

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ-ШУМАРСКОГ
ФАКУЛТЕТА

Предмет: Извештај комисије за оцену израђене докторске дисертације маг. инж. Дарка Љубојевића под називом „Планирање развоја мреже шумских путева у мешовитим шумама букве и јеле применом вишекритеријумске анализе“

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
1. Орган који је именовао (изабрао) комисију и датум: Наставно-научно веће Универзитета у Београду – Шумарског факултета, на седници одржаној 29.05.2019. године, одлука бр. 01-2/116. 2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: Др Милорад Даниловић, редовни професор, Искоришћавање шума и ловство са заштитом ловне фауне, 27.10.2016. године, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Др Милорад Јанић, ванредни професор, Геодезија, 01.07.2014. године, Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Др Здравко Трајанов, редовни професор, Искоришћавање шума, Механизација у шумарству и др., 05.11.2018. године, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Шумарски факултет, Скопје, Република Сјеверна Македонија.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
- Име, име једног родитеља, презиме: Дарко, Лука, Љубојевић - Датум и место рођења, општина, држава: 30.09.1981. године, Бихаћ, Република Босна и Херцеговина - Датум одбране, место и назив магистарске тезе/мастер рада: 24.01.2011. године, Београд, Отварање шума у привредној јединици Козара-Мљечаница - Научна област из које је стечено академско звање магистра наука/мастера: Биотехничке науке
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Планирање развоја мреже шумских путева у мешовитим шумама букве и јеле применом вишекритеријумске анализе
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
Навести кратак садржај са назнаком броја страна поглавља, слика шема, графикана и сл.

Докторска дисертација мастер инжењера шумарства Дарка Љубојевића под насловом „Планирање развоја мреже шумских путева у мешовитим шумама букве и јеле применом вишекритеријумске анализе“ написана је на 192 странице подељене у 11 поглавља, садржи 182 литературна извора, 42 слике и 21 табелу.

На почетку дисертације је насловна стране на српском и енглеском језику, страна са информацијама о ментору и члановима комисије, страна са кључном документационом информацијом на српском и енглеском језику, извод са кључним речима на српском и енглеском језику, као и попис слика и табела. Дисертација је написана јасним језиком, ћиричним писмом у складу са Упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Београду. Дисертација је структурисана у логички повезане целине:

1. Увод – 1-3
2. Проблем истраживања – 4-51
3. Преглед досадашњих истраживања – 52-64
4. Циљеви истраживања – 65-65
5. Хипотезе истраживања – 65-65
6. Подручје истраживања – 66-68
7. Метод рада – 69-100
8. Резултати – 101-146
9. Дискусија – 147-156
10. Закључци – 157-159
11. Литература – 160-174

Иза наведених целина се налази биографија кандидата, а затим изјаве о ауторству, истоветности штампане и дигиталне верзије дисертације, те изјава о коришћењу дисертације.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и Извештаја из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Планирање развоја мреже шумских путева у мешовитим шумама букве и јеле применом вишекритеријумске анализе”, аутора MSc Дарка Љубојевића, дана 30.08.2019. године, констатована је количини подударања текста од 3%.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. УВОД

У уводном дијелу кандидат укратко представља елементе шумске путне инфраструктуре, те указује на њихов значај у процесу газдовања шумама. Меру отворености шумских подручја диференцира према врсти шумског пута, те даје осврт на традиционални приступ отварања шума указујући при томе на његове недостатке. Овај се начин планирања спроводио у не тако далекој прошлости, а

заснивао се скоро потпуно на економском критеријуму. Са друге стране, код савременог приступа планирању отварања шума унутар чијих оквира се шуме отварају у складу са захтевима већег броја корисника шумског простора, оптимална отвореност резултанта је већег броја, најчешће супротстављених, фактора. Истовремено се указује и на нивое планирања, са посебним акцентом на тактичко планирање чији су резултат студије отварања шума.

2. ПРОБЛЕМ ИСТРАЖИВАЊА

У складу са дефинисаним насловом докторске дисертације конципиран је и проблем истраживања. У основи поступка отварања шума налази се транспорт дрвета. Специфичност транспорта у шумарству узрокована је применом различитих транспортних средстава, те различитим врстама пута по којима се та средства крећу. Из тог су разлога, на почетку дефинисани међусобни односи појединих елемената транспортног процеса.

Кроз основне индикаторе отворености који се односе на апсолутну и релативну отвореност, средњу удаљеност привлачења дрвета и коефицијент ефикасности, кандидат даје сажети опис примарне и секундарне отворености. Наведена је отвореност шумских подручја шумским путевима у земљама у окружењу, те неким другим европским земљама, а у односу на ове вредности отвореност шума у Републици Српској је 2 до 4 пута мања.

