

MILAN HERAK

PRILOG GEOLOGIJI I HIDROGEOLOGIJI OTOKA HVARA

(Sa 5 slika u tekstu: geološkom kartom, tri profila i hidrogeološkom skicom)

Opskrba otoka Hvara pitkom vodom već je dulje vremena u centru pažnje naših hidrologa. Povremeno su i geolozi sudjelovali u rješavanju pojedinačnih hidrogeoloških problema, no dosad se nije pristupilo intenzivnijem geološkom proučavanju, na temelju kojega bi se sama problematika lokalizirala i prema tome usmjerile hidrološke istrage. Može se reći, da su uglavnom svim dosadašnjim elaboratima o hidrogeološkim odnosima otoka Hvara kao osnova služili geološki podaci U. S ö h l e a (1900 i 1901), koji je vršio pregledno istraživanje i kartiranje na prijelazu iz prošloga u ovo stoljeće. Jedino što se tiče tercijara u okolici grada Hvara uzimani su u obzir i rezultati istraživanja M. S a l o p e k a (1929 i 1931).

Pri provjeravanju osnovnih postavaka s obzirom na geološke odnose centralnog dijela otoka 1956. god., s ciljem da se upoznaju geološki uvjeti općih hidrogeoloških pojava, došao sam do nekih novih stratigrafskih i tektonskih zaključaka. Iako istraživanje čitavoga otoka još nije provedeno kraju, smatram korisnim, da se barem ukratko osvrnem na nove rezultate, budući da su značajni za rekonstrukciju hidrogeoloških odnosa.

STRATIGRAFSKI PREGLED

Najstarije naslage na otoku Hvaru pripadaju kredi, a sastoje se od dolomita, vapnenaca i vapnenih škriljavaca.

I. Dolomiti: Dosad se smatralo, da se radi samo o jednom dolomitnom horizontu, koji je stariji od glavne mase vapnenaca. Stvarno, međutim, postoje dolomiti u dva nivoa, ne računajući pritom veće ili manje dolomitne »leće« unutar pojedinih vapnenačkih zona. Jedan dolomitni horizont nalazi se u bazi čitavog krednog kompleksa. To je dolomitni pojas Pitava i Vrisnika, koji se na zapadnoj strani završava iznad Selca. U njegovoj krovini najprije dolazi jedan vapnenački horizont, a zatim dolazi drugi dolomitni horizont (s nešto vapnenaca), koji se pruža



Slika 1. Pregledna geološka karta centralnog dijela otoka Hvara (granice na grebenu kod sv. Nikole po U. Söhleu): 1. Podinski dolomiti, 2. niži horizont vapnenaca (s nešto dolomita), 3. Chondrodonta-dolomiti (s nešto vapnenaca), 4. Rudistni vapnenci i vapneni škriljavci, 5. Paleogen, 6. Kvartar.

Mjerilo ca 1 : 100,000

Geologische Übersichtskarte des zentralen Teiles der Insel Hvar (die Grenzen am Rücken bei sv. Nikola nach U. Söhleu); 1. Dolomite im Liegenden; 2. Tieferes Horizont der Kalke (mit etwas Dolomit), 3. Chondrodonta-Dolomite (mit etwas Kalk), 4. Rudistenkalke und Kalkschiefer. 5. Paläogen, 6. Quartär.

Massstab ca 1 : 100,000

uzduž otoka. Zbog razorenog tjemena antiklinale, o kojoj će kasnije biti govora, taj se dolomitni pojas u centralnom dijelu otoka cijepa u dva kraka. Jedan se od njih nalazi na samom bilu otoka (granica je uzeta prema manuskriptnoj karti U. Söhleu), a drugi ide preko Maslenice i Vrbanja pa se završava kod Jelse. Na zapadnom se dijelu spajaju između Grabja i Brusja, a završavaju se negdje sjeverno od grada Hvara.

Zasad je još problematično, da li i dolomiti kod Starigrada i Vrbanskih Rudina pripadaju istom horizontu ili su sastavni dio pojasa rudistnih vapnenaca.

Što se tiče stratigrafske pripadnosti dolomita, prevladavalo je mišljenje o njihovoj donjokrednoj starosti. Pritom se, dakako, mislilo na sve dolomite, o čem najbolje svjedoče profili U. S ö h l e a (1901). Novi nalazi fosila bacaju na taj problem novo svjetlo. Sjeverno od Starigrada u gornjem dolomitnom horizontu našao sam vrijedne fosilne ostatke vrste *Chondrodonta joannae* C h o f f a t, koja je karakteristična za naše turonske naslage, a rjeđe dolazi u gornjem cenomanu. Prema tome, u ovom se slučaju svakako radi o dolomitima gornje krede.

S obzirom na starost podinskih dolomita upućeni smo na pretpostavke na temelju superpozicije naslaga. Pritom treba imati na umu, da se radi o kontinuiranoj seriji krednih sedimenata. Prema tome naslage ispod *Chondrodonta* – dolomita većim dijelom najvjerojatnije pripadaju cenomanu. No nije isključeno ni njihovo presezanje u donju kredu.

II. Rudistni vapnenci i vapneni škriljavci. Za vapnence s rudistima, koji dolaze iznad *Chondrodonta* – dolomita, već odavna je jasno da pripadaju turonu i senonu.

Problematičan je, međutim, bio položaj vapnenih, a djelomice i dolomitnih škriljavaca, koji su na otoku Hvaru već odavna poznati i različito stratigrafski interpretirani. Mjestimično su vrlo bogati fosilnim ribama (osobito između Starigrada i Vrbovske), a kod Parje na zapadnom dijelu otoka i biljem.

G. S t a c h e (prema D. S t u r u, 1891, str. 13) smatrao je, da postoje dva nivoa vapnenih škriljavaca; jedan uložen u dolomite, a drugi u uskoj vezi s rudistnim vapnencima. F. B a s s a n i (1879) ih je uvrstio u apt, dakle u donju kredu. Naš D. G o r j a n o v i ć (1895) u svojem radu o ribama tvrdi, da ihtioferni škriljavci pripadaju gornjoj kredi (možda cenomanu), pa kaže, da su oni samo odlika facijesa. U. S ö h l e a (1900) se u svojim radovima ne obazire na njegovo mišljenje, već »prema talijanskim geolozima«, kako sam kaže, uvrštava riblje škriljavce i »biljne lapore« na zapadnom dijelu otoka u donju kredu. Za njim se povodi i F. K e r n e r (S c h u b e r t 1909, str. 130).

