

# Morfološke i proizvodne značajke traktora Ecotrac 120V

Dubravko Horvat, Željko Zečić, Marijan Šušnjar

## Nacrtak

*U radu su prikazani rezultati morfološke raščlambe hrvatskoga skidera ECOTRAC 120V te istraživanja njegovih proizvodnih značajki pri privlačenju drva iz brdskih oplodnih i gorskih prebornih sječa. Morfološkom su raščlambom utvrđene ovisnosti između morfoloških značajki skidera ECOTRAC 120V te ustanovljena njegova pripadnost obitelji skidera. Ispitivani se skider odlikuje malom širinom s obzirom na duljinu, zbog potrebe njegova kretanja pri privlačenju drva na izgrađenim trakorskim putovima ukupne širine do 2,5 m, te većom snagom motora u odnosu na masu skidera. Ova razmatranja ukazuju na opravdanost morfoloških raščlambi jer se mogu uočiti smjerovi razvoja strojeva te načini pronalazjenja konstrukcijskih rješenja za zadovoljavanje zahtjeva njihove uporabe.*

*Usporedbom dvaju radilišta pri istraživanju proizvodnosti skidera vidljivo je da proizvodnost najviše ovisi o sječnoj gustoći (vrijeme rada u sječini) i brzini privlačenja te da značajna razlika u veličini tovara, u ovome slučaju, nije ključni čimbenik proizvodnosti privlačenja drva.*

*Ključne riječi: skider ECOTRAC 120V, morfološka raščlamba, privlačenje drva, dnevni učinak, troškovi*

## 1. Uvod

U prigorskim i brdskim šumama u Hrvatskoj za privlačenje drva iz oplodnih i prebornih sječa najviše se rabe kotačni skideri opremljeni šumskim vitlom. Sličnost se između oplodnih i prebornih sječa u prigorskim i brdskim šuma ogleda u podjednakim dimenzijama stabala, pa su pri privlačenju izrađenih drvnih sortimenata primjenjive istovrsne metode i slična tehnika. Krpan i dr. (2003), analizom godišnjega etata hrvatskoga šumarstva prema vrsti sječe i uvjetima terena, dolaze do količine od 1,4 mil. m<sup>3</sup> drvnih sortimenata koji se privlače velikim skiderima iz oplodnih i prebornih sječa u prigorskim i brdskim šumama.

Danas u Hrvatskoj trenutačno radi oko 300 skidera u vlasništvu poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb te oko 100 skidera (procjena) u vlasništvu privatnih poduzetnika. Od toga je broja preko 100 prorednih, mase ispod 4 t, koji su razvijeni i proizvedeni u Hrvatskoj. Preostalih je oko 300 skidera mase preko 7 t uvoznih, koji se rabe za privlačenje drva većih dimenzija iz glavnoga prihoda.

Temeljem potreba hrvatskoga šumarstva za ovakvim načinima privlačenja drva, sadašnjega broja ski-

dera i mogućnosti proizvodnje tvornice »Hittner« d.o.o. nastala je ideja o razvoju domaćega skidera mase preko 7 tona. U projekt razvoja i proizvodnje novoga skidera u okviru razvojnih projekata Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa Republike Hrvatske uključeni su, uz proizvođača, i šumarski stručnjaci i djelatnici Šumarskoga fakulteta kako bi znanjem i iskustvom ustanovili temeljne tehničke i tehnološke zahtjeve za konstrukciju skidera. Osnovna je zamisao da novonastali skider bude u potpunosti pogodan zahtjevima izvođenja radova privlačenja drva u šumama u Hrvatskoj.

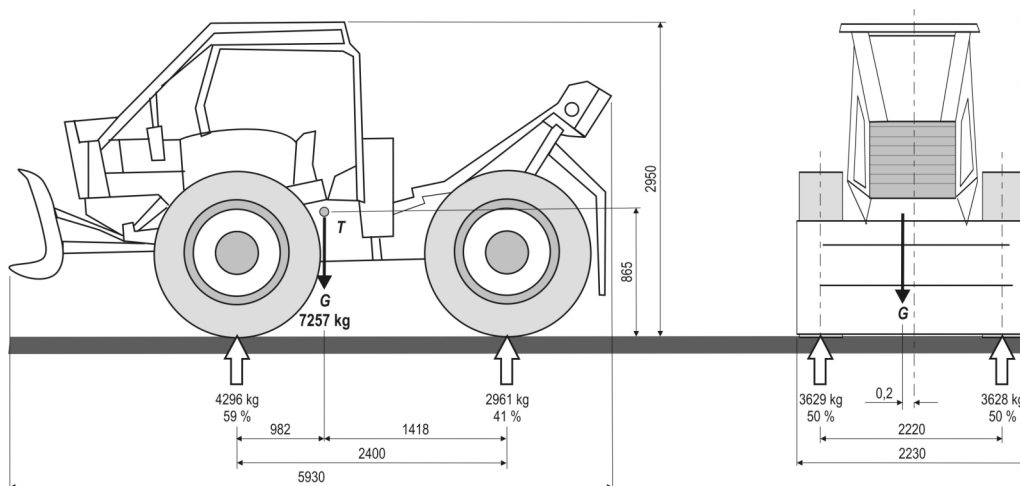
Cilj je rada morfološkom raščlambom temeljnih dimenzijskih značajki ustanoviti pripadnost novoga skidera familiji skidera te studijem rada i vremena njegovu proizvodnost, i to na dvama karakterističnim radilištima pri privlačenju drva iz oplodne i preborne sječe.

## 2. Skidder ECOTRAC 120V

Osnovne su dimenzije i raspored masa skidera ECOTRAC 120V prikazane na slici 2 (Horvat i Šušnjar 2005). Masa skidera s vozačem iznosi 7257 kg (59 %



Slika 1. Skider ECOTRAC 120V



Slika 2. Dimenzije i raspored masa skidera ECOTRAC 120V

na prednjoj osovini te 41 % na stražnjoj). Najveća dopuštena masa na zadnjoj osovini skidera iznosi 6000 kg.

Motor je skidera dizelski, nazivne snage 84 kW. Vitlo je dvobubanjno, nazivne vučne sile od 80 kN. Vučno je užje promjera 14 mm, duljine po bubnju 70 m. Vitlo ima hidraulični pogon, a upravljanje je elektrohidraulično. Zadnja je daska prihvatna, zaštitna i sidrena, s mogućnošću podizanja i spuštanja pomoću dvaju hidrauličnih cilindara.

### 3. Metode istraživanja

Morfološkom raščlambom utvrđuju se trenutačno stanje, svojstva i zakonitosti, ali i mogući tijek razvoja strojeva u šumarstvu. Na temelju izabranih geometrijskih, masenih i drugih veličina izražavaju se ovisnosti i donosi sud o valjanosti izbora stroja. Rezultati provedenih raščlambi služe šumarskim stručnjacima pri odabiru novih strojeva, pri određivanju najpovoljnije uporabe strojeva u raznim radnim uvjetima

ili za određivanje parametara pri konstrukciji novih strojeva.

Bekker (1956) provodi jednu od prvih morfoloških raščlambi vozila za kretanje izvan putova, iznoseći mišljenje kako će objekt koji se kreće u nekom mediju poprimiti oblik koji pruža najmanji otpor kretanju. S toga se stajališta morfološka analiza može učiniti ne samo za iskaz dostignute razine dimenzijskoga razvoja vozila ili za traženje položaja nekoga vozila u skupu sličnih već i za procjenu budućega razvoja.

Sever (1980) morfološkom raščlambom uspoređuje šumske zglobne traktore s vitlom s adaptiranim poljoprivrednim traktorima, nedvojbeno utvrdivši kako se skideri mogu svrstati u poseban skup/obitelj vozila koja ima svojstvene morfološke značajke. Sever i Horvat (1985) pri izradbi projektnoga zadatka za srednji skider upotrebljavaju rezultate morfološke analize. Isti autori (1992B) analiziraju temeljne morfološke značajke raznih šumskih vozila. Iznose mišljenje kako se ovakvim podacima mogu služiti konstruktori pri konstrukciji vozila i šumarski stručnjaci pri njihovu izboru.

