjakov. V vsem rovu je kamenina nagubana in lokalno zmečkana. Ves rov je bil podgrajen; po kategorizaciji v Gradbenih normah spada v kategorijo težkih tunelov. Dotok vode v rov je bil majhen; hribino lahko smatramo kot celoto za malo propustno ali celo nepropustno.

Karakterističen geološki profil nam pokaže vrtina K-1, ki je bila situirana med Streličkim Kršom in Barutano na koti 980 m:

- 0,00– 0,80 m rjava peščena glina s kosi peščenjaka,
- 0,80– 2,60 m zelenkastorjava glina z drobci glinastih skrilavcev,
- 2,60– 8,40 m sivi glinasti skrilavci,
- 8,40–12,00 m rjavkastosivi peščeni sljudnati skrilavci – porušeni; v podrejeni količini porozen limonitiziran peščenjak,
- 12,00–15,30 m siva preperinska glina z drobci glinastih skrilavcev,
- 15,30–17,15 m sivi glinasti skrilavci, delno razmehčani,
- 17,15–20,00 m siv drobnozrnat glinast peščenjak,
- 20,00–23,35 m črni grafitni glinasti skrilavci,
- 23,35–25,00 m sivi glinasti skrilavci – porušeni,
- 25,00–32,10 m sivi peščeni sljudnati glinasti skrilavci,
- 32,10–34,25 m sivi peščeni glinasti skrilavci,
- 34,25–37,00 m črni grafitni glinasti skrilavci,
- 37,00–37,20 m siv peščenjak,
- 37,20–40,10 m črni glinasti skrilavci – razmehčani,

40,10—42,30 m siv sljudnat drobnozrnat kremenov peščenjak,
 42,30—43,40 m sivi glinasti skrilavci,
 43,40—48,90 m sivi peščeni glinasti skrilavci,
 48,90—50,00 m siv kremenov peščenjak.

Kakor je razvidno iz profila, je sestava plasti heterogena; prevladujejo glinasti skrilavci nad peščenjaki.

Meritve vodopropustnosti v gornjih delih vrtine niso uspele, ker obturator v tektonsko zdrobljeni kamenini ni tesnil. Od 29,80 m globlje pa so se izgube vode v vrtini postopno zmanjševale, kakor je razvidno iz 1. tabele.

1. tabela

Globina m	Vodopropustnost	
	pri pritisku 5 atm	pri pritisku 10 atm
29,80—35,00	3,20 l/m/min	4,15 l/m/min
34,50—40,00	1,00 l/m/min	1,72 l/m/min
40,00—45,00	0,00 l/m/min	0,05 l/m/min
41,10—50,00	0,00 l/m/min	0,01 l/m/min

Od 40 m globlje je kamenina v vrtini praktično nepropustna. Gladina vode v vrtini je po končanem vrtnanju nihala med 12 in 15 m pod površino.

Aluvialna ravnina v dolini Tare je široka v profilu Žuti Krš 280 m. Za ugotovitev globine naplavin smo izvedli 12 sondažnih vrtin, globokih 10 do 35 m. Poleg tega je bilo izvršeno geoelektrično sondiranje. Globina naplavine, ki jo sestavlja prod s peskom in posameznimi samicami, je 22 m do 25 m.

V vrtini K₂, 50 m od vznožja Streličkega Krša, je do globine 23,50 m prod, pod njim do 24,1 m preperel peščenjak in do 29,3 m glinasti skrilavci, delno prepereli v glino. Do dna vrtine v globini 35,00 m nastopa trd kremenov peščenjak z redkimi vložki glinastih skrilavcev, debelimi do 25 cm. Izgube vode v odseku med 29 in 35 m so bile 0,82 l/m/min in 2,66 l/m/min pri pritisku 5, oziroma 10 atmosfer.

V vrtini K₃, na desnem bregu Tare, 130 m od vznožja Žutega Krša, nastopa do globine 22,30 m prod, ki je na dnu pomešan z glino. Sledijo glinasti skrilavci, ki se menjavajo s temnimi apnenci, pod njimi pa so delno razmehčani glinasti skrilavci.

Vodopropustnost smo merili pri pritisku 5 in 10 atm. Pri pritisku 10 atm se je vodopropustnost močno povečala, po končanem preizkusu pa se je voda iz vrtine izlivala. Iz tega sklepamo, da je pri pritisku 10 atm voda privzdignila zgornje plasti.

V 2. tabeli je prikazana vodopropustnost pri pritisku 5 in 10 atm, količina porabljene vode med preizkusom in količina vode, ki se je vrnila iz vrtine, izražena v litrih in procentih.

2. tabela

Globina m	Vodopropustnost l/m/min pri pritisku		Količina vode včrpane v vrtino (l)			Izliv iz vrtine	
	5 atm	10 atm	5 atm	10 atm	skup.	litrov	%
24,63—27,40	0,18	14,94	26	877	903	643	71,0
24,70—30,00	4,23	9,90	436	976	1412	418	29,5
29,00—35,00	3,18	8,39	381	975	1356	358	26,5

Kratka analiza pritiskov tal v območju vrtine, katere poenostavljeni geološki profil je podan spodaj, nam pojasni vzroke in značaj sprememb v tleh ob meritvah vodopropustnosti.

Poenostavljeni profil vrtine K_3 :

0,00— 3,00 m prod nad gladino vode (prostorninska teža γ_1),

3,00—22,00 m prod v vodi (γ_2),

22,00—35,00 m glinasti skrilavci (γ_3).