Pronalaženjem hondrodonta i određenjem gornjokredne starosti dolomita, koji se nalaze u podini ribljih škriljavaca, dobili smo ključ i za definitivno rješenje starosti tih škriljavaca. Oni prema svemu, što je rečeno, mogu pripadati samo gornjoj kredi, ali ne cenomanu, već turonu ili čak i senonu. A da se dolomiti zaista nalaze ispod ribljih škriljavaca, lako se možemo uvjeriti na više mjesta, osobito pri vrhu strmog jarka, što se uzdiže južno od Starigrada (iznad puta što vodi prema Boroviku). Prema tome, uska veza ribljih škriljavaca, a isto tako i biljnih škriljavaca s rudistnim vapnencima nije uvjetovana tektonski u smislu Söhleova shvaćanja, već facijalno u smislu Gorjanovićeve pretpostavke, pa vapneni škriljavci čine jednu celinu s glavnom masom rudistnih vapnenaca. Zato i nisu u priloženoj preglednoj geološkoj karti posebno izlučeni. Veliku rasprostranjenost rudistnih vapnenaca na Hvaru isticali su svi dosadašnji autori. Međutim, u terenu, koji nas neposredno zanima, nji-

hova je rasprostranjenost manja nego što se mislilo. To se tiče područja između uvale Maslenice, Selca, Starigrada, Jelse, Vrbovske i Pitava. Kontinuitet dolomitnih pojasa tu u znatnoj mjeri smanjuje vapnenačke površine, a osim toga baza čitavoga starigradsko-jelšanskog područja izgrađena je u pretežnom dijelu iz dolomita, a ne iz vapnenaca, kako bi proizlazilo iz Söhleovih profila (U. S ö h l e 1901).

Na kraju treba spomenuti i to, da u samim rudistnim vapnencima ima uložaka dolomita, koji nisu u karti posebno izdvojeni, jer nemaju nekog specifičnog značenja.

S obzirom na nejednoliku debljinu pojedinih krednih horizonata, koji su izlučeni uglavnom na petrografskoj osnovi, postoji velika vjerojatnost, da oni i lateralno prelaze jedan u drugi.

III. *Paleogen*. Paleogenske vapnenačke i fliške naslage razvijene su samo na južnoj strani otoka kod grada Hvara od uvale Podstine do Milne, zatim dalje istočno kod Zrača i kod Sv. Nedjelje. Prema M. S a l o p e k u (1931) tu su razvijeni kozinski vapnenci i breče, numulitni vapnenci i fliški lapori i pješčenjaci. Pojas fliša je kontinuiran od Podstina do Milne. Paleogeni se vapnenci na sjevernom rubu javljaju sporadično zbog jake rasjedne linije, dok na južnom rubu postoji kontinuitet.

IV. *Kvartar*. Kvartarne naslage su najmlađi stratigrafski član, a sastoje se iz uslojenih, mjestimice poluvezanih pijesaka, koji znaju sadržavati i vapnenačke krhotine, zatim iz zemlje crvenice i različitog obronačnog pjeskovitog i šljunkovitog nanosa. Najrazvijenije su u prostoru između Starigrada i Jelse. Osobito su lijepo razvijeni pijesci, koji su nekoć morali pokrivati veći prostor, a sada su se zadržali u više prostranih krpa. Za njih U. S ö h l e ne isključuje ni pliocensku starost.

TEKTONSKI PREGLED

Prema U. S ö h l e u (1900b, profil V.) tektonika otoka Hvara karakterizirana je nizom bora, kod kojih dolomiti čine jezgre antiklinala, a vapnenci sinklinala. Ta tektonska predodžba očito dolazi od uvjerenja o postojanju samo jednog dolomitnog i jednog vapnenačkog horizonta.

Međutim novi podaci o stratigrafskom slijedu krednih naslaga omogućuju nam, da namjesto niza bora u centralnom dijelu otoka rekonstruiramo samo jednu antiklinalu, koja je mjestimično jače, a mjestimično slabije pokrenuta prema jugu. Prostor između Starigrada i rta Dugi rat odlikuje se sekundarnim boranjem. Jedino je područje grada Hvara jače tektonski poremećeno. Osim boranog paleogena postoji na njegovu sjevernom kontaktu s kredom jaka dislokaciona linija.

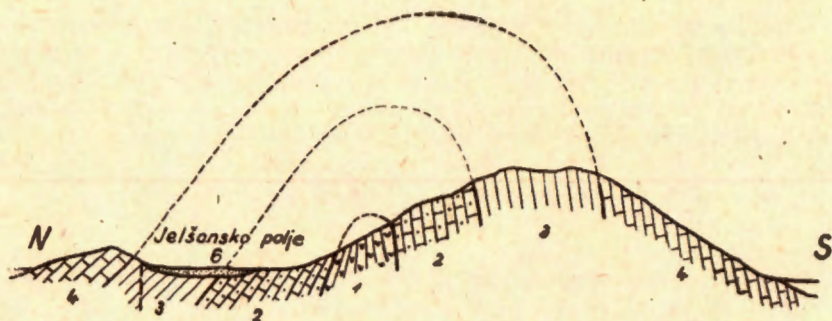
Na južnom krilu glavne antiklinala, zbog spomenutog nejednolikog pokretanja prema jugu, pad slojeva varira – od normalnog antiklinalnog položaja do prebacivanja. U. S ö h l e (1901, profil VI.) tumačio je tu pojavu postojanjem jednoga jakog rasjeda u širem području Vrbanja. Rasjed je bio pretpostavljen na temelju pružanja zona vapnenaca, dolomita i kvartarnih pijesaka, kao i zbog potresne zone u tom području, koja je bila vrlo aktivna u vrijeme, kada je S ö h l e vršio svoja istraživanja.

