

Prof. Tasić u malom
zahvalnosti: i stvaranju
Božićević

SREČKO BOŽIČEVIĆ

HORVATOVA PEĆINA UZ BRANU SKLOPE

S 6 tabli u prilogu

Na lijevom boku brane Sklope ustanovljena je pojava podzemne šupljine koju je trebalo zainjektirati. Veliki gubici injekcijske mase zahtijevali su dodatne istražne radove. Rezultat tih radova bilo je otkriće većeg podzemnog pećinskog sistema. Ovaj rad je prilog rješavanju problematike injektiranja u području krša.

UVOD

Za vrijeme izrade injekcijske zavjese na lijevom boku brane na podnožju brda Štulinka ustanovljeno je na pojedinim bušotinama manje i veće propadanje (od 2 do 12 m). Intenzitet propadanja bio je naročito velik pri kraju injekcijske zavjese (S. Božićević, 1968a, b). Paralelno s istražnim radovima vršilo se injektiranje na pojedinim dionicama zavjese radi hitnosti i završetka injektiranih radova. Na nekim bušotinama došlo je do vrlo velikih gubitaka injekcijske mase. Veliki gubici mase upućivali su na pretpostavku, da se i na lijevom boku brane Sklope – kao i na desnom – nalazi nepoznat pećinski sistem u koji najvjerojatnije prodire injekcijska masa. Ovaj sistem izgledao je veći od pećinskog sistema Poljakove pećine, koja je otkrivena na desnom boku (S. Božićević, 1964). Intenzivnim speleološkim istraživanjima na površini čitavog lijevog boka brane ustanovljeno je postojanje osam speleoloških objekata, ali niti jedan nije bio većih dimenzija, niti je doveo do nabušenog podzemnog sistema. U početku istražnih radova izvršen je pokušaj čišćenja uske i nagnute pukotine u pećini Golubarnik, ali svi pokušaji nisu dali očekivane rezultate. Učinjen je i pokušaj injektiranja čistim cementom u područjima gdje su registrirani veliki gubici, ali oni se i dalje nisu smanjivali. Injektiranje se moralo prekinuti, pa je odlučeno, da se sa kote 556 m (buduća kruna brane) izgradi istražna galerija u pravcu nabušene šupljine (tab. I, sl. 1). Kasnije je zaključeno, da ta galerija posluži i kao injekcijska. Svega 20 m od početka iskopa na lijevoj strani galerije otvorila se omanja pećinska šupljina ispunjena sigastim tvorevinama. Između kalcitnih stupova bio je ulaz u golemu prostoriju u kojoj je nađena ostav-

ljena kolona istražne bušotine T 1 (tab. II, sl. 1), a osim toga i tok cementne injekcije mase. Paralelno s istražnim speleološkim radovima nastavilo se i s bušenjem galerije.

Detaljna speleološka istraživanja i najdetaljnije ispitivanje svake pukotine ili prolaza doveli su do otkrivanja i drugih dijelova prostranog pećinskog sistema. U novo otkrivenim dijelovima nađena su i druga izbijanja injekcije mase. Na kraju otkrivenog pećinskog sistema, koji je bio u najvećoj mjeri ispunjen injekcionom masom doprlo se do visokih pukotina u stropu strmog kanala iz kojih je prodirala injekciona masa za vrijeme injektiranja. Ovaj završetak pećinskog sistema bio je udaljen svega nekoliko desetaka metara od nabušene šupljine u podnožju Štulinke. Nekoliko mjeseci po završetku speleoloških topografskih snimanja pećinskog sistema i istražna galerija prodrla je do visokih pukotina kroz koje je prodrla injekciona masa. Na taj su način postojala dva umjetno prokopana ulaza u pećinski sistem što je olakšavalo rad i daljnja istraživanja.

Pošto nije bilo moguće mijenjati smjer trase injekcije zavjese na lijevom boku, trebalo je završiti postojeću. Odlučeno je, da se injektiranje vrši iz nove galerije i da za cijelo vrijeme injektiranja postoji stalan nadzor u pećini radi pravovremenog otkrivanja prođora injekcije mase u podzemnu šupljinu. U slučaju gdje se injektiranje nije moglo završiti na klasičan način primijenjeno je injektiranje dodavanjem pijeska. U toku injektiranja iz injekcije galerije, te prilikom bušenja kontrolnih bušotina otkriveno je postojanje neke šupljine neposredno ispod kote galerije. U nastojanju da se prodre u tu šupljinu primijenjeno je natražno miniranje. U samom početku bušenja i miniranja izrazio sam svoje negodovanje i zabrinutost za uspjeh, što se kasnije i dokazalo. Miniranjem je začepljen vjerojatno uski prolaz, tako da je dubina otkrivene kaverne iznosila samo oko 15 m i s njezinog dna nije bio moguć prolaz nikuda dalje.

Pećinski sistem na ljevom boku brane nije imao do sada svoje ime. U želji da se odužim uspomeni na pokojnog speleologa-planinara Vladimira Horvata, pećinu sam nazvao njegovim imenom – *Horvatova pećina*.

Na kraju završetka injektiranja omogućen mi je uvid, u elaborat »Geotehnike« iz kog sam dobio uvid u gubitke injekcije mase na zavjesi Kruščica. Na pomoći i susretljivosti zahvaljujem se M. Dikliću iz »Geotehnike«, osoblju Nadzorne službe na Kruščici, ing. B. Pavlinu, iz »Elektroprojekta«, Zagreb, projektantu injekcije zavjese brane Sklope, te ing. A. Šiljaku iz Građevinskog Instituta.

