

Vpliv tehničnih parametrov gozdarskega traktorja ob njegovi izbiri *Influence of forestry tractors' technical parameters on tractor choice*

Jurij MARENČE¹, Boštjan KOŠIR²

Izvleček:

Marenče, J., Košir B.: Vpliv tehničnih parametrov gozdarskega traktorja ob njegovi izbiri. *Gozdarski vestnik*, 64/2006, št. 4. V slovenščini, z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 26. Prevod v angleščino: Jana Oštir.

V prispevku opisujemo metodologijo in nekatere rezultate raziskave, ki v naših razmerah predstavljajo novost pri ugotavljanju tehničnih parametrov traktorja med vlačanjem lesa. S prilagojeno merilno verigo smo izmerili vrednosti posameznih tehničnih parametrov in dinamiko do katere med vlačanjem po vlaki prihaja. V raziskavo so bili vključeni traktorji Woody 110 in AGT 835 T s hidrostatičnim in mehanskim prenosom sil. Dobljene vrednosti obremenitev na oseh traktorja, vlečnih sil in zdrsa lahko dodatno pomagajo pri izbiri delovnega sredstva – glede na delovne razmere se lahko odločamo o primernosti in smiselnosti uporabe posameznega traktorja.

Ključne besede: meritve, tehnični parametri, vlačenje lesa, traktorji, izbira traktorja

Abstract:

Marenče, J., Košir B.:

Influence of forestry tractors' technical parameters on tractor choice. *Gozdarski vestnik*, Vol. 64/2006, No. 4. In Slovene, with abstract and summary in English, lit. quot. 26. Translated into English by Jana Oštir.

The article describes the methodology and some results of the research carried out in Slovenia which present a novelty in establishing the technical parameters of a tractor during the skidding of timber. An adapted measuring chain was used to measure the values of individual technical parameters and the dynamics arising during skidding on skid track. The research included the following tractors: Woody 110 and AGT 835 T with hydrostatic and mechanical power transmission. The values of load on tractor axes, of pulling force and slip can be of additional help in selecting the machine – with regard to the work conditions it is possible to decide on the suitability and sensibility of a certain tractor choice.

Key words: measurement, technical parameters, skidding, tractors, tractor selection

1 UVOD

Pri spravilu v slovenskih gozdovih prevladuje traktorsko spravilo. Glede na zahtevnost dela, primernost in pogostost njihove uporabe se pri delu odločamo za zelo različne stroje. Ob tem so zahteve v profesionalni rabi traktorjev bistveno drugačne od tistih v zasebnih gozdovih, kjer traktorje uporabljamo občasno in niso namenjeni zgolj delu v gozdu. Ob ekoloških omejitvah v okviru sonaravnega gospodarjenja z gozdovi je zato izbira primernega traktorja zelo pomembna. Pri izbiri tako ni odločilna le učinkovitost traktorja, ampak tudi njegova ekološka ustreznost delovnim in sestojnim razmeram, v katerih z njim delamo.

Ob odločanju za določen traktor potrebujemo veliko informacij – ne le njegove nabavne vrednosti in osnovnih tehničnih podatkov, ki jih ob nakupu običajno dobimo od proizvajalca stroja. Poleg osnovnih informacij so vsekakor zelo koristni tudi podatki o tehničnih parametrih, ki nam lahko olaj-

šajo presojo o primernosti in uporabnosti izbranega stroja za delo v konkretnih delovnih razmerah. Pri tem mislimo na način in učinkovitost prenosa vlečnih sil na tla, razporeditev mase traktorja skupaj z bremenom med samim vlačanjem, zdrs pogonskih koles in velikost vlečnih sil na vitlu. Z namenom pridobiti čim več tovrstnih podatkov smo v okviru projekta »Tehnologija pridobivanja lesa in vplivi na gozdno okolje« na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire – Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko, oblikovali raziskavo, ki predstavlja izvirni pristop v obravnavanju tehnološke problematike in ponuja nova spoznanja na področju traktorskega spravila.

² dr. J. M. univ. dipl. inž. gozd., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF Univerze v Ljubljani, Večna pot 83 1000 Ljubljana, SLO

¹ prof. dr. B. K. univ. dipl. inž. gozd., Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF Univerze v Ljubljani, Večna pot 83 1000 Ljubljana, SLO

2 OPREDELITEV PROBLEMA IN DOSEDANJE RAZISKAVE

V raziskavi smo ugotavljali povezave in odvisnosti med vključenimi dejavniki (velikost in orientacija bremena, vzdolžni naklon vlake in smer vlačjenja) in tehničnimi parametri, ki smo jih v poskusu opredelili kot pomembne. Pri tem imamo v mislih napore in vlečne sile na vseh štirih kolesih, razpored mase traktorja med prednjo in zadnjo osjo, vlečne sile na vitlu in zdrs posameznih koles.

Pri oblikovanju poskusa smo na osnovi praktičnih izkušenj domnevali, da sta predvsem velikost bremena in vzdolžni naklon vlake tista dejavnika, ki bistveno vplivata na velikost izmerjenih tehničnih parametrov. Zahtevnost delovnih razmer (vzdolžni naklon in velikost bremena) največ vpliva na velikost navora – zanimalo nas je, kako se njegove vrednosti med vožnjo po vlaki spreminjajo in porazdeljujejo na posamezna kolesa. V praksi se neprestano ukvarjamo tudi z vprašanjem stabilnosti traktorja in varnostjo traktorista. Glede na dejstvo, da se masa traktorja v pestrih delovnih razmerah porazdeljuje različno, je temu primerna tudi varnost traktorista. Pri tem velikost bremena kot tudi njegova orientacija bistveno spreminjata ta razmerja. To dejstvo odločilno vpliva tudi na uspešnost prenosa vlečnih sil s koles traktorja na podlago. V raziskavi nas zanima koliko te sile se dejansko porabi za premikanje traktorja in koliko je ostane za koristno delo – vlačenje bremena po vlaki. Pri vsem tem prihaja tudi do zdrsa, ki je seveda odvisen od vseh naštetih dejavnikov in tehničnih parametrov v tej raziskavi.

Poznavanje medsebojne povezanosti navorov, vlečnih sil na kolesih in zdrsa, v odvisnosti od razporeda mase na traktorju, lahko pomembno pripomore k pojasnjevanju zakonitosti pri spravlilu lesa. Ne samo velikost bremena in vzdolžni naklon, tudi sama orientacija bremena lahko precej spremeni razmerja in zakonitosti pri njegovem transportu.

Pri vlačanju lesa nas zanimajo predvsem velikosti parametrov pri vožnji navzgor, posebno v povezavi z mejnimi vrednostmi, ki jih posamezni delovni stroji v takšnih delovnih razmerah zmorejo. Pri tem imamo v mislih zlasti vzdolžne naklone in velikosti bremen. Ob presoji pri-

mernosti delovnega sredstva ali njegovi izbiri je poznavanje teh vrednosti pomembno.

