

Utjecaj načina sidrenja na vrijednosti horizontalne sastavnice vučne sile i faktor prijanjanja prilikom privitlavanja drva skiderom i adaptiranim poljoprivrednim traktorom

Hrvoje Gužvinec, Marko Zorić, Marijan Šušnjar, Dubravko Horvat, Zdravko Pandur

Nacrtač – Abstract

U radu je prikazano mjerenje najveće vučne sile te vučne sile pri pomaku stroja prema nazad za šumska vozila opremljena vitlima i sidrenim daskama na različite načine.

Od skidera ispitivani su ovi:

1. Timberjack 240C s jednobubanjским vitlom, bez sidrene daske i s nepomičnim horizontalnim valjcima
2. LKT 81T s dvobubanjским vitlom, sa sidrenom daskom i pomičnim horizontalnim valjcima
3. Ecotrac 120V s dvobubanjским vitlom, sa sidrenom daskom i pomičnim horizontalnim valjcima
4. Ecotrac MS 33V s dvobubanjским vitlom, sa sidrenom daskom i nepomičnim horizontalnim valjcima.

Osim skidera ispitivan je i adaptirani poljoprivredni traktor:

5. Belarus 1021 s dvobubanjским vitlom montiranim na trozglobo poteznicu traktora, zajedno sa sidrenom daskom i horizontalnim valjcima.

Na osnovi izmjerene vučne sile prilikom pomaka stroja prema nazad i poznatoga kuta užeta vitla izračunate su horizontalna i vertikalna sastavnica vučne sile te faktori prijanjanja za istraživana vozila. Najveći faktor prijanjanja ostvaruju skideri sa sidrenom daskom Ecotrac 120V, LKT 81T i Ecotrac MS 33V (oko 1), dok najmanji faktor prijanjanja ostvaruje Timberjack 240C (0,56).

Analiza utjecaja visine horizontalnih valjaka šumskih vozila pokazuje da što je ona veća, time se smanjuje korisnost prilikom privitlavanja te s toga stajališta vozila koja se sidre trebala bi imati horizontalne valjke postavljene na sidrenu dasku. Vozila koja nemaju sidrenu dasku imaju mali faktor prijanjanja, a visoki položaj horizontalnih valjaka smanjuje korisnost prilikom privlačenja, ali povećava adhezijsku težinu vozila čime se osigurava ostvarenje nešto veće vučne sile.

Ključne riječi: pridobivanje drva, skider, vitlo, vučna sila, horizontalni valjci, faktor prijanjanja

1. Uvod – Introduction

Pridobivanje je drva radni proces koji obuhvaća sječu stabala, njihovo preoblikovanje u šumske sortimente te micanje stabala ili dijelova stabala iz šume do korisnika, prerađivača drva ili tržišta šumskim proiz-

vodima (Krpan 1992). Unutar radnoga procesa pridobivanja drva privlačenje je drva definirano kao micanje cijelih stabala ili njihovih dijelova od mjesta sječe (panja) do pomoćnoga stovarišta. S utovarom drva u kamionske skupove na pomoćnom stovarištu započinje daljnji transport drva.

Tijekom privlačenja drva, koje se još naziva i primarnim transportom (Poršinsky 2005), drvo se dijelom ili u potpunosti transportira izvan izgrađenih primarnih šumskih prometnica, pri čemu su moguća četiri temeljna načina: privitlavanje drva (vuča drva po tlu), privlačenje drva (vuča drva s jednim krajem odignutim od tla), izvoženje drva (drvo na tovarnom prostoru vozila) i iznošenjem drva (drvo odignuto od tla).

Sredstvo kojim će se privući drvo i način privlačenja drva odabire se u ovisnosti o terenskim čimbenicima (nagib terena, prepreke, nosivost tla), otvorenosti sječne jedinice, vrsti sječe.

Krpan i dr. (2003) navode da su različitosti sastojinskih i terenskih uvjeta hrvatskoga šumarstva utjecale na najčešću primjenu dviju metoda izrade drva koje se međusobno bitno razlikuju. Svaka od tih dviju metoda za privlačenje drva koristi prikladnu vrstu specijalno-ga šumskoga vozila.

U području nizinskih šuma primjenjuje se sortimentna metoda izrade drva. Drvo se u oplodnim sječinama izvozi forvarderima, dok se u prorednim sječinama koriste traktorski skupovi (poljoprivredni traktor opremljen zaštitnim okvirom, šumskom prikolicom, dizalicom i vitlom).

Na području prigorskih i brdskih šuma (tereni s manjim ili većim nagibom terena) u uporabi je (polu) deblovna metoda izrade drva, a za privlačenje drva služe veliki skideri u oplodnim i prebornim sječama, odnosno srednji (proredni) skideri i adaptirani poljoprivredni traktori (APT) u prorednim sječama.

2. Problematika i cilj istraživanja – *Scope and objectives*

U nastojanju podizanja proizvodnosti i ekonomičnosti pridobivanja drva iznošenje ili vuča pomoću životinjske snage početkom 50-ih godina prošloga stoljeća zamjenjuje se privlačenjem drva mehaniziranim sredstvima za rad. Mehaniziranje privlačenja obloga drva u hrvatskim šumama počinje primjenom velikoserijskih poljoprivrednih traktora. U početku su radili bez prilagodbi, i to za šumski prijevoz drva prikolicama ili privlačenje jednostavnim prihvatnim napravama te za uzgojne radove. Zbog potrebnih tehničkih zahtjeva za pridobivanje drva u brdskim uvjetima poljoprivredni se traktori dodatno opremaju zaštitnim konstrukcijama i šumskim vitlima (Horvat 2001). Prednost je opremanja traktora vitlima njihovo kretanje samo po traktorskim vlakama i putovima čime se smanjuje oštećenje šumskoga tla i dubećih stabala. Traktor s postavljenim vitlom na zadnjem kraju ne mora zauzeti položaj uz posječeno stablo ili izrađene drvene sortimente prilikom oblikovanja tovara, jer ra-

dom vitla postoji mogućnost privitlavanja stabla, debla ili drvnoga sortimenta od mjesta sječe i izrade do traktora na vlaci. Tako opremljeni poljoprivredni traktori za šumske radove nazivaju se adaptirani poljoprivredni traktori (APT).

