

ЕФИКАСНОСТ РАДА ХАРВЕСТЕРА У КУЛТУРАМА БОРА НА ПОДРУЧЈУ ДЕЛИБЛАТСКЕ ПЕШЧАРЕ

МИЛОРАД ДАНИЛОВИЋ¹
ВЛАДИМИР ЂИРОВИЋ
ДУШАН СТОЈНИЋ
СЛАВИЦА АНТОНИЋ

Извод: У раду су приказани резултати истраживања ефикасности рада харвестера *John Deere 1470G*, у културама белог бора (*Pinus sylvestris*) старости 70 година. Истраживање је спроведено на територији ГЈ „Делиблатски песак – Корн“. Примењена је студија времена и рада. Времена трајања радних операција снимана су методом фотохронометраже. Укупно је посечено 500 стабала, укупне запремине 436,40 м³. Резултати су показали да у укупном времену сече и израде застоји учествују са 34%, док је удео ефективног радног времена 66%. Фактор додатног времена износи 1,60. Продуктивност харвестера највише је зависила од пречника стабла на прсној висини и кретала се од 4,77 м³/ха до 24,55 м³/ха. Јединични трошкови су се смањивали са повећањем пречника стабла на прсној висини. Вредности јединичних трошкова кретали су се од 3,26 €/м³ до 16,78 €/м³.

Кључне речи: харвестер, John Deere 1470G, продуктивност, културе бора, Делиблатска пешчара

EFFICIENCY OF HARVESTER IN PINE PLANTATIONS IN THE TERRITORY OF DELIBLATO SANDS

Abstract: This paper presents the results of the research of efficiency of work of *John Deere 1470G* harvester in 70-year-old Scots pine (*Pinus sylvestris*) plantations. The research was carried out in the territory of FMU Deliblato Sands – Korn, implementing the work time study. The chronometric method was applied to record the duration of every single harvester operation. The total number of cut trees was 500 and the total volume amounted to 436.40 m³. The results showed that the share of downtimes in the total time of tree cutting and processing of wood assortments was 34%, while the effective working time was 66%. The allowance time coefficient was 1.60. The productivity of the harvester was most affected by DBH and ranged from 4.77 m³/ha to 24.55 m³/ha. Increasing DBH would reduce unit costs. Unit costs ranged from 3.26 €/m³ to 16.78 €/m³.

Keywords: harvester, John Deere 1470G, efficiency, pine plantations, Deliblato Sands

1. УВОД

У оквиру коришћења шумских ресурса, рад шумских радника, посебно секача, спада у најтеже физичке послове, при ком радници троше велику количину енергије. Уз то, радници на пословима сече и израде константно

¹ др Милорад Даниловић, ред. проф.; Владимир Ђировић, мајстер инж., асистент; др Душан Стојнић, асистент са докторатом; Славица Антонић, мајстер инж., сарадник у високом образовању; Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд

су изложени повећаном ризику од повреда на радном месту. Из наведених разлога, али и због све већег проблема у виду недостатка радне снаге с којим се сусрећу, како земље у окружењу, тако и Република Србија, све више се тежи употреби харвестера, као средства рада на пословима сече и израде дрвних сортимената, где год то услови терена дозвољавају. Примена харвестера има за последицу и развој нових система и метода коришћења шума, а у индустријски развијеним земљама широко је распрострањен сортиментни метод, уз примену различитих система (Karjalainen, T. *et al.*, 2001), који подразумевају коришћење харвестера и форвардера, као транспортног средства (Шведска 98%, Ирска 95%, Финска 91%). Осим за сечу стабала, харвестер се користи и за обраду (уклањање грана) стабала, кројење и слагање обрађених сортимената.