Očitno je, da pri spravlilu lesa ne zadošča zgolj poznavanje parametrov pri delu navzgor, kljub temu, da so obremenitve pri spravlilu navzgor večje. Pri vlačanju enako velikih bremen navzdol nastajajo na strojih bistveno drugačne obremenitve, njihova odvisnost in povezanost temelji na popolnoma drugačnih zakonitostih. Prav zato pomemben del raziskave obravnava parametre, njihove velikosti in odvisnosti, tudi pri vlačanju navzdol.

S tematiko, ki obravnava prenos vlečnih sil na tla, so se v preteklosti ukvarjali mnogi avtorji. Temeljno osnovo pri tem v svojih delih prav gotovo predstavljata Bekker (1956 in 1960) in Wong (2001). V svojih delih poudarjata vso kompleksnost problematike do katere prihaja pri delu s stroji na relaciji kolo - tla. Velikost vlečnih sil strojev, zdrs na različnih podlagah ter njegov vpliv na učinkovitost prenosa sil na podlago je vsebina mnogih raziskav (SAARILAHTI / ALAILOMAKI 1997, WASTERLUND 1989).

Pri nas so bile podobne raziskave pri meritvah tehničnih parametrov narejene v kmetijstvu. Pri tem so raziskovalci ugotavljali porabo energije pri obdelavi tal (POJE 1996), realizacijo vlečnih sil in vpliv zdrsa (BERNIK / GODEŠA 1994) in tudi vpliv zdrsa na poškodovanost tal (GODEŠA / BERNIK 1998). Podobne odnose med posameznimi parametri pri vlačanju lesa smo ugotavljali tudi v naši raziskavi.

3 METODOLOGIJA

3.1 Izbira objektov

Z izbiro objektov na terenu smo se pri oblikovanju naše raziskave želeli čim bolj približati delovnim razmeram, ki jih sicer imamo pri vsakdanjem delu pri vlačanju lesa. Vse vlake, na katerih smo izvajali meritve, so bile izbrane v deloviščih, kjer je bila redna gozdna proizvodnja. Dodatna rekonstrukcija vlak ni bila potrebna – izbrani traktorji v raziskavi so bili zaradi nameščenih merilnih inštrumentov širši kot običajno, zato smo se pri izbiri vlak odločali za takšne, ki so bile brez izrazitih usekov. Raziskava je bila zasnovana celostno; potekala je na razgibanih gozdnih vlakih – s tako dobljenimi podatki lahko dobimo stvarno

sliko dinamičnega dogajanja pri vlačanju lesa. Najnovejši razvoj merilne tehnike danes omogoča doslej neizvedljivo dinamično zajemanje podatkov v realnih delovnih razmerah, torej na vlakah, kjer sicer vsak dan vlačimo les.

Postavljena metodologija in zahtevna merilna veriga je bila oblikovana tako, da bo lahko tudi v prihodnje dobra osnova in v pomoč pri podobnih raziskavah vlačanja lesa z različnimi delovnimi sredstvi. Takšne meritve so tudi prve te vrste na gozdarskih traktorjih v slovenskih razmerah.

3.2 Merilni inštrumenti

Na izbrani traktor smo namestili različne inštrumente, s katerimi smo med vožnjo po vlakci merili več tehničnih parametrov. Merilni inštrumenti, s katerimi smo zaznavali dinamiko dogajanja med vožnjo, so bili povezani s prenosnim računalnikom, kjer smo zajemali vse izmerjene podatke (sl.1). Prednost takšnega načina zajemanja podatkov, kjer imamo vse merilne inštrumente nameščene na samem traktorju, je v dejstvu, da ne potrebujemo dodatnega spremljevalnega vozila in dodatne vzporedne poti zanj. V dosedanjih raziskavah (SEVER 1980, 1987, HORVAT 1987, 1993) so ravno zaradi te zahteve izvajali raziskave na krajših in prilagojenih vlakah, kjer so bili takšni pogoji lahko izpolnjeni. V najnovejših meritvah (ŠUŠNJAR 2005) raziskovalci uporabljajo brezžični



Slika 1: Merilni inštrumenti na kabini traktorja

prenos podatkov. V naši raziskavi smo oblikovali novo merilno verigo in način zajemanja ter prenos podatkov izvedli tako, da celotna meritev poteka v realnih delovnih razmerah na vlakah, na katerih sicer delamo.

V raziskavi smo izmerili navore na vseh štirih kolesih, porazdelitev mase traktorja med vožnjo, prevoženo pot na posameznem kolesu, zdrs koles in vlečne sile na vrvi vitla. Vse tehnične parametre smo merili s frekvenco 10 Hz. Na ta način smo želeli zajeti dejansko dinamiko vlačanja, oziroma priti do realne slike, kaj se pri vlačanju po vlakci dejansko dogaja.

Na mesto med polosjo in kolesom traktorja smo vgradili dinamometre (sl. 2) s pomočjo katerih smo



Slika 2: Woody 110 – vgrajen dinamometer na mestu med polosjo in kolesom



Slika 3: Woody 110 – merjenje prevožene poti na kolesu

med gibanjem traktorja po vlaki merili vrednosti navora na vsakem od njegovih koles. Za meritve smo izdelali štiri dinamometre za vsak traktor (JEJČIČ et al. 2001, 2002, 2003). Z namestitvijo posebnih merilnih lističev na dinamometre lahko med vožnjo po vlaki hkrati merimo navor in maso na vsakem kolesu. S posebnim principom lepljenja smo tako pripravili vsak dinamometer posebej (PIRIA 1987, AJVAZ 1969).

Od vrednosti navora je odvisna obodna sila na kolesu, ki je potrebna za premagovanje kotalnega upora in vlačjenja bremena. Na velikost te sile seveda odločilno vplivata vzdolžni naklon vlake, smer vlačjenja in velikost bremena. V raziskavi so bili to dejavniki, ki so poleg orientacije bremena, najbolj odločilno vplivali na velikost sile. S pomočjo istega dinamometra smo izmerili tudi s kakšno maso obremenjujemo posamezno kolo. Analiza teh vrednosti nam pokaže, kako je masa traktorja med vožnjo po vlaki razporejena med prednji in zadnji del traktorja, oziroma kakšna je njegova stabilnost. Govorimo seveda o skupni masi, ki je posledica mase samega traktorja, kot tudi mase bremena.

Tudi vrednosti zdrsa predstavljajo zelo pomemben del raziskave. Prevoženo pot po vlaki smo izmerili s pomočjo merskega traku, dejansko prevoženo pot vsakega kolesa posebej pa z inštrumentom (drsni odjemnik toka skupaj z rotacijskim optičnim dajalnikom), ki smo ga namestili na os posameznega kolesa (sl. 3). Z analizo in primerjavo teh podatkov smo prišli do vrednosti zdrsa, ki se bistveno spreminjajo glede na vzdolžni naklon vlake in velikost bremena.