Primjena APT-a pokazala je neke njihove nezadovoljavajuće radne značajke kao što su velike dimenzije i velik krug okretanja, slaba uzdužna stabilnost te veliko opterećenje zadnjega mosta pri privlačenju i privitlavanju tovara uz nagib.

Od tih zahtjeva APT-i imaju jedino, zbog mogućnosti primjene razdvojenih kočnica lijevo/desno, relativno zadovoljavajući polumjer okretanja. Horvat (1979. i 1985.) iznosi mišljenje da opremanje takvih traktora šumskom opremom (vitlo, sidrena daska, zaštita kabine itd.) smanjuje njihovu stabilnost posebice uzdužnu.

Horvat i Sever (1996), usporedbom morfoloških značajki maloga prorednoga i jednoga srednjega skidera s dva APT-a, ustanovili su da srednji skideri pokazuju bolje karakteristike od APT-a. Proredni skideri, npr. skider Ecotrac V, tijekom privlačenja uzbrdo imaju slične mogućnosti kao gotovo dva puta teži APT zbog dobre raspodjele mase i boljih dimenzijskih značajki. Prednost se malih skidera gubi tijekom privlačenja nizbrdo, ali zbog malih dimenzija i mase mali skider ima bolju okretnost (Horvat 1996, Sever i Horvat 1997). Nadalje, Horvat (2001) istražuje utjecaj zaštitnoga okvira i načina ugradnje vitla na položaj težišta kod tri APT-a s farmerskim vitlom, APT-a s fiksno montiranim vitlom i uspoređuje ih s prorednim skiderom. Na osnovi provedenih istraživanja zaključuje da proredni skider ima povoljnija tehnička svojstva od istraživanih APT-a, da ugradnja zaštitnoga okvira povišuje težište APT-a i pomiče ga prema naprijed, dok ugradnjom fiksnoga vitla ili montiranjem farmerskoga vitla težište APT-a snižava se i pomiče prema natrag. Također autor navodi da fiksno ugrađeno vitlo s valjcima postavljenim na sidrenu dasku ima niže horizontalne valjke nego farmersko vitlo montirano na APT.

Zbog navedenih se nedostataka APT-a za potrebe privlačenja drva razvijaju specijalizirani šumski zglobni traktori – skideri. Početkom 60-ih godina prošloga stoljeća skideri se prvi put koriste u šumarstvu u Kanadi i Norveškoj (Sever 1980), a njihova primjena u Hrvatskoj započinje 1968. godine.

Osnovne su značajke svih skidera zglobno upravljanje, sva četiri pogonska kotača, opterećenje prednjega mosta oko 2/3 ukupne mase praznoga skidera (Sever i Horvat 1990). Navedene tehničke značajke skiderima omogućuju bolju kretnost te bolje radne značajke u uvjetima pridobivanja drva u usporedbi s APT-ima. U prigorskim i brdskim predjelima Hrvatske za privlačenje drva upotrebljavaju se u prvom redu kotačni skideri opremljeni šumskim vitlom.

Osim skidera u šumama u Hrvatskoj za privlačenje drvnih sortimenata koristi se i određeni broj APT-a. Godišnje se u poduzeću »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb više od 70 % drva privuče šumskim vozilima opremljenim šumskim vitlima (Beuk i dr. 2007).

Skideri ili APT-i najpovoljniji su za privlačenje pri malim i srednjim udaljenostima privlačenja. Najveća udaljenost privlačenja, na osnovi ekonomskih pokazatelja, trebala bi iznositi približno oko 200 do 300 m (Zečić i dr. 2004). Veća udaljenost privlačenja povećava vrijeme turnusa, troškove privlačenja i mogućnost zbijanja tla zbog većeg broja prolazaka vozila. S druge strane, manja udaljenost privlačenja smanjuje troškove, ali povećava gustoću šumskih prometnica i troškove njihove izgradnje.

Također, skideri ili adaptirani poljoprivredni traktori opremljeni s vitlom jeftiniji su za održavanje od ostalih tipova šumskih vozila, ali im je proizvodnost manja zbog velikoga utroška vremena na prikupljanje, vezanje, odvezivanje i uhrpavanje tovara. Vrlo je česta organizacija rada s dva radnika na jednom vozilu, gdje je jedan vozač traktorist koji upravlja vozilom i šumskim vitlom, a drugi je radnik kopčaš koji izvlači uže vitla te vezuje drvene sortimente u tovar. Pri skupnom radu ulogu kopčaša preuzima radnik sjekač koji priprema dovoljnu količinu drva za svaki tovar te pomaže traktoristu pri vezanju tovara.

Neki od važnijih tehnologijskih zahtjeva koji predstavljaju osnovu za pravilan izbor sredstava za rad jesu, primjerice, dimenzijske i masene značajke traktora, raspodjela mase vozila, položaj težišta vozila, uzdužna i poprečna stabilnost traktora i dr. (Sever i Horvat 1987). Navedene značajke traktora tijekom privitlavanja u uskoj su interakciji s tehničkim značajkama ugrađenih vitala, kao što su: mjesto ugradnje vitla, vučna sila, korisnost rada vitla i dr. Ta je interakcija također i pod utjecajem nagiba terena na kojem se privitlava, na primjer, uzbrdo, nizbrdo ili na ravnom terenu.

