

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На VI редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду-Биолошког факултета, одржаној 11.04.2023. године, на основу молбе ментора, проф. др Биљане Стојковић, редовне професорке Универзитета у Београду-Биолошког факултета и др Софије Стефановић, редовне професорке Универзитета у Београду-Филозофског факултета, одређена је Комисија за преглед и оцену докторске дисертације Александре М. Жегарац, истраживача сарадника Универзитета у Новом Саду-Института Биосенс под насловом: **„Анализа древне ДНК из узорака некрополе Мокрин (2100 – 1800 п.н.е.): реконструкција биолошког сродства у контексту друштвене структуре бронзанодопске популације”**, у саставу: проф. др Марко Порчић, ванредни професор Универзитета у Београду-Филозофског факултета, члан; др Јелена Јовановић, научни сарадник Универзитета у Новом Саду-Института Биосенс, члан; проф. др Душанка Савић-Павићевић, редовна професорка Универзитета у Београду-Биолошког факултета, члан; проф. др Софија Павковић-Лучић, редовна професорка Универзитета у Београду-Биолошког факултета, члан.

Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидаткиње и Наставно-научном већу Универзитета у Београду-Биолошког факултета подноси следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### **Општи подаци о докторској дисертацији**

Докторска дисертација Александре М. Жегарац под називом „Анализа древне ДНК из узорака некрополе Мокрин (2100 – 1800 п.н.е.): реконструкција биолошког сродства у контексту друштвене структуре бронзанодопске популације“ представља оригинално мултидисциплинарно истраживање које повезује молекуларно-генетичке, еволуционе и антрополошке научне методе у испитивању биолошких, културних и социолошких

феномена у процесу развоја људских цивилизација. Конкретно, анализа друштвене структуре бронзанодопске популације на простору данашње Србије, употребом најсавременијих молекуларно-биолошких метода за анализу древних генома са циљем утврђивања сродства између индивидуа пронађених у некрополи Мокрин, као и постављањем добијених резултата у закључке из богате антрополошке и еволуционо-биолошке литературе са налазишта широм Европе, добијена су релевантна и широка сазнања о варијабилности и развоју друштвене организације људских насеобина у овом периоду цивилизације.

Експериментални део докторске дисертације урађен је у специјално прилагођеној лабораторији за истраживање древне ДНК на Johannes Gutenberg Универзитету у Мајнцу, у Немачкој, (*Institute of Organismic and Molecular Evolution - iOME, Johannes Gutenberg University*), док је секвенцирање генома из узорака урађено у Институту за генетику Универзитета у Берну, у Швајцарској. Финансије за анализу древне ДНК су обезбеђене кроз стипендију “Wenner-Gren” фондације (Gr. 9637) за пројекат “*Kinship, Status and Social inequality in the Early Bronze Age of Southeastern Europe: the Case of Mokrin Necropolis*”. Материјал са археолошког налазишта Мокрин узоркован је у сарадњи са Народним музејом у Кикинди. Анализе података и теоријска обрада резултата урађени су на Johannes Gutenberg Универзитету у Мајнцу, Биолошком факултету и Филозофском факултету Универзитета у Београду.

Докторска дисертација садржи: Насловну страну на српском и енглеском језику, Податке о менторима и члановима комисије, Резиме на српском и енглеском језику са кључним речима, Садржај, Текст по поглављима са списком литературе и Прилоге. Текст по поглављима са списком литературе написан је на 148 страница, садржи 19 табела и 22 слике. Подељен је на 7 поглавља: **Увод** (1-52. страна), **Циљеви** (55-56. страна), **Материјал и методе** (57-82. страна), **Резултати** (83-100. страна), **Дискусија** (101-121. страна), **Закључци** (122-124. страна) и **Литература** (125-148. страна), а додатно садржи и **Прилог 1** (149-159. страна) и **Прилог 2** (160-166. страна). У тези се налазе и Биографија аутора, Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторске дисертације и Изјава о коришћењу.