Pri obravnavanju vlečne sile imamo v mislih vrednosti, ki nastopajo v vrvi s katero vlačimo breme. Dejansko ta sila predstavlja rezultanto sil, ki smo jo zaradi oblikovane metodologije razdelili na dva dela – na njeno horizontalno in vertikalno komponento. Ob vključevanju različnih dejavnikov v poskus (velikost bremena, naklon vlake, smer vlačjenja) se vrednosti obeh komponent spreminjata. Te spremembe so glede na težavnost dela zelo različne in kažejo na nekatere zakonitosti, ki so za vlačenje bremen in uporabnost traktorjev zelo pomembne. Pri tem je zlasti pomembna horizontalna komponenta vlečne sile, saj predstavlja del vrednosti, ki se sicer ustvari na obodu kolesa in je potrebna za vlačenje bremena. Vrednosti obeh komponent smo merili s pomočjo dveh dinamometrov, ki smo ju namestili na naletno desko in sta med seboj postavljena pod pravim kotom. Z višino naletne deske smo zagotovili vodoravnost oziroma navpičnost posameznega inštrumenta, namestitvev ob naletni deski pa zagotavlja sicer običajni položaj bremena. Breme je pri tem vedno enako dvignjeno od tal (slika 4).

3.3 Izbira pravilnega sredstva v raziskavi

Pri spravilu lesa običajno uporabljamo prilagojene traktorje kolesnike, v težjih delovnih razmerah pa specialne z gibne traktorje. Pri tovrstnih raziskavah je pomembno in smiselno, da v analizo vključujemo traktorje, ki jih sicer uporabljamo pri spravilu lesa. Predvsem v težkih delovnih razmerah uporabljamo specialne gozdarske traktorje, v vseh ostalih primerih pa prilagojene kmetijske traktorje. Glede na običajno pogostost posameznih traktorjev v slovenskih gozdovih, smo se tudi v tej raziskavi z izborom traktorjev skušali prilagoditi dejanskemu stanju (MARENČE 1997).

Slika 4: Woody 110 - inštrument za merjenje vlečne sile na vrvi vitla



V prvem delu raziskave smo opravili meritve na traktorju Woody 110 iz skupine specialnih zgibnih traktorjev. Traktor s Perkinsonovim, vodno hlajenim štirivaljnim motorjem ima moč 76,5 kW. Transmisija traktorja (Sauer-Sundstrand) je v bistvu kombinacija hidrostatičnega in mehanskega prenosa sil (KOŠIR 1997, 2000, KOŠIR, LIPOGLAVŠEK 1999). Proces delovanja celotnega traktorja Woody 110 se krmili računalniško – poseben program medsebojno uravnava več parametrov, s tem pa preprečuje preobreme-

nitev posameznih sklopov stroja. Delo s takšnim strojem je zato z ergonomskega in varnostnega stališča primernejše. Traktor je opremljen z daljinsko vodenim dvobobenskim hidravličnim vitlom vlečne sile 80 kN (slika 5).

Uporaba takšnih traktorjev je zaradi stroge namembnosti omejena predvsem na težje razmere dela v okviru izvajalskih podjetij. Glede na lastniško strukturo in razdrobljenost gozdne posesti pri delu v gozdu bolj pogosto uporabljamo manjše in cenejše traktorje, ki so opremljeni z gozdarsko



Slika 5: Traktor Woody 110



Slika 6: Traktorja AGT 835 T

nadgradnjo in prilagojeni delu na manjši gozdni posesti (MARENČE 1997). Zato smo v drugem delu naše raziskave v proučevanje vključili tudi traktor AGT 835 T (Agromehanika Kranj), ki je opremljen z motorjem moči 26,4 kW. To je traktor, ki je v bistvu namenjen delu na manjših kmetijskih površinah, z dodatno gozdarsko nadgradnjo pa lahko z njim delamo tudi v gozdu (slika 6).

V raziskavi smo uporabili dva traktorja AGT 835 T (enega z mehansko in drugega s hidrostatično izvedbo). Oba traktorja sta enakih dimenzij in mase, s trivaljnim, vodno hlajenim motorjem, proizvajalcem Lombardini. Oba sodita v skupino togih traktorjev z enakimi kolesi, s krmiljenimi prednjimi kolesi (JEJČIČ 2002). Glede na velikost traktorja, predvsem pa njegovo moč ta traktor ne sodi v skupino najbolj pogosto uporabljenih na majhni gozdni posesti. Po teh značilnostih sodi v skupino manjših traktorjev (MARENČE 1997). Traktor smo opremili z varnostno kabino, rampno desko, enobobenskim vitlom Krpan z vlečno silo 30 kN in verigami na vseh štirih kolesih (MARENČE 2002). Glede na tehnične zmožnosti tako opremljenega traktorja smo v raziskavi želeli opredeliti težavnost delovnih razmer, ki jih takšen traktor še zmore. Pri tem smo predpostavljali, da način transmisije in prenos sil s koles na tla igrata pomembno vlogo in se bistveno razlikujeta med obema izvedbama traktorja.

S takšnim izborom traktorjev v raziskavi smo želeli opredeliti delovne razmere v gozdu, v katerih bi bilo delo z njimi primerno in smiselno.

3.4 Izbira vlak

Z izbiro vlak smo se približale razmeram, v katerih običajno s takšnimi traktorji delamo. Vlaki sta bili izbrani na različnih lokacijah; obe sta se od kamionske ceste vzpenjali navzgor, imeli konkavno obliko in v svojem zgornjem delu dosegli največji vzdolžni naklon. S takšno izbiro vlak smo za vse traktorje v poskusu želeli ugotoviti tudi mejne vrednosti, v katerih stroj ob izbrani velikosti bremena še zmore opravljati delo. Prvo vlako (za Woody 110) smo izbrali na postojnskem gozdnogospodarskem območju, GGE Leskova dolina. Vlaka je dolga 220 m, z največjim vzdolžnim naklonom 42 % v njenem vrhnem delu. Drugo vlako (za AGT 835 T mehanske in hidrostatične izvedbe) pa smo izbrali v Jablah, GGE Domžale. Izbrana vlaka je dolga 191 m, z največjim vzdolžnim naklonom 27 % v njenem zgornjem delu.

Obe vlaki smo glede na njun vzdolžni naklon razdelili na več odsekov, znotraj katerih smo opravili vse meritve. Predvsem zaradi kratkih odsekov in lažje interpretacije rezultatov, smo posamezne odseke združili in tako na vsaki vlaki dobili tri odseke, opredeljene z vzdolžnim naklo-

nom, znotraj katerih smo ugotavljali spremembe tehničnih parametrov:

- pri Woody 110: do 20 %, do 30 %, nad 30 %,
- pri AGT 835 T: do 10 %, do 20 %, nad 20 %.

3.5 Izbira bremen

Podobno kot pri izbiri vlak smo se tudi pri izbiri bremen prilagajali tehničnim lastnostim posameznih traktorjev. Tako so bila bremena pri traktorju Woody 110 bistveno večja od tistih pri tehnično šibkejših, manjših traktorjih.

Pri traktorju Woody 110 smo izbrali bremena od 2 do 6 m³; bremena so bila vedno sestavljena iz štirih kosov dolžine 8 m, drevesna vrsta je bila jelka. Bremena so naraščala od najmanjšega proti največjemu za 1 m³. Pri manjših traktorjih (oba AGT 835 T) so bila bremena manjša, od 0,25 do 1,00 m³, sestavljena vedno iz enega kosa dolžine 8 m. Bremena so naraščala za 0,25 m³. Tudi tukaj je bila drevesna vrsta jelka. Zaradi korektnosti primerjav je poleg prostornine bremena pomembna tudi njihova masa, zato smo vsa bremena po končanem poskusu tudi stehali.