Cijela zamisao ove analize zasniva se na korelacijskoj ovisnosti između pojedinih parova morfoloških značajki skidera te usporedbi položaja ECOTRAC 120 V unutar cijele obitelji (skupine) skidera. Za potrebe morfološke analize preuzete su poznate baze podataka (Sever i Horvat 1992A, Sever i Horvat 1992B, Sever i Horvat 1997, Horvat i dr. 2002), koje su nadopunjene s podacima iz baza podataka nekih značajki šumskih strojeva Odjela za šumsku tehniku šumarskoga istraživačkoga instituta austrijskoga ministarstva poljoprivrede i šumarstva (FBVA 2003). Ukupno baza podataka sadrži 91 tip skidera.

Odabrano je devet osnovnih morfoloških značajki za skidere iz baze podataka, od toga pet osnovnih značajki (duljina  $L$ , širina  $B$ , visina do krova kabine  $H_C$ , masa  $m$ , snaga motora  $P$ ) te tri izračunate značajke (indeksi oblika  $H_C/L$  i  $W/L$ , jedinična masa  $g_m$ ). Ako se vozilo prikaže u obliku prizme, tada omjeri  $H/L$  (visina/duljina) i  $B/L$  (širina/duljina) iskazuju važne obujamske značajke i nazivaju se indeksima oblika. Za vozila koja pripadaju istoj obitelji, indeksi oblika najvažnije su značajke kojima se ona opisuju i služe kao početna obavijest o proučavanom vozilu i njegovu svrstavanju u već poznatu obitelj vozila.

Podaci su tablično razvrstani u računalnoj datoteci, tako da su lako dostupni za određivanje mogućih ovisnosti. Korelacijske su ovisnosti između određenih morfoloških značajki skidera napravljene pomoću računalnoga programa REG.EXE (Hitrec i Horvat 1987). U prikazima ovisnosti između morfoloških značajki skideri su podijeljeni u dvije osnovne kategorije s obzirom na masu: srednje skidere (mase do

5000 kg) i skidere mase preko 5000 kg. Navedenu podjelu skidera s obzirom na masu iznose Horvat i Sever (1995) te Horvat (1996).

Pri privlačenju drva skiderom ECOTRAC 120V na dvama radilištima povratnom metodom kronometrije mjereni su utrošci vremena radnih operacija i zahvata te proveden studij rada i vremena skidera. Primijenjena je standardna snimačka oprema. Odgovarajućim su metodama prikupljeni pomoćni mjerni i opisni podaci. Matematičko-statistička je obrada podataka provedena pomoću standardnih PC paketa, a obrada podataka pomoću računalnoga programa *Statistica 7*.

#### 4. Istraživana radilišta

Istraživanje proizvodnosti provedeno je na dvama radilištima: na području Šumarije Đurđevac, GJ »Đurđevačka Bilogora«, odjel 64a, i na području Šumarije Senj, GJ »Senjsko bilo«, odjel 24a. Na radilištima su vremenski odvojene faze sječe i izradbe stabala od privlačenja drva. Podaci u tablici 1 pokazuju različitost sastojinskih, reljefnih i tehnoloških značajki radilišta. Na radilištu Šumarije Đurđevac obavljen je pripremni sijek, a na radilištu Senj preborni sijek u sastojini s pretežitim udjelom bukve. Pri privlačenju drva skideri su se kretali po vlakama.

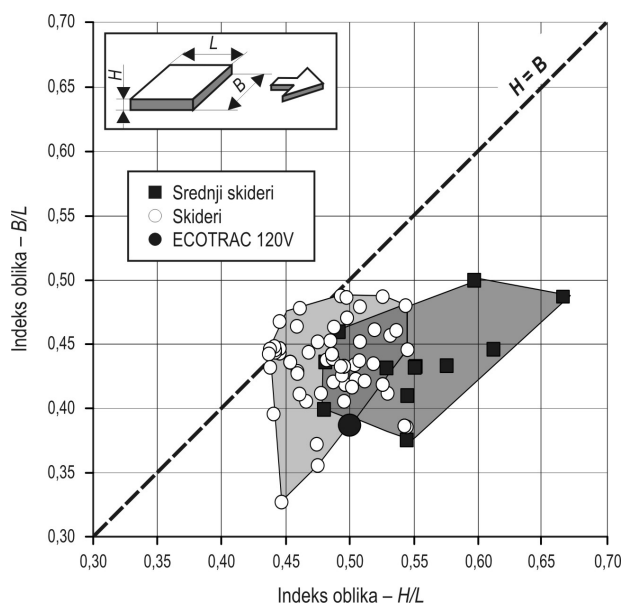
Tablica 1. Značajke radilišta

Šumarija	Đurđevac	Senj
Vrsta sječe	Pripremni sijek	Preborni sijek
Teren	Brdovit	Planinski
Nadmorska visina, m	185–245	960–1155
Nagib vlaka	+4 %	– 9,6 %
Stanje tla	Vlažno	Vlažno
Vrsta drva	Hrast (4,3 %) Bukva (35,1 %) OTL (60,6 %)	Bukva (84,3 %) Jela (15,7 %)
Prosječni obujam stabla, m <sup>3</sup>	0,52	1,59
Sječna gustoća, m <sup>3</sup> /ha	128,11	46,05
Metoda izradbe drva	Sortimentna	Poludeblovna
Srednja udaljenost privlačenja, m	257	335

#### 5. Rezultati istraživanja

##### 5.1 Morfološka raščlamba

Morfološkom su raščlambom utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki skidera ECOTRAC 120V te ustanovljeni njegova pripadnost i položaj unutar cijele obitelji (skupine) skidera.

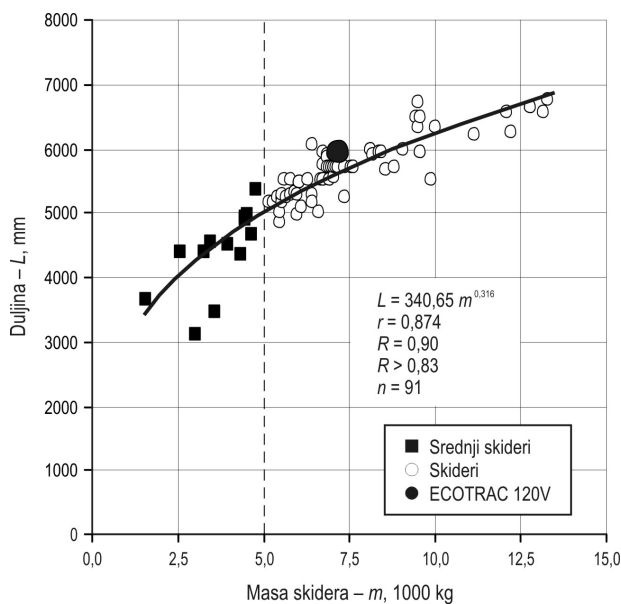


Slika 3. Indeksi oblika

Na slici 3 prikazan je odnos indeksa oblika obitelji skidera. Vidljivo je da se većina vrijednosti indeksa oblika nalazi ispod pravca  $H = B$ , tj. nalaze se u području gdje visina prevladava nad širinom vozila. Općenito kod traktora koji se rabe za privlačenje drva (nadograđeni poljoprivredni traktori, zglobovi traktori s vitlom, forvarderi), karakteristično je da se indeksi oblika nalaze u području ispod pravca  $H = B$ . Ta je značajka uvjetovana potrebom za velikom pokretljivošću pri radu u šumskim sastojinama. Manje širine vozila omogućuju lakši pristup do izrađenih drvnih sortimenta kao i manje gaženje šumskoga tla i oštećivanje dubećih stabala. Skupina se srednjih skidera pomiče u desnu stranu prema smjeru većih visina vozila s obzirom na njihovu duljinu.

