

UDK: 630*377.2

Оригинални научни рад

<https://doi.org/10.2298/GSF2430025D>

ЕФИКАСНОСТ РАДА МОБИЛНЕ ШУМСКЕ ЖИЧАРЕ KONRAD MOUNTY 4000 ПРИ ТРАНСПОРТУ ОБЛОГ ДРВЕТА У САСТОЈИНАМА БУКВЕ

др Милорад Даниловић, редовни професор, Универзитет у Београду – Шумарски факултет,
е-маил: milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs; (<https://orcid.org/0000-0002-2509-6390>)

др Славица Антонић, асистент са докторатом, Универзитет у Београду – Шумарски факултет;
(<https://orcid.org/0000-0001-8835-1259>)

др Душан Стојнић, доцент, Универзитет у Београду – Шумарски факултет;
(<https://orcid.org/0000-0002-7319-5748>)

др Виолета Бабић, редовни професор, Универзитет у Београду – Шумарски факултет;
(<https://orcid.org/0000-0001-6848-8442>)

Маст. инж. Славен Гојковић, ЈПШ „Шуме Републике Српске“ а.д. Соколац

Извод: У раду су приказани резултати истраживања ефикасности рада мобилне шумске жичаре са процесором Konrad Mounty 4000 при транспорту облог дрвета у састојинама букве. Истраживање је спроведено студијом времена и рада. Истраживање је спроведено у Рибничком шумско-привредном подручју, тачније у Шумском газдинству „Рибник“. Ефекти рада мобилне жичаре разликовали су се у зависности од услова рада, дужине трасе жичаре, бочне дистанце привлачења, просечне запремине туре, метода израде. Учинци при раду мобилном жичаром са процесорском главом утврђени су појединачно по фазама. Утврђено је да на брзину кретања колица по носећем ужету, као и брзина кретања товара до носећег ужета опада са повећањем запремине товара. Време одвлачења ужета и привлачења зависи од дистанце привлачења и нагиба терена. Са повећањем транспортне дистанце и просечног нагиба терена при привлачењу ужета узбрдо време привлачења расте. На основу резултата истраживања може се закључити да мобилна шумска жичара са процесором, која је била предмет истраживања представља алтернативно техничко решење када је у питању I фаза транспорта дрвних сортимената у чистим састојинама букве лошег квалитета.

Кључне речи: шумске жичаре, транспорт дрвета, Konrad Mounty 4000, ефикасност рада

Abstract: The paper presents the results of research into the efficiency of work of the Konrad Mounty 4000 mobile forest cable yarder with a processor head in the transport of wood assortments in beech stands. The research was conducted through a time and work study. The research was conducted in the Ribnik Forestry and Economic Area, more precisely in the "Ribnik" Forestry Estate. The effects of the operation of the mobile cable yarder differed depending on the operating conditions, the length of the cable route, the lateral distance of attraction, the average volume of the tour, the construction method. The effects of working with a mobile cable yarder with a processor head were determined individually by phase.

Norms for cutting and making tree parts depending on the diameter of the tree at chest height. It was found that the speed of movement of the carriage along the mainline, as well as the speed of movement of the load to the mainline decreases with the increase in the volume of the load. The time of pulling the rope and pulling depends on the distance of the pull and the slope of the terrain. With the increase of the transport distance and the average slope of the terrain when pulling the rope uphill, the pulling time increases. Based on the results of the research, it can be concluded that the mobile forest cable car with a harvester head, which was the subject of the research, represents an alternative technical solution when it comes to the first phase of transporting wood assortments in pure beech stands of poor quality.

Key words: Cable yarders, wood transport, Konrad Mouny 4000, efficiency of work

УВОД

Начин транспорта дрвних сортимената након извршене сече у великој мери зависи од услова терена, при чему је избор еколошки прихватљивих и економски оправданих метода и средстава рада од посебног значаја. На теренима великих нагиба, изнад 60%, мобилне шумске жичаре показале су се као веома ефикасно решење, због чега је њихова примена све учесталија, нарочито у еколошки осетљивим подручјима и у шумама намењеним производњи дрвне биомасе.

Раније коришћене стационарне шумске жичаре захтевале су дуже време монтаже и ангажовање већег броја радника, што је за последицу имало велике трошкове производње. Овакве жичаре коришћење су до 70-их година прошлог века, када почиње постепено увођење мобилних шумских жичара, најпре у Централној Европи (Heinimann *et al.*, 2001). Данас мобилне шумске жичаре, за чију монтажу и демонтажу је потребно знатно мање времена, играју значајну улогу у транспорту дрвних сортимената у брдско-планинским регионима Европе. Примера ради, током 2021. године у Аустрији је 21,06% од укупно посечене дрвне масе извучено шумским жичарама (BMLRT, 2022).

Мобилне шумске жичаре првенствено су намењене теренима са израженим нагибима, где могу бити исплатива алтернатива изградњи мреже тракторских влака (Proto

et al. 2016), а у поређењу са средствима рада која обављају вучу по земљи проузрокују мање оштећење на земљишту (Marchi *et al.* 2014), преосталим стаблима и подмлатку. Cosola *et al.* (2016) наводе да мобилне шумске жичаре могу бити конкурентне средствима рада која се крећу по земљи у погледу емисије CO₂.

