

## KARAKTERISTIKE DUGOOTOČNOG RASJEDA U PODRUČJU ŠIBENSKE ROGOZNICE

Eduard PRELOGOVIĆ i Tajana HUZAK

*Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottieva 6 YU — 41000, Zagreb*

**Ključne riječi:** Neotektonski pokreti, Strukturni sklop

Obrazlaže se neotektonska i recentna tektonska aktivnost u zoni Dugootočnog rasjeda. Navode se podaci o strukturnom sklopu kopnenog dijela razmatranog područja. Uspoređuje se površinska i dubinska geološka građa i opisuju tektonska kretanja. Naglasak se stavlja na podatke o recentnoj aktivnosti.

**Key-words:** Neotectonic movements, Structural fabric

The neotectonic and recent tectonic activity in the zone of the Dugi Otok fault is discussed. Data on the structure of the mainland part of the area investigated are put forward. The surface and subsurface geological structures are compared and the tectonic movements are described. The main emphasis is put on the data referring to the recent activity.

### Uvod

U području između Šibenske Rogoznice, Vinišća i Marine provedena su neotektonska istraživanja u svrhu određivanja neotektonske i posebno recentne tektonske aktivnosti, te s tim u vezi procjena podobnosti tog prostora za eventualnu izgradnju većih objekata. Bilo je potrebno izvršiti određena kartiranja te konzultirati podatke o geološkoj građi u dubini i seizmičkoj aktivnosti. U istraživanjima se došlo do novih spoznaja o strukturnom sklopu, te o pružanju i aktivnosti Dugootočnog rasjeda. Detaljnije su razrađeni oblici reljefa nastali uz aktivne rasjede, te sami odnosi rasjeda zbog uočavanja procesa koji nastaju unutar uzdignutog, navučenog krila Dugootočnog rasjeda. Posebno je bilo važno ustanoviti razdoblje najveće aktivnosti tog rasjeda, pomake duž njega i procijeniti mogućnost javljanja potresa određenih magnituda.

Obuhvaćeno područje relativno je manje istraživano. Najkompletniji geološki podaci sadržani su u Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, listovi Split (Marinčić i dr., 1971) i Primošten (Marinčić i dr., 1971) ili u pojedinim radovima užih područja (npr. Kranjec, 1959; Fritz, & Pavičić, 1984). Za ovu priliku bili su važni podaci o dubinskoj geološkoj građi prikupljeni iz različitih geofizičkih istraživanja i bušenja (npr. Aljinović, 1984; Aljinović & Blašković, 1981). Zasebno se izdvajaju radovi u kojima se opisuju neotektonski i seizmotektonski odnosi (Cvijanović i dr., 1977; Skoko i dr., 1982; Prelogović i dr., 1985; UNDP/UNESCO, 1974). Osim iz još nekolicine objavljenih radova uglavnom su korišteni podaci sadržani u stručnim radovima, od kojih se najvažniji navode u popisu literature. Prilikom seizmotektonskih istraživanja obuhvaćenog područja u neotektonskom kartiranju i fotogeološkoj

interpretaciji sudjelovali su S. Bahun, F. Fritz i I. Dragičević. Na ustupljenim podacima i stručnim diskusijama srdačno im se zahvaljujemo.