U toku nekolikomjesečnog speleološkog istraživanja u speleološkoj ekipi Geološkog Instituta osim autora, bili su: Hrvoje Malinar, Karlo Horvat, Krešo Ormanec, Romualdo Knežević i Ratko Vardić. Svima njima najljepše zahvaljujem na pruženoj pomoći, izuzetnom

zalaganju i podnesenim naporima u toku istraživanja. Naročito se zahvaljujem Hrvoju Malinar za samostalno vođenje određenih istraživanja u pećini, te za izradu poprečnih profila i sondiranje injkcionne mase, kao i za kontrolu smjerova topografskog snimanja.

GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Geološka građa terena na kom se nalazi Horvatova pećina opisana je detaljno u članku »Poljakova pećina« (S. Božičević 1964). Čitav sistem pećine izgrađen je u prominskim naslagama – smeđim brečolikim vapnencima, koji su u znatnoj mjeri raspucani. Veći dio terena na lijevom boku prekriven je siparišnim materijalom i humusom iz čega se izdižu pojedinačni veći ili manji vapnenjački blokovi.

Morfološki je vrlo uočljiv strmo odsječen greben, koji ide podnožjem Štulinke i paralelan je toku Like. Između tog grebena i današnjeg toka Like nalazi se blago nagnut i zaravnjen teren sa kog je nabušena podzemna šupljina. Rub ovog terena strmo se ruši prema koritu rijeke Like. Na stijenama je vrlo uočljiva razlomljenost, dok u području ulaza u pećinu Golubarnik leži dobro vezan siparišni materijal s uklopljenim kamenim blokovima.

Čitav sistem Horvatove pećine nalazi se između tih dviju strmo odlomljenih odsječaka. Neposredno iznad Like podzemna šupljina približi se na nekoliko mjesta površinskom reljefu na udaljenost od desetak metara.

MORFOLOGIJA PEĆINE

Istražen speleološki objekt prikazan je na prilogu br. 1. Prilog prikazuje tlocrt, uzdužni profil i poprečne profile na mjestima gdje je prodrla injkciona masa. U tlocrtu je ucrtan i položaj injkcionne galerije, nabušena kaverna i pećina Golubarnik. U injkcionnoj galeriji označene su posebnim znakom bušotine iz kojih je prodirala veća količina injkcionne mase. Speleološka legenda nacrtana je uz nacrt pećine. Oznake su uzete prema postojećim speleološkim i geološkim uputstvima. Na malom crtežu prikazan je odnos i veličina Horvatove pećine prema brani Sklope, te Poljakovoj pećini na desnom boku brane.

Radi lakšeg opisa pećinski sistem Horvatove pećine razdijelio sam na: Ulazni dio, Prvu dvoranu, Središnji dio, Veliku dvoranu, Dvoranu injkcionnih masa i Završni kanal.

Ulazni dio pećine nalazi se u injkcionnoj galeriji na koti 556 m. U prirodnom obliku ovo je bila manja šupljina duga 10, a široka 8 m. Dno joj je koso položeno, a visina stropa varira od 2 do 3 m. Sigasti stupovi pregradili su ovaj dio od naredne šupljine.

Prva dvorana je vrlo velikih dimenzija, a prirodni ulaz u nju je u obliku strmog silaza niz sjeveroistočni dio dvorane. U podnožju silaza nalazi se bušotina T 1 s nekoliko izgubljenih kolona. Dvorana je po svojoj najdužoj osi pregrađena visokim kalcitnim stupovima (tab. 1, sl. 2). Dimenzije dvorane jesu: dužina oko 40 m, a širina 20–30 m. Visina od poda do stropa varira od 1 do 20 m. Tako su visoki i mnogi kalcitni stupovi.

Injekciona masa (cementna) nalazi se na mjestu silaska u dvoranu, te u njenom sjeverozapadnom dijelu. Na završetku dvorane nalazimo srušen golem sigasti stup (tab. II, sl. 4). U tom području uspostavljena je veza s pećinom Golubarnik, ali prolaz nije moguć za čovjeka.

Središnji dio imade jedva prolazan ulaz, koji je kasnije nešto malo proširen radi laganijeg prolaženja. Prolaz je zapravo između urušenih kamenih blokova, koji su kasnije prekriveni sigastom korom. Ovaj dio pećine proteže se u smjeru istok-zapad. Od uskog prolaza kanal postaje sve širi. U pravcu juga uzdiže se okomito položen kanal dug 28 m s prosječnom širinom od oko 8 m. Na kraju ovog kanala nađeni su vidljivi tragovi vrlo blize veze s površinom. Bušenjem bi se otvorio prolaz u blizini otvora pećine Golubarnik.

Iz središnjeg dijela pećina se nastavlja dalje u pravcu sjevera i sjeverozapada niz koso nagnuto tlo. U središnjem dijelu opažaju se tektonski pomaci pukotine na stijenama. Visina stropa varira od 15–20 m, s visokim dimnjakom u središnjem dijelu. Sigaste tvorevine su vrlo lijepe, a prekrivaju sve stijene i dio tla u dvorani. Najviša sigasta tvorevina u ovoj dvorani visoka je oko 20 m.

