

Staniša IVANOVIĆ*

SEIZMIČKI HAZARD SKADARSKE POTOLINE

Sažetak: Iako predstavlja zasebno i autohtono seizmičko polje sa čestim i jakim zemljotresima, seizmički hazard Skadarske potoline još uvijek nije dovoljno poznat. To se naročito odnosi na: opšte seizmičko stanje i seizmičku aktivnost Skadarske potoline; pouzdanost definisanja seizmogenih rasjeda kao generatora najjačih zemljotresa; mogućnosti postojanja zasebnih seizmogenih žarišta unutar šire autohtone seizmogene zone; mogućnosti postojanja kauzalne veze sa primorskom seizmogenom zonom; uticaja specifičnih uslova tla na povećanje seizmičkog intenziteta (likvifikacija).

U radu se ova problematika razmatra u svjetlosti najnovijih podataka iz oblasti seizmologije, tektonike i geologije ovog područja. Osim naučnog doprinosa, u radu se sugeriše odnos prema određenim aplikativnim zadacima, kao što je (moguća) izgradnja nuklearne elektrane u Skadru i predstojeća izgradnja brana na Morači.

Ključne riječi: *Skadarska potolina, seizmički hazard, seizmogeni rasjedi, likvifikacija*

Abstract: Even separated and autochthonous seismic field with frequent and heavy earthquakes, Skadar depression is not sufficiently known. This particularly refers to: general seismic conditions and seismic activities of the Skadar depression, reliability in defining seismic faults as a generator of the strongest earthquakes, possibilities for the occurrence of seismic focal points in a wider seismic zone, possibilities for causal connections with coastal seismic zone, impact of specific soil conditions on the increase of seismic intensity (liquefaction).

In the article are discussed aforementioned problems in the light of newest seismic, tectonic and geologic data for the Skadar depression area. Apart from the scientific contribution, article gave suggestions for certain applicative tasks such as (possible) construction of the Nuclear Power Station in Skadar and forthcoming construction of dams at Morača River.

Key words: *Skadar depression, seismic hazard, seismic fault, liquefaction*

SEIZMIČNOST SKADARSKE POTOLINE

Seizmičku sliku Skadarske potoline najbolje ilustruju pojave jakih i razornih zemljotresa koji su ovo područje pogađali od najstarijih vremena. Za našu temu najve-

* Staniša Ivanović, Filozofski fakultet Univerziteta Crne Gore, Nikšić

ći značaj imaju zemljotresi koji su generisani iz autohtonih seizmogenih žarišta Skadarske potoline, dok zemljotresi nastali iz susjednih seizmičkih zona, kao što su primorska zona i epirsko-albanska zona, nijesu predmet naših razmatranja. To je posljedica saznanja da je seizmički hazard Skadarske potoline dominantno određen zemljotresima iz vlastitih seizmogenih zona, a samo malim dijelom je uslovljen zemljotresima iz susjednih seizmogenih žarišta.

Ograničili smo se na jake zemljotrese intenziteta jednakog ili većeg od VIII°MCS skale, bez obrade slabijih zemljotresa, čija pouzdanost epicentralne lokacije, naročito iz ranijih vremena, često može biti hipotetična, te samim tim seizmo-tektonska slika zamršena i nejasna. Išli smo hronološkim redom od najstarije dogođenih zemljotresa (preko analize makroseizmičkih podataka) do novih pojava zemljotresa (preko obrade instrumentalnih i makroseizmičkih podataka).

NAJSTARIJA ZEMLJOTRESNA KATASTROFA

Najstarija zemljotresna katastrofa na području Skadarske potoline, za koju znamo, bio je zemljotres koji je porušio Duklju (Doclea) 518. godine.

O ovom zemljotresu nema podataka osim da su te godine razoreni mnogi gradovi u Makedoniji, *a sa zemljom su bili sravnjeni Skupi i Stobi koji su se morali raseliti* (J. Mihailović, 1951). Skupi je bio tadašnja metropola, veliki i napredan grad u Dardaniji na ušću Lepenca u Vardar. Na ruševinama tog grada danas se nalazi naselje Bardovci i Zlokućani. Stobi je bio drugi veliki grad na ušću Crne Rijeke u Vardar, u kome je takođe, poslije ovog zemljotresa, prestao život.

U opisu makroseizmičkih podataka, koje nam prenosi J. Mihailović, se kaže *da je naročito bila velika jedna pukotina koja se prostirala dolinom Vardara ka jugoistoku, dužine 45 km i otvora oko 3,5 do 4 m.*

O Duklji gotovo ništa ne znamo, pa ni koliko je u to vrijeme mogla imati stanovnika. Nema podataka da li se radi o jednom zemljotresu, koji je istovremeno porušio i Duklju i gradove u Makedoniji, ili o dva nezavisna zemljotresa koja su se desila iste godine.

Prema podacima kojima raspoložemo, intenzitet zemljotresa koji je razorio Duklju iznosio je X°MCS skale (J. Mihailović, 1951).

SERIJA ZEMLJOTRESA 1855. GODINE

O ovim zemljotresima raspoložemo jedino makroseizmičkim podacima, s obzirom na to da u to vrijeme seizmološke službe u Srbiji, Crnoj Gori i Albaniji još nijesu bile organizovane.

U seriji zemljotresa 1855. godine dogodilo se 5 jakih zemljotresa (Tabela 1).

Oblast maksimalnih oštećenja (primarna pleistoseista), što odgovara epicentralnoj oblasti, locirana je u predjelu Zadrime, Drima i Drinjasa, dok je sekundarna pleistoseista locirana u okolini Podgorice: Mataguži – Tuzi – Vrela Ribnička (J. Mihailović, 1951).

