

Geol. vjesnik	34	137—146	4 slike	Zagreb, 1981
---------------	----	---------	---------	--------------

UDK: 550.34

Potres u Medvednici 1880. godine

Eduard PRELOGOVIĆ¹ i Dragutin CVIJANOVIĆ²

¹ Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Pierottijeva 6

² Geofizički zavod, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 41000 Zagreb, Grič 3

Opisuje se seizmička aktivnost Medvednice, zatim migracije žarišta potresa i rasprostiranje seizmičke energije u razdobljima pojačane aktivnosti. Pojave potresa ukazuju na prisutnost tektonskih kretanja. Izdvajaju se jaki potresi među kojima je i veliki zagrebački potres iz 1880. godine, te mogući uzročnici njihovog javljanja.

UVOD

Interes za proučavanje razornih potresa u nas sve je veći. Najprije zbog toga što smo u zadnje dvije decenije bili svjedoci velikog broja takvih potresa od kojih je posljednji, 1979. godine u Crnoj Gori, imao dimenzije katastrofe. S druge strane, gradovi koji leže u blizini izrazitih epicentralnih područja naglo se izgrađuju i vjerojatno je da će posljedice od budućih jakih potresa biti tragičnije. Jedan od takvih gradova je i Zagreb. Za vrijeme velikog zagrebačkog potresa 1880. godine poginula su samo dva čovjeka, jedan u Zagrebu, drugi u prigradskom naselju Granešini. Danas je teško i zamisliti kakve bi posljedice imao potres iste jačine.

Koliko je zapravo bio veliki zagrebački potres 1880. godine i da li se u istom žarištu u budućnosti može očekivati tako jak potres ili možda čak još i jači pitanja su od šireg interesa. U tom smislu se poslije 1880. godine pomno bilježe svi potresi u Medvednici i susjednim epicentralnim područjima. Traže se i uzročnici javljanja potresa koji ovise prvenstveno od geološke građe planine, položaja Medvednice u širem tektonskom sklopu i regionalnim tektonskim kretanjima. Seizmotektonska istraživanja provode se već desetak godina i na temelju njih je načinjena seizmotektonska rajonizacija (Cvijanović i dr., 1980.). Ovom prilikom iznose se neki detalji o seizmičkoj aktivnosti medvedničkog epicentralnog područja. Koncentracije epicentara potresa u pojedinim razdobljima aktivnosti uspoređuju se s recentnim tektonskim gibanjima Medvednice.

NAJJAČI POTRESI U ZAGREBU

Redovito, kada se govori ili piše o potresima u Zagrebu klasificira ih se po jačini bez obzira na njihovo žarište. Za potrese koji su se dogodili prije 1880. godine opisi su takvi da je iz njih vrlo teško procijeniti stvarnu ja-

činu i epicentar. Međutim, ako se ti podaci pridijele epicentralnim područjima, koja su danas već dosta dobro definirana, tada se relativno dobro mogu procijeniti učinci koje su takvi potresi izazvali u Zagrebu. U povijesti se spominje veći broj potresa, ali nema zapisa o eventualnim potresima prije XVI stoljeća. Evo opisa najjačih, koji su počinili veće ili manje štete u Zagrebu.

— 26. ožujka 1502. godine u 14 sati dogodio se veliki potres u Hrvatskoj od koga su se mnoge kuće srušile, a u Zagrebu toranj crkve Sv. Marka. Drugih podataka o tom potresu nema. Može se pretpostaviti da mu je epicentar bio u Medvednici (45,8 N; 16,1 E). Jačina mu je procijenjena na VIII stupnjeva MCS ljestvice.

— Nekoliko godina kasnije — 26. ožujka 1511. godine u 20 sati i 30 min. osjetio se žestok potres u Kranjskoj, Štajerskoj, Koruškoj i Hrvatskoj. Epicentar tog potresa bio je u Sloveniji kraj Idrije (46,0 N; 14,5 E; $I_0 = IX - X$ stupnjeva MCS ljestvice). Mogao je izazvati lakše štete i u Zagrebu.