Како примена харвестера, као средства рада, подразумева велике трошкове набавке средства и дневне трошкове рада истог, коришћење овог средства оправдано је само уколико се оно користи пуним капацитетом. Фактори који утичу на продуктивност харвестера су бројни (услови терена, састојинске карактеристике, вештина руковаоца и др.) и управо су они предмет великог броја истраживања. Када су у питању услови терена, многи аутори наводе да нагиб највише утиче на продуктивност, на тај начин што утиче на брзину кретања и стабилност средства (Davis, C. J., Reisinger, T. W., 1990). Првим харвестерима највећа ограничења била су управо нагиб терена, као и пречник стабла. Данас нагиб не представља значајно ограничење, имајући у виду да се харвестери точкаши користе на нагибима до чак 61%, док се харвестери специјализовани за стрме терене (нпр. *Komatsu 911.3 ХЗМ*) користе на нагибима преко 70% (Stampfer, K., Steinmüller, T., 2001). Међутим, харвестер се углавном користи на мањим нагибима, како би се осигурала безбедност руковаоца, али и смањила оштећења земљишта. Када је у питању пречник стабла, у зависности од типа харвестерске главе, харвестери могу сећи стабла пречника преко 70 cm.

Бројна истраживања показала су да од састојинских карактеристика, димензије стабала, односно пречник стабала, највише утичу на продуктивност харвестера. Са повећањем пречника стабла, односно запремине стабла, расте и продуктивност харвестера (Bilici, E. *et al.*, 2017a; Visser, R., Spinelli, R., 2012; Ghaffariyan, M. *et al.*, 2012). Такође, продуктивност харвестера, у великој мери, зависи и од интензитета сече (Eliasson, L. *et al.*, 1999). Продуктивност харвестера зависи и од руковаоца, односно од његовог искуства и вештине. Разлика у продуктивности између вештог и неискусног руковаоца може достићи и 40% (Kärhä, K. *et al.*, 2004). Многи други фактори утичу на продуктивност харвестера, као што су одабир система и метода рада, начин кретања у сечини (Danilović, M. *et al.*, 2011a), број стабала који се сече са једне стајне тачке и др.

Циљ овог рада је одредити на који начин и у којој мери испитивани фактори утичу на продуктивност и колика је продуктивност харвестера у испитиваним условима.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Истраживање је извршено на територији ГЈ „Делиблатски песак - Корн“, којом газдује ШГ „Банат“ Панчево, у одељењу 452, одсек 6, површине 12,37 ha. Предмет истраживања био је харвестер *John Deere 1470G*, који према класификацији Athanassiadis, D. *et al.* (1999a), спада у трећу класу харвестера (велики харвестери). Извршена је чиста сеча. Примењен је сортиментни метод. Основне карактеристике огледне површине приказане су у табели 1.

Табела 1. Карактеристике огледне површине

Table 1 Characteristics of the sample plot

Одељење/одсек / Compartment/ Section	452/6
Површина / Area [ha]	12,37
Врста дрвећа / Tree species	Бели бор (<i>Pinus sylvestris</i>)
Старост / Age [god] / [year]	70
Број стабала / Number of trees [kom/ha] / [tree/ha]	638
Просечни пречник стабала / Average tree diameter [cm]	25
Запремина / Volume [m ³ /ha]	281,1
Број посечених стабала / Number of cut trees	500
Просечна запремина посечених стабала / Average volume of cut trees [m ³]	0,57

Пре почетка сече харвестером, на површини намењеној за сечу извршена је припрема терена, која је подразумевала уклањање подраста моторним тестерама и тримерима. На сваком стаблу обележен је редни број и измерен је пречник на прсној висини. За мерење пречника коришћена је пречница, а нето запремина одређивана је на основу таблица (Nikolić, S., Vanković, S., 2001). За потребе истраживања снимљено је 500 циклуса, односно, посечено је 500 стабала, укупне нето запремине 436,40 m³. Истраживање ефикасности базирано је на студијама времена и рада. Снимање је извршено методом фотохронометраже. За мерење утрошка времена током појединачних радних операција примењена је проточна метода, а као средство за мерење времена коришћена је дигитална штоперица.