Odnos se indeksa oblika skidera ECOTRAC 120V nalazi na samom rubu polja skidera te se odlikuje pogodnom malom širinom vozila s obzirom na duljinu. Razlog njegova položaja zasniva se na samim zahtjevima šumarske struke pri konstrukciji ovoga skidera. Traktorski su putovi u brdskim i gorskim predjelima Hrvatske namijenjeni za promet traktora za privlačenje drva ukupne širine do 2,5 m (Pičman i Pentek 2003) te se pri konstrukciji vodilo računa o zadovoljavanju zahtjeva šumarske struke kako bi se gabaritne dimenzije skidera uklopile u zadane širine izgrađenih traktorskih vlaka. Ukupna širina skidera iznosi 2230 mm, što uz ukupnu duljinu od 5930 mm daje niski indeks oblika  $B/L$  (širina / duljina) od 0,38.

Masa se skidera smatra bitnom morfološkom značajkom. Iako se veća masa smatra u pravilu nepovoljnom, kod skidera i ostalih vozila za privlačenje drva masa ima šire eksploatacijsko značenje jer pri



Slika 4. Ovisnost duljine o masi skidera

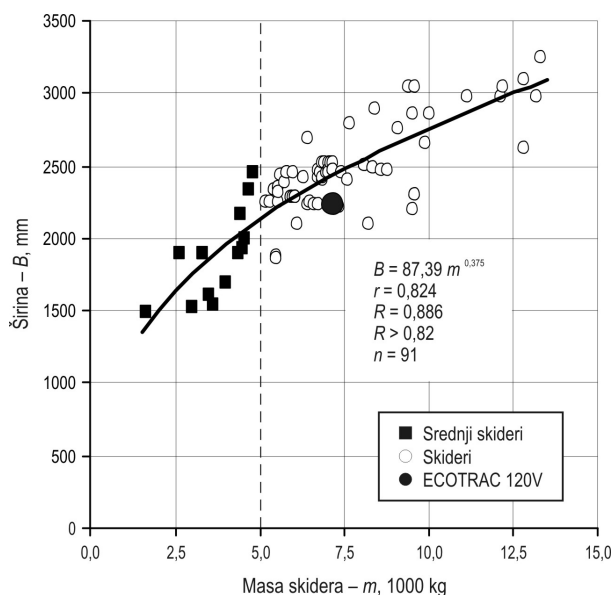
privlačenju drva zajedno s dijelom mase vučenoga tereta tvori adhezijsko opterećenje te time omogućuje ostvarivanje prijenosa obodne sile s kotača na tlo (Sever i Horvat 1985). No, s druge strane veća se masa skidera smatra nepovoljnom zbog većega otpora kotrljanja te većega pritiska kotača na tlo, zbog čega se šumsko tlo oštećuje.

Usporedba gabaritnih dimenzija skidera s masom prikazana je na slikama 4, 5 i 6, pri čemu su pri utvrđivanju ovisnosti odabrane eksponencijalne regresijske jednadžbe izjednačenja zbog činjenice da za gabaritne dimenzije postoji neka granična vrijednost (asimptotska) određena ili zakonskim propisima ili tehnološkim zahtjevima. Ustanovljeni su vrlo jaki koeficijenti regresije i korelacije za utvrđene ovisnosti duljine, širine i visine skidera s obzirom na masu.

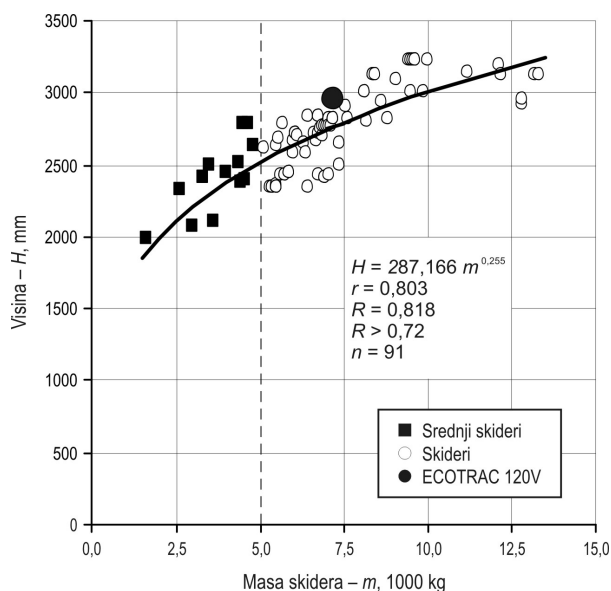
Na slikama 4 i 5 zapaža se da duljina raste brže s masom nego širina. Ta se pojava objašnjava navedenim ograničenjem širine skidera zbog širine traktorskih putova te zahtjevima rada u šumi za što užim vozilima radi smanjivanja oštećivanja dubećih stabala. Rast je duljine skidera s povećanjem mase nepovoljan sa stanovišta njegove kretnosti u šumskim sastojinama jer veća duljina podrazumijeva veći krug okretanja skidera te time njegovu manju pokretljivost. Ipak, nepovoljni trend povećanja duljine skidera s masom može se donekle ublažiti zglobovim upravljanjem, gdje se sa središnje postavljanim zglobovom može ostvariti manji krug okretanja unatoč relativno velikom međuosovinskom razmaku ili ukupnoj duljini.

Proučavani se skider nalazi u prikazanim ovisnostima u blizini krivulja izjednačenja promatranih ovis-





Slika 5. Ovisnost širine o masi skidera



Slika 6. Ovisnost visine o masi skidera

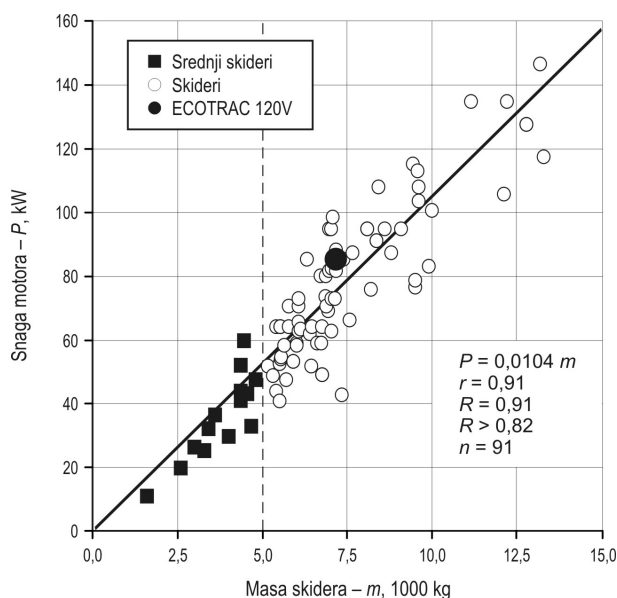
nosti gabaritnih dimenzija prema masi, te se može tvrditi da pripada potpuno u obitelj i skupinu skidera. Širina se nalazi ispod krivulja izjednačenja, a razlog je njegove manje širine objašnjen usuglašavanjem zahtjeva šumarske struke i konstrukcijskih rješenja. Duljina i visina skidera nalaze se iznad krivulja izjednačenja. Veća je duljina uzrokovana konstrukcijom prednje odzivne daske koja se pokreće pomoću dvaju hidrauličnih cilindara dugoga hoda, što omogućuje velik luk njezina pokretanja, te konstrukcijom zadnje daske za sidrenje. Ukupna je visina veća od prosjeka jer je definirana kao udaljenost od

tla do najviše točke skidera, koja je kod ovoga skidera predstavljena vršnim rubom ispušne cijevi koja se izdiže iznad krova kabine radi zadovoljavanja sigurnosnih zahtjeva normi ISO za uklanjanje mogućnosti ulaska ispušnih plinova u kabinu.

