

Geol. vjesnik	34	127—135	1 tabla	Zagreb, 1981
---------------	----	---------	---------	--------------

UDK: 551.49

Hidrogeologija Imotskog polja s osvrtom na značaj u regionalnom smislu

Luka BOJANIĆ, Darko IVIČIĆ i Veljko BATIC

Geološki zavod, Sachsova 2, pp 283, YU—41000 Zagreb

Sliv polja je izrazito asimetričan sa vodnim pojavama uzduž sjeveroistočnog ruba, a ponorima i rijetkim povremenim izvorima uzduž jugozapadnog ruba polja.

Najveći dio izvora su uzlaznog tipa i prihranjuju se iz karbonatnog područja prema sjeveru i sjeveroistoku. Jezera dobijaju i gube vodu preko dna i strana, osim Prološkog Blata, koji djelomično dobiva i gubi vodu površinski.

Kvartarne naslage polja vrše funkciju pretežno nepotpune barijere, te utječu na pojavu i režim vodnih pojava u polju, kao i na raspored i usmjeravanje podzemnih vodnih tokova u regionalnom smislu.

UVOD

Imotsko polje, jedan od prvorazrednih krških fenomena, privlačilo je odavna pažnju mnogih istraživača. Posjedujući sve karakteristike polja u kršu s naglašenim dinarskim elementom pružanja, ono sadrži vrlo interesantne i složene hidrografske i hidrogeološke odnose.

O polju postoji relativno dosta raznovrsnih podataka, ali smatramo da novim saznanjima treba upotpuniti sliku hidrogeoloških odnosa polja i njegov hidrogeološki značaj u regionalnom smislu.

Pored radova općenitog karaktera, koji su samo dotakli područje Imotskog polja (A. Grund, 1903, V. Daneš, 1904, J. Cvijić, 1926 i dr.), postoje radovi koji detaljnije obrađuju fizičko-geografsku i hidrološku problematiku Imotskog polja (J. Roglič, 1938 i 1954, M. Petrik, 1960). U radu »Hidrogeološke odlike delova terena Dalmacije, zapadne Bosne i Hercegovine«, Komatina (1967) je kompilacijski prikazao veći dio hidrogeoloških podataka poprativši ih komentarom. Zatim navodimo Osnovnu geološku kartu SFRJ, list Imotski M 1 : 100.000, publiciranu 1976. god. U novije vrijeme ovo područje je obuhvaćeno regionalnom hidrogeološkom studijom koja je predstavljala osnovu za izradu ovog prikaza. U toku izrade ove studije publiciran je rad o hidrogeološkim uvjetima zagađenja podzemnih voda u istraživanoj regiji (L. Bojanić, D. Ivičić & T. Ramljak, 1976).

OPĆE MORFOLOŠKE I GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE

Morfološke značajke

Imotsko polje je zatvoreni tip polja izduženog oblika, a proteže se u smjeru sjeverozapad-jugoistok. Dužina polja je oko 33 km, a širina različita i kreće se od 0,8 do 5,5 km. Nalazi se na nadmorskoj visini od 253—270 m. U regionalnom pogledu hipsometrijski predstavlja horizont u nizu polja koja se od Livanjskog i Duvanjskog polja stepeničasto spuštaju prema jugoistoku u smjeru doline i ušća Neretve.

Polje je blago nagnuto od sjeveroistoka prema jugozapadu i od sjeverozapada prema jugoistoku, što je jasno izraženo hidrografskom mrežom. Ističu se dva blaga uzvišenja: jedno južno od Prološca (selo Kolorvrti — Jukići), a drugo u jugoistočnom dijelu polja kod sela Otok. Obodni reljef uz uzdužni rub polja je strmiji i viši, posebno onaj uzduž sjeveroistočnog ruba; Uz sjeverozapadni rub je nešto niži, a najniži je uz jugoistočni rub polja.

Litostratigrafski sastav naslaga

Uz rub polja razvijene su stijene kredne starosti, dok u polju nalazimo naslage koje najvjerojatnije u cijelini pripadaju kvartaru.

U širem području sjeverozapadnog dijela terena nalaze se stijene paleogenske starosti.

Kreda

Najstariji vapnenci, koji se javljaju kod Runovića i uz jugoistočni rub polja kod Male Ploče, pripadaju donjoj kredi (K_1).

Na širem području, kada se nalaze u normalnom slijedu i odnosu, debljina im je procjenjena na oko 500 m.

U postupnom slijedu na ovim vapnencima leže dolomiti, dolomitični vapnenci i vapnenci ($K_{1,2}$). Nalazimo ih uz jugozapadni rub polja, kod Drinovaca, zatim od Gaja i Gruda prema sjeverozapadu preko Sovića do G. Vinjana.

U sklopu ovih naslaga konkordantno leže vapnenci s hondrodontama i rudistima ($K_2^{1,2}$). Izgrađuju rub polja kod Kamenmosta i Lokvičića, te kod Drinovaca i Blaževića. U nižim dijelovima to su tamnosivi do crni brečasti vapnenci, koji bočno prelaze u dolomitične vapnence i čiste dolomite. U višem dijelu u vapnencima dolaze ulošci dolomita.