Током истраживања биле су снимане следеће радне операције (Danilović, M. *et al.*, 2011b; Nurminen, T. *et al.* 2006a):

- прелаз - померање харвестера од једне до друге стајне тачке, почиње када се покрену точкови харвестера и престаје када се точкови харвестера зауставе;

- позиционирање – почиње када се точкови харвестера зауставе, а завршава када харвестерска глава обухвати стабло;
- сеча и обарање стабла – почиње када моторна тестера започне са радом, која се налази у склопу харвестерске главе и завршава када је стабло оборено на земљу;
- обрада стабла – подразумева кресање грана и кројење. Почиње када ролери харвестерске главе почну да померају стабло кроз харвестерску главу и завршава се када харвестер започне поново прелаз до наредне стајне тачке.

У току сваког радног дана мерено је и време застоја, који су према узроку настанка подељени на застоје техничке природе, застоје организационе природе и неоправдане застоје, који су узроковани од стране руковоаца машином, а превазилазе законом предвиђено време за одмор.

Времена трајања радних операција, као и времена трајања застоја, уношена су у снимачке листове. На бази снимачких листова формирана је обрадна табела, на основу које је одређена продуктивност харвестера у зависности од пречника стабла на прсној висини. Утврђивање постојања зависности између зависних и независних варијабли, односно учинка и фактора који на њега утичу, утврђено је регресионом анализом, а јачина везе између варијабли утврђена је корелационом анализом. Оцена јачине корелације између зависне и независне варијабле (Табела 2) извршена је на основу Роемер-Орфалове (*Roemer-Orphal*) скале (Sabo, A., Poršinsky, T., 2005).

Табела 2. Роемер-Орфалова скала јачине корелације
Table 2 Roemer-Orphal correlation scale

Јачина корелације / Correlation strength	Не постоји / No	Јако слаба / Very weak	Слаба / Weak	Средња / Medium	Јака / Strong	Врло јака / Very strong	Потпуна / Complete
Коефицијент корелације / Coefficient of correlation R	0,0-0,1	0,1-0,25	0,25-0,4	0,4-0,5	0,5-0,75	0,75-0,9	0,9-1

Дневни учинци харвестера рачунати су по једном радном сату машине, укључујући и застоје. На основу израчунатих дневних учинака и дневних трошкова рада харвестера на пословима сече и израде, израчунати су јединични трошкови.

3. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

3.1. Структура времена

У укупном времену сече и израде ефективно радно време било је заступљено са 66%, док су застоји учествовали са 34%. У табели 3. приказана

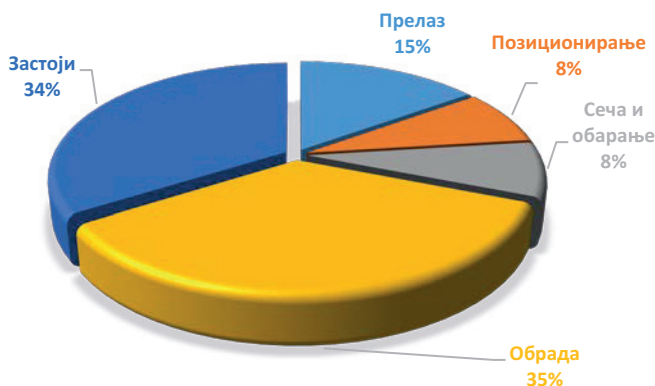
је структура времена трајања радних операција и застоја приликом сече и израде дрвних сортимената харвестером.