— U istom stoljeću spominju se još dva potresa. 24. siječnja 1556. godine od potresa je u Bavarskoj, Austriji, Ugarskoj, Hrvatskoj i Dalmaciji porušeno 26 gradova i mjesta. I o tom potresu se malo zna. Bez obzira na njegovu jačinu epicentar mu je vjerojatno bio u području Alpa, a to znači daleko od Zagreba.

— Jaki potres od 16. rujna 1590. godine u 0 sati i 30 min. počinio je najviše štete u podnožju Alpa, a u Nagykanizsi porušen je velik broj zgrada uz ljudske žrtve. Epicentar i tog potresa bio je daleko od Zagreba (46,7 N; 16,7 E), pa iako se spominje da je grad Medvedgrad toliko stradao da se njegov vlasnik preselio u Šestine, efekti potresa nisu bili veći od VIII stupnjeva MCS ljestvice.

— Stare gradove Veliki Kalnik i Medvedgrad porušio je potres 11. veljače 1699. godine i načinio veće štete Pavlinskom samostanu i crkvi u Sveticama. Bilo je mnogo štete i u Ozlju. Epicentar tog potresa bio je vjerojatno u Sloveniji (46,2 N; 14,6 E ili 45,6 N; 15,3 E).

— Najjači potres u Zagrebu dogodio se 9. studenog 1880. godine u 7 sati 34. min. Počinio je mnogo štete, a dvoje ljudi je poginulo. Epicentar potresa bio je u Medvednici (45,91 N; 16,11 E; $I_0 IX$ stupnjeva MCS ljestvice; dubina žarišta 10—20 km).

— Nekoliko godina kasnije — 14. travnja 1894. godine razoran potres porušio je Ljubljanu (46,1 N; 14,5 E; $I_0 = VIII - IX$ stupnjeva MCS ljestvice; dubina žarišta oko 16 km). U Zagrebu je od tog potresa oštećena stolna crkva i neke kuće.

— Slijede, za Zagreb, dva značajna potresa. Najprije je jaki potres 17. prosinca 1905. godine u 23 sata 16 min. počinio dosta štete, ali bez ljudskih žrtava. Epicentar je bio u Medvednici (45,90 N; 16,10 E; $I_0 = VII - VIII$ stupnjeva MCS ljestvice; $M = 5,6$; dubina žarišta oko 7 km).

— 2. siječnja 1906. godine u 5 sati 27 min. zbio se još jači potres od prethodnog. Bilo je mnogo štete, ali također bez ljudskih žrtava. Epicentar potresa bio je u Medvednici (45,92 N; 16,10 E; $I_0 = VIII$ stupnjeva MCS ljestvice; $M = 6,1$; dubina žarišta oko 5 km).

— Seizmička aktivnost se još ne smiruje. 8. listopada 1909. godine u 10 sati i 59 min. dogodio se jaki potres s epicentrom u dolini rijeke Kupe

(45,42 N; 16,18 E; $I_0 = VIII - IX$ stupnjeva MCS ljestvice; $M = 6,0$; dubina žarišta oko 10 km.). U Zagrebu je od tog potresa bilo umjerenih šteta, srušeni dimnjaci i popucali zidovi.

Od 1909. godine do danas niti jedan potres u Zagrebu nije bio jači od VII stupnjeva MCS ljestvice. Od svih deset spomenutih jakih potresa sama su četiri imala žarište u Medvednici i to: 1502., 1880., 1905. i 1906. godine. Bez sumnje najjači od svih bio je veliki zagrebački potres 1880. godine. I štete od tog potresa u Zagrebu bile su najveće.

Najbolji je način upoznavanja seizmičnosti, pa i seizmotektonskih odnosa u Medvednici pomoću izdvajanja nekoliko karakteristika javljanja potresa u razdobljima pojačane seizmičke aktivnosti od 1880. do 1908. godine.