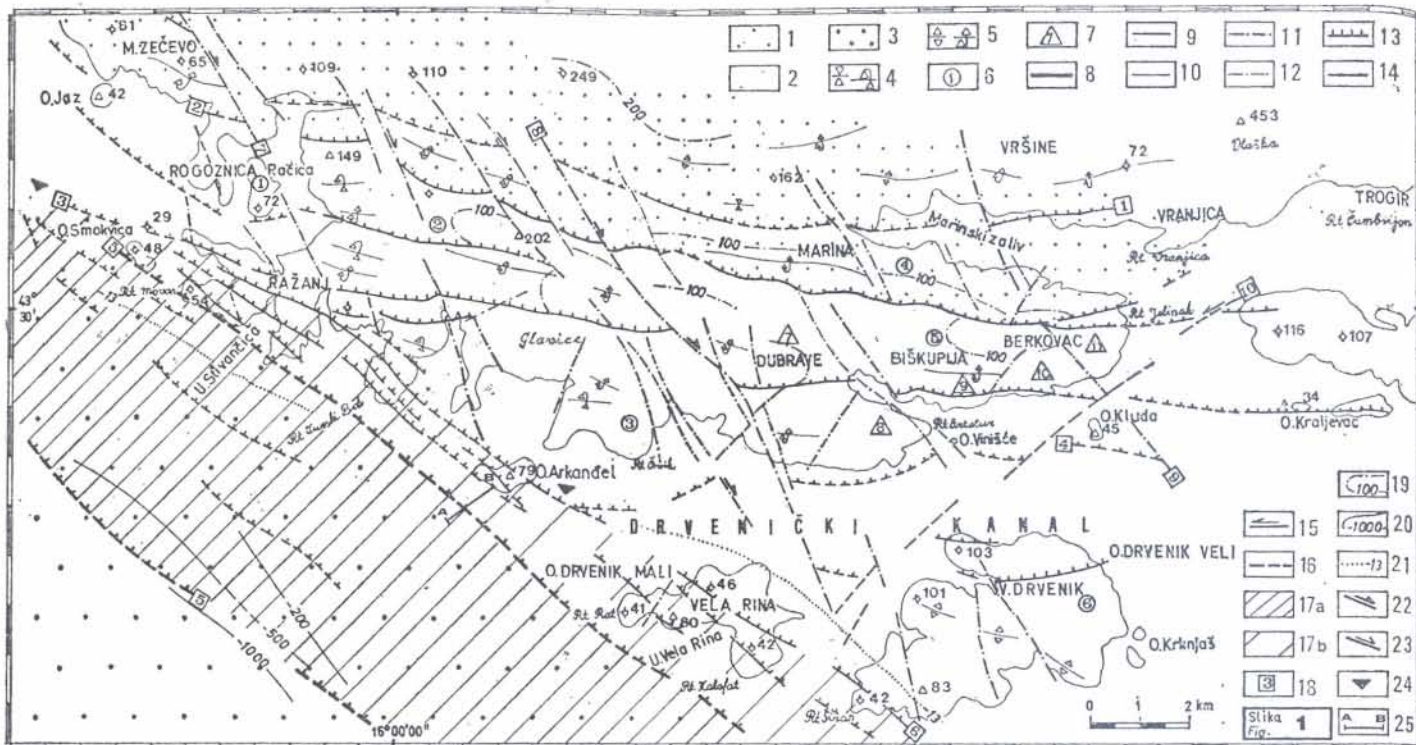
### Podaci

#### o strukturnom sklopu, odražavanje rasjeda na površini, neotektonska aktivnost

U geotektonskom smislu obuhvaćeno područje nalazi se u graničnoj zoni Dinarida (jednica Adrijatika). Granicom se proteže Dugootočni rasjed. Prostorno gledajući taj rasjed odjeljuje navlačne strukture Dinarida od podvučenog kompleksa stijenja Jadranske platforme.

Na površini terena nalaze se karbonatne naslage gornjokredne i eocenske starosti. Najčešće oblikuju prebačene bore nagnute prema jugu — jugozapadu, (slika 1). Zapaža se relativno visok stupanj tektonske poremećenosti. Prebačene bore i ljuskava struktura osnovna su obilježja strukturnog sklopa. Pojedine rasjede gotovo redovito prati više paralelnih dislokacija. Kao posljedica ljuskave strukture i pomaka pojedinih struktura ili tektonskih blokova često nedostaju dijelovi bora.

