

Danićović M., Ljubojević D. 2013. *Forest opening with a secondary road network*. Bulletin of the Faculty of Forestry 108: 25-38.

Милорад Даниловић
Дарко Љубојевић

UDK: 630*383.2
Оригинални научни рад
DOI: 10.2298/GSF1308025D

ОТВАРАЊЕ ШУМА СЕКУНДАРНОМ МРЕЖОМ ШУМСКИХ ПУТЕВА

Извод: У раду су приказани резултати анализе положаја и густине секундарне мреже путева у скупинасто-пребирном систему газдовања. Истраживања су извршена у привредној јединици Просара у северозапаном делу Републике Српске. Мрежа тракторских влака у анализираним одељењима снимљена је помоћу ГПС уређаја Garmin 60 и Garmin Map 62st, а при анализи је коришћен програмски пакет ESRI ArcInfo 10.1. Придржавајући се општих смерница, нагиб тракторских влака је анализиран унутар шест дефинисаних интервала: 0-12%, 12-16%, 16-20%, 20-30%, 30-40% и преко 40%. Релативна отвореност секундарном мрежом путева одређена је за максимално растојање између тракторских влака од 130 m и креће се од 82,62% до 96,37%. Оваква отвореност класификована је као веома добра и одлична. Укључујући све факторе везане за карактеристике састојине и терена, произилази да је у свим одељењима густина секундарне мреже влака одговарајућа за примену зглобних трактора са витлом без потребе продужења наведене максималне дужине ужета витла. Од укупне дужине анализираних влака, 24% се налази унутар одговарајућег интервала нагиба ако се планира њихова конверзија у камионске путеве, док 37% одговара максималном нагибу са еколошког становишта. Просечни нагиб терена за читаву анализирану површину износи 26,4%. Овако умерено нагнут терен је погодан за изградњу влака уз мала улагања и мали еколошки утицај. Због карактеристичне конфигурације терена, главне тракторске влаке су положене по гребену, док се влаке другог и трећег реда одвајају од њих најчешће у максималном нагибу формирајући на тај начин неправилни облик рибље кости.

Кључне речи: привредна јединица Просара, тракторске влаке, отварање шума, нагиб терена, релативна отвореност

др Милорад Даниловић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Шумарски факултет, Београд (milorad.danilovic@sfb.bg.ac.rs)

МSc Дарко Љубојевић, мастер, ЈПШ "Шуме Републике Српске" а.д. Соколац

FOREST OPENING WITH A SECONDARY ROAD NETWORK

Abstract: This paper presents the results of an analysis of the position and density of a secondary road network in the group-selection management system. The research was conducted in the economic unit Prosara in the north west of the Republic of Srpska. The network of skid roads in the analyzed sections was recorded using the GPS devices Garmin GPS 60 and Garmin Map 62st, and the analysis software package used was ESRI ArcInfo 10.1. Adhering to the general guidelines, the slope of skid roads was analyzed within six predefined intervals: 0-12 %, 12-16 %, 16-20 %, 20-30 %, 30-40 % and over 40%. Relative openness with a secondary road network was determined for a maximum distance between the skid roads of 130m and it ranged from 82.62 % to 96.37 %. Such openness was classified as very good and excellent. Together with all factors related to stand and terrain characteristics, it appears that in all the compartments, the density of the secondary network of skid roads is adequate for the application of a skidder with a winch, without extending above the maximum length of the winch rope. Out of the total length of analyzed skid roads, 24% is within an appropriate slope interval for a planned conversion to truck roads, whereas 37 % is the maximum slope from the ecological point of view. The average terrain slope for the whole analyzed area is 26.4%. Such moderately sloping terrain is suitable for the construction of skid roads with low investment and small environmental impact. Due to their specific configuration, the main skid roads were designed along the ridge, while the secondary and tertiary skid roads most often separated from them at the maximum slope, forming an irregular fish bone shape.

Key words: economic unit Prosara, skid roads, forest opening, terrain slope, relative openness

1. УВОД

За квалитетно дугорочно газдовање шумама потребно је да се обезбеде најбоља решења за све задатке дефинисане у укупном систему искоришћавања шумских ресурса. Један од најважнијих задатака са економске и еколошке тачке гледишта везан је за прву фазу транспорта. У току припреме одељења за сечу неопходно је обележити све руте којима ће бити обављено привлачење посеченог дрвета. Намена секундарних шумских путева је обезбеђење транспорта шумских сортимената од пања до камионског пута или стоваришта. Употреба зглобних трактора са витлом у фази привлачења дрвета у шумама Републике Српске је зависна од постојања тракторских влака. Постојање мреже секундарних шумских путева је предуслов за транспорт дрвета у брежуљкастим, брдским и планинским шумама (Pentek *et al.*, 2008). Како је кретање зглобних шумских трактора у шуми ограничено по тракторским влакама, пре него што започне привлачење неопходно их је изградити.