Табела 3. Времена трајања радних операција и застоја током сече и израде дрвних сортимената харвестером *John Deere 1470G*

Table 3 Duration of work and downtime periods in felling and processing of wood assortments by John Deere 1470G Harvester

	Јединица мере / Unit of measure	Укупно / Total	Просечно по циклусу (стаблу) / Average per cycle (tree)
Нето запремина посечених стабала / Net volume of cut trees	m ³	436,40	0,57
Број посечених стабала / Number of cut trees	kom	500	/
Време прелаза / Transition time	min	125,04	0,25
Време позиционирања / Positioning time	min	64,34	0,13
Време сече и обарања / Cutting and felling time	min	64,36	0,13
Време обраде / Processing time	min	263,10	0,53
Застоји / Downtimes	min	305,16	0,61
Укупно / Total	min	822,00	1,64

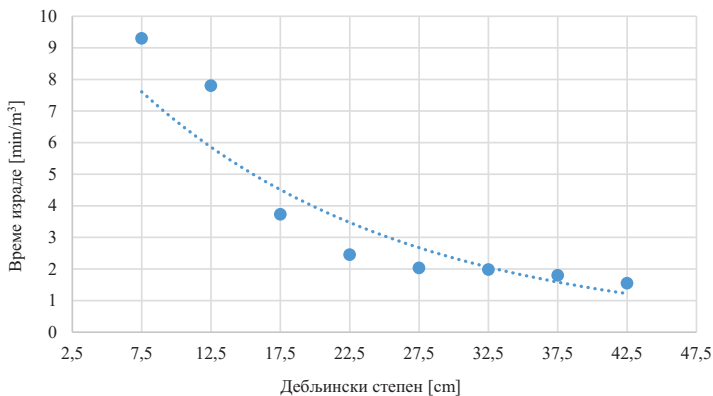
У оквиру ефективног радног времена највише је времена било потребно за обраду стабла (0,53 min/stablo), док је најмање времена утрошено за позиционирање харвестера у одговарајући положај за сечу (0,13 min/stablo). Удео времена трајања појединачних радних операција у укупном времену приказано је на графикаону 1.



Графикон 1. Удео времена трајања радних операција у укупном времену рада харвестера
Figure 1 The share of duration of work operations in the total operating time of harvester

3.2. Продуктивност и јединични трошкови

Расподела времена израде на основу података са терена, као и крива функције изравнатих времена израде у зависности од пречника стабла на прсној висини на огледним површинама приказани су на графикону 2.



Графикон 2. Изравнато време израде дрвних сортимената
Figure 2 Flattened time of making wood assortments

На основу анализе података о просечном времену израде у сваком дебљинском степену, дошло се до резултата да следећа функција најбоље одговара расподели података - $y = 11,263 * e^{-0,052*d_{1,3}}$. Време израде дрвних сортимената зависило је од дебљинског степена у ком се стабло налазило - са повећањем пречника стабла на прсној висини време израде по јединици производа се смањивало. Време израде кретало се у оспегу од 1,24 min/m³ до 7,63 min/m³.

Просечна запремина посечених стабала кретала се од 0,08 m³ до 0,93 m³. Време прелаза, у зависности од дебљинског степена, кретало се у рангу од 0,27 min/m³ до 2,96 min/m³. Време за расподелу не зависи од дебљинског степена и има фиксну вредност од 0,70 min/m³ (Табела 4).

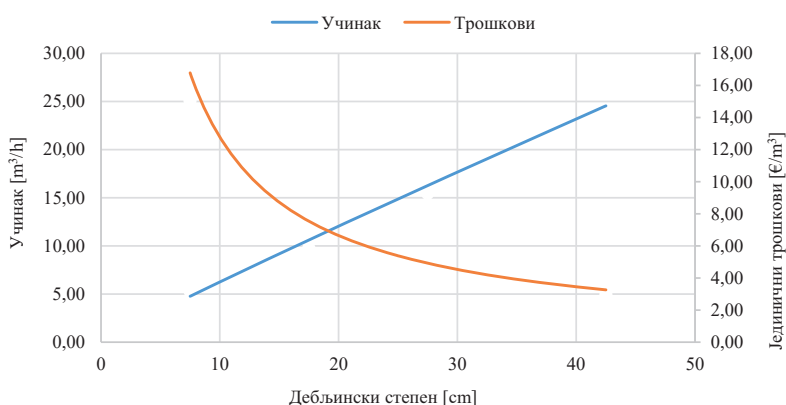
Табела 4. Вредности просечне запремине стабла, времена прелаза и времена за расподелу у сваком дебљинском степену