На основу информација из планских докумената, кандидат детаљно описује начин газдовања састојинама букве и јеле, те узгојне технике које су се у прошлости примењивале и оне које се данас предвиђају за примену. Указује на однос између скупинасто-пребирног система газдовања и густине мреже секундарних шумских путева.

Посебно је наглашено планирање у шумарству, након чега кандидат описује вишекритеријумско одлучивање као неизоставни део савремених поступака којима се пружа подршка доносиоцу одлуке у оним случајевима у којима постоји већи број алтернативних решења постављеног проблема.

3. ПРЕГЛЕД ДОСАДАШЊИХ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру овог поглавља наведена су најзначајнија истраживања предметне проблематике. Дат је преглед значајних и актуелних научних радова везаних за планирање отварања шума, примену метода операционих истраживања, вишекритеријумског одлучивања код избора мреже шумских путева и ГИС-а у шумарству.

4. ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

Циљеви истраживања дефинисани су како следи:

- Утврђивање постојеће отворености састојина букве и јеле мрежом примарних и секундарних шумских путева,
- Утврђивање неотворених и слабо отворених подручја и дефинисање нивоа приоритета за отварање шума према изабраним критеријумима,
- Утврђивање оптималне отворености мешовитих шумама букве и јеле примарном и секундарном мрежом шумских путева на основу више критеријума.

5. ХИПОТЕЗЕ ИСТРАЖИВАЊА

На основу утврђених циљева истраживања постављене су следеће радне хипотезе:

1. У газдинској класи високих шума букве и јеле мрежа примарних и секундарних шумских путева није оптимална.
2. У газдинској класи високих шума букве и јеле скупинасто-пребирни систем газдовања нема значајан утицај на отвореност шума примарном мрежом путева.

6. ПОДРУЧЈЕ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживањем су обухваћене високе шуме букве и јеле у привредној јединици Козара-Мљечаница. Ова привредна јединица се налази у оквиру шумскопривредног подручја Козарачког, а њоме газдује шумско газдинство „Приједор“. Козарачко шумскопривредно подручје припада северозападнобосанском и северnobосанском географском подручју. Територијално се привредна јединица Козара-Мљечаница налази на подручју општина Приједор и Козарска Дубица. Обухвата површину од 8849,72 ha, док површина састојина букве и јеле унутар ње износи 2850,80 ha.

7. МЕТОД РАДА

Методом рад кандидат дефинише следеће фазе: I) фаза прикупљања података, II) формирање базе података и израда географског информационог система подручја истраживања, III) анализа постојеће примарне отворености шума на подручју истраживања, IV) анализа постојеће секундарне отворености шума на подручју истраживања, V) полагање варијанти мреже примарних и секундарних шумских путева, VI) вишекритеријумска анализа и избор варијанте мреже шумских путева. Кандидат започиње истраживање фазаом прикупљања података. У циљу утврђивања структуре састојина букве и јеле у Козари-Мљечаници, извршен је премер пречника свих стабала на 5 случајно изабраних кругова полупречника 25 m у свакој састојини.

Мрежа шумских путева или шумска путна инфраструктура се састоји од камионских путева и тракторских путева и влака. Мрежа камионских путева је

снимљена ГПС уређајем током инвентуре шума и део је базе података Јавног предузећа. У оквиру ове базе података, камионски путеви су категорисани на главне, споредне и прилазне, како је то дефинисано Правилником о пројектовању шумских камионских путева (Соколац, 2002). Мрежа тракторских путева снима се ГПС уређајем у оквиру припреме одељења за сечу и део су годишњих планова.

Од ових података формиран је географски информациони систем (ГИС) истраживаног подручја, а састоји се од просторних података представљених растерским или векторским ентитетима. На основу базе података урађени су дигитални елевациони модел истраживаног подручја, карта нагиба терена, хидролошка карта, карта привредне јединице са поделом на одељења и одсеке (састојине). Формирана база података представља основу за извођење свих будућих анализа.

Стање мреже шумских путева у састојинама букве и јеле анализирано је на основу апсолутне и релативне отворености шума, просечне транспортне дистанце и јединичних трошкова привлачења. Апсолутна отвореност представља вредност који се добија из односа дужине свих шумских путева и површине на којој се ти путеви налазе. Како овај податак не говори много о положају појединих шумских путева, користи се заједно са транспортном дистанцом. Релативна отвореност представља проценат површине отворене путевима за вредност двоструке циљане транспортне дистанце (удаљености привлачења). За циљану средњу транспортну дистанцу узета она вредност при којој се остварује пројектовани трошак привлачења од $6,95 \text{ €/m}^3$.

