

Geol. vjesnik	30/	665—676	Zagreb, 1978
---------------	-----	---------	--------------

553.98(091)(497.1)

## Razvoj geologije nafte u SR Hrvatskoj od 1951—1976. god.

Velimir KRANJEC<sup>1</sup> i Josip VUGRINEC<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut za primijenjenu geologiju i mineralne sirovine,  
Rud.-geol.-naftni fakultet, Pierottijeva 6, YU—41000 Zagreb

<sup>2</sup> INA-Naftaplin, Proleterskih brigada 18, YU—41000 Zagreb

Istraživanje i proizvodnja nafte i plina predstavljaju relativno mlade grane znanosti i industrije u SR Hrvatskoj i SFR Jugoslaviji. Prije II Svjetskog rata istraživanja su obavljali pretežno stranci, Nijemci i Mađari, a proizvodnja je iznosila svega oko 1.000 tona nafte godišnje.

Prvo plinsko polje u Jugoslaviji bila je Bujavica kraj Lipika (otkriveno 1918. god.), dok je prvo naftno i plinsko polje bilo Gojlo na obodu Moslavačke gore (otkriveno 1930. god.). Istina, već u prošlom stoljeću nafta je eksploatirana u našoj zemlji kod Peklenice u Međimurju i Paklenice-Mikleuške u Moslavini, ali jednostavnim rudarskim postupcima. Tako su, uz pomoć rovova i nekoliko dubljih okana te relativno plitkih bušotina, dobivene skromne količine. Mala je proizvodnja ostvarena 1939. i 1940. god. i u Bosni, u Požarnici kraj Tuzle. Računa se da je u svim našim krajevima od 1885—1940. god. izrađeno oko 190 bušotina sa cca 70.000 metara istražnog bušenja i proizvedeno svega 15.000 tona nafte i 40 mil. Nm<sup>3</sup> zemnog plina.

U predratnim godinama nisu postignuti neki veći uspjesi i nije bilo osobitog interesa. Inače, nešto više koristio se plin, za proizvodnju čađe, za rasvjetu željezničkih vagona i u neke druge svrhe.

Poslije Oslobođenja prilike su se izmijenile, ali u prvim godinama nije bilo dovoljno ni novca ni stručnjaka. Međutim iz naših fakulteta izlazili su sve brojniji inženjeri istraživači, geolozi, geofizičari, bušači i oni koji rade na pridobivanju. Tako su jačale i domaće organizacije za istraživanje i proizvodnju nafte i plina. I slijedili su sve veći rezultati.

### UVOD

Razvoj geologije nafte u nas je relativno brz i velik. On je prisno vezan s napretkom naše industrije nafte, koja se zapravo tek poslije II Svjetskog rata razvila od proizvođača simboličnih količina kapljevitih i plinovitih ugljikovodika u razmjerno značajnog proizvođača. Upravo sve veći zahtjevi za tim važnim energetske i petrokemijske sirovinama tražili su detaljnije poznavanje geoloških prilika naših perspektivnih područja, a to znači da su utjecali i na širu primjenu i unapređenje pojedinih metoda geoloških i geofizičkih istraživanja terena te odnosnih ispitivanja i kontrole u bušotinama, kao i na usavršavanje opreme. Tako je došlo i do povećanja broja, kvalitete i specijalizacije istraživačkih kadrova.

U SR Hrvatskoj taj je razvoj jači nego u drugim našim republikama, jer ona ima nekoliko naftoplinoznih ili potencijalnih područja, a prednjači i udjelom u dosad ostvarenoj proizvodnji nafte.

Već tri desetljeća dobiva se u Hrvatskoj skoro 3/4 ukupne godišnje proizvodnje nafte u Jugoslaviji. Do pred nekoliko godina tako je bilo i u pogledu proizvodnje prirodnog plina, no sada se ostvaruje nešto manje od polovice godišnje jugoslavenske proizvodnje plina.

INA-Naftaplin, sa sjedištem u Zagrebu, najveća je naša radna organizacija koja se izravno bavi istraživanjem i proizvodnjom. Među ostalim stručnjacima, u njoj je zaposleno i najviše geologa. No u domeni istraživanja treba istaknuti usku i uspješnu suradnju te organizacije s više poduzeća i institucija u zemlji i inozemstvu: iz SR Hrvatske to je u prvom redu Geofizika — Zagreb, zatim Industroprojekt (bivši Institut za naftu) — Zagreb, Institut za geološka istraživanja — Zagreb, Oceanografski institut — Split, Brodospas — Split, Rudarsko-geološko-naftni fakultet i Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu; od domaćih organizacija iz drugih republika spominjemo Naftagas — Novi Sad, Geološki zavod — Beograd, Geološki zavod — Ljubljana, Geološki zavod — Titograd, Geološki zavod — Sarajevo i Energoinvest — Sarajevo.

U proteklom razdoblju naši istraživački kadrovi nisu radili samo u Jugoslaviji, nego se nastojalo prodrijeti i u inozemstvo. U nekoliko navrata stečena su vrijedna iskustva i lijep ugled. Oni su se pokazali ravnopravnim s kompanijama iz najrazvijenijih zemalja, prigodom istražnih bušenja u Siriji, Jordanu, Egiptu, na Cipru i u Bangladešu. Predstoji angažiranje u još nekim stranim zemljama.