Table 4 Values of average tree volume, transition time and distribution time in each diameter degree

Дебљински степен / Diameter degree [cm]	Просечна запремина стабла / Average tree volume [m ³]	Време прелаза / Transition time [min/m ³]	Време за расподелу / Distribution time [min/m ³]
7,5	0,08	2,96	0,70
12,5	0,17	1,46	0,70

17,5	0,27	0,92	0,70
22,5	0,39	0,65	0,70
27,5	0,51	0,49	0,70
32,5	0,64	0,39	0,70
37,5	0,78	0,32	0,70
42,5	0,93	0,27	0,70

Учинак испитиваног средства рада на истраживаном подручју, у зависности од дебљинског степена, кретао се од 4,77 m³/h до 24,55 m³/h. Функција која најбоље описује промену учинака у зависности од пречника стабла на прсној висини јесте степена функција $y = 0,7105 \cdot x^{0,9447}$ (Графикон 3).



Графикон 3. Учинак и јединични трошкови у зависности од дебљинског степена
Figure 3 Productivity and unit costs by diameter degree

Дневни трошкови испитиваног средства рада износили су 80,02 €/h. На основу остварених учинака и дневних трошкова дошло се до резултата да јединични трошкови имају вредност између 3,26 €/m³ и 16,78 €/m³. Анализом података дошло се до резултата да зависност јединичних трошкова од пречника стабла на прсној висини такође најбоље описује степена функција, $y = 112,62 \cdot x^{-0,945}$ (Графикон 3).

4. ДИСКУСИЈА И ЗАКЉУЧАК

Резултати овог истраживања показали су да у укупном времену сече и израде харвестером ефективно радно време учествује са 66%, док застоји учествују са 34%. Приликом истраживања продуктивности харвестера у састојинама лишћара (Slugen, J. *et al.*, 2014a) утврдили су да застоји учествују са 34,57%. До сличних резултата дошли су и други аутори (Spinelli, R. *et al.*, 2011; Nurminen, T. *et al.*, 2006b).

На основу истраживања дошло се до резултата да фактор додатног времена износи 1,60, што одступа око 5-10% од вредности до којих су дошли други аутори - 1,33 Jiroušek, R. *et al.* (2007a), 1,34 Slugen, J. *et al.* (2014b). Када је у питању време сече и израде без застоја (ефективно радно време), Bilici, E. *et al.* (2017b) су дошли до резултата да је највећи удео имало време обраде (око 43%). До сличних резултата дошли су и Slugen, J. *et al.* (2014c), где је учешће времена обраде у ефективном радном времену око 47%. Током овог истраживања дошло се до резултата да је време обраде сортимената такође имало највећи удео у оквиру ефективног радног времена, око 55%.

Просечно време прелаза износило је око 0,22 min/stablo (13,2 s/stablo). Према истраживању Nurminen, T. *et al.* (2006c), време прелаза од стабла до стабла било је 4,6 s/stablo (0,077 min/stablo). Разлог ове разлике у времену прелаза јесте мањи број стабала на истраживаном подручју, те самим тим и веће растојање између стабала. Још један разлог великог учешћа времена прелаза јесу услови терена. С обзиром на то да је подлога песак, кретање харвестера неретко је било отежано.

Приликом истраживања зависности времена израде по јединици производа од пречника стабла на прсној висини утврђена је врло јака негативна корелација ($R=0,85-0,88$), из чега следи да се са повећањем прсног пречника време израде по јединици производа смањује од 7,63 min/m³ до 1,24 min/m³.