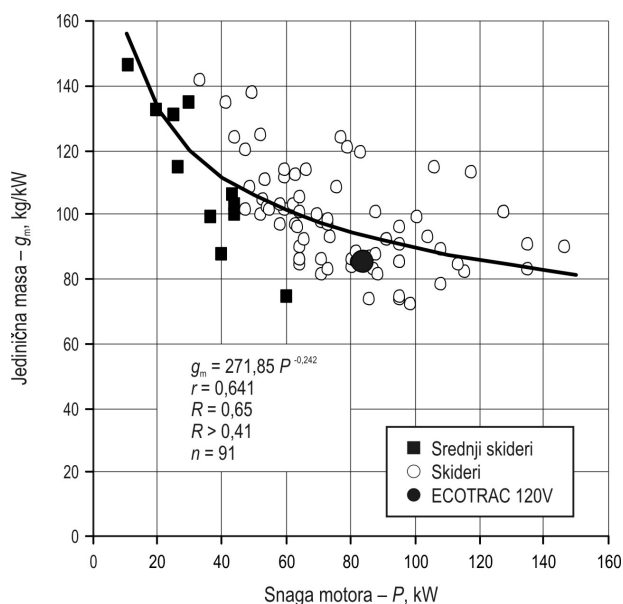
Analiza ovisnosti snage pogonskoga motora o masi značajna je sa stanovišta razdvajanja skidera kao obitelji vozila u odnosu na adaptirane poljoprivredne traktore. Odnos snage motora i mase vozila može se tumačiti kao veličinu snage motora koju može nositi jedinica mase vozila. Sever (1980) zaključuje da je jedinična snaga skidera mnogo manja nego adaptiranih poljoprivrednih traktora. Autor navedenu pojavu objašnjava konstrukcijom skidera s većim koeficijentom sigurnosti zbog otežanih uvjeta rada pri privlačenju drva. Isto tako brzine su rada traktora u poljoprivrednoj proizvodnji veće od brzina kojima skideri privlače drvo.

Prikazom navedene ovisnosti samo za obitelj skidera ustanovljena je vrlo jaka linearna ovisnost snage motora o masi (slika 7). S povećanjem mase skidera linearno se povećava snaga pogonskoga motora, pri čemu se može zaključiti da 100 kg mase skidera približno »nosi« 1 kW snage pogonskoga motora.

Ispitivani skider ECOTRAC 120V nalazi se iznad linije izjednačenja zbog snage pogonskoga motora od 84 kW, što uz masu od 7257 kg znači da 100 kg mase skidera nosi 1,16 kW snage pogonskoga motora, tj. skider ima jediničnu snagu od 11,6 kW/t te jediničnu masu od 86,4 kg/kW. Povećana je snaga motora izišla iz zahtjeva šumarskih stručnjaka temeljenih na iskustvu višegodišnje uporabe skidera u privlačenju drva iz prebornih, planinskih sastojina.



Slika 7. Ovisnost snage motora o masi skidera



**Slika 8.** Ovisnost jedinične mase o snazi motora skidera

Daljnja analiza ovisnosti snage pogonskoga motora i mase skidera provedena je temeljem pokazatelja poznatoga kao jedinična masa traktora ( $g_m$ ) koja je definirana kao odnos neto mase traktora ( $m$ ) i snage pogonskoga motora ( $P$ ). Kod ovisnosti jedinične mase o snazi motora skidera (slika 8) utvrđena je jaka nelinearna korelacijska veza. Očekivano, istraživani je skider, zbog povećanja snage motora, imao manju jediničnu masu od obilježja skupine. Raspon se jediničnih masa skidera kreće u granicama od 70 kg/kW do 150 kg/kW. Ovaj rezultat analize govori o trendu povećanja jediničnih masa skidera prema onima zapaženim u ranijim istraživanjima. Tako Sever (1980) navodi raspon jediničnih masa za skidere od 60 kg/kW do 85 kg/kW. Ovaj se

trend ugradnje motora sve manjih snaga u skidere može objasniti profiliranjem skidera kao familije te njihovim odmakom od pravila gradnje poljoprivrednih traktora iz kojih su se razvili.

## 5.2 Tovari

Podaci o tovarima prikazani su u tablici 2. Prosječni je obujam tovara u pripremnom sijeku gotovo upola manji od prosječnoga tovara u prebornom sijeku (2,78 m<sup>3</sup> prema 5,34 m<sup>3</sup>), ali se sastoji od prosječno većega broja (8 prema 5,7) manjih (0,35 m<sup>3</sup> prema 0,93 m<sup>3</sup>) i kraćih komada (3,9 m prema 7 m).

Kako su promjeri privučenoga obloga drva za oba radilišta približnih dimenzija, zabilježeni veći obujam prosječnoga tovara na radilištu s prebornom sječom posljedica je privlačenja manjega broja, ali mnogo duljih sortimenata.

## 5.3 Utrošak vremena

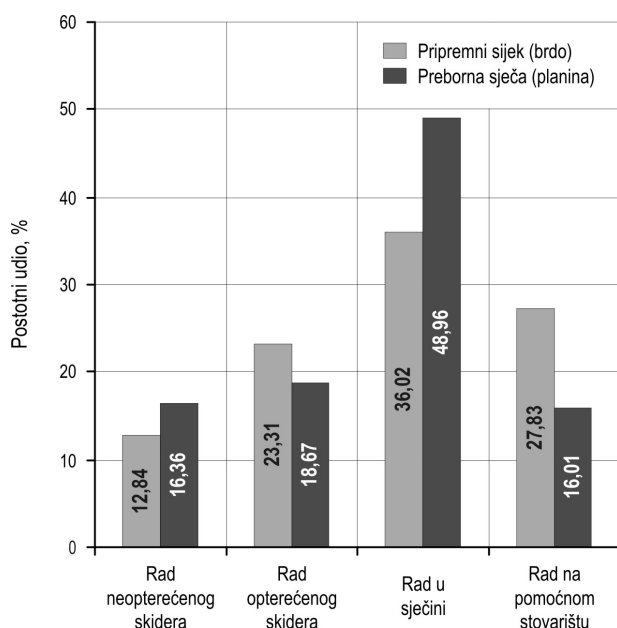
Na osnovi provedenoga studija vremena određena je struktura ukupno utrošenoga vremena, efektivnoga vremena i općih vremena. Rad na privlačenju obloga drva brdskoga radilišta nakon pripremnoga sijeka karakterizira izrazito slaba iskorištenost vremena (efektivno je vrijeme 47,06 % ukupnoga vremena), za razliku od planinskoga radilišta s prebornom sječom (efektivno je vrijeme 80,2 % ukupnoga vremena). Distribucija je sastavnica efektivnoga vremena (slika 9) relativno slična za oba radilišta, s tim da je kod preborne sječe veći udio vremena rada u sječini, a manji na pomoćnom stovarištu. S obzirom na zabilježeni manji broj, ali dužih komada u tovaru kod preborne sječe, manji je udio vremena za rad na pomoćnom stovarištu očekivan. Znatno udio vremena rada u sječini kod prebornoga sijeka, unatoč većoj brzini razvlačenja užeta i privitlavanja, posljedica je veće prosječne udaljenosti privitlavanja (21,8 m) i znatnijega premještanja skidera tijekom formiranja tovara te relativno kratkoga zadržavanja na pomoćnom stovarištu. U pripremnom je sijeku prosječna udaljenost privitlavanja 10,5 m. Udio je vožnje opterećenoga i neopterećenoga skidera za oba radilišta sličan.