## Анализа докторске дисертације

Увод докторске дисертације садржи пет потпоглавља у оквиру којих су логично издвојени наслови који дубље појашњавају теоријску основу истраживаних феномена. У првом потпоглављу насловљеном Концепт сродства, кандидаткиња појашњава различите приступе у анализи сродства (биолошко и социјално) и њихов значај, као и методе за њихово истраживање (антрополошки и генетички маркери). Друго потпоглавље, Древна ДНК, детаљно појашњава све проблеме молекуларно-биолошких анализа молекула ДНК који се проналазе у старим узорцима – од контаминације до фрагментације и потпуне деградације. Упоредо са технолошким превазилажењем ових проблема дошло је до развоја палеогенетике, што је описано у овом делу Увода и представља логичну претходницу следећем потпоглављу, насловљеном Нова генерација секвенцирања (NGS). Наредно потпоглавље, Социјална организација праисторијских друштава, дубље појашњава данашња знања о друштвеним променама током историје цивилизације, са посебним освртом на еволуцију социјалне неједнакости, као и на бронзано доба. Како би се направила веза између биолошких и културолошких питања на ширем простору Европе, у овом поглављу се представља и генетичка структура становника нашег континента за време бронзаног доба. Ближе је описано археолошко налазиште Мокрин, његова материјална култура и начин сахрањивања у тој древној заједници. Посебан осврт на повезаност биолошке и културне еволуције дат је у потпоглављу Функционални маркери, које уводи у анализу гене укључене у пигментацију коже и дужица ока, као и гене који кодирају ензиме за метаболизам млека. Ови генетички маркери јесу важни за разумевање миграција људи по европском континенту, а пружају и увид у начин живота и исхрану људи у бронзанодопском периоду.

У поглављу **Циљеви** јасно су дефинисани главни научни циљеви докторске дисертације.

1. Анализа вертикалне социјалне диференцијације, тј. постојања разлика у друштвеном статусу на основу богатства гробних прилога.

2. Анализа хоризонталне диференцијације некрополе, тј. друштвене различитости према полу, узрасту и биолошком сродству, како би се утврдило да ли су богатство и статус били наследни.

3. Анализа матриликалности/патриликалности, тј. брачног пребивалишта у Мокрину на основу података о биолошком сродству.

4. Анализа инбридинга, тј. укрштања у сродству, како би се утврдила изолованост, односно отвореност ове заједнице према становништву из других насеобина у окружењу.

5. Анализа генетичке структуре популације из Мокрина и њено поређење са генетичким структурама осталих познатих бронзанодопских популација, као и савремених популација људи.

6. Анализа функционалних генетичких маркера за депигментацију коже и лактозну толеранцију и поређење са другим познатим европским популацијама тог времена.

У оквиру поглавља **Материјал и Методе**, у потпоглављу Скелетни материјал описан је начин узорковања материјала из Мокрина, као и методе физичко антрополошких анализа на скелетима из ове некрополе. У потпоглављу Продукција палеогенома, детаљно је дат приказ целокупне молекуларно-биолошке технологије која се примењује у анализи древне ДНК и превазилажењу тешкоћа у њеном „читању“ – припрема узорака за ДНК изоловање, изоловање ДНК, припрема библиотеке за скрининг узорака (формирање равних крајева дволанчане ДНК, лигација адаптера, попуњавање једноланчаних празнина ДНК, додавање индекс секвенци), а затим умножавање ДНК библиотека и њихова квантификација флуорометријском методом и анализом фрагмената, као и спајање узорака за њихов скрининг, а потом и секвенцирање целих генома на Illumina's NovaSeq 6000 платформи (на Институту за генетику Универзитета у Берну, Швајцарска). У потпоглављу Биоинформатичке анализе, детаљно су описани приступи у обради података, провере аутентичности резултата, одређивање пола анализираних јединки и анализа унипаренталних маркера (митохондријске ДНК и Y хромозома). Неки од коришћених математичких програма су *TagDust*, *BBMerge*, *Bwa aln* (*Burrows Wheeler Transformation*), *Samtools*, *GATK softver* (*The Genome Analysis Toolkit*), *ATLAS* пакет, *MapDamage 2.0.*, *ContaMix*, *Haplogrep2.0*. Биолошко сродство је анализирано употребом *lcMLkin* програма и *READ* (енгл. *Relationship Estimation from Ancient DNA*) програма. Популационе анализе узорака са Мокрина урађене су преко анализе главних компоненти (енгл. *Principal component analysis - PCA*) у програму *LASER 2.04*, али и употребом *f*-статистике и израчунавања коефицијента инбридинга, како би се сагледало порекло и изолованост заједнице у Мокрину (програми *ADMIXTURE*, *Admixtools* и *ATLAS* опција *-inbreeding*).

Примењена је и компаративна анализа функционалних генетичких маркера са циљем увида у различитост ове популације од других познатих бронзанодопских популација (Bayesian приступ у поглављу *ATLAS*, *PhenoReport*, *Hirisplex-S*), као и одређивање коефицијента селекције за лактозну толеранцију (*ApproxWF* програм).

