

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ МРЕЖНЕ АНАЛИЗЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ НАЈКРАЋЕГ ПУТА И ВРЕМЕНА ПРЕВОЗА ДРВЕТА КАМИОНИМА – СТУДИЈА СЛУЧАЈА МАЈДАНПЕЧКА ДОМЕНЕ

ДУШАН СТОЈНИЋ¹
МИЛОРАД ДАНИЛОВИЋ¹
МИЛОРАД ЗЛАТАНОВИЋ²

Извод: Превоз дрвних сортимената започиње на привременом стоваришту на шумском путу, а завршава се у центрима прераде или потрошње дрвних сортимената. У највећем броју случајева превоз дрвета обавља се камионима. Трошкови превоза дрвета значајно учествују у укупним трошковима дрвопрерађивачке индустрије, а правилним планирањем превоза и избором погодних путања могуће је обезбедити значајне уштеде горива и смањити трошкове транспорта. У раду је представљена могућност примене мрежне анализе помоћу екстензије *Network Analyst* у оквиру софтвера *ESRI ArcGIS* при одређивању најкраћих путања и времена превоза дрвних сортимената од привремених стоваришта на шумском путу до централног стоваришта. Истраживање је обављено у наставној бази Шумарског факултета „Мајданпечка домена“ у којој је густина мреже путева 37,47 m/ha. Анализом је утврђено да је просеча дистанца превоза 6,38 km, а просечно време превоза 26:04 минута.

Кључне речи: шумски путеви, мрежна анализа, превоз дрвета, најкраћа путања, време превоза

APPLICABILITY OF NETWORK ANALYSIS IN DETERMINING THE SHORTEST PATH AND TIMBER HAULAGE TIME – CASE STUDY “MAJDANPEČKA DOMENA”

Abstract: Timber haulage begins at a forest roadside landing and ends in centers of wood processing or wood assortment consumption. In most cases, timber haulage is performed by truck. The costs of wood transportation constitute a significant share in the total costs of wood processing industry. Proper planning of transportation and selection of suitable paths can provide significant fuel savings and reduce transportation costs. This paper presents applicability of network analysis using Network Analyst extension in ESRI ArcGIS software to determine the shortest path and time of wood assortment transport from a forest roadside landing to the central landing. The research was conducted at the Faculty of Forestry teaching base “Majdanpečka domena” with a road network density of 37.47 m/ha. The analysis shows an average transportation distance of 6.38 km and an average timber haulage time of 26:04 minutes.

Keywords: forest roads, network analysis, timber haulage, shortest path, transportation time

1. УВОД

Превоз дрвета, који се често назива и другом фазом транспорта, подразумева транспорт дрвних сортимената мрежом шумских и јавних путева од

- 1 Душан Стојнић, мастер инжењер шумарства, асистент; др Милорад Даниловић, ред. проф.; Универзитет у Београду - Шумарски факултет
- 2 др Милорад Златановић, ред. проф.; Универзитет у Нишу - Грађевинско-архитектонски факултет

привременог стоваришта на шумском путу до места прераде, продаје или потрошње, и у највећем броју случајева обавља се камионима. Када говоримо о превозу дрвета, најчешће мислимо на једносмерни превоз, јер је веома тешко, чак немогуће, искористити возило за превоз дрвета у повратку (Klvač, R. *et al.*, 2013). Камиони за превоз дрвета су специјално конструисани и њихова употреба у друге сврхе врло је ограничена. С обзиром на своје карактеристике, а пре свега на цикличност рада, велико учешће празне вожње, високу набавну цену возила, превоз мале количине јефтине робе, као и високу цену и велику потрошњу горива, превоз дрвета камионима одликују и изузетно велики трошкови (Zorić, M., 2015). Трошкови превоза дрвета значајно учествују у укупним трошковима дрвопрерађивачке индустрије, а самим тим имају и велики утицај на целокупну конкурентност сектора. Као један од циљева за повећање ефикасности превоза дрвета, британски *Форум за транспорт дрвета* између осталог истиче да је неопходно развити систем логистичке контроле и сарадњу са локалним властима ради усмеравања транспорта на најпогодније путеве (Timber Transport Forum, 2012).