Na brdskom je radilištu jedinično efektivno vrijeme iznosilo 8,06 min/m<sup>3</sup> uz dnevni učinak od 20,88 m<sup>3</sup>/dan, odnosno kod prebornoga sijeka 9,88 min/m<sup>3</sup> uz dnevni učinak od 31,88 m<sup>3</sup>/dan. Kako je na radilištu Senj (preborni sijek) skider radio dulje (prosječno 392,52 min/dan) u odnosu na radilište Đurđevac (pripremni sijek), gdje je skider prosječno radio od 357,75 min/dan te uz mnogo veći udio efektivnoga vremena, ne čudi što je kod prebornoga sijeka utvrđeni dnevni učinak veći za 11,00 m<sup>3</sup> ili 34,5 %.

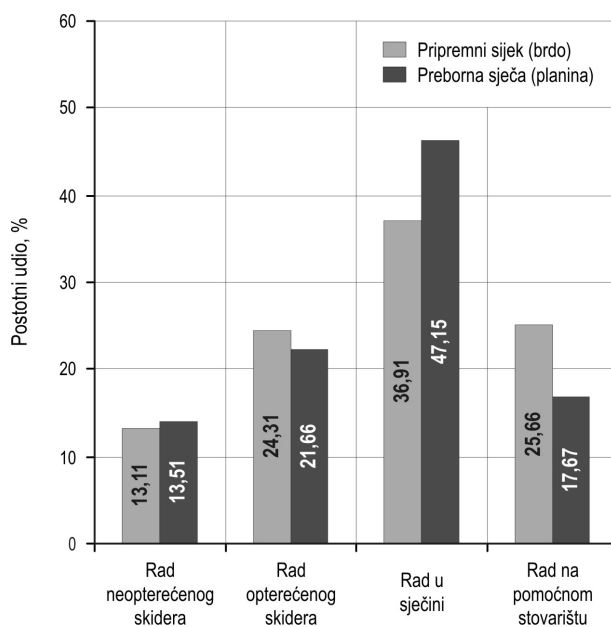
**Tablica 2.** Značajke tovara po radilištima

Vrsta sječe	Pripremni sijek	Preborni sijek
Ukupno privučeno drvo, m <sup>3</sup>	125,25	255,01
Ukupan broj komada	359	275
Ukupan broj turnusa	46	48
Obujam tovara, m <sup>3</sup> /tura	2,78 (0,78 - 4,52)*	5,34 (1,63 - 10,36)*
Broj komada u tovaru	8 (3 - 17)*	5,7 (3 - 9)*
Duljina komada, m	3,9 (2 - 7,8)*	7 (2 - 13,2)*
Obujam komada, m <sup>3</sup>	0,35 (0,06 - 2,13)*	0,93 (0,06 - 3,87)*
Promjer komada, cm	32 (14 - 73)*	39 (13 - 75)*

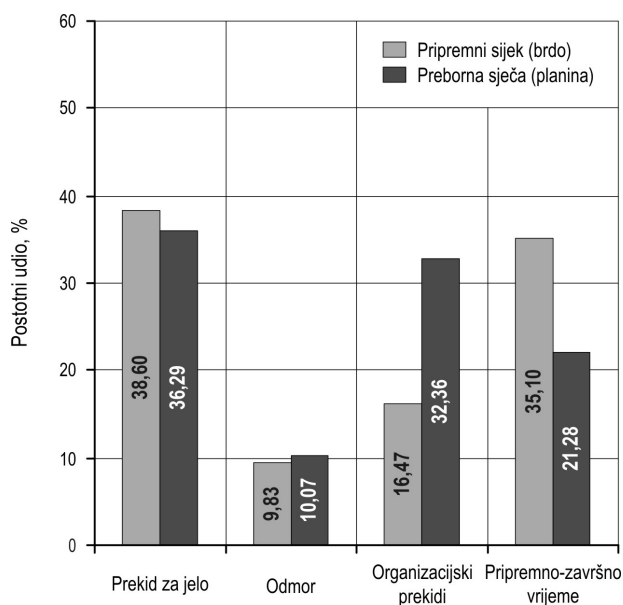
\* najmanje i najveće opažanje



Slika 9. Struktura utrošenoga efektivnoga vremena



Slika 11. Struktura oblikovanoga efektivnoga vremena



Slika 10. Struktura dodatnoga vremena

#### 5.4 Dodatno vrijeme

Struktura dodatnoga vremena prikazana je na slici 10. Prekid za jelo izračunat je na temelju 30-minutnoga prekida rada u 8-satnom radnom vremenu.

Ukupno dodatno vrijeme skidera Ecotrac 120 V na brdskom radilištu iznosi 347,53 minuta (34,25 % efektivnoga vremena), a na planinskom radilištu 451,98 minuta, (17,95 % efektivnoga vremena). Faktori dodatnoga vremena u prvom su slučaju 1,34, a u drugom 1,18.

#### 5.5 Vrijeme turnusa

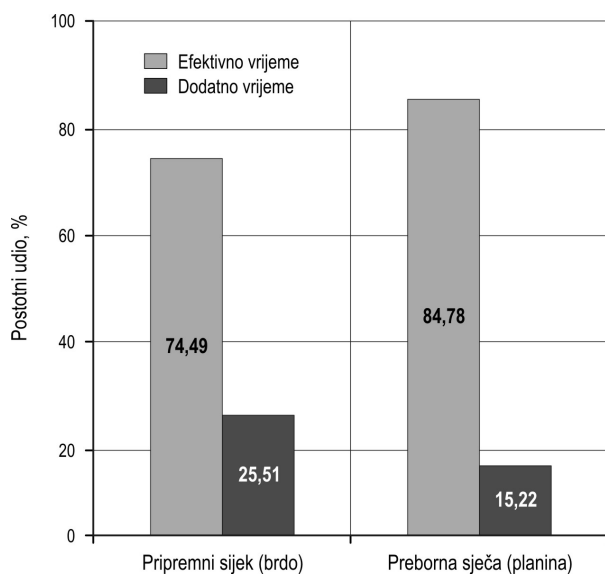
Na slici 11 prikazana je struktura oblikovanih vremena turnusa za vožnju po sječini i vlaci na udaljenost od 300 m te za vožnju po pomoćnom stovarištu od 50 m. Efektivno vrijeme turnusa na brdskom radilištu pri pripremnom sijeku iznosi 21,43 minute, a na planinskom radilištu pri prebornoj sječi 54,44 minute, što je za 33,01 minuta više. Norma vremena na brdskom radilištu iznosi 10,35 min/m<sup>3</sup>, a na planinskom radilištu 12,03 min/m<sup>3</sup> (tablica 3). Na planinskom radilištu pri prebornoj je sječi utrošak fiksnih vremena velik i iznosi 64,43 % efektivnoga vremena turnusa (54,51 % na brdskom radilištu), s većim udjelima utovara (47,15 %). Tako je za utovar utrošeno 10,24 % vremena više nego na brdskom radilištu nakon pripremnoga sijeka. Udio je vremena istovara manji za 7,99 % nego na brdskom radilištu.

#### 5.6 Brzine traktora, brzine izvlačenja užeta i privitlavanja

Brzine su opterećenih i neopterećenih skidera (puna i prazna vožnja) izračunate pomoću vremena koja su izračunata multiplom linearnom regresijskom anali-

**Tablica 3.** Oblikovana norma vremena i dnevni učinak skidera Ecotrac 120V

Vrsta sječe	Pripremni sijek (brdo)	Preborna sječa (planina)
Prosječni obujam tovara, m <sup>3</sup>	2,78	5,34
Norma vremena, min/m <sup>3</sup>	10,35	12,03
Dnevni učinak, m <sup>3</sup> /dan	46,38	39,92



Slika 12. Postotni udio efektivnoga i dodatnoga vremena

zom. Neopterećeni se traktor na brdskom radilištu (Koprivnica) kreće traktorskim putem niz nagib, a opterećeni uz nagib +4 %. Na planinskom radilištu (Senj) situacija je obrnuta, neopterećeni se traktor kreće uz nagib, a opterećeni niz nagib -9,6 %. Koeficijenti jednadžbi izjednačenja utrošenih vremena vožnji s faktorima korelacije prikazani su u tablici 4.