Након анализе постојеће мреже шумских путева дефинисана су подручја према приоритету за отварање. Приоритет представља резултату више изабраних фактора којима смањују високи јединични трошкови узроковани великом транспортном дистанцом. Фактори који су послужили за избор приоритета су: попречни нагиб терена, удаљености од постојеће мреже камионских путева, просечни јединични трошак привлачења, стварна просечна транспортна дистанца, прираста сечива запремина по јединици површине и др. За оцену фактора коришћена је једна следећих функција fuzzy припадности: FuzzySmall, FuzzyLarge и FuzzyLinear, након чега је на примењена функција тежинског преклапања. Карта приоритета подијелена је у 3 категорије, а класе приоритета су одређене Јенксовим алгоритмом природних граница.

Овако дефинисана подручја представљају основу за полагање варијанти мреже примарних и секундарних шумских путева. Састојине су отваране према дефинисаним нивоима приоритета. Формиране су 3 варијанте примарне и 2 варијанте секундарне мреже путева, а појединачне идејне трасе положене су Дијкстриним алгоритмом најкраћег пута. Наведене су варијанте примарне и секундарне мреже стављене у међусобне комбинације, тако да је на крају

процењивано укупно 6 алтернатива мреже шумских путева. Избор између алтернатива вршен је на основу 4 следећа критеријума:

1. Трошкови изградње и одржавања мреже примарних и секундарних шумских путева унутар сваке алтернативе – K_1 (тип $\min\downarrow$) (€).
2. Јединични трошкови привлачења дрвних сотимената који се остварују за сваку алтернативу мреже примарних и секундарних шумских путева – K_2 (тип $\min\downarrow$) (€).
3. Покривеност површине мрежом примарних и секундарних шумских путева за сваку алтернативу мреже примарних и секундарних шумских путева – K_3 (тип $\max\uparrow$) (%).
4. Величина непродуктивне површине, односно површине које се изузима из производње за сваку алтернативу мреже примарних и секундарних шумских путева – K_4 (тип $\min\downarrow$) (ha).

Како сви коришћени критеријуми немају исту важност у вишекритеријумској анализи, за одређивање тежина критеријума коришћена је Shannonova метода ентропије. Ова метода припада групи метода за објективно оцјењивање тежина критеријума. Добијене вредности тежинских коефицијената критеријума су коришћене за вредновање и рангирање алтернатива TOPSIS методом имплементираном у MS Excelовој апликацији под називом SANNA.

8. РЕЗУЛТАТИ

У овом су поглављу систематски приказани добијени резултати извршених анализа, коришћењем текста, слика и табела. На основу премера пречника 12.237 стабала утврђено је да дебљинска структура састојина букве и јеле не одговара пребирним шумама. У овом случају, расподела стабала по дебљинским степенима се карактерише најмањим бројем стабала у најтањем дебљинском степену и појави две старосне групе стабала.

Постојећа мрежа примарних шумских путева у састојинама букве и јеле има дужину од 48,21 km, а отвореност ових састојина износи $13,28 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$. Просечна густина секундарне мреже тракторских путева износи $100,56 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$, а у појединим састојинама се налази у интервалу од 37 до $213 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Просечна транспортна дистанца за све састојине букве и јеле износи 614 m. За ову удаљеност привлачења, добијени су просечни јединични трошкови привлачења и за око 30% су већи од пројектованих и износе $9,82 \text{ €/m}^3$.

У односу на изабране факторе, у састојинама букве и јеле дефинисана су 3 нивоа приоритета за отварање. Подручја која не треба даље отворати обухватају 29% од укупне површине састојина букве и јеле. Подручја са slabим приоритетом обухватају 44%, док преосталих 27% површине подручја спада у ниво јаког приоритета. У случају мреже примарних шумских путева формиране су 3

варијанте. У првој варијанти дужина путева износи 63,33 km, а отвореност се налази на нивоу од 17,23 m·ha⁻¹. У другој и трећој варијанти дужина мреже путева износи 79,24 km и 88,09 km, док је отвореност 21,98 m·ha⁻¹ и 25,09 m·ha⁻¹. Секундарна мрежа путева је формирана у две варијанте прилагођене средњој удаљености привлачења витлом од 20 и 40 m. У првој варијанти секундарна отвореност износи 140 m·ha⁻¹, а у другој 127 m·ha⁻¹.