Najmlađe kredne naslage su vapnenci razvijeni u području D. Vinjani — Imotski — Proložac i dalje u smjeru sjeverozapada. Obično su slabo uslojeni i masivni, a bogati su rudistnom faunom ($K_2^{2,3}$). Ukupna debljina ovih vapnenaca se ocjenjuje na oko 700 m.

Paleogen

Nalazimo ga u području Ričica i sjeverozapadno od Lokvičića, a zastupan je foraminiferskim vapnencima i sedimentima fliša.

Kvartar

Kvartarne naslage koje izgrađuju Imotsko polje sastavljene su od glina i lapora (jugoistočni dio polja) te pijesaka, šljunaka i glina pomješanih s crvenicom i humusom (sjeverozapadni dio polja).

O starosti ovih naslaga kao i onih koje se nalaze dublje u polju postoje različita mišljenja. Neki istraživači Katzer 1921, D. Anić, 1951—1953) izdancima lapora, pijesaka i glina pripisuju mladotercijarnu starost, smatrajući da su nastali u isto vrijeme kada i bosansko-hercegovački i neki dalmatinski tercijarni bazeni. Drugi pak istraživači (Roglić, J. 1938, Raić & Papeš, 1977) uvrštavaju ih u kvartar.

Koncem 1956 i početkom 1957. g. u Imotskom polju su izbušene tri bušotine i to jedna u blizini Vinarije (B-1, dubina 145 m) a ostale u jugoistočnom dijelu polja B-2, 105 m i B-3, 131 m). Bušotine su probušile žuti i sivi do tamnosivi glinoviti i pjeskoviti lapor, zatim glinu i pjeskovitu glinu s proslojcima pijeska. Raić i Papeš navode mikropaleontološku dokumentaciju na osnovi koje ove naslage uvrštavaju u pleistocen. Time se ovom bazenu isključuje neogenska starost i u odnosu na poznate tercijarne bazene u široj regiji postanak mu je nešto mlađi.

Strukturno-tektonski odnosi

Prema tektonskoj rajonizaciji provedenoj na listu Imotski osnovne geološke karte M 1:100.000 (Raić i dr. 1977), ovo polje je uvršteno u strukturnu jedinicu Imotski. Izgrađuju je naslage krede, paleogena i kvartara. Prema jugozapadu navučena je na strukturnu jedinicu Slivno, a duž sjeveroistočnog kontakta na nju je navučena strukturna jedinica Zavelim — Tribistovo.

U strukturnoj jedinici Imotski razvijen je veći broj antiklinala i sinklinala, od kojih su neke rasjedima djelomično reducirane (Lokvičić — Runovići) ili prevrnutе (Drinovci). Vrlo značajna je kredna antiklinala sjeveroistočno od Imotskog, koja se od G. Vinjana proteže prema jugoistoku do Sovića i Gruda.

Veći i značajniji rasjedi pružaju se u pravcu sjeverozapad-jugoistok. Posebno su izraženi u karbonatnom području izvan jugozapadnog ruba polja, te uz sjeveroistočni rub polja u području D. Vinjani — Proložac i u njegovom zaleđu. U hidrogeološkom smislu važni su rasjedi koji se od ruba polja protežu prema zaleđu u karbonatno područje, prvenstveno na području Imotski — Proložac — Lokvičić.

Karbonatni kompleks naslaga taložen u toku krede i paleogena prekidan je tektonskim pokretima. Koncem i u srednjem eocenu orogenetski pokreti dovode do stanovitog okopnjavanja kada se stvaraju boksiti. U srednjem eocenu nastupa transgresija, koja dovodi do stvaranja debelih naslaga klastita čija sedimentacija prestaje u donjem oligocenu. U toku mlađeg oligocena, a vjerojatno i starijeg miocena, kopno je bilo izloženo jakoj eroziji. U isto vrijeme dolazi do jačih radijalnih pokreta i do razlamanja prije formiranih strukturnih jedinica te stvaranja depresija u kojima se počinju taložiti slatkovodni sedimenti. Proces neravnomjernog spuštavanja bazena nastavlja se tokom cijelog miocena i početkom pliocena. To je uslovalo taloženje debelih naslaga lapora, laporovitih glina, glina i konglomerata.

Izdizanje planina započeto u pliocenu, nastavilo se i u pleistocenu, a u bazenima (Imotsko polje) se talože lapori, gline, pijesci i šljunci. U mlađem kvartaru nakon otapanja ledenjaka velike količine voda iz planinskih područja razarale su morenski materijal i snašale ga i deponirale u polju, kao aluvijalni nanos.