У шумама Републике Српске у I фази транспорта примењују се зглобни шумски трактори LKT-81T и Timberjack 240C. У условима мале отворености и велике купираности терена, привлачење се обавља анималном запрегом до зоне

привлачења витлом, а затим трактором са витлом до камионског пута. У шумама Републике Српске при свакој новој сечи потребно је извршити обележавање постојећих и пројектованих нових тракторских влака.

Положај и густина тракторских влака варира по шумским подручјима у зависности од конфигурације терена, система газдовања, присуства водотока, положаја камионских путева и нагиба терена. Према тренутним извођачким пројектима, густина мреже тракторских влака у појединим одељењима износи између 40 и 200 m/ha^{-1} . Како се у шумама Републике Српске примењује скупинасто-пребирни систем газдовања, а у сечи и изради сортиментни метод, делови стабла након обраћања и кројења, налазе се распоређени по читавој површини одељења. Након сече обавља се привлачење трактором са витлом до тракторске влаке, а затим трактором по влаци до камионског пута или привременог стоваришта.

Максимално растојање између тракторских путева не треба да буде веће од двоструке дужине ужета витла које је увећано за просечну дужину сортимента са једне и друге стране (Jeličić, 1971). Према томе, уз максималну дужину ужета витла од 60 метара и просечну дужину сортимента од 5 метара, максимално растојање између тракторских влака не треба да буде веће од 130 метара, што чини густину мреже тракторских влака од 77 m/ha^{-1} . Наведена густина мреже тракторских влака од 77 m/ha^{-1} најчешће није одговарајућа да би се испунили економски и еколошки захтеви при механизованом привлачењу. Како би се уважили сви аспекти, оптимална густина мреже тракторских влака у пракси често износи више од 100 m/ha^{-1} . Главни разлог овако велике густине мреже тракторских влака је специфичност услова појединих одељења, оствареног интензитета сече, броја и положаја формираних скупина и врсте извршеног узгојног захвата на скупини, као и површине стрмих и заштићених подручја. Растојање између путева израчунато помоћу формула може се сматрати само оквирном вредношћу (Sessions, 2007). Без обзира да ли потребну густину мреже тракторских влака одређујемо помоћу формула или не, варијабилност теренских и састојинских услова доводи до потребе за решењима која одговарају стварним условима сваког одељења.

У скупинасто-пребирном систему газдовања, тракторским влакама треба обухватити све делове састојине где се предвиђају скупине већих површина, док у случајевима у којима конфигурација терена није повољна за примену оваквих решења, прво треба положити трасе тракторских путева, а поред њих одабрати положај скупина (Jeličić, 1977).

Pičman *et al.* (2011), за анализу секундарне мреже шумских путева користи релативну отвореност и наводи да ширина омеђене површине зависи од примењеног транспортног средства у првој фази транспорта. Секундарна релативна отвореност представља добар индикатор покривености одељења секундарном мрежом шумских путева.

Тракторске влаке заједно са шумским путевима представљају један од највећих узрочника ерозије, збијања и оштећења шумских земљишта. Могу да буду узрочник седиментације површинских вода (Akbarimehr *et al.*, 2012). Нагиб

тракторских влака је један од најзначајнијих фактора при пројектовању тракторских влака и компоненти привлачења (Lotfalian *et al.*, 2012).

Naјafi *et al.* (2010), наводе да се збијање земљишта повећава са растом нагиба терена, те да би оштећења била мања потребно је избегавати нагибе тракторских влака преко 20%. Ако се у будућности планира конверзија тракторских влака у камионске путеве, максимални нагиб влака не треба да буде већи од 12% (Јеличић, 1971, Вајрић *et al.* 2011). Максимални нагиб тракторских влака не треба да буде већи од 25-30% (Јеличић, 1977; Војанин, 1983), док је максимални нагиб при привлачењу узбрдо 15%.

Ефикасност и учинак зглобних трактора у великој мери зависе од нагиба влаке и смера привлачења.

Zečić *et al.* (2010), износи да је дневни учинак скидера Timberjack 240C при привлачењу низбрдо у просеку већи за 26,34% у односу на привлачење узбрдо.

Olsen *et al.* (1983), наводе да је учинак шумских машина различите погонске снаге знатно мањи при привлачењу узбрдо. Привлачење низбрдо скидерима је ефикасније од привлачења узбрдо; контра нагиби смањују брзину кретања транспортног средства и величину товара и самим тим смањен је учинак трактора (Odhiambo, 2010).

Циљ овога рада је истраживање положаја и густине мреже тракторских влака у скупинасто-пребирном систему газдовања.