Pri izračunu vremena vožnje opterećenoga traktora u brdu uzeti su sljedeći utjecajni parametri: udaljenost ( $l$ ), stanje tla ( $s_t$ ), nagib puta ( $\alpha$ ), prosječna dnevna temperatura ( $T$ ) i obujam tovara ( $q$ ).

$$v = a + b_1 l + b_2 s_t + b_3 \alpha + b_4 T + b_5 q, (\text{min})$$

Kod neopterećenoga su traktora uzeti isti parametri osim obujma tovara.

$$v = a + b_1 l + b_2 s_t + b_3 \alpha + b_4 T, (\text{min})$$

Kod kretanja opterećenih skidera po pomoćnom stovarištu promatrani su udaljenost ( $l$ ), obujam tovara ( $q$ ) i broj komada u tovaru ( $n$ ).

$$v = a + b_1 l + b_2 q + b_3 n, (\text{min})$$

Kod neopterećenih promatrana je samo udaljenost vožnje ( $l$ ).

$$v = a + b_1 l, (\text{min})$$

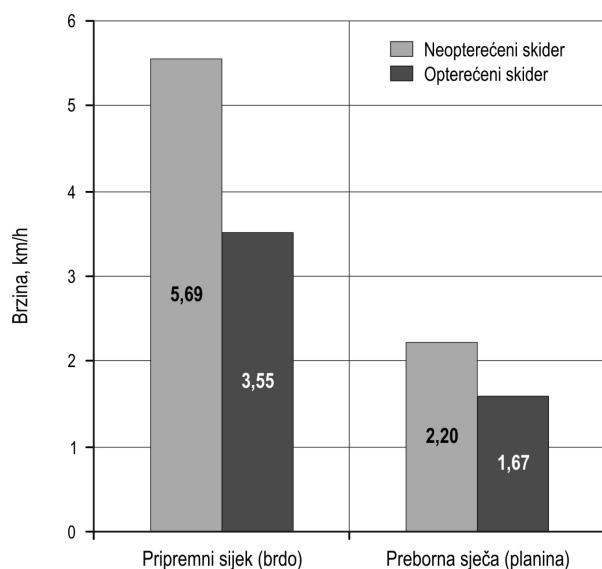
Prosječne brzine kretanja neopterećenih traktora za udaljenosti od 50 m do 500 m iznose 5,69 km/h na brdskom radilištu, odnosno 2,20 km/h na planinskom radilištu (slika 13). Opterećeni se traktori kreću prosječnom brzinom od 3,55 km/h (brdsko radilište) i 1,67 km/h (planinsko radilište). Unatoč kretanju opterećenoga traktora nizbrdo (-9,6 %) brzina je privlačenja na planinskom radilištu mnogo manja od brzine u brdu, što je posljedica izbora vozača koji nije mogao nizbrdo brže voziti veliki tovar (5,34 m<sup>3</sup>). Očekivano, prazni se skider u brdu kretao nizbrdo brže nego prazan uzbrdo u planini.

Na temelju jednadžbi izračunate su za različite udaljenosti, a uz konstantne ostale parametre, brzine skidera prikazane na slici 14. Zbog kretanja opterećenoga skidera niz nagib na planinskom, prebornom radilištu brzine su prazne i pune vožnje slične,

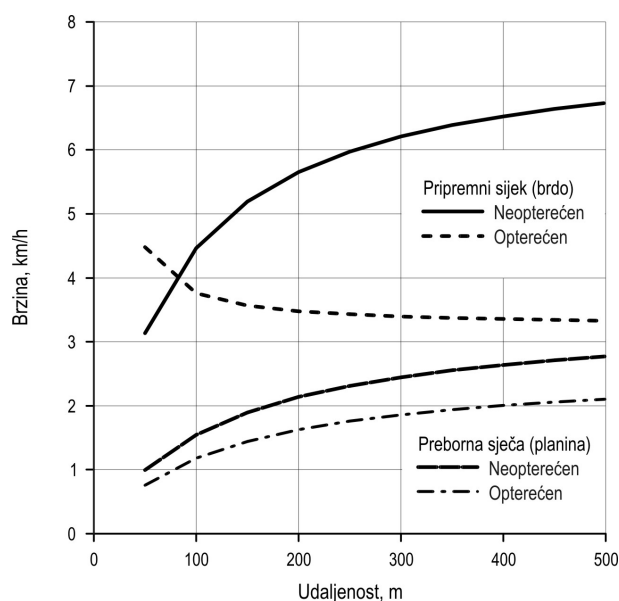
Tablica 4. Parametri jednadžbi multiple linearne regresijske analize

Vrsta vremena	Parametri						
	a	b <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	b <sub>5</sub>	R
Pripremni sijek (brdo)							
1. Sječina i traktorski put		$l$	$s_t$	$\alpha$	$T$	$q$	
Vožnja neopterećenoga skidera	-0,6773	0,0077	0,3589	-0,0120	0,0354		0,95
Vožnja opterećenoga skidera	-4,3734	0,0185	0,7128	0,3274	-0,0443	0,1077	0,93
2. Pomoćno stovarište		$l$	$q$	$n$			
Vožnja neopterećenoga skidera	0,1630	0,0083					0,61
Vožnja opterećenoga skidera	0,2291	0,0105	-0,0016	0,0110			0,60
Preborna sječa (planina)							
1. Sječina i traktorski put		$l$	$s_t$	$\alpha$	$q$		
Vožnja neopterećenoga skidera	-0,9118	0,0174	0,7894	0,1620			0,95
Vožnja opterećenoga skidera	0,5990	0,0229	-0,5145	0,1172	0,3077		0,96
2. Pomoćno stovarište		$l$	$q$	$n$			
Vožnja neopterećenoga skidera	0,1289	0,0126					0,61
Vožnja opterećenoga skidera	0,3588	0,0005	-0,0732	0,2233			0,12





Slika 13. Prosječne brzine kretanja



Slika 14. Brzine vožnji skidera po vlači i sječini

a u brdu se opterećeni skider kreće uzbrdo mnogo sporije od neopterećenoga. Općenito, u brdu su brzine vožnje veće zbog manjega tovara.

Usporedbom brzina skidera na radilištima i onih dobivenih proračunom i mjerenjem iz tablice 5 (Horvat i Šušnjar 2005) može se zaključiti da je vozač skidera pri kretanju neopterećenoga traktora na planinskom radilištu koristio »1. brzi hod«, odnosno »2. brzi hod« na brdskom radilištu. Pri privlačenju drva skiderom niz nagib na planinskom radilištu Senj korišten je stupanj prijenosa »1. spori hod«, a pri privlačenju drva uz nagib na brdskom radilištu Đurđe-

vac stupanj prijenosa »2. spori hod«. S obzirom na korištene stupnjeve prijenosa i ostvarene brzine kretanja neopterećenoga i opterećenoga skidera može se donijeti sud o dobroj izvedenosti prijenosnih odnosa sustava prijenosa snage, ali isto tako o najopterećenijim zupčaničkim parovima prijenosa pri radu skidera na privlačenju drva.

Prosječna je brzina izvlačenja uzeća na brdskim radilištima bila 1,10 km/h uz prosječnu udaljenost od 10,5 m, a na planinskom je radilištu uže izvlačeno brže (1,66 km/h) na veću prosječnu udaljenost (21,8 m). Multipla regresijska analiza pokazala je da na vrijeme izvlačenja uzeća na planinskom radilištu signifikantno djeluje udaljenost i nagib terena, a u pripremnom sijeku udaljenost i temperatura zraka.