На продуктивност шумских жичара у значајној мери утичу дужина трасе жичаре, бочна дистанца привлачења, запремина комада, начин газдовања шумама, густина састојине, као и нагиб терена и смер привлачења (узбрдо/низбрдо) (Hoffmann *et al.* 2016; Lindroos и Cavalli, 2016). Учинак је такође у великој мери одређен положајем оборених стабала дуж коридора, због времена које је потребно за монтажу и демонтажу жичаре (Tierman *et al.*, 2002).

Истражујући типове шумских жичара, Wassermann (2018) је установио да постоји 63 модела шумских жичара које производи 15 европских произвођача. Бројни произвођачи нуде моделе шумских жичара који обједињују класичну шумску жичару и процесорску главу на једном возилу, чиме се обезбеђује да систем заузима мање простора, постаје економичнији за набавку и олакшава премештање у поређењу са стандардном опремом коју чине две машине, жичара и процесор (Stamper *et al.*, 2006).

Циљ овог рада био је да се утврде ефекти рада мобилне шумске жичаре Konrad Mounty 4000, која представља интегрисан систем шумске жичаре и процесора на камиону, у зависности од услова рада, дужине трасе жичаре, бочне дистанце привлачења, просечне запремине туре и метода израде.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Мерења су извршена у периоду од две недеље у буковим састојинама на локацији са изразито стрмим тереном (нагиб 25-40°), како би се утврдила ефикасност рада мобилне шумске жичаре Konrad Mounty 4000. Укупна површина сечине износила је 20 ha, а растојање између траса извозних линија била је од 500 до 800 m. Израда дрвних сортимената обављена је на помоћном стоваришту помоћу процесорске главе. Примењена методологија је укључивала детаљну анализу временских норми у свакој фази рада жичаре – припреми, утовару, транспорту и истовару облог дрвета.

У склопу истраживања, мерења су обухватила:

- време потребно за постављање и припрему жичаре на терену,
- време кретања колица од тачке истовара до тачке утовара,
- време одвлачења вучног ужета од трасе жичаре до дрвног сортимента који је предмет утовара,
- време потребно за везивање товара,
- време враћања колица у почетну позицију, као и
- време истовара.

Анализирана је потрошња горива у односу на количину транспортованог дрвета, како би се утврдила ефикасност у погледу потрошње енергије. Потрошња горива мерена је методом доливања горива у резервоар. Времена радних операција мерена су

применом специјализованих уређаји за прецизно мерење времена.

Ефекти рада установљени су на бази снимања. Снимано је време израде дрвних сортимената које се састојало од:

- времена кресања грана,
- времена пререзивања техничког облог дрвета,
- времена пререзивања огревног дрвета,
- време ухрпавања дрвних сортимената и грађевине и
- време застоја.

Поред ових времена снимано је и време пререзивања моторном тестером, које се одвијало у ситуацијама када процесорска глава није била у могућности да одсече грану. Извршено је мерење пречника израђиваних делова дебла и израчуната је њихова запремина.

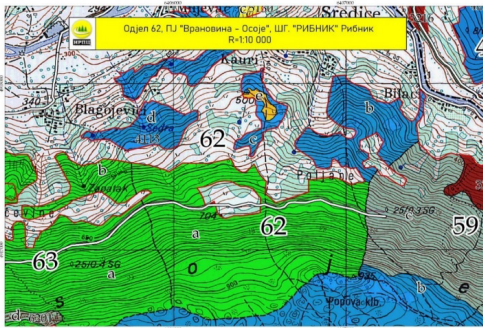
Све измерене вредности су унесене у снимачки лист, а затим је извршена обрада података, која се састојала у израчунавању основних норми и установљавању облика зависности између променљивих које су имале утицај на ефекте рада мобилне шумске жичаре.

За израду норматива рада коришћени су следећи параметри: средња запремина товара, брзина кретања колица, време закачињања и откачињања комада, као и време израде дрвних сортимената. Сви подаци су евидентирани у снимачким листовима, који омогућавају израчунавање времена потребног за обављање појединачних радних операција и формирање оптималног циклуса транспорта.

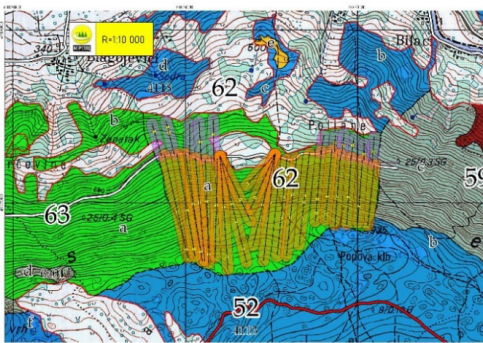
Подаци су анализирани и обрађени статистичким методама, укључујући прорачун просечних вредности, медијане и стандардних девијација, како би се добила што прецизнија слика о ефикасности рада жичаре. Узети су у обзир и могући утицаји спољашњих фактора као што су временски услови, карактеристике терена и различитости у структури букових стабала.