vanja. Prvi razlog svakako otpada, jer je prema novijim istraživanjima raspored zona u tom području mnogo pravilniji, nego što je S ö h l e pretpostavljao. A što se tiče potresa, on se može objasniti isto tako dobro naknadnim pucanjem zbog razlike u napetosti slojeva, koji su nejednoliko savijeni, kao i rasjedom. Zato ne treba sumnjati o tom, da su razlike u padu slojeva u tom području posve normalna pojava, koja je zavisna isključivo o stupnju pomicanja pojedinih dijelova glavne antiklinale prema jugu. Ispoređivanjem svih S ö h l e o v i h profila, ne obazirući se na njegovu detaljnu interpretaciju, jasno se može uočiti, da je pomak antiklinale prema jugu u nekim zapadnijim dijelovima otoka jači. Zato tu i susrećemo prebačene slojeve na južnom krilu. U području Jelse i Pitava taj je pomak manji, ali on još uvijek postoji, pa su zbog toga slojevi sjevernoga krila antiklinale nagnuti prema sjeveru pod blažim kutom, nego što su slojevi južnog krila prema jugu (sl. 2 i 3). Dalje istočno pomak je sve manji, pa slojevi, kao što to pokazuje S ö h l e o v profil broj VII., padaju gotovo pravilno antiklinalno. To bi bile samo neke općenite napomene o tektonici otoka. U detalje Söhleove interpretacije nema potrebe ulaziti zbog toga, što se raspored zona u terenu ne podudara s njegovom interpretacijom. No treba kazati još nekoliko riječi o rasjedima. Poprečni rasjed, koji bi išao od Vrbanja preko otoka, u stvari ne postoji. Doduše u zaleđu Jelse ima nešto više tektonskih poremećaja, ali se ni u kom slučaju ne može govoriti o nekom rasjedu, koji bi dijelio otok u dva dijela. Pa ni izrazitijih uzdužnih rasjeda nisam zapazio, osim spomenute dislokacije na granici krede i paleogena na južnoj strani otoka (sl. 4). Ta se dislokaciona linija proteže od uvale Podstine sve do Sv. Helene. Posve je izrazita i kontinuirana. Dubinska su bušenja pokazala, da su barem mjestimično kredne naslage navučene na paleogen.

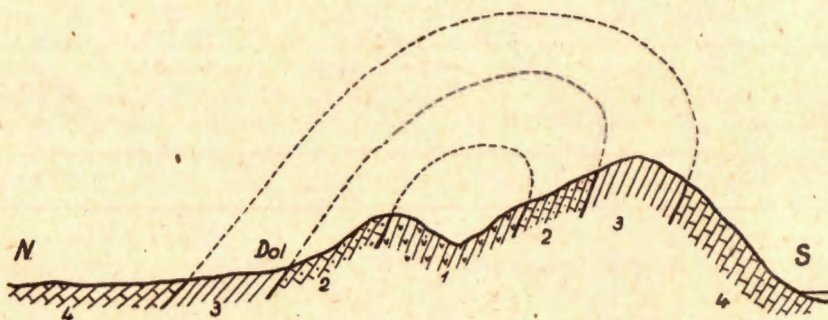
Kad govorimo o relativnom siromaštvu izrazitih, stratigrafski jasno obilježenih rasjeda, ne želimo time negirati ni postojanje manjih, uglavnom lokalnih, rasjeda i lomova, koji u pojedinim područjima remete opću tektonsku strukturu. Njih, pače, ima priličan broj, i to više poprečnih nego uzdužnih ili dijagonalnih. Dobrim su dijelom u vezi upravo s različitim intenzitetom pomaka prema jugu, o kojem je prije bilo govora. Ta je naime pojava morala dovesti do nejednolikog savijanja zona i slojeva, koji su zbog toga na mnogo mjesta raspucali pa i rasjednuti u manjim razmjerima. Iako to nema osobitog značenja za shvaćanje opće tektonike terena, neobično je važno za hidrogeologiju, kao što će se vidjeti iz daljega izlaganja.

HIDROGEOLOŠKI PREGLED

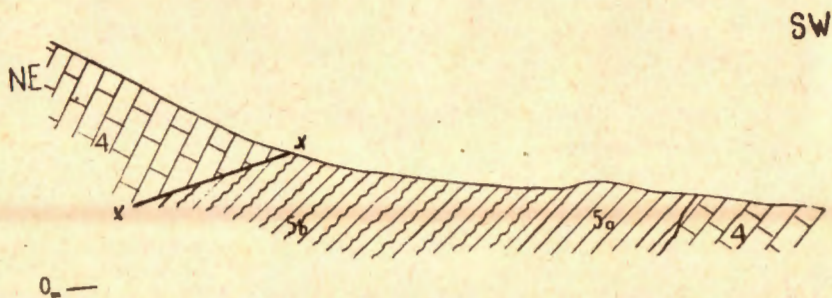
Nadzemni su vodotoci na otoku Hvaru svedeni gotovo na minimum. U većini se slučajeva radi o manjim periodičkim, često i bujičnim vodotocima, a samo poneki imaju vodu, kao na pr. Vir, vrelo kod Vrisnika i još neki manji izvori. Tu treba spomenuti i Slatinu u Jelsi, koja se odlikuje bočatom vodom.



Slika 2. Shematski profil kod Marijin Dolu istočno od Starigrada. - Schematisches Profil bei Marijin Dol E von Starigrad. Dužina (Länge) ca 1 : 50.000; Visina (Höhe) ca 1 : 25.000 1-4 i 6 kao kod sl. 1. (1-4 und 6 wie bei sl. 1)