Правилним планирањем превоза и уважавањем принципа добре праксе могуће је обезбедити значајне уштеде горива и створити финансијску корист. Принципи добре праксе огледају се пре свега у избору најбоље путање у погледу транспортне дистанце, времена превоза, стања путне мреже и безбедности саобраћаја, планирању путање уз смањење празне вожње, као и сарадњу са представницима предузећа за газдовање шумама ради смањења преклапања транспортних операција и других операција које могу утицати на проходност шумских путева и ометати транспорт дрвета.

За одређивање најкраћег пута између два места данас се користе различите апликације и *web* сервиси који су корисницима доступни преко рачунара, мобилних телефона и GPS уређаја. Доступне мапе најчешће садрже само мрежу јавних путева, па се оне не могу користити приликом планирања превоза дрвета по шумским путевима.

У раду је представљена могућност примене мрежне анализе помоћу екстензије *Network Analyst* у оквиру софтвера *ESRI ArcGIS* приликом одређивања најкраћих путања и времена превоза дрвених сортимената од привремених стоваришта на шумском путу до централног стоваришта, тј. до места прераде. Истраживање је обављено на подручју наставне базе Шумарског факултета Универзитета у Београду „Мајданпечка домена“, код Мајданпека.

Наставна база обухвата шуме у сливу Црне реке, па газдинска јединица носи истоимени назив. Површина ГЈ „Црна река“ износи 2.073,41 ha, од чега је 1.960,27 ha под шумама.

Ток Црне реке протеже се средином газдинске јединице, а у непосредној близини села Дебели Луг улива се у реку Пек. Скоро читаву дужину Црне реке у газдинској јединици, у дужини од 7,96 km, прати државни пут ПА реда (бр. 164) Доњи Милановац – Мајданпек – Дебели Луг – Јасиково – Жагубица. Од асфалтног пута на обе стране одвајају се шумски путеви различитих категорија, који отварају ову газдинску јединицу. Укупна дужина путева у га-

здинској јединици износи 57,66 km. Кроз газдинску јединицу пролази 53,02 km, а њеном границом 4,64 km шумских путева. У погледу квалитативног стања, дужина шумских путева са туцаничким коловозом је свега 14,15 km, а 35,55 km су шумски путеви са земљаним коловозом. Узимајући у обзир асфалтни пут и све шумске путеве чији конструктивни елементи омогућују кретање камиона са приколицом, без обзира на тип коловозне конструкције, густина мреже путева у ГЈ „Црна река“ износи 37,47 m/ha.

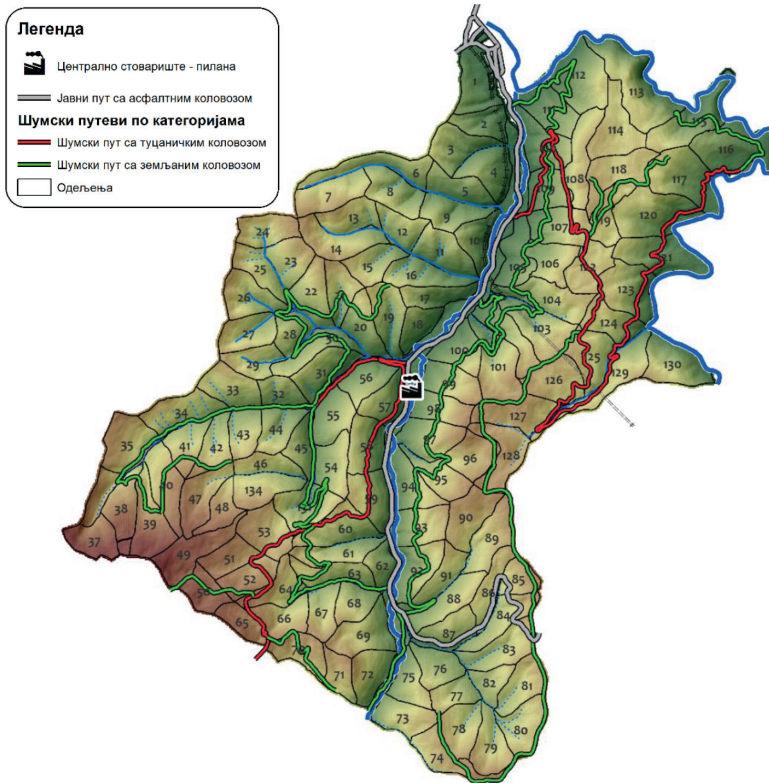
У централном делу газдинске јединице налази се погон за примарну прераду дрвета, који је уједно и централно стовариште, јер скоро сва дрвна маса након сече и извлачења на привремена стоваришта камионима се превози на централно стовариште.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

