
Andrija Avramović

Model rupturnog sklopa okoline Kraljeva

Interpretacijom geoloških i geofizičkih podataka definisane su karakteristike rupturnog sklopa šire okoline Kraljeva. U istraživanju su korištene metode daljinske detekcije, seismološka i seismotektonska metoda. Analizom satelitskog snimka utvrđeno je da se glavne grupe ruptura pružaju pravcem ZJZ-ISI, JZ-SI, SSZ-IJI i S-J. Proučavanjem zemljotresa koji su se dogodili u regionu Kraljeva u periodu od 3. novembra 2010. godine do maja 2012. godine, locirana je seizmički aktivna zona 2-8 km severno i severoistočno od Kraljeva. Formiranjem fokalnih mehanizama zemljotresa i definisanjem uslova stresa koji je vladao za vreme njihovog dešavanja, konstantovano je da je seizmička aktivnost područja nastala kao posledica reaktivacije levih transkurentnih raseda pružanja ZJZ-ISI, usled delovanja ekstenzionog stresa dominantnog pravca ZSZ-IJI. Ekstenzioni stres nije karakterističan za ovo područje, ali se njegov nastanak objašnjava kao posledica relaksacije stenske mase na dejstvo regionalnog kompresionog stresa pravca JZ-SI, uzrokovanih kontaktom Jadranske mikro-ploče i Dinaridskog masiva.

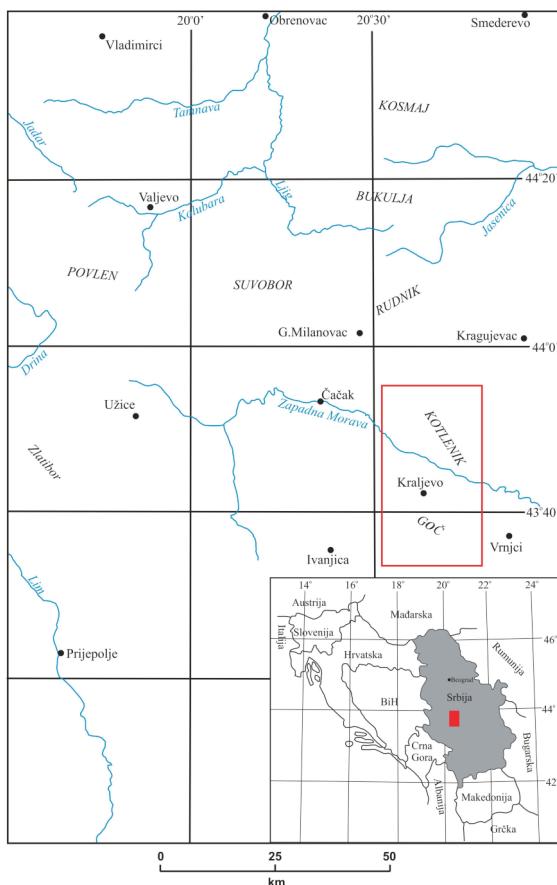
Uvod

Nakon dugogodišnjeg odsustva zemljotresa, u periodu od 3. novembra 2010. godine do maja 2012. godine na prostoru Kraljeva i okoline došlo je do neočekivanog razvoja jake seizmičke aktivnosti. Tokom tog perioda Kraljevo i okolinu je potreslo preko 850 zemljotresa magnitudo veće od 1 jedinice po Rihterovoj skali. Od tog broja preko 60 zemljotresa je imalo magnitudu preko 2.4 jedinice po Rihteru. Najsnažniji i najrazorniji od njih dogodio se 3. novembra 2010. godine ($M = 5.4$), čijim dešavanjem je otpočela aktivnost Kraljevačke seizmičke zone. Radi toga, izvedeno je istraživanje kojim bi se definisale karakteristike rupturnog sklopa okoline Kraljeva, u čijem sastavu se nalaze rasedi duž kojih su se dogodili pomenuti zemljotresi.

Istraživano područje se nalazi u Centralnoj Srbiji, oko 170 km južno od Beograda. Obuhvata krajnje ogranke Rudničkog masiva na severu, planine Goč, Stolovi, Željin, Čemerno i Troglav na jugu i zapadno-moravsku i gružansku dolinu, sa Boračko-kotleničkim kompleksom u središnjem delu. Geografski položaj područja prikazan je na slici 1.

*Andrija Avramović
(1995), Kraljevo,
Jelene Ćetković 7/16,
učenik 2. razreda
Gimnazije u Kraljevu*

