

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета бр.1/327 од 26.09.2024. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Николе Станковића под насловом

„Нумеричке симулације процеса затварања вардарског дела Неотетиса“.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала, Комисија је сачинила следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Хронологија одобравања докторске дисертације

Кандидат Никола Станковић је 2020. године пријавио тему за израду докторске дисертације (бр. Пријаве 1/160 од 02.06.2020.године) под називом „Нумеричке симулације интраокеанске субдукције током горњојурског затварања вардарског дела Неотетиса“.

Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета предложена је Комисија за оцену подобности теме и кандидата. Наставно-научно веће, на својој седници од 19.05.2020., именовало је Комисију за оцену у следећем саставу:

1. Др Весна Цветков, ванредни професор, Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет
2. Др Владица Цветковић, редовни професор, Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

3. Др Драган Станков, ванредни професор, Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет
4. Др Дејан Прелевић, ванредни професор, Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет
5. Др Споменко Ј. Михајловић, научни саветник, Републички геодетски завод

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета усвојило је Извештај Комисије за оцену подобности теме и кандидата (17.09.2020.године). За ментора дисертације именовани су др Весна Цветков, ванредни професор Рударско-геолошког факултета у Београду и др Владица Цветковић, редовни професор Рударско-геолошког факултета у Београду.

Кандидат Никола Станковић дана 19.06.2020. године је одбранио приступни рад.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (Решење бр. 61206-3034/2-20 од 27.10. 2020. год).

Кандидат је 06.09.2024. године, бр.пријаве 1/185 предао докторску дисертацију на преглед и оцену. Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду именовало је Комисију за оцену докторске дисертације, под називом „Нумеричке симулације интраокеанске субдукције током горњојурског затварања вардарског дела Неотетиса“ (Одлука бр. 1/327 од 27.09.2024. године) у следећем саставу:

1. Др Драгана Ђурић, ван. проф. Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет
2. Др Дејан Прелевић, ред.проф. Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет
3. Др Драган Станков, ван.проф. Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет
4. Др Александра Коларски, научни сарадник Института за физику у Београду.

Кандидат је студијски програм на докторским студијама започео академске 2017/2018 године.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду и захтева студнета, одобрено је продужење рока за завршетак студија, и то: 21.09.2023, број одлуке 1/283 и 26.09.2024. године, бр.одлуке 1/246.

1.2. Биографски подаци о кандидату

Никола Станковић је рођен 07.09.1993. године у Београду где је завршио основну и средњу школу. Након што је завршио Дванаесту београдску гимназију општег смера 2012. године, уписао се на студије геофизике на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду.

Основне студије је завршио 2016. године одбранивши завршни рад на тему „Примена гравиметрије за праћење кретања флуида у гасном лежишту“. На истом факултету је 2017. догине завршио мастер студије геофизике одбранивши мастер рад на тему „Нумеричке симулације процеса конвекције у Земљином омотачу“. Никола је 2017. године волонтирао у Републичком сеизмолошком заводу. Исте године је уписао

докторске студије на Рударско-геолошком факултету на одсеку Геологија. Током зимског семестра 2018. године Никола је боравио на Универзитету ЕТХ у Цириху, на институту за геофизику, где је успешно завршио курсеве из нумеричког геодинамичког моделовања и механике континуума које држи професор Тарас Герја.

Никола је учествовао на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја „Магматизам и геодинамика Балканског полуострва од мезозоика до данас: значај за образовање металичних и неметаличних рудних лежишта”.

Током докторских студија Никола је помагао у извођењу наставе студентима основних студија геофизике на предметима „Основи геомагнетизма” и „Магнетометрија”. Од 2024. године Никола је ангажован на COST пројекту Европске Уније „pan-EUROpean BloGeodynamics network” (EUROBiG). Никола је члан Српског геолошког друштва (СГД) и Европске уније геонаука (European Geosciences Union - EGU).

1.3. Објављени и саопштени резултати

Никола Станковић је до сада објавио један рад из области докторске дисертације и учествовао на два научна скупа где су презентовани резултати из области дисертације. У наставку је списак радова и учешћа на конференцијама.

Објављени радови

Stanković, N., Gerya, T., Cvetkov, V., & Cvetković, V. (2023). Did the Western and the Eastern Vardar ophiolites originate through a single intra-oceanic subduction? Insight from numerical modelling. *Gondwana Research*, 124, 124-140. ,DOI: 10.1016/j.gr.2023.07.005 (M21a, IF:7,2 за 2023)

Саопштења на научним скуповима

Stanković, N., Cvetkov, V., & Cvetković, V. (2021, April). Numerical simulation of the Late Jurassic closure of the Vardar Tethys. In EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-9893).

Stanković, N., Cvetkov, V., & Cvetković, V. (2020, May). 2D Numerical Simulation of Intraoceanic Subduction during the Upper Jurassic Closure of the Vardar Tethys. In EGU General Assembly Conference Abstracts (p. 5919).