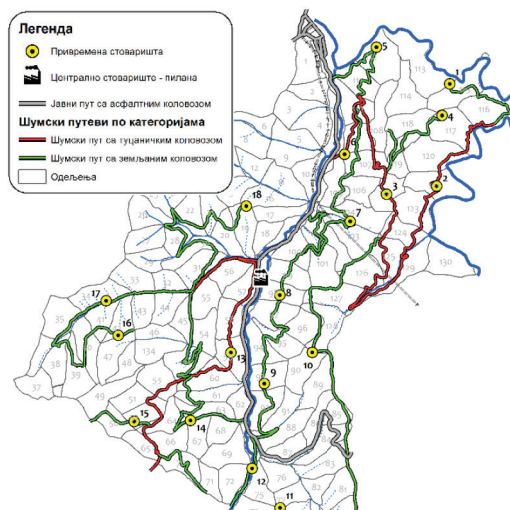
Са аспекта ГИС-а, мрежа је скуп међусобно повезаних елемената мреже преко којих људи, роба, средства или информације могу да теку. Мрежу путева чине сегменти (везе) одвојени са два чвора који могу да представљају раскрснице или петље путне мреже. *ArcGIS Network Analyst* представља екстензију која омогућује спровођење анализа базираних на мрежама за решавање комплексних проблема рутирања. Екстензија је нашла широку примену у одређивању најкраћих или најбржих путања, дистанци и времена транспорта, затим у одређивању подручја на коме је исплативо вршити доставу или пружати услуге, одређивању најближих установа и др.

У овом раду екстензија *Network Analyst* коришћена је за одређивање најкраће путање и времена камионског превоза дрвних сортимената од привремених стоваришта до централног стоваришта, тј. до пилане. Основ за спровођење ових анализа је уређен катастар путева на подручју газдинске јединице, па су тако путеви подељени на (слика 1): 1. јавне путеве са асфалтним коловозом, 2. шумске путеве са туцаничким коловозом и 3. шумске путеве са земљаним коловозом. Поред тога, анализирајући мрежу шумских путева уочено је да на појединим путним правцима постоје ограничавајуће околности због којих је онемогућено кретање камиона. Ограничавајуће околности углавном су биле у виду изражених оштећења коловозне конструкције насталих услед изливања и промене тока потока, забарених депресија на земљаним путевима, непостојање уређеног прелаза шумског пута преко реке и слично. Санирање ових оштећења, као и изградња прелаза преко реке, захтевају значајна средства, а радове није могуће извести у кратком временском периоду.

Позиције привремених стоваришта одређене су обиласком шумских путева приликом израде катастра. Координате привремених стоваришта одређене су GPS уређајем, а њихове локације најчешће су биле на местима укрштања тракторских путева или влака са шумским путевима. Издвојено је 18 привремених стоваришта (жуте тачке на слици 2).



Слика1. Карта ГЈ “Црна река” са мрежом путева
 Figure 1 A map of MU “Crna reka” with the road network



Слика 2. Локације привремених стоваришта
 Figure 2 Locations of roadside landings

Приликом одређивања времена превоза од привremenих стоваришта до пилане, усвојене су просечне брзине кретања камиона за сваку категорију пута. При усвајању просечних брзина у обзир је узета чињеница да су шумски путеви претежно падинског типа, са израженим уздужним нагибима, понекад и преко 10%. Иако јавни асфалтни пут припада државном путу ПА реда, у питању је пут чија ширина коловоза варира између 4,50 и 5,50 m, па се на овом путу из безбедносних разлога не постижу веће брзине. На крају, у обзир је узета чињеница да се превоз одвија најчешће на кратким дистанцама, што свакако утиче на смањење просечне брзине кретања камиона. Ову чињеницу установили су и Nurminen, T. *et al.* (2007) који наводе да се просечна брзина кретања повећава са повећањем даљине превоза без обзира на категорију путева.