Ali svratimo sada pozornost na dosadašnji razvoj i perspektive istraživačke djelatnosti u SR Hrvatskoj.

Zahvaljujući istraživanjima nafte i plina došli smo do mnogo vrijednih saznanja, osobito o litološkom sastavu i geološkoj građi u podzemlju. Potaknuta i pomagana su mnoga osnovna geološka proučavanja. To će se razabrati u nastavku, u kojem dajemo prvo (1) pregled istraživanja pojedinih predjela s naglaskom na novija usmjeravanja i proširenja radova u daljnje potencijalne prostore, a zatim (2) osvrt na značajne doprinose geologije nafte i plina u fundamentalnom geološkom smislu, hidrogeološkom i drugom pogledu.

#### 1. PREGLED ISTRAŽIVANJA U POJEDINIM PREDJELIMA S NOVIJIM TENDENCIJAMA

Proizvodna polja u SR Hrvatskoj zasad su poznata samo u predjelima Panonskog bazena i tamo je najveća koncentracija istražne aktivnosti. No nakupljanja nafte i plina naziru se posljednjih godina u još dva naša područja: u Vanjskim Dinaridima i Jadranskom podmorju. Ti se predjeli razlikuju po sastavu i stratigrafskoj pripadnosti pretežno zastupanih stijena, kao i po tektonici. U naftogeološkom pogledu razlikuju se i stijene glavni nosioci ili mogući kolektori nafte i plina.

Osobitu pozornost istraživača u našem dijelu Panonskog bazena po-  
buđuju mlađe tercijarne naslage, a u nekim prilikama i starije stijene:  
paleozojski raspucani i trošni gnajsi i graniti, te neki paleozojski i me-  
zozojski sedimenti.

U *Vanjskim Dinaridima* pokazuju se kao perspektivne mezozojske kar-  
bonatne i anhidritno-karbonatne stijene, a stanovito značenje pridaje se  
i mlađim paleozojskim i donjotrijaskim pretežno klastičnim taložinama.

Što se tiče nalaza ugljikovodika u *Jadranskom podmorju* oni su kon-  
statirani u mlađim tercijernim i kvartarnim sedimentima, ali se svraća  
pažnja i na starije stijene koje u podmorju imaju pokrov debelih neogen-  
skih i kvartarnih taložina.

### 1.1. Naš dio Panonskog bazena

Novijim istraživanjima u hrvatskom dijelu Panonskog bazena dopire  
se sve više u središnje i geološki dublje prostore Savske, Dravske i Mur-  
ske potoline.

Zapravo u prvim godinama nakon Oslobođenja, tj. u *razdoblju od 1945.  
do 1950. god.*, ispitivalo se pretežno pliće situacije. Pri tome se oslanjalo  
na blizinu izdanaka nafte i plina, te na podatke dobivene uglavnom geo-  
loškim kartiranjem i regionalnim gravimetrijskim mjerenjima. Dakle,  
nastavilo se radovima na donekle sličan način, kao u vrijeme II Svjet-  
skog rata i prije njega, kad su otkrivena najstarija naša polja: Peklenica  
i Selnica u Murskoj potolini te Bujavica, Gojlo i Janja Lipa u Savskoj  
potolini.

Prema strukturnim i strukturno-geomorfološkim odnosima, tektogenzi  
i smještaju unutar potolina, prva poslije Oslobođenja otkrivena polja  
odgovaraju rasjednutim antiklinalama (Mramor Brdo) i »buried hill-  
strukturama« (Šumećani i Bunjani). Polje Mramor Brdo ustanovljeno je  
na obodu Savske potoline, uz velike rubne rasjede, a Šumećani i Bunjani  
na još plićoj periteriji; ta dva polja sadrže ležišta na dubinama od svega  
nekoliko stotina metara ili do 1.000 m.

Važna su tadašnja prva saznanja o naftoplinonosti kristalinskih  
stijena, gnajsa i granita, u našim prilikama. Prikupljena su osnovna opa-  
žanja o dominantnoj blokovskoj tektonici. Donekle izraženi plikativni  
oblici utvrđeni su u pliocenskim i panonskim (panon s. str.) sedimentima,  
dok miocenski slojevi — koji leže izravno na kristalinskoj osnovi — za-  
pravo grade blokove omeđene rasjedima. Kruta podloga nije dozvolila  
njihovo jače boranje. Isto tako značajna su zapažanja da naslage nekih  
članova neogena silno odebljavaju idući od rubova prema sredini po-  
toline.

Provođenjem detaljnijih gravimetrijskih mjerenja i uvođenjem njihove  
kvantitativne interpretacije, kao i uvođenjem seizmičke metode, u *etapi  
od 1950. do 1960. god.*, postupno se dobiva još bolji uvid u dubinske struk-  
turne odnose i omogućeno je sigurnije lociranje daljnjih i dubljih istraž-  
nih bušotina.