Velika dvorana imade ulaz ispod koso nagnute stijene, koju kao da podupiru debeli kalcitni stupovi. Prema količini pećinskog ukrasa i mnoštvu ekscentričnih oblika ovo je najljepša dvorana poznata u kršu Hrvatske (tab. III, sl. 2). Njeno pružanje je u pravcu sjeverozapad-jugoistok. Njezin zapadni rub je posve ispunjen i prekriven kalcitnim tvorevinama vrlo skladnih oblika. Na stepeničasto položenom tlu nalazi se čitav niz kalcitnih kamenica. U južnom dijelu je uski i neprolazni nastavak pećinskog kanala, koji vodi u pravcu toka rijeke Like. Sjeverna i sjeveroistočna strana dvorane imade nekoliko manjih udubljenja, koja su u potpunosti ispunjena kalcitnom korom. Na ovoj strani dvorane opažaju se i tragovi tektonskih pomaka. Visina dvorane varira od 10–15 m. Tlo se prvo neznatno spusti, da se prema krajevima dvorane uzdiigne. Dužina dvorane iznosi 60, a širina varira od 20–30 m.

U *Dvoranu injekcionih masa* dolazi se silaženjem iz središnjeg dijela u pravcu sjevera. Tlo se dosta strmo spušta i nakon 15 m nađemo se u središnjem dijelu dvorane ispunjene golemim urušanim blokovima. U pravcu zapada tlo se postepeno spušta i između »šume« sigastih stupova dolazimo do druge nakupine injekcione mase (tab. III, sl. 1). Puzanjem po njoj možemo prodrijeti kroz uski i niski kanal dug oko 35 m u pravcu injekcione galerije.

Na sjevernoj strani dvorane u omanjem udubljenju ispod kalcitnih zavjesa moglo se upuzati u uski i niski kanal ispunjen gotovo do stropa trećom nakupinom injekcione mase. Dužina ovog kanala je oko 25 m. U istočnom dijelu ove dvorane, uz rub stijene okružene kalcitnim stupovima bila je baza iz koje je vršen nadzor nad injektiranjem. Dužina ove dvo-

rane iznosi 50, dok širina varira od 10–30 m. Mnoštvo kalcitnih stupova pregrađuje dvoranu tako da izgleda kao da se sastoji od mnoštva manjih. Na zapadnom dijelu dvorane uočljivi su tektonski pomaci.

Završni kanal pećine otkriven je u toku izrade nacрта probijanjem sigastih zavjesa u uskoj pukotini. Završni kanal imade generalni pravac protezanja u smjeru sjeverozapada. U početku to je uski i niski kanal, koji iza jedne stepenice postaje visok dok na kraju ne uđemo u jednu veću prostoriju. Najveći dio ove prostorije ispunjen je injekcionom masom. Uz rub stijene u stropu je nađen otvor bušotine PL 40, a na strmom dijelu završnog kanala izgubljene kolone s nešto jezgre iz bušotina (tab. II, sl. 2). Dužina završnog kanala iznosi oko 70 m.

Sveukupna dužina podzemnih kanala i dvorana (mjereno po najdužim osima profila) Horvatove pećine iznosi oko 500 m.

GENEZA PEĆINE

Horvatova pećina je formirana u prominskim gromadastim i brečolikim neuslojenim vapnencima, vapnenim brečama i brečama. Interesantan je vrlo razvijen pećinski sistem u ovim naslagama u kojima u isto vrijeme na površini ne nalazimo značajnih krških formi.

U postanku i formiranju ove pećine tektonika je odigrala značajnu ulogu. Veliki broj uzdužnih i poprečnih pukotina nastalih u vrijeme tektonske aktivnosti u širem području Like i Velebita stvorili su uvjete za nesmetan rad površinske i podzemne vode. Pojava pleistocenskih naslaga uzvodno od današnje brane govori o postojanju velikog bazena i o nepostojanju današnjeg korita Like. U to vrijeme voda je stvarala podzemne kanale i njima odlazila na današnju nizvodnu stranu. Probijanjem riječne barijere na mjestu današnje brane i urezivanjem dubljeg korita stvarane podzemne šupljine (kako na lijevom, tako i na desnom boku) dolaze u fazu kada u njima počinje period stvaranja kalcitnih formi. Zbog relativno tankog nadsloja i znatne razlomljenosti sedimenata pritjecanje površinske vode bilo je u znatnoj mjeri olakšano. Rastvaranje vapnovitih sedimenata došlo je do izlučivanja znatnih količina kalcitnih tvorevina. Prema veličini stalagmita i sigastih stupova vidljivo je, da je starost ove pećine vrlo velika.

Velike količine urušenih kamenih blokova u ovoj pećini dokazuju da su postojale niže pećinske šupljine u koje je došlo do urušavanja nekadašnjeg tla Horvatove pećine.

Tektonski pomaci u samoj pećini lijepo su vidljivi u polomljenim, pomaknutim sigastim stupovima, u proširenim pukotinama na čitavim zidovima pećinskih prostorija (tab. II, sl. 3 i 4).

Za postanak pećine izraziti su pukotinski smjerovi istok-zapad i sjever-jug, dok smjerovi dijagonalni na ove uvjetuju stvaranje manjih proširenja i skretanja kanala.

Velik dio hodnika i dvorana danas je prekriven debelom prevlakom kalcita, tako da svako detaljnije promatranje mikrotektonike nije moguće.