ОБЈЕКАТ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживања су извршена у Републици Српској, у Рибничком шумско-привредном подручју (ШПП), тачније у Шумском газдинству (ШГ) „Рибник“, Привредној јединици (ПЈ) „Врановина-Осоје“, одељењу 62, у чистој састојини букве (Карте 1 и 2). Запремина дрвне масе по хектару износи 274,73 м³, а укупна дрвна маса у одељењу износи 1.299,00 м³. Ради се о састојинама лошег квалитета на 5 бонитетном разреду, погођених ветроломима и ветроизвалама.



Карта 1: Подручје истраживања
Map 1: Research area



Карта 2: Паралелни и лезепасти начин пројектовања траса
Map 2: Parallel and fan-shaped route design method

На сликама 1, 2 и 3 приказани су радови током снимања рада мобилне шумске жичаре.



Слика 1: Монтажа носећег ужета
Figure 1: Mounting the skyline



Слика 2: Транспорт дрвета мобилном жичаром
Figure 2: Wood transport with tower yarder



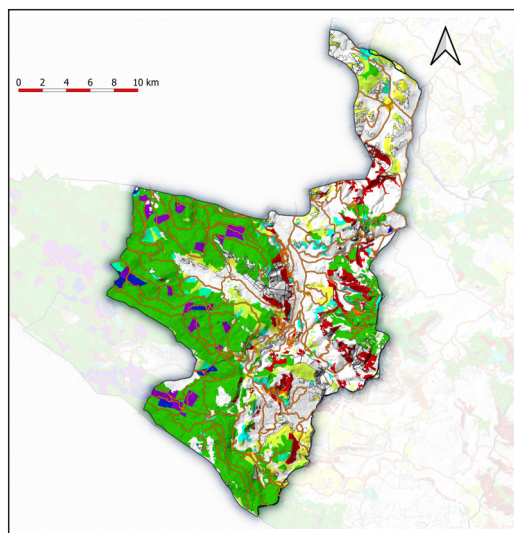
Слика 3: Израда дрвних сортимената на стоваришту
Figure 3: Production of wood assortments at the landing

РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Ово истраживање разматра примену мобилних шумских жичара у ШПП „Рибничко“ на бази техничко-технолошке типизације шума, која је урађена за ово подручје. На бази техничко технолошке типизације шума овог подручја произилази да се оптимална технолошка решења на овом подручју базирају на примени моторне тестере, зглобног трактора и мобилне шумске жичаре, уз минималну примену напреднијих система попут харвестера. Системи рада на пословима коришћења шума у ШПП „Рибничко“ приказани су на Карти 3, а на Графикону 1 приказана је заступљеност система рада у ШПП „Рибничко“.

Шумскопривредно подручје „Рибничко“ обухвата висоравни са кречњачким масивима, чинећи терен изазовним за механизовану сечу и израду дрвних сортимената. Највећи проценат површина је покривен високим шумама (64,8%).

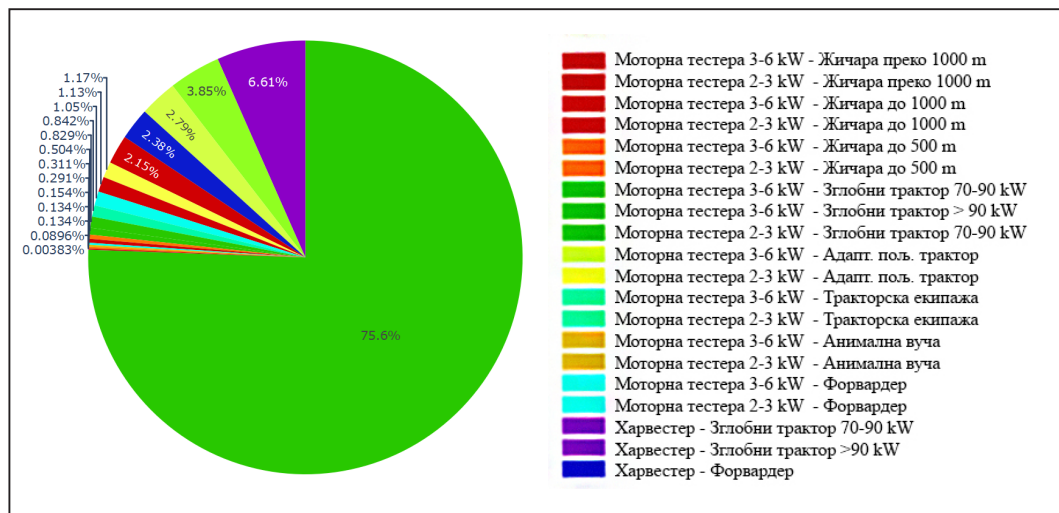
Укупан етат у ШПП „Рибничко“ износи 41.238,76 m³ годишње, са нормом рада која варира у зависности од средстава рада (од 12,99 до 180,5 m³ дневно).



