

EDUARD PRELOGOVIĆ, ZVONIMIR HERNITZ i IVAN BLASKOVIĆ

PRIMJENA MORFOMETRIJSKIH METODA
U RJEŠAVANJU STRUKTURNO-TEKTONSKIH
ODNOSA NA PODRUČJU BILOGORE
(SJEVERNA HRVATSKA)

S 3 priloga

Iznose se rezultati morfometrijskih metoda istraživanja u otkrivanju eventualno pogodnih naftonosnih struktura, kao i mogućnost rješavanja tektonskih odnosa i mladih neotektonskih pokreta.

UVOD

Geomorfološka istraživanja sa ciljem proučavanja tektonike i otkrivanja potencijalnih dubinskih naftoplinonosnih struktura izvršena su u području Bilogore. U tu svrhu izrađeno je jedanaest morfometrijskih karata, od kojih prezentiramo tri. Osim toga konzultacijom pojedinih redova aerofotosnimaka bilo je moguće uočiti glavne karakteristike pojedinih morfostrukturnih jedinica.

Područje Bilogore odlikuje se brežuljkastim reljefom. Najviše kote samo mjestimično prelaze 300 metara. Najčešće su visine 100 i 200 metara. Pružanje Bilogore je sjeverozapad-jugoistok. Ispresjecana je nizom vodotoka, koji imaju svoje razvođe na samom bilu. Veći potoci su: Koprivnica, V. Rijeka, Plavnica, Komarnica, Katalena, Grdevica i Ilova.

Reljef je intenzivno raščlanjen. Prevladava dendritični tip erozione mreže. Na nekoliko mjesta se zapaža centripetalni i centrifugalni tip, kao i niz anomalija lokalnog karaktera. Erozioni procesi prevladavaju, što uvjetuje stvaranje novih dolina 1. reda. Doline su strmih strana, često izrazito asimetrične. Ovakav izgled reljefa posljedica je litološkog sastava, strukture i tektonike naslaga.

Područje Bilogore do sada je obrađeno geološki, geofizički i bušenjima, a ovim radom po prvi puta geomorfološki. Dosadašnjim geološkim radovima (Jurković i Pletikapić, 1962, Jurković, 1963, Miletić, 1968) utvrđeno je da su na površini prisutne naslage pliocena i kvartara.* To su uglavnom slabo vezani pješčenjaci, pijesci, glino-

* Rezultati tih radova prikazani su na kompilacionim geološkim kartama.

novito pjeskovite naslage, te gline i prapor. Slojevitost se teško zapaža, ali mjestimično se razabire antiklinalno povijanje, pogotovo u pliocenskim naslagama. Detaljan opis geološke građe i shematsku tektonsku kartu izradenu na temelju geofizičkih rezultata i dubokih bušotina daju Pletika pić i dr. (1964). Treba spomenuti istraživanja pojedinih lokalnih struktura (Rubinić, 1953, Vugrinec i dr., 1964, Krulc, 1968). Osim geološkog opisa naslaga i struktura, prikazani su i geofizički rezultati. Pored objavljenih radova postoji niz stručnih radova, koji se uglavnom odnose na pojedina manja područja ili lokalitete.

REZULTATI MORFOMETRIJSKE ANALIZE

Prednost izrade pojedinih karata prikazivanjem pomoću izolinija sastoji se u tome, što je moguće dovoljno tačno okonturiti pojedine morfostrukture i utvrditi uvjete stvaranja reljefa. Prema tome ideju o rješavanju dubinske tektonike idući odozgo proučavanjem površine, čiji izgled je posljedica ne samo djelovanja eksogenetskih, nego i endogenetskih faktora, predstavlja korisnu nadopunu ostalim geološkim i geofizičkim radovima, a koja je često do sada bila neopravdano zapostavljena.

Morfometrijska analiza Bilogore obuhvatila je proučavanje slijedećih karakteristika reljefa: tip i karakter riječne mreže, raspored dolina i razvođa, proučavanje različitih nivoa erozije i denudacije, raspored uzvišenja iznad baze erozije, količinu erodiranog materijala, dubinu erozionog ureza vodotoka, pomake korita potoka, meandriranje rijeka, te raspored metarskih uzvisina u zaravnjenom dijelu doline Drave. Uz to su se pomoću aerofotosnimaka mogli uočiti pojedini detalji naročito kod konstrukcije karte rasporeda dolina (npr. doline 1. reda i to posebno one najmlađe, nastale nedavnom erozionom djelatnošću, zatim napuštena riječna korita, pomaci dna korita i ostali detalji reljefa, koji nisu izraženi u topografskim kartama).