S takšno izbiro bremen smo se približali dejanskemu stanju, torej bremenom, ki jih lahko z izbranimi traktorji vlačimo pri našem vsakdanjem delu v gozdu. Bremena smo po vlaki vlačili v obeh smereh in ob njihovi različni orientaciji – torej z debelejšim oziroma tanjšim delom bremena v smeri vožnje. Različno orientirana bremena pomenijo namreč drugačno obremenitev predvsem zadnjega dela traktorja, to dejstvo pa odločilno vpliva tudi na vrednosti merjenih parametrov. Drugače povedano, različna orientiranost bremena pomeni, da pri vlačitvi lesa po vlaki, v sicer enakih delovnih pogojih, dosegamo drugačne rezultate. Torej lahko samo z različno orientiranostjo bremena vplivamo tudi na izkoristek traktorja.

4. REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 Oblikovanje ciklusov

V raziskavi smo z izbranimi traktorji vlačili različno velika bremena, pri tem spreminjali njihovo orientacijo glede na smer vožnje, v vse kombinacije pa vključili tudi spravilo navzgor oziroma navzdol po vlaki. Za vsak ciklus, ki je torej opredeljen z velikostjo bremena, njegovo

orientacijo in smerjo spravila, smo izmerili vse v raziskavi obravnavane tehnične parametre. Tako zbrane vrednosti smo obravnavali ločeno glede na velikost vzdolžnega naklona vlake. V meritve so pri vseh traktorjih vključene tudi vožnje neobremenjenega traktorja (brez bremena) v obeh smereh vožnje. Vsak ciklus predstavlja samostojno meritev, ki kaže na dejansko dinamiko dogajanja med vlačitvijo. Analiza posameznih ciklusov kaže na značilnosti, ki nastajajo med vlačitvijo stroja v konkretnih razmerah. Ti podatki nam predstavljajo tudi mejne vrednosti, ki jih morajo traktorji v določenih delovnih pogojih dosegati. V raziskavi (MARENČE 2005) je prikazan vsak ciklus posebej, z vsemi svojimi značilnostmi in zakonitostmi – v tem prispevku podajamo samo glavne poudarke in zakonitosti, do katerih smo prišli pri obdelavi podatkov.

4.2 Porazdelitev mase traktorja med njegovo prednjo in zadnjo osjo

Pri traktorju Woody 110 je porazdelitev mase v mirovanju (statična obremenitev) v razmerju 57 : 43. Pri tem vedno navajamo deleže, pri katerih prva vrednost predstavlja odstotek mase na prednji osi. Tako je med vožnjo traktorja po vlaki delež mase na posamezni osi rezultat same mase traktorja, velikosti bremena, njegove orientacije, vzdolžnega naklona vlake, smeri vlačitve in seveda vseh dinamičnih obremenitev, do katerih med vlačitvijo prihaja. Pri tem je breme v svojem prednjem delu dvignjeno od tal in tako dodatno obremenjuje zadnji del traktorja, s tem pa tudi bistveno spreminja razmerje mas med njegovim prednjim in zadnjim delom. V preglednici 1 prikazujemo, kakšna so ta razmerja. Oznaka »2m³ DG« pomeni vlačitve bremena 2 m³ debel gor ali z debelejšim delom naprej, smer vlačitve navzgor. Oznaka TG pomeni vlačitve bremena tanjši gor ali s tanjšim delom naprej in smer vlačitve navzgor. Iz podatkov je razvidno, da se obremenitev zadnje osi z večanjem bremena in vzdolžnega naklona pri vlačitvi navzgor izrazito povečuje. V najtežjih razmerah (breme 6 m³ in naklon nad 30 %) znaša razmerje 14 : 86. To je pomemben podatek, saj nam kaže, da je tudi v najtežjih pravilnih razmerah del mase še vedno tudi na prednji osi. To

Preglednica 1: Woody 110 - porazdelitev mase med njegovo prednjo in zadnjo osjo med vlačanjem navzgor

Velikost bremena in njegova orientacija										
Naklon	2m ³ DG	2m ³ TG	3m ³ DG	3m ³ TG	4m ³ DG	4m ³ TG	5m ³ DG	5m ³ TG	6m ³ DG	6m ³ TG
Do 20%	35 : 65	38 : 62	34 : 66	33 : 67	24 : 76	25 : 75	25 : 75	27 : 73	21 : 79	22 : 78
Do 30%	32 : 68	30 : 70	25 : 75	27 : 73	21 : 79	23 : 77	19 : 81	20 : 80	15 : 85	14 : 86
Nad 30%	26 : 74	30 : 70	25 : 75	27 : 73	20 : 80	22 : 78	27 : 73	26 : 74	21 : 79	—

Preglednica 2: Woody 110 - porazdelitev mase med njegovo prednjo in zadnjo osjo med vlačanjem navzdol

Velikost bremena in njegova orientacija										
Naklon	2m ³ DD	2m ³ TD	3m ³ DD	3m ³ TD	4m ³ DD	4m ³ TD	5m ³ DD	5m ³ TD	6m ³ DD	6m ³ TD
Nad 30%	54 : 46	55 : 45	54 : 46	49 : 51	42 : 58	47 : 53	38 : 62	39 : 61	47 : 53	44 : 56
Do 30%	50 : 50	53 : 47	46 : 54	47 : 53	37 : 63	43 : 57	37 : 63	38 : 62	48 : 52	44 : 56
Do 20%	43 : 57	46 : 54	39 : 61	40 : 60	33 : 67	38 : 62	30 : 70	29 : 71	31 : 69	—

pomeni, da v nobenem primeru ob vsej dinamiki premikanja po vlaki ne pride do razbremenitve prednjega dela traktorja oziroma, da stabilnost traktorja ni ogrožena. V nekaterih primerih so posamezni rezultati manj pričakovani – zlasti v delu vlake z največjim vzdolžnim naklonom bi pričakovali, da bodo obremenitve zadnje osi vedno največje. Naj omenimo, da je bil ta del na vlaki, kjer je prišlo zaradi najtežjih spravičnih razmer do zaustavitve traktorja, večinoma zelo kratek. Iz tega razloga imamo zaradi načina zajemanja podatkov sorazmerno malo izmerjenih vrednosti, istočasno pa je bila tudi dinamika vožnje zaradi postopnega zaustavljanja traktorja manjša. To sta po našem mnenju tudi poglavitna vzroka, da nekatere, sicer redke vrednosti, deloma odstopajo od dane zakonitosti. Pri največjem bremenu je pri

vlačanju navzgor prišlo do zaustavitve traktorja že pred največjim vzdolžnim naklonom.

Pri vlačanju navzdol (preglednica 2) je pričakovano prednja os bolj obremenjena; to dejstvo je predvsem posledica vzdolžnega naklona, pri tem pa velikost bremena dodatno obremenjuje zadnji del traktorja. Ob večanju bremena in manjšanju vzdolžnega naklona med vožnjo navzdol se vedno več mase prenaša na zadnji del traktorja. Orientacija bremena tudi vpliva na velikost obremenitve – vlačenje z debelejšim delom bremena naprej pomeni 1-5 % večjo obremenitev zadnjega dela traktorja.