U istraživanjima posebno su obrađeni rasjedi. U neotektonskoj klasifikaciji nastojalo se za važnije rasjede, prikazane na slici 1, utvrditi položaj u strukturnom sklopu, aktivnost i genezu. Prema pružanju razlikuju se *uzdužni* (reversni) i *dijagonalni do poprečni* rasjedi. Pružanje uzdužnih rasjeda je SZ—JI do I—Z. Nagib paraklaza, za rasjede na kopnu, iznosi 50° do 70° prema SI odnosno S. Dijagonalni do poprečni rasjedi obuhvaćaju dvije grupe: prvu vi-



Sl. 1 NEOTEKTONSKA KARTA (korišteni podaci: OGD SFRJ list Primošten — Marinčić, 1971; fotogeološke interpretacije — Bahuna iz Prelogović i dr., 1985; dubinske građe — Aljinović, 1984; Cvijanović i dr., 1977)

**LEGENDA:** A. Strukture. Neotektonski uzdignute strukturne jedinice: 1 — Primošten-Trogir; 2 — Rogoznica-Vinišće; Neotektonski spuštene strukturne jedinice: 3 — sjeverno-jadranska depresija; 4 — os uspravne i prebačene sinklinale; 5 — os uspravne i prevrnuti antiklinale; B. Tektonski blokovi. 6 — relativno veći tektonski blokovi: Rogoznica (1), Kobiljak-Modrić (2), Glavice-Čovik (3), Marina (4), Vinišće (5), Drvenik Veli (6); 7 — manji, lokalni tektonski blokovi: Dubrave (7), Artatur (8), Biškupija (9), Berkovac (10), Jelinak (11); C. Neotektonski aktivni rasjedi. Uzdužni rasjedi (pružanja SZ-JI do I-Z): 8 — glavni rasjedi iz zone Dugootočnog rasjeda; 9 — važniji rasjedi strukturnog sklopa (granični rasjedi strukturnim jedinicama ili najveći ogranci Dugootočnog rasjeda i to njihove tektonski najaktivnije dionice); 10 — ostali rasjedi većinom granični većim ili manjim tektonskim blokovima ili prateći rasjedi; Poprečni i dijagonalni rasjedi (pružanja: SI-JZ do ISI-ZJZ i SSZ-JJI): 11 — važniji rasjedi strukturnog sklopa (presijecaju strukturne jedinice i granice većim tektonskim blokovima); 12 — ostali rasjedi većinom granični manjim tektonskim blokovima ili prateći rasjedi; 13 — reversni rasjedi; 14 — rasjedi bez oznake karaktera; 15 — rasjed s naznakom horizontalnog pomaka krila; 16 — pretpostavljene dionice rasjeda; 17a — uža zona Dugootočnog rasjeda; 17b — šira zona Dugootočnog rasjeda; 18 — važniji rasjedi: rasjed Zečevo-Marina (1), rasjed Rogoznica-Jelinak (2), Ražanjski rasjed (3), rasjed otok Murvica-Vinišće-otok Pišćene (4), Dugootočni rasjed (5), najsjeverniji rasjed iz zone Dugootočnog rasjeda (6), Rogoznički rasjed (7), Dubravečki rasjed (8), rasjed Vršine (9), rasjed Drvenik Mali-Čiovo (10); D. Amplitude vertikalnih neotektonskih pokreta. 19 — sumarne amplitude uzdizanja (u metrima); 20 — sumarne amplitude spuštanja (u metrima); 21 — dubine podinske plohe karbonatnog kompleksa stijena (u km); E. Amplitude horizontalnih neotektonskih pokreta. 22 — veće od 1,5 km; 23 — do 1,5 km; 24 — predjeli izraženijih tangencijalnih tektonskih kretanja; 25 — trasa profila.

Fig. 1 NEOTEKTONIC MAP (using the data: of the geologic map Primošten — Marinčić, 1971; of the fotogeological interpretation — Bahun from Prelogović et al., 1985; of the deep geological structure — Aljinović, 1984; Cvijanović et al., 1977)