У поглављу **Резултати**, кандидаткиња на адекватан начин презентује резултате уз одговарајуће поднасловне и приказ слика и табела са коментарима и објашњењима. Показано је да су примењене молекуларно-биолошке технике, уз дубоко секвенцирање и проверу аутентичности резултата, обезбедиле квалитетне ДНК узорке уз одсуство контаминације (потпоглавља Скрининг узорака, Дубоко секвенцирање, Провера аутентичности резултата). Утврђено је 14 женских и 10 мушких индивидуа у анализираним остацима, 14 различитих хаплогрупа мтДНК и пет хаплогрупа Y хромозома (потпоглавља Одређивање пола, Унипарентални маркери). Анализе сродства између парова свих анализираних узорака установиле су девет породичних веза (три родитељске, два брата, брат и сестра, три везе другог колена и једна рођачка веза), које укључују 15 индивидуа. Девет женских индивидуа нису у сродству ни са једном јединком у узорку (потпоглавље Анализе сродства). У потпоглављу Популационе анализе утврђена су вероватна порекла анализираних јединки. У сумарном приказу, састав заједнице Мокрина показао је мешавину порекла из три популације – ловци сакупљачи са Ђердапа ( $12,5\% \pm 1,8\%$ ), неолитски фармери из Егеје ( $53,7\% \pm 2,5\%$ ) и популација из степа источне Европе ( $33,8\% \pm 2,3\%$ ). Процењени коефицијент инбридинга указује на одсуство генетичке структурираности мокринске популације (потпоглавља *Outgroup f3* статистика, Коефицијент инбридинга – *f*). У потпоглављу Фенотипски маркери, приказани резултати показују да је учесталост алела G на позицији rs12913832 у *HERC2* гену, алел асоциран са депигментацијом дужице, процењена на 0,4498. Маркер rs1426654\*A (A111T) (*SLC24A5*), који је асоциран са депигментацијом коже, био је фиксиран у популацији Мокрина. Други алел асоциран са светлом кожом, rs16891982\*G (*SLC45A2*), имао је учесталост 0.7098. Учесталост алела за толеранцију лактозе износи свега око 5%, указујући на одсуство културе коришћења млека у исхрани. Процена селективног притиска на фаворизовање овог алела у Европи процењује се на вредност 6% ( $s = 0.06$ ).

У поглављу **Дискусија**, добијени резултати су критички дискутовани сходно задатим циљевима и у складу са најновијим подацима из литературе. Почетак овог

поглавља доноси опис гробних места, положај сахрањених у гробу, распоред гробница и богатство гробних прилога, што је омогућило упознавање фунерарне праксе у древном Мокрину. Основна премиса у истраживању биолошког наслеђивања друштвеног статуса у древним заједницама јесте да богатство гробних прилога указује на социјални статус у заједници током живота индивидуе. Претходна истраживања су показала да је фунерарна пракса моришке културе била строга и да су групни гробови изузетак. У овој докторској дисертацији наведено је постојање једног тројног гроба несродних јединки, што указује да су три индивидуе преминуле у слично време или услед необичних околности. У потпоглављу Биолошко сродство међу индивидуама у Мокрину и наслеђивање статуса, описано је да су сродне јединке биле сахрањиване у близини сугеришући да је некропола организована око породичних веза, иако нема трагова проширених породица, тј. кланова. На основу свеобухватног поређења гробних прилога и сродства између индивидуа не може се потврдити хипотеза да се социјални статус преносио преко мушке сродничке линије у заједници Мокрина. Насупрот, налаз сродника – брата и сестре – где гробни прилози брата показују нижи, а млађе сестре виши социјални статус (могуће припремљени мираз), сагласан је са системом у ком жене, али не и мушкарци, могу наследити социјални статус. Будући да су млађи мушкарци имали начелно сиромашније гробне прилоге, чак и када су други сродници имали више статусе, значајно је вероватније да су мушкарци стицали и заслуживали статус током живота кроз неку активност и/или друштвени квалитет, иако присуство гробних прилога код неких дечака може указивати на то да су млади сродници индивидуа вишег статуса могли имати веће могућности и прилике да и они достигну већи углед. Анализирани узорци не садрже очеве сахрањених мушкараца, те се са сигурношћу једино може закључити да синови нису наслеђивали статус од мајки. С друге стране, девојчица која је сахрањена са великим бројем вредних прилога показује да је статус могао бити наследан за жене или су статус достизале удајом или кроз родбинску везу са престижним мушкарцем. У сваком случају, друштвени односи у Мокрину имали су другачију динамику у поређењу са другим рано-бронзанодопским заједницама, где су уочени сигнали да су мушкарци могли наслеђивати друштвени статус. На основу генетичких података није могуће са сигурношћу закључити какво је било брачно пребивалиште у Мокрину (потпоглавље Брачно пребивалиште). Ипак, у прилог пракси женске егзогамије са другим насељима говоре висока варијабилност мтДНК, одсуство