Анализа се састојала у:

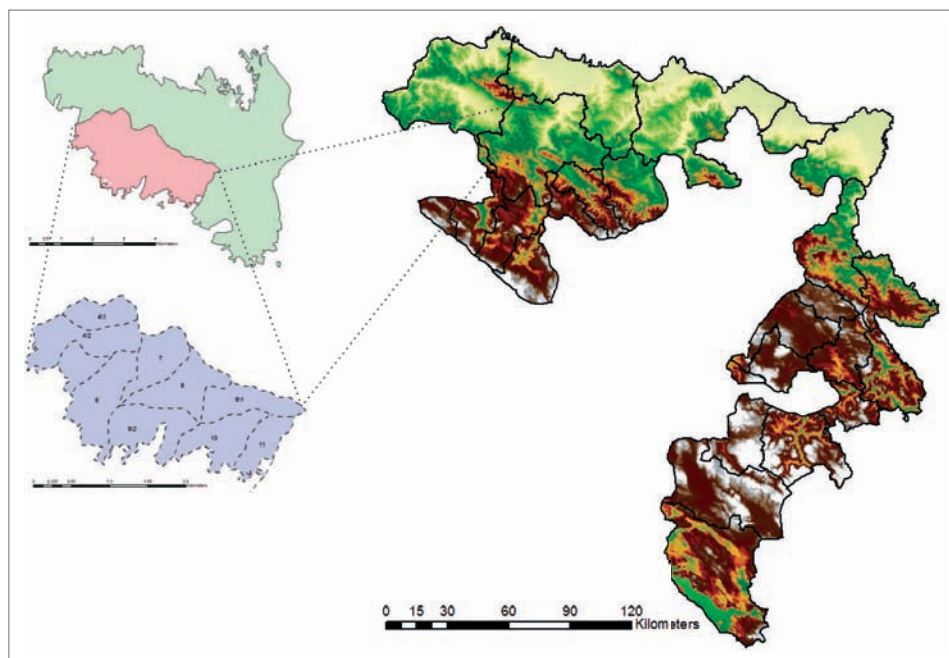
- Одређивању нагиба тракторских влака и њихове дужине унутар дефинисаних интервала нагиба,
- Калкулације и анализа релативне отворености секундарне мреже путева,
- Одређивању нагиба терена и његовом упоређивању са дужином и нагибом тракторских влака положених унутар дефинисаних класа нагиба терена.

2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ РАДА

2.1. Подручје истраживања

Привредна јединица Просара (Слика 1) се налази у северозапаном делу Републике Српске и једна је од три привредне јединице којима газдује шумска управа Козарска Дубица.

Површина привредне јединице износи 3129,26 *ha*. У укупној површини, високе шуме заузимају 1887 *ha* или 60,3%, изданачке шуме 970 *ha* или 31%, док се шумске културе налазе на површини од 256 *ha*, односно заузимају 8,2% од површине привредне јединице. Преостали део површине заузимају подручја подесна и неподесна за газдовање и узурпирана земљишта. Укупни десетогодишњи етат привредне јединице износи 179.380 *m*³.



Слика 1. Подручје истраживања
Figure 1. Scope of Research

Укупна дужина камионских путева је $26,9 \text{ km}$, па отвореност привредне јединице примарном мрежом путева износи $8,44 \text{ m} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Главне врсте дрвећа су буква и храст китњак.

Сеча и израда дрвних сортимената обавља се по сортиментној методи сече и израде моторном тестером, а I фаза транспорта шумским зглобним тракторима са витлом и анималном запрегом.

2.2. Метод рада

Мрежа тракторских влака у свим одељењима снимљена је помоћу GPS уређаја Garmin 60 и Garmin Map 62st.

За анализу положаја као и праваца привлачења коришћен је програмски пакет ESRI ArcInfo 10.1. Дигитални елевациони модел подручја резолуције $5 \times 5 \text{ m}$ који је коришћен за израду карте нагиба терена и одређивање нагиба тракторских влака добијен је на основу дигитализованих војно-топографских карата размере 1:25.000.

Придржавајући се општих смерница, нагиб тракторских влака је анализиран унутар шест дефинисаних интервала: 0-12%, 12-16%, 16-20%, 20-30%, 30-40% и преко 40% .

Нагиб је затим одређен за читаву мрежу тракторских влака применом Path Slope алата након чега је одређена укупна дужина свих деоница унутар дефинисаних интервала нагиба.

Релативна отвореност секундарном мрежом путева одређена је за максимално растојање између тракторских влака од 130 *m*. На основу тога, са сваке стране влаке формирана је зона ширине 65 *m*. Да би се узео у обзир стварни облик површине анализираног подручја, при формирању омеђених површина коришћен је дигитални елевациони модел као и 3D алати просторне анализе. У овом случају избегнута је примена различитих корекционих фактора везаних за дужину ужета витла и нагиб терена.