U zadnje vrijeme dolazi do povećanja broja tvrtki koje se bave proizvodnjom namjenskih šumskih traktora i poljoprivrednih traktora adaptiranih za šumske radove u pridobivanju drva. Kao posljedica toga značajno je povećan broj različitih tipova traktora opremljenih različitim izvedbama vitala koji se na tržištu mogu nabaviti. Za pravilan odabir traktora i vitla, kao i određivanje optimalnoga načina uporabe unutar složenijih proizvodnih procesa, potrebno je detaljno poznavati tehničko-tehnološke značajke pojedinih sredstava za rad. Osim toga, dobrim poznavanjem tehničko-proizvodnih značajki sredstava za rad može se i bolje skrbiti za posljedice koje privlačenje ostavlja na okolišu, primjerice zbijanje tla, oštećivanje dubećih stabala, povećanje rizika od erozije i sl.

Cilj je istraživanja utvrditi najveću vučnu silu kod privitlavanja, prilikom koje ne dolazi do pomaka vozila prema nazad, zatim izmjeriti vučnu silu vitla kod koje dolazi do pomaka vozila prema nazad kako bi se na temelju njezine vrijednosti i vrijednosti kuta nagiba užeta prilikom privitlavanja mogle izračunati horizontalna i vertikalna sastavnica vučne sile te pomoću njih izračunati faktor prijanjanja vozila za:

- ⇒ skidere sa sidrenom daskom i horizontalnim valjcima postavljenim na sidrenu dasku
- ⇒ skider sa sidrenom daskom, ali s nepomičnim valjcima postavljenim na stražnji most skidera
- ⇒ skider bez sidrene daske
- ⇒ adaptirani poljoprivredni traktor s vitlom montiranim na trozglobnu poteznicu.

3. Objekt, mjesto i metode istraživanja – *Object, place and methods of research*

Istraživanje je obavljeno u radnoj jedinici Mehanizacija i prijevoz Đurđevac UŠP Koprivnica u radionici u Lepavini, a istraživana su četiri tipa skidera i jedan APT.

Ispitani su ovi skideri (slike 1–4):

1. Timberjack 240C s jednobubanjskim vitlom, bez sidrene daske i s nepomičnim horizontalnim valjcima
2. LKT 81T s dvobubanjskim vitlom, sa sidrenom daskom i pomičnim horizontalnim valjcima
3. Ecotrac 120V s dvobubanjskim vitlom, sa sidrenom daskom i pomičnim horizontalnim valjcima
4. Ecotrac MS 33V s dvobubanjskim vitlom, sa sidrenom daskom i nepomičnim horizontalnim valjcima.



Slika 1. Timberjack 240C

Fig 1. Timberjack 240C

**Slika 2.** LKT 81T**Fig 2.** LKT 81T**Slika 3.** Ecotrac 120V**Fig 3.** Ecotrac 120V**Slika 4.** Ecotrac MS 33V**Fig 4.** Ecotrac MS 33V

Osim skidera ispitivan je i adaptirani poljoprivredni traktor (slika 5):

5. Belarus 1021 s dvobubanjским vitlom montiranim na trozglobu poteznicu traktora, zajedno sa sidrenom daskom i horizontalnim valjcima.

**Slika 5.** Adaptirani poljoprivredni traktor Belarus 1021 s dvobubanjским vitlom**Fig 5.** Adapted farming tractor Belarus 1021 with duple drum winch

U istraživanju je korištena mjerna oprema Laboratorija za tehničko-tehnološke izmjere u šumarstvu Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Određivanje mase i opterećenja na kotačima praznoga skidera obavljeno je s četiri vage švedskoga proizvođača TELUB (slike 1, 3, 4, 5), koje su prilagođene za prikupljanje podataka pomoću računala (slika 4). U svakoj se vagi nalaze po četiri neovisna dinamometra namijenjena mjerenju tlačnih naprezanja. Na svakom su dinamometru postavljene po četiri aktivne mjerne trake, što znači da je riječ o mjernim pretvornicima s mjernim trakama u punom mostu. Mjerni su pretvornici spojeni tako da pojedinačno i zajednički registriraju svako vanjsko opterećenje. Svaka vaga može izmjeriti graničnu silu od 90 kN. Sve su vage spojene s mjernim pojačalom HBM Spider 8 koji je izravno povezan s prijenosnim računalom te su pomoću računalnoga programa Catman 4.0 očitani i zapisani rezultati mjerenja.

Mjerenje najveće vučne sile i vučne sile pri kojoj dolazi do pomaka vozila prema nazad na udaljenosti izvučenoga užeta od 25 m provedeno je na ravnom terenu. Kako bi se izmjerila najveća vučna sila na udaljenosti užeta od 25 m, sva su ispitivana vozila tijekom toga mjerenja bila blokirana. Prilikom mjerenja vučne sile kod koje dolazi do pomaka vozila prema nazad, vozila nisu bila blokirana, ali su vozila koja su



Slika 6. Uporišna točka dinamometra HBM 100 kN

Fig. 6. Anchor point of dynamometer HBM 100 kN

imala sidrenu dasku njome bila usidrena (slika 2). Na kraju vučnoga užeta postavljeno je dinamometar HBM 100 kN s čvrstim uporištem, koji je umjeren pomoću utega čija je masa baždarena u Državnom zavodu za mjeriteljstvo i normizaciju Republike Hrvatske (slika 6). Prijenos podataka vučne sile ostvaren je također preko mjernoga pojačala HBM Spider 8 te raču-

nalnoga programa Catman 4.0 istoga proizvođača. Visinom horizontalnih valjaka vitla i udaljenošću izvučenoga užeta određen je kut nagiba užeta. Iz izmjerene vrijednosti vučne sile u užetu vitla te izračunatoga kuta nagiba užeta izračunate su horizontalna i vertikalna sastavnica sile u užetu. Na osnovi izmjerene mase ispitivanih vozila te dobivenih vrijednosti horizontalne i vertikalne sastavnice sile u užetu određen je za svako vozilo faktor prljanjanja.

3. Rezultati – Results

Istraživanjem su obuhvaćena četiri tipa skidera i jedan APT. Svako je ispitivano vozilo opremljeno različitim tipom vitla. Ispitivani su skideri koji redovito rade na poslovima privlačenja i privitlavanja drva te su različite starosti. Zbog njihova prethodnoga korištenja i različitih redovitih ili izvanrednih popravaka zbog teških uvjeta rada te radi provođenja navedenih ciljeva istraživanja bilo je potrebno ustanoviti njihovu trenutnu masu te raspored opterećenja po mostovima.