Budući da epicentar ne možemo smatrati kao tačku, već kao površinu – rasjed, pouzdano možemo smatrati da je epicentralna zona serije zemljotresa iz ove go-

dine formirana duž rasjedne linije (lo-ma) koja je išla od Zadrima do Podgorice (Sl. 1).

Značajan je podatak da se oblast Zadrima kao i područje Vrela – Tuži, nalaze na sjeveroistočnoj strani rasjeda, što ukazuje na mobilnost sjeveroistočnog rasjednog boka u ovoj seriji zemljotresa.

Tabela 1. Pregled zemljotresa u seriji 1855. godine (J. Mihailović, 1951)

Vrijeme	Intenzitet MCS
3. VI	X
7. VII	VIII
16. VII	IX
11. VIII	IX
14. VIII	V III



Sl. 1. Oblast pleistoseista u seriji zemljotresa 1855. g. (J. Mihailović, 1951) i položaj seizmogenog rasjeda (S. Ivanović, 2010)

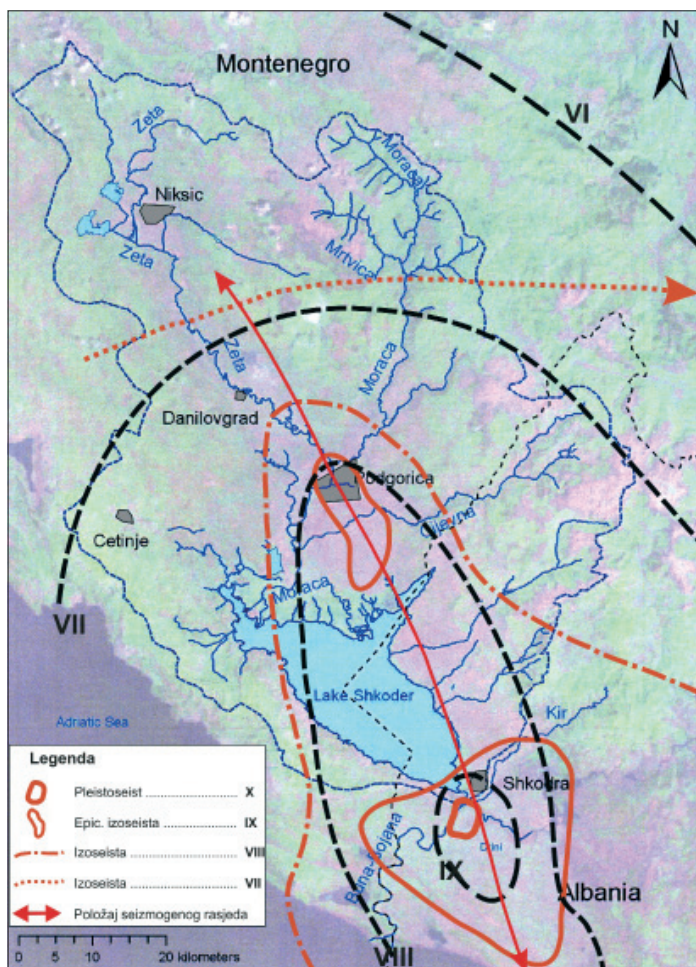
SERIJA ZEMLJOTRESA 1905. GODINE

Za ove zemljotrese raspoložemo podacima instrumentalne registracije, što otvara mogućnost za konkretnija zaključivanja. U ovoj godini desilo se takođe 5 zemljotresa (tabele 2 i 3).

Ako uporedimo vrijednosti seizmičkog intenziteta koje su date u dvije tabele, vidimo da su vrijednosti (u Tabeli 2) veće za jedinicu, jer su vjerovatno određene

Tabela 2. Pregled zemljotresa u seriji 1905. godine (J. Mihailović, 1951)

Vrijeme	Intenzitet MCS
1. VI	X
3. VI	IX
16. VII	VIII
7. VIII	VIII
12. VIII	VIII



Sl. 2. Mapa izoseista (označena u legendi) J. Mihailović (1951) i mapa izoseista (naznačena isprekidanim crticama), E. Sulstarova i S. Kocijaj (1975), sa položajem epicentralnog rasjeda (S. Ivanović, 2010)

Tab. 3. Pregled zemljotresa u seriji 1905. godine. Prema Katalogu Termeteve te Shqiperise (E. Sulstarova, S. Kociaj, 1975)

Vrijeme	Magnituda (M)	Intenzitet (I_0)	Dubina (km, h)	Koordinate
1. VI	6,6	IX	17	42,02°N 19,5°E
3. VI	6,0	VIII	9	42,0°N 19,5°E
16. VII	5,8	VII	14	40,0°N 19,6°E
6. VIII	5,7	VII	20	42,0°N 19,56°E
12. VIII		VII		

ne na osnovu makroseizmičkih podataka, uzimanjem u obzir uslova tla, dok su vrijednosti seizmičkog intenziteta (I_0) u epicentru (Tabela 3) određene instrumentalno.

Sa stanovišta geneze zemljotresa dobru ilustraciju daju nam mape izoseista iz navedena dva izvora podataka, što nam omogućava određivanje epicentralnog rasjeda (Sl. 2).

SERIJA ZEMLJOTRESA 1948. GODINE

U ovoj seriji zemljotresa imamo šest razornih potresa (Tab. 4).

Tabela 4. Serija zemljotresa 1948. godine (J. Mihailović, 1951)

Vrijeme	Intenzitet	Lokacija epicentra
27. VIII 10 h 44'	IX	Skadar
27. VIII 11 h 25'	IX	Skadar
28. VIII 01 h 45'	VIII	Skadar
28. VIII 12 h 39'	VIII	Skadar
28. VIII 05 h 34'	VIII	Skadar
29. VIII 23 h 52'	VIII	Skadar

Prema *Katalogu Termeteve te Shqiperise* (E. Sulstarova, S. Kociaj), zemljotres od 27. avgusta 1948. godine imao je magnitudu ($M=5,5$), intenzitet ($I_0 = VIII^\circ$) i dubinu ($h = 13$ km).