Računamo z naslednjimi ocenjenimi prostorninskimi težami:

$$\gamma_1 = 1,8 \text{ t/m}^3,$$

$$\gamma_2 = 1,1 \text{ t/m}^3,$$

$$\gamma_3 = 2,8 \text{ t/m}^3.$$

Obtežba na 1 m^2 v globini 25 m.

$$P = 3,0 \times 1,8 + 19,0 \times 1,1 + 3,0 \times 2,8 = 34,7 \text{ t/m}^2$$

ali $3,47 \text{ kg/cm}^2$.

Ta pritisk imenujemo geološki pritisk.

Pri preiskavah vodopropustnosti je bil v globini 25 m pritisk vode 7,5 in 13,5 atm z upoštevanjem hidrostatičnega pritiska vodnega stebra. Pri 7,5 atm vodni pritisk še ni privzdignil hribine kljub temu, da je bil večji od geološkega pritiska v tej globini, kar tolmačimo s tem, da se vodni pritisk še ni razširil na dovolj veliko ploskev, da bi obvladal poleg geološkega pritiska še robne vplive.

Pri pritisku 12,5 atm si je voda utrla pot po horizontalni leziki in privzdignila vrhnje plasti. Po končanem preizkusu vodopropustnosti so napetosti v vodi, ki so bile enake geološkemu pritisku hribine v tej globini ($3,5 \text{ kg/cm}^2$), premagale hidrostatični pritisk ($2,5 \text{ kg/cm}^2$), zaradi česar se je voda iz globine vrnila na površino.

Na levem boku se bo pregrada naslanjala na rebro med Očibo in Brinjskim potokom, ki se imenuje Žuti Krš. Petrografski sestav tega rebra je zelo različen. Pri mostu preko Tare je leča spilita, v katerem je več sistemov krojitvenih in tektonskih razpok. Proti eroziji pa je spilit toliko odpornejši od glinastih skrilavcev, da se je zaradi njega na tem mestu dolina zožila. Za spilitom je rebro sestavljeno pretežno iz glinastih skrilavcev, filitov, drobnozrnatih peščenjakov in sivih apnencev. Vse te ka-

menine so mlajše paleozojske starosti. Plasti vpadajo proti jugozahodu in severozahodu.

Tudi na tem bregu je bilo izkopanih več zasek za raziskavo površinske preperine. Debelina preperine, ki je po svojem sestavu peščena glina z drobci skrilavcev, je 0,5 m do 1,5 m in le redko do 2,5 m. Preperina je osušena in stabilna. V akumulacijskem bazenu bo pod vplivom vode nagnjena k plazanju. Na severovzhodnem robu rebra je ob cesti manjši usad površine 20 m². Jasnih sledov fosilnih plazov ni. Morda je le položno rebro v smeri proti Brinjskemu potoku ostanek fosilnega plazua.

Na Žutem Kršu smo izvrtali 4 strojne vrtine in izkopali 40 m dolg rov. V vrtini K₄, ki ima ustje na koti 970 m, prevladujejo temnosivi glinasti skrilavci nad plastmi, v katerih se menjavajo glinasti skrilavci s temnosivimi apnenci.

Rezultati preizkusa vodopropustnosti so podani v 3. tabeli:

3. tabela

Globina m	Vodopropustnost l/m/min	
	5 atm	10 atm
8,5—15,0	3,69	7,19
15,0—20,0	0,20	8,95
20,0—25,0	0,80	8,20
25,0—30,0	0,00	0,12

Veliko povečanje vodopropustnosti pri zvišanju pritiska od 5 na 10 atm v globinah med 15 in 25 m kaže, da so se plasti pri pritisku 10 atm dvignile. Iz globine 20 do 25 m se je po preizkusu vrnilo na površino 50 % vode.

V vrtini K₅ na koti 995 m se menjavajo glinasti skrilavci, peščeni glinasti skrilavci in kremenov peščenjak. Vodopropustnost je okoli 5 l/m/min. Po končanih preizkusih se je voda vračala iz vrtine.

V vrtini K₆ prevladujejo glinasti skrilavci nad peščenjaki. Vodopropustnost je med 1,62 in 8,65 l/m/min pri 7,5 atm.

V rovu je več glinastih skrilavcev kakor peščenih glinastih skrilavcev in kremenovih peščenjakov. Kremenovi peščenjaki in spilit nastopajo v obliki plasti in v obliki leč. Kamenina je tudi v tem rovu tektonsko močno nagubana in zdrobljena. Rov je bil podgrajen po vsej dolžini.

Rova na obeh bregovih ustrezata po jugoslovanskih gradbenih normah srednje težkemu do težkemu tunelu.

Modul deformabilnosti hribine, ki je bil merjen v obeh rovih s tlačnimi blazinami, je okoli 5000 kg/cm².

V profilu Žuti Krš je možno zgraditi zemeljsko pregrado višine 65 m kakor predvideva projekt. Izgradnja težnostne betonske pregrade ni možna zaradi slabih fundacijskih pogojev na bokih.

V profilu je treba zatesniti predvsem aluvialno naplavino, ki je debela 20 do 25 m. To je možno doseči na več načinov, in sicer s tesnilno membrano, z injekcijsko zaveso, s tesnilno preprogo ali z izkopom

naplavine tako globoko, da bi bilo tesnilno jedro pregrade temeljeno neposredno na paleozojskih kameninah. Za tesnitev paleozojskih kamenin na bokih je potrebna plitva injekcijska zavesa.

Akumulacijski bazen Žuti Krš leži v paleozojskih glinastih skrilavcih in kremenovih peščenjakih, triadnih ploščastih apnencih z roženci in v zgornjekrednih glinastih in lapornatih skrilavcih ter v ploščastih silificiranih in lapornatih apnencih. Akumulacijski bazen je popolnoma vododržan.