Utvrđeno je još nekoliko polja u Savskoj i prvo polje u Dravskoj po-  
tolini. To su: buried hill-struktura polja Ivanić Kloštar, normalno i re-  
versno rasjednuta brahiantiklinala Dugo Selo, duboko situirana antikli-

anla Stružec (Osekovo), asimetrična rasjednuta brahiantiklinala Voloder, antiklinala-strukturni nos Ferdinandovac i normalno i reversno rasjednuta brahiantiklinala Lipovljani.

Osim strukturnih tipova zamki, unutar nekih od tih polja uočilo se stratigrafske i kombinirane strukturno-stratigrafske vrste trapova odnosno ležišta, kao i delikatne probleme njihova istraživanja.

Zanimljiva su opažanja u vezi struktura Dugo Selo i Lipovljani u gotovo središnjem dijelu iste potoline. One se očituju na najplićim strukturnim nivoima i u recentnim-suvremenim geomorfološkim stadijima. Dakle, vrlo su mlade. Normalni i reversni rasjedi u njihovu sklopu nisu usamljeni slučajevi. Dobro karakteriziraju naše potoline, kao područja velikih tonjenja, velikih labilnosti i tektonskog sažimanja i suženja.

*U najnovijoj fazi, od 1960. god. do danas*, kad su još više proširene i afirmirane mogućnosti seizmike i kad su uslijedili sve brojniji postupci ispitivanja u bušotinama (raznovrsnije karotaže, testovi) i naftnogeološke interpretacije, istraživanja nisu više koncentrirana na rubove ili općenito na pliće dijelove, uglavnom do —2.000 m. Dapače, zapaženi su brojni strukturni oblici u dubinama —3.000 m, 4.000 m, pa čak i dublje. Njih se nastoji doseći. Dosad je izrađeno nekoliko bušotina dubljih od 3.000 m (pojedine sa značajnim nalazima plina i nafte). No, u dubljim dijelovima rijetko se doprlo do stijena podloge.

Već u prethodnom razdoblju prišlo se detaljnijoj razradi mlađih tercijarnih naslaga, a sada se kompleksnije ili još šire proučavaju jedinice izdvojene s nekoliko stratigrafskih stajališta. Upravo je identifikacija i korelacija litostratigrafskih, biostratigrafskih i vremenskih (geokronoloških i kronostratigrafskih) jedinica na temelju interpretacije rezultata geofizičkih mjerenja te litoških i paleontoloških podataka omogućila raznovrsno studiranje: dubinsko strukturno i litofacijelno kartiranje, upoznavanje fizikalnih i kemijskih svojstava rezervoar-stijena, vode, nafte i plina te njihova energetskog potencijala (slojnih pritisaka i temperatura), stvaranje predodžbi o etapama i putovima migracije u vezi odnosa kolektorskih i mogućih matičnih stijena i ovisno o neotektonskim pokretima.

U naftnogeološkom pogledu singenetska i epigenetska zbivanja, te učinci najnovijih ili najmlađih pokreta, izvanredno su značajni i često presudni. To se zapazilo u ovoj etapi razvoja. Neke strukture pokazale su se negativnim. U pojedinim primjerima radi se o sinsedimentacijskim gibanjima, ograničeno taloženim kolektorima, slaboj propusnosti i sl., u drugim pak slučajevima o slabijem ili jačem prestrukturiranju, a to znači o djelomičnoj razgradnji prvotnih zamki za vodu, naftu i plin. Uslijed toga je došlo do njihova daljnjeg premještanja i eventualnog nakupljanja o novostvorene trapove — ležišta. U nepovoljnim okolnostima ugljikovodici su se gubili, ako su naknadno otvoreni putovi u smjeru uzgona.

Među glavne karakteristike istraživanja u periodu od 1960. god. do danas spada daljnje intenziviranje bušenja u Savskoj i osobito u Dravskoj potolini, a posljednjih godina došlo je i do uspješnog povratka u Mursku potolinu.

Otkrivena su slijedeća polja: Ivanić Grad, Okoli, Žutica, Jamarica, Lu-poglav i Kozarice u Savskoj potolini, zatim Jagnjedovac, Šandrovac, Mosti, Pepelana, Čepelovac-Hampovica, Obod, Legrad, Beničanci, Bilo, Peteranec, Bokšić, Kučanci, Ladislavci, Gola, Crnac i Molve u Dravskoj potolini, te Mihovljan i Zebanec u Murskoj potolini.

Prema tome, u hrvatskom dijelu Panonskog bazena dosad je otkriveno ukupno 38 polja, ali to nije konačan broj. Na još nekoliko lokaliteta utvrđene su značajne pojave nafte i plina, pa će neki postati nova proizvodna polja: npr. Šoderica, Kotoriba, Cvetkovec i Klokočevci.

Važno je spomenuti i to, da se najnovijim istraživanjima, osim panonskih i donjopontskih pijesaka i pješčenjaka, kao glavnih ili najčešćih nosioca odnosno kolektora nafte i plina, ustanovilo i druge značajne lito-tipove kolektora i druge proizvodne stratigrafske horizonte. Tako se izuzetno vrsne kolektorske stijene nalaze u istočnoslavonskom dijelu Dravske potoline. To su miocenske breče sazdane od kršja vapnenaca i dolo-mita, npr. na polju Beničanci.