POJAVA INJEKCIONE MASE

U toku istraživanja Horvatove pećine otkriveni su prodori injekcione mase u Prvoj dvorani, u Dvorani injekcione mase (dva prodora), te u Završnom kanalu.

Prva injekciona masa je cementna masa i vidljiva je kao tok koji je došao od ulaznog dijela preko bušotine T 1 tekući u smjeru jugozapada. Najveći dio cementne mase u Prvoj dvorani ispunio je njezin sjeverozapadni dio u dužini od 18 i širini od 10 m. Injekciona masa prodirala je uz sjeverni rub dvorane i tu je ostao cementni »krater« (tab. IV, sl. 1). Na samoj površini mase vidljivi su tragovi kapanja vode nakapnice, koja je padala u vrijeme dok se masa nije skrutila.

Druga injekciona masa je glineno-bentonitna i ispunjava dio dvorane u dužini od 15 m, a širini od oko 8 m (tab. IV, sl. 2). Sondiranjem je ustanovljena dubina od oko 1,5 m. Uz rub mase vidljive su pukotine kojima je masa prodirala. Iza sigastih tvorevina uz sjeverni rub dvorane uspjeli smo puzanjem ući oko 35 m u pravcu odakle je također dotjecala masa (tab. I, sl. 4).

Treća injekciona masa također je glineno-bentonitna. Ova masa ispunjava vrlo uski kanal koji se iz dvorane proteže u pravcu injekcione galerije. Ovaj je kanal nekada bio vrlo visok, što smo ustanovili sondiranjem mase. Naime, neposredno iza ulaza u najužem dijelu dubina je mase iznosila preko 2 m. Na kraju ovog kanala masa je ispunila omanje proširenje, gdje smo vidjeli instruktivan primjer kupolastog izdizanja već djelomično očvrslе mase (tab. I, sl. 3). Do te pojave došlo je uslijed ponovnog injektiranja na istoj bušotini ali pod povećanim pritiskom.

Četvrta injekciona masa ispunila je najširi dio završnog kanala. I ovo je glineno-bentonitna masa, koja je prodrila iz dna sjeverozapadnog dijela dvorane (tab. I, sl. 5), a drugi dio iz visokog dimnjaka iznad bušotine PL 40. U podnožju dimnjaka masa je ispunila sva udubljenja.

Odlika glineno-bentonitne injekcione mase je u tome, da ona niti na jednom mjestu svog pojavljivanja nije bila vezana. Njezina nevezanost utvrđena je i u dubljim dijelovima za vrijeme sondiranja.

Pošto je injekciona masa prodirala u šupljinu pod vrlo velikim pritiskom (i do 40 atmosfera) na nekim mjestima vidljive su interesantne pojave »štrcanja« mase kroz uske pukotine u stijeni na suprotni zid ili sigaste stupove, kupolasto izdizanje već djelomično očvrslе mase, »preskakivanje« preko izbočenih stijena i drugo.

GUBICI INJEKCIONE MASE

Prema elaboratu »Geotehnike« o injekcionoj zavjesi Kruščica izračunao sam gubitke injekcione mase u području galerije na lijevoj obali. Na prilogu 1 nacrtana je i injekciona galerija s označenim redovima i bušotinama. Posebnom oznakom označene su bušotine iz kojih je prodrlo u podzemnu šupljinu više od 1000 kg po dužinskom metru.

Na tabli V u prilogu posebno je grafički prikazan gubitak injekcione mase na četiri bušotine izvan zavjese, na području gdje je prilikom bušenja ustanovljeno veliko propadanje. Iz tabelarnih podataka vidljivo je, da je na samo ove četiri bušotine ubačena ukupna količina suhe tvari od 259.095 kg ili 1439 kg/m'. Enormni gubitak bio je na bušotini F, gdje je pod pritiskom od 40 atm. na dužini od svega 4 m ubačeno 27 tona suhe tvari, što po dužinskom metru iznosi 5.454 kg. Sva ova količina injekcione mase došla je iz visokog »dimnjaka« iznad četvrte injekcione mase i tekla ispod PL 40. Najveći dio mase u ovom dijelu pećine prodro je od bušotina A i C. I na njima su gubici po dužinskom metru bili vrlo veliki i iznosili su 3440, odnosno 5999 kg/m'.

Dvije stotine i pedeset devet tona injekcione mase ispunilo je bez sumnje jedan velik dio pećinskog sistema, koji je nekada vodio prema brdu Štulinka i nabušenim šupljinama kod PL 32, 33 i 34. Naknadnim kopanjem novog potkopa u pravcu tih bušotina nije se moglo daleko prodrijeti zbog stalnog nailaženja na injekcionu masu.

Cementna injekciona masa u području Prve dvorane prodrila je iz bušotina 1 U 15 i 1 U 16. Na njima je provedeno injektiranje bez gline i sode sa čistim cementom. Na bušotini 15 ubrizgano je 13,5 tona, a na bušotini 16 5,5 t.

U toku nadzora nad injektiranjem na nekoliko bušotina ubačen je i pijesak radi začepljenja pukotina u njihovom području. Na taj je način završeno ispunjavanje šupljina i kanala u području II i III injekcione mase.