Карта 3: Просторни распоред система рада у ШПП „Рибничко“

Map 3: Spatial layout of the work system in the “Ribničko” FEA

Анализе у ШПП „Рибничко“ показују да је најзаступљенији систем рада сече стабла моторним тестерама снаге 3 до 6 kW, уз транспорт зглобним шумским тракторима снаге 70 до 90 kW. Сеча харвестером чини



Графикон 1: Учешће појединих система рада у годишњој сечивој запремини дрвета
Chart 1: Participation of individual working systems in the annual cut volume of wood

13,7% укупног годишњег плана. Моторне тестере мале снаге препоручују се за проrede на стрмим теренима. Примена зглобних шумских трактора предвиђена је за обављање прве фазе транспорта 82,68% дрвне масе, адаптираних пољопривредних трактора за 3,96%, форвардера и тракторских екипажа за око 8%, док је примена мобилних шумских жичара предвиђена за обављање транспорта око 4% укупне дрвне масе. Анимална запрега је минимално заступљена (0,13%). Технолошком типизацијом установљено је да систем харвестер-форвардер може да покрије 2,38% укупне сечиве масе, с тим да укупно учешће модернијих технологија може реализовати око 10% сечивога етата.

На бази извршених снимања и анализа података снимања израчунати су учинци који се у истраживаним условима могу остварити на пословима сече стабала и израде дрвних сортимената у састојинама букве погођених ветроломима и ветроизвалама.

У Табели 1 приказани су учинци на пословима сече стабала и израде делова стабла.

Табела 1: Учинци на пословима сече стабала и израде дрвних сортимената

Table 1: Effects on tree felling and making wood assortments operations

Пречник стабла на прсној висини	Учинак	Пречник стабла на прсној висини	Учинак
cm	m ³ ·dan ⁻¹	cm	m ³ ·dan ⁻¹
20	11.93	46	21.97
21	12.41	47	22.27
22	12.88	48	22.57
23	13.34	49	22.87
24	13.79	50	23.17
25	14.23	51	23.45
26	14.67	52	23.74
27	15.09	53	24.02
28	15.51	54	24.30
29	15.92	55	24.57
30	16.33	56	24.84
31	16.73	57	25.10

Пречник стабла на прсној висини	Учинак	Пречник стабла на прсној висини	Учинак
32	17.12	58	25.36
33	17.50	59	25.62
34	17.88	60	25.87
35	18.25	61	26.12
36	18.62	62	26.37
37	18.98	63	26.61
38	19.33	64	26.85
39	19.68	65	27.09
40	20.02	66	27.32
41	20.36	67	27.56
42	20.69	68	27.78
43	21.02	69	28.01
44	21.34	70	28.23
45	21.65	71	28.45

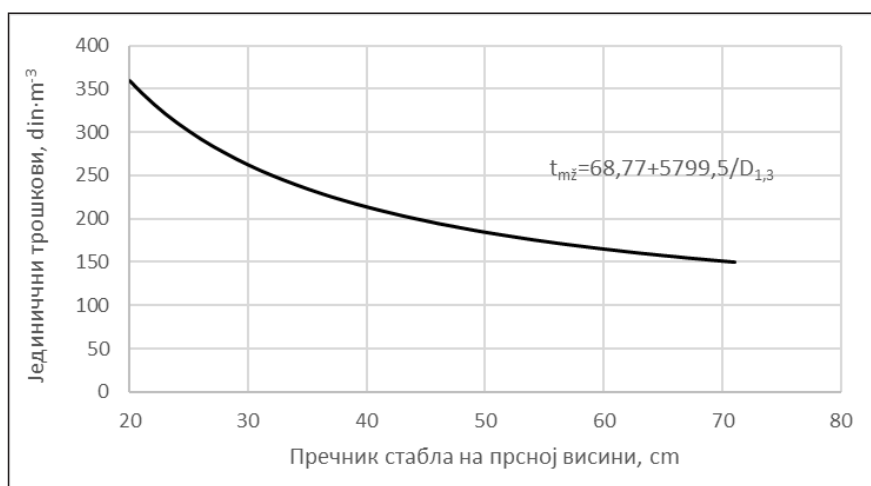
На бази израчунатих учинака који се у истраживаним условима могу остварити на

пословима сече стабала и израде дрвних сортимената установљени су јединични трошкови рада.

На основу података снимања времена привлачења дрвних сортимената колицима од пања до истоварне станице, односно постоља мобилне жичаре израчунато је ефективно време рада и време застоја.

На бази основних норми рада варирајући просечну запремину комада и туре у зависности од транспортне дистанце привлачења по носећем и вучном ужету израчунати су учинци мобилне шумске жичаре. Коефицијент за прерачунавање транспортне дистанце по земљи, која се обавља вучним ужетом, на транспортну дистанцу по носећем ужету износи 5,36. У Табели 2 приказане су норме рада мобилне шумске жичаре Konrad Mounty 4000 са процесорском главом.