Karta izolonga (Gvin, 1965) se osniva na proučavanju dolina nižih redova u ovom slučaju dolina 3. reda (prilog 1). Minimumi se uvijek javljaju u području neotektonskog izdizanja, a maksimumi u predjelu spuštanja. S obzirom da se lokalne antiklinalne strukture najčešće podudaraju s izdizanjem, to će se one na karti izolonga jasno isticati bez obzira da li se poklapaju s morfološki istaknutim reljefom ili ne. Dobiveni rezultati pokazuju da su područja lokalnog izdizanja vezana za izdizanje fundamenta u obliku manjih blokova, koji uvjetuju sin-antiklinalno povijanje mlađih sedimenata. Prema tome mlađe strukture imaju nasljedni karakter. Neotektonski pokreti vezani su uz paleostrukture, pa stoga ne začuđuje činjenica da se gotovo sve osi lokalnih antiklinala poklapaju s glavnim razvodnicama. Minimumi (izolonge s vrijednostima 200 do 600 m) pokazuju mjesta lokalnog izdizanja (antiklinalne strukture, mo-

nokline izdignute duž nekog rasjeda, ili mjesta koja su i danas u fazi izdizanja). Svojim povijanjem izolonge ukazuju na pružanja glavnih osi. Na mnogo mjesta (npr. zapadno i južno od Koprivnice, južno od Čepelovca, južno od Virovitice i drugdje) 400-ta izolonga okonturuje područje izdizanja, dok su minimumi raspoređeni samostalno (200-ta izolonga), kao posljedica rascjepkanosti osnovnih struktura na manje blokove, odvojene vjerojatno poprečnim rasjedima. Nadalje sjeverno od Bjelovara, Grubišnog polja i dr. zapažamo izdužene konture izolonga (na tjemenu vrijednosti od 400 m) sa strane omeđene područjem izrazitih maksimalnih vrijednosti, kao posljedica dubinske strukture horstovskog tipa. Naglo zgušnjene izolonga javlja se duž rasjednih linija (npr. rasjed sjevernim obodom Bilogore i drugdje). Isto tako pojedine anomalije (npr. jedan niz minimalnih vrijednosti presječen nekim maksimumom) uvjetovane su rasjedima.

Prikazani rezultati u potpunosti se podudaraju s dosad definiranim ili otkrivenim strukturama osobito od strane geologa Naftaplina. Ostale lokalne strukture, koje se odražavaju u karti izolonga, upućuju na daljnja istraživanja.

Karta osnovne površine 3. reda (prilog 2) izrađuje se prema karti rasporeda dolina (plana sveukupne erozije mreže). U osnovi metode se smatra, da raspored dolina čini sisteme tijesno povezane s tektonskim strukturama, koje se onda odražavaju u karti osnovne površine. Mogu se izraditi karte osnovnih površina različitih redova, koje predočavaju pojedine površine baze erozije.

Metodu konstrukcije karata i osnove interpretacije razradio je *Filosofov* (1960). Kasnijom primjenom došlo je do nadopuna i korekcija drugih autora (*Nikolajev*, 1962, *Kolektiv autora*, 1966, 1967). Iznosimo ukratko samo interpretaciju dviju karata: osnovne površine 3. reda i kartu razlike osnovnih površina.

U području lokalnog izdizanja značajno je zgušnjene izolinija (izobaza) u slučaju kada one svojim povijanjem čine potkovasti, elipsasti, poluelipsasti ili tome sličan lik. Spomenuti karakterističan lik javlja se najčešće u predjelu antiklinalnih struktura. U sinklinalama se zapaža znatno veći razmak izobaza. Mjesta, gdje se izobaze osobito zbližavaju, ili tamo gdje svojim povijanjem narušavaju spomenutu figuru, treba pripisati rasjedima. Karakter rasjeda ne može se utvrditi, osim u slučaju, ako se poklapa s dolinom i tada je uzdignuto krilo ono, gdje je strmiji nagib asimetrične doline.