Релативна отвореност секундарном мрежом путева је настала из односа површине подручја покривеног секундарном мрежом шумских путева за двоструку дужину ужета витла и стварне површине одељења на којој је планирана сеча. Изградња тракторских влака није планирана у деловима одељења где нема сече. Ови делови одељења представљају заштићене и стрме површине, семенске састојине, узурпирани површине и подручја око водних токова. Уобичајено је да је површина одељења на којима се планира изградња влака мања од укупне површине одељења, те је због тога код одређивања релативне отворености секундарном мрежом путева рачунато са умањеном површином одељења. На овај начин су створени услови за тачно одређивање апсолутне и релативне отворености секундарном мрежом путева. За одређивање процента отворености површине секундарном мрежом путева примењен је модификовани систем процене (Pісman *et al.*, 2011).

Нагиб терена утиче на положај, облик и густину мреже тракторских влака. У зависности од тога да ли је кретање скидера могуће непосредно по терену, или је за кретање трактора потребно изградити тракторске влаке одређеног нагиба или примена скидера при привлачењу уопште није могућа, вредности нагиба су подељене у следеће интервале: 0-25%, 25-35%, 35-60% и преко 60%.

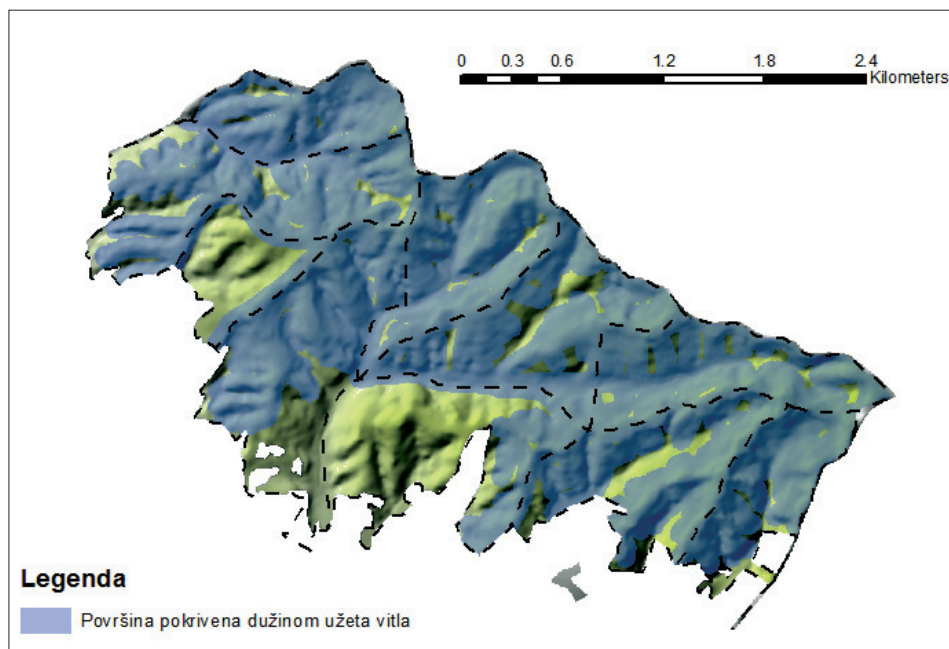
Величина површине и дужина тракторских влака одређена је унутар сваког интервала.

3. РЕЗУЛТАТИ

Површине са којих је могуће извршити привлачење дрвних сортимената на тракторске влаке ужетом витла дужине 60 *m*, као и површине које су изван домета ужета витла, приказане су на дигиталном моделу терена истраживане површине (Слика 2). Заштићене и стрме површине, семенске састојине, узурпације и подручја око водних токова нису покривене мрежом влака.

Укупна редукована површина одељења на којима се планира изградња влака износи 641,05 *ha*.

Апсолутна отвореност шума секундарном мрежом путева у зависности од одељења креће се од 74,06 *m/ha* до 130,67 *m/ha*, а релативна од 82,62% до 96,37% (Табела 1) и класификована је као веома добра и одлична (Табела 2).



Слика 2. Зоне привлачења витлом
 Figure 2. Zones of skidding with a winch

Табела 1. Апсолутна и релативна отвореност у односу на умањену површину одељења
 Table 1. Absolute and relative openness compared to the reduced compartment surface area

Одељење Compartment	Умањена површина Reduced area (ha)	Релативна отвореност Relative openness (%)	Апсолутна отвореност Absolute openness ($m \cdot ha^{-1}$)
4/1	49,74	95,46	119,52
4/2	100,56	82,62	91,47
6	88,88	84,95	127,19
7	73,41	96,37	103,02
8	90,03	87,09	101,81
9/1	71,23	92,48	130,67
9/2	32,00	92,99	74,06
10	81,98	83,22	98,94
11	53,22	88,38	103,87
Укупно Total	641,05	-	-