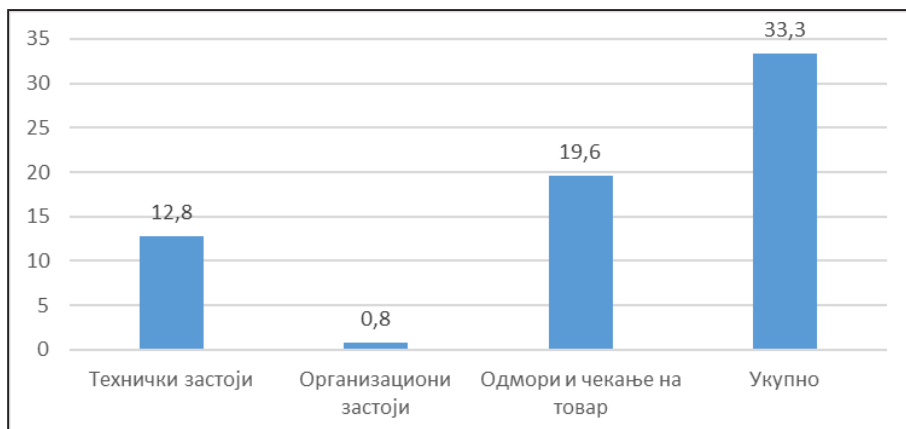
Ефективно време израде дрвних сортимената на истоварној станици обухватило је времена утрошена на кресање грана, израду техничког дрвета и израду просторног и вишеметарског дрвета, као и времена застоја. Ефективно време рада износило је 67% укупног времена рада.



Графикон 2: Јединични трошкови на пословима сече стабала и израде дрвних сортимената
Graph 2: Unit costs for felling trees and making wood assortments

Табела 2: Норме рада мобилне жичаре за просечну запремину комада 0,3; 0,5, 1,0 и 1,5 m³
Table 2: Mobile cable yarder operating standards for average piece volume 0.3; 0.5, 1.0 and 1.5 m³

Обрачунска транспортна дистанца, m	Просечна запремина туре, m ³					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
	Просечна запремина комада 0,3 m³					
50	103,19	105,22	107,34	108,80	111,07	112,63
100	86,22	87,64	89,10	90,11	91,66	92,72
150	74,05	75,09	76,17	76,90	78,02	78,79
200	64,89	65,69	66,51	67,07	67,92	68,50
250	57,75	58,38	59,02	59,46	60,13	60,59
300	52,02	52,53	53,05	53,41	53,95	54,31
350	47,33	47,75	48,18	48,47	48,92	49,22
400	43,41	43,77	44,13	44,37	44,74	45,00
450	40,09	40,39	40,70	40,91	41,23	41,44
500	37,24	37,51	37,77	37,95	38,22	38,41
	Просечна запремина комада 0,5 m³					
50	132,33	134,66	137,08	138,74	141,30	143,06
100	105,67	107,15	108,68	109,72	111,31	112,41
150	87,95	88,98	90,02	90,74	91,83	92,57
200	75,32	76,07	76,84	77,36	78,15	78,68
250	65,86	66,44	67,02	67,41	68,01	68,42
300	58,52	58,97	59,43	59,74	60,21	60,52
350	52,64	53,01	53,38	53,63	54,01	54,26
400	47,84	48,14	48,45	48,65	48,97	49,18
450	43,84	44,10	44,35	44,52	44,78	44,96
500	40,46	40,68	40,89	41,04	41,26	41,41
	Просечна запремина комада 1,0 m³					
50	167,90	170,43	173,03	174,81	177,55	179,43
100	127,19	128,63	130,11	131,11	132,65	133,70
150	102,37	103,30	104,25	104,89	105,88	106,54
200	85,65	86,30	86,97	87,41	88,09	88,55
250	73,63	74,11	74,60	74,93	75,43	75,76
300	64,56	64,93	65,31	65,56	65,94	66,20
350	57,49	57,78	58,08	58,28	58,58	58,78
400	51,81	52,05	52,29	52,45	52,69	52,86
450	47,15	47,35	47,55	47,68	47,88	48,02
500	43,26	43,43	43,60	43,71	43,88	43,99
	Просечна запремина комада 1,5 m³					
50	184,42	186,98	189,61	190,50	194,16	196,04
100	136,45	137,84	139,27	139,75	141,71	142,71
150	108,28	109,16	110,05	110,35	111,56	112,18
200	89,75	90,35	90,96	91,17	92,00	92,42
250	76,64	77,08	77,52	77,67	78,27	78,57
300	66,87	67,20	67,54	67,65	68,11	68,34
350	59,31	59,57	59,83	59,92	60,28	60,46
400	53,28	53,49	53,71	53,78	54,07	54,21
450	48,37	48,54	48,72	48,78	49,01	49,13
500	44,29	44,43	44,58	44,63	44,83	44,92



Графикон 3: Учешће застоја у укупном времену рада жичаре
Graph 3: Share of downtime in the total operating time of the cable yarder

На графикону 3 приказано је учешће застоја у укупном времену рада процесора на помоћном стоваришту. Учешће застоја износи 33% од укупног времена рада. Застоји су били на прихватљивом нивоу, имајући у виду да се ради о изради тврдог дрвета за које процесорска глава није намењена. Организациони губици нису имали већи утицај на рад мобилне шумске жичаре. У зависности од услова рада и увежбаности радника, односно њихове синхронизације, они се ипак могу појавити, и то најчешће због чекање колица са товаром на привременом стоваришту.

Учешће рада моторном тестером при изради сортимената на привременом стоваришту је веома мало и износи свега 2,1%

у односу на целокупно време израде сортимената процесором и моторном тестером. Моторна тестера се углавном примењивала само за пререзивање дебљих грана.