HIDROGEOLOSKI ODNOSI

Analizom geoloških, hidrogeoloških, hidrografskih i geomorfoloških podataka i pojava u Imotskom polju, dolazi se do slijedećih zaključaka: Najjuži dio polja između Kamenmosta i D. Glavine, koji vjerojatno sadrži i manju debljinu kvartara, dijeli polje u dva dijela od kojih svaki ima svoje specifičnosti. Sjeverozapadni dio polja ima različit litološki sastav i debljinu naslaga, te vrlo izraženu morfologiju dna — podlogu kvartara. Kod Vinarije kvartar je sastavljen od lapora i glina i debljina mu iznosi 145 m, dok idući prema sjeverozapadu dolaze u površinskom dijelu naslage šljunka pomiješane s nešto crvenice i pijeska. U krajnjem sjeverozapadnom dijelu debljina kvartara iznosi svega nekoliko metara, a uz rub jezera »Blato« na površini izbijaju izdanci vapnenca. Jugoistočni dio polja ima više-manje jednoličan sastav. Radi se pretežno o glinovito-laporovitim materijalima pomješanim sa pijeskom, šljunkom, kamenim kršjem i humusom, a najveća debljina kvartara utvrđena bušenjem kreće se od 102—131 m.

Uzduž sjeveroistočnog ruba polja postoje brojni stalni i povremeni izvori vode, dok duž jugozapadnog ruba polja nema stalnih izvora. Kod Zmijavaca ima nekoliko povremenih izvora, a u predjelu Runovića i uz rub Bijelog polja postoje ponori. Kvartarne naslage u većem dijelu Imotskog polja vrše funkciju barijere i imaju važnu ulogu u raspodjeli podzemnih voda koje iz zaleđa na sjeveru i sjeveroistoku gravitiraju polju.

Kroz Imotsko polje teče stalni vodotok Vrljika s kojom se spaja povremeni tok Jaruga nastavak Suvaje, koja povremeno unosi velike količine vode u Imotsko polje. Ovaj zajednički vodotok nizvodno od Kamenmosta se naziva Matica koja u dnu Bijelog polja dijelom ponire u ponor Šajnovac, dok se veći dio vode evakuira tunelom u smjeru doline Tihaljine. U središnjem dijelu polja izrađeni su kanali kojima se u fazi velikih voda i poplava odvodi voda u Vrljiku i Maticu. Od Grudskog vrela postoji povremeni vodotok do ponora uz južni rub polja kod Zelenikovca (južno od Gruda).

Za vrijeme maksimalnog kapaciteta izvora i velikih voda vodotoka Vrljike i Suvaje, te zbog malog gradijenta nagiba polja, dolazi do plavljenja nekih dijelova polja.

Pojave izdanaka podzemnih voda uz sjeveroistočni rub polja vezane su na nekoliko lokaliteta. To je područje Prološkog Blata, izvorište Vrljike, izvori kod Donjih Vinjana, izvori na potezu Gorica — Grude, te Imotska jezera i Drinovačka Krenica. Najznačajniji izvori su oni koji čine izvorište Vrljike. Među njima je najveći Opačac, koje se nalazi uz desnu stranu Vrljike, udaljen oko 60 m od ruba polja. Izvire sifonski, a betonskim propustima ograđeno jezero ima promjer oko 25 m. Na njemu je ostvaren zahvat za vodoopskrbu Imotskog i sela Prološca, dijela Glavine i D. Vinjana, te za potrebe Vinarije. Minimalna izdašnost ovog izvora se kreće

oko 1200 l/sek, a zajedno sa ostalim izvorima u blizini oko 1500 l/sek. Srednja izdašnost izvora mjerena u periodu 1960/61 — 1962/63 iznosila je oko 7 m³/sek, dok se temp. vode kretala od 10—11° C.

Neposredno uzvodno od Opačca sa lijeve strane rijeke nalazi se izvor Jauk s vrlo velikim oscilacijama, tako da za dugotrajnih suša skoro potpuno presuši. Na istoj strani nekoliko desetaka metara uzvodno, za vlažnog dijela godine uz rub korita Vrljike na više mjesta izvire voda.

Cca 500 m sjeverozapadno od izvora Opačac nalazi se izvorište Utopišće minimalne izdašnosti oko 200—250 l/sek. Glavnina vode izvire iz dva jezerca, i pored njih nalazi se još nekoliko manjih izvora.

Uz rub polja zapadno od Zdilara, u crvenici postoje dva jezerca s vodom pod imenom »Jezerine« ili »Zdilarova oka« na međusobnoj udaljenosti oko 4 m, i promjera 42—44 m. Dubina gornjeg oka je 12,7 m a donjeg 6 m. Iz gornjeg jezera voda jedva primjetno otiče plitkim jarkom u donje, a iz njega manjim potočićem u Dragu.

Sjeverozapadno od Jezerina je povremeni izvor Duboka Draga iz kojeg pri maksimalnom kapacitetu izvire nekoliko m³/sek. U neposrednoj blizini nalazi se još nekoliko manje značajnih povremenih izvora koji se pojave kratkotrajno poslije intenzivnijih i dugotrajnih oborina.