Као просечне брзине кретања камиона усвојене су следеће брзине:

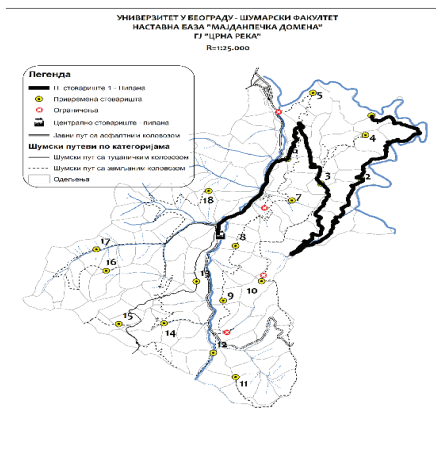
1. на асфалтном путу – 35 km/h,
2. на шумском путу са туцаничким коловозом – 15 km/h, и
3. на шумском путу са земљаним коловозом – 10 km/h.

Време превоза рачунато је по обрасцу:

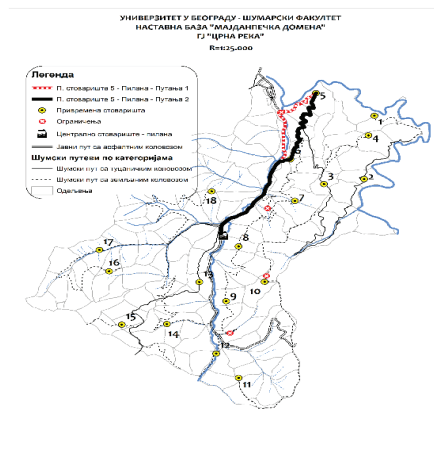
$$T = \frac{L}{v} \cdot 60 \text{ [min]} \quad (1)$$

где је: T – време превоза [min], L – дужина пута [km], v – просечна брзина кретања камиона [km/h].

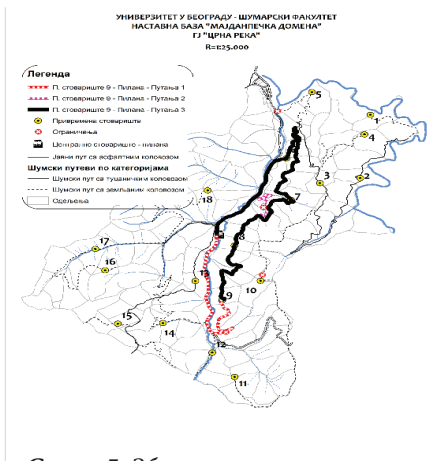
Времена превоза [T] изражена су у децималном облику, а прерачунавање у облик *hh:mm:ss[t]* извршено је у програму *Microsoft Excel*.



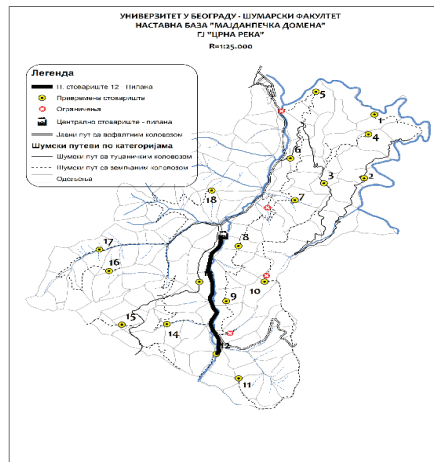
Слика 3. Најкраћа путања од привременог стоваришта 1 до пилане
Figure 3 The shortest route from landing 1 to the sawmill



Слика 4. Најкраћа (испрекидана линија) и физички проходна (пуна линија) путања од привременог стоваришта 5 до пилане
Figure 4 The shortest (interrupted line) and physically passable (full line) route from landing 5 to the sawmill



Слика 5. Због лошег стања путева даљина превоза се значајно повећава
Figure 5. Due to the poor state of the forest roads transport distance significantly increases



Слика 6. Превоз који се највећим делом одвија по асфалтном путу
Figure 6 Transport which mainly occurs by asphalt road

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

Применом екстензије *Network Analyst* одређене су најкраће путање од сваког привременог стоваришта до централног стоваришта, тј. до пилане, а затим је одређено време превоза.

На непроходним деловима шумских путева постављена су ограничења (*Restriction*) у виду тачака. Приликом одређивања најкраће путање превоза, путеви са ограничењима су аутоматски били изузимани из анализа, па је тражено следеће најбоље решење. Ограничења су постављена на 4 места, а утицала су на повећање даљине превоза у шест случајева.