Bregovi bazena so pokriti z 1–10 m debelo plastjo preperine. Po potopitvi moramo računati z delno nestabilnostjo preperine.

Prodnata naplavina v dolini Tare zadovoljuje vse potrebe po gradbenem materialu za gradnjo nasipa. Z materialom za vododržno jedro zemeljske pregrade je teže. Nahajališča jezerske gline so v dolini Plašnice, preperinskega glinastega materiala pa v dolini Tare in Pčinje.

Profil »Plašnica«. Plašnica je močan pritok Tare, ki se izliva vanjo 3,5 km navzdol od profila Žuti Krš. Zaradi energetske izrabe reke Plašnice je na njej predvidena 10 m visoka pregrada za izravnalni bazen, iz katerega bi bilo možno prečrpavanje Plašnice v bazen pregrade Žuti Krš. V profilu pregrade, ki je izbran 50 m navzdol od starega cestnega mostu čez Plašnico, sta oba boka doline zgrajena iz morenskega materiala. Na desnem bregu struge Plašnice, ki je 15 m globoko zarezana v čelno moreno, izstopajo na več mestih paleozojski kremenovi peščenjaki z vložki glinastih skrilavcev. V dnu struge je nekaj rečnega nanosa, na levem bregu pa je morena, delno prekrita s fluvio-glacialnim prodrom. Z vrtnanji so tudi na levem bregu pod moreno ugotovili paleozojske sedimente v globini 15 m.

Fundacija nizke pregrade tu ne bi delala težav, posebno če upoštevamo še geološko predobremenitev terena po morenah. Vododržnost je možno doseči z zgraditvijo betonske diafragme ali injekcijske zaveso do paleozojskih sedimentov, katere je delno tudi treba zatesniti z injiciranjem, ker je bila v njih ugotovljena na levem bregu dokaj velika vodopropustnost.

Na levem bregu smo v moreni izvedli poizkusno injekcijsko polje. Injiciranje z bentonitno-glineno-cementno suspenzijo je dobro uspelo. Podrobnejši podatki o tem injiciranju so objavljeni v posebnem članku (Breznik, 1958).

Akumulacijski bazen Plašnica bi bil v glacialnih in fluvio-glacialnih sedimentih, ki se medsebojno menjavajo in so dokaj propustni. Popolna nepropustnost bazena je težko dosegljiva. Ekonomski razlogi bodo podali razmerje med vodnimi izgubami, ki bodo dopuščene in med obsegom še rentabilnih tesnilnih del.

Profil »Klisura Bakovići«. Pod izlivom Plašnice vstopa Tara v ozko dolino, v kateri je profil klisura Bakovići.

Morfološke in geološke razmere dopuščajo gradnjo 120 m visoke pregrade v sredini soteske. Pri tej pregradi bi imel akumulacijski bazen prostornino 1,5 milijarde m³, toda potopljen bi bil velik del doline Plašnice in celotno mesto Kolašin.



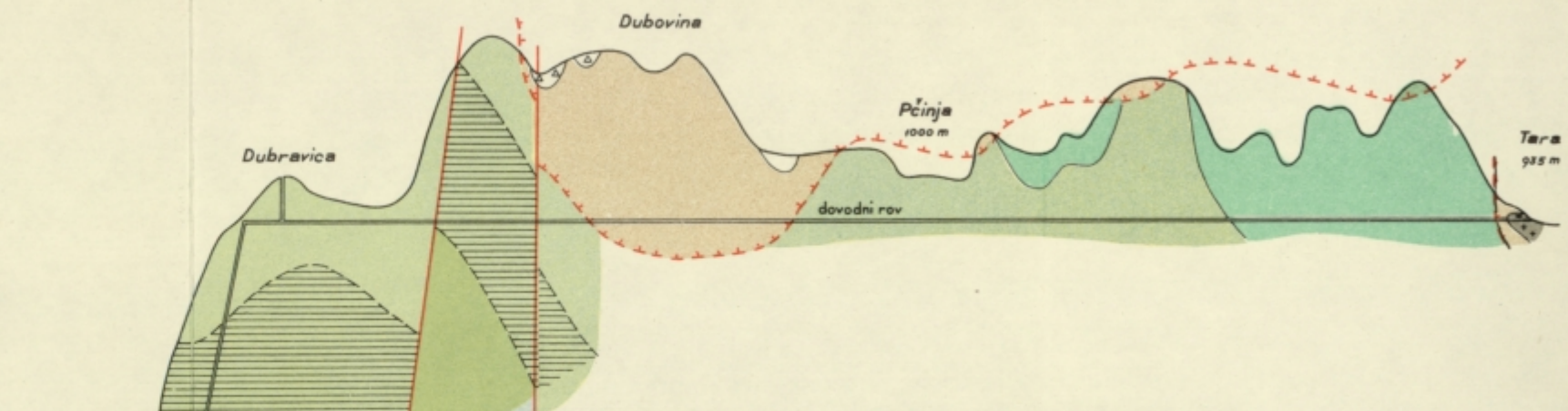
Geološka karta ozemlja med Kolašinom in Manastrom Moračkim
Geologic map of the area between Kolašin and Manastir Morački