Истраживањем је утврђено да се учинци харвестера у истраживаном подручју крећу од 4,77 m³/h до 24,55 m³/h у зависности од пречника стабла на прсној висини. Jiroušek, R. *et al.* (2007b) дошли су до резултата да се учинак харвестера креће од 13,5 m³/h за просечну запремину стабла од 0,1 m³, до 60,5 m³/h за просечну запремину стабла од 1 m³, односно 20-30 m³/h за просечну запремину стабла 0,3-0,4 m³, колико је износила просечна запремина стабала на истраживаном подручју. У овом раду дошло се до резултата да је харвестер за просечну запремину 0,3-0,4 m³ остварио учинак 10-20 m³/h. Један од разлог мањих остварених учинака јесте велико учешће времена прелаза у укупном времену сече и израде дрвних сортимената. Други разлог јесте неискуство рада руковалаца у истраживаним условима, јер су исти до тада послове сече и израде дрвних сортимената харвестером обављали искључиво у плантажама тополе, на подлози веће носивости.

Nurminen, T. *et al.* (2006d), приликом истраживања продуктивности харвестера у састојини бора сличних карактеристика, дошли су до резултата да учинак харвестера у састојини бора за просечну запремину стабла 0,3-0,4 m³ износи 18-23 m³/h. Bilici, E. *et al.* (2017c) дошли су до резултата према којима, у састојини бора, за просечну запремину стабла од 0,49 m³, харвестер остварује учинак од 23,91 m³/h, што је веома слично резултату до којег се дошло овим истраживањем. До сличних резултата дошли су и други аутори - 22,2 m³/h за просечну запремину стабла 0,34 m³ (Andersson, B., 1994). Slugen, J. *et al.* (2014d) истраживали су учинак харвестера у састојинама букве и састојинама храста. Дошли су до резултата да учинак харвестера у састојини букве, за просечну запремину стабла од 0,22 m³ износи 4,98 m³/h,

односно $5,35 \text{ m}^3/\text{h}$ у састојини храста за просечну запремину стабла $0,18 \text{ m}^3$. Ови учинци мањи су од учинака добијених током истраживања за потребе овог рада. Разлог јесте већа гранатост лишћара, а самим тим и веће учешће времена обраде у укупном времену сече и израде. Међутим, ови аутори дошли су до закључка да се учешће времена застоја (35%) у укупном времену сече и израде може значајно смањити редовним и адекватним одржавањем машине, а самим тим би се и учинци у великој мери повећали. Ова тврдња може се применити и у случају истраживања за потребе овог рада, јер је у оквиру времена застоја највеће учешће имало управо време техничких застоја, односно кварова (преко 50%).

Према Danilović, M. *et al.* (2011c) који су истраживали учинке харвестера у плантажама топола, учинак зависи и од начина кретања харвестера кроз састојину и броја стабала која се секу са једне стајне тачке. Аутори наводе да се највећи учинци остварују кретањем средства уназад и сечом два стабла са једне стајне тачке, прво са десне, а потом са леве стране, посматрано из правца кретања, док се са сечом стабала у наредна два реда започиње се са супротне стране и харвестер се у том случају креће унапред. Приликом истраживања за потребе овог рада није се водило рачуна о томе на који начин ће се харвестер кретати кроз сечину, позиционирати, нити колико ће стабала бити посечено са једне стајне тачке. Учинци би се можда могли у одређеној мери повећати, уколико би се применио поменути метод кретања и позиционирања харвестера у сечини, за који су Danilović, M. *et al.* (2011d) утврдили да даје најбоље ефекте.