Prološko Blato, malo jezerce uz njega — Krenica, te jezera u velikim i dubokim vrtačama Galipovac, Lokvičić i Knezović čine jedan sistem čiji se nivo vode nalazi na koti od 261 do 266 m. Oscilacija nivoa vode u njima iznose nekoliko metara. Petrik navodi da su najmanje oscilacije kod Knezovića jezera i da amplituda iznosi 1,5 m. Nešto drugačiji uzroci promjene razine vode su kod Prološkog Blata, jer on dobija vodu osim po dubini i površinski preko povremenog vodotoka Suvaje. Najveća izmjerena dubina iznosi oko 34 m, a amplituda nivoa vode oko 5,0 m. Malo jezerce — Krenica promjera oko 170 m i dubine 4,5 m kojeg za vrijeme poplave prekrije voda, za sušnog razdoblja stalno ima vodu koja je na nešto višoj koti (relativna razlika oko 2,5 m) od vode u jezeru »Blato«. Vjerojatno se radi o udubljenju u kvartaru sa zamuljenim dnom koje nije povezano sa vodom Blata i drugih jezera, kao što to navodi i Petrik. Isti autor misli da voda u oba jezera dotiče odozdo prema gore kroz dna i sa strane ponikava, dok se na sličan način vrši i oticanje.

Izvan polja, u neposrednoj blizini grada Imotski nalaze se u krednim vapnencima rijetki prirodni fenomeni Crveno i Modro jezero. Voda se nalazi u dubokim vrtačama vrlo strmih strana i ima velike oscilacije nivoa. Iako se nalaze na udaljenosti oko 1 km, amplituda nivoa Modrog jezera je neuporedivo veća od amplitude Crvenog jezera. Komatina (1967) navodi da je najniži vodostaj u Modrom jezeru niži od kote 239, budući da jezero ponekad presuši, dok je u Crvenom jezeru taj nivo na koti 252 m. Kota najvišeg izmjerenog vodostaja u Modrom jezeru je 342 m, a u Crvenom jezeru 274,5 m. Najveća oscilacija nivoa vode je kod Modrog jezera i iznosi oko 103 m.

Iz odnosa kota izvora Opačac i minimalnih nivoa vode registriranih u jezerima proizlazi, da se nivo vode u Modrom jezeru spusti za oko 30 m, a u Crvenom jezeru za oko 15 m ispod kote Imotskog polja (kod Opačca). Maksimalni nivoi vode u jezerima iznose od 6,5 m (Crveno jezero) do 74 m (Modro jezero) iznad kote Imotskog polja.

Dalje Petrik (1960) navodi da je 12. srpnja 1955. godine pri razini vode na koti 254,6 izmjerena dubina vode u Crvenom jezeru iznosila 250,5 m a dno samo 4,1 m iznad nivoa mora, što ne mora značiti i stvarnu dubinu jezera.

Različite oscilacije vodostaja u Modrom i Crvenom jezeru, pa i u drugim jezerima uz sjeverozapadni rub polja, iako se nalaze u stijenama istih hidrogeoloških osobina, M. Petrik i J. Roglič tumače »različitim kapacitetom putova koji spajaju jezera s podzemnim vodnim tokovima«.

Osnovni zaključak za sva jezera u okolici Imotskog je da gube vodu isključivo podzemnim putevima. Iznimka je kod Prološkog Blata čije vode kod visokih vodostaja dijelom površinski otiču u rijeku Vrljiku.

U selu D. Glavina postoji uz rub polja povremeni izvor Jažva. Na glavnom izvoru je izgrađen bunar, dok za visokog podzemnog vodostaja u blizini bunara još na nekoliko mjesta izvire voda. Prema usmenoj predaji, za koju Petrik navodi da bi mogla biti točna, Jažva dobija vodu iz Crvenog jezera, jer kada se nivo vode spusti na kotu koja odgovara koti izvora Jažve, ovaj izvor presuši.

Uz rub polja kod D. Vinjana nalazi se niz manjih povremenih izvora, koji za velikih voda poplave neposredni dio polja. Voda izvire najvjerojatnije uzduž rasjedne zone, gdje kvartar polja ima ulogu barijere.

Dalje rukom prema jugoistoku nalaze se izvori Pišci kod Gorice i Grudsko vrelo. Izvor Pišci je stalno kaptirano vrelo u osulinskom materijalu uz rub polja. Malog je kapaciteta ispod 1 l/sek s malim oscilacijama, a vodu dobija iz sipara u neposrednom zaleđu.

Grudsko vrelo se nalazi uz rub polja, a voda izvire u vapnencima iz nekoliko jama na potezu od 60 m. Uzlaznog je tipa i u sušnom periodu voda se povuče u jamu na dubinu od oko 30 m, te se poslije prvih jačih kiša voda izlije na površinu. Riješenje hidrogeoloških odnosa i prijedlog da se kaptira ovaj izvor dali su Fritz i Pavičić (1971). Nakon što je »Geofizika« iz Zagreba izvršila ispitivanja i istražna bušenja izvor je kaptiran za vodoopskrbu Gruda. Za vrijeme aktivnosti vrela iz njega ističu velike količine vode koja otiče vodotokom prema jugoistoku do grupe ponora ispod Zelenikovca (južno od Gruda). Bojenjem najvećeg među njima, Mrke stine dobijena je podzemna veza sa vrelom Klokun kod sela Klobuk u dolini Tihaljine.

U jugoistočnom dijelu polja na lokalitetu zvanom Kongora u kvartaru se nalazi jezerce Krenica promjera oko 300 m, ljevkastog oblika i dubine oko 45 m. Voda najvjerojatnije dotiče kroz dno za koje se pretpostavlja da je kamenito. Oscilacije nivoa vode iznose nekoliko metara, a za maksimalnog nivoa voda iz jezera otiče manjim kanalom do južnog ruba polja gdje ponire u vapnencima.