**LEGEND:** A. Structures. Neotectonic uplifted structural units: 1 — Primošten-Trogir; 2 — Rogoznica-Vinišće; Neotectonic subsided structural units: 3 — North Adriatic depression; 4 — axis of vertical and inverted syncline; 5 — axis of vertical and inverted anticline; B. Tectonic blocks. 6 — relatively larger tectonic blocks: Rogoznica (1), Kobiljak-Modrić (2), Glavice-Čovik (3), Marina (4), Vinišće (5), Drvenik Veli (6); 7 — smaller, local tectonic blocks: Dubrave (7), Artatur (8), Biškupija (9), Berkovac (10), Jelinak (11); C. Neotectonic active faults. Longitudinal faults (strike direction NW-SE to E-W): 8 — main fault from the zone of Dugi Otok fault; 9 — more important faults of the structural fabric (boundary faults of the structural units or the biggest branches of the Dugi Otok fault, tectonically the most active stretches); 10 — other faults mostly boundary of larger or smaller blocks or accompanying faults; Transverse and diagonal faults (strike direction: NE-SW to ENE-WSW and NNW-SSE): 11 — more important faults of the structural fabric (cutting across structural units and the bigger tectonic blocks bounding); 12 — other faults mostly boundary of smaller tectonic blocks or accompanying faults; 13 — reverse fault; 14 — faults without mark of character; 15 — fault with horizontal slip; 16 — supposed stretches of faults; 17a — the narrower zone of the Dugi otok fault; 17b — the wider zone of the Dugi otok fault; 18 — more important faults: Zečevo-Marina fault (1), Rogoznica-Jelinak fault (2), Ražanj fault (3), island Murvica-Vinišće-island Pišćene fault (4), Dugi otok fault (5), the northest fault from the zone of Dugi otok fault (6), Rogoznica fault (7), Dubrave fault (8), Vršine fault (9), Drvenik Mali-Čiovo fault (10). D. Amplitude of vertical neotectonic movements. 19 — summary uplifted amplitudes (in metres); 20 — summary subsided amplitudes (in metres); 21 — depth of the carbonate footwall (in kilometres). E. Amplitudes of horizontal neotectonic movements. 22 — larger than 1,5 km; 23 — 1,5 km; 24 — parts of more expressive tangential tectonic movements; 25 — profile line.

še izraženu pružanja SSZ—JJI s nagibom  $50^\circ$  do  $90^\circ$  i drugu pružanja SI—JZ (mjestimice ISI—ZJZ) s nagibima  $60^\circ$  do  $90^\circ$ . Na granicama relativno većih tektonskih blokova rasjedi pružanja SSZ—JJI tvore izražene razlomljene zone, a susjedni tektonski blokovi su horizontalno pomaknuti (npr. Rogoznica, Dubrave, Biškupija).