Izoseizmička mapa tog potresa data je na Sl. 3. Položaj izoseista ukazuje na aktivnost rasjeda koji je orijentisan upravno na pravac rasjeda Skadar – Podgorica, ali zbog nedovoljnog poznavanja geologije u Albaniji nijesmo u stanju da odredimo njegov položaj.

Oštećenja od ovog zemljotresa su ista ili slična kao u serijama 1855. i 1905. godine. Razaranje građevina u Skadru i okolini, zatim u predjelu Brdice i Zadrime, putokoline u terenu, izbijanje vode na površinu i druge pojave na terenu, opisuju se kao u ranijim serijama.

Jak zemljotres zabilježen je 03. 11. 1968. godine sa epicentrom u Šaskom jezeru. Zemljotres je imao magnitudu ($M = 5,5$), intenzitet u epicentru ($I_0 = VIII^\circ$ MCS) i dubinu ($h = 10$ km). Ovaj zemljotres je vezan po našem mišljenju za rasjed Šaskog jeze-

ra, koji je hipotetički određen i označava granicu izrazite labilnosti (spuštanja) terena u zoni između Primorske dislokacije i rasjeda Skadar – Podgorica (Sl. 6).

Ono što je bitno za izoseizmičke mape iz serije razornih zemljotresa 1855. i 1905. godine je činjenica da se one izdužuju pravcem sjeverozapad – jugoistok, kao i podatak da se epicentralna izoseista javlja, osim u području Skadra, još i na potezu Mataguži – Tuzi – Podgorica.

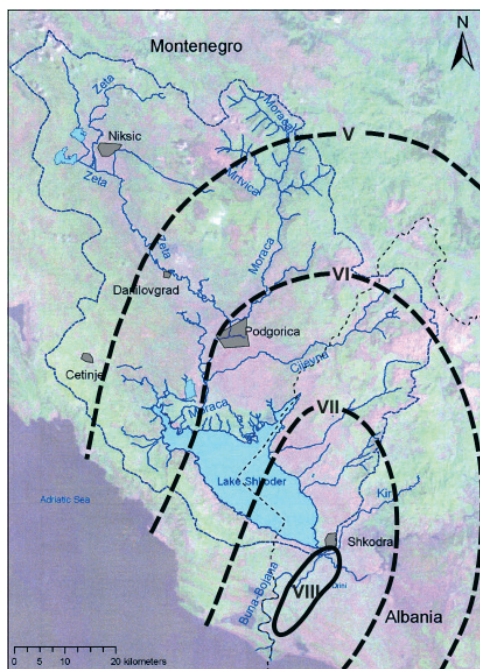
Izduženim pravcem izoseista ide i linija loma, odnosno rasjed Skadar – Podgorica, koji se na jugoistoku produžava preko Lješa do sjeverno od Kruje, a na sjeverozapadu, preko Nikšića ka Gacku, i to je glavni generator zemljotresa Skadarske potoline (Sl. 6).

ZEMLJOTRESI SLABIJEG INTENZITETA

Osim jakih, razornih zemljotresa, koje smo prethodno opisali, raspoložemo i podacima o slabijim zemljotresima koji se generalno diferenciraju u dvije oblasti: oblast jugozapadno od Podgorice i oblast istočno (jugoistočno i sjeveroistočno) od Podgorice. O ovim zemljotresima imamo jedino opisne podatke.

Oblast jugozapadno od Podgorice obuhvata šire područje Virpazara, Rijeke Crnojevića i Cetinja (Tab. 5). Ovi su zemljotresi okarakterisani kao *jaki seizmički pokreti* (J. Mihailović, 1951).

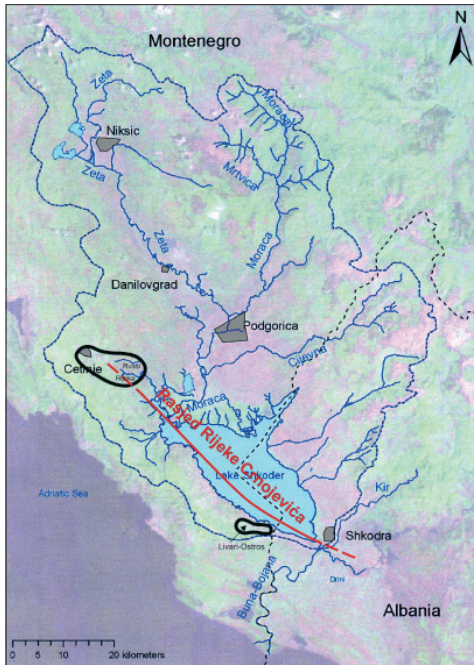
Ovi zemljotresi nijesu imali toliku jačinu da označe svoju pleistoseistu, ali se, geografski posmatrano, epicentralno područje označava kao na Sl. 4. Mi smo to epicentralno područje vezali za rasjed Rijeke Crnojevića. Epicentralno područje sjeveroistočno od Podgorice je takođe zasebno epicentralno područje o čijoj aktivnosti nemamo puno podataka.