U kvartaru Imotskog polja ima više vodonosnih horizonata koji sadrže vodu. To potvrđuju postojeći bunari i bušotine koje su probušile litološke članove različitih hidrogeoloških svojstava, u izmjeni. Osnovni materijal je lapor i glina s lećama i proslojcima pijeska i šljunka.

HIDROGEOLOŠKI ZNAČAJ IMOTSKOG POLJA U REGIONALNOM SMISLU

Prema podacima simultanog mjerenja vodostaja na vodnim pojavama u području Imotski — Proložac, koja je od 1955 do 1958 godine u razna godišnja doba izvršio M. Petrik, prostornom i hipsometrijskom položaju ovih pojava, te drugim hidrološkim i hidrogeološkim pokazateljima, može se reći da su hidrogeološki odnosi u Imotskom polju vrlo složeni. Jednako tako složena je i hidrogeološka funkcija polja u regionalnom smislu.

Već su raniji istraživači (Roglić, 1938. i Petrik, 1960) zapazili da pojedine vodne pojave, pa i one koje se međusobno nalaze na maloj razdaljenosti, imaju različiti hidrološki režim. Međutim ne može se prihvatiti mišljenje da su hidrogeološki međusobno izolirane i da među njima ne postoji veza, odnosno da svaka vodna pojava ima svoje porijeklo i vlastiti sliv. Najvjerojatnije neke od ovih vodnih pojava imaju zajedničko porijeklo gdje voda razgranatim kanalima i pukotinama pritječe i hrani ove vodne pojave. Kapacitet ovih podzemnih puteva koji dovode vodu i različiti kapacitet kanala i pukotina kojima voda dalje podzemno otječe, glavni je uzrok nejednakog režima kojeg manifestiraju ove vodne pojave.

Jedan od osnovnih hidrogeoloških problema je određivanje sliva Imotskog polja, koji je potpuno asimetričan. Skoro svi izvori se prihranjuju podzemnim vodama sa sjevera i sjeveroistoka. Hidrogeološki odnosi bližeg i daljnjeg zaleđa vrlo su složeni. Područje je izgrađeno od propusnih i nepropusnih stijena s vrlo kompliciranim tektonskim odnosima. Vrlo značajnu hidrogeološku ulogu imaju prominske naslage Zavelima, naslage eocenskog fliša Vira i Ričica, miocenske laporovito-vapnene naslage Posušskog polja, te dolomitno-vapnenačka antiklinala na potezu G. Vinjani — Gorica. Ove naslage u terenu vrše funkcije barijera i regionalnog usmjerivača podzemnih voda prema erozionim bazama — Imotskom polju i moru. Međutim, vapnenci zaleđa su razlomljeni i vrlo okršeni, i za vodu dobro propusni.

Podzemne veze između ponora u Roškom i Rastovačkom polju i izvora u Imotskom polju (Opačac, Grudsko vrelo) dokazane su bojanjem.

Podzemne vode na svom putu, ili prolaze ispod nekih od prije navedenih barijera ili njihovih dijelova, ili ih zaobilaze preferirajući puteve koji su najčešće predisponirani tektonikom i višim stupnjem okršavanja.

Nemoguće je za sada govoriti o slivnom području pojedinih grupa izvora u Imotskom polju, ali se može na temelju poznatih hidrogeoloških i tektonskih elemenata pretpostaviti da podzemne vode područja istočno i jugoistočno od linije Posušje — Tribistovo izviru uz rub jugoistočnog dijela Imotskog polja. Podzemne vode pak iz područja zapadno i sjeverozapadno od spomenute linije, prihranjuju izvore Imotskog polja na potezu od D. Vinjana do Lokvičića uključujući i Imotska jezera. Postavlja se pitanje u kojoj mjeri je kvartar Imotskog polja odigrao ulogu hidrogeološke barijere? Hidraulička svojstva Proložskog Blata, hidrološka situacija Crvenog i Modrog jezera, režim Grudskog i ostalih vrela, te debljina i sastav kvartarnih naslaga polja neosporno govore da »kvartar« polja na čitavom području ne predstavlja kompletnu barijeru. Svojstvo nepotpune (viseće) barijere u prvom redu ima sjeverozapadni dio Imotskog

polja oko Prološkog Blata, suženi dio polja između Kamenmosta i Glavine, te jugoistočni dio prema rubu polja (Drinovci). Takva geološka građa i hidrogeološki odnosi u polju uvjetovali su da jedan dio podzemnih voda iz zaleđa polja ne izbija na površinu na horizontu Imotskog polja, već otiče ispod i mimo polja u smjeru nižih polja i mora. Također i dio vode iz jezera podzemno otiče prema nižoj erozionoj bazi. Tako Petrik, na osnovi mjerenja na Crvenom jezeru, navodi da je gubljenje vode iz jezera oko 80 l/sek, a na Modrom jezeru oko 60 l/sek pri nivou od 250 m nad morem, odnosno 500 l/sek kad je nivo vode u jezeru oko visine 280 m.