Omenjene zakonitosti veljajo v večini primerov; vendar je potrebno poudariti, da v vseh primerih to ne drži. Zlasti pri vlačanju navzdol prihaja zaradi večje hitrosti do zelo dinamičnega gibanja, kar

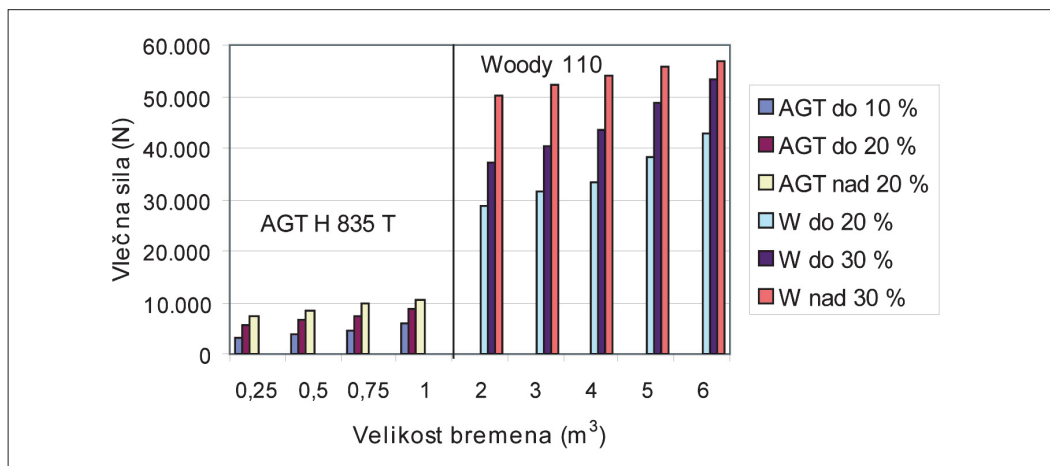
Preglednica 3: AGT 835 T - porazdelitev mase med njegovo prednjo in zadnjo osjo med vlačanjem navzgor

Velikost bremena in njegova orientacija								
Naklon	0,25m ³ DG	0,25m ³ TG	0,50m ³ DG	0,50m ³ TG	0,75m ³ DG	0,75m ³ TG	1,00m ³ DG	1,00m ³ TG
Do 10%	49 : 51	53 : 47	44 : 56	47 : 53	42 : 58	42 : 58	35 : 65	35 : 65
Do 20%	42 : 58	46 : 54	37 : 63	39 : 61	34 : 66	34 : 66	28 : 72	28 : 72
Nad 20%	45 : 55	46 : 54	35 : 65	40 : 60	34 : 66	35 : 65	38 : 62	40 : 60

Preglednica 4: AGT 835 T - porazdelitev mase med njegovo prednjo in zadnjo osjo med vlačanjem navzdol

Velikost bremena in njegova orientacija								
Naklon	0,25m ³ DD	0,25m ³ TD	0,50m ³ DD	0,50m ³ TD	0,75m ³ DD	0,75m ³ TD	1,00m ³ DD	1,00m ³ TD
Nad 20%	67 : 33	67 : 33	62 : 38	65 : 35	57 : 43	57 : 43	56 : 44	53 : 47
Do 20%	62 : 38	63 : 37	55 : 45	58 : 42	51 : 49	50 : 50	46 : 54	45 : 55
Do 10%	57 : 43	56 : 44	48 : 52	50 : 50	45 : 55	46 : 54	43 : 57	41 : 59

Grafikon 1: Skupna vlečna sila traktorjev AGT 835 T (AGT) in Woody 110 (W)



vpliva tudi na dobljene rezultate. Breme ves čas vlačjenja niha ob naletni deski, občasno se nanjo tudi naslanja, kar delno vpliva tudi na dobljene rezultate meritev. Zaradi tehničnih težav je del meritve pri največjem bremenu izpadel.

Pri drugih dveh traktorjih v raziskavi (AGT 835 T) je razmerje mas drugačno. V mirovanju in na ravnem se giblje v razmerju 64 : 36. Potrebno je poudariti, da so meritve pri manjših traktorjih potekale na drugi vlaki, kjer so največji vzdolžni nakloni vlake dosegli vrednosti do 30 %. Same zakonitosti in razpored mas (preglednici 3 in 4) pa so podobni kot smo jih ugotavljali pri večjem specialnem gozdarskem traktorju. V članku predstavljamo le podatke za traktor AGT 835 T hidrostatične izvedbe, saj sta traktorja po masi in osnovni razporeditvi mas enaka.

4.3 Izbira traktorjev

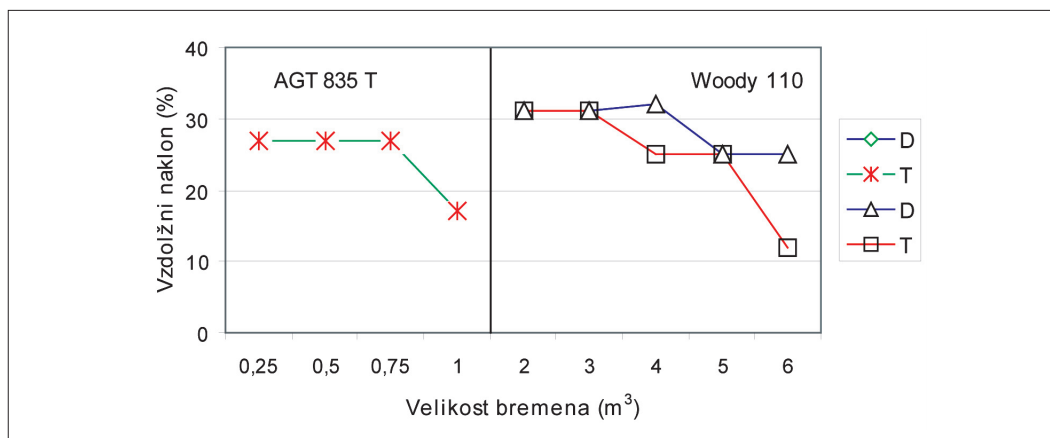
Porazdelitev mase traktorja je eden pomembnejših tehničnih parametrov, ki smo jih izmerili v tej raziskavi. Izmerjeni navori na kolesih, vlečne sile in velikost zdrsa so neposredno povezani s porazdelitvijo mase. Analize v raziskavi so potrdile njihovo medsebojno odvisnost. Pri izbiri traktorjev nam tovrstni podatki lahko dajo dodatne informacije o zmožnostih posameznega stroja. Ob poznavanju dejanskih razmer v katerih bomo s traktorji delali, se lahko ob poznavanju niza tehničnih podatkov ob izbiri lažje odločamo (KOŠIR et al 2005).