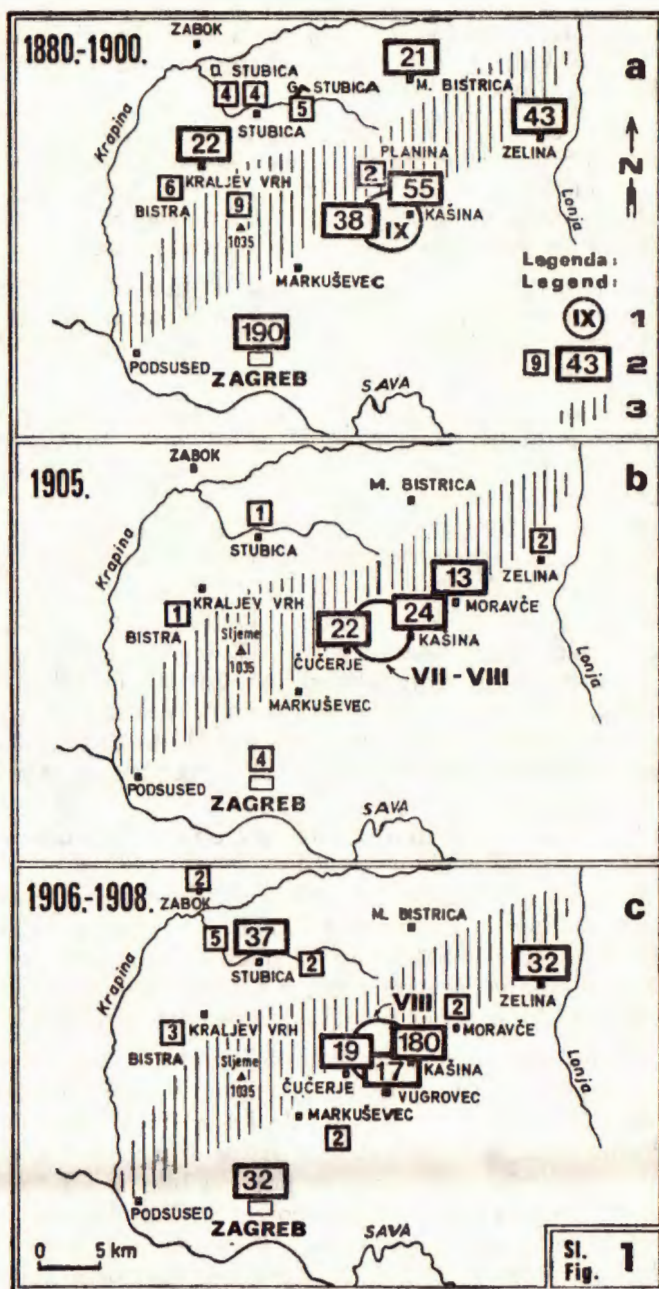
Razdoblje od 1880. do 1900. godine. Glavni potres 9. studenog 1880. godine imao je žarište kod Kašine (slika 1a) na jugoistočnoj strani Medvednice. Uzdrmana je čitava Medvednica, ali se ipak najveći broj naknadnih potresa dogodio na potezu između Zagreba i Zeline. U okolici Zagreba ih je zabilježeno 190, zatim u Markuševcu 38, Kašini 55 i Zelini 43. Sa sjeverne strane Medvednice jedino se većom čestinom ističu Kraljev Vrh s 222 i Marija Bistrica s 21 potresom.

Seizmička aktivnost 1905. godine je karakteristična i stoga je zasebno izdvojena. Glavni potres 17. prosinca 1905. godine imao je prethodne potrese u travnju iste godine. Žarište je bilo između sela Planina i Kašina, vjerojatno bliže ovom prvom. Naknadni potresi najčešće su se događali u blizini glavnoga (slika 1b) tj. od Čučerja (22), Kašine (24) do Moravča (13). Pojačana seizmička aktivnost u tom predjelu je vrlo česta.

Razdoblje od 1906. do 1908. godine. Sve ono što se događalo 1905. godine zapravo je prethodilo drugom glavnom potresu, koji je uslijedio 2. siječnja 1906. godine. Njegov epicentar je također u području između sela Planina i Kašina. (slika 1c). Naknadni potresi opet su se najčešće događali na jugoistočnim obroncima Medvednice, odnosno od Zagreba do Zeline s najvećom čestinom u Kašini (180). Sa sjeverne strane Medvednice najveći broj potresa imao je epicentar kod Stubice (37).