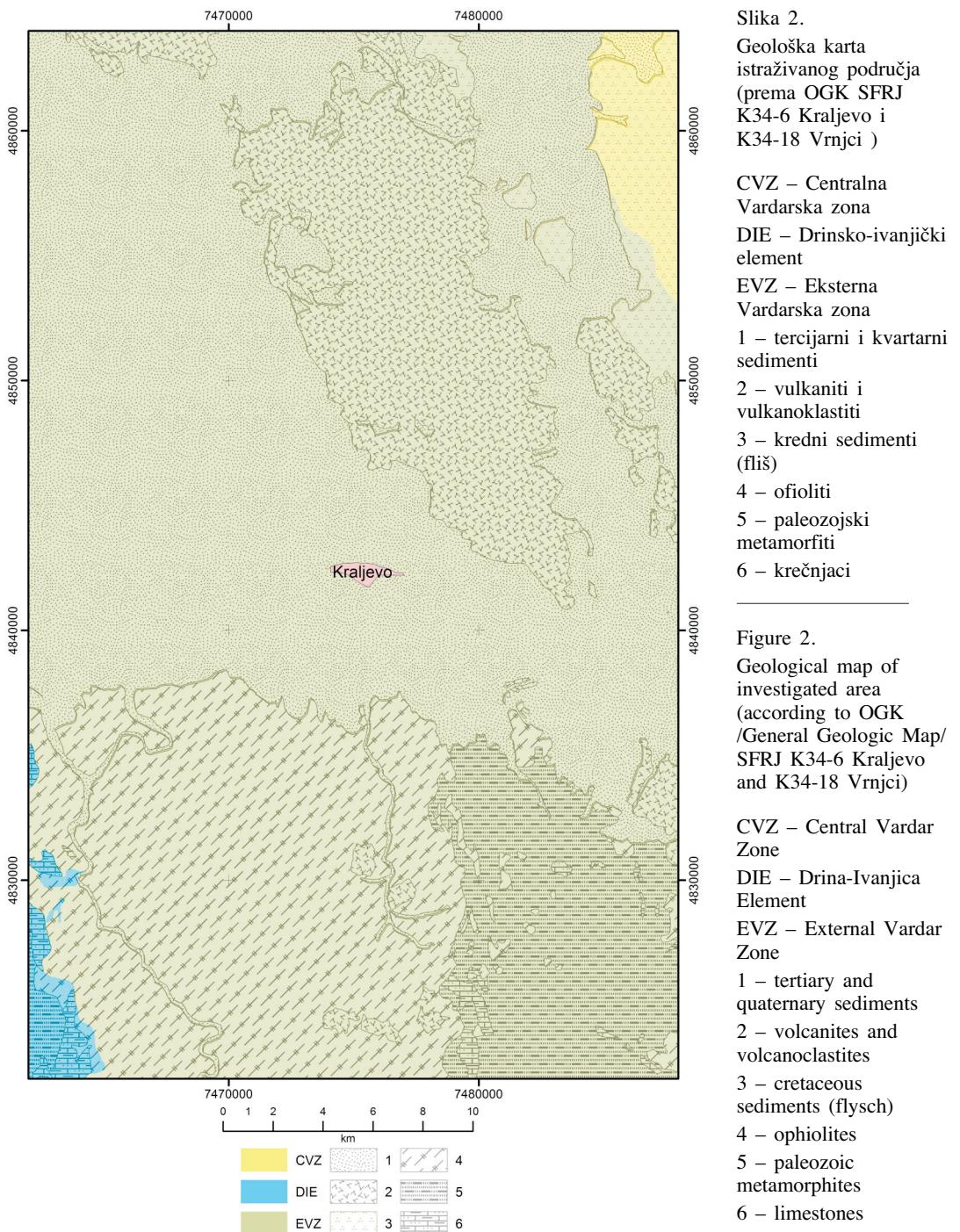
*MENTOR:
Ana Mladenović,
master inž. geologije,
istraživač-saradnik
Rudarsko-geološkog
fakulteta Univerziteta
u Beogradu*



Slika 1.
Geografski položaj istraživanog područja
(prema Tumaču OGK SFRJ K34-6 Kraljevo)

Figure 1.
Geographical position of investigated area
(according to Guide Book of OGK /General
Geologic Map/ SFRJ K34-6 Kraljevo)

Geološka građa terena je veoma složena usled toga što se istraživano područje nalazi u kontaktnoj zoni tri regionalne geotektonske jedinice: Drinsko-ivanjičkog elementa, Eksterne Vardarske zone i Centralne Vardarske zone (Dimitrijević 1995). Drinsko-ivanjičkom elementu pripadaju paleozojski metamorfiti niskog stepena metamorfoze kontaktnog dela planine Jelice i Troglava sa Eksternom Vardarskom zonom i trijaski sedimenti Bogutovca, Magliča i Čemerna. Eksternu Vardarsku zonu izgrađuju: paleozojski kontaktni metamorfiti Čemerna, paleozojski metamorfiti Goča i Željina, jurško-kredni ofioliti ibarskog kompleksa, tercijarni granitoidi Željina, tercijarni i kvartarni sedimenti zapadno-moravskog i gružanskog basena i tercijarni vulkaniti i vulkanoklastiti Boračko-kotleničkog kompleksa. U okviru Centralne Vardarske zone zastupljene su kredne formacije fliša zapadnih delova Gledičkih planina. Geološka karta istraživanog područja na kojoj su prikazane osnovne geotektonske i litostratigrafske jedinice koje izgrađuju teren područja prikazana je na slici 2.



Tektonski sklop terena istraživanog područja čine četiri strukturne celine: severni delovi ibarskog kompleksa, područje željinskog anti-klinorijuma, područje Gledičkih planina i područje kraljevačke depresije sa Boračko-kotleničkim kompleksom.