Izbrana traktorja predstavljata dve skrajnosti v katerih lahko z njima delamo. Na eni strani imamo traktor AGT 835 T, katerega v gozdu lahko občasno uporabljamo, z njim delamo v lažjih delovnih razmerah in vlačimo manjša bremena. Ravno nasprotno pa je traktor Woody 110 namenjen delu v najtežjih delovnih razmerah. Traktorja torej predstavljata dve popolnoma različni »zgodbi« in ponazarjata skrajnosti do katerih pri delu v gozdu prihaja. Vsi drugi traktorji, ki jih uporabljamo v gozdu, so nekje med njima. Tako nam takšne meritve tehničnih parametrov opredeljujejo in določajo mejo, do katere lahko posamezne stroje glede na težavnost delovnih razmer uporabljamo.

S skupno vlečno silo na vseh kolesih traktorja, ki smo jo v raziskavi ugotavljali, lahko za posamezen traktor opredelimo, kolikšna je v določenih delovnih razmerah za vlačenje bremen potrebna. Na osnovi takšnega podatka lahko ob poznavanju težavnosti delovnih razmer izbiramo med traktorji, ki so takšno vlečno silo sposobni razviti. Delovno območje traktorja AGT 835 T smo v raziskavi opredelili z vzdolžnim naklonom in velikostjo bremena. Pri tem je razvil največ 10.000 N skupne vlečne sile (grafikon 1). Traktor Woody 110 predstavlja drugo skrajnost – v najtežjih delovnih razmerah lahko razvije od 50 do 60.000 N vlečne sile (grafikon 1).

Velikost bremena in vzdolžni naklon vlake sta dejavnika s katerima lahko opišemo težavnost delovnih razmer, istočasno pa tudi sposobnost

Grafikon 2: Zmogljivost obeh traktorjev v različnih delovnih razmerah



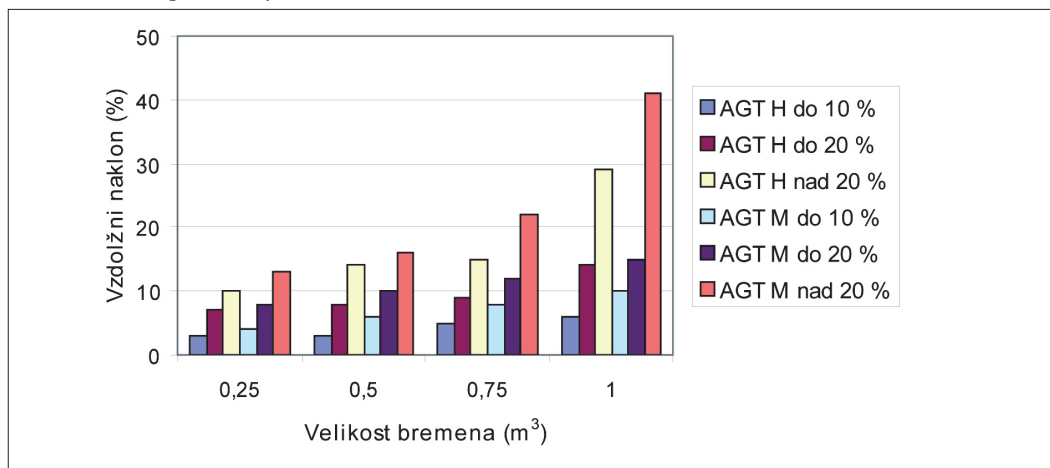
traktorja za delo v konkretnih razmerah. Oba dejavnika nam torej določata mejo do katere lahko z izbranimi traktorjema delamo. Na grafikonu 2 prikazujemo vrednosti, do katerih traktorja zmoreta delati. Oznaki »D« oziroma »T« na grafikonu pomenita orientacijo bremena (z debelejšim oziroma tanjšim delom bremena obrnjenim v smeri vožnje).

Pri traktorju Woody 110 nam črta prikazuje mejo, ki jo določa vzdolžni naklon vlake, velikost bremena in njegova orientacija. Območja nad črto traktor ne obvladuje več. Traktor se je pri vseh bremenih zaustavil, pri tem pa zmozel pri orientaciji bremena z debelejšim delom naprej vedno daljšo pot. Točke na grafikonu 2 nam prikazujejo mesto na vlaki, ki je določeno s pov-

prečnim vzdolžnim naklonom in ga je traktor še zmozel. Navidezno ujemanje različnih orientacij bremena na isti točki pomeni, da je prišlo do zaustavitve le znotraj istega odseka, ob tem pa je traktor z debelejšim delom bremena obrnjenim naprej vedno zmozel daljšo pot.

Traktor AGT 835 T se je zaustavil le v primeru največjega bremena, v vseh ostalih ciklih je zmozel celotno vlako. Skrajno mejo torej predstavlja zgolj ena točka, v vseh ostalih primerih pa lahko domnevamo, da bi traktor s takšnimi manjšimi bremenimi zmozel tudi večje naklone. Do zaustavitve pri največjem bremenu je prišlo znotraj istega odseka, vendar je traktor tudi tokrat pri vlačanju bremena z debelejšim delom obrnjenim v smeri vožnje opravil nekaj daljšo pot. Na

Grafikon 3: Zdrs pri traktorju AGT 835 T hidrostatske (H) in mehanske (M) izvedbe



podlagi takšnih meja in ob poznavanju razmer vlačjenja, se lahko odločamo za tiste traktorje, ki lahko izpolnijo naše zahteve. Zmogljivosti traktorja pa lahko z izbrano orientacijo bremena še dodatno izrabimo.

Tudi velikost zdrsa, ki nastopa pri vlačanju s traktorji, lahko vpliva na našo odločitev ob izbiri. V raziskavi smo pri traktorju AGT 835 T ugotavljali razlike med dvema njegovima izvedbama – s hidrostatičnim (H) in mehanskim (M) prenosom sil. Pri tem smo ugotovili, da do bistvenih razlik med njima prihaja predvsem v primeru vlačjenja v najtežjih razmerah – torej pri največjih bremenih in vzdolžnih naklonih vlake. Zdrs v primeru traktorja mehanske izvedbe je v takšnih delovnih razmerah bistveno večji (grafikon 3).

V primeru izbiranja traktorja se glede na omejeno dejstvo nagibamo h hidrostatični izvedbi – ob manjšem zdrsu imamo večji izkoristek koles in energije, obenem pa tudi manj škodljivega vpliva na gozdna tla.

5 POVZETKI IN ZAKLJUČKI

Ob mnogih omejitvah pri gospodarjenju z gozdovi je izbira primernega traktorja zelo pomembna. Pri tem so zahteve v profesionalni rabi strojev drugačne od tistih pri lastnikih gozdov, ki traktorje uporabljajo le občasno in z njimi ne delajo le v gozdu. Pri takšni izbiri ni odločilna le učinkovitost stroja, ampak tudi ekološka ustreznost glede na sestojne in delovne razmere. Pri tem so lahko zelo koristne informacije o tehničnih parametrih, ki nam, poleg osnovnih podatkov ob nakupu stroja, olajšajo presojo o uporabnosti traktorja v določenih delovnih razmerah. Pri tem mislimo na podatke o razporeditvi mase med prednjo in zadnjo os traktorja, vlečne sile na vseh kolesih, vlečne sile na vrvi vitla in zdrsa koles. Zanimale so nas vrednosti med vlačanjem lesa po vlaki v dejanskih vsakodnevnih delovnih razmerah. Dejavniki, ki vplivajo na njihovo velikost in spremembe so predvsem vzdolžni naklon vlake, velikost bremen in njihova orientacija ter smer vlačjenja.