Merilo — Scale 1:50 000

- | | | | |
|--|---|--|--|
| | Dolinski holocen
Valley alluvium | | Permokarbonski klastični sedimenti
Permocarboniferous clastic rocks |
| | Grušč
Scree | | Permokarbonski temen apnec
Permocarboniferous dark limestone |
| | Pleistocenske terase
Pleistocene terrace | | Kremenov keratofir in tuf
Quartz-keratophyre and tuff |
| | Zgornjekredni ploščast lapornat apnec
Upper Cretaceous platy marly limestone | | Spilit
Spillite |
| | Zgornjekredni skrilavec in peščenjak
Upper Cretaceous shale and sandstone | | Vpadi plasti (nagnjene, horizontalne)
Dips of strata (inclined, horizontal) |
| | Zgornjekredni brečast apnec
Upper Cretaceous brecciated limestone | | Prelom
Fault |
| | Zgornjekredni ploščast apnec in skrilavec
Upper Cretaceous platy limestone and shale | | Domneven prelom
Supposed fault |
| | Triadni apnec
Triassic limestone | | Nariv
Overthrust |
| | Triadni ploščast apnec z roženci
Triassic platy limestone with chert | | Dovodni rov
Main tunnel |

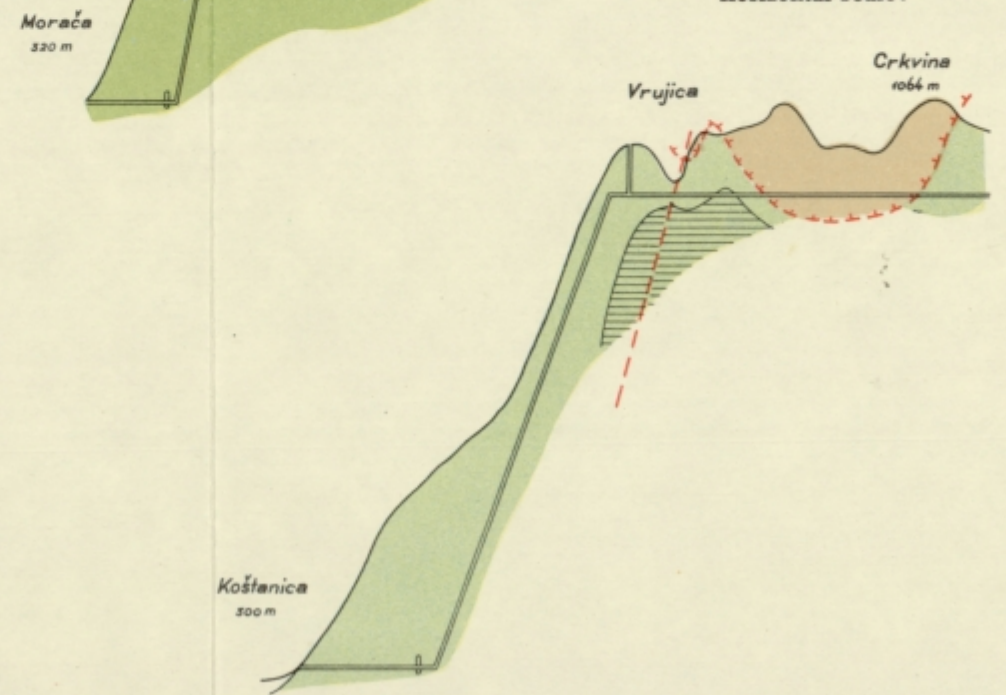
Geološki presek vzdolž dovodnega rova (prva varianta)
Section along the main tunnel (first alternative)

Merilo razdalj: 1:50 000 Merilo višin: 1:10 000
 Horizontal scale: 1:50 000 Vertical scale: 1:10 000



Delni geološki presek vzdolž dovodnega rova (druga varianta)
Partial section along the main tunnel (second alternative)

Merilo razdalj: 1:50 000 Merilo višin: 1:10 000
 Horizontal scale: 1:50 000 Vertical scale: 1:10 000



V času naših geoloških raziskovanj projektna naloga ni dovoljevala potopitve doline Plašnice zaradi začete gradnje jadranske železnice in potopitve mesta Kolašin kot gospodarskega, kulturnega in upravnega središča okraja. Zato tudi nismo podrobneje raziskovali soteske Bakovići. Profil v razpokanih in skraselih apnencih v začetku soteske, ki je morfološko ugoden in bi dopuščal gradnjo ca. 70 m visoke pregrade brez potopitve Kolašina, je geološko neugoden zaradi dragih tesnilnih del.

Dovodni rov Tara—Morača

Dovodni rov glavne stopnje energetskega sistema Tara—Morača, dolg preko 9 km, bo sekal razvodje med Jadranskim in Črnim morjem ter mejo dveh velikih tektonskih enot. Zaradi njegovega pomena smo ga posebej obdelali; pobočnih dovodnih rovoov za druge stopnje pa ne bomo podrobneje opisovali.

Vtok v dovodni rov je predviden na vzhodnem pobočju Loma na koti 940 m v bližini mostu preko Očibe. Dalje bo potekal rov pod Lomom, na levi strani dna doline Pčinje do Žiraškega potoka, kjer bo delovni jašek. Od tu se bo rov nadaljeval do delovnega okna pod koto 1978 na Dubravici ter pod rebrom Dubravice do vodnega zbiralnika, od katerega se bo spuščal podzemski tlačni jašek do strojnice pri Vinici v dolini Morača.

Po drugi varianti bi potekal dovodni rov od delovnega jaška pri Žiraškem potoku do Vrujice, kjer bi bil vodni zbiralnik; od tod bi se spuščal tlačni cevovod po površini do strojnice v dolini Koštanice. Druge variante nismo posebej obdelali, ker so geološke razmere podobne kot pri prvi varianti, razen tega pa je bila v projektu sprejeta prva varianta. Rov je razdeljen na odseke glede na stratigrafsko pripadnost, petrografske sestavo in tektonsko porušenost plasti. Težavnost tehnične izvedbe, ki je odvisna od inženirsko geoloških lastnosti kamenin, je podana za posamezne odseke v kategorijah po jugoslovanskih gradbenih normah (GN 206).