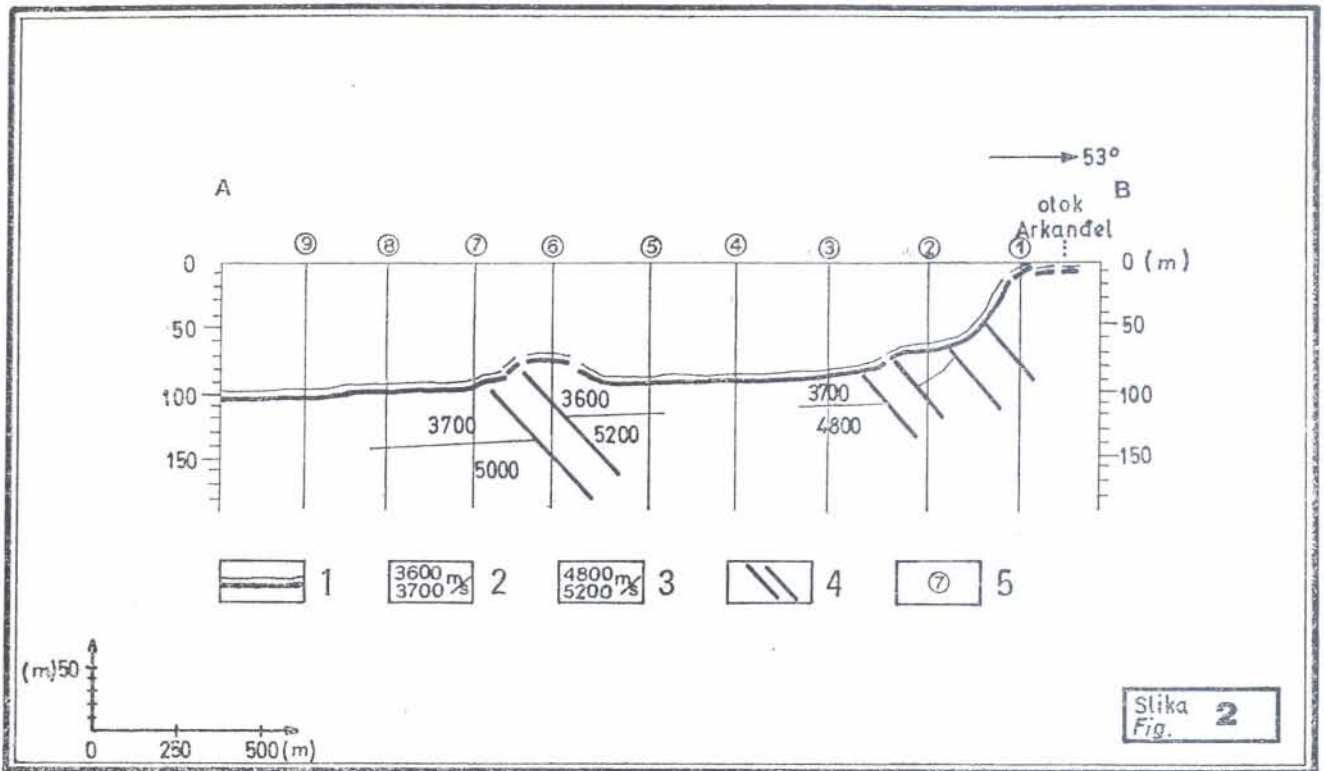
Najvažniji u strukturnom sklopu je Dugootočni rasjed (oznaka 5 u slici 1). Radi se o zoni od nekoliko rasjeda. Glavne trase nalaze se u podmorju. U predjelu Ražnja, Turskog boka, otoka Arkandela i Drvenika Malog ustanovljeni su rasjedi iz šire zone Dugootočnog rasjeda. To su paralelni reversni rasjedi, na površini najčešćeg nagiba  $60^\circ$ . Kao ogranak iskazuje se Ražanjski rasjed (3). U zdrobljenim zonama osim breča obično se javljaju kristali kalcita. Značajno je da ovi rasjedi presijecaju dijagonalne do poprečne rasjede.

U traženju podataka o najmlađoj tektonskoj aktivnosti ukazana je pažnja reljefu površine. Općeniti je zaključak da je današnji izgled reljefa u najvećoj mjeri predisponiran rasjedima (i pukotinama) i tektonskom aktivnošću izraženom duž njihovih zona. Pojedini jasno zacrtani oblici reljefa označavaju da se on još nalazi u aktivnoj fazi. Naročito se ističu strme, odsječene padine (odsjeci u podmorju preko 100 m), pravocrtne, duboke doline, koljeničaste anomalije dolina i deformacije razvodnica. Indikativne su dvije erozijsko-denudacijske površine (visine između 80 i 230 m, mjestimice izraženo nagnute prema JZ) i jedna akumulativna površina (visine između -60 i -140 m). Anomalije dna i podmorskih »dolina« pokazuju trase rasjeda aktivnih nakon formiranja akumulativne površine. Značajna je relativno velika razlika u nivou između akumulativne i prve erozijsko-denudacijske površine. Ona iznosi oko 100 m, što moguće označava i približnu amplitudu kvartarnih pokreta. Mogle su se razlučiti i tri generacije dolina. Najstarije su duboko usječene doline, erozijom zaobljenih strana (npr. na potezu Rogoznica—Marina). Mlađe doline su strmih strana, različite dubine ureza (npr. oko Rogoznice, Berkovca, Vinišća). Najmlađe doline tek se zacrtavaju u reljefu. Najbolje su vidljive uz obalu mora. Radi se o relativno dubokim zasjecima obale i izraženim neravninama reljefa koji označavaju stvaranje nove doline ili terasi sličnog odsjeka padine. Pojave su zapažene uz trase reversnih rasjeda iz zone Dugootočnog rasjeda te kod nekoliko dijagonalnih rasjeda pružanja SSZ—JJI (Dubrave, Ražanj, rt Čovik). Na temelju geomorfološkog kartiranja podmorskog reljefa bilo je moguće ustanoviti pružanje nekih rasjeda vidljivih na kopnu kao i pojedinih trasa iz zone Dugootočnog rasjeda (slika 1).