V ta namen smo v raziskavi izbrali tri traktorje: Woody 110 ter dva traktorja AGT 835 T s hidrostatično in mehansko izvedbo prenosa sil na podlago. Glede na sposobnost posameznih strojev smo oblikovali različno velika bremena, ki

smo jih vlačili na dveh izbranih vlakah. Traktorji so bili opremljeni z inštrumenti, s katerimi smo v različnih delovnih razmerah (vzdolžni naklon, velikost bremena in smer vlačjenja) merili posamezne tehnične parametre (razporeditev mase na posamezne osi, vlečne sile, zdrs). Z izborom traktorjev in delovnih razmer smo se skušali čim bolj približati realnim pogojem, z oblikovano merilno verigo, ki je bila v celoti nameščena na posameznem traktorju, pa zajeti dinamiko sprememb merjenih tehničnih parametrov med gibanjem stroja po vlaki.

Glede na tehnične zmožnosti predstavljata izbrana traktorja dve skrajnosti. Traktor AGT 835 T s primerno gozdarsko nadgradnjo je namenjen delu v lažjih delovnih razmerah in le občasnemu delu v gozdu, nasprotno pa s specialnim gozdarskim traktorjem Woody 110 delamo vsakodnevno v najtežjih delovnih pogojih. S podatki takšnih meritev lahko opredelimo in določimo meje do katerih je delo z določenim strojem primerno in smiselno.

Razporeditev mase traktorja z bremenom se glede na vzdolžni naklon vlake, smer vlačjenja in velikost bremena bistveno spreminja. V nobenem primeru v našem poskusu ne pride do razbremenitve prednjega dela traktorja in s tem do ogrožanja njegove stabilnosti. V najtežjih razmerah (pri vlačanju bremena 6 m^3 navzgor in vzdolžnem naklonu nad 30 %), se masa pri traktorju Woody 110 med prednjo in zadnjo osjo razporeja v razmerju 14 : 86. Pri traktorju AGT 835 T znaša to razmerje 28 : 72. Dvignjen del bremena ob vitlu dodatno obremenjuje zadnji del traktorja – ugotavljamo, da na tem mestu orientacija bremena z debelejšim koncem v smeri vožnje, povzroča 1-5 % večjo obremenitev kot njegova nasprotna orientacija.

Skupna vlečna sila na vseh kolesih posameznega traktorja je podatek, ki nam pove, kolikšna je potrebna vlečna sila v določenih delovnih razmerah. Glede na njeno potrebno vrednost se pri izbiri odločamo za traktor, ki takšne zahteve izpolnjuje. Traktor AGT 835 T je v poskusu razvil največ 10.000 N skupne vlečne sile, nasprotno pa traktor Woody 110 predstavlja drugo skrajnost – v najtežjih delovnih razmerah lahko razvije od 50 do 60.000 N vlečne sile.

V raziskavi smo tudi ugotavljali, kje so meje uporabnosti posameznih traktorjev glede na vzdolžne naklone vlak, smer vlačjenja in velikosti bremen. Pri vlačanju bremen s traktorjem AGT 835 T je do njegove zaustavitve prišlo le v primeru največjega bremena (1 m^3) in pri vzdolžnem naklonu vlake 27 %. V primeru manjših bremen je traktor vedno zmožgal celotno pot, tudi v največjem vzdolžnem naklonu. S traktorjem Woody 110 smo vlačili večja bremena pri večjih vzdolžnih naklonih. Ne glede na velikost bremena se je traktor vedno ustavil pred koncem vlake. Ob vlačanju 2 m^3 velikega bremena je zmožgal 31 % vzdolžni naklon, v primeru največjih bremen pa 25 % naklon. Pri orientaciji bremena z debelejším delom v smeri vožnje sta oba traktorja v vseh ciklih opravila daljšo pot kot v primeru nasprotno orientacije.

Tudi velikost zdrsa pri vlačanju lahko odločilno vpliva na naš izbor. Vrednosti so v primeru traktorja AGT 835 T s hidrostatičnim prenosom sil dosegle nivo 30 %, v primeru mehanskega prenosa pa kar 40 % - ob sicer enakih delovnih pogojih. V primeru izbire traktorja se glede na omenjeno dejstvo nagibamo h hidrostatični izvedbi - ob manjšem zdrsu imamo večji izkoristek koles in energije, obenem pa tudi manj škodljivega vpliva na gozdna tla.

6 SUMMARY

Selecting a suitable tractor is very important in forestry work. The limitations and requirements of professional use are different from those of private owners who only occasionally use tractors in their forests. Apart from basic data upon tractor purchase, information on its technical parameters is also very useful. We are speaking of data about weight distribution between the front and rear axes, pulling force on all wheels, pulling force on winch and value of wheel slip. Factors influencing their size and changes are primarily skid trail slope, load size and orientation, and direction of skidding.

Three tractors were chosen for the research: Woody 110 and two AGT 835 T tractors, one with hydrostatic and the other with mechanical power transmission. With regard to tractor capacity loads

of different sizes were designed and the tractors equipped with instruments used for measuring individual technical parameters in various working conditions. The selected tractors present two extremes with regard to the conditions in which we usually work.

The AGT 835 T adapted agricultural tractor is designed for work in easier conditions and for occasional forestry work; in contrast cable skidder Woody 110 is used for everyday work in the most difficult conditions. With the data from such measurements it is possible to define and determine the limit to which work with a selected machine is suitable and sensible. Weight distribution between the front and rear axes changes substantially with regard to skidding slope, skidding direction and load size. In our experiment, the front part of the tractor is never without weight and thus the tractor's stability is never compromised. In the most difficult conditions (when dragging loads size 6 m^3 uphill on a slope larger than 30 %, Woody 110 tractor), the weight distribution between the front and rear axes is 14 : 86. In the AGT 835 T tractor, this quotient is 28 : 72. The lifted part of the load near to the winch increases the load on the rear end; we state that when the load is oriented butt-end forward, the load is 1 - 5 % greater than with the opposite orientation.

With total pulling force on all tractor wheels it is possible to determine for each tractor what pulling force is necessary to drag loads in certain working conditions. On the basis of such data one can choose among tractors which are capable of developing such pulling force. In our experiment, the AGT 835 T tractor developed a maximum of 10,000 N total pulling force, while on the other hand Woody 110 represents the opposite extreme - developing from 50 to 60,000 N pulling force in the most difficult working conditions. Knowledge of working conditions, needs and tractor capacity make it easier to select a suitable tractor.

The research also attempted to determine the efficiency limits of individual tractors with regard to skid track slopes, skidding direction and load size. In trials, the AGT 835 T tractor came to a stop only when dragging the heaviest load (1 m^3) on a 27 % inclination. When dragging smaller loads, the tractor always managed to complete

the whole path, also in the case of steepest slope. The Woody 110 tractor was used to drag heavier loads on steeper slopes. Regardless load size, the tractor also stopped before the end of the skid track. When dragging a 2 m³ load, it managed to complete the path at a 31 % inclination, while with heaviest loads it managed a 25 % inclination. Both tractors accomplished a longer course when dragging loads butt-end forward than in the case of opposite load orientation.