Nalazi ugljikovodika u miocenskim naslagama Dravske potoline upućuju na daljnje perspektive idući u dublje situacije i u naslage još dubljih ili stratigrafski starijih članova.

U Murskoj i Dravskoj potolini ima znakova naftoplinonosti pretercijarnih taložina. Ti znakovi i već postignuti odgovarajući rezultati u susjednoj Mađarskoj, Austriji i Vojvodini (Nagyenyel, Zwendorf, Matzen, Kumane) ukazuju na potrebu detaljnijeg istraživanja mezozojskih sedimenata, pogotovo karbonatnih stijena i fliških naslaga, ukoliko su one većih debljina u podlozi tercijara.

Inače, zanimljive su strukture u sjevernoj papučko-krndijskoj i istočnoslavonskoj zoni Dravske potoline (Cabuna, Pepelana, Miokovićevo, Bizovac, Crnac), s interstratificiranim ili interkaliranim lavama, silovima, pločama i drukčije oblikovanim efuzivima u gornjo- i donjotortonskim te pretortonskim naslagama. Dolaze bazalti, brečoliki bazalti-andeziti i eventualno drugi varijeteti.

Te *strukture*, s mogućim zatvaranjem za ugljikovodike stvorenim posredništvom tijela vulkanita, predstavljaju prinovu u klasifikaciji naših polja, *prema tektogenezi i smještaju unutar potolina*. To je četvrta skupina, uz tri već prije spomenute: relativno plitke buried hill-strukture, dublje smještene brahiantiklinale vezane za velike rubne rasjede i antiklinale u najdublje spuštenim središnjim dijelovima potolina.

Lokalno su unutar miocena u Dravskoj i Murskoj potolini probušeni i debeli kompleksi vulkanogeno-sedimentnih stijena, piroklastita, efuzivnih breča s ulošcima kvarcita, bazalt-andezitskih breča i karbonatnih tufita.

U našem dijelu Panonskog bazena postignut je relativno visok stupanj istraženosti, ali će se tu i u narednom razdoblju najviše raditi. Pored vrlo detaljnih i raznovrsnih geoloških i geofizičkih snimanja, do 1985. godine izradit će se na cca 60 lokaliteta 230 bušotina sa cca 600.000 m istražnog bušenja. I dok je posljednjih godina prosječna dubina istražnih bušotina iznosila oko 1.800 m, u slijedećem periodu bit će oko 2.500 m. Do 1980. godine računa se s povećanjem otkrivanja novih zaliha nafte i plina, a zatim su u tom području moguće tendencije pada.

Dosad smo navodili samo istraživačke radove i saznanja u užim predjelima Savske, Dravske i Murske potoline, ali treba reći da se stanovita perspektiva pridaje još nekim susjednim predjelima unutar Panonskog bazena ili Unutrašnjih Dinarida, kao i u Pregibnoj zoni između Karlovca i Plitvičkih jezera. Tako su nedostatna istraživanja i postoji svega par bušotina u Slavonsko-srijemskoj potolini, osobito južno od Đakovačko-vinkovačkog ravnjaka. Također je značajan predjel Vukovara, gdje su ranijim bušenjima ustanovljene pojave ugljikovodika. Osim toga, u sektoru Ilinci—Tovarnik, u graničnom području istraživanja s Naftagasom—Novi Sad, ispitat će se tamošnji prvi nalazi nafte. Od tematskih studija i drugih dopunskih geološko-geofizičkih radova očekuju se rezultati, koji bi u narednim godinama omogućili donošenje osnove za duboka istražna bušenja u Karlovačkoj, Glinskoj i Unskoj uleknini.

### 1.2. Vanjski Dinaridi

U području Vanjskih Dinarida na teritoriju SR Hrvatske provedena su unatrag dvadesetak godina opsežna geološka i geofizička istraživanja. Geološkim kartiranjima, gravimagnetometrijskim, geoelektričnim i seizmičkim ispitivanjima obuhvaćene su velike površine. Na naftoplinonost upućuju brojne pojave asfalta i taložno-bituminoznih stijena, koje su posebno proučavane i analizirane.

Dosad je izrađeno 15 istražnih bušotina. One su bile duboke po 4.000 metara. Rekordne su bušotine: Ravni Kotari-1 (dubina 4.535 m) i Nin-1 (dubina 5.600 m). Pretežno su locirane na kopnu i otocima u priobalnom pojasu ili nešto izvan njega u Ravnim Kotarima, Lici, zapadnoj Istri i na Susku, Krku, Olibu, Premudi, Dugom otoku, Ugljanu, Visu i Lastovu. Tu su drugačije ili složenije prilike nego u panonskom području, tako da su naši istraživači morali svladati mnogo problema.

Većina istraživanih predjela prvotno je ocijenjena kao tektonski mirnija ili sa slabije izraženim tangencijalnim i radijalnim poremećajima. No, uz neke izuzetke, to se pokazalo netočnim. Tako su navlačni odnosi ustanovljeni bušenjem na pojedinim otocima, gdje se računalo s relativno pravilnim borama (npr. Premuda), ili su na nekim lokalitetima iznevjerena očekivanja da su ispod trijasa odmah paleozojske stijene (Vis).