Као што је у методу рада наведено, при одређивању времена превоза усвојене су просечне брзине кретања камиона од 35 km/h за кретање по асфалтном путу, 15 km/h по шумском путу са туцаничким коловозом и 10 km/h по шумском путу са земљаним коловозом. На основу ових брзина и дужина сваке категорије пута којом камион пролази приликом превоза дрвета од привременог до централног стоваришта, израчуната су времена превоза.

У табели 1 дат је приказ дистанци превоза и потребног времена по категоријама путева и укупно за сваку путању.

У табели 1, сивом бојом означене су путање које су краће од изабране путање превоза, али су непроходне за кретање камиона. Ове путање нису узете у обзир приликом рачунања просечних вредности за целу газдинску јединицу.

Табела 1. Дистанце и времена превоза од привремених стоваришта до централног стоваришта
Table 1. Distances and travel times from landings to the central landing

Ред. бр.	Путања	Асфалтни пут		Шумски пут са туцаничким кол.		Шумски пут са земљаним кол.		Укупно	
		L [km]	t [min]	L [km]	t [min]	L [km]	t [min]	L [km]	t [min]
1.	ПС 1 – Пилана	1,97	03:23	8,96	35:50	1,43	08:35	12,36	47:48
2.	ПС2 – Пилана	1,97	03:23	7,36	29:26	-	-	9,33	32:49
3.	ПС3 – Пилана	1,97	03:23	2,80	11:12	-	-	4,77	14:35
4.	ПС4 – Пилана	1,97	03:23	2,46	09:50	1,31	07:52	5,74	21:05
5.1.	ПС5 – Пилана*	1,97	03:23	-	-	2,00	12:00	3,97	15:23
5.2.	ПС5 – Пилана	1,97	03:23	1,09	04:22	1,04	06:14	4,10	13:59
6.	ПС6 – Пилана	1,97	03:23	0,18	00:43	-	-	2,15	04:06
7.1.	ПС7 – Пилана*	1,15	01:58	-	-	2,53	15:11	3,68	17:09
7.2.	ПС7 – Пилана	1,97	03:23	0,93	03:43	2,03	12:11	4,93	19:17
8.1.	ПС8 – Пилана*	1,15	01:58	-	-	1,95	11:42	3,10	13:40
8.2.	ПС8 – Пилана*	2,25	03:51	-	-	3,17	19:01	5,42	22:53
8.3.	ПС 8 – Пилана	1,97	03:23	0,93	03:43	4,01	24:04	6,91	31:09
9.1.	ПС 9 – Пилана*	2,25	03:51	-	-	1,37	08:13	3,62	12:05
9.2.	ПС 9 – Пилана*	1,15	01:58	-	-	3,75	22:30	4,90	24:28
9.3.	ПС 9 – Пилана	1,97	03:23	0,93	03:43	5,81	34:52	8,71	41:57
10	ПС 10 – Пилана	4,52	07:45	-	-	1,47	08:49	5,99	16:34
11	ПС 11 – Пилана	4,52	07:45	-	-	2,54	15:14	7,06	22:59
12	ПС 12 – Пилана	2,18	03:44	-	-	0,48	02:53	2,66	06:37
13	ПС 13 – Пилана	0,21	00:22	1,80	07:12	-	-	2,01	07:34
14	ПС 14 – Пилана	1,96	03:22	-	-	0,76	04:34	2,72	07:55
15	ПС 15 – Пилана	0,21	00:22	2,57	10:17	1,46	08:46	4,24	19:24
16	ПС 16 – Пилана	0,21	00:22	1,05	04:12	3,94	23:38	5,20	28:12
17	ПС 17 – Пилана	0,21	00:22	1,05	04:12	1,16	06:58	2,42	11:31
18	ПС 18 – Пилана	0,21	00:22	1,05	04:12	3,81	22:52	5,07	27:25
ПРОСЕЧНО ЗА ПРОХОДНЕ ПУТЕВЕ		1,78	03:12	2,37	09:28	2,23	13:24	6,38	26:04

* путевни који су изузети из анализе због постојања ограничавајућих фактора за кретање камиона

Због високих трошкова превоза дрвних сортимената, у свету постоји велико интересовање у проналажењу начина за остварење уштеда у камионском превозу (Mugphy, G., 2003). Уштеде у превозу могуће је остварити још у фази планирања превоза (Audy, J-F. *et al.*, 2012). Превоз дрвних сортимената представља комплексан инжењерски подухват који захтева оцену многих алтернативних путања. Ова чињеница упућује на неопходност коришћења одговарајућих софтвера у планирању транспорта шумских производа и систематско претраживање најпогоднијих путања (Akaу, A. *et al.*, 2014).