Prilikom mjerenja mase (slika 1 do 5) skideri su bili opremljeni na isti način kao u slučaju rada na privlačenju i privitlavanju drva zbog povećanja mase postavljanjem većega broja užadi za vezivanje tovara (čokera) te ostale servisne opreme potrebne radniku vozaču za uklanjanje sitnih kvarova na skideru.

Tablica 1. Masa i raspored opterećenja ispitivanih skidera

Table 1 Mass and load distribution of tested skidders

Skider Skidder	Timberjack 240C		LKT 81T		Ecotrac 120V		Ecotrac MS 33V	
	Masa, kg – Mass, kg							
Kotači Wheels	S vozačem With driver	Bez vozača Without driver	S vozačem With driver	Bez vozača Without driver	S vozačem With driver	Bez vozača Without driver	S vozačem With driver	Bez vozača Without driver
PL – FL *	2427	2388	2194	2170	2155	2122	1121	1090
PD – FR*	2490	2484	2196	2170	2141	2113	1113	1077
SL – RL *	1941	1903	1286	1275	1473	1461	668	655
SD – RR*	1758	1747	1264	1256	1488	1472	672	661
Ukupno – Total	8616	8522	6940	6871	7257	7168	3574	3483
	%							
Prednji – Front	57	57	63	63	59	59	62	62
Stražnji – Rear	43	43	37	37	41	41	38	38
Lijevo – Left	50	50	50	50	50	50	50	50
Desno – Right	50	50	50	50	50	50	50	50

*PL – prednji lijevi kotač – FL – front left wheel

*PD – prednji desni kotač – FR – front right wheel

*SL – stražnji lijevi kotač – RL – rear left wheel

*SD – stražnji desni kotač – RR – rear right wheel

U tablici 1 prikazana je masa ispitivanih skidera te raspored opterećenja po mostovima u slučaju bez vozača te s vozačem u kabini. U daljnjoj obradi te za usporedbu upotrijebljeni su rezultati mjerenja mase i opterećenja po mostovima kada se vozač nalazi u kabini i kada upravlja vitlom.

Jedna od osnovnih značajki skidera je opterećenje prednjega mosta koje bi trebalo iznositi oko 2/3 ukupne mase praznoga skidera. Zbog tako povoljnoga početnoga rasporeda mase praznoga skidera omogućen je njegov nesmetan rad jer vertikalna sastavnica sile u užetu koja se pojavljuje prilikom privitlavanja i privlačenja, a koja u potpunosti opterećuje stražnji most skidera, ne uzrokuje preopterećenje stražnjega mosta ni preveliko rasterećenje prednjega mosta. Tek u graničnim slučajevima prevelikoga uzdužnoga nagiba traktorskoga puta uz kretanje skidera uz nagib te prevelikoga tovara može doći do preopterećenja stražnjega mosta ili do preopterećenja guma. U pravilu se stražnji mostovi skidera konstruiraju i izvode od čelika određene čvrstoće da mogu izdržati opterećenje jednako ukupnoj težini praznoga skidera. Veća masa na prednjem mostu skidera pomiče točku težišta prema prednjemu mostu skidera te povećava kut uzdužne stabilnosti.

Prema mjerenim podacima najpovoljniji odnos rasporeda opterećenja po mostovima imaju skider LKT 81T s 63 % ukupnoga opterećenja na prednjim kotačima te proredni skider Ecotrac MS 33V sa 62 % ukupno-

ga opterećenja na prednjim kotačima. Nešto manje opterećenje prednjega mosta imaju skideri Ecotrac 120V i Timberjack 240C. Svi su ispitivani skideri imali odnos 50 : 50 % između lijevih i desnih kotača.

Masa i raspored opterećenja po osovinama na traktoru Belarus 1021 izmjereni su prije postavljanja farmerskoga vitla Tajfun EGV 2×50 AHK, nakon opremanja traktora šumskom nadogradnjom (zaštitne konstrukcije kabine i podvozja) te nakon postavljanja farmerskoga vitla (tablica 2).

Traktor Belarus 1021 sa šumskom nadogradnjom ima masu od 5423 kg, a nakon postavljanja farmerskoga vitla masa mu se povećava na 6138 kg. Iz navedenoga se može zaključiti da masa farmerskoga vitla iznosi 715 kg. Prema tvorničkim podacima masa ispitivanoga farmerskoga vitla iznosi 585 kg, što znači da se dodatno povećanje mase od 130 kg odnosi na postavljanje užadi za vezanje tovara (čokera), vučne užadi i potrebnoga pribora.

Opterećenje prednjega mosta traktora Belarus 1021 opremljenoga šumskom nadogradnjom i bez farmerskoga vitla iznosi 41 % od ukupne mase. S postavljanjem farmerskoga vitla na trozglobnju poteznicu traktora opterećenje prednje osovine traktora pada na samo 30 % ukupne mase traktora.