Geološka građa u dubini rekonstruirana je iz podataka geofizičkih karata, seizmičkih pro-

fila i bušenja (Cvijanović i Prelogović, 1979; Labaš, 1976; Zagorac, 1975; Aljinović, 1984; Naftaplin, 1967), te žarišta potresa (Cvijanović & Prelogović, 1979; Prelogović i dr., 1985; UNDP/UNESCO, 1974). Bitni podaci odnose se na Dugootočni rasjed. Radi se o zoni reversnih rasjeda prosječnog nagiba oko  $35^\circ$  (strmiji bliže površini i blaži na većim dubinama). Pojedini rasjedi u dubini se spajaju. Najveći hod ustanovljen je u prostoru između Rogoznice i Kornatskih otoka. Dijelovi karbonatnog kompleksa naslaga koji se podvlače pod zonu Dugootočnog rasjeda dosižu dubinu od 13 km (slika 1). Pomoću refrakcionih seizmičkih profila u obuhvaćenom području je istražena zona Dugootočnog rasjeda i kopnenog dijela uz samu površinu. Dio jednog poprečnog profila prikazan je na slici 2., (rekonstrukcija izvedena iz podataka »Geoexperta«, preuzeto iz Prelogović i dr., 1985). Izdvojeni su reversni rasjedi koji dopiru do površine. U krovinskom krilu javljaju se uzvisine u reljefu. Razabire se da je morsko dno prekriveno muljevitim holocenskim ili moguće gornjopleistocenskim talogom, pa i uzvisina dna kod najjužnijeg od ustanovljenih rasjeda. Slijedi spoznaja da je uzvisina nastala u nedavnoj geološkoj prošlosti i još se uzdiže. Ispod muljevitog materijala odložene su kvartarne i neogenske naslage, koje su relativno velikih debljina u depresiji koja se proteže uz Dugi otok. Ispod su karbonatne naslage. U kopnenom dijelu područja ističe se rasjed Rogoznica — Jelinak (2), koji se na većoj dubini također spaja s Dugootočnim rasjedom.

Neotektonska aktivnost se procjenjuje iz veličine vertikalnih i horizontalnih pokreta. U zoni Dugootočnog rasjeda postoje skokovite promjene vrijednosti vertikalnih pokreta. Ti pokreti su samo jedna od komponenti cjelokupnog kretanja. Uzimajući u obzir podinsku plohu neogenskih naslaga ukupan vertikalni pomak, u razmatranom području, iznosi oko 1500 m. Amplitude tangencijalnih pokreta, prema prostornom položaju žarišta potresa i rekonstrukcije geološke građe u dubini (Aljinović i dr., 1987), računajući od površine do nivoa oko -15 km iznosn oko 30 km. Najnovija istraživanja koja se provode nakon potresa u Kninu otkrila su da je granična ploha između kompleksa stijena koje se podvlače i navlačnih struktura Dinarida u prostoru približno do Knina gotovo horizontalna. To ukazuje na znatne amplitude tangencijalnih pokreta. Zbog pritiska koji nastaju u rubnom dijelu navlake Dinarida, uz površinu se duž dijagonalnih rasjeda, pružanja SSZ—JJI, očituje horizontalna komponenta tektonskih pokreta. Amplitude su relativno male i samo na dva mjesta prelaze 1,5 km.