Pretpostavljena debljina sedimenata, prema geofizičkim podacima, iznosi i do 12.000 m, uključujući u dubini i ponavljanje mezozojskih naslaga i dijela paleozoika.

Veliko iznenađenje prigodom prvih bušenja predstavljala je pojava kompleksa anhidritno-karbonatnih stijena, koje su uslijedile ispod gornjokrednih vapnenaca i dolomita. Mjestimice su ustanovljeni intervali ili prividne debljine toga kompleksa preko 2.000 m (npr. u bušotinama Ravni Kotari-1, Olib-1, Vis-1, Nin-1), a da nije probušen u cijelosti. Inače je interesantan u naftogeološkom pogledu, jer su baš unutar njega registrirane pojave nafte u ulošcima vapnenaca i dolomita te pukotinama anhidrita. Uostalom takve naslage u nekoliko zemalja su izvanredno produktivne, a inače su različite stratigrafske pripadnosti.

Bušanjem u Vanjskim Dinaridima utvrđeni su relativno niski pritisci i temperature (npr. u bušotini Rovinj-1 temperatura je na 4.000 m iznosa tek 80°C). Brojni su znakovi razgradnje: duboka okršenost (do cca 2.000 m) i gubici isplake u gornjokrednim vapnencima i dolomitima, tragovi teške oksidirane nafte i rijetki nalazi plina (metana sa sumporodikom i ugljičnim dioksidom).

Zapravo u četiri bušotine ustanovljena je prisutnost nafte i plina bez ekonomske vrijednosti.

Relativno veći prtok nafte s naftenskom osnovom, sa 6 i više postotaka sumpora, te obiljem sumporovodika i ugljičnog dioksida, utvrđen je ispitivanjem u bušotinama Ravni Kotari-3 i Dugi otok-1. Metan sa sumporodikom registriran je u bušotini Olib-1, dok su tragovi nafte zabilježeni u bušotini Ravni Kotari-1, a plina u Nin-1.

Budući da je nastupom anhidritnog kompleksa bušenje stabilno, a sam taj kompleks svojim položajem i širokom rasprostranjenosti u dubini predstavlja i odgovarajući pokrivač, nastoji se bušenjem doprijeti ispod njega, tj. do starijih jurskih i trijaskih karbonatnih i klastičnih stijena, te donjotrijaskih, permskih i karbonskih sedimenata u razvoju pješčenjaka, glinenih škriljavaca i dr. Te stijene vjerojatno tvore zatvorene naftnohidrogeološke sisteme s visokim pritiscima i temperaturama.

Uzimajući u obzir rezultate svih geoloških i geofizičkih istraživanja te izrađenih dubokih bušotina u Vanjskim Dinaridima došlo se do zaključka, da su strukture u Ravnim Kotarima ipak najpogodnije. Razumije se, nema koincidencije oblika u dubini s onima na površini. U razdoblju do 1980. godine njih će se ispitati novim bušenjima. Istražit će se još neki predjeli Dalmacije prema jugu i jugoistoku. Pripremljena je i lokacija za bušenje na otoku Braču.

### 1.3. *Jadransko podmorje*

Istraživanja u trećem našem naftoplinonosnom području datiraju od nedavno. Sa sistematskim regionalnim marinskim seizmičkim ispitivanjima počelo se 1968. godine. U južnom dijelu Jadrana su obavljena i aeromagnetska snimanja. Neke povoljne okolnosti u strukturno-geomorfološkom i geološkom pogledu nazirale su se već prije. I naši susjedi Talijani postigli su nešto ranije vrlo dobre rezultate u podmorju Ravene.

Na temelju geoloških interpretacija prvih seizmičkih profila izrađeno je nekoliko bušotina u zadarskom akvatoriju, odnosno u Dugootočnom bazenu. Među njima je najdublja Jadran-2 (4.639 m), ali su ostale bile manjeg dometa. Probušene su uglavnom naslage od kvartara do mezozoika.

Nakon obrade postignutih rezultata i dodatnih seizmičkih snimanja, daljnja podmorska bušenja izvedena su nekoliko desetaka kilometara južno od Istre, u njenu pomlađenom strukturnom nastavku. Bušotine su bile pliće nego prethodne, nešto preko 1.000 m. Tada su ustanovljene značajnije pojave plina, a također i tragovi nafte.

Sada bolje poznajemo sastav naslaga i građu Jadranskog podmorja. Idući od Lombardijskog ili Padskog bazena u sjeverni i srednji Jadran, te dalje prema jugu, ocrta se vrlo zanimljiva strukturno-geomorfološka

i tektonska razvedenost s nekoliko većih i manjih potolina i brojnim boranim i rasjednutim oblicima, te pogodnim sektorima s obzirom na dubine dna mora. I po sastavu i razvoju sedimenata vidi se da to nije jedinstveni bazen. Već se sada može razlikovati Lombardijski, Venecijanski, Dugootočni, Marche-Abruzzi i Jadransko-jonski bazen.