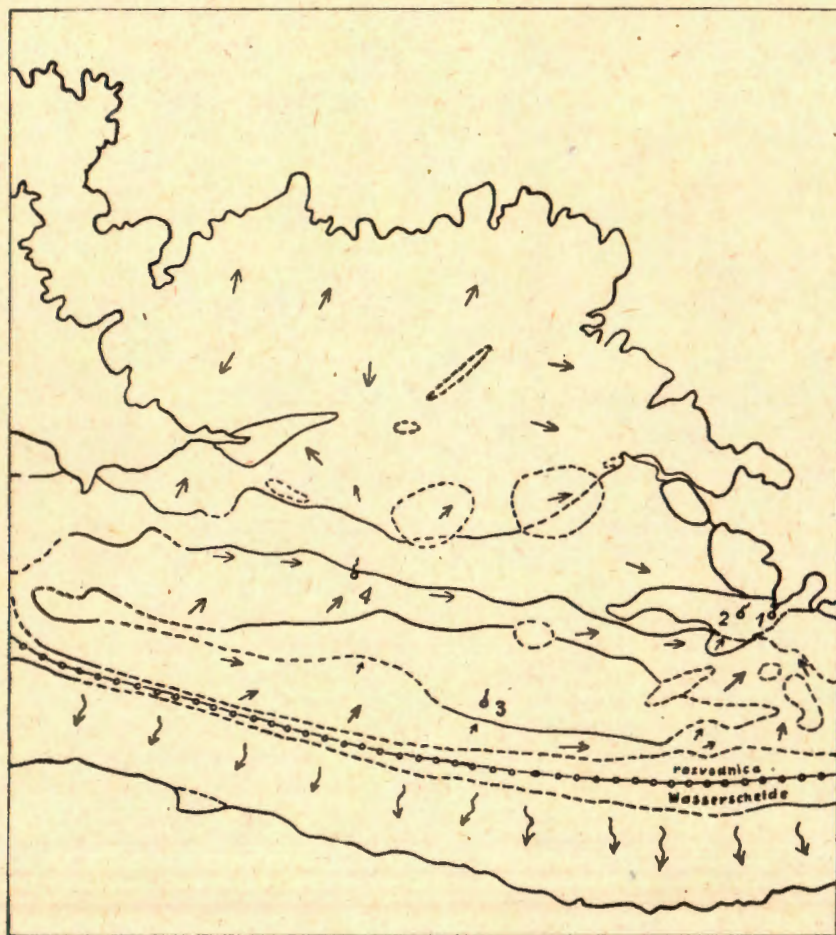


Slika 3. Shematski profil zapadno od Jelse - Schematisches Profil W von Jelse. Dužina (Länge) ca 1 : 50.000; Visina (Höhe) ca 1 : 25.000. 1-4 kao kod sl. 1 (Dolomiti na grebenu povećani u odnosu na zonu u karti). 1-4 wie bei sl. 1 (Dolomite am Rücken vergrößert in Beziehung auf dieselbe Zone in der Karte).



Slika 4. Shematski profil istočno od grada Hvara. D = ca 1 : 25.000, V = ca 1 : 12.500 - 4. rudistni vapnenci; 5a. paleogenski vapnenci; 5b. paleogenski fliš. - Schematisches Profil E der Stadt Hvar. L = ca 1 : 25.000, H = ca 1 : 12.500 - 4. Rudistenkalke, 5a. Paläogene Kalke, 5b. Paläogener Flysch.

Znatnije količine normalne vode temeljnice nalazimo u kvartarnim naslagama u području između Starigrada i Jelse, dok je inače raspored vode u podzemlju otoka tipičan za krške vapnenačko-dolomitne terene. S tim je u vezi i pojava vrulja u mnogim uvalama na sjevernoj i na južnoj strani otoka. Bitnu ulogu pritom igra kredni dolomit, koji izgrađuje



Sl. 5. Opća hidrogeološka skica centralnog dijela otoka Hvara. Geološke granice prema sl. 1. - Glavna vrela 1. Slatina, 2. Vir, 3. vrelo kod Vrisnika, 4. vrelo kod Marijin Dola. - Strelice: glavni smjerovi podzemnog toka vode. Mjerilo ca 1:100.000
 Allgemeine hydrogeologische Skizze des zentralen Teiles der Insel Hvar. Geologische Grenzen nach Sl. 1 - Hauptquellen: 1. Slatina, 2. Vir, 3. Quelle bei Vrisnik, 4. Quelle bei Marijin Dol. - Pfeile: Hauptrichtungen der unterirdischen Wasserbewegung. Massstab ca 1:100.000.

jezgru otoka. Krivo bi bilo, kad bismo dolomit, onakav kakav dolazi u terenu, proglasili potpuno nepropusnim sedimentom. No nema nikakve sumnje, da je njegova propusnost za vodu neusporedivo manja nego

propusnost vapnenaca, koji ga okružuju. Štoviše, ima mnogo dolomitnih kompleksa, koje u cjelini možemo smatrati čak i nepropusnima. Pritom se, dakako, ne isključuje neka mogućnost procjeđivanja vode u dolomitnu zonu, kao što se ne isključuje ni procjeđivanje određene količine vode kroz dolomitne barijere na izrazitijim tektonskim linijama i zonama. No u cjelini su dolomiti, ako im je tektonski položaj povoljan, kao što je to na Hvaru, element, koji u velikoj mjeri ublažuje krške hidrološke odnose i približuje ih hidrologiji normalnih terena. U konkretnom slučaju južni krak mladog dolomitnog kompleksa, što se proteže samim bilom otoka, nesumnjivo predstavlja barijeru, koja uvjetuje potpuno normalnu razvodnicu na tom dijelu otoka. Taj dolomitni krak prima u sebe vrlo male količine vode. Oborinska se voda uglavnom naglo slijeva površinom. Zato neke bujice počinju pri samom vrhu otočnog bila. Pa i ona voda, što se procjeđuje u dolomite, ne prodire duboko, već se iscjeduje bilo prema jugu ili prema sjeveru i ulazi u vapnenačke pojase, gdje se miješa s vodom, što se sakupila u samim vapnencima.

Voda iz južnog vapnenačkog pojasa ima dalje gotovo neograničene mogućnosti otjecanja prema moru i miješanja s morskom vodom. Izuzetak je samo ono područje, koje je relativno zagaćeno flišom. No i tu postoji mogućnost miješanja s morskom vodom ispod fliškog zagata kao i uzduž tektonske linije. Zato i nema na toj strani otoka izrazitijih vrulja ni vrela i zato to područje u praktičnom pogledu nije osobito interesantno, uključivši tu i Gromin Dolac i Ivan Dolac i druga mjesta, gdje izlaze na površinu izvjesne količine slatke vode.