Сходно томе, у раду је представљена могућност примене ГИС софтвера, односно софтвера *ESRI ArcGIS* и екстензије *Network Analyst* у проналажењу најкраће путање и одређивању времена превоза дрвета од 18 привремених до централног стоваришта на подручју ГЈ „Црна река“. Анализом мреже путева утврђено је да укупна дужина свих путева у ГЈ „Црна река“ износи 57,66

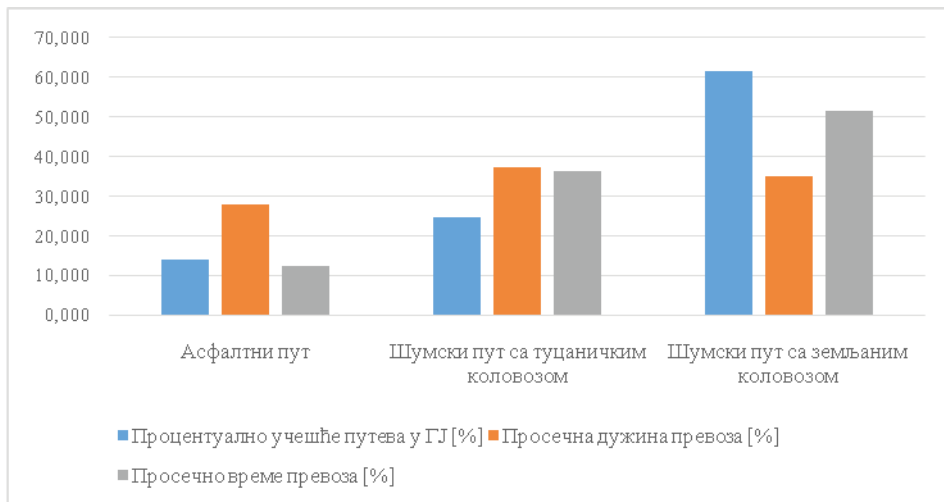
km, од чега 7,96 km чини асфалтни пут – државни пут ПА реда, 14,15 km чине шумски путеви са туцаничким коловозом и 35,55 km чине шумски путеви са земљаним коловозом. Истраживањима је утврђено да просечна дистанца превоза дрвних сортимената у газдинској јединици износи 6,38 km, при чему најкраћа дистанца износи 2,01 km, а најдужа 12,36 km (табела 1). С обзиром на чињеницу да се централно стовариште налази покрај асфалтног пута, кретање камиона овим путем неизбежно је у свих 18 случајева. Дистанце превоза по асфалтном путу крећу се у интервалу од 0,21 до 4,52 km, а просечна дистанца превоза овом категоријом путева је 1,78 km. У 10 случајева превоз се обавља по путевима свих категорија, док у четири случаја превоз се обавља само асфалтним и шумским путевима са туцаничким коловозом, а исто толико и асфалтним и шумским путевима са земљаним коловозом. Просечна дистанца превоза шумским путевима са туцаничким коловозом износи 2,37 km, а по шумским путевима са земљаним коловозом 2,23 km.

Иако је утврђено да у газдинској јединици има свега 14,15 km шумских путева са туцаничким коловозом, односно да такви путеви чине мање од 25% укупне дужине свих путева, 37% укупног превоза обавља се овим путевима. Поред тога, 35% превоза обавља се шумским путевима са земљаним коловозом, а 28% путевима са асфалтним коловозом.