Najveći dio voda koje izvire na horizontu Imotskog polja otiče Vrljicom i drugim površinskim tokovima do ruba jugoistočnog dijela polja gdje ponire, a dio se odvodi tunelom prema dolini Tihaljine.

Podzemne vode koje teku ispod i mimo sjeverozapadnog dijela Imotskog polja, te preko skupine jezera u području Prološkog Blata i Imotskih jezera, otiču podzemno prema moru. Gotovo je sigurno da veliki dio vode protičući kroz razlomljene i okršene vapnence u smjeru morske uvale Vrulje, snažno izvire u vrulji na dubini od 38 m.

ZAKLJUČAK

Imotsko polje sa svojim karbonatnim rubnim područjem, predstavlja izuzetan krški fenomen. Kao zatvoreni tip polja sa vlastitom hidrografskom mrežom, ono ima specifične morfološke i hidrogeološke karakteristike koji su se manifestirali sa raznovrsnim hidrogeološkim pojavama.

Prema rezultatima istražnog bušenja, naslage polja su kvartarne starosti sastavljene pretežno od lapora, glina, pijesaka i šljunaka. Pomanjkanje neogenskih naslaga, koje su prisutne u mnogim tercijarnim bazenima u široj regiji, upućuje da je postanak ovog polja nešto mlađi.

Sjeverozapadni i sjeveroistočni rubni dio polja izgrađen je od okršenih i dobro propusnih vapnenaca u kojima su razvijene velike i duboke vrtače od kojih neke imaju funkciju kao stalna ili povremena jezera. Jugozapadni i jugoistočni rubni dio polja dijelom je izgrađen od dolomita i dolomitičnih vapnenaca sa dosta skromnim razvojem krških fenomena.

Sliv polja je izrazito asimetričan, tako da uzduž sjeveroistočnog ruba polja postoje brojni izdanci podzemnih voda (izvori, jezera). Uzduž jugozapadnog ruba izvori su vrlo rijetki i povremeni, a u krajnjem jugoistočnom dijelu nalaze se ponori (Šajnovac).

Analizom hidrogeološkog režima pojedinih skupina izvora i jezera (Prološko Blato sa okolnim jezerima, izvorište Vrljike, Imotska jezera i dr.) zaključuje se da se svi prihranjuju iz karbonatnog područja na sjeveru i sjeveroistoku, te da im je barem dio sliva zajednički. Međusobni odnosi, visinska razlika nivoa vode u pojedinim jezerima, te položaj i visinske kote izvora, ukazuju na vrlo složene hidrogeološke odnose. Oni su rezultat duboke okršenosti terena, razvoja privilegiranih podzemnih vodnih puteva, te različitog kapaciteta pukotina i kanala koji dovode i odvode podzemno vodu iz jezera. Velika većina izvora su uzlaznog tipa, a sva jezera dobijaju vodu preko dna i nižih dijelova strana. Također i gube vodu podzemnim putevima, osim Prološkog Blata, čije vode za visokih vodostaja dijelom površinski otiču u Jarugu odnosno Vrljiku.

Od svih izvora u Imotskom polju kaptirani su za vodoopskrbu samo Opačac i Grudsko vrelo.

Jezero Krenica kod Drinovaca, smješteno je u kvartaru, a dobija vodu preko kamenitog dna, što znači da debljina kvartara ovdje iznosi oko četrdesetak metara.

Hidrogeološki uvjeti Imotskog polja utječu na hidrogeološke i hidrografske odnose u širem području. Kvartarne naslage polja, zbog svoje funkcije pretežno nepotpune barijere, utječu na vodne pojave u polju, ali i na oticanje podzemnih voda ispod i mimo kvartarne barijere u smjeru nižih krških polja i mora.

Primitljeno: 25. 6. 1980.

LITERATURA

- Anić, D. (1951—1953): Starost naslaga sa smeđim ugljenom u Bosni, Hercegovini i Dalmaciji. *Geološki vjesnik*, 5—7, Zagreb.
- Bojanić, L. & Ivičić, D. (1974): Vodoistražni radovi na području Posušja. Fond str. dok. Geološkog zavoda, br. 5535, Zagreb.
- Bojanić, L., Ivičić, D. & Ramljak, T. (1976): Hidrogeološki uvjeti zagađenja podzemnih voda u području D. Brela — Ploče — Čapljina — Ljubuški — Imotski. Simpozij Ekološko valoriziranje primorskog krša, Split.
- Cvijić, J. (1926): *Geomorfologija*, 2, Beograd.
- Daneš, J. V. (1905): *Uvodi dolni Neretvy*. Prag.
- Fritz, F. & Pavičić, A. (1971): Hidrogeološka prospekcija šireg područja Grude — Gorice. Fond str. dok. Geol. zav. br. 5122, Zagreb.
- Grund, A. (1903): Die Karsthydrographie. Studien aus Westbosnien. *Pencks Geogr. Mit* 7, 3, Leipzig.
- Herak, M., Bahun, S. & Magdalenić, A. (1969): Pozitivni i negativni utjecaji na razvoj krša u Hrvatskoj, *Krš Jugoslavije, JAZU*, 6, 45—78, Zagreb.
- Katzer, F. (1909): *Karst und Karsthydrographie*. Sarajevo.
- Katzer, F. (1921): Die fossilen Kohlen Bosniens und der Hercegovina, I, II. Sarajevo.
- Komatina, M. (1967): Hidrogeološke odlike delova terena Dalmacije, zapadne Bosne i Hercegovine. Beograd.
- Petrik, M. (1960): Hidrografska mjerenja u okolici Imotskog. *Ljetopis JAZU* 64, Zagreb.
- Poljak, J. (1956): Stručno geološko mišljenje o mogućnosti akumulacije vode na području rijeke Ričine — Tihaljine — Trebižata. Fond stručnih dok. Geološkog zavoda, br. 2779, Zagreb.
- Raić, V., Ahac & Papeš, J. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ, list Imotski M 1:100.000, Beograd.
- Roglić, J. (1938): Imotsko polje. (Fizičko-geografske osobine). *Posebno izdanje Geogr. društva*, 21, Beograd.
- Roglić, J. (1954): Polja zapadne Bosne i Hercegovine. *III kongres geografa Jugoslavije*, Geografsko društvo NR BiH, Sarajevo.
- Sakač, K. & Jović, P. (1958): Bušenje mladotercijarnih naslaga u Imotskom polju. Fond str. dok. Geološkog zavoda, br. 2965, Zagreb.