Време израде зависило је од запремине овога времена везати за димензије стабла. На бази овог времена могу се израчунати норме рада мобилне жичаре, међутим учинци су били ограничени доступном количином дрвног материјала транспортованог количима у јединици времена.

На бази израчунатих учинака за просечну запремину туре и просечну обрачунску транспортну дистанцу израчунати су јединични трошкови рада мобилне жичаре и приказани у Табели 3.

Табела 3: Јединични трошкови рада мобилне жичаре за просечну запремину комада 0,3; 0,5; 1,0 и 1,5 m³
Table 3: Unit operating costs of a mobile cable yarder for an average piece volume of 0.3; 0.5; 1.0 and 1.5 m³

Обрачунска транспортна дистанца, m	Просечна запремина туре, m ³					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
	Просечна запремина комада 0,3 m ³					
50	1.787	1.758	1.729	1.710	1.681	1.661
100	2.080	2.051	2.022	2.003	1.974	1.955
150	2.374	2.345	2.316	2.297	2.268	2.249
200	2.667	2.639	2.610	2.591	2.562	2.542

Обрачунска транспортна дистанца, m	Просечна запремина туре, m ³					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
Просечна запремина комада 0,3 m³						
250	2.961	2.932	2.904	2.884	2.855	2.836
300	3.255	3.226	3.197	3.178	3.149	3.130
350	3.549	3.519	3.491	3.472	3.443	3.423
400	3.842	3.814	3.785	3.765	3.736	3.717
450	4.137	4.107	4.078	4.059	4.030	4.011
500	1.787	1.758	1.729	1.710	1.681	1.661
Просечна запремина комада 0,5 m³						
50	1.164	1.144	1.124	1.110	1.090	1.077
100	1.458	1.438	1.417	1.404	1.384	1.370
150	1.751	1.731	1.711	1.698	1.677	1.664
200	2.045	2.025	2.005	1.991	1.971	1.958
250	2.339	2.319	2.298	2.285	2.265	2.251
300	2.632	2.612	2.592	2.579	2.558	2.545
350	2.926	2.906	2.886	2.872	2.852	2.839
400	3.220	3.200	3.179	3.166	3.146	3.132
450	3.514	3.493	3.473	3.460	3.440	3.426
500	1.164	1.144	1.124	1.110	1.090	1.077
Просечна запремина комада 1,0 m³						
50	917	904	890	881	868	859
100	1.211	1.198	1.184	1.175	1.161	1.152
150	1.505	1.491	1.478	1.469	1.455	1.446
200	1.799	1.785	1.771	1.762	1.749	1.740
250	2.092	2.079	2.065	2.056	2.042	2.033
300	2.386	2.372	2.359	2.350	2.336	2.327
350	2.679	2.666	2.652	2.643	2.630	2.621
400	2.973	2.960	2.946	2.937	2.924	2.914
450	3.267	3.253	3.240	3.231	3.217	3.208
500	3.267	3.253	3.240	3.231	3.217	3.208
Просечна запремина комада 1,5 m³						
50	835	824	812	809	793	786
100	1.129	1.118	1.106	1.102	1.087	1.079
150	1.423	1.411	1.400	1.396	1.381	1.373
200	1.716	1.705	1.694	1.690	1.674	1.667
250	2.010	1.998	1.987	1.983	1.968	1.961
300	2.304	2.292	2.281	2.277	2.262	2.254
350	2.597	2.586	2.575	2.571	2.555	2.548
400	2.891	2.880	2.868	2.864	2.849	2.842
450	3.185	3.174	3.162	3.158	3.143	3.135
500	3.478	3.467	3.455	3.452	3.436	3.429

Коефицијент за израчунавање обрачунске транспортне дистанце износи 5,3.

ДИСКУСИЈА

Иако су се учинцима мобилних шумских жичара на европском подручју бавили многи истраживачи, ово су прва истраживања ове врсте на простору Републике Српске. Истражујући учинке мобилне шумске жичаре Konrad Mounty 4000, одређене су норме рада мобилне шумске жичаре за просечне запремине комада од 0,30; 0,50, 1,00 и 1,50 m³, као и јединични трошкови за дистанце од 50 до 500 m. Ефикасност рада мобилне шумске жичаре са процесорском главом Konrad Mounty 4000, која је истраживана и у овом раду, у Бугарској су истраживали Glushkov *et al.* (2021). Истраживања су спроведена у састојинама четинара (смрче, белог бора и јеле), погођених ветроизвалама. На нагибима терена од 46 до 62% и при средњој дистанци од 450 до 500 m, установљени су дневни учинци мобилне шумске жичаре, који су износили до 52,0 m³.

Vorz *et al.* (2014) истраживали су учинке мобилне шумске жичаре са процесорском главом Konrad Mounty 4100 у Румунији. Истраживања су спроведена у састојинама смрче старости 50 година и средњег пречника од 21 cm, на средњој транспортној дистанци од 181 m, при чему су установили дневне учинке од око 37,0 m³.

Мобилну шумску жичару са процесорском главом Syncrofalke 3t у састојинама бора на стрмим теренима истраживали су Parandrea *et al.* (2023). На терену нагиба око 55%, где је средњи пречник стабла износио 34 cm, учинци жичаре по ефективном радном сату износили су 12,29 m³.