ћерки у узорку и присуство жена различитог статуса које нису биле у биолошком сродству са мушкарцима. Овакви налази су сагласни са закључцима из других студија рано-бронзано-допских налазишта, на пример у јужној Немачкој. Иако се матрилокалност може одбацити, друштво у Мокрину није било ни строго патрилокално, на шта указује висока варијабилност Y хаплотипова и одсуство очеве у анализираном узорку. Долазак жена из других насеља у једну заједницу могао се одвијати упоредо са честим миграцијама мушкараца. Висок диверзитет митохондријских и Y хаплотипова може наводити и на закључак да је ову некрополу користило више заједница моришке културе које су међусобно сарађивале. Такав закључак подржава хипотезу да је друштво у Мокрину било мало насеље које је опстајало кроз успостављање родбинских веза и заједничких социјалних и економских активности. У потпоглављу Реконструкција социјалне организације у Мокрину, заокружује се представа о овој заједници. Њу не одликује типичан рангиран систем, иако припадници друштва нису били једнаки у статусу и моћи. Индивидуе су сахрањиване са различитим гробним прилозима, постојала је подела рада – појединци су обављали тешке физичке послове, а други су поштеђени напорног рада. Генетички подаци, фунерарна пракса и одсуство монументалних грађевина сугеришу да друштво у Мокрину није било поглаварство. Све ово указује на трансгалитарно друштво каква су била друштва на прелазу ка рангираним друштвима. Приступ престижним позицијама није једнак, али број тих позиција није сталан и оне су често заслужене, без обзира на порекло. У потпоглављима Генетичка варијабилност и структура популације са Мокрина и Инбридинг, описује се да мали коефицијент инбридинга, равномерна распоређеност генотипова и велики диверзитет хаплогрупа означавају заједницу која није изолована, нити постоје социо-културне баријере у склапању бракова између социјалних група. Популационо-генетичке анализе смештају ову популацију унутар европске генетичке варијабилности, како древне, тако и савремене. Највећа генетичка сличност заједнице из Мокрина уочава се са неолитским узорцима са територије данашње Мађарске, Иберијског полуострва и Украјине, као и са раним културама бакарног доба са простора данашње Украјине, Мађарске, Шпаније и Хрватске. У потпоглављу Фенотипски маркери, описано је да су у моришкој заједници установљени алели за светлу боју коже, при чему је један фиксиран, а други високе учесталости. Овај резултат није неочекиван с обзиром да се повећање учесталости овог алела дешавало у каснијем неолиту. Међу

становницима Мокрина присутан је изведени алел *HERC2* гена за плаве очи. Плаве очи су биле присутне још код мезолитских људи, а насупротив алелу за депигментацију коже, постаје мање заступљен у каснијем неолиту. Овај маркер је био присутан са средњом учесталашћу код Европљана у бронзаном добу, а велике миграције Јамна људи донеле су у Европу алеле за светлу кожу и браон очи. Алели за лактозну толеранцију, тј. варење млека у адултном добу, нису били чести на почетку бронзаног доба у Европи, што уочавамо и у популацији са Мокрина, а то показује да је ова генска варијанта селективно фаворизирана касније него што се првобитно претпостављало.

У поглављу **Закључак** на јасан начин је изнето више закључака који у потпуности произилазе из добијених резултата. У складу са приказаним резултатима на 24 скелетна остатка из популације са Мокрина, изведени су следећи закључци:

1. Биолошки сродници су сахрањивани у непосредној близини што показује да је некропола била организована око породичних веза.

2. Проширене породице нису пронађене чиме се одбацује хипотеза о подељености некрополе на јужни и северни део на основу припадности породичним линијама, тј. клановима.

3. Сахрањивање није било искључиво условљено сродничким, већ и социјалним везама, а чланови заједнице су могли бити сахрањени заједно услед необичних, задесних околности или из практичних, економских разлога.