Када су у питању трошкови, резултати истраживања показали су да се јединични трошкови смањују са повећањем пречника стабла на прсној висини. Крећу се у опсегу од $3,26 \text{ €/m}^3$ до $16,78 \text{ €/m}^3$. Jiroušek, R. *et al.* (2007c) одређивали су јединичне трошкове харвестера из све три класе (Athanasiadis, D. *et al.*, 1999b). Утврдили су да су јединични трошкови у мањим дебљинским степенима највећи код харвестера треће класе (велики харвестери), али да се разлика са повећањем просечне запремине стабла смањује, да би код стабала чија је просечна запремина $0,8 \text{ m}^3$, дошло скоро до изједначавања јединичних трошкова све три класе харвестера. Ови аутори дошли су до резултата да јединични трошкови приликом сече стабала харвестером износе од 9 €/m^3 за просечну запремину стабла $0,1 \text{ m}^3$, до $2,2 \text{ €/m}^3$ за просечну запремину стабла $0,8 \text{ m}^3$. Добијени резултати у великој мери поклапају се са резултатима добијеним у овом раду. Tufts, R. (1997) дошао је до резултата да јединични трошкови харвестера за стабла са прсним пречником 10 cm износе $13,28 \text{ \$/m}^3$, да затим убрзано падају на $3,90 \text{ \$/m}^3$ за стабла са пречником на прсној висини од 15 cm и да за стабла, чији је пречник на прсној висини 28 cm , јединични трошкови износе свега $1,47 \text{ \$/m}^3$. Ови резултати у оквиру мањих дебљинских степени не одступају значајније од резултата добијених у овом раду, док се већа разлика уочава код јединичних трошкова у оквиру већих дебљинских степени (и преко 50%). Као разлог велике разлике јединичних трошкова може се навести мало учешће стабала већих пречника на подручју истраживања за потребе овог рада.

ЛИТЕРАТУРА

- Andersson, B. (1994): Cut-to-length and tree-length harvesting systems in Central Alberta: A comparison. FERIC, Technical Report TR-108
- Athanassiadis, D., Lidestav, G., Wasterlund, I. (1999): Fuel, Hydraulic oil and lubricant consumption in Swedish mechanized harvesting operations. *Journal of Forest Engineering* 10: 59-66.
- Bilici, E., Emin Akay, A., Abbas, D. (2017): An evaluation of a fully mechanized forest harvesting operation in Bursa, Turkey. *International Symposium on New Horizons in Forestry*, 18-20 October 2017 in Isparta, Turkey. 220-224.
- Danilović, M., Tomašević, I., Gačić, D. (2011): Efficiency of John Deere 1470D ECOIII Harvester in Poplar Plantations. *Croatian Journal of Forest Engineering* 32(2): 533-548.
- Davis, C. J., Reisinger, T. W. (1990): Evaluating Terrain for Harvesting Equipment Selection. *Journal of Forest Engineering* 2(1): 9-16.
- Eliasson, L., Bengtsson, J., Cedergren, J., Lageson, H. (1999): Comparison of single-grip harvester productivity in clear and shelterwood cutting. *International Journal of Forest Engineering* 10(1): 42-48.
- Ghaffariyan, M. R., Sessions, J., Brown, M., (2012): Machine Productivity and Residual Harvesting Residues Associated with a Cut-To-Length Harvest System in Southern Tasmania. *Journal of Forest Science* 74(4): 229-235.
- Jiroušek, R., Klvač, R., Skoupy, A. (2007): Productivity and costs of the mechanised cut-to-length wood harvesting system in clear-felling operations. *Journal Of Forest Science*, 53(10): 476-482.
- Kärhä, K., Rönkkö, E., Gumse, S., (2004): Productivity and Cutting Costs of Thinning Harvesters. *International Journal of Forest Engineering* 15(2): 43-56.
- Karjalainen, T., Zimmer, B., Berg, S., Welling, J., Schwaiger, H., Finer, L., Cortijo, P. (2001): Energy, carbon and other material flows in the Life Cycle Assessment of forestry and forest products. *Achievements of the Working Group 1 of the COST Action E9. European Forest Institute, Finland*: 68.
- Nikolić, S., Banković, S. (2001): *Tablice i tehničke norme u šumarstvu. Zavod za udžbenike i nastavna sredstva. Beograd.*
- Nurminen, T., Korpunen, H., Uusitalo, J. (2006): Time consumption analysis of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica* 40(2): 335-363.
- Sabo A., Poršinsky T. (2005): Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar, *Croatian Journal of Forest Engineering* 26(2005)1.
- Slugen, J., Peniaško, P., Messingerova, V., Jankovsky, M. (2014): Productivity of a John Deere harvester unit in deciduous stands. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 62(1): 231-238.
- Spinelli, R., Magagnotti, N., Hartsough, B. (2011): Productivity Norms for Harvesters and Processors USED in Italy. 44th International Symposium on Forestry Mechanisation: "Pushing the Boundaries with Research and Innovation in Forest Engineering", October 9-13, 2011 in Graz, Austria.
- Stampfer, K., Steinmüller, T. (2001): A new Approach to Derive a Productivity Model for the Harvester Valmet 911 Snake. *Proceedings of the International Mountain Logging and 11th Pacific Northwest Skyline Symposium. Seattle, Washington, USA, December 10-12*: 254-262.
- Tufts, R., A. (1997): Productivity and cost of the Ponsse 15-series, cut-to-length harvesting system in southern pine plantations. *Forest products journal*, 47(10): 39-46.
- Visser, R., Spinelli, R. (2012): Determining the Shape of the Productivity Function for Mechanized Felling And Felling-Processing. *Journal of Forest Research* 17(5): 397-402.