I. Varianta trase rova

Odsek 0,00—0,3 km

Vtočni objekt in prvi del rova sta v spilitu, v katerem so tektonske razpoke, ki so zapolnjene z glino. V drugem delu tega odseka bo rov v paleozojskih skrilavcih, na koncu tega odseka pa je tektonski kontakt s krednimi ploščastimi apnenci. Po gradbenih normah je rov v spilitu lahek, v paleozojskih skrilavcih težek do srednje težek, v tektonski liniji pa težek do zelo težek.

Odsek 0,3—2,3 km

Po petrografskem sestavu so zgornjekredni sedimenti v tem odseku ploščasti silificirani apnenci, glinasti in lapornati skrilavci in redko apneni kremenovi peščenjaki. V dolini Pčinje je bil v km ca. 1,1 izkopen rov Pčinja I v kompaktnih ploščastih apnencih, peščenih apnencih in glinastih skrilavcih. Gradnja rova v tem odseku bo lahka do srednje težka.

Odsek 2,3–5,4 km

Zgornjekredni flišni sedimenti v tem odseku so kremenovi apneni peščenjaki, peščeni skrilavci s sljudo in glinasti ter glinasti lapornati skrilavci. V km 3,6 je bil izkopen rov Pčinja II v plastovitih kremenovih apnenih peščenjakih s sljudo in redkeje v peščenih skrilavcih. Med plastmi peščenjakov so tanke plasti glinastih skrilavcev. V km 4,7 je bil v enakih sedimentih izkopen sondažni jašek. Gradnja rova v tem odseku bo lahka in srednje težka, samo ob tektonskih linijah bo lahko v krajših odsekih težka.

Odsek 5,4–7,0 km

V tem delu je gradnja rova najbolj problematična. Na površini trase rova so paleozojski sedimenti, kremenovi peščenjaki s sljudo in glinasti skrilavci ter redko kremenovi konglomerati in plastoviti apnenici. Ker so te paleozojske kamenine narinjene preko zgornjekrednega fliša in debelina paleozojskega pokrova še ni ugotovljena, bo potekal rov v paleozojskih ali zgornjekrednih sedimentih ali, kar bi bilo najslabše, v kontaktni zoni med njima.

V km 5,52 trase rova je bil izkopen rov Bistrica v paleozojskih plastovitih apnencih, med katerimi nastopajo tanki sloji glinastih grafitnih skrilavcev. Rov Bistrica je lahke kategorije. V km 7,32 pa je bil izkopen rov Pej; njegovo ustje je bilo v zgornjekrednem flišu globlje pa je šel skozi narivno cono med flišem in paleozoikom. V flišnih apnenih kremenovih peščenjakih s sljudo in močno nagubanih glinastih lapornatih skrilavcih je rov po GN težak do srednje težak. V kontaktni coni so bili flišni sedimenti v dolžini 10–15 m popolnoma zmečkani in spreminjeni v lahko gnetljivo glinasto maso. Zemeljski pritiski so lomili leseno oporje. Ta odsek rova lahko označimo po GN za zelo težak. Na koncu rova smo prišli v črne paleozojske glinaste skrilavce, ki ležijo na flišnih sedimentih. Značilno je, da so paleozojski sedimenti ob kontaktni ploskvi manj poškodovani kakor flišni. Kontaktna ploskev pada na koncu rova pod kotom 20° proti jugovzhodu.

Gradnja dovodnega rova bo srednje težka in težka v flišnih ali paleozojskih sedimentih ter zelo težka v narivni coni. S sondažnimi vrtinami je treba ugotoviti globino in položaj narivne cone. Če bi se pokazalo, da poteka sedanja trasa rova v dolgih odsekih po narivni coni, bi bila potrebna sprememba trase ali nadmorske višine dovodnega rova.

Odsek 7,0–9,2 km

Teren je zgrajen iz zgornjekrednih glinastih skrilavcev, glinastih lapornatih skrilavcev in apnenih kremenovih peščenih skrilavcev s sljudo. Redki so apneni kremenovi peščenjaki in brečasti apnenici.

V teh sedimentih je bil izkopen rov Dubravica v km 8,72 trase dovodnega rova. Po gradbenih normah je bila gradnja rova lahka in delno srednje težka.

Gradnja dovodnega rova in vodnega zbiralnika, ki je predviden na koncu odseka, bo lahka do srednje težka.

Tlačni jašek in strojnica

Gornji del tlačnega jaška, od vodnega zbiralnika na koti 900 m do kote 730 m, bi bil v zgornjekrednih flišnih glinastih in glinastih lapornatih skrilavcih z redkimi vložki peščenjakov in peščenih skrilavcev. Lastnosti kamenine ustrezajo lahkemu do srednje težkemu rovu.

Od kote 730 m do 500 m bi ležal tlačni jašek v zgornjekrednem brečastem apnencu. Lastnosti kamenine ustrezajo lahkemu rovu.

Spodnji del tlačnega jaška od kote 500 m do podzemne strojnice pri Vinici bi bil v zgornjekrednih ploščastih silificiranih apnencih, glinastih in lapornatih skrilavcih in ploščastih lapornatih apnencih. Te plasti se menjavajo, so pa po podatkih sondažnih vrtin in rova v Vinici trdne in kompaktne. Lastnosti kamenine ustrezajo lahkemu do srednje težkemu rovu, kamenina bo tudi lahko prevzela del pritiskov vode.

Težavnost gradnje strojnice bo odvisna od mikrotektonskih razmer. Pričakujemo, da bo gradnja srednje težka.