4. За разлику од других рано-бронзано-допских и касно-неолитских друштава у Европи, у којима су мушкарци вероватно наслеђивали социјални статус, у моришкој заједници је потврђено да синови нису наслеђивали статус од својих мајки, али не постоји довољно података за потврђивање хипотезе да се статус добијао преко очеве. Вероватније је да су мушкарци стицали свој друштвени углед током сопственог живота. Жене су могле наслеђивати статус од мајки или га постићи путем социјалних веза.

5. За разлику од друштава у централној и западној Европи из бронзаног доба, друштво у Мокрину не одликује изражена стратификација. Сличност у сахрањивању богатих и сиромашних сродника, установљена на основу генетичке анализе скелетних остатака и гробних артефаката, као и одсуство монументалних грађевина, указују да разлике у статусима нису биле изражене.

6. Висок диверзитет хаплотипова митохондријског генома и Y хромозома показује



да друштво у Мокрину није било матрилокално, али ни строго патрилокално. Будући да се овакав закључак разликује од налаза из других заједница сличног временског периода, јасно је да су обрасци наслеђивања и социјалне организације друштава варирали и географски и темпорално. Заједничка одлика јесте практиковање женске егзогамије.

7. Генетичке анализе показују да се популација Мокрина уклапа у опсег генетичких варијација у савременим европским популацијама и нема одступања од очекиваних пропорција порекла карактеристичног за бронзано доба.

8. Популација из Мокрина није била изолована од других заједница, на шта указује одсуство инбридинга, анализе порекла и велики диверзитет хаплогрупа.

9. Установљена је фиксација једног алела гена за светлу кожу у популацији Мокрина, док је други алел присутан са високом учесталошћу. Учесталост изведеног алела за плаве очи била је умерена у овој заједници.

10. Ниска учесталост алела за толеранцију на лактозу (свега 4,6%) у заједници са Мокрина слична је неким другим бронзанодопским европским популацијама и нешто старијим популацијама пореклом из степа источне Европе. Брзо увећање учесталости овог алела у последњих 3000 година указује на јак селективни притисак ( $s = 0,06$ ) који је фаворизовао употребу млека у исхрани.

У поглављу **Литература**, наведен је списак од 302 цитираних страних и домаћих научних часописа и књига. Коришћена литература је адекватна, актуелна и довољно широка да покрива све аспекте истраживања. Навођења литературе у самом тексту дисертације су примерена и по садржају и по месту.

## **Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације**

Б1. Радови у часописима међународног значаја

Burger, J., Link, V., Blöcher, J., Schulz, A., Sell, C., Pochon, Z., Diekmann, Y., **Žegarac, A.**, Hofmanová, Z., Winkelbach, L., Reyna – Blanco, C. S., Bieker, V., Orschiedt, J., Brinker, U., Scheu, A., Bollongino, R., Lidke, G., Stefanović, S., Jantzen, D., Kaiser, E., Terberger, T., Thomas, M.G., Veeramah, K.R., Wegmann, D. 2020. Low prevalence of lactase persistence in Bronze Age Europe indicates ongoing strong selection over the last 4.000 years. *Current Biology*, 30, 4307-4315.

**M21a** doi: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2020.08.033>

**Žegarac, A.**, Winkelbach, L., Blöcher, J., Diekmann, Y., Krečković Gavrilović, M., Porčić, M., Stojković, B., Milašinović, L., Schreiber, M., Wegmann, D., Veeramah, K.R., Stefanović, S. and Burger, J., 2021. Ancient genomes provide insights into family structure and the heredity of social status in the early Bronze Age of southeastern Europe. *Scientific Reports*, 11:10072, 1-11.

**M21** doi: [10.1038/s41598-021-89090-x](https://doi.org/10.1038/s41598-021-89090-x)

B2. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја

**Žegarac, A.**, Winkelbach, L., Blöcher, J., Diekmann, Y., Krečković Gavrilović, M., Porčić, M., Stojković, B., Veeramah, Krishna R., Burger, J., Stefanović, S. 2020. Biological kinship and inheritance of social status in the Early Bronze Age: Paleogenetic analysis of the Mokrin necropolis in Serbia. *26<sup>th</sup> EAA Virtual Annual meeting*, (24 – 30.08.2020). **M34**