Severne delove ibarskog kompleksa karakteriše niz reversnih raseda kojima su deformisani jurski ofioliti, kao i gravitacioni rasedi duž kojih je spuštena kraljevačka depresija (Marković *et al.* 1968). Ova jedinica je po kontaktnoj zoni navučena preko Drinsko-ivanjičkog elementa (Mladenović 2010). Područje željinsko-kopaoničkog antiklinorijuma čini sistem linearnih antiklinala i sinklinala, raspona do nekoliko stotina metara (Urošević *et al.* 1973). Područje Gledičkih planina obrazuju veće naborne strukture, longitudinalni i transverzalni rasedi, kojima su deformisane prvobitne strukture (Marković *et al.* 1968). U području kraljevačke depresije i Boračko-kotleničkog kompleksa dominira parketni sistem gravitacionih raseda duž kojih se spušta kraljevačka depresija. Značajni su i razlomi unutar ibarsko-moravske i gružanske depresije, kao i dubinski razlomi Boračko-kotleničkog masiva (Marković *et al.* 1968).

Najobjimnija istraživanja na području čačansko-kraljevačkog basena izvedena su pedesetih i šezdesetih godina XX veka. Novković i Terzin (1957) zaključuju da na području Kraljeva dominiraju dva raseda regionalnog pružanja, duž kojih je krajem krede, pravcem SZ-JI, spušten čačansko-kraljevački basen. Prva geofizička istraživanja na prostoru Kraljeva izvela je kompanija NIS-Naftagas, u periodu od 1980. do 2006. godine (Milanović i Cilinšek 1981). Istraživanjima su locirana potencijalna ležišta nafte i gasa u okviru čačansko-kraljevačkog basena. Rezultati ovih istraživanja nisu javno dostupni. Mladenović (2010) i Mladenović i Petrović (2011) izrađuju geofizički, odnosno strukturno-tektonski model čačansko-kraljevačkog basena. Nastanak aktuelne seizmičke aktivnosti označavaju kao posledicu aktiviranja grupe neotektonskih ruptura generalnog pružanja ZJZ-ISI.

Republički seismološki zavod (2010) je ispitao seizmičku aktivnost regiona Kraljeva nakon zemljotresa od 3. novembra 2010. godine. Kao uzrok nastanka zemljotresa definisao je aktivaciju segmenta raseda pružanja I-Z u okviru zapadnomoravskog rova. Vučković i Perišić (2011) su kao uzrok nastanka aktuelene seizmičke aktivnosti označili aktiviranje rasedne zone severno od Kraljeva, gde dominiraju dva raseda pružanja SZ-JI.

Cilj ovog istraživanja je da se obradom geoloških i geofizičkih podataka o rupturnom sklopu i zemljotresima interpretiraju karakteristike rupturnog sklopa okoline Kraljeva.

Materijal i metode

Istraživanje je izvedeno obradom podataka o rupturnom sklopu i podataka o zemljotresima koji su se dogodili u regionu Kraljeva u periodu od 3. novembra 2010 do maja 2012. godine. Podaci korišćeni u ovom radu dobijeni su ljubaznošću Centra za daljinsku detekciju i GIS Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Republičkog seismološkog zavoda Srbije.

Metodom daljinske detekcije utvrđen je i interpretiran rupturni sklop istraživanog područja. Seizmološkom metodom analizirani su i interpretirani instrumentalni podaci o aktuelnoj seizmičkoj aktivnosti regiona Kraljeva. Seizmotektonskom metodom formirani su fokalni mehanizmi zemljotresa i definisani uslovi stresa koji je vladao tokom njihovog nastanka.

Metoda daljinske detekcije

Metoda daljinske detekcije (Pavlović *et al.* 2004) obuhvatila je obradu i analizu satelitskog snimka u cilju detaljne interpretacije rupturnog sklopa istraživanog područja. Satelitski snimak korišten u ovom istraživanju dojen je pomoću senzora misije Landsat 7 ETM+ (Enhanced Thematic Mapper plus). Landsat 7 ETM+ predstavlja senzor za tematsko kartiranje sa šest multispektralnih, jednim termalnim i jednim panhromatskim kanalom, prostorne rezolucije 30, 60 i 15 metara, respektivno. Za određivanje i interpretaciju rupturnog sklopa istraživanog područja korišćen je kolorkompozitni snimak dojen kombinacijom spektralnih kanala 4, 5, 7 i 8.

Satelitski snimak je za potrebe ovog istraživanja obrađen u Centru za daljinsku detekciju i GIS Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, korišćenjem softverskog paketa TNTmips (MicroImages Inc., www.microimages.com). Obrada snimka obuhvatila je preprocesiranje (georeferenciranje snimka u državni koordinantni sistem Republike Srbije), poboljšanje vizuelnog kvaliteta snimka (poboljšanje kontrasta, formiranje kolorkomposta od kanala 4, 5, 7 i 8, uklanjanje vegetacije) i procesiranje (primena morfološkog postupka erozije, koji ističe regionalne i lokalne rasedne strukture).

Analiza snimka izvršena tokom ovog istraživanja obuhvatila je kvalitativno određivanje rupturnog sklopa istraživanog područja, direktnom primenom vizuelne metode daljinske detekcije (Pavlović *et al.* 2004). Tako određene rupture kasnije su digitalizovane korišćenjem softverskog paketa ESRI ArcGIS 10 (1999-2010 ESRI Inc., www.esri.com), u cilju izrade interpretacionih karata rupturnog sklopa.