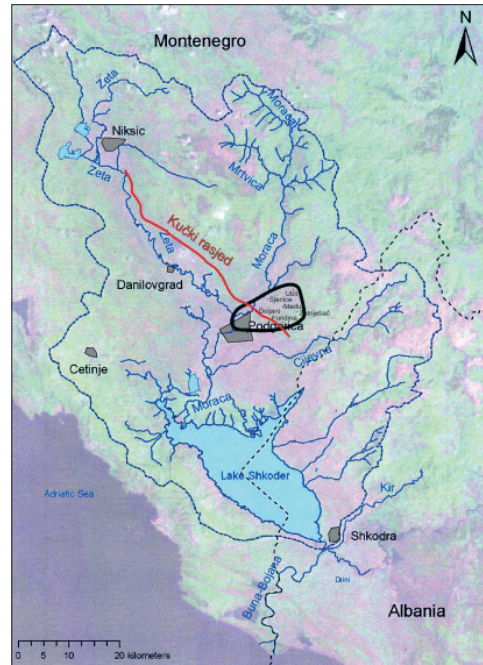
Sl. 3: Izoseizmička mapa potresa od 27. 07. 1948. (E. Sulstarova i S. Kocijaj, 1975)

Tab. 5: Zemljotresi na području jugozapadno od Podgorice (J. Mihailović)

Vrijeme	Područje
21. I 1838.	Virpazar
10. VIII 1877.	Virpazar
11. VIII 1880.	Virpazar
31. VII i 27. IX 1920.	Cetinjsko polje – Grahovo – Rvaši
16. XII 1926.	Cetinjsko polje
07. VIII 1927.	Rijeka Crnojevića
03. I 1929.	Cetinjsko polje
08. IX 1933.	Livari – Ostros
10. IV 1936.	Cetinjsko polje – Grahovo



Sl. 4. Epicentralno područje zemljotresa II od Podgorice (J. Mihailović 1951) i položaj rasjeda Rijeke Crnojevića koji generiše te zemljotrese (S. Ivanović, 2010)



Sl. 5. Pleistoseista zemljotresa od 07. 07. 1927. (J. Mihailović, 1951) i položaj Kučkog rasjeda (S. Ivanović, 2010)

Kako navodi J. Mihailović, ova zona generiše rjeđe zemljotrese, ali jačeg intenziteta. Jak potres u ovom području dogodio se 11. VI 1896. na prostoru Podgorica – Vrela Ribnička – Doljani, ali nijesu poznate pojedinosti o njemu. Zemljotres sa epicentrom u ovoj oblasti dogodio se i 07. avgusta 1927. godine (u 7^h 34'), koji J. Mihailović opisuje kao *silan... zapažen je još u Baru, Kotoru, Dubrovniku, Cetinju, Danilovgradu*. Pleistoseista ovog potresa obuhvatila je područje: Podgorica – Vrela Ribnička – Doljani – Fundina – Sjenice – Medun – Ubli – Zatrijebač (Sl. 5). Po našem mišljenju, zemljotres je generisan Kučkim rasjedom.

Ovim smo dali prikaz zemljotresa u skadarskom području i naznačili njihove epicentralne rasjede koje smo dužni potpuno objasniti.

VEZA IZMEĐU TEKTONIKE I SEIZMIČNOSTI SEIZMO-TEKTONSKI DISLOKACIONI MODEL

Na osnovu položaja pleistoseista i makroseizmičkih podataka ranije dogođenih jakih zemljotresa, podataka geološkog kartiranja o registrovanim rasjedima na površini terena, hidrogeoloških i inženjersko-geoloških podataka, kao i geodetskih podataka recentnih vertikalnih pomjeranja, urađen je seizmo-tektonski dislokacioni model, koji u osnovi definiše makroseizmičko polje Skadarske potoline (Sl. 6).



Sl. 6. Seizmodislokacioni model šireg područja Skadarske potoline sa skadarskim i podgoričkim epicentralnim područjima

Seizmodislokacioni model objašnjava uzroke dogodenih zemljotresa, jer postoji direktna tektonska i seizmička kauzalnost. Na Sl. 6 naznačena su tri rasjeda koja definišu makroseizmičko polje užeg područja Skadarske potoline. To su: Skadarsko-podgorički rasjed (1); Rasjed Rijeke Crnojevića (2); Kučki rasjed (3). Osim njih izdvojili smo još tri rasjeda, koji permanentno doprinose održavanju visokog naponskog polja na širem području Skadarske potoline, naročito u njenom sjeverozapadnom i zapadnom dijelu, koje je uslovljeno jadransko-jonskom subdukcijom. To su: Primorska dislokacija, na potezu Budva – Skadar (4) (kao dio regionalnog rasjeda koji se pruža prema sjeverozapadu jadranskim priobaljem); Risansko-grahovski rasjed (5); Kotorski rasjed (6). Kao pretpostavljen, manji rasjed, izdvojili smo Rasjed Šaskog jezera (7), koji je formiran u „špicu” Primorske dislokacije i rasjeda Skadar – Podgorica, a koji je nastao kao posljedica izrazitog spuštanja terena u ovoj zoni.

Opisaćemo detaljnije karakter ovih rasjeda, mehanizam pomjeranja i naponsko polje koje je njima uslovljeno, kako bi uzročno-posljedična veza tektonke i seizmičnosti bila jasna.

SKADARSKO-PODGORIČKI RASJED

Seizmičko polje Skadarske potoline dominantno je uslovljeno Skadarsko-podgoričkim rasjedom, koji se prema jugoistoku produžava preko Lješa i dalje sjeverno od Kruje, a prema sjeverozapadu dolinom Zete preko Nikšića ka Gackom.

Rasjed je regionalan, ide po osovini Skadarskog jezera i uglavnom je paralelan sa pravcem pružanja dinarskih i epirsko-albanskih bora.

Seizmički je najaktivniji njegov jugoistočni dio – skadarska epicentralna oblast i sjeverozapadni dio – podgorička epicentralna oblast.