Rezultati naših prvih desetak bušotina pokazuju da se s dubinom zalijeganja povećava debljina i heterogenost sastava kvartarnih i mladih tercijarnih naslaga. To daje i veću perspektivnost u pogledu mogućnosti nalaza ekonomskih količina, kako u najmlađim tako i u starijim tercijarnim i mezozojskim stijenama, koje u srednjem i osobito južnom našem podmorju imaju pokrov od nekoliko tisuća metara debelih neogensko-kvartarnih taložina.

Dakle, u Jadranskom podmorju, kao i u Vanjskim Dinaridima, predstoji izrada daljnjih pojedinačno vrlo dubokih istražnih bušotina. Radi naftnogeološke rajonizacije i ocjene perspektivnosti nastavljaju se geofizička ispitivanja, naročito seizmička profiliranja, a do 1980. godine bušit će se na oko 35 mjesta raspoređenih u cijelom našem podmorju (s dubinama od 2.000 do 4.500 m).

Napredak se očekuje ne samo zbog proširenih prvotnih saznanja, nego i zbog stalnog poboljšavanja opreme istraživača, među ostalim i zbog izgradnje vlastite platforme za bušenje »Panon«.

## 2. DOPRINOSI GEOLOGIJE NAFTE U FUNDAMENTALNOM GEOLOŠKOM SMISLU, HIDROGEOLOŠKOM I DRUGOM POGLEDU

Ima više primjera doprinosa geologije nafte poznavanju osnovne geološke problematike i napretku pojedinih grana geologije ili njihovim metodama istraživanja. Budući da se razvoj geofizike i njenih metoda prikazuje u posebnom referatu, ovdje ćemo se ograničiti na ostale važnije doprinose.

Za potrebe istraživanja nafte i plina obavljena su detaljna geološka kartiranja, uključivo i fotogeološka kartiranja, na velikim površinama. Pomaže se izrada listova Osnovne geološke karte Jugoslavije.

Sve se više angažiraju stručnjaci na proučavanju raznih problema sedimenata u našem dijelu Panonskog bazena, Vanjskim Dinaridima i Jadranskom podmorju. Tako se pridonijelo i razvoju sedimentologije i osobito mikropaleontologije.

Radi usporedbe s dubinskim geološkim podacima obavljena je stratimetrija na površini i snimljeni su brojni profili-stupovi interesantnih jedinica.

Uvode se i neka specijalna istraživanja, npr. površinska radiometrijska ispitivanja na naftnim poljima ili potencijalnim poljima.

Načinjene su kompleksne studije geologije i tektonike pojedinih predjela.

Povezano s gornjim, valja istaknuti tematske rasprave, koje su vođene na nekoliko simpozija i znanstvenih skupova, u organizaciji Sekcije za primjenu geologije, geofizike i geokemije Znanstvenog savjeta za naftu Jugosl. akad. znanosti i umjetnosti. U većini referata izneseni su vrijedni



rezultati i neke nove ideje u shvaćanju paleogeografskih i sedimentacijskih odnosa, te u veliko-tektonskom pogledu, što se tiče našeg dijela Panonskog bazena, zatim tzv. »pregibne zone«, ostalih zona Unutrašnjih i Vanjskih Dinarida, kao i Jadranskog podmorja.

U posljednje vrijeme osobita se pažnja u geologiji nafte posvećuje najmlađim ili neotektonskim pokretima, krajem tercijara i u kvartaru. Ali ne samo njima. Relativno mlađe naftoplinonosne strukture često su predodređene starijim elementima ili naslijeđuju neke njihove karakteristike. Stoga dubinskim strukturnim, paleostrukturnim, litofacijalnim, strukturno-geomorfološkim i morfometrijskim kartiranjima nastojimo nazrijeti i tijekom nešto starijih pokreta, te obrise starih struktura pokrivenih mlađim naslagama.

Posebno vrijedni prilozi boljem poznavanju geološke građe uslijedili su — i dalje će pristizati — upravo u pretežno pokrivenom savsko-dravskom području, predjelima otoka i podno mora. Tamo postoji relativno mali broj mjesta ili izdanaka na kojima dolazimo do izravnih podataka, i otežano je povezivanje geoloških pojava.

U našem dijelu Panonskog bazena danas raspoložemo već vrlo solidnim podacima o rasprostranjenosti pojedinih članova neogena pod kvartarom i relativno dobrim informacijama o rasporedu kristalinskih stijena i starijih sedimenata u podlozi tercijara.

U obalnom pojasu i pod morem dobiveni su prvi ocrti, koji se tiču produžetaka i prostiranja nekih naslaga: npr. mezozojskih anhidritno-karbonatnih i neogensko-kvartarnih sedimenata. Tako su moguće bolje rekonstrukcije paleogeografskih, sedimentacijskih i strukturno-tektonskih odnosa između potolinskih predjela Jadranskog podmorja te Priobalne zone i Zone Visokoga krša Vanjskih Dinarida.

Ovdje želimo naglasiti i šire značenje nekih stratigrafskih podataka. Naime ono, što je omogućilo uočavanje mnogobrojnih detalja, osobito u našem dijelu Panonskog bazena, postignuto je razradom probušenih naslaga s nekoliko stratigrafskih stajališta.