Ове варијанте у међусобним комбинацијама формирају 6 алтернатива мреже шумских путева, вреднованих ТОПСИС методом вишекритеријумске анализе. Као критеријуми процене коришћени су трошкови изградње и одржавања примарне и секундарне шумске путне инфраструктуре, трошкови привлачења дрвних сортимената трактором за сваку алтернативу мреже примарних и секундарних шумских путева, ниво отворености шумског простора шумском путном инфраструктуром и величина непродуктивних површина.

Тежински коефицијенти критеријума добијени су Shannonovom методом ентропије, и износе за наведене критеријуме 0.5398, 0.1319, 0.2581 и 0,070.

Примјеном ТОПСИС методе, најближа оптималном решењу је алтернатива 2, те је стога она и најбоље рангирана. Приближно оптимуму је и алтернатива 1 која је рангирана на другом месту. Обе ове алтернативе се састоје од варијанте I мреже примарних шумских путева у комбинацији са варијантом II (алтернатива 1) и варијантом I (алтернатива 2) мреже секундарних шумских путева. Алтернативе које се састоје од варијанте II мреже примарних шумских путева заузимају ранг 3 (алтернатива 4) и 4 (алтернатива 3). Најлошије рангирана је алтернативе 6 и 5, а те алтернативе чини варијанта III мреже примарних шумских путева.

9. ДИСКУСИЈА

У овом поглављу кандидат дискутује о добијеним резултатима, коментарише их и пореди са ранијим истраживањима у сличним рељефним подручјима и првенствено земљама у окружењу. На основу добијених резултата, кандидат у одређеним случајевима уочава недостатке те на овом основу прихвата или одбацује постављене хипотезе.

10. ЗАКЉУЧЦИ

У овом поглављу кандидат јасно наводи најзначајније закључке до којих је дошао у токуведеног истраживања о отворености састојина букве и јеле у Козари-Мљечаници, истовремено указујући на најважније проблеме и дајући предлоге за њихово решавање. Закључци су таксативно наведени.

11. ЛИТЕРАТУРА

У овом поглављу наведена су 182 домаћа и страна литературна извора која се

односе на актуелне научне радове везане за разматрану проблематику, што се у првом реду односи отварање шума, шумске путеве, савремене методе планирања и географски информациони систем.

VI ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу спроведених истраживања изведени су следећи закључци:

- Структуру састојина које су биле предмет истраживања не карактерише опадајућа расподела броја стабала карактеристична за пребирне шуме. Због овог се са великом сигурношћу можемо тврдити да се не делу површине не обављају скупинасто-пребирне сече.
- Анализом постојеће примарне мреже шумских путева утврђено је да је постојећа отвореност мања од потребне. При постојећој отворености од $13,28 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$ није могуће интензивно газдовати шумама. Истовремено ова отвореност шума је неколико пута мања од отворености шума у суседним земљама. Средња транспортна дистанца при постојећој густини мреже шумских путева је за око три пута већа од циљане.
- Да би се остварили пројектовани јединични трошкови привлачења дрвних сортимената од $6,95 \text{ €/m}^3$ постојећу мрежу шумских путева је потребно погустити за 100%.
- С обзиром на постојећу густину мреже шумских путева, те величину и распоред неотворених подручја, у будућности је потребно повећати учешће прилазних шумских путева. Изградња ових путева је за око 50% мања у односу на категорију главних шумских путева па би се у краћем времену остварила оптимална густина мреже путева.
- Мрежу секундарних шумских путева у будућности треба планирати у односу на максималну дужину ужета на витлу. Постојећа мрежа тракторских путева прилагођена је дужини ужета на витлу од око 60 m и то је максимална транспортна дистанца.
- Апсолутна отвореност шума секундарном мрежом путва са просечном вредношћу од $100,56 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$ је у односу на смернице поједних аутора за 1,5 до 2 пута мања од потребне, а релативна отворености секундарном мрежом путева је у 38 од укупно 59 састојина испод нивоа од 80%, те спада у категорију једва добре, слабе или недовољне отворености. Површина која је отворена тракторским путевима стављена је у однос са целом површином састојине или одељења због чега је релативна отвореност у већини случајева неповољна. У

реалности је површина састојине на којој се граде тракторске влаке мања од укупне површине и планирана мрежа је прилагођена просторном распореду означених стабала.