Pri pripremnom sijeku u brdu drvo je privitlavo no sporije (0,99 km/h) nego u prebornoj, planinskoj sastojini (1,8 km/h). Multipla regresijska analiza pokazala je da na vrijeme privitlavanja tovara na planinskom radilištu signifikantno djeluje udaljenost i prohodnost terena, a u pripremnom sijeku samo udaljenost.

Poznato je da će brzine izvlačenja uzeća i brzine privitlavanja ovisiti o terenskim i sastojinskim čimbenicima, tehničkim značajkama vitla i užadi te dužini izvlačenja uzeća i veličinama pojedinoga tovara. Horvat i Šušnjar (2005) proračunali su, na osnovi tehničkih podataka o vitlu Hittner 2 x 80, nazivne brzine privitlavanja od 1,26 m/s (4,32 km/h) kod praznoga bubnja vitla, odnosno 2,24 m/s (8,06 km/h) kod punoga bubnja. Vidljivo je da su ostvarene manje brzine privitlavanja od proračunatih nazivnih brzina. Razlog leži u tome da je pri radu vitla korišten manji broj okretaja motora i time manji protok ulja u hidrauličnom sustavu za pogon vitla, što je rezultiralo manjom brzinom privitlavanja. Nazivne

Tablica 5. Mjerene i proračunate brzine kretanja skidera ECOTRAC 120V

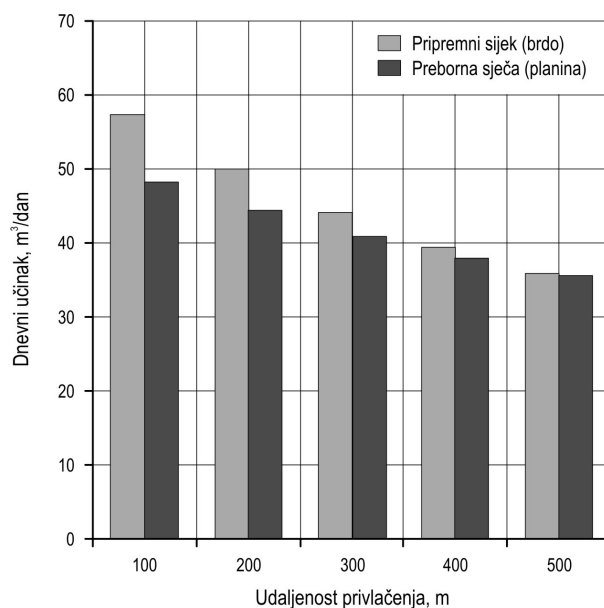
Stupanj prijenosa (naprijed)	Brzina, km/h	
	mjerena	proračunata
1. Spori hod	3,01	2,9
2. Spori hod	5,17	5,3
3. Spori hod	8,65	8,7
4. Spori hod	13,58	14,1
5. Spori hod	20,72	21,1
1. Brzi hod	4,02	4,1
2. Brzi hod	7,25	7,4
3. Brzi hod	11,88	12,3
4. Brzi hod	19,36	19,8
5. Brzi hod	28,87	29,7

brzine privitlavanja se mogu ostvariti pri nazivnoj brzini vrtnje motora. Uz poznatu ovisnost tlaka u hidrauličnom sustavu o drugoj potenciji brzine rotacije pumpe dade se zaključiti da su pri smanjenoj brzini motora ostvarene još uvijek dovoljne vučne sile vitla. S obzirom na radne mogućnosti vitla i zahtjeve privitlavanja na radilištima Đurđevac i Senj može se zaključiti da se vitlom može raditi i pri težim uvjetima (veći nagibi terena, veći tovari) kada se pojavljuju veći otpori privitlavanja.

### 5.7 Norme vremena, dnevni učinci i troškovi privlačenja

Norme su vremena, dnevni učinci i troškovi privlačenja drva izračunati u ovisnosti o udaljenosti privlačenja za oba radilišta (tablica 6).

Neopterećeni traktor na brdskom radilištu Đurđevac pri udaljenosti od 100 m do 500 m troši od 1,34 minute do 4,46 minuta, a na planinskom radilištu Senj pri istoj udaljenosti od 3,88 minuta do 10,83 minute po turnusu. Opterećeni skideri, uglavnom, trebaju više vremena pri istim udaljenostima privlačenja. Tako na brdskom radilištu opterećeni traktor treba od 1,60 minuta do 9,01 minutu po turnusu, a u planini od 5,09 minuta do 14,26 minuta. Vremena vožnji neopterećenoga i opterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu prikazana su samo za udaljenost od 100 m, koja približno odgovara prosječnoj udaljenosti vožnji traktora na većini radilišta. Prema tomu je neopterećeni traktor na pomoćnom stovari-



Slika 15. Dnevni učinci u ovisnosti o udaljenosti privlačenja

štu za 100 m na brdskom radilištu Đurđevac utrošio 1,00 minutu, a na radilištu Senj 1,39 minuta. Opterećeni traktor na pomoćnom stovarištu troši 1,37 minuta, odnosno 2,07 minuta. Za ostale radne zahvate na pomoćnom stovarištu traktor je na brdskom radilištu Đurđevac utrošio 4,07 minuta, odnosno 6,90 minuta na planinskom radilištu Senj.

Vrijeme rada traktora na sječini obuhvaća sve radne zahvate (zauzimanje položaja, izvlačenje užeta,

Tablica 6. Izračunata vremena vožnje, norma vremena i dnevni učinci skidera

Udaljenost privlačenja	Vožnja traktora				Rad u sječini	Rad na pomoćnom stovarištu	Efektivno vrijeme	Dodatno vrijeme	Ukupno vrijeme turnusa	Norma vremena	Dnevni učinak
	Sječina		Pomoćno stovarište								
	Neopterećeni skider	Opterećeni skider	Neopterećeni skider	Opterećeni skider							
m	min									min/m³	m³/dan
Pripremni sijek (brdo)											
100 + 100	1,34	1,60	1,00	1,37	7,91	4,07	17,29	5,92	23,21	8,35	57,49
200 + 100	2,12	3,45	1,00	1,37	7,91	4,07	19,92	6,82	26,74	9,62	49,90
300 + 100	2,90	5,30	1,00	1,37	7,91	4,07	22,55	7,72	30,28	10,89	44,08
400 + 100	3,68	7,15	1,00	1,37	7,91	4,07	25,18	8,62	33,81	12,16	39,47
500 + 100	4,46	9,01	1,00	1,37	7,91	4,07	27,81	9,53	37,34	13,43	35,74
Preborna sječa (planina)											
100 + 100	3,88	5,09	1,39	2,07	25,69	6,90	45,02	8,08	53,10	9,94	48,27
200 + 100	5,62	7,38	1,39	2,07	25,69	6,90	49,05	8,80	57,86	10,83	44,30
300 + 100	7,36	9,67	1,39	2,07	25,69	6,90	53,08	9,53	62,61	11,72	40,94
400 + 100	9,09	11,97	1,39	2,07	25,69	6,90	57,11	10,25	67,36	12,61	38,05
500 + 100	10,83	14,26	1,39	2,07	25,69	6,90	61,14	10,98	72,12	13,51	35,54

vezanje tovara, privitlavanje), koji se događaju na pojedinom radilištu, a promatra se kao prosječno utrošeno vrijeme jednoga turnusa, odnosno fiksno vrijeme. Tako je traktor na brdskom radilištu Đurđevac utrošio 4,07 minuta po turnusu, a na planinskom radilištu Senj 25,69 minuta, što je 3,3 puta više. To se može objasniti s obzirom na prosječno veće vrijeme na zauzimanje položaja (premještanje), vrijeme vezanja tovara (prohodnost i spretnost radnika), dvostruko većom udaljenošću izvlačenja užeta i privitlavanja te konfiguracijom terena, odnosno s obzirom na metode rada (sječna gustoća).