Pojačana seizmička aktivnost u okolici Zagreba događala se u različitim vremenskim intervalima. Između spomenutih deset najjačih potresa od kojih je Zagreb najviše stradao prošlo je: 9, 45, 34, 109, 181, 15, 10, 1 i 3 godine. Prema tome nema nikakve pravilnosti u javljanju najjačih potresa. Najdulje razdoblje bez razornih potresa bilo je od 1699. do 1880. godine, odnosno upravo pred najjači potres u Zagrebu. Od posljednjeg razornog potresa 1909. godine do danas (1981. godina) prošlo je 73 godine. To je relativno mnogo, jer je još samo jedanput osim navedenog, takvo razdoblje bilo dulje, tj. 1590. do 1699. godine.

Iz dijagrama godišnjeg hoda čestine jačih potresa ($M = 2,8$; $I_0 = IV - V$) razabire se izraziti maksimum (najveći broj potresa) u vremenu od listopada do ožujka s jednim sekundarnim maksimumom u lipnju mjesecu (slika 2). Interesantno je da su se onih deset razornih potresa, o kojima je bilo riječi, dogodili u tom razdoblju.

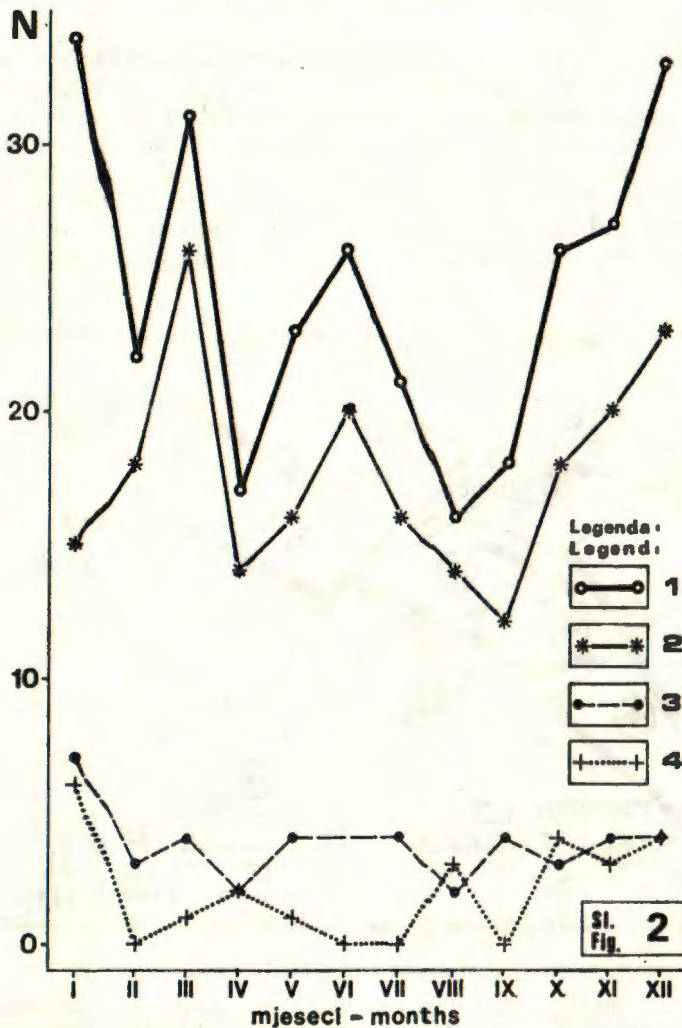


Slika 1. Karakteristike pojačane seizmičke aktivnosti u Medvednici: a) razdoblje 1880—1900. godine; b) 1905. godina; c) razdoblje 1906—1908. godine.

Legenda: 1 — glavni potres; 2 — broj potresa; 3 — Medvednica.

Fig. 1. The characteristics of the increased seismic activity in Medvednica: a) period from 1880—1900 year; b) 1905 year; c) period from 1906—1908 year.

Legend: 1 — the main earthquake; 2 — the number of earthquakes; 3 — Medvednica.



Slika 2. Zagrebačko epicentralno područje; vremenske varijacije seizmičke aktivnosti — razdoblje 1879—1969. godine; $M \geq 2,8$; $I_0 \geq IV - V$ stupnjeva MCS.