Sl. 2 PROFIL A-B (korišteni podaci Geoexperta iz Prelogović i dr., 1985)

LEGENDA

1 — naslage dna; 2 — pretežno breče, lapori, pješčenjaci; 3 — vapnenci i dolomiti; 4 — rasjed; 5 — točka opažanja

Fig. 2. PROFILE A-B (using the data of the Geoexpert from Prelogović at al., 1985)

LEGEND:

1 — beds of the bottom; 2 — mainly breccias, marls and sandstones; 3 — limestones and dolomites; 4 — fault; 5 — point of observe

Zaključak

Prostorni položaj Dugootočnog rasjeda i strukturni sklop ustanovljeni na površini posljedica su pomicanja i podvlačenja kompleksa stijena Jadranske platforme. Važno je istaći da je približno u obuhvaćenom području Jadranska platforma znatnije dijagonalno razlomljena tako da se od poteza Trogir — otok Jabuka zasebno izdvaja tzv. srednji dio platforme. On se podvlači, uz retrogradnu rotaciju, pod Dinaride. Ti pokreti su primjetni u zadnjem neotektonski aktivnom razdoblju, koje obuhvaća gornji pliocen i kvartar. U zoni Dugootočnog rasjeda osobito je izražena tektonska aktivnost u kvartaru. U to vrijeme dolazi do znatnog spuštavanja depresije uz Dugi otok i taloženja naslaga debelih preko 1000 m. Na recentnu tektonsku aktivnost Dugootočnog rasjeda upućuju: karakteristike reljefa (vrlo strme odsječene padine i litice visine preko 100

m, te pravocrtne, usječene »doline«), deformacije muljevutih naslaga dna (npr. kod otoka Arkandela), prateći rasjedi iz šire zone (koji presijecaju dijagonalne do poprečne rasjede, te pojave potresa. Najveći pritisci u prostoru događaju se između Rogoznice i Kornatskih otoka, gdje su ustanovljena i najveća navlačenja. Na rotaciju srednjeg dijela Jadranske platforme i povezano s tim rotaciju struktura i tektonskih blokova uz površinu upućuju reversni rasjedi i ogranci Dugootočnog rasjeda pružanja I—Z, te horizontalne komponente pokreta duž dijagonalnih rasjeda pružanja SSZ—JJI. Pružanje reversnih rasjeda i znatnije isticanje rasjeda smicanja pružanja SSZ—JJI od rasjeda smicanja pružanja SI—JZ ukazuje da je najveći pritisak usmjeren prema sjeveru.

Žarišta potresa nižu se paralelno Dugootočnom rasjedu, najčešće na dubinama između 5 i 30 km. Najveća koncentracija potresa nalazi se između Rogoznice i Kornatskih otoka.

Primljeno: 20. I. 1989.

Prihvaćeno: 6. III. 1989.

LITERATURA

Objavljeni radovi

- Aljinović, B. (1984): Najdublji seizmički horizonti sjeveroistočnog Jadrana. Disertacija, Prirodosl.-matemat. fakultet, 1—165, Zagreb.
- Aljinović, B. i Blašković, I. (1981): O plohi dubokog seizmičkog horizonta sjeveroistočnog Jadrana. Simp. ZSN JAZU, Split, svibanj 1981. Zb. radova, knj. A 8, 363—380, Zagreb.
- Aljinović, B., Prelogović, E. & Skoko, D. (1987): Novi podaci o dubinskoj geološkoj gradnji i seizmotektonski aktivnim zonama u Jugoslaviji. *Geol. vjesnik*, 40, 255—263, Zagreb.
- Cvijanović, D. & Prelogović, E. (1979): Seizmotektonski procesi u području sjeverne Dalmacije. *Acta seismol. Iugosl.*, 5, 37—51, Beograd.
- Herak, M. (1986): A New Concept of Geotectonics of the Dinarides. *Acta geol.*, 16, 1, 1—42, Zagreb.
- Kranjec, V. (1959): Prilog geologiji područja Šibenik — Vinišće. *Geol. vjesnik*, 12, 37—48, Zagreb.
- Marinčić, S., Magaš, N. i Borović, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ, list Split, 1:100 000 i tumač. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Marinčić, S., Magaš, N. i Borović, I. (1971): Osnovna geološka karta SFRJ, list Primošten 1:100 000 i tumač. Savezni geološki zavod, Beograd.
- UNDP/UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region (1974): Catalogue of Earthquakes: Part I, 1901—1970, Part II, prior to 1901, UNESCO, 1—540, Skopje.