Za tačnije utvrđivanje konture antiklinale služi raspored uzvišenja iznad baze erozije. Obično su razmještena po krilima. U slučaju poklapanja morfologije terena i tražene strukture uzvišenja su smještena po samoj osi. U području koje se neotektonski izdiže uzvišenja često prelaze 40 m. U spuštenim dijelovima terena izostaju.

Između Čepelovca i Virovitice, u gotovo posve zaravnjenom dijelu Dravske potoline, također se mogla s približnom tačnošću okonturirati antiklinala (smjer pružanja paralelan s glavnom razvodnicom Bilogore). Ako zamislimo da je srednja visinska vrijednost doline Drave osnovna površina (baza) erozije, to su metarske uzvisine raspoređene po dolini (najčešće 1–5 m, iznimno 10–12 m) ujedno uzvišenja iznad baze erozije. Rješavanje o pojavi uzvišenja treba tražiti u proučavanju aluvijalnih naslaga.

Intenzitet akumulacije aluvija nije posvuda jednak i ovisi o lokalnom izdizanju i spuštanju. Nanosi materijala najmladih terasa nakupljaju se po periferiji rastuće strukture. Po osi izdizanja javlja se sniženje ispod nivoa baze erozije. Na taj način bilo je moguće okonturiti prikazanu antiklinalu.

Karta razlike osnovnih površina (prilog 3) ukazuje na intenzitet i karakter neotektonskih pokreta. Naime, kada bismo konstruirali kartu osnovne površine 1. reda, ona bi bila vrlo bliska današnjem reljefu i svi postignuti rezultati odnosili bi se približno na sadašnje vrijeme. Karta osnovne površine drugog reda odražava neki stariji reljef, 3. reda još stariji reljef itd. Prema mišljenju F i l o s o f o v a (1960) izobaze 2. reda odražavaju neotektonske pokrete kvartara, izobaze 3. reda kvartara i pliocena, 4. reda pliocena itd. Konstrukcijom karte razlika osnovnih površina dobiva se mogućnost prosuđivanja o rezultatnom visinskom kretanju određene tačke za vrijeme proteklo između stvaranja dolina višeg i nižeg reda.

Iz karte zamjećujemo da amplituda izdizanja za vrijeme između stvaranja dolina 4. i 3. reda, odnosno 3. i 2. reda iznosi najčešće 10–20 m (to su naravno, relativne vrijednosti), a rijetko 60 m. Dobivene razlike između viših i nižih redova obično se podudaraju oblikom povijanja izoliniija. To je dokaz jednoznačnog nastavka neotektonskih pokreta. Najveće vrijednosti izoliniija javljaju se na mjestima lokalnog izdizanja. Pozitivne vrijednosti odgovaraju izdizanju, a negativne spuštanju. Zone s negativnim vrijednostima su dosta rijetke i redovito su u vezi s rasjedima.

Gledajući područje Bilogore u cjelini može se zaključiti, da je ono u fazi neotektonskog izdizanja. Pokreti se najčešće odvijaju duž rasjeda čija je posljedica stvaranje pojedinih zona izdizanja (najčešće antiklinala). Razlike viših redova (4-og i 3-eg) imaju nešto manje rasprostranjenje od nižih (3-eg i 2-og). Intenzivni pokreti zahvatili su naročito sjeveroistočni dio Bilogore (južno i zapadno od Koprivnice), te krajnji istočni dio. Na jugozapadnom i zapadnom dijelu (Grubišno polje, Bjelovar) su mnogo slabiji. Slijedi pretpostavka da je takav razmještaj pokreta imao glavni utjecaj pri stvaranju asimetrije čitave Bilogore. Osim toga iz ocrta izoliniija, odnosno usporedbom dobivenih kontura starijeg i mlađeg reljefa vide se smjerovi neotektonskih gibanja i stvaranje pojedinih mladih struktura.

U području južno od Ludbrega smjer pružanja struktura paralelan je pružanju Kalnika. Između Koprivnice i Čepelovca zapažamo veliku sličnost glavnih karakteristika reljefa, kao posljedice tektonskih struktura. Reversni rasjed na njihovom jugozapadnom krilu je vjerojatan, jer se zapaža »rast« reljefa prema sjeveru i sjeveroistoku. Potez od Koprivnice preko Čepelovca dalje na jugoistok (glavna razvodnica Bilogore) ima sve karakteristike jedinstvene morfostrukturne jedinice.