Seizmološka metoda

Seizmološkom metodom (Glavatović 2002) analizirani su i interpretirani instrumentalni podaci o seizmičkoj aktivnosti istraživanog područja nakon zemljotresa od 3. novembra 2010. godine ($M = 5.4$, $H = 10$ km).

Instrumentalni podaci o zemljotresima preuzeti su iz baze podataka Republičkog seizmološkog zavoda Srbije u Beogradu. Dobijeni su instrumentalnim registrovanjem sa mreže od 21 seizmološke stanice na prostoru Srbije i sa 24 seizmološke stanice iz zemalja regiona, u periodu od 3. novembra 2010. godine do maja 2012. godine. Automatski i ručno su obrađeni u centralnoj seizmološkoj stanici u Beogradu i na centralnoj mernoj seizmološkoj stanici na Divčibarima, standardnim metodama obrade registrovanih seizmoloških podataka o zemljotresima (Republički seizmološki zavod 2010). Republički seizmološki zavod je nakon dogadjanja zemljotresa, do maja 2012. godine, registrovao preko 850 pojedinačnih potresa magnitude veće od 1 jedinice na Rihterovoj skali.

Za potrebe ovog rada izdvojeno je 60 najjačih pojedinačnih potresa na kojima se vršila obrada i interpretacija. Instrumentalni podaci o zemljotresima su optimizovani, tako da sadrže potrebne informacije o zemljotresima: datum događaja, vreme događaja, geografsku širinu i dužinu lokacije epicentra, dubinu hipocentra i magnitudu potresa po Rihterovoj skali. Na osnovu ovih podataka izrađena je seizmološka karta lokacija epicentara zemljotresa koji su se dogodili u okviru istraživanog područja u proučavanom periodu.

Seizmotektonska metoda

Seizmotektonska metoda (Spang 1974; Sperner *et al.* 1993) obuhvatila je određivanje seizmotektonskih karakteristika istraživanog područja. Formirani su fokalni mehanizmi proučavanih zemljotresa i definisani uslovi stresa koji je vladao tokom njihovog rasedanja. Korišćen je računarski softver MyFault (2005-2006 Pangea Scientific, www.pangeasci.com).

Fokalni mehanizmi su formirani na osnovu polariteta prvih nailazaka P (longitudinalnih) talasa na seizmološke stanice. Po definiciji, fokalni mehanizam je grafička prezentacija neelastične deformacije jedne oblasti izazvane prostiranjem seizmičkih talasa zemljotresa. Drugim rečima, to je grafički predstavljen rezultat analize prostiranja P-talasa zemljotresa čiji su podaci prikupljeni iz mreže seizmoloških stanica (Glavatović 2002).

Inverzijom podataka fokalnih mehanizama definisani su uslovi stresa (napona) koji je vladao za vreme zemljotresa u Kraljevu od 3. novembra 2010. godine ($M = 5.4$, $H = 10$ km) kao i tri njegova najjača naknadna udara ($M = 4.4$, 3.4 , 3.3). Definisanje uslova stresa podrazumeva određivanje karakteristika i relativnog odnosa sve tri ose stresa: maksimalne

(σ_1), srednje (σ_2) i minimalne (σ_3), koje su odgovorne za kretanje po rasedu.

Nad dobijenim podacima izvršena je stres analiza metodom strukturne inverzije Simple Shear Tensor Average, koju su prvi put primenili Sperner i saradnici (1993). Ovom metodom određene su karakteristike sve tri komponente stresa ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) koje su odgovorne za rasedanje. Sama metoda radi po principu određivanja smičućeg stresa na svakom pojedinačnom rasedu, pri čemu srednja osa glavnog stresa (σ_2) leži na rasednoj površi i normalna je na a-lineaciju (pravac kretanja po rasedu). Na taj način program je u stanju da prvo izračuna statističku vrednost lokalnog stresa, što omogućava izračunavanje vrednosti regionalnog stresa (Mladenović 2010).

U okviru opisane metode, bilo je moguće analizom položaja raseda na Morovim krugovima stresa utvrditi, na osnovu koeficijenta trenja (ϕ), postojanje mogućnosti reaktivacije proučavanih raseda (Delvaux i Sperner 2003). Morovi krugovi stresa predstavljaju dvodimenzionalnu grafičku interpretaciju delovanja stresa u nekoj oblasti. Na x-osi predstavljena je vrednost normalne komponente stresa (σ_n), a na y-osi vrednost komponente stresa smicanja (τ) u svakoj tački na krugu (Dimitirjević 1964). Odnos komponenata stresa definisan je koeficijentom trenja (ϕ), i računa se po formuli:

$$\phi = \frac{\tau}{\sigma_n}$$

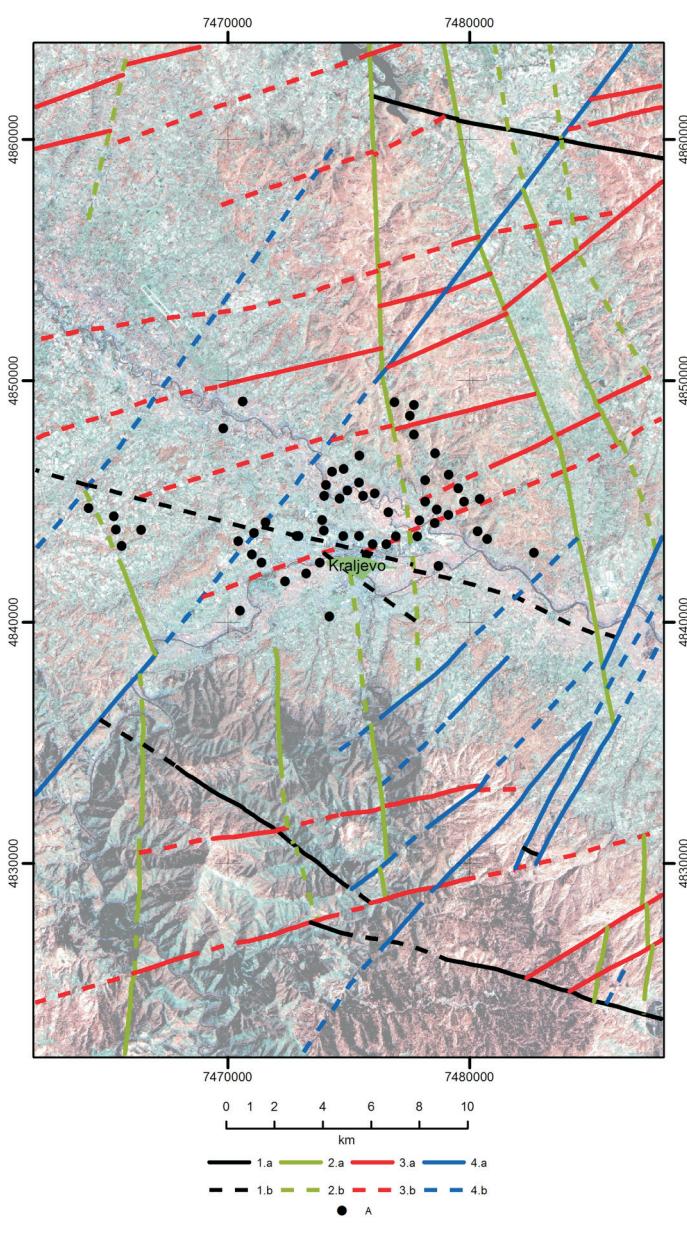
Rezultati i diskusija

Kvalitativnom analizom rupturnog sklopa sa satelitskog snimka određen je i interpretiran položaj četiri grupe lokalnih i regionalnih ruptura u okviru područja istraživanja.

Prva grupa ruptura pruža se pravcem ZJJ-ISI i zastupljena je u okviru čitavog područja istraživanja. Iz literaturnih podataka (Mladenović i Petrović 2011) može se zaključiti da ovi rasedi pripadaju grupi transkurentnih raseda.

Rupture koje se pružaju pravcem SSZ-IJI, najviše su zastupljene u okviru čačansko-kraljevačkog basena. Aktivacija ove grupe ruptura može se povezati sa obdukcijom ofiolitskih tvorevin zapadnog (vardarskog) dela okeana Tetisa (Schmid *et al.* 2008).

Grupa ruptura generalnog pružanja JZ-SI lokalizovana je u okviru celog istraživanog područja. Prema literaturnim podacima (Mladenović 2010), ovi regionalni rasedi su subvertikalnog do vertikalnog pada i pripadaju transkurentnim rasedima.



Slika 3.
 Interpretaciona karta
 rupturnog sklopa i
 lokacija epicentra
 zemljotresa

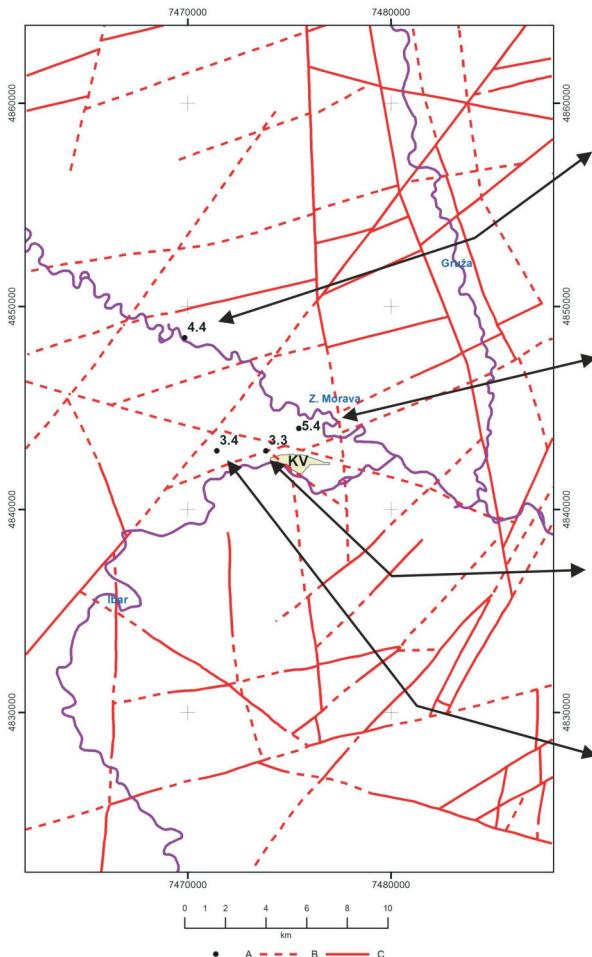
1.a – sigurno utvrđen
 rased SSZ-IJI
 1.b – prepostavljen
 rased SSZ-IJI
 2.a – sigurno utvrđen
 rased S-J
 2.b – prepostavljen
 rased S-J
 3.a – sigurno utvrđen
 rased ZJJ-ISI
 3.b – prepostavljen
 rased ZJJ-ISI
 4.a – sigurno utvrđen
 rased JZ-SI
 4.b – prepostavljen
 rased JZ-SI
 A – epicentri