Drugačije je s vodom, što gravitira od glavnog otočnog bila prema sjeveru. Ona ustvari ima svega dvije mogućnosti za kretanje kroz vapnenački pojas: poprečno na pružanje zone kroz tektonske pukotine i uzdužno uglavnom prema istoku po slojnim, a također i tektonskim pukotinama. Prema zapadu je njezino kretanje onemogućeno time, što se zona dobrim dijelom uzdiže od istoka prema zapadu. Vrelo u dolomitima kod Vrisnika, a i jedno manje vrelo u zapadnom produženju, koje je također smješteno u rubnoj zoni dolomita, dobivaju vodu iz spomenutog vapnenačkog pojasa, kroz poprečne pukotine. Jedan se pak dio vode iscjeduje na istočnom dijelu, gdje se vapnenci spuštaju u razinu mora.

Dolomiti centralnog dolomitnog pojasa, što se pruža od Borovika preko Svirača, Vrisnika i Pitava, veoma su gusti, pa zato mogu primati vrlo ograničene količine vode. Najveći dio oborinske vode naglo oteče površinom, pa su u njemu formirane dosta jake bujice. A ona voda, što eventualno prodre u dolomite, opet ima samo dva moguća smjera kretanja: sjever i istok. Praktički je međutim ta voda bez nekog većeg značenja.

Dalje prema sjeveru dolazi vapnenački pojas s nešto dolomita, koji se nalaze unutar vapnenaca. Taj se pojas spušta s grebena iznad Borovika, ide dalje prema istoku, prolazi s južne strane Dola, Vrbanja i sjeverne strane Svirača, Vrisnika i Pitava. Južno od Jelse on je nešto poremećen, ali je očito, da su vapnenci, koje nalazimo dalje istočno, njegovo produženje, a spuštaju se do razine mora. Taj je vapnenački pojas bez sumnje najznačajniji za hidrogeologiju sjevernog pobočja Hvara. On je

s obje strane zatvoren dolomitnim pojasima, koji su prilično široki i kompaktni, a moguće su u njima jedino lokalizirane pukotine tektonskog karaktera. Za sam vapnenački pojas važno je, da je kontinuiran i da pada od zapada prema istoku. Prema tome sva voda, koja s grebena otoka gravitira u sjevernom pravcu, a te je relativno malo, ima mogućnost, da se skupi u toj vapnenačkoj zoni. Osim toga sama ta zona predstavlja prilično veliko sabirno područje. S obzirom na priličan broj pukotina u vapnencima, mora u podzemlju postojati značajan akumulacioni prostor, u kojem se povremeno može skupiti više vode, nego je može isteci iz vapnenačkog pojasa. A kretanje vode i u toj zoni može ići u dva smjera. Jedan je put kroz slojne i tektonske pukotine, prema istoku, a drugi kroz tektonske pukotine u krovinskom dolomitnom pojasu prema sjeveru. Već smo naprijed istakli, da je pri boranju slojeva došlo i do nejednakog savijanja, a zbog toga i do poprečnog pucanja slojeva. Uzrok je tome, kao što je rečeno, nejednolik potisak prema jugu. Pritom, dakako, nisu stradali samo vapnenci, nego i dolomiti, u kojima su na mjestima intenzivnijeg pucanja, kao posljedica površinske erozije, nastale poprečne bujične doline. Takva je situacija u oba Dola, zatim kod Vrbanja, Svirača i Jelse. Osobito je karakteristična situacija u Marijinom Dolu. Tu postoji na granici vapnenaca i dolomita periodičko vrelo. Za vrijeme višeg vodostaja u podzemlju na tom vrelu izbija na nekoliko mjesta voda na površinu i teče dalje kroz poprečnu dolinu prema Starigradu. No prije nego stigne do mora, vode nestaje u kvartaru. Aktivnost vrela zavisna je o trajanju i količinama oborina. To je u stvari prelijevno vrelo, a ono nam pokazuje, da u vapnenačkom podzemlju mora postojati voda, koja nema mogućnosti da se prelije na površinu. A njezino skupljanje na granici vapnenaca i dolomita svjedoči, da u vapnenačkoj zoni postoje podzemni tokovi, koji su poprečni na pružanje slojeva. Teško je, međutim, zamisliti, da bi se takvi tokovi formirali samo u vapnenačkoj zoni. Vjerojatnije je, da ne rećemo sigurno, da mogućnost poprečnog protjecanja vode postoji kroz krovinski dolomitni pojas. Razumljivo je, da su pukotine u dolomitima lokalizirane i da ih je kudikamo manje nego u vapnencima, a koncentrirane su uglavnom ispod poprečnih bujičnih dolina. To su ujedno najvjerojatnije jedina moguća vrata, kroz koja podzemna voda iz vapnenačkog pojasa može kroz dolomite prodrijeti prema sjeveru u područje kvartarnih naslaga. Prema tome bi glavni izvor vode temeljnica u kvartarnim naslagama bio u vapnenačkoj zoni. Pa i samo vrelo Vir kod Jelse dobiva vođu na taj način. S obzirom na to, što je sistem pukotina u vapnencima mnogo veći nego je kapacitet lokaliziranih pukotina u dolomitnom pojasu, dolomiti nužno vrše uspornu funkciju za izvjesne količine vode u vapnencima. Jedino se tako može objasniti stalnost nekih vrela i stalnost vode temeljnica, koja se nikako ne bi mogla razumjeti, kad bi voda temeljnica potjecala isključivo iz dolomitnog i kvartarnog područja. Veći se dio vapnenačkog pojasa, o kojem je ovdje riječ, spušta od zapada prema istoku. S obzirom na to, što postoji sistem pukotina paralelno s pružanjem pojasa i slojeva, jasno je, da mora postojati podzemno kretanje vode prema istoku. Zato nas ne treba čuđiti, što su se upravo u području

Jelse očekivale najveće količine slatke vode. Kaptažni uređaji izvedeni po projektu ing. N. Paukovića to su u potpunosti potvrdili.