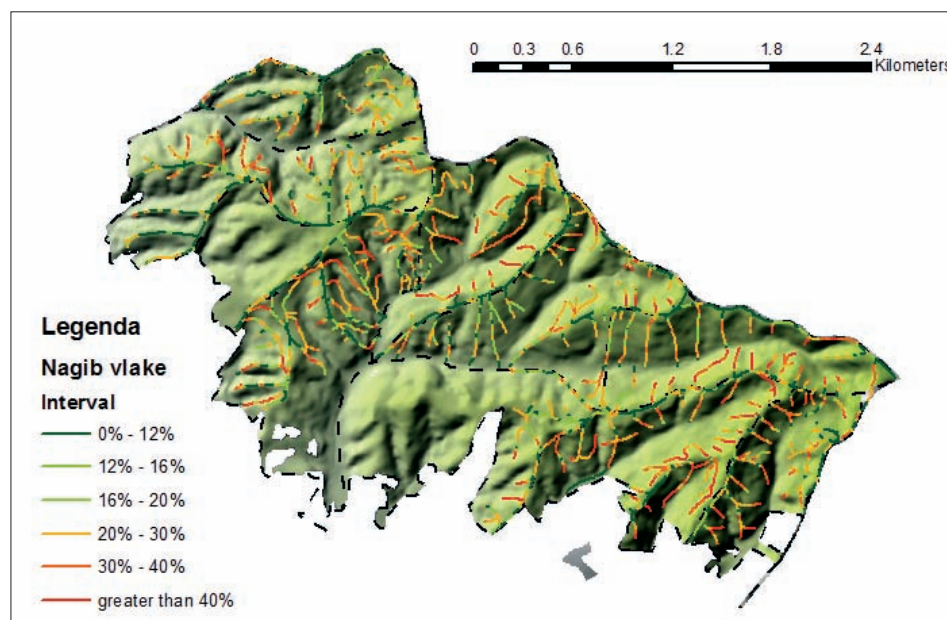
У табели 2 приказана је класификација релативне отворености шума секундарном мрежом путева (Pentek *et al.*, 2008).

Табела 2. Класификација релативне отворености
Табле 2. Classification of relative openness

Отвореност Openness (%)	Оцена отворености Mark of openness	Опис отворености Description of openness
< 60	1	Недовољна
60 - 70	2	Слаба
70 - 80	3	Добра
80 - 90	4	Врло добра
> 90	5	Одлична

Нагиб тракторских влака анализиран је унутар шест дефинисаних интервала (Слика 3).

У табели 3 приказана је укупна дужина тракторских влака и њихова заступљеност унутар дефинисаних интервала. Учешће тракторских влака у дефинисаним интервалима је показатељ потенцијалних опасности од настанка ерозије.

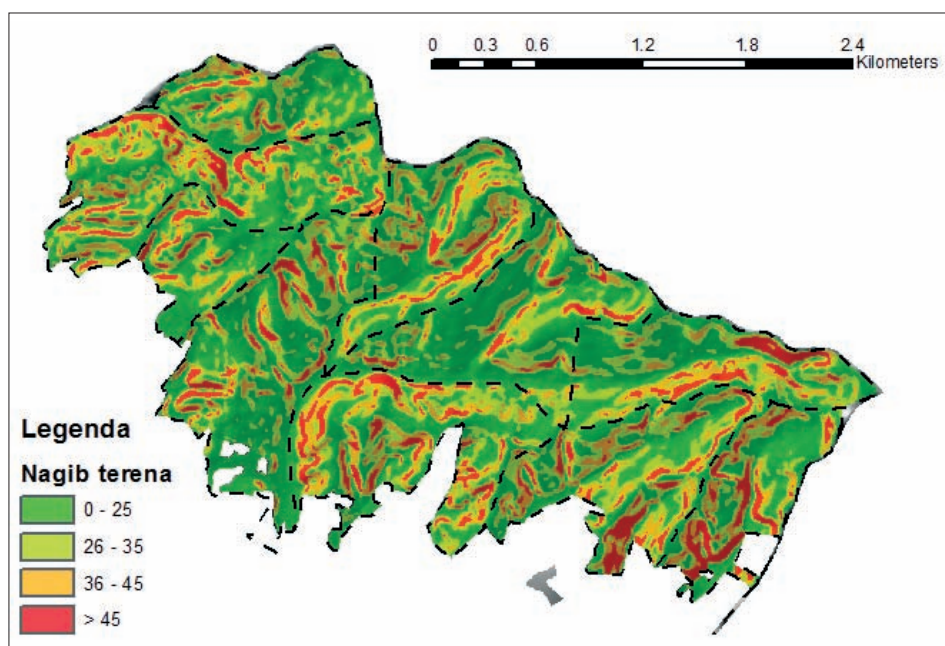


Слика 3. Нагиб тракторских влака
Figure 3. Slopes of skid roads

Табела 3. Дужина тракторских влака унутар дефинисаних интервала (класа)
 Table 3. Length of skid roads within the defined interval (class)