2. Основни подаци о дисертацији

Докторска дисертација под насловом „Нумеричке симулације интраокеанске субдукције током горњојурског затварања вардарског дела Неотетиса” написана је на 95 страна. Организована је у 8 поглавља, има 43 слика, 3 табеле и листу од 160 референци.

3. Предмет и циљ дисертације

Предмет ове дисертације је проучавање мезозојске геодинамике Балканског полуострва, са фокусом на затварање океана Неотетиса и последични распоред геотектонских јединица. Кључни проблеми у геолошким круговима односе се на динамику ових процеса, редослед геодинамичких догађаја, као и настанак и смештање офиолитских појасева и магматских стена. Дисертација се бави последњим фазама

развоја Неотетиса и примењује нумеричко геодинамичко моделовање како би пружила одговоре на контроверзна питања.

У оквиру рада су развијени 2Д термомеханички модели који симулирају: а) затварање Неотетиса и б) динамику већ субдуковане плоче. Користи се геодинамички код I2VIS, који примењује методу конзервативних коначних разлика и поступак маркера у ћелији. Ограничена параметарска студија истражује утицај различитих параметара на процес затварања, укључујући ширину океанског домена, старост литосфере и брзине плоча.

Резултати сугеришу да један океански домен са интраокеанском субдукцијом према североистоку објашњава настанак офиолитских појасева Балкана. Такође, предложен је сценарио откидања већ субдуковане плоче, који може објаснити постколизиони магматизам горње креде, што је значајно за разумевање магматизма Сава-Вардар зоне и Тимочког магматског комплекса.

4. Основне хипотезе од којих се полазило у истраживању

Истраживање је полазило од три основне хипотезе везане за субдукцију и затварање вардарског дела Неотетиса. Прва хипотеза претпоставља да је субдукција започела на средњоокеанском гребену вардарског дела Неотетиса током доњег и средњег тријаса, што је у складу са претходним истраживањима која указују на интраконтинентално рифтовање као механизам настанка овог дела океана (Rampoux, 1970). Друга хипотеза предлаже да је субдукција имала нагиб према истоку, што је резултирало обдукцијом вулканског лука на западној (адријској) маргини и формирањем сложене активне маргине на источној, евроазијској страни. Овај модел се ослања на студије које су показале да су офиолити и метаморфне структуре резултат тектонских процеса на прелазу из горње јуре у доњу креду (Robertson, 2002; Karamata, 2006; Schmid et al., 2008). Трећа хипотеза је да је до колизије дошло у доњој креди, чиме се искључује постојање горњокредног океана и субдукције. Ова хипотеза стоји у опозицији новијим истраживањима која су указала на постојање океанског простора у горњој креди, посебно у Сава-Вардар зони (Karamata et al., 2000; Ustaszewski et al., 2009), али се ослања на идеју да су каснији магматски продукти, укључујући оне из Тимочког магматског комплекса, постколизиони (Kolb et al., 2013).

Симулиран је процес субдукције и обдукције океанске литосфере на Адријску маргину, као и рифтовање на евроазијској маргини, што је резултирало стварањем нове океанске коре у Сава-Вардар зони. Модел је такође показао да су горњокредни магматски продукти, као што су базалтоидне стене Сава-Вардар зоне и магматизам Тимочког комплекса, постколизиони феномени, чиме је потврђена хипотеза да након затварања вардарског дела Неотетиса није постојао горњокредни океан (Cvetković et al., 2014; Prelević et al., 2017).

Научно је потврђено да је затварање вардарског сегмента Неотетиса завршено током доње креде, а да су каснији магматски догађаји повезани са постколизионом тектоном и интраконтиненталним магматизмом. Ови резултати доприносе бољем разумевању мезозојских тектономагматских процеса на Балканском полуострву и унапређују дебат о времену и природи затварања Неотетиса.

5. Опис садржаја дисертације

Докторска дисертација под насловом „Нумеричке симулације интраокеанске субдукције током горњојурског затварања вардарског дела Неотетиса“ написана је на 95 страна. Организована је у 8 поглавља, а структура је следећа:

1 Увод

2 Дефиниција геодинамичког проблема

3 Методологија нумеричког геодинамичког моделовања

4 Моделовање вардарског дела Неотетиса

5 Резултати нумеричких симулација затварања Неотетиса

6 Проблем горњокредног магматизма

7 Дискусија

8 Закључак

Литература

Додаци

А Табела јединица

У **1. поглављу** – Увод, представљен је основни концепт нумеричког геодинамичког моделовања као методе за проучавање геодинамичких процеса који утичу на термомеханички развој Земље и других терестричних планета. Описан је историјски развој ове дисциплине и њен значај у разумевању тектонике плоча и динамике омотача. Наглашен је напредак у развоју нумеричких метода који омогућава детаљније симулације геолошких процеса. Уводом су дефинисани геодинамички проблеми Балканског полуострва који ће бити анализирани, укључујући затварање Неотетиса и обдукцију офиолита. Такође, објашњена је главна номенклатура и мерне јединице које ће се користити у тези.