Područje oko Bjelovara (između V. Rijeke i Grebenske potoka) karakterizirano je pružanjem antiklinalnih struktura sjever–jug. Tektonika je slabije izražena, što navodi na pretpostavku da je neotektonsko izdizanje slabijeg intenziteta. Između potoka Katalena i Grebenske u centralnom dijelu karte značajni su poprečni rasjedi smjera sjever–jug. Dobiva se dojam da je duž njih došlo do horizontalnog pomaka struktura u području Čepelovca.

Istočni dio Bilogore ima zasebnu tektoniku. Dosta jednolično izdizanje s glavnim smjerom rasjeda istok–zapad. To područje je oštro odijeljeno od Dravske ravnice rasjedom uz sjeverni rub Bilogore. Potoci Grebenska, Grdevica i Ilova teku paralelno duž rasjeda smjera istok–zapad. To su značajni rasjedi podloge, koji su ustanovljeni i dubinskim bušenjem i geofizičkim metodama, a čiji nastavak se može pratiti dalje na istok (Pletika pić i dr., 1964).

Tokovi većih potoka gotovo redovito obilaze antiklinalne strukture, a rijetko ih presjecaju, što govori u prilog poklapanja morfologije i geoloških struktura (doline viših redova obično obilaze starije strukture). Vodotoci redovito imaju tendenciju približavanja rasjednim zonama. Principijelno rijeke i potoci kretat će se prema području s većom silom teže. Uz krilo rasjeda koje je u fazi izdizanja stvorit će se visoka i strma obala rijeke. Sila teže očito je na izdignutom krilu znatno veća nego na spuštenu. Kod toga se na tim dijelovima nalaze veliki gravitacioni gradijenti. Vodene mase su time privučene i pomaci korita usmjereni su prema mjestu izdizanja (npr. potoci Katalena, V. Rijeka, Grebenska, Grdevica, Rijeka i dr.).

ZAKLJUČAK

Primjenom morfometrijskih metoda na području Bilogore mogle su se ustanoviti 53 lokalne strukture (većinom asimetrične antiklinale i monokline). U karti razlike osnovnih površina prikazano ih je 49. Postignuti rezultati podudaraju se s dosadašnjim podacima dubinskih bušenja, seizmičkih i gravimetrijskih podataka, a utvrđeni su i mnogi novi podaci. Osi antiklinalnih struktura uglavnom odgovaraju morfološki istaknutom reljefu, što dovodi do zaključka da se mlade strukture poklapaju sa starijim strukturama podloge. Također morfometrijski utvrđene strukture odgovaraju maksimumima sile teže u gravimetrijskim kartama, što upućuje na nasljedni karakter neotektonskih pokreta. Razmještaj rasjeda govori o horstovskom tipu tektonike podloge. Duž glavnih rasjednih linija vršili su se pokreti kroz neogen i kvartar, a odvijaju se i danas. Najintenzivnije izdizanje se zamjećuje između Koprivnice i Čepelovca, istočno od Bjelo-

vara, te južno od Virovitice. Tu je i radijalna tektonika najjača. Uz normalne rasjede pretpostavlja se postojanje reversnih rasjeda. Rasjedima su zahvaćene i kvartarne naslage, što govori u prilog intenzivnim najmlađim neotektonskim pokretima.

Primljeno 10. 1. 1969.

Zavod za opću i primijenjenu geologiju,
Rudarsko-geološko-naftni fakultet,
Zagreb, Pierottijeva 6