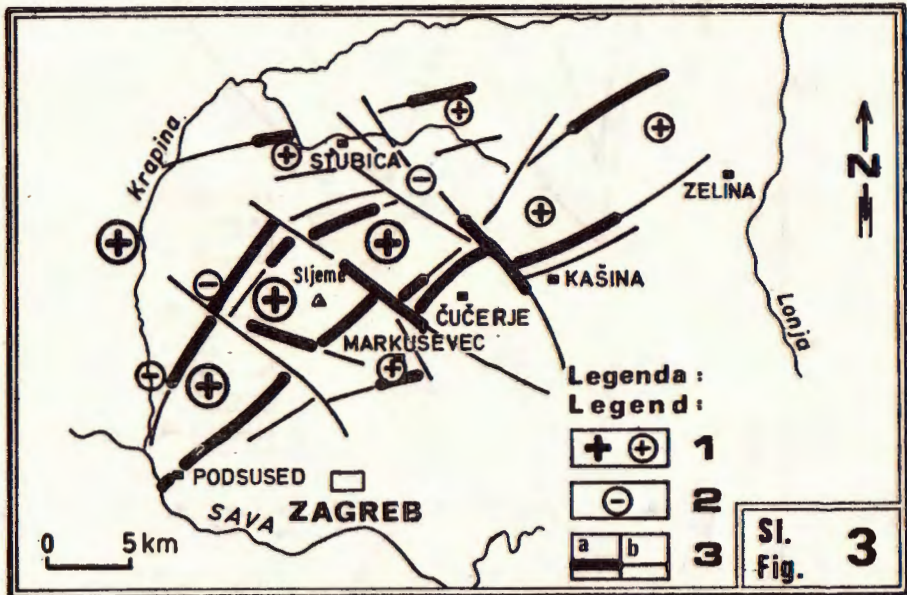
Legenda: 1 — $N_{M \geq 2,8; I_0 \geq IV - V}$; 2 — broj slučajeva N s $M \geq 2,8$ odnosno $I_0 \geq IV - V$ bez obzira na njihovu čestinu; 3 — broj slučajeva N kada je u mjesecu bilo 2 i više potresa sa $M \geq 2,8$; $I_0 \geq IV - V$; 4 — $N_{M \geq 4,6; I_0 \geq VI - VII}$.

Fig. 2. Zagreb epicentral area, time variations of seismic activity, period: 1879—1969 year; $M \geq 2,8$; $I_0 \geq IV$ to V degrees MCS.

Legend: 1 — $N_{M \geq 2,8; I_0 \geq IV$ to V ; 2 — the number of N events with $M \geq 2,8$ and $I_0 \geq IV$ to V respectively, regardless their frequency; 3 — the number of N events when there were 2 or more earthquakes in a month with $M \geq 2,8$; $I_0 \geq IV$ to V ; 4 — $N_{M \geq 4,6; I_0 \geq VI$ to $VII}$.

UZROCI SEIZMICKE AKTIVNOSTI

Potresi u Medvednici najvjerojatnije nastaju kao posljedica regionalnih tektonskih kretanja. Seizmička aktivnost pojedinih dijelova Medvednice ovisi od njezine strukturno-tektonske građe (slika 3). U osnovi se radi o horstu uzdignutom po uzdužnim rasjedima pružanja sjeveroistok — jugozapad (Gorjanović — Kramberger, 1908.). Usporedbom površinskih podataka (Šikić i dr., 1979) i rekonstrukcijom građe u prvim kilometrima dubine prema geofizičkim mjerenjima (Zagorac, 1975) razabiru se dva veća tektonska bloka odvojena i razmaknuta rasje-



Slika 3. Tektonska karta Medvednice.

Legenda: 1 — veći i manji maksimumi rezidualnih anomalija; 2 — minimumi rezidualnih anomalija; 3 — rasjedi: a) više i b) manje sigurno locirani.

Fig. 3. Tectonic map of Medvednica.

Legend: 1 — bigger and smaller maximums of residual anomalies; 2 — the minimums of residual anomalies; 3 — faults; a) more and b) less precisely located.

dima koji se protežu između Kašine i Stubice. Zapadni tektonski blok također je rasjecen poprečnim do dijagonalnim rasjedima na tri manja bloka i to na potezima Markuševac — Kraljev Vrh i Šestine (Mikulići) — Bistra. Najzapadniji dio Medvednice još je rasjednut između Vrapča i Jablanovca, a istočna Medvednica od Donje Zeline do Marije Bistrice. Duž prikazanih poprečnih i dijagonalnih rasjeda (pravac pružanja sjever sjeverozapad — jug jugoistok do sjeverozapad — jugoistok) tektonski blokovi horizontalno su pomaknuti, a najočitije između Kašine i Stubice.