U jugoistočnom dijelu rasjed je bio naročito aktivan u jakim zemljotresima 1855, 1905. i 1948. godine (o čemu smo govorili u prethodnom poglavlju), formirajući u toj zoni epicentralnu oblast koja se lokalno diferencira na dva epicentralna područja: Skadarsko-zadrimsko (sjeveroistočni bok rasjeda) i područje Bojane (jugozapadni bok rasjeda). Prvo epicentralno područje naročito je bilo izraženo preko pleistoseista u seriji zemljotresa 1855. godine, dok se najveća seizmička aktivnost 1905. godine pokazala na epicentralnom području oko Bojane.

Podgorička epicentralna oblast takođe se diferencira na dva manja epicentralna područja: jugoistočno od Podgorice (Podgorica – Vrela Ribnička – Tuzi – Mataguži) i područje istočno do sjeveroistočno od Podgorice (Doljani – Sjenica – Fundina – Zatrijebač). Oba područja pogađali su zemljotresi: 1855, 1876 (05. VI); 1896 (11. VI); dva jaka zemljotresa 10 časova poslije zemljotresa u Skadru 1905. (01. VI); dugotrajna serija potresa od 23. XI 1921. do 15. VI 1922; 1926 (28. VI); 1948.

Lokalna diferencijacija Skadarske epicentralne oblasti na dva epicentralna područja, po našem mišljenju, je rezultat različite naponske slike sjeveroistočnog i jugozapadnog boka Skadarsko-podgoričkog rasjeda. Naime, radi se o tome da je u slučaju zemljotresa 1855. godine bio aktivan sjeveroistočni bok, a u slučaju zemljotresa 1905. godine jugozapadni bok tog rasjeda. To ukazuje na činjenicu da je rasjed Skadar – Podgorica, iako po mehanizmu pomjeranja spada u normalne rasjede (spušten je jugozapadni bok), do rasjeda Rijeke Crnojevića, to pomjeranje je istovremeno praćeno značajnom horizontalnom (smičućom) komponentom, lijevo smicanje (strike – slip – left).

Da su pomjeranja jugozapadnog boka ovog rasjeda ka jugoistoku izražena, očito govori podatak da je na potezu Pečurice – Vladimir, zona Visokog krša, prešla preko Cukali zone koja je stisnuta ili je nema, jer je podvučena ispod zone Visokog krša.

Valja istaći podatak da zemljotresi koje generišu naponi jugozapadnog boka Skadarsko-podgoričkog rasjeda su karakteristični po velikim odronjavanjima stjenovitih blokova sa visova na desnoj obali Bojane (Selita, Vladimir, Bojke, Mide), što sugeriše zaključak da su Cukali slojevi iz korijena otkinuti i pokrenuti ka jugoistoku.

Na drugoj strani, naponska slika u sjeveroistočnom boku Skadarsko-podgoričkog rasjeda je drugačija. Dok u jugozapadnom boku imamo dominantno razmicanje od sjeverozapada ka jugoistoku, u sjeveroistočnom boku imamo dominantan pritisak iz pravca jugoistoka ka sjeverozapadu. Razlog tome je specifična geološka građa, s obzirom na to da Mirdita eruptivna masa djeluje kao kontrafor, sprečavajući pomjeranje ovog rasjednog boka iz pravca sjeverozapada ka jugoistoku.

Mirditska zona ne samo da pruža otpor pritisku iz pravca sjeverozapada nego je čak i navučena sa jugoistoka (iz suprotnog pravca) na Cukali slojeve (*F. Nopcsa, 1911*).

Na ovaj način dokumentovano možemo objasniti dva epicentralna područja Skadarske epicentralne oblasti¹. Skadarsko-zadrimsko epicentralno područje koje obuhvata područje Skadra i rijeke Drima do Drine i Lezes (Sl. 6). Ono pripada sjeveroistočnom boku Skadarsko-podgoričkog rasjeda, koji je naročito bio aktivan u seriji zemljotresa 1855. godine.

Bojansko-epicentralno područje manifestovalo se pretežno u seriji zemljotresa 1905. godine. Ovo epicentralno područje uslovljeno je pritiskom Sjeveroalbanske table (zona Visokog krša), koja je navučena preko Cukali slojeva, sa jedne, i otporom dinarskih bora koje sprečavaju kretanje jugozapadnog boka Skadarsko-podgoričkog rasjeda ka jugoistoku, sa druge strane. Otpor dinarskih jadranskih bora je manji od otpora koji pruža Mirdita eruptivna masa u pokretu, usljed čega se u ovom boku generišu češći zemljotresi manjeg intenziteta.

Podgorička epicentralna oblast se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Skadarsko-podgoričkog rasjeda. Kao što smo istakli u prethodnom poglavlju, imamo dva epicentralna područja ove oblasti: jugoistočno od Podgorice i sjeveroistočno od Podgorice, pri tome su oba područja vezana za sjeveroistočni bok rasjeda Skadar – Podgorica, odnosno za visoke napone pritiska kojim vladaju u tom boku, a koji su uslovljeni pritiskom Mirdita eruptivne mase iz pravca jugoistoka.

KUČKI RASJED

Epicentralno područje sjeveroistočno od Podgorice na potezu: Podgorica – Doljani – Sjenica – Medun – Ubli – Zatrijebač opisali smo u prethodnom poglavlju. Položaj pleistoseista, koje nam daje *J. Mihailović*, tumačimo prisustvom aktivnog rasjeda, koji akademik Z. Bešić naziva Kučka kraljušt. Mi smo taj rasjed nazvali Kučki rasjed, koji se upravo nalazi u zoni pleistoseista, a prema zapadu se produžava preko Rogama i Martinića do Slapa, gdje se vezuje za Skadarsko-podgorički rasjed. Tako je njegova aktivnost direktno vezana za aktivnost Skadarsko-podgoričkog rasjeda.