Krovinski dolomitni pojas, o kojem je upravo bilo govora, proteže se kontinuirano i na dosta širokom prostoru od Brusja pa ide iznad uvale Maslenice i preko Selca, Dola i Vrbanja do Jelse. On izgrađuje i podlogu područja između Starigrada i Jelse, a seže sve do Vrbovske. Samo je mjestimično pokriven vapnencima, kao na pr. između Dola i Starigrada. Više ima vapnenih škrljavaca, osobito između Starigrada, Maslinovika i Vrbovske, a znatne su površine pokrivena i kvartarnim djelomice konkrecioniranim pijeskom, kao na pr. između Dola i Starigrada, u blizini Vrbanja, zatim u prostoru između Vrbanja i Vrbovske, u Jelšanskom polju i dr. Napokon ima zemlje crvenice, šljunka i nevezanih vapnenačkih krhotina na raznim mjestima. S obzirom na veliko prostranstvo i relativno malen pad u čitavom se tom prostoru sakuplja jedan dio vode, koja zajedno s vodom, što pritječe iz vapnenačke pozadine, formira vodu temeljnicu toga područja, koja se eksploatira u mnogim relativno plitkim bunarima. I voda Dračevica kod Vrbanskih rudina istoga je karaktera, a i voda što se crpe za vodovod Vrbovske. Značajno je kod toga, da su podinski vapnenci u tom području veoma duboko, pa zato za eksploataciju dolazi u obzir samo voda temeljnica, koja se skuplja u veoma ograničenim količinama.

Napokon treba spomenuti, da je sjeverni periferni vapnenački pojas potpuno analogan južnom. Razlike mogu postojati samo u veličini sabirnoga područja, nagibu terena i nagibu vapnenačko-dolomitnog kontakta.

ZAKLJUČAK

Izvršena je revizija stratigrafije i tektonike u centralnom području otoka Hvara. U stratigrafskom je pogledu konstatiran ovaj redosljed krednih naslaga: 1. Podinski dolomiti, 2. Stariji vapnenci, 3. Chondrodonta-dolomiti i 4. Rudistni vapnenci i vapneni škrljavci s ribama i biljem. Te naslage uglavnom (ili možda čak u cjelini) pripadaju gornjoj kredi. Postojanje donje krede nije dokazano, ali niti opovrgnuto. U vezi s takvom stratigrafijom izvršena je i revizija tektonike centralnog dijela otoka. Namjesto niza bora, u centralnoj je trupini rekonstruirana samo jedna antiklinala. Sekundarne poremećaje nalazimo sjeverno od linije Starigrad-Jelsa i u području grada Hvara, gdje je bušenjem dokazano barem lokalno navlačenje krede na paleogen. U svijetlu novih činjenica izraženo je uvjerenje, da veliki poprečni rasjed kod Vrbanja ne postoji. U iscrpniju analizu manjih tektonskih pojava nije se ulazilo.

Na kraju je dana opća hidrogeološka analiza terena pa je osobito istaknuta uloga dolomitnih pojasa u formiranju prostora pogodnih za nakupljanje slatke vode.

LITERATURA

- Bassani, F., 1879: Vorläufige Mittheilungen über die Fischfauna der Insel Lesina, Verh. geol. R. A., Wien, 8, pp. 162-170, Wien.

- Gorjanović - Kramberger, C., 1892: Aigialosaurus, novi gušter iz krednih škriljeva otoka Hvara s obzirom na opisane jur lacertide Komena i Hvara. Rad JAZU, 109, pp. 1-28, 2 tab. Zagreb.
- Gorjanović - Kramberger, C., 1895: Fosilne ribe Komena, Mrzleka, Hvara i M. Libanona. Djela JAZU, 16 pp. 1-68, 12 tab. Zagreb.
- Milojević, B. Ž., 1927: Ostrvo Hvar. - Glasnik Geogr. društva, 13, pp. 205-220, Beograd.
- Salopek, M., 1927: Eocenska sinklinala na otoku Hvaru. Geogr. vestnik, pp. 95-103, 3 table, Ljubljana.
- Salopek, M., 1931: Eocenska sinklinala od grada Hvara do Dubovice, Rad JAZU, knj. 241., pp. 69-80, 2 table, Zagreb.
- Schuhert, R., 1909: Geologija Dalmacije, pp. 1-181, Zadar.
- Söhle, U., 1900: Geologisch-paleontologische Verhältnisse auf der Insel Lesina. Verh. geol. R. A., pp. 93-95, Wien.
- Söhle, U., 1901: Geognostisch-paläontologische Beschreibung der Insel Lesina. Jahrb. geol. R. A., 50, 1 Taf., pp. 33-46, Wien.
- Stur, D., 1891: Jahresbericht 1890. - Verh. geol. R. A., 1, pp. 1-24, Wien.

Zusammenfassung

M. HERAK

ZUR GEOLOGIE UND HYDROGEOLOGIE DER INSEL HVAR

Das Problem der Wasserversorgung der Insel Hvar hat ein grösseres Interesse für die geologischen Verhältnisse des zentralen Teiles dieser Insel erweckt. Die Untersuchungen wurden im Jahre 1956 durchgeführt. Über die Hauptergebnisse soll hier ganz kurz berichtet werden.

Stratigraphie:

I. *Die Dolomite.* Bisher glaubte man, es handle sich nur um einen Dolomithorizont, der älter als die Hauptmasse der Kalksteine sein sollte. In der Tat handelt es sich um zwei Horizonte: um einen an der Basis der gesamten Kreideablagerungen und um einen zweiten innerhalb der Kalksteine. Ausserdem gibt es grössere und kleinere Dolomitlinsen innerhalb jeder Kalkzone. Nach U. Söhle (1901) sollten die Dolomite, sowie die Fisch- und Pflanzenschiefer, der Unterkreide angehören. Inwieweit das für die Basalzone zutrifft, kann vorläufig nicht entschieden werden. Für den höheren Horizont (auch für die Fisch- und Pflanzenschiefer) trifft das jedenfalls nicht zu. Neue Fossilienfunde sprechen dagegen. In den Dolomiten südlich von Starigrad fand ich die Reste von *Chondrodonta joannae* Choffat. Diese Art kommt im dinarischen System teilweise im Cenoman, hauptsächlich aber im Turon vor. Wir haben es also mit den oberkretazischen (wahrscheinlich turonischen) Dolomiten zu tun.

II. *Kalksteine und Kalkschiefer.* Die erwähnte jüngere Dolomitzone kann sehr gut als eine Leitzone dienen. Unterhalb dieser kommt eine Kalkzone vor, in der vorläufig keine Fossilien gefunden worden sind. Doch, allem Anschein nach, gehören diese Kalke dem Cenoman an. Das dürfte auch wenigstens für einen Teil der Basaldolomite gelten. Wie tief sie in die Unterkreide greifen, bleibt vorläufig noch ungeklärt.