Поглавље 2, фокусира се на објашњење геодинамичких проблема који се разматрају у овом раду. Разматрају се постојеће геолошке хипотезе о затварању вардарског дела Неотетиса, укључујући контроверзе везане за број океанских домена и тачно време затварања Неотетиса. Представљене су основне геодинамичке претпоставке које се тестирају у овој тези.

У **поглављу 3** представљена је методологија која се користи за нумеричко моделовање геодинамичких процеса. Изложене су основне једначине које описују термомеханички систем Земљине унутрашњости, као и метода конзервативних коначних разлика и техника маркера у ћелији, које су примењене за решавање тих једначина.

Поглавље 4 детаљно разрађује модел који је прихваћен у овом раду за затварање Неотетиса. Приказани су резултати претходних покушаја моделовања, као и потешкоће које могу утицати на тачност модела. Представљене су хипотезе које се тестирају, укључујући интраокеанску субдукцију и откидање субдуковане плоче. Описују се

почетни и гранични услови модела, реолошка својства стена, као и параметри који се користе у моделима.

Поглавље 5 садржи детаљне резултате нумеричког моделовања интраокеанске субдукције. Приказани су развој овог процеса, изазивање изалучне екстензије, и обдукција офиолита. Анализирани су утицаји различитих параметара на ток нумеричких симулација, као и проблеми који су примећени током моделовања.

У наредном поглављу, **поглављу 6**, су представљени резултати моделовања процеса постколизионог магматизма и откидања субдуковане плоче. Описани су ефекти ових процеса на геодинамички развој, као и различити параметри који утичу на ток симулација. Анализирани су и тешкоће у моделовању ових сложених процеса.

У **7. поглављу** дискутују се добијени резултати нумеричких модела. Анализирају се основне претпоставке које су тестиране, упоређују се са претходним истраживањима, и истиче се важност добијених резултата у контексту затварања вардарског дела Неотетиса.

Закључак, односно **поглавље 8** садржи финалне закључке рада. Резимирају се најважнији резултати и њихов значај за разумевање геодинамичких процеса затварања Неотетиса, уз сугестије за будућа истраживања.

6. Остварени резултати и научни допринос дисертације

Нумеричко моделовање геодинамичких процеса представљених у дисертацији успешно је реализовано кроз серију временских исечака који приказују расподелу израчунатих физичких параметара у оквиру 2D модела. Међу тим параметрима су температура, брзина кретања флуида, вискозност и расподела различитих компоненти (стена) унутар материјалног модела. Овако добијени резултати омогућили су симулацију процеса субдукције и затварања вардарског сегмента Неотетиса.

Модел је успешно симулирао обдукцију океанске литосфере на маргину Адрије, као и рифтовање на евроазијској маргини, при чему је формиран центар ширења који је довео до стварања нове океанске коре, смештене у Сава-Вардар зону између Адрије и Евроазије. Поред тога, симулација је пружила објашњење услова за настанак магматизма Тимочког магматског комплекса.

Процеси симулирани у моделу били су ограничени подацима из стварних геолошких истраживања, укључујући податке о старости офиолита на адријатској плочи, карактеристикама стена Сава-Вардар зоне, као и времену и природи магматских продуката Тимочког комплекса.

Ова успешно изведена симулација значајно доприноси бољем разумевању мезозојских тектономагматских процеса на Балканском полуострву. Истраживање је помогло да се расветле нејасноће у вези са постојањем Сава-Вардар океана и додатно унапредило разумевање металогенетских процеса у том периоду, што може бити од значаја за будуће истраживање минералних ресурса, нарочито у контексту бакарних лежишта.

Осим тога, ова дисертација представља прву у Србији која користи нумеричко моделовање за решавање геодинамичких питања, што је важан корак за развој геонаука у земљи.

7. Закључак

У раду су дефинисани и анализирани процеси затварања мезозојског океана Неотетиса, уз примену савремених нумеричких метода моделовања геодинамичких процеса. Кандидат је предложио оригинална решења за геодинамичке проблеме који до сада нису били довољно истражени у научној литератури. Добивени су значајни научни резултати који доприносе разумевању последњих фаза развоја Неотетиса и могу имати примену у бројним геолошким областима.

Кандидат је у дисертацији показао одлично познавање области, методологија и релевантне литературе, као и способност самосталног истраживања и извођења сложених закључака, који су на јасан и прецизан начин приказани у раду.

Кандидат је до сада објавио један рад у часопису са SCI листе и представио два саопштења на научним скуповима. Комисија закључује да је дисертација урађена према одобреној пријави, представља оригинално и самостално научно дело, као и да су се сеткли услови за њену јавну одбрану.

На основу свега изнетог, и пошто су испуњени и сви формални услови, предлагемо да се рукопис „Нумеричке симулације процеса затварања вардарског дела Неотетиса“ прихвати као докторска дисертација из области гео-наука и да се закаже јавна одбрана.

У Београду,
28.10.2024.

Чланови комисије:

Др Драгана Ђурић, ван. проф.
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Дејан Прелевић, ред. проф.
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Драган Станков, ван. проф.
Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет

Др Александра Коларски, научни сарадник
Института за физику у Београду