Ukupno vrijeme turnusa traktora na brdskom radilištu Đurđevac kreće se od 23,21 minute do 37,34 minute, a na planinskom radilištu Senj od 53,10 minuta do 72,12 minuta.

Norma je vremena na brdskom radilištu Đurđevac u rasponu od 8,35 min/m<sup>3</sup> do 13,43 min/m<sup>3</sup>, a na planinskom je radilištu Senj od 9,94 min/m<sup>3</sup> do 13,51 min/m<sup>3</sup>.

Dnevni se učinak prema izračunatim vrijednostima može ostvariti na brdskom radilištu od 57,49 m<sup>3</sup>/dan do 35,74 m<sup>3</sup>/dan (100 – 500 m). Na planinskom je radilištu dnevni učinak moguće ostvariti od 48,53 m<sup>3</sup>/dan do 35,54 m<sup>3</sup>/dan za istu udaljenost (tablica 6).

Troškovi po jedinici proizvoda rastu s povećanjem udaljenosti privlačenja. Dnevna kalkulacija izravno ga troška istraživanoga skidera iznosi 214,92 EUR-a, a preuzeta je iz službenih kalkulacija troškova »Hrvatskih šuma« d.o.o. Zagreb za 2007. godinu.

U pripremnom sijeku za udaljenosti privlačenja od 100 m do 500 m na brdskom radilištu Đurđevac trošak se kreće od 3,74 EUR/m<sup>3</sup> do 6,01 EUR/m<sup>3</sup>. Na planinskom radilištu Senj za udaljenosti od 100 m do 500 m trošak se kreće od 4,45 EUR/m<sup>3</sup> do 6,05 EUR/m<sup>3</sup>. Za udaljenosti privlačenja od 300 m + 100 m trošak iznosi 4,88 EUR/m<sup>3</sup> za brdsko radilište. Za planinsko radilište isti trošak iznosi 5,25 EUR/m<sup>3</sup>, što je za 0,37 EUR/m<sup>3</sup>, odnosno 7,1 % veće u odnosu na trošak brdskoga radilišta Koprivnica.

## 6. Zaključci

Morfološkom su raščlambom utvrđene ovisnosti između pojedinih morfoloških značajki skidera ECOTRAC 120V te ustanovljena njegova pripadnost obitelji skidera. Ispitivani se skider odlikuje malom širinom vozila s obzirom na duljinu zbog potrebe njegova kretanja pri privlačenju drva na izgrađenim trakorskim putovima ukupne širine do 2,5 m. Nepovoljan rast duljine skidera, uzrokovan konstrukcijama prednje i stražnje daske, u odnosu na masu ne utječe na kretnost skidera zbog središnje postavljene noga zgloba.

U čitavoj je obitelji skidera zamijećeno povećanje jediničnih masa skidera. Veličina vučne sile na kotačima koja se može ostvariti ovisi i o tehničkim značajkama pogonskoga motora i sustava transmisije i o masi skidera koja čini adhezijsko opterećenje te potrebnu trakciju s tlom. Povećanjem snage motora u odnosu na masu skidera omogućeno je povećanje brzine kretanja skidera uz ostvarivanje potrebne obodne sile na kotačima za svladavanje otpora vuče i otpora kotrljanja, čime bi se ujedno povećala učinkovitost rada, posebno na nagnutim terenima.

Ova razmatranja pokazuju da su opravdane morfološke raščlambe jer se mogu uočiti smjerovi razvoja strojeva te načini pronalaženja konstrukcijskih rješenja za zadovoljavanje zahtjeva njihove uporabe.

Proizvodnost iskazana normom vremena, dnevnim učinkom i troškom neznatno se razlikuje na radilištima u brdu nakon pripremnoga sijeka i na planini s prebornim načinom gospodarenja. Usporedbom dvaju radilišta pri istraživanju proizvodnosti skidera vidljivo je da proizvodnost najviše ovisi o sječnoj gustoći (vrijeme rada u sječini) i brzini privlačenja te da značajna razlika u veličini tovara, u ovome slučaju, nije ključni čimbenik proizvodnosti privlačenja drva.

## 7. Literatura

- Bekker, M., G., 1956: Theory of land locomotion. The University of Michigan Press, str. 1–499.
- FBVA, 2003: CDR »500 Forstmaschinen – Maschinenbeschreibung und Selbstkostenrechnung«. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald – Abteilung für Forsttechnik.
- Hitrec, V., D. Horvat, 1987: Jedna metoda određenja regresijskog modela na primjeru krivulje klizanja kotača. Mehanizacija šumarstva, 12(11–12): 177–181.
- Horvat, D., 1996: Tractive parameters of four skidders used for wood transportation in mountain forest thinning, ECE/FAO/ILO & IUFRO Seminar on environmentally sound foreds roads and wood transportation, Sinaia, Rumunjska, str. 377–381.
- Horvat, D., V. Goglia, M. Šušnjar, 2002: Some technical and ergonomic characteristics of thinning skidder Ecotrac, International conference »Logistic of wood technical production in the carpathian mountains«, Zvolen, Slovačka, str. 80–93.
- Horvat, D., S. Sever, 1995: Some Properties of the Skidders used in Mountain Forest Stand Thinning, Proceedings XX. IUFRO World Congress, Tampere, Finska, str. 211–216.
- Horvat, D., M. Šušnjar, 2005: Tehničke značajke skidera Ecotrac 120V, Istraživanje i studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, Studija, str. 1–31.

Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, Ž. Zečić, 2003: Studija o potrebnj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primjenjene tehnologije. Znanstvena studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, str. 1–41.

Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, 2001: Analyse der arbeit des Knickschleppers Timberjack 240 C beim holzrüken auf den neigungen (Analiza rada zglobnog traktora Timberjack 240 C kod privlačenja na nagibima). 35. Intenationales symposium Mechanisierung der waldarbeit, Brno, Češka Republika, str. 13–27.

Pičman, D., T. Pentek, 2003: Tehničke značajke sekundarnih šumskih prometnica u karakterističnim sastojinskim i stojbinskim uvjetima kao podloga za određivanje pogodnih dimenzija skidera. Znanstvena studija u okviru projekta »Razvoj, izrada i ispitivanje specijalnog šumskog vozila – skidera mase 7t«, programa RAZUM Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH, str. 1–39.

Sever, S., 1980: Istraživanje nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, str. 1–301.

Sever, S., D. Horvat, 1985: Šumski zglobni traktor snage oko 60 kW. Studija, Zagreb, ZIŠ, str. 1–187.

Sever, S., D. Horvat, 1992a: Skidders and forwarders database as sorce and help in determining morphological relationships. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Njemačka, str. 196–200.

Sever, S., D. Horvat, 1992b: Logging wheeld tractor databank for assistance in machine family evaluation. Proceedings of IUFRO workshop »Computer supported planning of roads and harvesting«, Feldafing, Njemačka, str. 281–288.

Sever, S., D. Horvat, 1997: Choosing and Application of Forest Soft Machines, 7th European ISTVS Conference, 7–10. October, 1997, Ferrara, Italija, str. 549–556.

Zečić, Ž., 2001: Proizvodnost i troškovi traktora u brdskim proredama (Productivity and costs of tractor in thinnings on hilly terrain). Znanstvena knjiga: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, Zagreb, str. 507–523.

Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, B. Stankić, 2004: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika Pisanica (Skidding of rounwood by tractor Timberjack 240 C from regeneration felling in conditions of forest office Velika Pisanica). Šumarski list, 128 (11–12): 671–678.

---

Adresa autorâ:

Dubravko Horvat  
e-mail: horvat@sumfak.hr  
Željko Zečić  
e-mail: zecic@sumfak.hr  
Marijan Šušnjar  
e-mail: susnjar@sumfak.hr  
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije  
Svetošimunska 25  
HR-10 000 Zagreb  
HRVATSKA