Prema postojećim podacima gubici injekcione mase bili su znatni i na nizvodnom redu bušotina. Injekciona masa iz ovih bušotina nije prodirala u pravcu Horvatove pećine, već u jedan pećinski sistem, koji se nastavlja nizvodno od zavjese. Da li je i taj dio bio povezan sa sistemom Horvatove pećine, to danas ne možemo sa sigurnošću tvrditi. Na bušotini 1 N 17 prosječni utrošak injekcione mase po dužinskom metru injektiranja iznosio je čak 8.537 kg. U tu se bušotinu moralo zainjektirati još 4800 kg pijeska, dok je bušotina 0 N 14 »progutala« 54.000 kg pijeska, a 0 N 24 čak 82.050 kg pijeska.

Na kraju injekcione galerije izbušena je kosa bušotina K B 20, koja je bila usmjerena u pravcu nabušene šupljine pod Štulinkom. U bušotinu je zainjektirano 267.750 kg suhe tvari, što iznosi 2439 kg/m'. Zbog velikih gubitaka injektiranje je prekinuto.

Ako zbrojimo sve utroške injektiranja na lijevom boku brane u području Horvatove pećine tada dobivamo slijedeći tabelarni pregled:

Broj bušotina	190
Bušeno	14.423,40 m
Injektirano	11.337,60 m
Cement	6.511.440,00 kg
Glina	3.376.373,00 kg
Bentonit	278.481,66 kg
Pijesak	265.200,00 kg
Soda	134.490,70 kg
Ukupno suhe tvari	10.565.986,16 kg
Suhe tvari na m'	932 kg/m'

Iz svega iznijetog vidimo, da je u području Horvatove pećine zainjektirana šupljina u koju je stalo čak 10.566 tona injekcione mase. Pokušavajući izračunati odnos prostora i injektirane mase (H. C a m b e f o r t 1964) dobivamo približni podatak, da injekciona masa ispunjava prostor od oko 20.000 m³, što odgovara prostorijski dugoj 200, širokoj 10 i visokoj 10 m. Nedvojbeno je, da je injekciona masa prekinula vezu između vjerojatno vrlo složenog pećinskog sistema, od kojeg je današnja Horvatova pećina samo jedan dio. Taj se sistem protezao dublje u pravcu brda Štulinka i bio je usmjeren i u nizvodnu stranu prema lijevoj obali Like.

Nakon završetka injektiranja i punjenja akumulacionog jezera zasad nisu primjećeni znatni gubici vode kako u području Horvatove, tako i u dijelu Poljakove pećine. Golemi utrošci injekcione mase daju sigurnost za vododrživost zavjese, što je bio njezin osnovni zadatak. Pitanje je jedino, da li su ti utrošci trebali biti tako veliki, ili su se oni mogli smanjiti pravovremenim reagiranjem pri pojavi podzemne šupljine. Drugo je pitanje – koliko količinu treba utrošiti u slučaju većih gubitaka, tj. kod koje granice utroška injekcione mase treba prijeći na upotrebu cementa, odnosno pijeska.

Mislim, da primjer Horvatove pećine najrječitije pokazuje, da injektiranje nabušenih podzemnih šupljina nije tako jednostavno provedivo.

ZAKLJUČAK

Prema detaljnim speleološkim istraživanjima na području lijeve obale brane Sklope u Lici možemo donijeti slijedeće zaključke:

- Horvatova pećina do sada nije bila poznata u literaturi, niti je detaljno istraživana i obrađivana.
- Ukupna dužina svih do sada poznatih kanala Horvatove pećine iznosi oko 500 m.
- Prema klasifikaciji H. T r i m m e l a (1953) ova pećina spada u grupu srednje velikih speleoloških objekata.

- Pećina je izgrađena u prominskim naslagama mlađe paleogenske starosti – tj. u brečolikim i gromadastim vapnencima, vapnenim brečama i brečama. Tektonska razlomljenost naslaga uvjetovala je prodor vode u stijene u kojima je erozionim i korozionim radom došlo do formiranja podzemnih šupljina. Urezivanjem današnjeg korita Like u šupljinama je nastao period formiranja sigastih tvorevina, koje danas dosežu visinu od oko 20 m.
- Trogovi tektonskih pomaka u mlađoj fazi stvaranja pećinske šupljine vidljivi su na mnogim mjestima u pećini.
- Pećinski sistem Horvatove pećine još je jedna potvrda za zaključak, da je okršavanje u prominskim naslagama šireg područja brane Sklope intenzivnije u dubini nego na površini.
- Nabušene podzemne šupljine i veliki gubici injekcione mase upućivali su na postojanje složenog pećinskog sistema. Kopanjem istražne galerije i detaljnim speleološkim radovima ta je pretpostavka i potvrđena.
- Potrebno je odrediti do koje količine gubitaka injekcione mase treba ići u danom slučaju i kada treba primjenjivati razlolike vrste injektiranja.
- U podzemnom sistemu Horvatove pećine otkrivena su četiri prodora injekcione mase.
- Prema postojećim podacima u području lijeve obale brane Sklope utrošeno je 10.566 tona injekcione mase. Dio ove količine ispunio je sistem nepoznatih pećinskih kanala, koji su se protezali prema Štulinki i nizvodno od galerije.
- Primjer Horvatove pećine pokazuje, da se u toku izgradnja brana u području krša mora posvetiti naročita pažnja pojavama propadanja, gubicima injekcione mase i načinu injektiranja.
- Potrebno bi bilo da se nabavi odgovarajuća aparatura za promatranje nabušenih podzemnih šupljina, kako se opisan slučaj nebi dogodio nekom drugom prilikom.

Primljeno 6. 12. 1968.