Tako su u fundamentalnom geološkom smislu značajni podaci geologa-naftaša iz vrlo dubokih sektora naših potolina. Tamo su utvrđene takve raznolikosti sastava, takvi facijesi i iznosi debljina nekih jedinica mlađeg tercijara, kao nigdje drugdje u susjednim područjima (niti u susjednim zemljama). Oni nadmašuju opažanja drugih geologa u ekvivalentnim naslagama na površini! Već je ranije ustanovljen pretežno pješčani sastav i izuzetno velike debljine donjopontskih ili Abichi-naslaga u Savskoj potolini (broj i debljina slojeva pješčenjaka raste idući u dubinu ili u središnje dijelove potoline), a zadnjih godina utvrđene su značajne promjene sastava i maksimalne debljine starijih panonskih, sarmatskih, tortonskih i pretortonskih taložina u Dravskoj potolini. U posljednjim primjerima to i nije neko posebno iznenađenje, jer je Dravska potolina najveća i najdublja potolina Panonskog bazena. Za pojedine naslage miocena i pliocena u njenoj zapadnoj i istočnoj polovici postoje zaista uzorni ili ugledni stratigrafski stupovi.

Vrlo zanimljive usporedbe s osnovnim geološkim opažanjima na površini pobuđuju dubinski naftogeološki podaci o pozicijama mlađih vul-

kanskih i vulkanogeno-sedimentnih stijena. One su također prisutne najviše u Dravskoj potolini. Utvrđena je opetovana vulkanska aktivnost, jer postoji nekoliko generacija i horizonata odnosnih stijena.

Spomenimo na kraju saznanja koja također nisu samo naftno-geološkog značenja, već su izvanredno vrijedna u užem hidrogeološkom pogledu, a neka ukazuju i na mogućnost korištenja geotermičke energije.

U sjevernoj Hrvatskoj prikupljeni su brojni naftnohidrogeološki podaci. Oni omogućuju i proučavanje naših potolina, kao vodonosnih baza. Iстина pretežu informacije s vršnih, apikalnih, dijelova istraživanih struktura, a skoro sasvim nedostaju one iz međuprostora (»sinklinala«) ili užih arteških-subarteških situacija. Osim toga, imamo više rezultata analiza iz većih dubina, u kojima nalazimo uglavnom termomineralne vode, a manje iz naslaga u prvih par stotina metara — gdje nema većeg naftno-geološkog interesa, ali koje sadrže slatku pitku vodu.

Za dubinska hidrogeološka kartiranja i tumačenja mogu dobro poslužiti i iste jedinice, koje su izdvojene s nekoliko stratigrafskih stajališta.

Inače u kompleksu naslaga našeg dijela Panonskog bazena ističu se neke stijene, kao više ili manje povoljni rezervoari. Hidrogeološke i geotermičke karakteristike najvažnijih horizonata unutar pliocena i miocena ovise o njihovom litološkom sastavu i strukturno-tektonskim odnosima, osobito o dubini zalijeganja, te o još nekim okolnostima, koje su već relativno dobro poznate u geologiji nafte. Bitno utječe i debljina litosfere i međusobno prožimanje hidrosfere i sedimentnog pokrivača na jugozapadu Panonskog bazena. Međutim tu je jedna vrlo povoljna okolnost, jer, promatramo u regionalnim odnosima, Panonski bazen predstavlja pozitivnu geotermičku anomaliju. Prigodom bušenja redovito su registrirane visoke temperature i povišeni pritisci. Tako u klastitima članova neogena već na dubinama 1.700 do 1.800 m temperature iznose 100 ili preko 100°C, a početni pritisci oko 200 at. Na dubinskim geološkim kartama već se naziru neka geotermička polja.

No što se tiče perspektive korištenja geotermičke energije, važne su i mezozojske karbonatne stijene u podlozi tercijara. Zapravo one su već prije poznati rezervoari termalnih voda u primjerima brojnih naših toplica u Hrv. Zagorju i Sloveniji. Prema dosadašnjim saznanjima, radi se uglavnom o trijaskim dolomitima i vapnencima, rjeđe jurskim i krednim. U susjednoj Mađarskoj koriste se brojne termalne bušotine s takvim rezervoar stijena. Vode su raznovrsne. Među ostalim, vrlo je zanimljiva i za nas višestrano poučna pojava slatke vode krškog porijekla na polju Nagylengyel, koja potiskuje naftu u karbonatnim stijenama trijasa, gornje krede i tortona. Na te stijene sve se više i mi usmjeravamo na zapadu Dravske potoline i u Murskoj potolini, zbog mogućih nalaza ugljikovodika u njima. Stoga valja očekivati i daljnje hidrogeološke informacije.

#### SAŽETAK

Industrija nafte i plina ima važnu ulogu u narodnom gospodarstvu, a osnova povećanja proizvodnje nafte i plina je stalno otkrivanje novih i većih zaliha tih mineralnih sirovina. To je povezano s efikasnošću geo-

loških istraživanja i radova na razradi, a u našim se prilikama odvijalo ovisno od poznavanja karakteristika geološke građe, razvoja naslaga naših naftoplinonosnih područja i uvjeta formiranja ležišta u njima, odnosno sada — već u poodmaklim fazama istraživanja — sve više ovisi o daljnjim mogućnostima osiguranja novca, većoj stručnosti i znanstvenom uzdizanju istraživača, te o daljnjoj primjeni modernih i savršenijih metoda rada.