Slip size can also significantly affect our choice of tractor. Slip value in the AGT 835 T tractor with hydrostatic power transmission reached 30 %, while with mechanical transmission as much as 40 % - in otherwise identical work conditions. With regard to this information, we tend to favour the hydrostatic variant when selecting a tractor, since with smaller slip better wheel performance and energy utilization are achieved, and there is also smaller adverse impact on forest soil.

7 ZAHVALA

Raziskava je nastala v okviru projekta »Tehnologija pridobivanja lesa in vplivi na gozdno okolje« na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire – Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko. Za vsestransko pomoč med terenskimi snemanji in pozneje pri oblikovanju naloge se zahvaljujemo vsem svojim sodelavcem na oddelku.

Ves čas nastajanja naloge smo tesno sodelovali s strokovnjaki s Kmetijskega inštituta Slovenije in Gozdarskega inštituta Slovenije, Zavodom za gozdove Slovenije, Gozdnim gospodarstvom Postojna in podjetjem GOZD Ljubljana, s podjetjema VILPO Ljubljana in Agromehanika Kranj. Za vso pomoč, zlasti pri opravljanju terenskega dela raziskave, sva avtorja vsem naštetim zelo hvaležna.

8 VIRI

- AJVAZ, V., 1969. Merjenje deformacija i naprezanja u strojarstvu i građevinarstvu.- Zagreb, Tehnička knjiga, 139 str.
- BEKKER, M. G., 1956. Theory of Land Locomotion. The University of Michigan Press, 499 str.
- BEKKER, M. G., 1960. Off The Road Locomotion. The University of Michigan Press, 220 str.

- BERNIK, R., GODEŠA T., 1994. Zdrs na travni ruši. V: Zbornik simpozija Novi izzivi v poljedelstvu, Kočevje, 7. in 8. september 1994. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 223-229.
- GODEŠA, T., BERNIK R., 1998. Vpliv hidrodinamične sklopke na zdrs pogonskih koles traktorja na travni ruši. V: Novi izzivi v poljedelstvu: zbornik simpozija, Dobrna, 3. in 4. december 1998: 146-150.
- HORVAT, D., 1987. Skidder wheel torques measuring. V: 9th international conference of the International Society for Terrain Vehicle Systems, Barcelona, Spain, 31 August-4 September 1987: volume 2, 541-548.
- HORVAT, D., 1993. Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu: doktorska disertacija (Fakultet strojarstva i brodogradnje sveučilišta u Zagrebu). Zagreb, samozaložba: 234 str.
- JEJČIČ, V., POJE T., MARENČE J., KOŠIR B., 2001. Razvoj mjerne opreme za šumarski traktor Woody 110. V: Zbornik radova 29. međunarodnog simpozija iz područja mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 6.-9. veljače 2001. Zagreb, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede: Agronomski fakultet, 2001: 111-117.
- JEJČIČ, V., 2002. Dve gozdarski izvedbi AGT 835 T. Tehnika in narava, 6, 4: 5-7.
- JEJČIČ, V., ŠTERN, A., POJE, T., KOVAČEV, I., ČOPEC K., 2002. Development of measuring equipment for tractor AGT 835. Proceedings of the 31. international symposium on agricultural engineering, Opatija, Croatia, 12.-15. March 2002. Zagreb, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Agronomski fakultet Sveučilišta: p. 103-112.
- JEJČIČ, V., POJE, T., MARENČE, J., KOŠIR, B., 2003. Razvoj mjerne opreme za šumarski traktor AGT 835 sa mehaničkom i hidromehaničkom transmisijom. V: Proceedings of the 31. international symposium on agricultural engineering, Opatija, Croatia, 24.-28. February 2003. Zagreb, Zavod za mehanizaciju poljoprivrede, Agronomski fakultet Sveučilišta: 65-74.
- KOŠIR, B., 1997. Razvoj traktorja Woody se nadaljuje. Gozdarski vestnik, 55, 7/8: 365-369.
- KOŠIR, B., LIPOGLAVŠEK, M., 1999. Entwicklung des forstlichen Knickschleppers WOODY mit hydrostatischem Antrieb in Slowenien. V: Mechanisierung der Waldarbeit : 33. Internationales Symposium :Zalesina, Delnice, Senj, 1.- 6. juli 1999 : sammelnbuch. Zagreb, Universität Zagreb, Forstliche Fakultät, Institut für Forstbenutzung: 123-139.
- KOŠIR, B., 2000. Lastnosti prenosa sil na podlago pri traktorju Woody 110. Gozdarski vestnik, 58, 3: 139-145.
- KOŠIR, B., MARENČE, J., JEJČIČ, V., POJE, T., 2005. Determining Technical Parameters in Tractor

- Skidding – Basic for the Choice of Tractor. FORMEC 2005: scientific cooperation for forest technology improvement: conference proceedings, Ljubljana, december 2005, p. 43-55.
- MARENČE, J., 1997. Izbor in gospodarnost prilagojenih tehnologij pridobivanja gozdnih lesnih sortimentov v zasebnih gozdovih : magistrsko delo, Ljubljana, samozaložba: 141 str.
- MARENČE, J., 2002. AGT 835T z verigami v gozdarski rabi., Tehnika in narava, 6, 4: 11.
- MARENČE, J., 2005. Spreminjanje tehničnih parametrov traktorja pri vlačanju lesa – kriterij pri izbiri delovnega sredstva : doktorsko delo, Ljubljana, samozaložba: 271 str.
- POJE, T., 1996. Potrošnja energije radom traktorja s priključima za različite načine obrade tla: magistrsko delo. Zagreb, samozaložba: 64 str.
- PIRIA, I., 1987. Instrumenti za električno mjerenje mehaničkih veličina u poljoprivrednom strojarstvu. Zagreb: 35 str.
- SAARILAHTI, IM., ALA-ILOMAKI, J., 1997. Measurement and modelling of wheel slip in forwarding on moraine forest floor. Scandinavian-Journal-of-Forest-Research, 12, 3: 316-319.
- SEVER, S., 1980. Istraživanja nekih eksploatacijskih parametara traktora kod privlačenja drva: doktorska disertacija (Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet). Zagreb, samozaložba: 301 str.
- SEVER, S., 1987. Dynamic loading of skidder axles at wood skidding. V: 9th international conference of the International Society for Terrain Vehicle Systems, Barcelona, Spain, 31 August-4 September 1987: volume 2, 531-540.
- ŠUŠNJAR, M., 2005. Istraživanje međusobne ovisnosti značajki tla traktorske vlake i vučne značajke skidera : disertacija, Zagreb, samozaložba: 146 str.
- WASTERLUND, I., 1989. Strength components in the forest floor restricting maximum tolerable machine forces. Journal of Terramechanics, 26, 2: 177-182.
- WONG, J. Y., 2001. Theory of Ground Vehicles. Ottawa, Carleton University, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, 528 str.