Institut za geološka istraživanja
Zagreb, Kupska 2

LITERATURA

- Božičević, S., (1964): Poljakova pećina. Geol. vjesn. 18. Zagreb.
- Božičević, S., (1968a): Speleološka istraživanja lijevog boka Sklope. Arh. Inst. za geol. istr. Zagreb.
- Božičević, S., (1968b): Speleološka istraživanja u 1967. godini Geol. vjesn. 20. Zagreb.
- Camberfort, H., (1964): Injection des sols, Tom I. Paris.
- Injekciona zavjesa Kruščica. Izvještaj »Geotehnike«, Zagreb, 1968.
- Triemel, H., (1953): Ein österreichische Höhlenverzeichnis. Premier Congr. Intern. Spéléologie, Tom IV, Sect. V. Paris.

S. BOŽIČEVIĆ

THE HORVAT CAVE AT THE SKLOPE DAM

On the left side of the Sklope Dam a subterranean cavity was found that could not be entered by a natural entrance. The cavity was drilled at the foot of the Štulinka Hill. As it was found to be necessary to perform a grout injection in the left side of the dam, this uncovered cavity had also to be injected. Great losses of the injection material called for additional work.

The result of this work led to the discovery of a more extensive subterranean cave system which was designated by the author as the »Horvat cave«.

The complete length of all the channels of the Horvat cave presently explored amounts to about 500 m.

This cavern belongs to the group of medium large speleological subjects. The cave was formed in the sediments of the younger paleogenic age, i. e. in the Promina breccias and limestone similar to breccia.

In the course of exploration of this cave system four extrusion points of injection mass have been located. One extrusion point contained cement, the other three clay and bentonite.

According to the existing data from the book of injection works on the site of the uncovered cave in the left side of the Sklope Dam, 10.566 tons of injection mass have been used. A part of this quantity filled in the unexplored cave system which had a further extension in the direction of the Štulinka Hill.

The example of the Horvat Cave points to the fact that special attention should be given to the phenomenon of »cavingin« and to the uncovering of subterranean cavities, to apparent losses of injected material and to the grout injection procedure in such cases. For such instances a special apparatus for observing the uncovered subterranean cavities should be supplied in order to avoid the above mentioned situation in some other part of the Karst region.

Received 15th January 1969.

*Institute of Geology
Zagreb, Kućska 2*

TABLA - PLATE I

1. Lijevo bok brane Sklope. Označen je otvor pećine Golubarnik i ulaz u inekcionu galeriju.
The left side of the Sklope Dam. Notice the entrance of the Golubarnik Cave and the entry to the grout gallery.
2. Sigaste nakupine u Prvoj dvorani Horvatove pećine.
Stalactitic and stalagmitic depositions in the First Hall of the Horvat cave.
3. Kupolasto ispupčenje inekcione mase do kojeg je došlo zbog ponovnog pritiska s dna inekcionog bazena.
Dome-like convexity composed of the injection mass that was formed as a result of the renewal of pressure from the bottom of the injection basin.
4. Istraživanje kanala ispunjenih inekcionom masom bilo je moguće jedino puzanjem.
The exploration of channels filled with injection material was possible only by crawling.
5. Izbijanje bentonitno-cementne inekcione mase kod bušotine PL 40.
Outcrops of bentonite-cement injection material near to drilling PL 40.

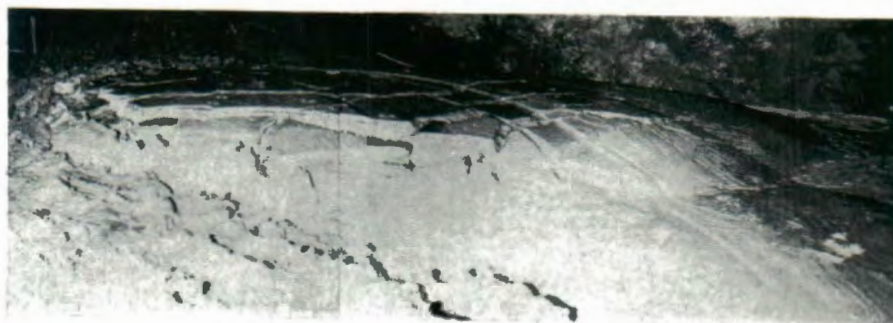
Foto: S. Božičević



1



2



3



4



5

TABLA - PLATE II

1. Bušotina T 1 i prevaljena kolona prekrivena injekcionom masom. Na obližnjim stalagmitima vidljivi su tragovi »štrcanja« injekcione mase.
The drill hole T 1 and the overturned column covered with injection material. The neighbouring stalagmites show traces of »splashing« from the injected material.
2. Izgubljena kolona i geološke jezgre u podnožju visokog dimnjaka u blizini bušotine PL 40.
An uprooted column and the geological cores at the foot of a tall chimney in the proximity of drill hole PL 40.
3. Dokaz tektonskih pokreta i pomaka u Horvatovoj pećini. Pomak iznosi 5 cm.
A proof of tectonic dislocations and shifts in the Horvat cave. The dislocation amounts to 5 cm in length.
4. Prelomljen i svaljen stalagmit ukazuje na urušavanje i tektonske pokrete u Prvoj dvorani Horvatove pećine.
A broken and overturned stalagmite in the First Hall of the Horvat cave.