- Постојећа категоризација услова рада која се примењује за установљавање норми рада и трошкова прилачења дрвних сортимената није одговарајућа. У појединим случајевима, дефинисане вриједности интервала не изражавају добро утицај фактора на категорију услова рада. Нарочито је такав случај са фактором надморске висине и просечног нагиба терена. Због тога је постојећу категоризацију потребно модификовати, а дефинисане интервале прилагодити мањим и хомогенијим подручјима.
- Помоћу вишекритеријумског модела за оцену нивоа приоритета могу се дефинисати критеријуми у односу на намену шуме, интензитет коришћења, те постављена технолошка ограничења.
- Плаирање шумске путне инфраструктуре савременим алгоритмима какав је Дијкстрин алгоритам имплементиран у ArcGIS-ове алате мрежне анализе је свеобухватније, али истовремено знатно брже. С обзиром да овај поступак омогућује оцену алтернатива на основу међусобно супротстављених и разнородних критеријума какви су економски, еколошки или социјални, њега је у будућности потребно прихватити као стандардни поступак.
- При избору између алтернатива увијек је неповољнија она која садржи варијанту I мреже секундарних шумских путева. Овакав однос је резултат утицаја алтернатива са варијантом I у случају свих критеријума осим критеријума K2.
- Добијени резултат указује да са повећањем густине мреже примарних шумских путева у неком шумском подручју треба ићи до одређене мере.
- Променом броја критеријума, долази се до промене у поретку алтернатива. Због тога за свако шумско подручје, а посебно за привредну јединицу, важан је правилан избор критеријума, а затим и њихов међусобни однос у систему оцене понуђених решења.

VII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Кандидат је на прегледан и јасан начин, користећи табеле и слике приказао најважније резултате до којих је дошао у току истраживања. Закључци који представљају оригинални научни допринос ове докторске дисертације су јасно истакнути. Имајући у виду одабрани предмет истраживања, као и постављене

циљеве и хипотезе од којих се у истраживању пошло, Комисија сматра да је кандидат резултате базирао на добро утемељеној теоријској основи, до њих је дошао квалитетном применом одговарајућих метода, доказујући дефинисане хипотезе и успешно реализујући постављене циљеве истраживања. Комисија констатује да су резултати истраживања јасно и прегледно изложени, методолошки исправно анализирани и тумачени.

VIII КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

На основу изнетог, Комисија констатује да су истраживања методолошки и по обиму обављена у складу са образложењем наведеним у пријави теме за коју је одлуком 61206-2825/2-16 од 15. 06. 2016. године 61206-2825/2-16 од 15. 06. 2016. године Веће научних области биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност.

Дисертација садржи све битне елементе: насловну страну на српском и енглеском језику, информације о ментору и члановима комисије, изјаву захвалности, кључне документационе информације на српском и енглеском језику, резиме на српском и енглеском језику, садржај, листу скраћеница, списак тебела, графикона, слика, карата и шема, текст рада по поглављима, литературу, биографију и библиографију аутора, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

Докторска дисертација Дарка Љубојевића, мастер инжењера шумарства под насловом: „**Планирање развоја мреже шумских путева у мешовитим шумама букве и јеле применом вишекритеријумске анализе**” представља оригиналан допринос науци. Изабрана тема, постављени циљеви, примењена методологија и добијени резултати, представљају значајан допринос унапређењу постојеће мреже шумских путева, а изведени закључци јасно указују на предности примене савремених метода у планирању отварања шума.

Имајући у виду да се као услов за одбрану докторске дисертације поставља објављен рад у часопису међународног значаја, Комисија констатује да је кандидат овај услов испунио. Кандидат је до сада као аутор и коаутор објавио 8 научних радова од којих је 1 индексиран у часопису са SCI листе.

IX ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене докторске дисертације Дарка Љубојевића, мастер инжењера шумарства и сачињеног извештаја, Комисија констатује да је докторска дисертација написана у складу са свим стандардима у научно-истраживачком раду и испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом

Универзитета у Београду – Шумарског факултета.

Истраживања у оквиру докторске дисертације су по структури, методологији и обиму обављена у складу са пријављеном темом за коју је Веће научних области биотехничких наука Универзитета у Београду дало сагласност одлуком 61206-2825/2-16 од 15.06.2016. године.

Сходно претходним констатацијама, Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду–Шумарског факултета, да дисертацију мастер инжењера шумарства Дарка Љубојевића стави на увид јавности, да прихвати Извештај о оцени израђене докторске дисертације и упути га Већу научних области биотехничких наука Универзитета у Београду на коначно усвајање, као и да се кандидат мастер инжењер шумарства Дарко Љубојевић, након завршене процедуре, позове на јавну одбрану.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Милорад Даниловић, редовни професор
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Др Милорад Јанић, ванредни професор
Универзитета у Београду – Шумарског факултета

Др Здравко Трајанов, редовни професор
Универзитета „Св. Кирил и Методиј“ –
Шумарског факултета