B3. Конгресна саопштења на скуповима домаћег значаја

**Жегарац, А.**, Кречковић, М. 2019. Древна ДНК анализа индивида сахрањених на ранобронзанодопској некрополи у Мокрину (2100 - 1800. година пре нове ере). *XLII годишњи састанак Српског Археолошког Друштва, Неготин, Србија (30.05. – 01.06.2019)*. **M64**

Кречковић Гавриловић, М., **Жегарац, А.** 2020. Поређење методологија за процењивање сродничких веза на ранобронзанодопској некрополи у Мокрину. *XLIII Скуп Српског археолошког друштва, (14 – 16.10.2020, online конференција)*. **M64**

### **Провера оригиналности докторске дисертације**

На основу извештаја који је добијен анализом докторске дисертације Александре М. Жегарац под насловом „Анализа древне ДНК из узорака некрополе Мокрин (2100 – 1800 п.н.е.): реконструкција биолошког сродства у контексту друштвене структуре бронзанодопске популације” коришћењем програма iThenticate, израчунат је индекс сличности који износи **5%**. Увидом у извештај утврђено је да је процењен степен подударности последица навођења референци и описа делова методолошких протокола.

На основу свега изнетог, а у складу са чланом 8. став 2. Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, изјављујемо да извештај указује на оригиналност докторске дисертације, те се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

## **Мишљење и предлог Комисије**

Докторска дисертација под називом „**Анализа древне ДНК из узорака некрополе Мокрин (2100 – 1800 п.н.е.): реконструкција биолошког сродства у контексту друштвене структуре бронзанодопске популације**“ Александре М. Жегарац, представља иновативни приступ у анализи антрополошких феномена применом најсавременијих молекуларно-биолошких метода. Мултидисциплинарност ове студије омогућила је анализу људског друштва у Мокрину, у Србији, од пре 4000 година, на начин који без молекуларно-генетичког приступа није била могућа, а пружила је прилику да се реконструише структура ове древне заједнице, облик и степен њене социјалне стратификације, као и систем наслеђивања друштвеног статуса. Оригинални научни допринос огледа се у повезивању археолошких артефаката, који су културни показатељи социјалног статуса чланова заједнице, пронађени уз скелете у гробовима, са степеном сродства између анализираних индивидуа. Овај приступ је, кроз објављене радове из дисертације у водећим међународним часописима, признат као најдиректнији начин за решавање питања да ли се социјални статус породично (сроднички) наслеђивао, или кроз другачије социјалне механизме, што је важно питање за разумевање организације људских друштава кроз историју цивилизације. У дисертацији је анализирана и генетичка варијабилност ове древне заједнице, чиме се дошло до закључака о обичајима брачног пребивалишта и контактима са другим популацијама, као и о позицији ове популације у укупној генетичкој варијабилности на европском континенту у бронзаном и савременом добу. Поред тога, истраживањем гена укључених у фенотипска својства – боја коже, боја очију и лактозна толеранција – могли су се извести закључци о карактеристикама које су предмет истраживања еволуционе генетике човека и нутритивних адаптација људи, као што је коришћење млека.

Ова докторска дисертација заснована је на свим адекватним принципима научне методологије. Циљеви су прецизно дефинисани, научни приступ је оригиналан и пажљиво изабран, а употребљени технолошки алати веома савремени. Резултати су прегледно и систематично приказани и дискутовани у светлу резултата великог броја научних публикација, а из њих су изведени одговарајући закључци. Из резултата ове докторске дисертације публикован је један рад категорије M21a и један категорије M21, а резултати су представљени и на једном међународном конгресу и на два домаћа конгреса.

На основу свега наведеног и имајући у виду досадашњи научни рад кандидаткиње, Комисија закључује да су постављени циљеви истраживања испуњени, на основу чега позитивно оцењује докторску дисертацију и има задовољство да предложи Наставно-научном већу Биолошког факултета, Универзитета у Београду, да прихвати позитивну оцену докторске дисертације Александре М. Жегарац и омогући кандидаткињи јавну одбрану рада.

У Београду, 23.05.2023. године

**КОМИСИЈА:**

---

**др Марко Порчић**  
ванредни професор  
Универзитет у Београду – Филозофски факултет

---

**др Душанка Савић-Павићевић**  
редовна професорка  
Универзитет у Београду – Биолошки факултет

---

**др Јелена Јовановић**  
научна сарадница  
Универзитет у Новом Саду – Институт Биосенс

---

**др Софија Павковић-Лучић**  
редовна професорка  
Универзитет у Београду – Биолошки факултет