И поред чињенице да брзина превоза зависи од бројних фактора као што су искуство возача, техничке карактеристике камиона, оптерећеност камиона, стање пута, временски услови и сл. (Dahal, P. *et al.*, 2004), у овим истраживањима узете су константне брзине превоза у зависности од категорије пута. Просечне брзине усвојене су на бази истраживања других аутора, али и оцене стања мреже шумских путева у газдинској јединици. Тако нпр. Nurminen, T. *et al.* (2007) су утврдили да је просечна брзина кретања камиона на шумским путевима у Финској 11 km/h, док Mousavi, R. *et al.* (2013) истичу да је просечна брзина кретања камиона на асфалтним путевима у брдском региону Ирана износила 30,07 km/h, а на шумским путевима 22,49 km/h. На основу снимања времена превоза дрвета за седам типова камиона, преко 2.000 превезених тура и пређених преко 100.000 km, Holzleitner, F. *et al.* (2011) наводе да је просечна брзина кретања камиона на шумским путевима у Аустрији износила 13,5 km/h. Век, S. *et al.* (2013) установили су да је просечна брзина кретања камиона са полуприколицом за дрвну сечку на шумским путевима у Орегону (САД) 16,1 km/h, док Zamora-Cristales, R. *et al.* (2015), на основу спроведених истраживања у сличним условима рада, истичу да је просечна брзина 24,5 km/h. Анализирајући 152 транспортна циклуса у Ирској, Sosa, A. *et al.* (2015) наводе да је просечна брзина кретања камиона на шумским путевима износила 15 km/h, а на јавним путевима различите категорије између 35 km/h и 83 km/h.

Просечно време превоза, одређено на основу времена превоза од 18 привремених до централног стоваришта, износи 26:04 минута, а варира од 06:37 до чак 47:48 минута. Најмање времена утроши се током вожње по асфалтном путу (просечно 03:12 минута), затим по шумским путевима са туцанич-

ким коловозом (просечно 09:28 минута), а највише по шумским путевима са земљаним коловозом (просечно 13:24 минута).



Графикон 1. Процентуално учешће путева по категоријама, просечној дужини и просечном врмену превоза у зависности од категорије пута

Graph 1 The percentage share of roads by category, average length and average haulage time depending on road category

На графикону 1. представљено је процентуално учешће путева по категоријама у укупној дужини путева у газдинској јединици (плави стубови), затим просечно процентуално учешће превоза по различитим категоријама путева (наранџасти стубови) и просечно процентуално учешће времена превоза по категоријама путева (сиви стубови).

4. ЗАКЉУЧЦИ

Планирање у шумарству данас је незамисливо без примене ГИС-а. У погледу транспорта дрвних сортимената, ГИС се може користити у управљању подацима о путној мрежи и решавању неких од проблема планирања превоза дрвета као што је планирање путања кретања (Silva, F. et al., 2016). Модули за мрежне анализе базирани на ГИС софтверу, као што је *Network Analyst*, могу бити ефикасно коришћени за решавање транспортних проблема (Акау, А. et al., 2012). У овом раду, представљене су само неке од могућности примене екстензије *Network Analyst* приликом планирања превоза дрвета, тј. одређене су најкраће путање и времена превоза дрвета од 18 привремених до централног стоваришта. Даља истраживања треба усмерити у правцу процене трошкова превоза дрвета камионима на основу техничких карактеристика путева, дистанце превоза, времена превоза и утрошака горива. Овакве анализе имале би великог значаја у планирању развоја мреже шумских путева и одређивању приоритета за градњу нових и реконструкцију постојећих путева.