Recentna tektonska kretanja dio su neotektonskih pokreta. S obzirom da se Medvednica nalazi uz rub Savske potoline tektonska zbivanja su povezana s onima u potolini, ali i zaleđu, sjeverozapadno. Žumberačko-medvednički rasjed koji se proteže jugoistočnim obroncima Medvednice graniči između područja neotektonskog spuštanja i uzdizanja. Amplitude spuštanja su već kod Velike Gorice i Dugog Sela —3000 m, a neotektonsko izdizanje planine je oko 800 m. Tako veliki gradijenti neotektonskih pokreta posljedica su jačih tektonskih kretanja. Na temelju izdanaka kvarternih naslaga (visine do 400 m) amplitude kvartarnih vertikalnih tektonskih pokreta iznose oko 250 m, što ukazuje na najnoviju tektonsku aktivnost. Vjerojatno je da su najmlađi aktivni, već spomenuti, poprečni do dijagonalni rasjedi, pa i horizontalni pokreti duž njih. Amplitude horizontalnih pomaka kod Kašine iznose oko 2,5 km.

Tektonska kretanja u Medvednici ili pomicanje njezinih blokova mogu se uočiti praćenjem migracije seizmičke aktivnosti u razdobljima javljanja serije potresa. Kao prilog tome može se uzeti migracija potresa 1879. i 1880. godine (slika 4a, oznake od 1 do 11). Najprije se dogodio potres VII stupnjeva MCS ljestvice u Stubici i nakon toga u Zelini kao prethodnice najjačeg zagrebačkog potresa koji je zatim slijedio sa žarištem kod Kašine. Tektonski gledajući aktiviran je istočni dio Medvednice. Pomak je uslijedio po Kašinsko-stubičkom rasjedu i daljnji potresi migriraju prema Stubici i Bedekovćini. (intenziteti do VII stupnjeva MCS ljestvice). Pomak istočnog dijela Medvednice odrazio se je i na susjedni tektonski blok, pa se javljaju potresi duž rasjeda između Sljemena i Markuševca. Seizmička aktivnost u 1880. godini završava potresima u Mariji Bistrici i Kašini.