LITERATURA

- Filosofov, V. P. (1960): Kratko rukovodstvo po morfometričkom metodu poiskov tektoničeskih struktur. Izd. Saratovskogo gos. univ., Saratov.
- Gvin, V. J. (1965): Primenenije kart dlini dolin odnogo porjatka dlja prognozirovannija tektoničeskih struktur v severnih rejonah Volgo-Uralskoj neftonosnoj oblasti. Dokl. AN SSSR, 160, 3, Moskva.
- Jurković, M. i Pletikapić, Ž. (1962): Pregledna geološka karta Panonskog bazena s položajem naftnih i plinskih te istražnih bušotina M 1 : 1,000.000. Izd. »Naftaplin«, Zagreb.
- Jurković, M. (1963): Pregledna geološka karta Savske potoline M 1 : 200.000, list 1, 2. Izd. »Naftaplin«, Zagreb.
- Kolektiv autora (1966): Geomorfologičeskie metodi pri neftegazopiskovih rabotah. Izd. »Nedra«, Moskva.
- Kolektiv autora (1967): Tektoničeskie dviženia i novejšie strukturi zemnoj kori. Izd. »Nedra«, Moskva.
- Krulc, Z. (1968): Zadaci, rezultati i mogućnosti geofizike pri istraživanju ležišta nafte u Hrvatskoj. »Nafta«, 7, 307-313, Zagreb.
- Miletić, P. (1968): Hidrogeološka studija sjeverne Hrvatske. Doktorska disertacija, Zagreb.
- Nikolajev, N. I. (1962): Neotektonika i ee viraženie v strukture i reljefe teritorii SSSR. Gosgeoltechizdat, Moskva.
- Pletikapić, Ž., Gjetvaj, I., Jurković, M., Urbica, H. i Hrnčić, Lj. (1964): Geologija i naftnoplinoznost Dravske potoline. Geol. vjesnik 17, 49-78, Zagreb.
- Rubinić, A. (1953): Geologija strukture Sedlarica na temelju dubokih bušotina i prospektiranja. »Nafta« 7, 111-114, Zagreb.
- Vugrinec, J., Đurasek, S. i Aljinović, B. (1964): Interpretacija geofizičko-geoloških ispitivanja u području Sandrovac. »Nafta« 1-2, 10-15, Zagreb.

E. PRELOGOVIC, Z. HERNITZ und I. BLAŠKOVIC

DIE ANWENDUNG DER MORPHOMETRISCHEN METHODEN BEI DER
LÖSUNG VON STRUKTUR-TEKTONISCHEN VERHÄLTNISSEN IM BILOGORA
GEBIET (NORDKROATIEN)

Für das Gebiet der Bilogora liegen geomorphologische Untersuchungen vor, die zwecks Ergreifung der Tektonik, sowie Erforschung potenzieller erdöl- und gasenthaltender Tiefenstrukturen vorgenommen wurden. Der Hauptzweck der Arbeit bestand in der Entdeckung des Gebietes der lokalen Erhebungen. Insgesamt wurden 53 (größtenteils asymmetrische Antiklinalen und Monoklinen) festgestellt.

Auf der Karte (Taf. III) wurden 49 lokalen Erhebungen dargestellt. Die erzielten Resultate stimmen überein mit den bereits gewonnenen Daten bei den Tiefbohrungen, wie auch mit den seismischen und gravimetrischen Angaben. Die Achsen antiklinaler Strukturen entsprechen hauptsächlich dem morphologisch auffälligen Relief, was zur Schlussfolgerung führt, dass sich die jüngeren mit den älteren Strukturen der Unterlage decken. Ebenfalls entsprechen morphometrisch festgestellte Strukturen den Maxima der Schwerkraft in den gravimetrischen Karten, was auf einen Erbcharakter neotektonischer Bewegung hinweist. Die Verteilung der Verwerfungen spricht für einen Horst-Typus der tektonischen Unterlage. Entlang den Hauptverwerfungslinien haben sich Bewegungen durch Neogen und Quartär vollzogen und vollziehen sich auch gegenwärtig. Die kräftigste Erhebung zeigt sich zwischen Koprivnica und Čepelovac östlich von Bjelovar und südlich von Virovitica. Hier kommt auch die Verwerfungstektonik am stärksten zum Ausdruck. Neben den normalen Verwerfungen werden auch reverse Verwerfungen vorausgesetzt. Durch Verwerfungen sind auch die Quartärschichten ergriffen, was zu Gunsten mancher ganz junger intensiver neotektonischer Bewegungen spricht.

Angenommen am 10. Jän. 1969.

*Institut für allgemeine und angewandte Geologie,
Fakultät für Bergbau, Geologie und Erdölwesen,
Zagreb, Pierottijeva 6.*