Foto: S . Božičević



1



2



3



4

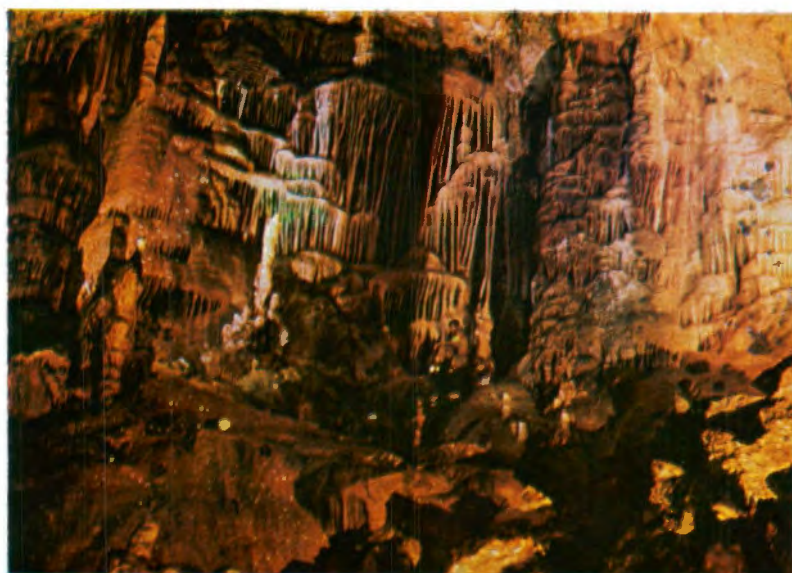
TABLA – PLATE III

1. Prodor glineno-bentonitne injekcione mase između sigastih stupova u dvorani injekcionih masa.
The intrusion of the clay-bentonite injection material among the stalactites in the Hall of Grout Injection.
2. Dio sjeverozapadne stijene Velike Dvorane u Horvatovoj pećini, koja je prekrivena golemom količinom sigastih tvorevina.
A part of the northwestern cliff in the Large Hall of the Horvat Cave. It is covered with a great quantity of stalactitic and stalagmitic depositions.

Foto: S . Božičević



1



2

TABLA - PLATE IV

1. Detalj cementne injekcione mase iz Prve dvorane Horvatove pećine.
Detail of cement injection mass in the First hall of the Horvat case.
2. Tok glineno-bentonitne injekcione mase u Dvorani injekcionih masa.
Course of bentonite-cement injection mass in the Injection mass hall.