Нагиб тракторских влака Slopes of skid roads (%)	Укупна дужина Total length (M)	Процент Percentage (%)
0 – 12	16395,84	24,22
12 – 16	8675,37	12,81
16 – 20	9066,45	13,39
20 – 30	17844,03	26,36
30 – 40	9966,49	14,72
>40	5751,82	8,5
Укупно Total	67700	-

Укупна дужина тракторских влака износи 67,7 km, од чега 59,6 km отпада на постојеће тракторске влаке изграђене при ранијим сечама, док 8,09 km или 12% представљају новопроектване влаке. На око 2/3 анализиране површине привлачење се обавља узбрдо а на око 1/3 површине низбрдо.



Слика 4. Нагиб терена
 Figure 4. Terrain slope

Од укупне дужине анализираних влака, 24% се налази унутар интервала нагиба у коме је у перспективи могућа конверзија у камионске путеве, док 37% одговара максималном нагибу са еколошког становишта. Истовремено, 8,5% или 5,7 km анализираних влака има нагиб већи од 40%. Ако се упореди нагиб тракторских влака са нагибом терена, долазимо до закључка да је изградња влака са нагибима већим од 20% резултат лошег планирања.

На слици 4 приказан је нагиб терена по интервалима. Подела нагиба терена према датим интервалима усклађена је са могућностима примене трактора, као и потребе за изградњом тракторских влака (Слика 4).

Просечни нагиб терена је од 22,7% до 29,3%, а за читаву анализирану површину износи 26,4%. Овакав нагиб терена је повољан за изградњу тракторских влака уз мала улагања и мали еколошки утицај. Како више од 75% укупне анализираних површине има нагиб мањи од 35%, не постији потреба за изградњом влака на стрмијим деловима одељења (Табела 4). Нагиб терена већи од 60% заузима свега 1,29% редуковане површине. На оваквим нагибима терена изградња влака није добро решење, па се углавном препоручује примена жичара у I фази транспорта.

Табела 4. Дужина тракторских влака изграђених унутар дефинисаних класа нагиба терена
Table 4. Length of skid roads built within the defined slope classes

Класе нагиба терена Slope classes (%)	Површина Area (ha)	Дужина тракторских влака Length of skid roads (m)
0 – 25	324,37	41412,5
25 – 35	164,11	16430,5
35 – 60	144,24	9428,53
>60	8,33	427,91
Укупно Total	641,05	67700

На веома стрним и нестабилним теренима све врсте сеча су искључене, а вегетација на њима има превасходно заштитну функцију.

Због карактеристичне конфигурације терена истраживаног подручја, главне тракторске влаке су положене по гребену, док се влаке другог и трећег реда одвајају од њих најчешће у максималном нагибу формирајући на тај начин неправилни облик рибе кости.

4. ДИСКУСИЈА

Апсолутна и релативна отвореност варирају у зависности од услова терена. Укључујући све факторе вазане за карактеристике састојине и терена, произилази

да је у свим одељењима густина секундарне мреже влака одговарајућа за примену зглобних трактора са витлом без потребе продужења наведене максималне дужине ужета витла. Апсолутна отвореност није најбољи показатељ реалних услова и облика секундарне мреже шумских путева. У појединим случајевима, већа дужина тракторских влака у одељењу, односно већа апсолутна отвореност, не значи и већу релативну отвореност и обрнуто. У шест од укупно девет одељења који су били предмет анализе, апсолутна отвореност се налази у интервалу од 100-200 $m \cdot ha^{-1}$, односно то је отвореност коју предлаже Јелиčić (1983). Просечна апсолутна отвореност за целокупну истраживану површину износи 105,5 $m \cdot ha^{-1}$ и такође се налази у предложеном интервалу.

При сечи у скупинасто-пребирном систему газдовања обично је потребна већа густина мреже тракторских влака.

У случајевима где се на стрмим теренима предвиђа сеча стабала, тракторске влаке је потребно положити са што мањим могућим нагибом, а привлачење сортимената са таквих делова извршити помоћу витла. Уколико то није могуће, такве делове одељења је потребно изоставити, тј. транспорт сортимената треба обавити на други начин. У овом случају се ради о површини мањој од 10%.

Последњих година све више је површина под шумама које су издвојене из редовног газдовања. То су подручја уз главне водотоке, површине од посебног значаја за очување угрожених врста, нестабилни терени на којима се могу појавити клизишта и др.

На овим површинама активности (сеча, изградња шумских комуникација и др.) су сведене на минимум или су потпуно забрањене.

Шумски путеви су један од главних извора повећане количине седимената у водотоцима (Eliot *et al.* 1999). Аутори наводе да је ерозија земљишта производ интеракција између земљишта, климе, топографије, вегетације и изграђене путне инфраструктуре.