GEOLOGIC CONDITIONS FOR THE ERECTING OF HYDROELECTRIC POWER PLANTS ON THE TARA AND MORAČA RIVERS

Geologic mapping of the area between the Tara river valley from its source to the Kolašin town and the Upper Morača river was made in 1954–1956 for the first design of the hydroelectric power plant Tara–Morača. The area is situated in the central part of Crna Gora, about 70 km. N of Titograd town.

We succeeded in solving some stratigraphic and tectonic problems unsolved until then. We proved that the sandstones and shales in the Morača river valley between the Slatina source and the Morača monastery as well as those in the Pčinja river valley are Cretaceous. They do not belong to the Paleozoic as it has been supposed before.

We have classified the gray platy marly limestones in the Tara river valley as well as those between the lower Pčinja river and the Ženjski Potok brook almost completely in the Upper Cretaceous.

We stated that the Upper Tara river valley has impervious accumulation basins and is therefore geologically suitable for the erecting of water dams and hydroelectric power plants.

Stratigraphy

The oldest strata in this area belong to the Upper Paleozoic. They extend mainly over the Tara river valley around the Kolašin town and over the southern slope of the Mount Vučije. These beds mainly consist of black clayey shales, black sandy clayey shales, and dark quartz mica sandstones. In the upper part of these strata conglomerate is the prevailing rock. All these sediments greatly resemble the Javornik beds in Slovenia. In the dark limestone intercalated in the black shales numerous remains of crinoids, corals, and fusulinids are found.

Above the clastic sediments the light gray Lower Permian limestone with numerous *Pseudoschwagerinae* in some places is preserved.

A peculiarity in the Upper Paleozoic strata are intercalations and thicker beds of spillite.

The Lower Triassic strata are exposed only on the northern and southern slope of Mount Pej and on the southern slope of Mount Vučije. The dark platy limestone with numerous snails belonging to the species *Naticella costata* Münster is found in them. They indicate that the limestone belongs to the Upper Werfenian.

The Middle Triassic shows two facies. In the first one the massive limestone is prevailing while in the second one the platy limestone with hornstone is the dominant rock. The massive limestone outcrops on Mount Pej and on the Gradište and Vučije mountain crests. Their Middle Triassic age has been proved by Bešić (1953) and Čubrilović.

The limestone with hornstone extends mainly E of the Tara river, but at Kolašin town it is also found on the left (i. e. western) bank of the river. The sediments are similar to the diabase-hornstone series in Serbia. They lie mainly conformably to the underlain quartz porphyrite which is largely extended on Mount Bjelasica, E of the Tara river valley, and to a minor part in the Tara river valley at Kolašin town as well as in the Morača river valley at the junction of the Morača and Slatina rivers.

In the hornstone limestone on Mount Bjelasica numerous fossils of brachiopods *Spirigera trigonella* Schloth., *Terebratula bukowskii* Bittner and *Aulacothyris turgidula* Bittner, characteristic for the Middle Anisic stage (recoaro limestone), are represented.

The prevailing part of the Upper Cretaceous strata of this area belongs to flysch. We have divided it into two parts, a lower and an upper one, which are separated by a more than 100 m. thick layer of gray brecciated limestone. This division is not valid for the whole area of the Cretaceous flysch, but only for the mapped area.

The lower part of the flysch consists of clayey marly shales intercalated by grey silicified grainy limestone and dark marly limestone. In some places intercalations of hornstone are found. In the brecciated limestone, intercalated in the shales S from the junction of Slatina and Morača rivers, fragments of radiolites and nerineas have been found.

The lower flysch beds are exposed mainly on the left Morača river bank and partly in the Blaca brook valley. At the Slatina junction they lie immediately on Triassic quartz keratophyre.

The sediments of the lower flysch are overlain by grey brecciated limestone which in some places grades into limestone conglomerate. It extends in the form of a steep wall from the Slatina river below Mounts Dubravica and Imela up to the Seoce hamlet above the Blaca brook.

The brecciated limestone is overlain by the upper flysch which is composed of dark clayey shales, calcareous quartz-mica sandstone, and sandy shales. There are also some beds of silicified grainy limestone and brecciated limestone. These sediments cover the greater part of the area

between the Tara river at Kolašin town and the Upper Morača river. Similar beds are found in the Upper Tara river region between its source and the Zurem brook junction. In the brecciated limestone intercalated in the shales S of Vrujice village we have found fragments of snails, hydrozoa, and corals. N of Crkvine pass we have found well preserved fragments of rudists and corals. The brecciated limestone on the left bank of the river Tara up-stream from the Mateševo dam section there is a large finding place of fairly well preserved fragments of rudists. Pleničar has determined a specimen of *Sauvagesia cf. sharpei* (Bayle) Douvillé. This fossil is typical for the grade between the Cenomanian and the Turonian stages. As the rudists had subsequently been redeposited, the strata in which they are embodied must be somewhat younger.

Besides macrofossils the brecciated limestone also contains numerous foraminifera, e. g. orbitoids and orbitolinae (the limestone on the Vrujica crest), and textularias and miliolids (the dark marly limestone near Blaca hamlet).

The sediments composed of grayish green platy silicified limestone, dark clayey and marly shales and, to a minor extent, of green calcareous quartz sandstone, belong to the Upper Cretaceous, but in the map they have been shown separately in greenish blue colour. They are to be found mainly in the Tara river valley in the vicinity of Mateševo and are completely unfossiliferous. On the base of their stratigraphic position (they lie conformably on the Cretaceous flysch) we have classified them in the Upper Cretaceous.