Raspored opterećenja po osovinama traktora Belarus 1021 suprotno je od specijaliziranih šumskih

Tablica 2. Masa i raspored opterećenja traktora Belarus 1021 s vitlom Tajfun EGV 2×50 AHK

Table 2 Mass and load distribution of Belarus 1021 with winch Tajfun EGV 2x50 AHK

	Belarus 1021 + zaštitni sustav <i>Belarus 1021 + protective structure</i>		Belarus 1021 + zaštitni sustav s vitlom Tajfun EGV 2x50 AHK <i>Belarus 1021 + protective structure with Tajfun EGV 2x50 AHK winch</i>	
	Masa, kg – Mass, kg			
Kotači – <i>Wheels</i>	S vozačem – <i>With driver</i>	Bez vozača – <i>Without driver</i>	S vozačem – <i>With driver</i>	Bez vozača – <i>Without driver</i>
PL – <i>FL</i> *	1094	1086	881	878
PD – <i>FR</i> *	1154	1146	957	945
SL – <i>RL</i> *	1594	1542	2165	2110
SD – <i>RR</i> *	1581	1528	2135	2084
Ukupno – <i>Total</i>	5423	5302	6138	6017
	%			
Prednji – <i>Front</i>	41	42	30	30
Stražnji – <i>Rear</i>	59	58	70	70
Lijevo – <i>Left</i>	50	50	50	50
Desno – <i>Right</i>	50	50	50	50

*PL – prednji lijevi kotač – *FL – front left wheel*

*PD – prednji desni kotač – *FR – front right wheel*

*SL – stražnji lijevi kotač – *RL – rear left wheel*

*SD – stražnji desni kotač – *RR – rear right wheel*

zglobnih traktora – skidera, što ujedno upućuje na nepovoljne tehničke značajke APT-a za rad na privlačenju i privitlavanju drva uz nagib.

Radi poboljšanja stabilnosti traktora potrebno je vitlo ugraditi, što bliže stražnjoj osovini traktora te time smanjiti krak djelovanja težine vitla. Kod postavljanja farmerskoga vitla nema mogućnosti prilagođavanja položaja vitla jer se mora nalaziti i ovisiti na trozglobnu poteznicu traktora.

U tablici 3 dan je prikaz usporedbe izmjerene mase skidera i traktora Belarus 1021 s tvorničkim podacima. Razlike su nastale zbog opremanja vozila užadima za vezivanje, proizvođačevim zaokruživanjem točnih vrijednosti radi lakšega predstavljanja i komercijalnih aktivnosti (slučaj kod skidera Ecotrac 120V i Ecotrac MS 33V proizvođača Hittner d.o.o. Bjelovar).

Jedino skider LKT 81T ima manju izmjerenu masu od tvorničke, što može biti posljedica učestalih popravaka i zamjene originalnih dijelova jer je ispitivano vozilo bilo najstarije i najduže je rabljeno.

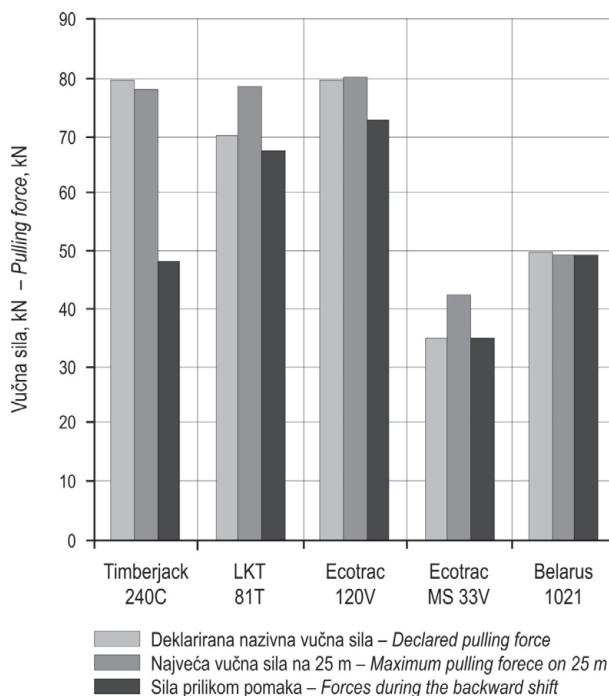
Tablica 3. Usporedba mase ispitivanih vozila

Table 3 Mass comparison of tested vehicles

Skider/traktor Skidder/tractor	Masa, kg – Mass, kg	
	Mjereno – Measured	Tvornički – Declared
Timberjack 240C	8552	8409
LKT 81T	6871	7065
Ecotrac 120V	7257	7200
Ecotrac MS 33V	3483	3460
Belarus 1021	6138	4800

Sustavom transmisije ili hidrauličnim sustavom šumskoga vozila snaga se dovodi od motora na bubanj vitla. Pri određenom zakretnom momentu dovedenom na bubanj vitla može se ostvariti najveća (nazivna) vučna sila u užetu. Najveća se vučna sila vitla postiže kod praznoga bubnja vitla, tj. kada je uže potpuno izvučeno. Prema tomu, nazivna se vučna sila ne može ostvariti tijekom cijeloga vremena privitlavanja jer se uz maksimalni zakretni moment namatanjem užeta povećava krak djelovanja sile, a time smanjuje veličina vučne sile. Ugrađeno šumsko vitlo treba biti nazivne vučne sile da se omogući dovoljna horizontalna sila vuče pri velikom kutu nagiba užeta i pri gotovo potpuno namotanom užetu na bubnju za privitlavanje najvećih drvnih sortimenta.

Na slici 7 prikazani su rezultati mjerenja najveće vučne sile ispitivanih vitla (vozila su blokirana), rezultati mjerenja vučne sile ispitivanih vitla kod kojih



Slika 7. Vrijednosti deklarirane nazivne vučne sile, najveće vučne sile pri dužini užeta od 25 m i vrijednosti sile prilikom pomaka stroja prema nazad

Fig 7 Values of declared pulling force, maximum pulling force on 25 m and force while the vehicle moves backwards

dolazi do pomaka strojeva prema nazad (vozila su deblokirana) te su prikazane i vrijednosti koje deklarira proizvođač svakoga skidera i vitla. Iz slike je vidljivo da istraživana vozila ostvaruju približno jednaku ili nešto veću maksimalnu vučnu silu na udaljenosti od 25 m od one koju deklarira proizvođač vitla. Sila kod koje je došlo do pomaka traktora prema nazad kod svih je traktora manja od najveće vučne sile. Kod Timberjacka 240C ta je sila značajno manja, što je posljedica nesidrenja.