EFFICIENCY OF HARVESTER IN PINE PLANTATIONS
IN THE TERRITORY OF DELIBLATO SANDS

Milorad Danilović
Vladimir Ćirović
Dušan Stojnić
Slavica Antonić

Summary

Nowadays, harvesters are exceedingly replacing chainsaw workers in order to increase productivity and safety at work. That being the case, several harvesters are used for cutting in poplar plantations and some coniferous stands in Serbia. This paper presents the results of research of efficiency of *John Deere 1470G* harvester in pine plantations. The research was carried out in the territory of Deliblato Sands, managed by "Vojvodinašume" Public Enterprise, in "Deliblatski Pesak – Korn" Forest Management Unit, compartment 452, in a clear, artificially-established, 70-year-old Scots pine stand. The average diameter at breast height in this subcompartment was 25 cm. Harvester *John Deere 1470G*, produced in 2008, with an H480 harvester head was used in the research. The total number of cut trees was 500 and the total volume amounted to 436.40 m³. The terrain had been prepared before the felling. The preparation included the removal of undergrowth using chainsaws. Every tree was numbered and its DBH was measured. A caliper was used for the measurement of DBH and the volume of trees was determined based on volume tables. The research of efficiency was based on work time study. A chronometric method was used to record the duration of different harvester operations. The data relating to the duration of harvester operations was recorded into manuals. The data also included the duration of downtimes. Downtimes were divided into technical, organizational and unjustified downtimes. All data was processed in the *Excel* application of the *Microsoft Office* program. Finally, productivity and unit costs were calculated. The results showed that the share of downtimes in the total time of cutting and processing of wood assortments was 34%, while the share of effective working time was 66%. The allowance time coefficient was 1.6. The production time depended on the DBH of cut trees (very strong correlation, $R=0.85-0.88$). An increase in DBH caused a reduction in production time, from 7.63 min/m³ to 1.24 min/m³. Harvester's productivity ranged from 4.77 m³/h to 24.55 m³/h, depending on DBH. An increase in DBH caused an increase in productivity. Unlike productivity, the increase in DBH caused a reduction in costs per unit. The unit costs ranged from 3.26 €/m³ to 16.78 €/m³. Considering the productivity that the harvester achieved in the research area and difficult terrain conditions, as well as the lack of experience of harvester operators, it can be concluded that the use of harvester in the investigated area is justified from an economic point of view.