As an exception to the sediments dealt with above the grayish green platy silicified limestone and marly shales in the Tara river valley and in the area between the lower Pčinja, Očiba and Ženjaski Potok streams lie immediately on the Triassic strata. They could be of Triassic age, yet we must point out that the Upper Cretaceous flysch sediments in the Morača river valley lie immediately on the Triassic quartz keratophyre.

Conglomerate terraces on either side of Morača river belong to Pleistocene. The gravel filling the Tara, Pčinja, and Očiba river valleys has been deposited in Holocene.

Tectonics

According to its tectonic structure the mapped area belongs to Dinarids. Two tectonic units are joining there, the Kučka and the Durmitor schuppen, the last one being in the massif of the Mount Pej for many kilometers thrust over the first one. The dislocation line between them runs in the northern part of the area from the Slatina river source up to Kolašin town. Along this line in the western part of the area the Triassic limestone and in its eastern part the Upper Paleozoic shales are thrust over the Cretaceous flysch.

In the Tara river valley the overthrust front is interrupted by the great eruptive rock massif of Mount Bjelasica which in the times of intensive tectonic movements represented a firm and stable mass.

Eastward of Kolašin town the schuppen edge again shows its normal Dinaric trend.

The main longitudinal Dinaric dislocation is for several times crossed by transverse Dinaric faults, which are particularly expressive in the flysch area.

Geologic conditions for engineering

In the part of the Tara river valley which is covered by flysch, there are three suitable dam sections: the Han Garančić, the Bučev Potok and the Pajkov Vir sections. In all three the bottom of the valley is about 50 m. wide and covered by gravel, the thickness of which is estimated to approx. 15 m. In the Han Garančić section clayey shales are prevalent against sandstone. The Bučev Potok section is situated in marly shales and sandstone with intercalations of grainy, partly brecciated, limestone. The Pajkov Vir area is formed of marl, marly limestone, and to a lower extent by shaly clay, clayey shale, and sandstone. Characteristic for this area are the 1 to 10 m. thick intercalations of limestone lying 30 to 40 m. apart from each other. In the section itself the prevailing rock is limestone which forms almost the whole right bank of the river. All three sections are suited for erecting of earth dams. As no soundings have been taken, it is hardly possible to decide whether concrete dams are advisable or not. Owing to the heterogeneity of rocks and the unfavourable dip of the beds we consider the conditions rather unsuitable. The imperviousity of all three sections would be high if grouting curtains were made in the gravel and injection curtains in the limestone of the Pajkov Vir section. The accumulation basins are tight as the limestone, the only pervious part of the rocks, is intercalated in impervious rocks.

The Crna Poljana section is situated in Upper Cretaceous stratified marly limestone with intercalations of clayey marly shales and silicified sandy limestone. In our map we have presented the detailed composition of the beds. They are dipping 30° to 60° NE. The bottom of the valley, in the section itself narrowed to 100 m., is filled up with gravel. By means of boring and geoelectric investigations the thickness of the gravel has been found to amount up to 25 m. According to the investigations made a gravity dam of 100 meters height could be erected. The right river bank and the river bed itself are fit for a concrete dam, while on the left river bank additional exploration is necessary on account of the unfavourable dip of the beds. The imperviousity is sufficient but it would be necessary to build a grouting curtain in the gravel and an injection curtain in the limestone. The accumulation basin is located in Upper Cretaceous flysch beds. It is tight, because the limestone intercalations lie within impervious rocks. The slopes of the basin are covered with weathered rock, which is from 1 to 5 m. (on places even up to 15 m.) thick. The now stable rock will, once the basin has been flooded, only partly slide down.

By the damming of the Tara river in the Žuti Krš section the largest accumulation of the system will be created. From there the water will

be conducted into the Morača river basin. The section is situated in Upper Paleozoic beds covered with gravel. On its right flank clayey shale prevails against finegrained quartz-sandstone. The bottom of the valley, 280 m. broad, is filled up with gravel. On the left flank there are clayey shale, quartz sandstone, and limestone beside tuffic microbreccias. 19 exploration bore holes have been drilled in the section. In this article the section of the bore hole on the right river bank is given. The composition of the beds is highly heterogenous. The clayey shales are prevailing against the sandstone. There is almost the same rock composition on the left river bank with the only modification that next to clayey shale and sandstone there are also some limestone beds.

To determine the thickness of gravel in the alluvial plain, geoelectric investigations have been made and 12 bore holes drilled. Its maximal thickness reaches 25 m.

The water permeability measured in the Paleozoic rocks increased highly at increasing the pressure from 5 to 10 atm. When the test has been ended the water returned from the hole. This indicates that the increased water pressure has lifted the upper beds. A short analysis of the ground pressure conditions at the time of testing is given.

There are favourable conditions in the section for the erection of a gravity dam up to 65 m high. The permeable sediments in the Tara plain are to be tightened by a diaphragm, put down to the Paleozoic sediments.

On both river banks an exploration drift has been made to find out whether a gravity dam could be erected in this section or not. The clayey shales are crushed and softened. Owing to the frequent occurrences of clay patches the erection of a gravity dam is not possible. The experiments with the pressure cushions (J. Černi Institute) have shown the elasticity module $E = 5000 \text{ kg/sqcm}$.

The accumulation basin consists of the impervious Paleozoic, Middle Triassic, and Upper Cretaceous sediments.

We did not explore the Bakovići gorge because the erecting of a water dam in this place would entail the flooding of the Kolašin town (which has been out of calculation in the submitted scheme).

The Plašnica River valley is filled up with diluvial and alluvial sediments. Its dam section is situated in front moraine and partly — at the bottom — in Paleozoic shales and sandstone. The front moraine being permeable, extensive grouting works on both flanks will be necessary.