O mobilnosti blokova u zoni ovog rasjeda govori podatak da je na potezu Bogetići – Povija, ispod Ostroških greda, prisutan ogroman seizmo-gravitacioni blok, koji je pregradio nekad normalni (bez poniranja), rječni tok rijeke Zete, formirajući u njenom koritu zagat, a rijeku Zetu učinio ponornicom.

Prisustvo aktivnog rasjeda na području Doljani – Sjenica – Fundina i danas potvrđuju ogromni seizmo-gravitacioni stjenski blokovi otkinuti od matičnih masiva tokom ranijih zemljotresa.

¹ J. Mihailović smatra da postoje čak četiri epicentralne oblasti: Zadrimska, Brdička, Skadarska i Anamaltska. On čitavu koncepciju bazira na mobilnosti malih seizmogenih blokova ne pridajući odlučujući značaj regionalnom rasjedu Skadar – Podgorica koji odvajaju dva velika seizmogeni bloka: jedan sjeveroistočno, a drugi jugozapadno od te dislokacije.

RASJED RIJEKE CRNOJEVIĆA

Prikaz zemljotresa koji su se javljali na epicentralnom području jugozapadno od Podgorice dati su u Tab. 5, a položaj rasjeda kojim su ti zemljotresi generisani dati su na Sl. 4 i Sl. 6. Radi se o rasjedu Rijeke Crnojevića koji je izrazito aktivan i danas. O tome svjedoče brojni zemljotresi koji ovo područje definišu kao autohtono.

Pored ostalog, na osnovu vlastitih zapažanja, zaključili smo da se aktivnost rasjeda Rijeke Crnojevića podudara sa poplavama u Zeti i Rijeci Crnojevića i da se zemljotresi, ne jači od 6°MCS skale, redovno javljaju 20–25 dana poslije maksimalnih poplava.

O karakteru i aktivnosti ovog rasjeda (sjeverni bok se permanentno spušta), govore batimetrijske karakteristike Skadarskog jezera, jer je najveća dubina jezera markirana linijom rasjeda koja se poklapa sa najvećom gustinom izobata, kao i brojnim podvodnim izvorima duž rasjedne površine, koji se javljaju na dubinama i preko 20 m.

I sam spuštenu dio terena u zoni Malog blata, Žabljaka Crnojevića i Rijeke Crnojevića, koji je velikim dijelom pretvorena u zaliv, govori o aktivnosti ovog rasjeda i recentnom spuštanju njegovog sjeveroistočnog boka.

SEIZMO-TEKTONSKE DISLOKACIJE ŠIREG PODRUČJA SKADARSKE POTOLINE

Ovdje smo izdvojili Primorsku dislokaciju (4); Risansko-grahovski rasjed (5); Kotorski rasjed (6) i pretpostavljeni rasjed Šaskog jezera (7) (Sl. 6).

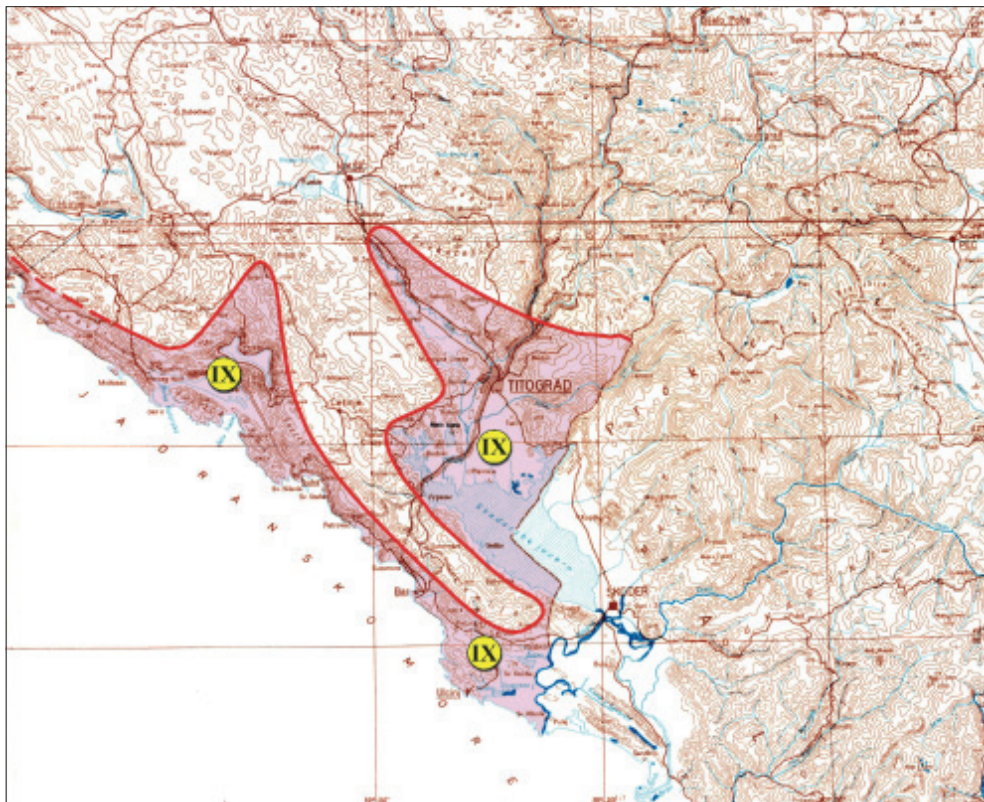
Primorska dislokacija reguliše naponsko polje šire zone Skadarskog jezera uslovljeno jadransko-jonskom pločom i subdukcijom iz tog pravca. U suštini, ona predstavlja dio još veće seizmogene dislokacije koja najvećim dijelom reguliše makroseizmičko polje Balkana.