- Zagorac, Ž. (1975): Neki rezultati megnetometrije u sklopu kompleksne geofizičke interpretacije područja Dinarida. *Nafta*, 2, 64—71, Zagreb.

Stručni radovi

- Cvijanović, D., Skoko, D., Marić, K., Bojanić, L., Ivičić, D., Fritz, F., Prelogović, E., Zagorac, Ž., Kranjec, V., Velić, J., Vlašić, B. & Turk, M. (1977): Procjena seizmičkih sila i definiranje projektnih parametara učinka potresa na lokaciji nuklearne elektrane Vir. Arh. Elektroprivreda Dalmacije, Split.
- Fritz, F. i Pavičić, A. (1984): Hidrogeološka studija područja Trogir — Šibenik — Drniš — Knin. Fond struč. dok. Geol. zavod, Zagreb.
- Labaš, V. (1976): Ravni Kotari i srednja Dalmacija — reinterpretacija gravimetrijskih podataka. Fond za dokumentaciju Geofizike, Zagreb.
- »Naftaplin« (1976): Dossier bušotina, Boraja-I, Arh. INA-Naftaplin, Zagreb.
- Prelogović, E., Bahun, S., Fritz, F., Dragičević, I., Benamatić, D. & Jakovljević, S. (1985): Šibenska Rogoznica, izbor lokacije za nuklearnu elektranu — geološka i geofizička istraživanja. Arh. Elektroprivreda Dalmacije, Split.
- Skoko, D., Prelogović, E. & Cvijanović, D. (1982): Seizmotektonska karta priobalnog dijela SR Hrvatske. Arh. Elektroprivreda Dalmacije, Split.

Characteristics of the Dugi Otok Fault in the Area of Šibenska Rogoznica (Dalmatia)

E. Prelogović and T. Huzak

The investigated area is situated in the boundary zone between the Dinaric zone and the Adriatic basin. The boundary is marked by the Dugi Otok fault, which separates the overthrust Dinaric structures from the subducted rock complexes of the Adriatic platform.

Figure 1 shows the neotectonic structures and faults, as well the amplitudes of the neotectonic movements. Names have been given to the neotectonically most active faults. The faults are classified according to their position in the structural pattern and their genesis. The Dugi Otok fault consist of several parallel reverse faults. Near the shoreline faults belonging to the boarder zone of the Dugi Otok fault have been established. Average dip of the Dugi Otok fault is 35°. Faults that occur separately on the surface fuse in the subsurface. The vertical component of the neotectonic movements is estimated to amount to 1500 m, based on the data on the deformations of the Neogene and Quaternary deposits. The amplitude of the tangential movements from the surface down to the depth of about 15 km amounts to about 30 km.

The most important element in the tectonic movements is the retrograde movement and subduction

of a part of the Adriatic platform under the Dinarides. These movements occur from the Upper Pliocene to the present. Quaternary deposits over 1000 m thick have been deposited in the depression along the Dugi Otok fault. The recent tectonic activity is indicated by the following elements: physiographic features, including very steep slopes and cliffs over 100 m and linear depressions on the sea bottom, further on, deformations of the Holocene muddy bottom deposits (Fig. 2), accompanying faults which cut the diagonal and transverse faults, and the earthquake activity. Tectonic pressure is directed northward, so that on the mainland the NNW—SSE strike-slip fault system is more strongly pronounced than the NE—SW system. Diagonal pressure also indicates the rotation of the structures and tectonic blocks near the surface.

The earthquake centres are aligned parallel to the Dugi Otok fault mostly in the depth between 5 and 30 km. Maximum earthquake concentration occurs west of Rogoznica, associated to greatest tangential movements.