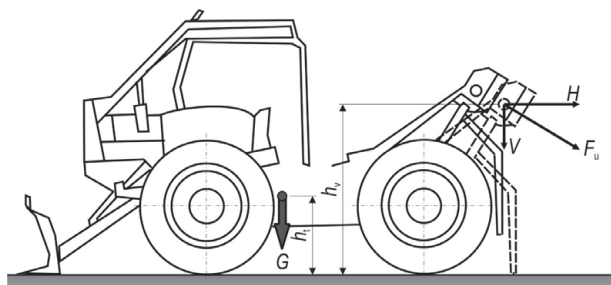
Stabilnost traktora osim uzdužnoga i poprečnoga kuta stabilnosti podrazumijeva i sigurnost sidrenja traktora pri privitlavanju drva (Horvat 1983). Prilikom privitlavanja vuču trupca po tlu ostvaruje horizontalna sastavnica sile u užetu, dok vertikalna sastavnica vučne sile, zbog opterećenja kojim djeluje na zadnji most vozila, povećava adhezijsku težinu vozila. Za potrebe privitlavanja trupca po tlu koristi se određena horizontalna sila manja od nazivne vučne sile (Hasan 1989). Zbog prevelike horizontalne sastavnice vučne sile pri privitlavanju dolazi do prevelikoga rasterećenja prednjega mosta stroja i narušavanja uzdužne stabilnosti vozila, a može izazvati pomicanje stroja.

Faktor prijanjanja skidera i traktora s podlogom stoga je važan pokazatelj mogućnosti sigurnoga privitlavanja drva. Iskazuje se odnosom horizontalne sile koja djeluje na vozilo nasuprot rasporeda vertikalne sile. U slučaju privitlavanja (slika 8) faktor je prijanjanja određen odnosom veličine horizontalne sile u užetu i zbroja vertikalne sile u užetu i težine vozila (adhezijska težina).

$$\mu_{PR} = \frac{H}{V + G} = \frac{H}{G_a} \quad (1)$$

gdje su:

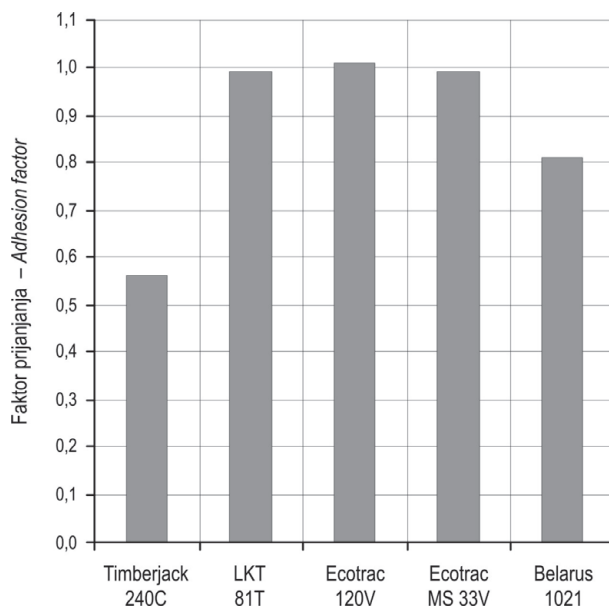
- μ_{PR} – faktor prijanjanja
- H – horizontalna sastavnica vučne sile
- V – vertikalna sastavnica vučne sile
- G – težina vozila
- G_a – adhezijska težina vozila.



Slika 8. Raspored sile na vozilu pri privitlavanju na ravnom terenu

Fig 8. Position of force during winching on flat terrain

Određivanjem visine horizontalnih valjaka vitla pri privitlavanju i udaljenosti izvučenoga užeta određen je kut nagiba užeta. Iz izmjerene vrijednosti vučne sile u užetu vitla prilikom koje je došlo do pomaka stroja prema nazad te poznatoga kuta nagiba užeta izraču-



Slika 9. Faktori prijanjanja

Fig 9. Adhesion factors

nate su horizontalna i vertikalna sastavnica sile u užetu. Na osnovi izmjerenih težina ispitivanih vozila te dobivenih vrijednosti horizontalne i vertikalne sastavnice sile u užetu (tablica 4) za svako je vozilo određen faktor prijanjanja (slika 9) prema izrazu (1).

Najmanji faktor prijanjanja postiže skider Timberjack 240C (0,56), koji je jedini ispitivani skider bez zadnje sidrene daske. Svi ostali skideri imaju faktor prijanjanja jednak 1, tek Ecotrac 120V ima faktor prijanjanja 1,02. Adaptirani poljoprivredni traktor Belarus 1021 s farmerskim vitlom na trozgloboj poteznici ostvaruje faktor prijanjanja od 0,82. Skider Timberjack 240C, iako pripada u istu grupu velikih skidera kao i LKT 81T i Ecotrac 120V, ne može iskoristiti u potpunosti vitlo

Tablica 4. Parametri na temelju kojih su izračunati faktori prijanjanja za pojedini stroj

Table 4 Parameters used for calculation of adhesion factor

Skider/traktor Skidder/tractor	Težina Weight	Vučna sila Pulling force	Visina valjaka Roller height	Udaljenost privitlavanja Winching distance	Kut nagiba užeta Cable angle	Horizontalna sila Horizontal force	Vertikalna sila Vertical force
	G	F	h	L	β	H	V
	kN		m		°	kN	
Timberjack 240C	84,5	48,35	2,15	25,0	2,75	48,29	2,3
LKT 81T	68,1	67,79	1,15	24,5	0,47	67,79	0,6
Ecotrac 120V	71,2	72,92	1,15	25,5	0,76	72,91	0,6
Ecotrac 33V	35,1	35,14	1,37	25,3	0,45	35,14	0,6
Belarus 1021	60,2	49,59	1,02	23,3	0,17	49,59	0,1