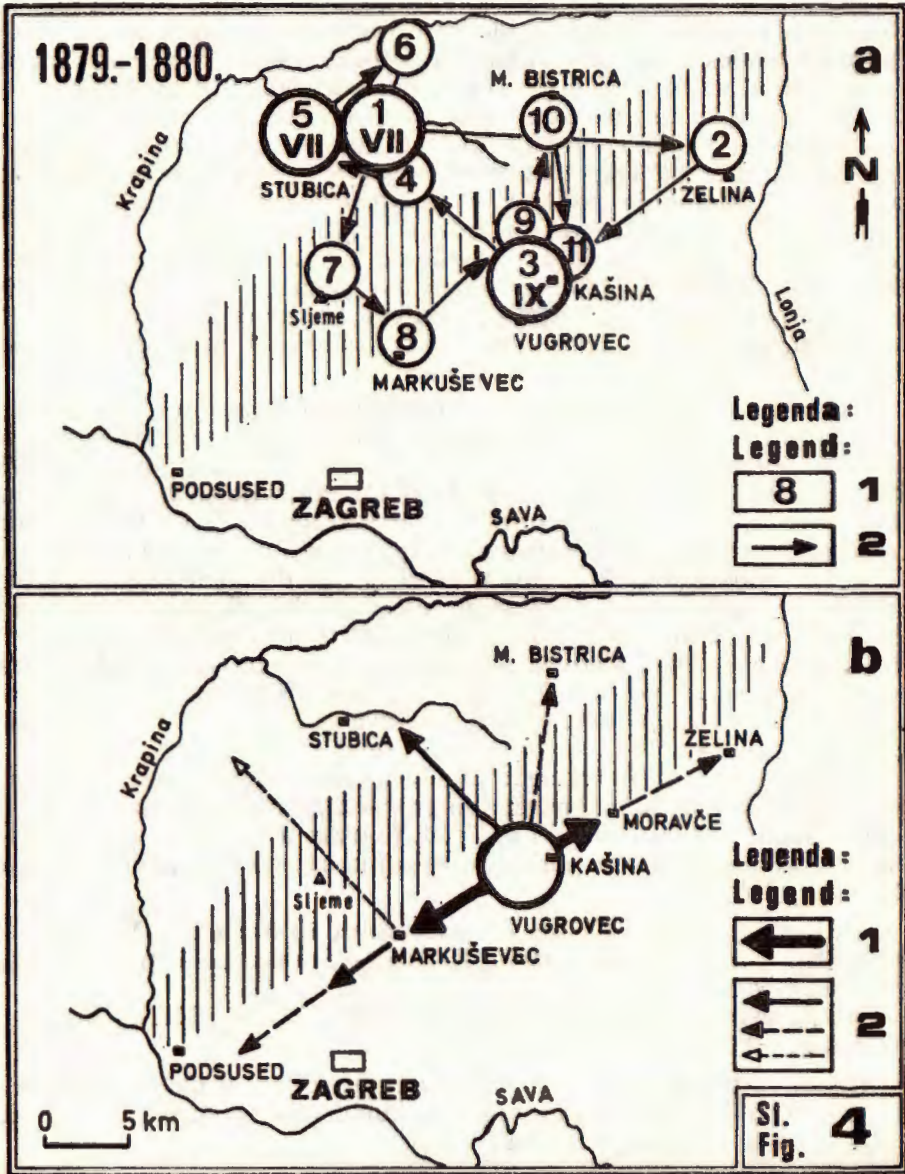
Rasprostiranje seizmičke energije za vrijeme svakog potresa nije ravnomjerno. Najčešće se širi paralelno s pravcima pružanja zona aktivnih rasjeda. Uzme li se u obzir 15 najjačih potresa u kašinskom epicentralnom području osnovni pravci rasprostiranja seizmičke energije su slijedeći: (slika 4b):

- najčešći je smjer: Kašina — Markuševac ili Kašina — Moravče;
- nešto je manje izražen smjer Kašina — Stubica i Kašina — Markuševac — Šestine;
- rjeđe se energija rasprostirala do Vrapča, Zeline i Marije Bistrice i povremeno od Markuševca prema Kraljevom Vrh.

Primjeri rasprostiranja seizmičke energije pokazuju da su u Medvednici najznačajnija dva sistema rasjeda: Žumberačko-medvednički, te Kašinsko-stubički i njemu paralelni rasjedi.

ZAKLJUČAK

Dosadašnja istraživanja ukazuju da se najveći broj potresa dogodio na jugoistočnoj strani Medvednice. S obzirom na položaj Medvednice u regionalnom tektonskom sklopu može se zaključiti da su uzročnici javljanja potresa tektonska kretanja koja se događaju u dodirnoj zoni struktura žumberačko-medvedničkog pružanja (sjeveroistok-jugozapad) sa Savskom potolinom (sjeverozapad-jugozapad). Mogući je slijedeći model tektonskih kretanja: potiskivanje iz područja Savske potoline dovodi do izdizanja



Slika 4. a) Migracija epicentara jačih potresa ($I_0 \geq V$ stupnjeva MCS) u razdoblju od 1879. do 1880. godine.

Legenda: 1 — redoslijed javljanja potresa; 2 — smjer migracije potresa.

b) Smjerovi rasprostiranja seizmičke energije.

Legenda: 1 — najčešći smjer; 2 — sve manje izraženi smjerovi rasprostiranja seizmičke energije.

Fig. 4. a) Migration of epicentres of stronger earthquakes in the period from 1879 to 1880 year.

Legend: 1 — sequence of earthquake occurrences; 2 — direction of earthquake migration.

b) Directions of seismic energy spreading.

Legend: 1 — the most frequent direction; 2 — less and less expressed directions of seismic energy spreading.

Medvednice i povećanih gradijenata vertikalnih tektonskih pokreta u spomenutoj dodirnoj zoni; kretanja su neravnomjerna i nastaje rotacija i komadanje, te horizontalno pomicanje tektonskih blokova Medvednice. Ti procesi su uzročnici javljanja potresa.