На теренима нагиба од 35-60% изградња тракторских влака је захтеван грађевински подухват, док нагиб терена од 60% представља горњу границу оправданости изградње тракторских влака због чега је пожељна примена жичаних система (Ljubojević, 2010). Примена жичара на теренима нагиба већим од 60% је препорука већине аутора, образлажући то високом ценом коштања изградње влака и израженим утицајем на екосистем, односно на појаву ерозије. На бази истраживања оптимизације путне инфраструктуре извршених у Аустрији у условима где 22% терена има нагиб већи од 60%, препорука је да се I фаза транспорта дрвета на 19% површине обави жичарама (Ghafragiya *et al.* 2010). Транспорт дрвне масе жичаром је скупљи од привлачења дрвне масе тракторима на оним теренима на којима се може користити трактор. За економичну примену жичаре потребно је извршити оптимизацију локације стоваришта. Трошкови транспорта жичаром поред осталог зависе од сечиве запремине, максималне носивости жичаре и профила терена (Chung *et al.* 2001).

Како су камионски путеви углавном положени у долинама водотока, општи смер привлачења би требао да буде низбрдо. Међутим, настојањем да се смањи утицај на шумски простор и квалитет воде, са већег дела анализираних површина привлачење треба обавити узбрдо. Из ових разлога, средња транспортна дистанца је повећана често и неколико пута.

Поред тога, дневни учинак трактора је знатно мањи (Zečić *et al.* 2010, Odhiambo, 2010).

5. ЗАКЉУЧЦИ

На бази извршених анализа изведени су следећи закључци:

- У свим анализираним одељењима, изграђена је довољно густа мрежа тракторских влака која омогућава примену зглобних трактора са витлом у фази привлачења дрвета.
- Добијене вредности апсолутне и релативне отворености показују да густина и распоред секундарне мреже одговарају примени скидера са ограниченим дохватом ужета витла.
- У одређеним случајевима нивелета тракторских влака има максималне дозвољене вредности, што може да доведе до појаве ерозије.
- Од укупне дужине анализираних влака, 24% се налази унутар интервала нагиба у коме је могућа конверзија у камионске путеве, док 37% одговара максималном нагибу са еколошког становишта
- Просечни нагиб терена је повољан за изградњу тракторских влака уз мала улагања и мали еколошки утицај.
- У деловима одељења где се на стрмим теренима предвиђа сеча стабала, тракторске влаке је потребно положити са што мањим нагибом, а привлачење сортимената са таквих делова извршити помоћу витла.
- Настојањем да се смањи утицај на земљиште и квалитет воде, са одређеног дела анализираних површина привлачење треба обавити узбрдо.

ЛИТЕРАТУРА

- Akbarimehr M., Naghdi R. (2012): *Reducing erosion from forest roads and skid trails by management practices*, Journal of Forest Science, 58 (4) (165-169)
- Bojanin S. (1983): *Faktori optimalne otvorenosti šuma kod sekundarnog otvaranja*, Mehanizacija šumarstva 11-12 (8), Zagreb (322-325).
- Bajrić M., Pičman D., Sokolović Dž., Gurda S. (2011): *Conversion of skid trails with longitudinal slope up to 12% into truck access roads*, Works of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo 1, Sarajevo (85-100).
- Ghaffariyan M. R., Stampfer K., Sessions J., Durston T., Kuehmaier, M., Kanzian C. H. (2010). *Road network optimization using heuristic and linear programming*, Journal of Forest Science, 56 (3) (137-145)