Schweier *et al.* (2020) анализирали су продуктивност мобилне шумске жичаре са процесорском главом Koller K507 у периоду од 2013. до 2018. године. Жичара је радила у различитим условима, а установљена је про-

дуктивност од 13,3 m³ по ефективном радном сату. Erber *et al.* (2017) су за исту жичару, а на узорку од преко 71.000 m³ извезених дрвних сортимената, установили продуктивност од 10,1 m³ по ефективном радном сату.

Ефикасност рада мобилне шумске жичаре Wanderfakle са процесорском главом Woody 50 у састојинама букве и јеле истраживали су Ghaffariyan *et al.* (2009). На нагибима терена од 31 до 77%, на средњој транспортној дистанци од 170 m и пречницима стабала од 16 до 33 cm установљени су учинци од 9,3 m³ по ефективном сату. Поређења ради, у овим истраживањима, на истој дистанци установљени су учинци од 8,12 до 11,25 m³ по ефективном сату.

Böhm и Kanzian (2022) спровели су анализу објављених радова о употреби мобилних шумских жичара и на бази 75 објављених радова установили да су шумске жичаре остваривале учинке од око 9,8 m³ по ефективном сату, при чему су учинци при привлачењу узбрдо износили 10,2 m³ по ефективном сату, а низбрдо 8,5 m³. Учинци при транспорту дрвета узбрдо су већи него при транспорту дрвета низбрдо, пре свега због тога што у случају привлачења узбрдо није потребно користити кочницу.

Фактори који утичу на учинке и трошкове транспорта мобилним шумским жичарама били су предмет и ранијих истраживања (Kellog *et al.* 1996, Huyler and LeDoux 1997, McNeel and Dodd 1997, Visser and Stampfer 1998, Heinimann *et al.* 2001, Torgensen 2002). Резултати оваквих истраживања корисни су за оперативна планирања, оцену манипулативних способности средства рада и повећање ефикасности при транспорту дрвних сортимената.

На бази ових и других истраживања прозилази да време транспорта дрвних сортимената мобилном шумском жичаром зависи од транспортне дистанце по носећем ужету, средње транспортне дистанце привлачења бочним ужетом и интензитета сече. До сличних закључака дошли су и Vugoš, *et*

al. (2009), који су такође истраживали учинке мобилне шумске жичаре са процесором Konrad Mounty 4000 при санацији смрчевих састојина нападнутих поткорњаком. Претходна истраживања су показала да се учинци и јединични трошкови значајно разликују од разматраних варијабла, као што су карактеристике средства који се користи. Hainimann *et al.* (2001) показују да постоје значајне разлике између конвенционалне сече у систему са мобилном шумском жичаром са процесором и механизоване сече и израде харвестером, а затим привлачење мобилном шумском жичаром. Посебно је значајно да се обави усмерена сеча јер значајно утиче на време циклуса.

Spinelli, *et al.* (2024) наводе да уколико је потребно израдити националне стандарде за транспорт дрвних сортимената шумским жичарама, он би требало да се заснива на учинцима великих шумских жичара, јер ће мале шумске жичаре свакако моћи да испуне такав стандард због кратких дистанци и мањих товара.

ЗАКЉУЧЦИ

На бази извршених истраживања мобилне шумске жичаре Konrad Mounty 4000 при транспорту и изради дрвних сортимената у састојинама букве у Републици Српској, произилазе следећи закључци:

- Норме рада на пословима сече стабала и израде дрвних сортимената у састојини зависе од просечне запремине стабла и просечне запремине израђеног дела стабла, али та зависност је знатно мања него у случају сече стабала и израде дрвних сортимената у редовним сечама.
- Време привлачења по носећем ужету, као и време привлачења бочним ужетом расте са повећањем транспортне дистанце.
- Просечна брзина привлачења опада са растом запремине товара.
- Просечна запремина туре нема значајан утицај на време манипулације.

- Време застоја по носећем ужету значајно утиче на ефекте рада жичаре.
- Оптимално растојање између коридора је 80 m, у условима који су били предмет истраживања, што не би био случај када су у питању прореде.
- Усмерено обарање стабала утиче значајно на време формирања товара.
- Набавна цена жичаре је висока, и само у условима високих интензитета сече постаје конкурентна другим системима рада.