The experimental grouting field has shown that the moraine can be tightened by an injection mass of concrete, clay, and bentonite.

The main tunnel from the Tara to the Morača river basins will be over 9 km. long. The article gives the details of some of the characteristic sections of the conduit. For a distance of some 7 km. it will run through Upper Cretaceous and the rest through Paleozoic sediments. The driving of the tunnel is supposed to be middle hard to hard. The

hardest conditions are to be expected in the dislocation zone between the Paleozoic and Cretaceous sediments.

The inclined pressure shaft for the power station in Vinica cuts both zones of flysch. In the upper part of the inclined pressure shaft the conditions are nearly the same as in the main tunnel. In its middle part the tunnel passes through limestone, where some greater inflow of water can be expected with a higher water-pressure susceptibility of the rock. The lower part of the inclined pressure shaft and the engine chamber will lie in the lower part of flysch. The stress is laid upon the proper micro-location of the engine chamber as there are some local tectonic dislocations of the platy flysch limestone there. The erecting of the engine chamber would be medially difficult.

For the Koštanica engine chamber variant the pressure conduit of steel and the engine chamber would lie in upper flysch. The erecting of the underground engine chamber would be difficult.

LITERATURA

- Baldacci, L., 1889, Mineralni slojevi Crne gore, Prosvjeta, sv. IV—IX, Cetinje.
- Bešić, Z., 1934, Prilog ka poznavanju geologije Crne gore, Geol. anali Balkan. Pol., knj. XII, Beograd.
- Bešić, Z., 1936, Prethodna saopštenja o geološkoj građi Crne gore, Geol. anali Balkan. Pol., knj. XIII, Beograd.
- Bešić, Z., 1939, Predhodna geološka promatranja na listu Žabljak, Godišnjak Geol. inst. kralj. Jugoslavije za 1938 godinu, Beograd.
- Bešić, Z., 1939, Novi prilozi za stratigrafsko razčlenjivanje formacija na planini Sinjavini (Crna gora), Geol. anali Balkan. Pol., knj. XVI, Beograd.
- Bešić, Z., 1940, Izveštaj o geološkom kartiranju na listu Zabljak, Godišnjak Geol. inst. kralj. Jugoslavije za g. 1939, Beograd.
- Bešić, Z., 1948, Trijaski sprudni krečnjaci u oblasti Durmitora i Sinjavine, Glasnik Prir. muzeja Srpske zemlje, s. A—1, Beograd.
- Bešić, Z., 1950, Geološka gradja terena južne i jugozapadne podgorine Durmitorskih grebena, Geol. anali Balkan. Pol., knj. XVIII, Beograd.
- Bešić, Z., 1951, Neki novi pogledi i shvatanja u geotektonici Dinarida, Glasnik Prir. muzeja Srpske zemlje, s. A—4, Beograd.
- Bešić, Z., 1952, Prilog ka poznavanju geologije Dinarida, Glasnik Prir. muzeja Srpske zemlje, s. A—5, Beograd.
- Bešić, Z., 1953, Geologija severozapadne Crne Gore, Naučno društvo N. R. Crne gore, Cetinje.
- Breznik, M., 1958, Probno injekciono polje Plašnica — problemi injektiranja nanosa, Saopštenja sa IV. savetovanja stručnjaka Jugoslavije o visokim branama, Beograd.
- Cissarz, A., 1951, Položaj jugoslovenskih rudišta u geološkoj prostori, Geol. vesnik, IX, Beograd.
- Cvijić, J., 1899, Glacijalne i morfološke studije o planinama Bosne, Hercegovine i Crne gore, Glas Srpske kralj. akademije nauka, knj. 57, Beograd.
- Cvijić, J., 1921, Ledeno doba u Prokletijama i okolnim planinama, Glas Srpske kralj. akademije nauka, knj. 93, Beograd.
- Cvijić, J., 1924, Geomorfologija, knj. I, Beograd.
- Duhovnik, J., 1953, Prispevek h karakteristikami magmatskih kamenin Crne gore, njihova starost in razmerje do triadnih magmatskih kamenin Slovenije, Geologija 1, Ljubljana.

Kober, L., 1952, Leitlinien der Tektonik Jugoslawiens, Srpska akademija nauka, Beograd.

Milojević, B., 1955, Doline Tare, Pive i Morače — Geografska promatranja, Cetinje.

Koch, F., 1933, Prilog geologiji Crne gore, Vesnik Geol. inst. kralj. Jugoslavije za g. 1932, knj. II, Beograd.

Kossmat, F., 1924, Geologie der zentralen Balkanhalbinsel, Berlin.

Protić, M., Čubrilović, V., Mikinčić, Vj. in Jovanović R., 1940, Izveštaj o geološkom snimanju jugozapadne Crne gore. Godišnjak Geol. inst. kralj. Jugoslavije za g. 1939, Beograd.

Simić, V., 1938, Fosilonosne naslage mlađeg paleozoika u istočnoj Crnoj gori, Vesnik Geol. inst. kralj. Jugoslavije, knj. VII, Beograd.

Simić, V., 1940, Prilog geologiji Crne gore. Nekoliko zapažanja u obimu Kučke kraljušti, Vesnik Geol. inst. kralj. Jugoslavije, knj. VIII, Beograd.

Stiny, J., 1950, Tunnelbaugeologie, Springer-Verlag, Wien.

Tietze, E., 1884, Geologische Übersicht von Montenegro, Jb. Geol. R. A. XXXIV, Wien.

Vinassa, P. de Regny, 1903, Die Geologie Montenegros und des albanischen Grenzgebietes, Congrès géologique international, Compte rendu de la IX. session, Vienne (Wien).