Karakteristično je da je zemljotres koji je 1667. godine porušio Dubrovnik (XII°MCS) imao isti intenzitet u Kotoru, što je po našem mišljenju posljedica prisustva Kotorskog rasjeda, koji se jasno registruje i analizom satelitskih snimaka.

Risansko-grahovski rasjed je takođe izražen rasjed na satelitskim snimcima, a svoju aktivnost je pokazao i u zemljotresu 1979. godine. Gubici vode iz akumulacionih jezera „Krupac” i „Slano”, velikim dijelom su uslovljeni ovim rasjedom koji navedene akumulacije tangira sa njihove zapadne strane.

Međutim, u široj zoni Skadarske potoline daleko je najvažnija Primorska dislokacija, čiji je dio na potezu od Ulcinja do Bokokotorskog zaliva naročito bio aktivan 1979. godine, generišući zemljotres intenziteta, u epicentru, IX°MCS skale ($M = 7,1$).

Imajući u vidu iznesene podatke, smatramo opravdanim pristupiti inoviranju Karte osnovnog stepena seizmičkog intenziteta, koja je zvanično u upotrebi, na taj način što će se šire područje Podgorice, koje je na toj karti sada označeno sa VI-II°MCS skale, izdvojiti kao zona IX° seizmičkog intenziteta (Sl. 7). To je od posebnog značaja i za predstojeću izgradnju brana na Morači (predstoji definisanje seizmičkog hazarda lokacija), kao i izradu Prostornog plana Opštine Podgorica, kada u proračun treba ući sa referentnim zemljotresom intenziteta IX°MCS skale i najnižom



Sl. 7. Granica terena sa IX stepenom seizmičnosti (MCS)

magnitudom $M = 7,2$ do $7,3$, a sa epicentralnom udaljenošću, ne iz Skadra ili Crnogorskog primorja, nego iz Podgorice.

UTICAJ TLA NA AMPLIFIKACIJU SEIZMIČKOG INTENZITETA. LIKVIKACIJA

Specifične karakteristike tla u pojedinim djelovima Skadarske potoline mogu dovesti do amplifikacije (uvećanja) seizmičkog intenziteta. Mi ćemo govoriti o fenomenu likvifikacije² kao najdrastičnijem vidu dinamičke nestabilnosti tla koja doводи do enormnih i neočekivanih oštećenja tla i objekata pri dejstvu jakih zemljotresa.

Genetski posmatrano, lomovi u tlu indukovani likvifikacijom pretežno su vezani za recentne (morske, jezerske, deltonosne) sedimente koji sadrže široke proslojke ili veća sočiva rastresitog pijeska sa/ili bez primjesa finih čestica prašine/gline, ispod nivoa podzemne vode.

² Soil liquifaction: tečenje tla; prvi put su te pojave analizirane za vrijeme zemljotresa u Niagati (1964).

Na takvim lokacijama nastaju lomovi i oštećenja tla, koja se manifestuju od manjih nepravilnih pukotina, širokih nekoliko metara; zatim pojava vertikalnih slijeganja i tonjenja; talasastih deformacija površine reljefa; tonjenja u more djelova obale. Zastupljene su pojave izbijanja fino-zrnih pjeskova sa vodom duž pukotina, koje liče na rovove ili pijesak izbija u vidu kupasto-zasvođenih bregova.

Ovakve manifestacije imaju direktan uticaj na kolapse objekata izražene u vidu tonjenja (smanjenje kapaciteta nosivosti, bočnog istiskivanja tla ispod temelja), horizontalnog pomjeranja ili rotacije čitavih objekata.

Na Sl. 8 prikazana su oštećenja objekta u Niagati, za vrijeme zemljotresa 1964. godine, kako bi ilustracijom ukazali na značaj likvifikacije. Radi se o četvorospratnoj armirano-betonskoj konstrukciji koja je fundirana na pjeskovitom podtlu.

Fundiranje je izvedeno na šipovima dubine 11 m.

Pojave likvifikacije bile su tipične i intenzivne i za vrijeme zemljotresa na Crnogorskom primorju 1979. godine, naročito u području Skadra, Bojane, Tivta, Bijele i Kotora (Sl. 9).

U području Skadra pojave likvifikacije bile su naročito prepoznatljive po dubokim tonjenjima tla i objekata.

Iako se o pojavama likvifikacije u ranijim zemljotresima nije govorilo (taj fenomen dinamičke nestabilnosti tla tada nije bio poznat), makroseizmički opisi oštećenja tla jasno ukazuju da su pojave likvifikacije, naročito u području Skadra, bile veoma izražene. Tako se ošte-



Sl. 8. Zgrada koja je potonula i nagnuta usled likvifikacije tla u Niagati zemljotres 1964. (*Handbook on Liquefaction Remediation of Reclaimed Land 1997*)



Sl. 9. Bijela, likvificirani pijesak izbija duž pukotine širine preko dva metra

ćenja tla opisuju na sljedeći način: *predio Zadrime, pored Drima i Drinjasa bio je isprepleten velikim terenskim pukotinama* (zemljotres 1855). *Svi bunari u Skadru su bili poremećeni; tokom nekoliko dana u njima je bila samo blatnjava voda, a bunari su bili ispunjeni vodom do same zemljine površine... iz ogromnih terenskih pukotina kulljala je ogromna voda... vrlo sitnim pijeskom... osim mnogobrojnih terenskih pukotina bile su otvorene i tri vrlo duboke rupe oko 15 m dubine iz kojih je izbijala voda.* (zemljotres 1905; J. Mihailović, 1951).