Slika 10. Zadnja daska i valjci vitla na skideru Timberjack 240C

Fig 10. Rear protection plate and winch rollers on skidder Timberjack 240C

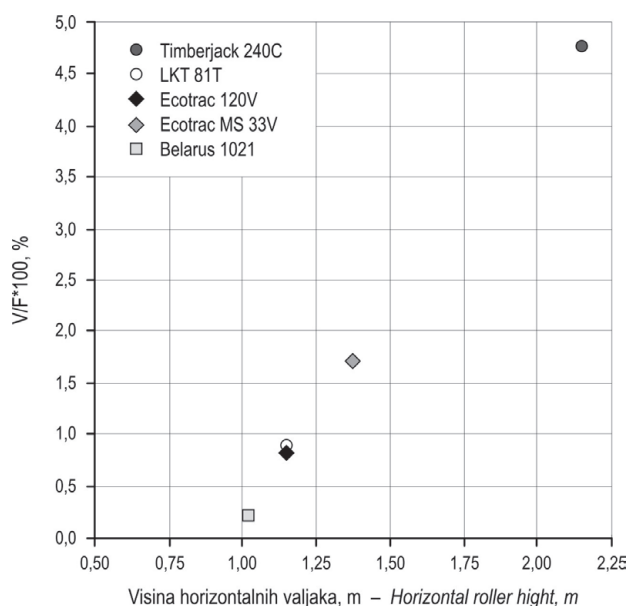
velike nazivne sile. Dok svi ostali istraživani skideri imaju faktor prijanjanja približno jednak 1, što znači da mogu ostvariti nazivnu vučnu silu, Timberjack 240C s faktorom prijanjanja od 0,56 ne može ostvariti najveću vučnu silu. Time se postavlja pitanje je li za takav skider potrebno vitlo nazivne vučne sile 100 kN.

Zanimljivo je usporediti visinu horizontalnih valjaka vitla koji određuju kut nagiba užeta te veličinu horizontalne i vertikalne sastavnice sile u užetu. Timberjack 240C ima najviši položaj horizontalnih valjaka vitla (slika 10) te najveći kut nagiba užeta, što smanjuje horizontalnu sastavnicu sile u užetu s obzirom na ostvarenu vučnu silu, ali time se povećava vertikalna sastavnica sile koja mu povećava adhezijsku težinu, a time i vučnu silu.

Proredni Ecotrac MS 33 V ima viši položaj horizontalnih valjaka vitla nego skideri Ecotrac 120V i LKT 81T jer su valjci fiksirani na stražnjem kraju skidera, dok se kod navedena druga dva skidera nalaze na zadnjoj sidrenoj dasci te se njihov položaj mijenja spuštanjem daske.

Najmanju visinu valjaka vitla ima traktor Belarus 1021 zbog konstrukcije samoga farmerskoga vitla te njegova položaja na trozgloboj poteznici traktora.

Manjom visinom horizontalnih valjaka povećava se omjer horizontalne sastavnice sile i vertikalne sastavnice sile u užetu. Time se povećava i energetska učinkovitost privitlavanja drva (slika 11). Kod skidera koji posjeduju sidrenu dasku nema potrebe za povećanjem adhezijske težine. U tom slučaju vertikalna sastavnica vučne sile predstavlja gubitak energije. Kako bi se poboljšale karakteristike privitlavanja drva s Ecotracom MS 33V, njegovim daljnjim razvojem



Slika 11. Utjecaj visine horizontalnih valjaka na odnos V/F

Fig 11. Impact of horizontal roller height on V/H relation



Slika 12. Nova sidrena daska Ecotrac-a 55V

Fig 12. New rear anchor plate of Ecotrac 55V

(Ecotrac 55V) konstruirana je nova sidrena daska (slika 12) na koju su postavljeni horizontalni valjci čime je omogućeno njihovo spuštanje pri sidrenju te time smanjenje kuta užeta, čime se povećava udio horizontalne sastavnice u vučnoj sili, tj. povećava se korisnost.

4. Zaključci – Conclusions

Najveća vučna sila vitla izmjerena na udaljenosti užeta od 25 m kod ispitivanih vozila približno je jednaka deklariranim vrijednostima vučne sile. Uspored-

bom dobivenih vrijednosti najveće vučne sile u užetu i vučne sile u užetu prilikom pomaka vozila prema nazad može se zaključiti da je upravo stabilnost vozila definirana pomakom unazad granični uvjet privlačenja drva.

Najbolje rezultate privlačenja, najveću silu prilikom privlačenja imaju skideri LKT 81T i Ecotrac 120V, što se očituje kao posljedica pravilne konstrukcije njihovih vitala i načina sidrenja. Prednost im se ogleda u mogućnosti sidrenja stražnjom daskom postavljenoj na hidrauličnim cilindrima te položajem horizontalnih valjaka na samoj dasci tako da se sidrenjem spuštaju. Najlošije pokazatelje mogućnosti privlačenja drva ima Timberjack 240C jer se ne može sidriti pa ostvaruje faktor privlačenja od 0,56. Skideri sa sidrenom daskom imaju veći faktor prijanjanja od APT-a najvjerojatnije zbog bolje konstrukcije mehanizma sidrene daske.

Postavljanje i upotreba vitla velike nazivne sile na skidere ili APT-e, bez upotrebe sidrene daske, nije isplativo i nije korisno jer takva vitla ne mogu u potpunosti iskoristiti svoje mogućnosti. Ugradnjom sidrene daske i montiranjem horizontalnih valjaka na nju poboljšava se energetska učinkovitost kod privlačenja jer se veći postotak vučne sile koristi za privlačenje, dok se njezin manji dio u obliku vertikalne sastavnice vučne sile koristi za poboljšanje sidrenja.