Figure 3.
 Integrated map of
 rupture composition
 and location of
 earthquake epicenters

1.a – certain fault
 NNW-ESE
 1.b – approximate
 fault NNW-ESE
 2.a – certain fault
 N-S
 2.b – approximate
 fault N-S
 3.a – certain fault
 WSW-ENE
 3.b – approximate
 fault WSW-ENE
 4.a – certain fault
 SW-NE
 4.b – approximate
 fault SW-NE
 A – earthquake
 epicenters

Rupture generalnog pružanja S-J najveće rasprostranjenje u okviru istraživanog područja imaju na prostoru Boračko-kotleničkog kompleksa. Verovatno su nastale kao posledica vulkanske aktivnosti i izdizanja Boračko-kotleničkog vulkanogenog kompleksa (Dimitrijević 1995).

Analizom prostorne raspodele epicentara proučavanih zemljotresa određen je položaj seizmički aktivne zone u okviru istraživanog područja.



Slika 4.
Fokalni mehanizmi
proučavanih
zemljotresa
A – epicentri
zemljotresa
B – prepostavljen
rased
C – sigurno utvrđen
rased

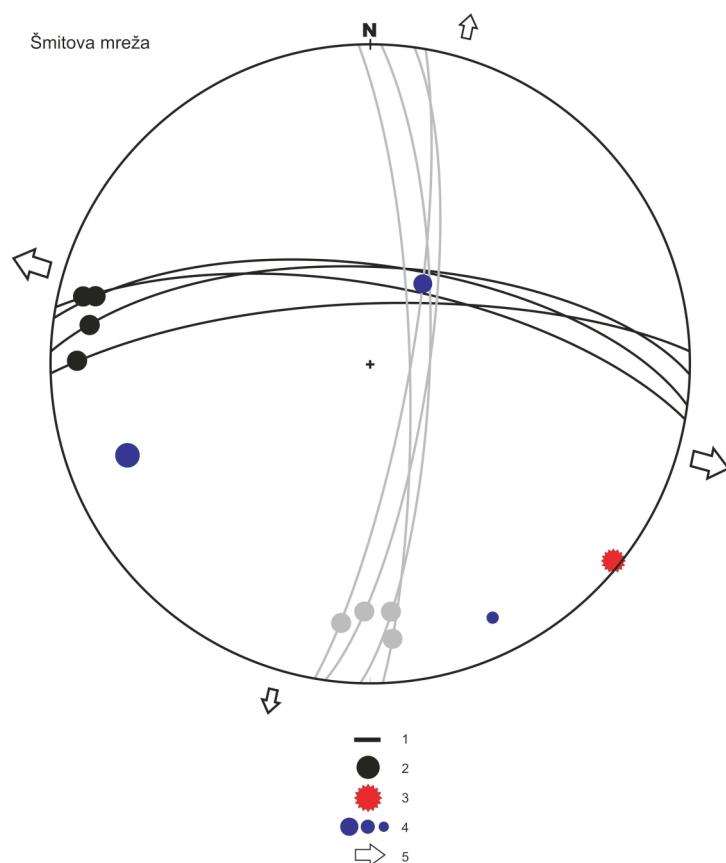
Figure 4.
Focal mechanisms of
investigated
earthquakes
A – earthquake
epicenters
B – approximate fault
C – certain fault

Seizmički aktivna zona, na osnovu vizuelno određene prostorne gustine epicentara, lokalizovana je u području 2-8 km severno i severoistočno od Kraljeva, većim delom u zoni kontakta čačansko-kraljevačkog tercijarnog basena i Boračko-kotleničke oblasti. Ovakav položaj seizmičke zone u vezi je sa lokacijom grupa ruptura pružanja ZJZ-ISI i JZ-SI, u okviru kojih je moguće identifikovati seizmički aktivne rasede.

Prostorna raspodela i gustina epicentara proučavanih zemljotresa, kao i generalna lokacija seizmički aktivne zone, prikazana je interpretacionom kartom na slici 3.

Fokalni mehanizmi proučavanih zemljotresa, formirani na osnovu nailaska prvih longitudinalnih talasa na seismološke stanice, prikazani su na slici 4. Na osnovu podataka fokalnih mehanizama može se zaključiti da su se tokom dešavanja proučavanih potresa aktivirali levi transkurentni rasedi pružanja ZJZ-ISI. Generalno pružanje aktiviranih raseda se poklapa sa lokacijom prethodno određenog položaja seizmički aktivne zone.