Foto: S. Božičević

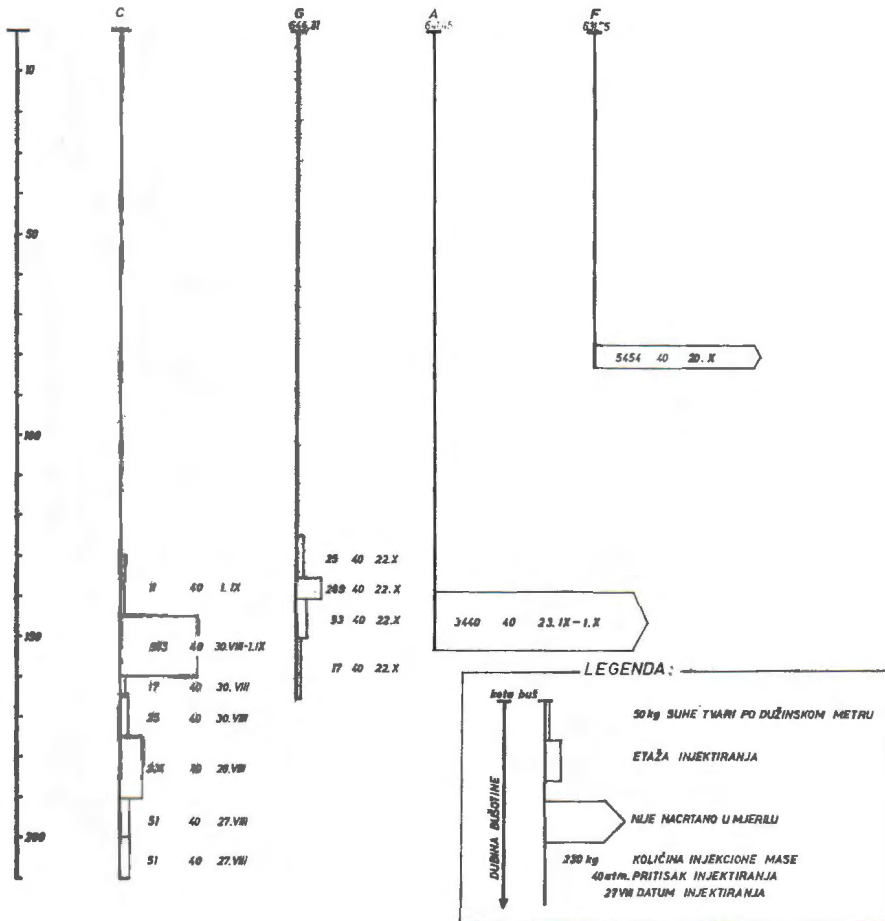


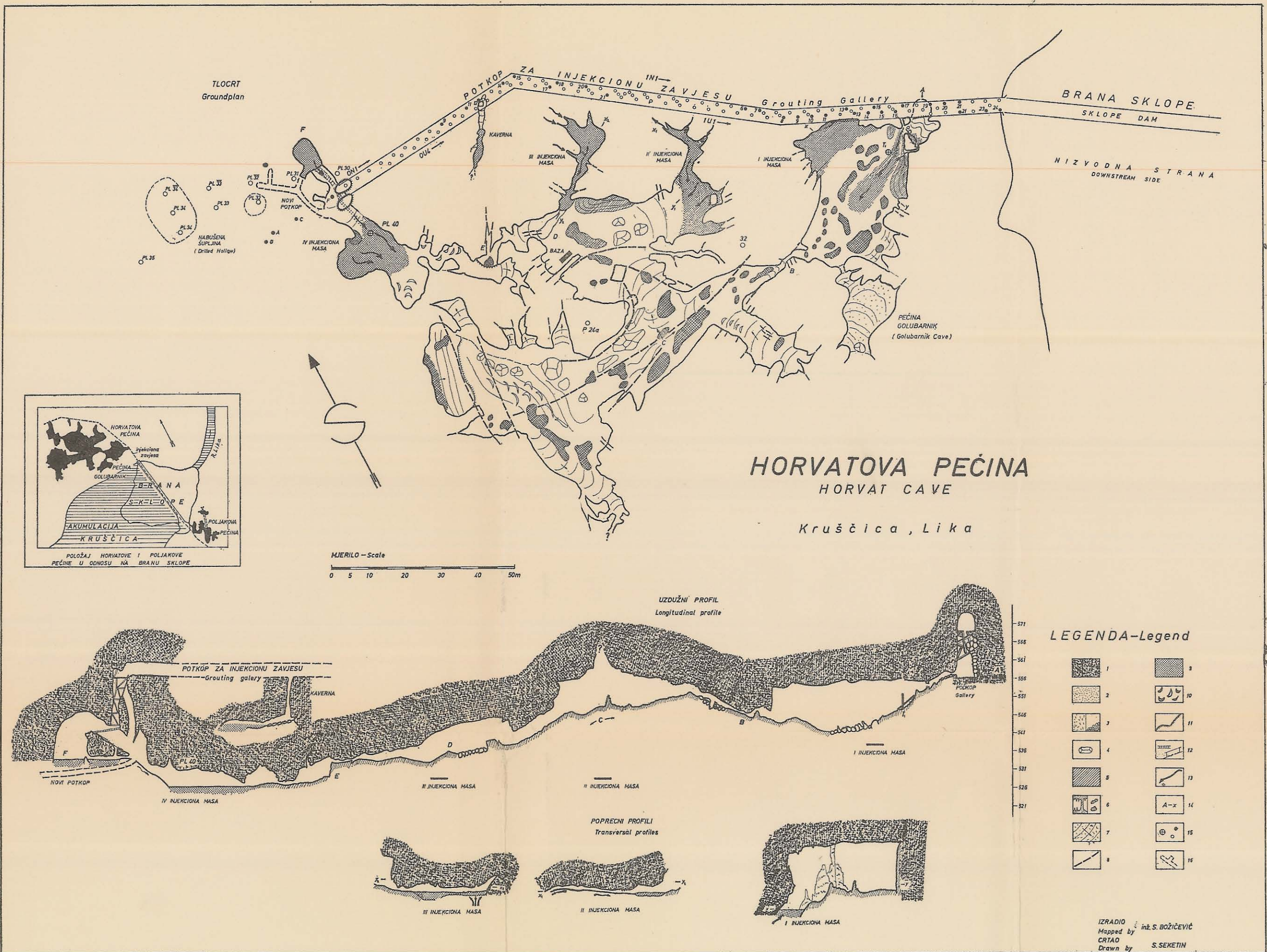
1

2



GRAFIČKI PRIKAZ INJEKTIRANJA BUŠOTINA A,C,F,G
 A SHEMATIC OF GROUT INJECTION OF THE DRILL HOLES A,C,F,G
INJEKCIONA ZAVJESA LIJEVE OBALE
 GROUT CURTAIN OF THE LEFT EMBANKMENT
BRANA SKLOPE - Krušćica, Lička





HORVATOVA PEĆINA

HORVAT CAVE

Krušćica, Lika

LEGENDA - LEGEND:

1. Neuslojeni vapnenci u profilu - Non-stratified limestones.
2. Pećinska ilovača i blato - Caving loam and dirt.
3. Kameni materijal u tlocrtu i profilu - Stone material in groundplan and profile.
4. Pojedinačni kameni blokovi - Individual stone blocks.
5. Sigaste tvorevine (općenito) - Stalactitic and stalagmitic formations (general).
6. Pojedinačni stalaktiti, stalagmiti i sigasti stupovi u tlocrtu i profilu - Individual stalactites, stalagmites and pillars in the groundplan and profile.
7. Nagib tla - Slope of cave soil.
8. Pukotine (dijaklaze) - Cracks (diaclasses).
9. Injekciona masa - Injection material.
10. Kalcitne kamenice s vodom, bez vode - Cascades with water, without water.
11. Vertikalna stijena i stepenica - Vertical rock and stair.
12. Drvene stepenice u tlocrtu i profilu - Wooden stairs in the groundplan and profile.
13. Tok injektione mase - Course of injection material.
14. Linija profila. - Line of the profile.
15. Bušotine u podzemnoj šupljini. Bušotine u injektionalnoj galeriji. Borings in the subterranean hollow. Borings in the injections gallery.
16. Istražna galerija - Investigation gallery.

LEGENDA - Legend

IZRADIO inž. S. BOŽIČEVIĆ
 Mapped by CRTAO
 Drawn by S. SEKETIN