ЛИТЕРАТУРА

- BMLRT. 2022. Holzeinschlagsmeldung über das Kalenderjahr (2021): /Austrian Timber Harvesting Statistics 2021/ [Online]. Vienna (Austria): Federal Ministry of Agriculture, Regions and Tourism
- Böhm, S., & Kanzian, C. (2022): A review on cable yarding operation performance and its assessment. *International Journal of Forest Engineering*, 34(2), 229–253. <https://doi.org/10.1080/14942119.2022.2153505>
- Borz, S.A.; Bírda, M.; Ignea, G.; Popa, B.; Campu, V.R.; Iordache, E.; Derczeni, R.A. (2014): Efficiency of a Woody 60 processor attached to a Mounty 4100 tower yarder when processing coniferous timber from thinning operations. *Ann. For. Res.* 2014, 57, 333–345.
- Bugoš, M., Stanovský, M., 2009: Časová analýza operácií pri sústredovaní dreva horským procesorom KONRAD MOUNTY 4000 pri odkrývaní Pustého hradu. *Acta Facultatis Forestalis*, 51:137–149.
- Cosola G., Grigolato S., Ackerman P., Monterotti S., Cavalli R. (2016): Carbon footprint of forest operations under different management regimes. *Croat. J. For. Eng.* 37:201-1
- Erber G, Haberl A, Pentek T, Stampfer K. (2017): Impact of operational parameters on the productivity of whole tree cable yarding – a statistical analysis based on operation data. *Austrian J For Sci.* 134(1):1–18.
- Ghaffariyan M., Stampfer K., Sessions J. (2009): Production Equations for Tower Yardwrs

- in Austria, *International Journal of Forest Engineering* Vol. 20, No. 1, pp. 17 – 21.
- Glushkov, S., Boyadzhiev, D., Popikov, P.I., Chetverikova, I. V., Abramov, V. V., and Polukarov, D. Yu. (2021): Study of the operation of the Mounty 4000 machine in logging in mountainous conditions in Bulgaria, *OP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 875 (2021). DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012037
- Heinimann, H.R., Stampfer, K., Loschek, J., Caminada, L. (2001): Perspectives on Central European cable yarding systems. In: *Proc. of the 11th International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symp.*, Dec. 10-12, Seattle, WA. pp. 268-279.
- Hoffmann, S., Jaeger, D., Schoenherr, S., Lingenfelder, M., Sun, D., Zeng, J. (2016): The effect of forest management systems on productivity and costs of cable yarding operations in southern China. *For. Lett.* 2016, 109, 11–24.
- Huyler, N.K., LeDoux, C.B. (1997): Cycle-time equation for the Koller K300 cable yarder operating on steep slopes in the Northeast. *Res. Paper NE-705*. USDA Forest Service.
- Kellogg, L.D., Milota, G.V., Muller, M. (1996): A comparison of skyline harvesting costs for alternative commercial thinning prescriptions. *International J. of Forest Engineering*. 7(3): 7-23.
- Lindroos, O., Cavalli, R. (2016): Cable yarding productivity models: A systematic review over the period 2000–2011. *Int. J. For. Eng.* 2016, 27, 79–94.
- Marchi, E., Picchio, R., Spinelli, R., Verani, S., Venanzi, R., Certini, G.. (2014): Environmental impact assessment of different logging methods in pine forests thinning. *Ecol Eng.* 70:429–436. doi:10.1016/j.ecoleng.2014.06.019.
- McNeel, J.F., Dod, K.K. (1997): Improving cable thinning system productivity by modifying felling phase operations. *International J. of Forest Engineering*. 8(2): 47-56.
- Papandrea, S.F., Stoilov, S., Angelov, G., Panicharova, T., Mederski, P.S., Proto, A.R. (2023): Modeling Productivity and Estimating Costs of Processor Tower Yarder in Shelterwood Cutting of Pine Stand. *Forests* 2023, 14, 195. <https://doi.org/10.3390/f14020195>
- Proto, A.R., Skoupy, A., Macri, G., Yimbalatti, G. (2016): Time consumption and productivity of a medium size mobile tower yarder in downhill and uphill configurations: a case study in Czech Republic, *Journal of Agricultural Engineering*, 47(4), pp. 216–221. doi: 10.4081/jae.2016.551.
- Schweier, J., Klein, M.L., Kirsten, H., Jaeger, D., Briegere, F., Sauter, H.U. (2020): Productivity and cost analysis of tower yarder systems using the Koller 507 and the Valentini 400 in southwest Germany, *International Journal of Forest Engineering* 2020, Vol. 31, No. 3, 172–183.
- Spinelli, R., Glushkov, S., Findeisen, E., Boyadzhiev, D., Markoff, I. (2024): The Effect of Technological Progress on Yarder Productivity: An Example from the Bulgarian Mountains. *Forests* 2024, 15, 780. <https://doi.org/10.3390/f15050780>
- Stampfer, K., Visser, R., Kanzian, C. (2006): Cable corridor installation times for European yarders. *Int J For Eng.* 17:71–77.
- Tiernan, D., Owende, P.M.O., Kanali, C.L., Spinelli, R., Lyons, J., Ward, S.M. (2002): Selection and operation of cable systems on sensitive forest sites, *ECOWOOD Project deliverable D2 (Work Package No. 1)*.
- Torgersen, H. (2002): Excavator-based cable logging and processing system: A Norwegian case study. *International J. of Forest Engineering*. 13(1): 11-16.
- Visser, R., Stampfer, K. (1998): Cable extraction of harvester-felled thinning: An Austrian case study. *International J. of Forest Engineering*. 9(1): 39-46
- Wassermann, C. (2018): Mastseilgeräte für die Holzernte: Eine Analyse des europäischen Herstellerangebots (Tower yarders for wood extraction: an analysis of the European market offer) [master's thesis]. Vienna (Austria): University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.
- Šumsko privredna osnova Privredne jedinice Ribničko od 2013 - 2022;