Nad fokalnim mehanizmima izvršena je stres analiza. Rezultati analize predstavljeni su dijagramom na slici 5. Dijagram predstavlja Šmitovu ekvatorijalnu mrežu. Na dijagramu su prikazane sve rasedne površi (nji-hovi elementi pada) duž kojih se dogodilo kretanje tokom zemljotresa. Prikazan je položaj glavnih osa stresa (σ_1 , σ_2 , σ_3), duž kojih je stres delovao prilikom rasedanja.



Slika 5.
Rezultati stres analize dobijeni inverzijom fokalnih mehanizama zemljotresa
1 – rasedna površ
2 – a-lineacija
3 – ekstenzija
4 – ose stresa
5 – horizontalni stres

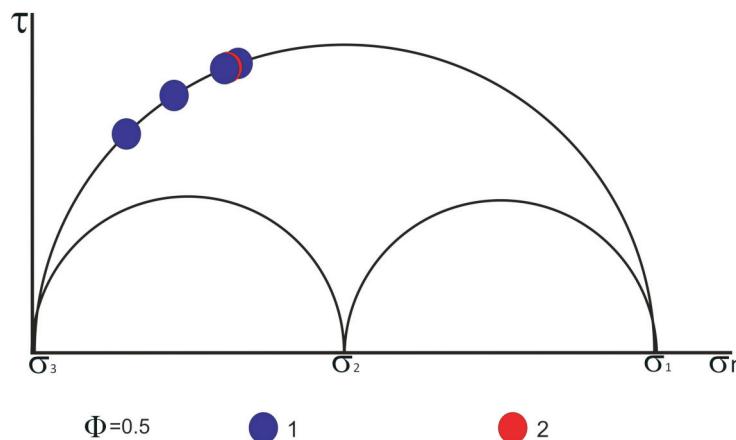
Figure 5.
Results of stress analysis, made by inversion of focal mechanisms data of earthquakes
1 – fault plane
2 – a-lineation
3 – extension
4 – stress axis
5 – horizontal stress

Na osnovu rezultata stres analize utvrđeno je da je tokom rasedanja kretanje bilo levo transkurentno. Položaji osa stresa ukazuju na to da je tokom zemljotresa delovao ekstenzion stres, dominantnog pravca ZSZ-IJI.

Postojanje ekstenzionog stresa nije karakteristično za ovo područje, ako sagledamo njegove osnovne tektonske karakteristike, kao i položaj područja u odnosu na regionalne geotektonске jedinice (Dimitrijević 2000). Naime, u regionu centralne i jugozapadne Srbije dominantnu ulogu u razvoju seizmičke aktivnosti ima tektonska kolizija Jadranske mikro-ploče u Dinaridski masiv. Jadranska mikro-ploča svoj kontakt sa Dinaridima ostvaruje u graničnom području između Crne Gore i Albanije (Di Bucci i

Angeloni 2013), odakle svoje kretanje nastavlja ka severu, rotacijom suprotnom od smera kazaljke na satu. Usled tog tektonskog kontakta u unutrašnjost kontinenta, pa samim tim i na prostor Srbije, prenosi se glavni regionalni kompresioni stres generalnog pravca pružanja JZ-SI. Usled konstantnog dejstva tog stresa dolazi do ekstenzije stenske mase u unutrašnjosti kontinenta.

Na osnovu određenih uslova stresa proučavanih zemljotresa i korelacije sa opštim geotektonskim položajem područja, utvrđeno je da su zemljotresi nastali usled delovanja ekstenzionog stresa pravca pružanja ZSZ-IJI, kao relaksacija stenske mase na dejstvo regionalnog kompresionog stresa orientacije JZ-SI.



Slika 6.
Morovi krugovi stresa
proučavanih
zemljotresa
 Φ – faktor prioriteta
1 – rešeni stres
2 – maksimalni stres

Figure 6.
Mohr's circle plot of
investigated
earthquakes
 Φ – priority factor
1 – resolved stress
2 – maximum stress

Rezultati analize položaja raseda na Morovim krugovima stresa, predstavljeni su na slici 6. Na dijagramu je sagledan odnos normalne komponente i komponente smicanja stresa koji je delovao tokom aktiviranja raseda. Na osnovu odnosa ovih komponenti stresa zaključeno je da je uzrok nastanka proučavanih zemljotresa reaktivacija grupe levih transkurentnih raseda pružanja ZJZ-ISI. Takođe je utvrđeno da je kretanje po rasedima za vreme događanja proučavanih zemljotresa imalo horizontalni (smičući) karakter, ali sa jakim uticajem normalne komponente stresa.

Zaključak

Istraživanjem modela rupturnog sklopa okoline Kraljeva utvrđene su i interpretirane karakteristike rupturnog sklopa tog područja. Metodom daljinske detekcije, seismološkom i seismotektonskom metodom obrađeni su geološki i geofizički podaci o rupturnom sklopu posmatranog područja i zemljotresima u periodu od 3. novembra 2010. do maja 2012. godine.