ЛИТЕРАТУРА

- Akay, A.E., Wing, G.M., Sivrikaya, F., Sakar, D. (2012): A GIS-Based Decision Support System for Determining the Shortest and Safest Route To Forest Fires: A Case Study in Mediterranean Region of Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*. Vol. 184(3):1391-1407.
- Akay, A.E., Kakol, A.A.H. (2014): Forest Transportation Planning by using GIS-based Decision Support System. *FORMEC, 47th International Symposium on Forestry Mechanisation: "Forest engineering: propelling the forest value chain"*, September 23-26, 2014 in Gerardmer, France, pg. 8.
- Audy, J-F., D'Amours, S., Rönnqvist, M. (2012): Planning Methods and Decision Support Systems in Vehicle Routing Problems for Timber Transportation: A Review. *Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation (CIRRELT), CIRRELT-2012-38*, pg. 45.
- Beck, S. & Sessions, J. (2013): Forest Road Access Decisions for Woods Chip Trailers Using Ant Colony Optimization and Breakeven Analysis. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 34(2): 204-2015.
- Dahal, P., Mehmood S.R. (2004): A GIS approach to determining efficient timber transportation routes. *Proceedings of the Southern Forest Economics Workshop 2004: Competitiveness of Southern Forest Products Markets in a Global Economy: Trends and Predictions*, St. Augustine, Florida - USA, March 14-16, 2004, pg: 51-60.
- Zamora-Cristales, R., Sessions, J. (2015): Are double trailers cost effective for transporting forest biomass on steep terrain? *California Agriculture*, Vol. 6(3): 177-183.
- Zorić, M. (2015): Uporaba novih mjernih sustava za određivanje energijske i tehničke pogodnosti kamionskog prijevoza drva. *Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet*. str. 174.
- Klvač, R., Kolařík, J., Volná, M., Drápela, K. (2013): Fuel Consumption in Timber Haulage. *Croatian Journal of Forest Engineering*, Vol. 34(2): 229-240.
- Mousavi, R., Naghdi, R. (2013): Time consumption and productivity analysis of timber trucking using two kinds of trucks in northern Iran. *Journal of Forest Science*, Vol. 59(5): 211-221.
- Murphy, G. (2003): Reducing trucks on the road through optimal route scheduling and shared log transport services. *Southern Journal of Applied Forestry*, 27(3): 198-205.
- Nurminen, T., Heinonen, J. (2007): Characteristics and Time Consumption of Timber Trucking in Finland. *Silva Fennica* 41(3): 471-487.
- Silva, F., Minette, L.J., Souza, A.P., Moraes, A.C., Schettino, S. (2016): Classification of forest roads and determination of route using geographic information system. *Revista Árvore, Viçosa-MG*, vol 40(2): 329- 335.
- Sosa, A., McDonnell, K., Devlin, G. (2015): Analysing Performance Characteristics of Biomass Haulage in Ireland for Bioenergy Markets with GPS, GIS and Fuel Diagnostic Tools. *Energies*, Vol. 8: 12004-12019.
- Timber Transport Forum (2012): *Road Haulage of Round Timber Code of Practice (4th Edition)*, pg. 28.
- Holzleitner, F., Kanzian, C., Stampfer, K. (2011): Analyzing time and fuel consumption in road transport of round wood with an onboard fleet manager. *European Journal of Forest Research*, Vol. 130(2): 293-301.

APPLICABILITY OF NETWORK ANALYSIS IN DETERMINING THE SHORTEST PATH AND TIMBER HAULAGE TIME – CASE STUDY “MAJDANPEČKA DOMENA”

*Dušan Stojnić
Milorad Danilović
Milorad Zlatanović*

Summary

Timber haulage, which is often called the second phase of wood assortment transport involves the transport of wood assortments by a network of forest and public roads from a forest roadside landing to the place of processing, sale or consumption and is in most cases performed by truck. Proper planning and transport that takes into account the principles of good practice can provide significant fuel savings and create financial benefits. The paper presents the possibility of applying the GIS software, i.e. the *ESRI ArcGIS* software and the *Network Analyst* extension to find the shortest path and time of timber haulage from 18 roadside landings to the central landing in the area of FMU “Crna Reka” at Majdanpečka domena teaching base of the University of Belgrade Faculty of Forestry. *Network Analyst* extension was used to determine the shortest path from each roadside landing to the central landing, i.e. to the sawmill, and after that haulage time was calculated. The determination of haulage time adopted an average truck speed of 35 km/h on an asphalt road, 15 km/h on a forest macadam road and 10 km/h on a forest road with a dirt driveway. Haulage times were calculated on the basis of speed and length of each category of road passed by a truck during timber haulage from a roadside landing to the central landing. *Table 1* gives an overview of transport distances and time required by road categories and in total for each path. The total length of roads in the management unit is 57.66 km. A total of 53.02 km of roads pass through the management unit, and 4.64 km of them pass by its borders. The road network analysis established a total length of all roads in FMU “Crna reka” of 57.66 km, of which 7.96 km of asphalt road – a state road of IIA order, 14.15 km of macadam forest roads and 35.55 km of forest roads with a dirt driveway. The research has revealed an average transportation distance of wood assortments of 6.38 km in the management unit, while the shortest distance is 2.01 km, and the longest one 12.36 km. The average haulage time determined on the basis of the time of haulage from 18 roadside landings to the central landing is 26:04 minutes, and varies from 6:37 up to 47:48.