5. Literatura – References

- Beuk, D., Ž. Tomašić, D. Horvat, 2007: Status and development of forest harvesting mechanisation in Croatian state forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 28(1): 63–82.
- Hassan, A. E., M. I. Gustafson, 1986: Factors Affecting Tree Skidding Forces. ASAE paper, 81: 47–53.
- Hassan, A. E., 1989: Mjerni postupci pri istraživanju šumskih zglobnih traktora. *Mehanizacija šumarstva*, 14(11–12): 199–209.
- Horvat, D., 1979: Neke metode određivanja najpovoljnijeg režima rada kod priključivanja oruđa odnosno tereta na traktor. *Mehanizacija šumarstva*, 4(7–8): 243–257.
- Horvat, D., 1983: Jedan pristup problemu opremanja poljoprivrednog traktora šumskim vitlom. *Zbornik savjetovanja Mehanizacija šumarstva u teoriji i praksi*, Opatija, str. 149–164.
- Horvat, D., 1985: Tehničko-eksploatacijske značajke adaptiranog poljoprivrednog traktora u radu na nagibu. *Mehanizacija šumarstva*, 10(5–6): 59–65.
- Horvat, D., 1996: Proračun nekih veličina vučnih značajki četiriju vozila za privlačenje drva u proredama brdsko-planinskih sastojina (Calculation of some tractive parameters for four vehicles used for wood transportation in mountain forest thinning). U: S. Sever, ur., *Zaštita šuma i pridobivanje drva*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i Šumarski institut Jastrebarsko, Zagreb, str. 243–252.
- Horvat, D., 2001: Morfološke značajke adaptiranih poljoprivrednih traktora s ugradnjom različitih vitala (Morphological characteristics of adapted farming tractors equipped with different winches). U: S. Matić i A. P. B. Krpan, ur., *Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut Jastrebarsko, »Hrvatske šume« p.o., Zagreb, str. 525–533.
- Horvat, D., S. Sever, 1996: Neke tehničke značajke traktora za privlačenje drva u prorjedama sastojina brdsko-planinskog područja (Some properties of skidders used in mountain forest stand thinning). *Šumarski list*, 120(3–4): 157–162.
- Krpan, A. P. B., 1992: Iskorišćivanje šuma. U: Đ. Rauš, ur., *Šume u Hrvatskoj*, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i »Hrvatske šume« p.o. Zagreb, str. 153–170.
- Krpan, A. P. B., T. Poršinsky, Ž. Zečić, 2003: Studija o potrebnoj veličini zglobnog traktora (skidera) temeljem sastojinskih prilika glavnoga prihoda i primjenjene tehnologije. Znanstvena studija izrađena u sklopu tehnološkog projekta Ministarstva znanosti i tehnologije »Razvoj, ispitivanje i proizvodnja specijalnog šumskog vozila skidera mase do 7 t (TP-C37/2002)«, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1–41.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forwardera Timberjack 1710 pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1–170.
- Sever, S., 1980: Istraživanje nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, str. 1–301.
- Sever, S., D. Horvat, 1987: Neki problemi određenja stabilnosti zglobnih traktora. *Zbornik radova I stručnog skupa sekcije JUMV »Teramehanika i vozila visoke prohodnosti«*, 11. 3. 1997, Novi Sad, Jugoslavensko društvo za motore i vozila i Institut za mehanizaciju, Novi Sad, str. 93–102.
- Sever, S., D. Horvat, 1990: Vozila za privlačenje drva na teškim terenima. *Mehanizacija šumarstva*, 15(3–4): 75–80.
- Sever, S., D. Horvat, 1997: Choosing and Application of Forest Soft Machines. 7th European ISTVS Conference, 7–10. October, 1997, Ferrara, Italy, str. 549–556.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2004: Djelotvornost traktora Steyr 8090 i 9078 u oplodnim sječama sastojina Požeškog gorja (Efficiency of tractors Steyr 8090 and 9078 in shelterwood fellings of stands in Požega mountains). *Šumarski list*, 128(5–6): 245 – 254.

Abstract

*Influence of Anchoring on Values of Horizontal Component
of Pulling Force and Adhesion Factor during Wood Winching with Skidder
and Adopted Farming Tractor*

This paper shows the measurement of maximum pulling forces and pulling forces while the vehicle moves backwards for forest machines equipped with forest winches and anchor plates.

The measurements were conducted on the following skidders:

- 1. Timberjack 240C with single-drum winch, without anchor plate, with fixed horizontal rollers,*
- 2. LKT 81T with double-drum winch, with anchor plate, with movable horizontal rollers,*
- 3. Ecotrac 120V with double-drum winch, with anchor plate, with movable horizontal rollers,*
- 4. Ecotrac MS 33V with double-drum winch, with anchor plate, with fixed horizontal rollers.*

Besides the above skidders, an adopted farming tractor was also investigated:

- 5. Belarus 1021 with double-drum winch mounted on rear power lift, together with anchor plate and horizontal rollers.*

Based on pulling forces measured while the machines move backwards and the known cable angle, horizontal and vertical components of the pulling force and adhesion factor were calculated. The highest adhesion factor is achieved by skidders with anchor plate Ecotrac 120V, LKT 81T and Ecotrac MS 33V (around 1), while the lowest adhesion factor is achieved by Timberjack 240C (0.56).

The analysis of the impact of horizontal roller height of forest vehicles shows that the higher the roller height, the lower is the winching efficiency, so from that point of view, forest vehicles that anchor should have a horizontal roller mounted on the anchor plate. Forest vehicles without an anchor plate have a low adhesion factor, and high position of horizontal rollers decreases the winching efficiency, but increases the adhesion weight of vehicles, ensuring somewhat larger pulling forces.

Keywords: forest harvesting, skidder, winch, pulling force, horizontal rollers, adhesion factor

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Marko Zorić, mag. ing. silv.
e-pošta: mzoric@sumfak.hr
Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar
e-pošta: susnjar@sumfak.hr
Zdravko Pandur, dipl. inž. šum.
e-pošta: zpandur@sumfak.hr
prof. dr. sc. Dubravko Horvat
e-pošta: dhorvat@sumfak.hr
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
HR – 10 000 Zagreb

mr. sp. Hrvoje Gužvinec
e-pošta: hrvoje.guzvinec@hrsume.hr
»Hrvatske šume« d.o.o Zagreb
Uprava šuma Podružnica Koprivnica
Ivana Meštrovića 28
HR – 48 000 Koprivnica

Primljeno (Received): 4. 7. 2012.

Prihvaćeno (Accepted): 29. 11. 2012.