Für die sich im Hangenden der Chondrodonta-Dolomiten befindlichen Kalksteine mit Rudisten war es schon längst klar, dass sie dem Turon und dem Senon zuzählen sind. Problematisch war aber die Lage der Kalkschiefer (»Fisch- und Pflanzenschiefer«), die auf der Insel Hvar schon längst bekannt sind und stratigraphisch verschiedentlich aufgefasst wurden. G. Stache (nach D. Stur, 1891, S. 13) glaubte zwei Horizonte erkannt zu haben: einen innerhalb der Dolomite (die Dolomite wurden als ein Ganzes aufgefasst) und einen zweiten im engeren Zusammen-

hang mit den Rudistenkalken. F. Bassani (1879) glaubte, man habe es mit den Apt-Sedimenten zu tun. D. Gorjanović-Kramberger (1895) dagegen äusserte die Meinung, dass diese ichtyoferen Schiefer der Oberkreide (vielleicht dem Cenoman) angehören und demgemäss nur eine Fazies der Oberkreide darstellten. U. Söhle (1900) vertritt wieder die Meinung des unterkretazischen Alters dieser Sedimente. Ihm schliesst sich auch F. Kerner an (in Schubert 1909, S. 130).

Durch den Fund der *Chondrodonta joannae* in den Dolomiten, die im Liegenden der Fischschiefer vorkommen (Fundstelle südlich von Starigrad), sind wir in der Lage, endgültig D. Gorjanović-Krambergers Meinung zu unterstützen, doch nur mit Bezug auf den Gegensatz zwischen Unter- und Oberkreide. Die erwähnten Schiefer können aber nicht dem Cenoman angehören, sondern müssen auf jeden Fall jünger sein. Sie bilden eigentlich mit den Rudistenkalken eine Einheit, und die Unterschiede zwischen ihnen sind rein fazieller Natur. Deswegen sind sie in der beigelegten geologischen Übersichtskarte gemeinsam behandelt.

Zusammenfassend können wir die petrographisch-stratigraphische Folge der Kreideablagerungen auf der Insel Hvar folgendermassen darlegen (siehe die geol. Übersichtskarte): 1. Untere Dolomite von Pitve und Vrisnik, die oberhalb Selce enden. Die Schichtung ist sehr selten zu finden. 2. Kalksteine (mit Dolomitlinsen) im Liegenden der Chondrodonta-Dolomite. Im zentralen Teil der Insel umrahmen sie die unteren Dolomite. 3. Chondrodonta - Dolomite (mit etwas Kalk). Sie erstrecken sich entlang der Insel. Infolge der Antiklinalbildung unterscheiden wir im zentralen Teil der Insel zwei Zonen. Eine von ihnen erstreckt sich auf dem Rücken der Insel und die andere über Maslenica und Vrbanj bis Jelsa. Es ist vorläufig fraglich, ob auch die Dolomite um Starigrad und Vrbanske Rudine demselben Horizont angehören oder als Lateralfazies der Rudistenkalke zu deuten sind. 4. Rudistenkalke mit Kalkschiefer (teilweise auch Dolomitschiefer wie z. B. bei Vrbanske Rudine) bilden die äussere Umrahmung der Insel und sind sehr verbreitet. Die Kalkschiefer kommen nur stellenweise vor, besonders zwischen Vrbovska und Starigrad. Da verschiedene Horizonte in Mächtigkeit ziemlich variieren, ist es höchstwahrscheinlich, dass sie sich wenigstens teilweise verzahnen.

III. Ausser Kreidesedimenten finden wir auf der Insel Hvar auch paläogene und quartäre Bildungen. Die paläogenen Kalke, Brekzien und Flyschablagerungen finden wir bei der Stadt Hvar, bei Zarača und Sv. Nedjelja. Darüber hat ausführlich M. Salopek (1927, 1931) geschrieben. Die quartären (oder möglicherweise pliozänen?) Sande, ferner Terra rossa, Schotter und Schutt, sind hauptsächlich im Gebiet zwischen Jelsa, Pitve, Vrbanj, Vrbovska und Starigrad verbreitet.

Tektonik:

Nach U. Söhle (1901, besonders Profil V.) dürfte der tektonische Bau der Insel Hvar auf eine Anzahl von Falten zurückgeführt werden, wobei die Dolomite die Sättel und die Kalksteine die Mulden bilden sollten. Eine solche Auffassung konnte nur auf Grund der Annahme entstehen, dass nur ein Dolomit- und ein Kalkhorizont vorhanden seien. Der wahren stratigraphischen Folge gemäss können wir im zentralen Teil der Insel Hvar nur eine in verschiedenen Gebieten verschieden stark gegen Süden bewegte Antiklinale rekonstruieren. Der Raum zwischen Starigrad und dem Kap Dugi Rat stellt eine Sekundärfalte dar, während die Umgebung der Stadt Hvar viel stärker tektonisch beansprucht ist. Wegen der erwähnten ungleichmässigen Bewegung gegen Süden variiert am Südflügel der Hauptantiklinale das Einfallen der Schichten (normale Antiklinallage und Überkipfung). U. Söhle (1901, Prof. VI.) versuchte diese Erscheinung mit einer Verwerfung zu erklären. Für die Verwerfung sollte das Streichen der verschiedenen Zonen sowie starke Erdbeben im Vrbanj-Gebiet sprechen. Was das Streichen betrifft, haben wir nur auf die neue Karte zu verweisen. Im Gebiet von Pitve und Vrbanj gibt es kein Anzeichen einer grösseren Verwerfung. Auch die Erdbebenzone kann anders gewertet werden. Ungleichmässige Spannung der gefalteten Schichten könnte ähnliche Folgen ausüben. Eine stärkere inverse Verwerfung streicht an der Grenze zwischen Paläogen und Kreide nördlich der Stadt Hvar. Die Bohrungen haben gezeigt, dass die Kreide wenigstens stellenweise überschoben ist. Es gibt auch eine Anzahl kleinerer Verwerfungen und Brüche (besonders in der

Umgebung von Jelsa). Die meisten von ihnen weisen Querrichtung auf. Sie sind mehr für die hydrogeologischen als für die allgemeingeologischen Verhältnisse von Bedeutung. Deswegen wollen wir hier auf ihre eingehendere Erörterung verzichten.