Žarišta najjačih potresa nalaze se u okolici sela Kašina i Planina. Tektonski gledano javljaju se na dionici najvećeg horizontalnog smicanja susjednih tektonskih blokova Medvednice. Prema makro i mikroseizmičkim podacima najjači potres iz 1880. godine bio je magnitude oko 6,3. Usporedbom seizmotektonskih odnosa u Medvednici s najbližim epicentralnim područjima u Panonskom bazenu i podnožju Alpa ocjenjuje se da najjači mogući potres može imati magnitudu do 6,5.

Uvjerenje koje vlada da se svakih sto godina pojavljuje jaki potres u Medvednici nema čvršće osnove. Međutim, iz odnosa broja i čestine potresa prosječno se na širem području Zagreba svakih deset godina može dogoditi barem jedan potres VII stupnjeva MCS ljestvice.

Primljeno 30. 5. 1980.

LITERATURA

- Cvijanovi, D., Igrac, A. & Skoko, D. (1967): Seizmičke karakteristike šireg područja Zagreba. *Izveštaj Geofiz. zavoda*, 1—51, Zagreb.
- Cvijanović, D., Prelogović, E., Skoko, D., Marić, K. & Mišković, D. (1980): Seizmotektonska rajonizacija Medvednice. Zb. 6. Jug. simp. o hidrogeol. in inž. geol., Portorož, 12—16. V 1980, 2, 13—25, Ljubljana.
- Gorjanović-Kramberger, D. (1908): Geologijska prijedlogna karta kraljevine Hrvatske — Slavonije. Tumač geologijskoj karti Zagreb, 22, XIV, 1—75, Kralj. Zemalj. vlada, Zagreb.
- Kišpatić, M. (1891): Potresi u Hrvatskoj. *Rad JAZU*, 122, Zagreb.
- Kranjec, V., Hernitz, Z., Velić, J. & Prelogović, E. (1978): Neke karakteristike dubinske geološke građe u zapadnom dijelu Savske potoline. *IX Kong. geol. SPRJ*, 87—102, Sarajevo
- Mohorovičić, A. (1906): Godišnje izvješće zagrebačkog met. observatorija za god. 1906. Geofiz. zavod, Zagreb.
- Mokrović, J. (1950): Potresi u Zagrebu. *Izveštaj Geofiz. zavoda*, 1—21, Zagreb.
- Prelogović, E., Cvijanović, D. & Skoko, D. (1978): O uzročnoj vezi neotektonskih gibanja i seizmičke aktivnosti u SR Hrvatskoj. *Geol. vjesnik*, 30/2, 745—755, Zagreb.
- Šikić, D. (1978): Duboki rasjed zagrebačke zone. *Geol. vjesnik*, 30/1, 251—263, Zagreb.
- Šikić, K. & Basch, O. (1975): Geološka zbivanja od paleozoika do kvartara u zapadnom dijelu zagrebačke regije. *II znan. skup ZN za naftu JAZU*, 69—85, Zagreb.
- Šikić, K., Basch, O. & Šimunić, A. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ, list Zagreb 1:100.000. Savezni geol. zavod, Beograd. *Ibid.*, tumač.
- Zagorac, Z. (1975): Interpretacija gravimetrijskog reziduala i njena primjena u području Savske i Dravske potoline. Disertacija. RGN fak., Zagreb.

Earthquake in Medvednica in 1880

E. PRELOGOVIĆ and D. CVIJANOVIĆ

Medvednica belongs to the seismically most active areas in Croatia. The increased activity covers the period from 1879 to 1908 (Fig. 1). From the structural — tectonic point of view Medvednica is a horst subdivided by transversal and diagonal faults into two smaller tectonic blocks (Fig. 3). Due to the regional tectonic movements directed to north-west the rotation and faulting of Medvednica occur. In the area of horizontal movements of the tectonic blocks in the surrounding of village Planina and Kašina there is the epicentre of earthquakes from 1880 (IX degrees MCS). The migration of epicentres of the earthquakes in 1879 and 1880 as well as spreading directions of seismic energy in Medvednica are represented in Fig. 4.