Mnoge okolnosti istraživanja i proizvodnje u našoj zemlji nalažu obzire i postupnost. Samo iz ostvarene proizvodnje dolazi se do novca za daljnja ulaganja. U tom smislu svjedoci smo solidnog rada naše industrije nafte.

Nedavno se navršilo trideset poslijeratnih godina intenzivnih istraživanja i proizvodnje nafte i plina u SR Hrvatskoj. I stalno su otkrivane nove rezerve i rasla je proizvodnja.

Zapravo, nakon skromnih početaka u Murskoj potolini stvorena je solidna baza u Savskoj potolini, a zatim je došlo do proširenja radova na Dravsku potolinu i do otkrivanja niza novih polja.

Zahvaljujući podrobnijoj dubinsko-geološkoj razradi, zabilježeni su daljnji pozitivni rezultati i najnovija istraživanja usmjerena su u još dublje dijelove Savske, Dravske, Murske i Slavonsko-srijemske potoline, gdje se — uz pliocenske — naziru miocenske i neke predtercijarne stijene kao značajni kolektori.

Također u novije vrijeme odvijaju se u širem opsegu istraživanja u druga dva najvažnija područja: u Vanjskim Dinaridima i Jadranskom podmorju. Ona će u skoroj budućnosti biti od izvanrednog značenja za daljnji razvoj industrije nafte u nas. U primjeru Vanjskih Dinarida reaktiviraju se bušenja u Ravnim Kotarima i jugoistočnije u Dalmaciji, dok se istraživanja u podmorju proširuju na cijeli prostor INA-Naftaplina u cilju tektonske rajonizacije, određivanja najpovoljnijih zona nakupljanja i detaljnije ocjene perspektivnosti pojedinih naslaga.

Ukupno uzevši, u proteklom razdoblju, obavljena su na teritoriju SR Hrvatske obimna i raznovrsna naftogeološka istraživanja, izrađeno je 2.200 bušotina s 3,2 mil. metara i proizvedeno 30 mil. tona nafte te oko 5,5 mlrd. Nm<sup>3</sup> zemnog plina. To je velik uspjeh inženjera geologa, geofizičara, bušača i onih inženjera, koji rade na pridobivanju.

I narednih godina odvijat će se brojni istraživački radovi, a planira se i daljnji porast proizvodnje nafte u SR Hrvatskoj od 2,7 mil. t. u 1976. godini na 3,4 mil. t. u 1980. god. i plina od sadašnjih cca 700 mil. Nm<sup>3</sup> na 1,5 mlrd u 1980. godini. Dakle, postojeće kadrove i nove mlade dovoljno specijalizirane inženjere očekuju veliki napori u rješavanju sve delikatnijih problema istraživanja i poniranja u još veće dubine.

#### LITERATURA

- Boškov-Štajner, Z. & Marinović, Đ. (1971): Stratigraphy of oil and gas fields in the territory of Yugoslavia. — *Nafta*, 22/6, 524—532, Zagreb.
- Filjak, R., Kranjec, V. & Novinski, A. (1969): Razvoje i aktualni zadaci u primjeni geologije, geofizike i geokemije pri istraživanju nafte i plina u Jugoslaviji. — *Nafta*, 20/8, 389—394, Zagreb.

- Filjak, R. & Nikolić, D. (1968): Razvoj i perspektive istraživačke djelatnosti s obzirom na naftu i plin u Jugoslaviji. — *Simp. o nafti u okviru proslave 100-godišnjice Jugosl. akad. znan. umjetn.*, 13—26, Sisak—Zagreb.
- Filjak, R., Pletikapić, Ž., Nikolić, D. & Aksin, V. (1969): Geology of petroleum and natural gas from the Neogene complex and its basement in the southern part of the Pannonian basin, Yugoslavia. — *Conference of Inst. Petrol. and the A.A.P.G. The exploration for petroleum in Europe and North Africa*, 113—130, Brighton.
- Ibrahimpašić, I. & Vugrinec, J. (1975): Results of exploration for oil and gas deposits in Yugoslavia. — *Nafta*, 26/5, 229—236, Zagreb.
- Vučković, J. & Filjak, R. (1961): Rezultati istraživanja na naftu i razvitak naftne industrije u NR Hrvatskoj. — *Geol. vjesnik*, 15/1, 33—41, Zagreb.
- Vugrinec, J. (1975): Kompleksni problemi geološko-geofizičkih istraživanja u daljnjem razvoju industrije nafte i plina. — *Savjetovanje o nafti i plinu, Split, 25—28. studenoga 1975*, 25—39. Savez inž. i tehn. rud. geol. i metalurške struke Jugoslavije, Split.
- Vugrinec, J., Spaić, V. & Kužina, A. (1973): Anticipated geological problems and assumed development of deposits for exploration drilling of the deep parts of the Pannonian, Dinaride and Adriatic offshore area. — *2-nd Adriatic symposium on oil well drilling*, 1—17, Poreč.
- Geološka i tehnička dokumentacija INA-Naftaplin, Zagreb.