Nije teško pretpostaviti kako bi se u pjeskovito-glinovitim sedimentima područja Skadra i okoline, koji su ovdje dominantno prisutni i izrazito osjetljivi na likvifikaciju, ponašali objekti neke buduće nuklearne elektrane. Odgovor je jasan – isto kao i objekat u Niagati (Sl. 8), ali sa katastrofalno težim posljedicama. Bila bi to svojevrsna apokalipsa, ne samo ovog područja nego velikog dijela Mediterana, bez obzira na savremeno projektovane i izvedene mjere seizmičke otpornosti takvih objekata.

Treba se podsjetiti da, u aseizmičkom (paraseizmičkom) građevinarstvu, nema apsolutne zaštite objekata od zemljotresa. Zato se i kod najjačih zemljotresa, i po standardima aseizmičkog projektovanja i građenja, dopuštaju *teška oštećenja i nepotrebljivost objekata.*

Likvifikacija, kao fenomen dinamičke nestabilnosti tla indukovane seizmičnošću, ostala je nedorečena i nepotpuna i u Euro-Codu EC 8, dio 5: *Temelji, potporne konstrukcije i građevinski objekti.* Budući da poznajemo mjesta na Crnogorskom primorju i u okolini Skadra, gdje su se ranije događale pojave likvifikacije, bilo bi veoma svrsishodno takve lokacije detaljno geotehnički ispitati. Time bismo dali doprinos rješavanju mnogih pitanja iz ove oblasti koja još uvijek čekaju prave odgovore.

ZAKLJUČAK

1) Seizmički hazard Skadarske potoline bitno je određen aktivnošću rasjeda Skadar – Podgorica, koji se prema jugoistoku proteže preko Lješa pa dalje do sjeverno od Kruje, a na sjeverozapadu preko Nikšića prema Gacku. Rasjed pokazuje dvije epicentralne oblasti: područje Skadra, generišući zemljotrese intenziteta $X^{\circ}MCS$, i područje Podgorice, uzrokujući zemljotrese $IX^{\circ}MCS$ skale. Pored navedene dvije epicentralne oblasti, aktivnost sjeveroistočnog boka rasjeda Skadar – Podgorica, doprinosi aktivizaciji Kučkog rasjeda, kao zasebnog epicentralnog područja, generišući u principu rjeđe ali jače zemljotrese. Nasuprot tome, aktivnost jugozapadnog boka rasjeda Skadar – Podgorica doprinosi aktivizaciji rasjeda Rijeke Crnojevića, takođe kao zasebnog epicentralnog područja, uslovljavajući češće zemljotrese slabijeg intenziteta.

2) Primorska dislokacija nema direktni uticaj na seizmički režim Skadarske potoline, u smislu aktivizacije relejnih, odnosno reperkusivnih zemljotresa sa epicentrima u samom Skadarskom basenu. Međutim, primorska dislokacija permanentno održava visokoprimaryno naponsko polje uslovljeno jadransko-jonskom subdukcijom. Osim toga, zemljotresi sa epicentrima u Primorju mogu imati jak seizmički efekat u južnim i jugozapadnim djelovima Skadarske potoline, (slučaj zemljotresa 1979. godine).

3) Osim jačine zemljotresa, seizmički hazard je veoma zavisan od uslova tla, koji seizmički intenzitet mogu povećati za nekoliko stepeni MCS skale. Poznavajući efekte ranijih zemljotresa na ovom području, možemo pouzdano zaključiti da je dinamička nestabilnost tla, indukovana likvifikcijom, ovdje bila tipična i intenzivna. Tlo na području Skadarske potoline, naročito njen jugoistočni dio (sjeverni obod Skadarskog jezera, Skadar, Bojana, Ulcinj, Drim, Drinjas), po svojim geomehaničkim karakteristikama pokazuje izuzetnu osjetljivost na pojave likvifikcije, od koje, objektivno gledano, nema zaštite objekata. Iz tih razloga, potrebno je u takvim područjima imperativno zabraniti svaku izgradnju objekata.

4) Imajući u vidu iznesene podatke, smatramo opravdanim pristupiti inoviranju Karte osnovnog stepena seizmičkog intenziteta koja je zvanično u upotrebi, na taj način što će se šire područje Podgorice, koje je na toj karti sada označeno sa VI-II°MCS skale, izdvojiti kao zona IX° seizmičkog intenziteta. To je od posebnog značaja za predstojeću izgradnju brana na Morači (predstoji definisanje seizmičkog hazarda lokacija), kao i izrada Prostornog plana Opštine Podgorica

LITERATURA

- [1] *Handbook on Liquefaction Remediation of Reclaimed Land*; 1997: Edited by Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport, Japan; A. A. Balkema, Rotterdam/Beaokfild.
- [2] Ivanovic, S; 1994: *Seismic Microzonning Methodology of Urban Areas on Montenegrin Coast*. Proceedings XXIV General Assembly European Seismological Commission, Volume III (pg 1472–1479) Athens.
- [3] Ivanovic, S; 2005: *Seismic and Residual Deformations of Soil and Rock Massifs as Important Elements in Defining the Potentials of Dinamic Instability*. Proceedings International Symposium *Latest Natural Disasters* (pg 284–292), Sofia.
- [4] Mihailović, J; 1928: *Epirsko-Albanski trusni pokreti*; Geološki Anali Balkanskog Poluostrva IX, 2.
- [5] Mihailović, J; 1951: *Trusna oblast Skadarskog jezera*, Monografija N^o1, Radovi Seizmološkog zavoda FNRJ u Beogradu.
- [6] Nopcsa B. F.; 1911: *Zur Stratigraphie und Tektonik des Vilajets Skutari in Nordalbanien* (Jurbuch des K. K. Geologischen Reichsanstalt; Bd. LXI), Wien.
- [7] Sulstarova, E; Kocijaj, S; 1975: *Katalogu i termetive te Shqiperise*, Akademia e shencave, qendra sezmologike, Tirane.