Uzrok nastanka aktuelne seizmičke aktivnosti predstavlja reaktivacija grupe levih transkurentnih raseda pružanja ZJZ-ISI, u zoni severno i severoistočno od Kraljeva. Seizmička aktivnost tog područja nastala je usled delovanja regionalnog ekstenzionog stresa, dominantnog pravca ZSZ-IJI. Postojanje ekstenzionog stresa nije karakteristično za istraživano područje, ali se njegova pojava objašnjava kao posledica relaksacije stenske mase na konstantno dejstvo regionalnog kompresionog stresa pravca JZ-SI, uzrokovanih kontaktom Jadranske mikro-ploče i Dinaridskog masiva.

Zahvalnost. Zahvaljujem Ani Mladenović, istraživaču-saradniku Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na pruženoj stručnoj pomoći tokom izrade rada, a Radisavu Goluboviću, rukovodiocu programa geologije u ISP, na upućenim savetima i sugestijama. Posebnu zahvalnost upućujem Centru za daljinsku detekciju i GIS Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i Republičkom seismološkom zavodu Srbije na ustupljenim podacima korišćenim pri izvođenju istraživanja.

Literatura

- Delvaux D., Sperner B. 2003. New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. *Geological Society London, Special Publications*, **212**: 75.
- Di Bucci D., Angeloni P. 2013. Adria seismicity and seismotectonics: Review and critical discussion. *Marine and Petroleum Geology*, **42**: 182.
- Dimitrijević M. 1964. *Struktorna geologija*. Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Dimitrijević M. 1995. *Geologija Jugoslavije*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Dimitrijević M. 2000. *Osnovi geotektonike*. Novi Sad: DIT Nis-Naftagas
- Glavatović B. 2002. *Seizmologija* (skripta). Beograd: Rudarsko-geološki fakultet
- Marković B., Urošević M., Pavlović Z., Terzin V. 1968. *Tumač za list K34-6 Kraljevo OGK SFRJ*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Milanović B., Cilinšek M. 1981. *Primeri interpretacije rezultata regionalnih geofizičkih ispitivanja*. Beograd: Vesnik – geofizika, Geofizički institut
- Mladenović A. 2010. Geofizički model geološke građe čačansko-kraljevačkog tercijarnog basena. U *Zbornik radova 15. kongresa geologa Srbije sa međunarodnim učešćem* (ur. N. Banjac). Beograd: Srpsko geološko društvo, str. 669-675.
- Mladenović A. 2011. Strukturno-tektonski model čačansko-kraljevačkog tercijarnog basena na osnovu korelacije geofizičkih i geoloških podataka. Master rad. Departman za geofiziku, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Đušina 7, Beograd.

- Mladenović A., Petrović D. 2011. Stress Condition Determination Based on Focal Mechanism Data: A Case Study on Kraljevo Earthquake. *6th Congress of Balkan Geophysical Society*.
- Novković M., Terzin V. 1957. *Geološki prikaz zapadnomoravskog tercijarnog basena*. Beograd: Fond stručne literature zavoda za geološka i geofizička istraživanja
- Pavlović R., Čupković T., Marković M. 2004. *Daljinska detekcija*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva
- Republički seizmološki zavod. 2010. *Izveštaj o rezultatima i aktivnostima Republičkog seizmološkog zavoda posle zemljotresa kod Kraljeva 03. 11. 2010. u 01:56*. Beograd: Republički seizmološki zavod
- Schmid S., Bernoulli D., Fügenschuh B., Matenco L., Schefer S., Schuster R., Tischler M., Ustaszewski K. 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaride orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, **101**: 139.
- Spang J. H. 1974. Numerical dynamic analysis of calcite twin lamellae. *Greenport Center Syncline. Am. Jour. Sci.*, **274**: 1044.
- Sperner B., Ratschbacher L., Ott R. 1993. Fault-Stress analysis: a Turbo Pascal program package for graphical presentation and reduced stress tensor calculation. *Comp. & Geosci.*, **19** (9): 1361.
- Urošević M., Pavlović Z., Klisić M., Malešević M. 1973. *Tumač za list K34-18 Vrnjci OGK SFRJ*. Beograd: Savezni geološki zavod
- Vučković D., Perišić K. 2011. Najnovija saznanja o seismotektonskoj strukturi zone Kraljeva. *Izgradnja*, **65** (5-6): 181.

Andrija Avramović

Disjunctive Structure Model of the Kraljevo Region

The research of the disjunctive structure model in the wider Kraljevo region has been done. The aim of this research was to identify the characteristics of the disjunctive structure model in that region, by processing geological and geophysical data. Remote sensing, seismological and seismotectonic methods have been used. The position of four families of ruptures, with directions WSW-ENE, SW-NE, NNW-ESE and N-S was determined. The investigated earthquakes occurred from November 3rd 2010 to May 2012. The seismically active zone of the investigated earthquakes is located in an area 2-8 km north and northeast from Kraljevo. It was concluded that actual seismic activity occurred as a result of the reactivation of strike-slip faults oriented WSW-ENE, due to the effect of extensional stress with the dominant direction of WNW-ESE. Extensional stress is not characteristic for the studied area. Its emergence can be explained as a consequence of a relaxation effect of the rocks, due to the influence of regional compression stress oriented SW-NE, caused by the contact of the Adriatic microplate and the Dinaric massif.