Contribution to the hydrogeology of the Imotsko Polje (Croatia) with reference to its regional significance

L. BOJANIĆ, D. IVIČIĆ, V. BATIĆ

The Imotsko polje, with its marginal carbonate area, is an outstanding karst phenomenon. As a typical karst polje with its own hydrography, it displays various morphologic and hydrogeologic characteristics that result with heterogenous hydrogeologic phenomena. The present feature of the polje is the result of geologic evolution processes that have taken place in this area, particularly those from the recentmost geologic history.

Exploratory drilling data show that the polje is filled with Quaternary deposits consisting mainly of clays, sand and gravel. The absence of Neogene deposits, found in many tertiary depositional basins within a larger region, points to a rather young origin of this polje.

The lithology and thickness of the Quaternary deposits are very various causing diverse hydrogeologic function of this lithostratigraphic unit. Most of the Quaternary has the function of a hanging barrier to ground-water flow and only a minor part of it is a full underground barrier.

The northwestern and northeastern borders of the polje are composed of karstified and very permeable limestones where large and deep ponikvas (dolines, sinkholes) are developed. Some of them permanent or intermittent lakes. Southwestern and southeastern marginal areas of the polje are built of dolomites and dolomitic limestones with poorly developed karst phenomena.

The drainage of the polje is conspicuously asymmetric — ground water emerges (springs, lakes) on many sites along the northeastern border of the polje, while there are no springs or they are rare along its southwestern flank, with ponors or shallow holes (Šajnovac) at its extreme southeastern part.

By studying the hydrologic regimen of several groups of springes and lakes (Prološko Blato with neighboring lakes, spring of the Vrljika river, lake of Imotski etc.) it may be concluded that all they are recharged the carbonate rocks at the north and northeast and that it is impossible to divide drainage areas or that at least a part of the area may be drained toward all these springs and lakes. Interrelations, water level altitudes in the lakes, as well as the sites and altitudes of the springs are consequences of very complex hydrogeologic conditions. They are the result of a deep and very strong karstification, of the development of underground flow conduits, and of different flow capacity of fissures and caverns recharging or draining the lakes. A greater part of the springs are ascending and all the lakes receive their water from lower portions of lake bottoms. All the lakes are drained sub-surfacely. The only exception is the Prološko Blato from which water, during high stages, flows out superficially into the Jaruga river or the Vrljika river.

Out of all the springs of the Imotsko polje, only the Opačac and Grudsko vrelo are intaken for water supply.

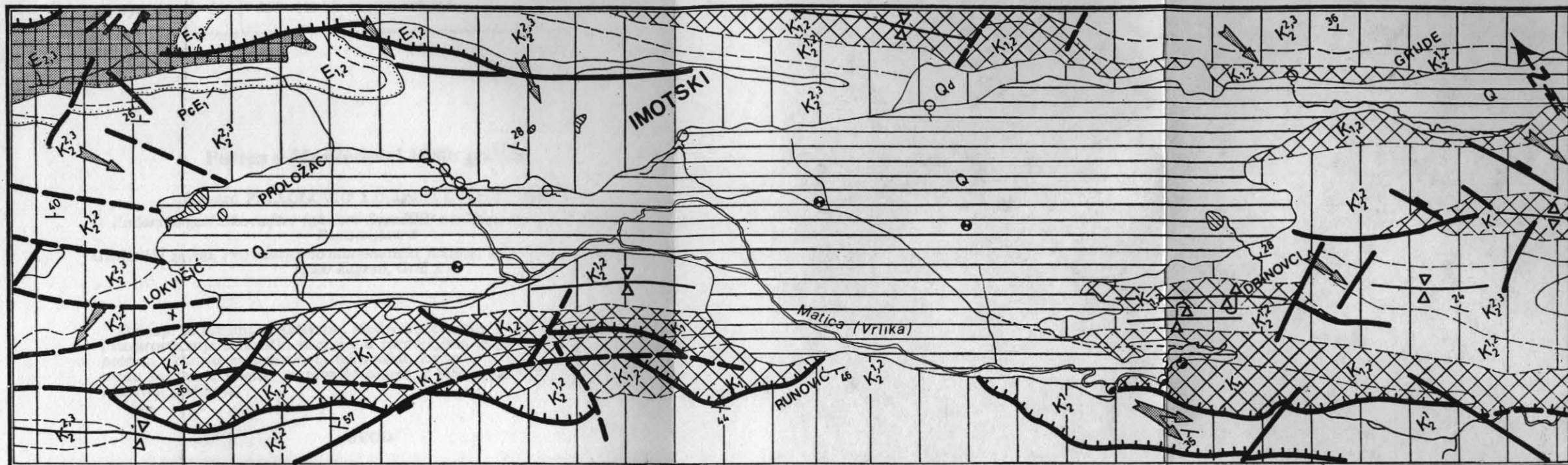
The Krenica spring, near Drinovci, situated within the Quaternary deposits, is of fannel-like type, 45 meters deep and permanent. It is recharged from its rocky bottom that reveals the Quaternary deposits thickness to be about 40 meters.