- Ghaffarian M., R., Sobhani H. (2008): *Optimum road spacing of ground based skidding operations in Nowshahr, Iran*, Caspian Journal of Environmental Sciences 6(2) (105-112)
- Elliot W. J., Foltz B. R., Luce H. C. (1999). *Modeling Low-Volume Road Erosion*, Transportation research record 1652. Vol.2 (244-249)
- Hayatti E., Majnounian B., Abdi E. (2012): *Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impact*. Forest 5 (121-125) – doi: 10.3832/ifor0610-009
- Jeličić V. (1977): *Otvaranje sječina sekundarnom mrežom šumskih puteva u šumama bukve, jele i smrčce*, Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu 21 (1-2), Sarajevo (65-97)
- Jeličić V. (1979): *Otvaranje sječina sekundarnom mrežom šumskih puteva u borovim i hrastovim šumama*, Radovi Šumarskog fakulteta u Sarajevu 22, Sarajevo (91-122)
- Jeličić V. (1971): *Mreže šumskih puteva – planiranje i određivanje gustoće*. Jugoslovenski poljoprivredno šumarski centar 71 (38)
- Jeličić V. (1983): *Otvaranje šuma primarnom i sekundarnom mrežom šumskih puteva*, Mehanizacija šumarstva 8 (11-12), Zagreb (1-19).
- Lotfalian M., Daliri HS., Hosseini S. A., Kooch Y., Zadeh G. (2012): *Determination of most allowable slope of strip road for skidder Timberjack 450C*, International Journal of Science and Nature 3 (3) (502-506)
- Ljubojević S. (2010): *Principi otvaranja šuma u zavisnosti od uslova terena i načina prirodne obnove*. Agencija za šume Republike Srpske. Seminar na temu: Sistemi gazdovanja u šumarstvu i njihova praktična primjena (39-50)
- Najafi A., Solgi A., Sadeghi S. H. (2010): *Effects of skid trail slope and ground skidding on soli disturbance*, Caspian Journal of Environmental Sciences 8 (1), Zagreb (13-23).
- Olsen, E. D., Gibbons, D. J. (1983): *Predicting skidder productivity: A mobility model*. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis. Research Bulletin 43 (19)
- Odhambo B. O. (2010): *The use of time study, method study and GPS tracking in improving operational harvest planning in terms of system productivity and costs*, Master of Science Thesis, University of Stellenbosch
- Pentek T., Nevečerel H., Poršinsky T., Pičman D., Lepoglavec K., Potočnik I. (2008): *Methodology for development of secondary forest traffic infrastructure cadastre*, Croatian Journal of Forest Engineering 29 (1), Zagreb (75-83).
- Pičman D., Pentek T., Nevečerel H., Papa I., Lepoglavec K. (2011): *Possibilities of application of relative openness in secondary forest opening of slope forests in Croatia*, Croatian Journal of Forest Engineering 32(1), Zagreb (417-427).
- Sessions J. (2007): *Harvesting operations in the Tropics*. Tropical Forestry, Springer-Verlag
- Chung W., Sessions J., Heinimann H. R. (2001). *Optimizing of cable harvesting equipment placement and road location using digital terrain models*, FAO workshop, Austria (253-258)
- Zečić Ž., Vusić D., Prka M., Klepac S., (2010): *Uticaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama*, Šumarski list 3-4, Zagreb (103-114).

Milorad Danilović
Darko Ljubojević

FOREST OPENING WITH A SECONDARY ROAD NETWORK

Summary

Phase 1 of timber transport in the forests of the Republic of Srpska is mainly performed using the skidders LKT - 81T and Timberjack 240C, and their effectiveness depends, among other things, on the density of the forest road network. Skidding to a skid road is performed using a winch, and after that using a skidder along the skid road to a truck road. Maximum distance between the skid roads is 130 meters, and the density of skid roads, i.e. density of the skid road network is 77 m/ha^{-1} . In the group-selection management system, which is typical for the Republic of Srpska forestry, skid roads should open forests, so that all parts of stands with anticipated groups on larger areas are involved. The aim of this study was to investigate the position and density of a network of skid roads in the group-selection management system. This paper presents analyses of the slope of skid roads and their lengths within the defined slope intervals, relative openness of the secondary road network and the length and slope of skid roads constructed within defined terrain slope classes.

The research was conducted in the economic unit Prosara in the north west of the Republic of Srpska. The openness of this economic unit with a primary road network is 8.44 m/ha^{-1} .

The total length of skid roads in the analyzed compartments is 67.7 km , of which 59.6 km are the existing skid roads constructed during past fellings, while 8.09 km or 12% are newly designed skid roads. Due to the location of truck roads, skidding is performed uphill on about 2/3 of the analyzed area and downhill on about 1/3 of the analyzed area. Adhering to the general guidelines, the slope of skid roads was analyzed within six predefined intervals: 0-12%, 12-16%, 16-20%, 20-30, 30-40 and over 40%.

Depending on the ability to move skidders and the need for skid road construction the terrain slope was divided into the following intervals: 0-25 %, 25-35%, 35-60 % and over 60%.

Relative openness with a secondary forest road network ranged from 82.62% to 96.37% and was classified as very good and excellent.

Considering all factors related to stand and terrain characteristics, it appears that in all compartments, the density of the secondary network of skid roads is adequate for the application of a skidder with a winch, without extending above the maximum length of the winch rope. In six out of nine analyzed compartments, absolute openness ranged from 100 to 200 m/ha^{-1} .

Out of the total length of analyzed skid roads, 24% was within the slope interval in which future conversion to truck roads is possible, while 37% was the maximum slope from the ecological point of view.

Terrain slope in the studied compartments is suitable for skid road construction with low investment and small environmental impact. The main skid roads were constructed along the ridge, while the secondary and tertiary skid roads most often separated from them at the maximum slope forming an irregular fish bone shape.

Since truck roads extend along river valleys for most of their length, the general skidding direction should be downhill. However, in order to exert efforts to reduce the impact on the forest area and water quality, skidding in most of the analyzed areas should be performed in uphill direction.