Hydrogeologie:

Oberirdische Wasserläufe auf der Insel Hvar sind sehr selten und hauptsächlich periodisch. Dauerquellen im zentralen Teil der Insel sind nur Vir und eine kleine Quelle bei Vrisnik. Daneben können wir noch die Brackwasserquelle Slatina nennen. Verhältnismässig grössere Mengen von Grundwasser finden wir nur in den Quarzablagerungen zwischen Jelsa und Starigrad (besonders in der Umgebung von Jelsa).

Was die hydrogeologischen Verhältnisse der tieferen und höheren Teile der Insel betrifft, sind sie stark durch Dolomitzone beeinflusst. Die Durchlässigkeit der Dolomite ist unvergleichbar geringer als die Durchlässigkeit der Kalksteine. Sie können sogar, im Ganzen gesehen, undurchlässig sein, wenn ihre tektonische Lage günstig ist. Das ist gerade stellenweise der Fall auf der Insel Hvar. Die Dolomite am Rücken der Insel bilden eine undurchlässige Zone und damit bedingen sie eine normale Wasserscheide. Diese Dolomite nehmen äusserst geringe Mengen Wasser auf. Deswegen fliesst das Niederschlagswasser rasch oberflächlich ab. So können wir die Täler der periodischen Wildbäche bis auf den Rücken der Insel verfolgen.

Die Kalksteine sind stark durchlässig. Deswegen nehmen sie viel grössere Mengen Niederschlagswasser auf. In der südlichen Kalkzone kann dieses, sowie das von der Dolomitzone stammende Wasser unterirdisch unverhindert bis zum Meer gelangen. Nur ziemlich begrenzt verhindert dieses Abfliessen der paläogene Flysch um die Stadt Hvar. Dennoch ist das Mischen von Meer- und Süsswasser auch unterhalb des Flysches möglich. Deshalb bietet die ganze Südseite der Insel nur äusserst geringe Aussichten für eine reichere Wasserversorgung.

Die Verhältnisse nördlich der Wasserscheide sind viel verwickelter. Das Wasser in der angrenzenden Kalkzone hat nur zwei mögliche Richtungswege zum unterirdischen Abfliessen: gegen Osten entlang der Schichtfugen und Bruchklüfte und gegen Norden entlang der Querbrüche und kleineren Querverwerfungen. So entstand die kleine Quelle bei Vrisnik. Die im tektonischen Sinne zentrale Dolomitzone bei Pitve und Vrisnik ist im ganzen gesehen wieder undurchlässig. Deswegen ist in hydrogeologischer Hinsicht erst die nächste (nördliche) Kalkzone interessant. Diese Zone senkt sich von W gegen E bis zum Meeresniveau. Es ist besonders wichtig, dass sie beiderseits von Dolomiten umrahmt ist, in denen nur sehr begrenzte unterirdische Wasserwege möglich sind, und zwar nur entlang der Querbrüche und kleineren Querverwerfungen. Wegen der grossen Durchlässigkeit dieser Kalkzone, sammelt sich das Wasser, das in nördlicher Richtung von der Wasserscheide ober- oder unterirdisch abfliesst, in diesen Kalken an. Ausserdem nehmen sie auch das Niederschlagswasser auf. Die Speichermöglichkeit ist grösser als die des Abfliessens. Die bevorzugten Wege der unterirdischen Drenierung sind gegen Osten, der sinkenden Kalkzone entlang. Dass es auch Querwege in nördlicher Richtung gibt, zeigt uns besonders klar die Quellengruppe in Marijin Dol. Es handelt sich um periodische Überfallquellen im Grenzgebiet von Kalken und Dolomiten. Das Wasser kann nur durch Querrklüfte zufließen, die sich auch im Dolomitkomplex Maslenica-Vrbanj stellenweise in geringerer Anzahl vorfinden dürften, vor allem im Untergrund der Täler der periodischen Bäche. Nur so kann man das Znfliessen des Wassers aus der Kalkzone in die Quarzablagerungen von Starigrad und Jelsa erklären. Unter diesen Bedingungen entstand auch die Quelle Vir bei Jelsa. Nach allem gesagten ist es klar, dass die bevorzugten unterirdischen Wege innerhalb der in Erwägung gezogenen Kalkzone nach Osten führen müssen. Das war auch der Grund, warum man gerade bei Jelsa in den Quarzablagerungen die grössten Mengen Süsswasser erwarten durfte. Die von ing. N. Pauković projektierten Kaptage-Anlagen haben diese Annahme völlig bestätigt.

An der Basis des Quartärs sowie der Rudistenkalkle und Kalkschiefer zwischen Starigrad und Vrbovska befinden sich ebenfalls Dolomite, die viel weniger durchlässig sind als die Ablagerungen im Hangenden. Es handelt sich um ein ziemlich breites Gebiet mit sehr kleiner Neigung. Deswegen wird etwas Niederschlagswasser auch in diesem Raum gespeichert. Ausserdem, wie schon gesagt, dürfte etwas Wasser

auch durch die isolierten Wege der Dolomitzone zufließen. Zur Exploitation dieses Grundwassers sind mehrere Brunnenanlagen sowie eine kleine Wasserleitung (für Vrbovska) ausgebaut. Da die Möglichkeit einer Mischung mit dem Meereswasser besteht, sind die Aussichten für die Wasserversorgung sehr begrenzt. Das Wasser von Dračevica bei Vrbanske Rudine ist der gleichen Herkunft.

Was die nördliche Kalk- und Kalkschieferzone anbelangt, brauchen wir nur an die Verhältnisse der südlichen Zone zu erinnern. Das Wasser hat unbegrenzte Möglichkeit zum Abfließen und zur Mischung mit dem Meereswasser, weshalb keine Aussichten für reichere Wasserversorgung zu erwarten sind.

Primljeno (angenommen) 4. X. 1958.

*Geološko-paleontološki institut
Sveučilišta, Zagreb*

*Geologisch-paläontologisches Institut der
Universität, Zagreb*