During high spring discharges and stream stages (Suvaža, Vrljika) some portions of the polje is inundated because of a gentle slope of the polje (of its plain).

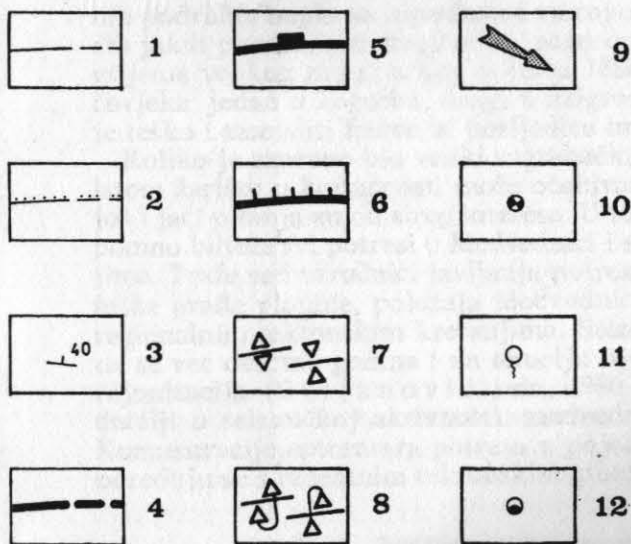
Hydrogeologic conditions of the Imotsko polje affect the hydrogeologic and hydrographic conditions of a wide area. The Quaternary deposits, because of its role as a mostly partial underground barrier, affect the appearance and regimen of water phenomena in the polje. Ground water flows under or beside the Quaternary barrier that directs the water toward karst poljes and the Adriatic sea.

HIDROGEOLOŠKA KARTA IMOTSKOG POLJA

HYDROGEOLOGIC MAP OF THE IMOTSKO POLJE



LEGENDA - LEGEND



PROPUSNOST PERMEABILITY	STRATIGRAFSKE OZNAKE I LITOLOŠKI SASTAV STRATIGRAPHIC SYMBOLS AND LITHOLOGY	HIDROGEOLOŠKA FUNKCIJA HYDROGEOLOGIC FUNCTION
Naizmjenične osobine stijena <i>Variable characteristics of rocks</i>	Q Glina, pijesak, šljunak <i>Clay, sand, gravel</i>	Nepotpuna barijera <i>Partial barrier</i>
Djelomično nepropusne stijene <i>Partially impermeable rocks</i>	K _{1,2} , K ₁ Dolomit i dolomitični vapnenac <i>Dolomites and dolomitic limestones</i>	Relativna barijera <i>Relative barrier</i>
Nepropusne stijene <i>Impermeable rocks</i>	E _{2,3} Lapor i pješčenjak s konglomeratima, brečama i vapnencima <i>Marl and sandstone with conglomerates, breccias and limestones</i>	Potpuna barijera <i>Full barrier</i>
Propusne stijene <i>Permeable rocks</i>	Q, E _{1,2} , PcE ₁ , K _{2,3} , K _{1,2} , K ₁ Sipar, vapnenci, breče, lokalno dolomiti <i>Talus, limestones, breccias, partially dolomite</i>	Propusno područje <i>Permeable area</i>

Podzemne barijere
Underground barriers

1 Geološka granica, utvrđena ili pretpostavljena - *Geologic boundary, proved or uncertain*; 2 Erozijsko-transgresivna granica - *Erosional boundary*, 3 Položaj sloja - *Position of beds*; 4 Normalan ili neodređen rasjed - *Normal or undefined fault*, 5 Rasjed s oznakom spušenog bloka - *Fault with symbol showing downthrow block*; 6 Reversni rasjed - *Reverse fault*; 7 Antiklinala ili sinklinala - *Anticline or syncline*, 8 Prevrnuta antiklinala ili sinklinala - *Overtaken anticline or syncline*; 9 Smjer kretanja podzemnih voda - *Direction of ground-water flow*; 10 Istražna bušotina - *Exploratory borehole* 11 Glavni izvor - *Main spring*; 12 Ponor - *Swallow-hole*.