

UDK: 630*3

ISSN 1845-8815

NOVA

MEHANIZACIJA

ŠUMARSTVA

NOVA
MEHANIZACIJA



ŠUMARSTVA

Nova meh. šumar. • Godište (Volume) 32

2011



INTERNATIONAL YEAR
OF FORESTS • 2011

**HRVATSKE
ŠUME**

Sadržaj – Contents

Uvodnik – Editorial

Tibor Pentek, Ivica Papa

Ususret 45. međunarodnomu znanstvenomu savjetovanju FORMEC 2012
Looking Forward to the 45th International Scientific Conference – FORMEC 2012

1

Izvorni znanstveni radovi – Original scientific papers

Marko Zorić, Zdravko Pandur, Željko Šantek, Marijan Šušnjar

Ocjena indeksa kotača kao pokazatelja okolišne pogodnosti forvardera
Rating of Wheel Index as an Indicator of Environmental Viability of Forwarders

5

Željko Zečić, Dinko Vusić, Dragan Milković, Marko Zorić

Usporedba proizvodnosti skidera s jednobubanjskim i s dvobubanjским vitlom u prebornim šumama
Productivity Comparison of the Skidder with Single-Drum and with Double-Drum Winch in Selective Forests

15

Pregledni članci – Subject reviews

Jelena Kranjec, Tomislav Poršinsky

Povijest razvoja motorne pile lančanice
History of Chainsaw Development

23

Kruno Lepoglavec, Igor Potočnik, Tibor Pentek, Željko Tomašić, Anton Poje, Matevž Mihelič

Programski paket za projektiranje šumskih prometnica »RoadEng«
»RoadEng« Software Package for Designing Forest Roads

39

Mario Šporčić, Matija Landekić, Ivan Martinić, Franjo Galić

Mogućnosti primjene indikatora ekološke učinkovitosti u ocjeni poslovanja poduzeća u šumarstvu
Possibilities of Application of Eco-Efficiency Indicators in Business Evaluation of Forest Enterprises

53

Mario Šporčić, Matija Landekić, Marko Lovrić, Ivan Bulka, Ivica Papa

Stanje i pregled gospodarenja šumama u Poljskoj
Condition and Overview of Forest Management in Poland

65

Osvrti – Comments

Zdravko Pandur

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry«,
Kraków – Krynica, 26-29. lipnja 2011.

77

Matija Landekić, Mario Šporčić

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Competence Development for Forestry«,
Freiburg, 26. rujna – 1. listopada 2011.

81

Igor Stankić, Hrvoje Nevečeral

Međunarodno znanstveno savjetovanje FORMEC 2011 »Pushing the Boundaries with Research
and Innovation in Forest Engineering« i izložba šumarske opreme AUSTROFOMA 2011

85

Fotografija na naslovnici (Cover photo)

STIHL Contra – 50. godina nakon uvođenja u hrvatsko šumarstvo (snimio: T. Poršinsky)
STIHL Contra – 50 years after being introduced in Croatian forestry (Photo: T. Poršinsky)

Uz prvoga izdavača časopis sufinancira Ministarstvo znanosti i tehnologije Republike Hrvatske – Zagreb rješenjem kl. 402-1/93-03, ur. br. 533-02-93-2 od 30. travnja 1993. godine. Ubilježen je u popis javnih glasila pri Ministarstvu informiranja Republike Hrvatske pod brojem: kl. 104, ur. br. 323-021/92-84/98 od 6. srpnja 1992. godine, a rješenjem Ministarstva prosvjete, kulture i športa Republike Hrvatske: kl. 612-10/92-01-604, ur. br. 532-03-1/7-92-01 od 7. srpnja 1992. godine, časopis je oslobođen plaćanja osnovnoga i posebnoga poreza na promet.

Pretplata: 150 kn godišnje (tuzemno plaćanje)

Primatelj: Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu,
p.p. 422, HR-10002 Zagreb
Žiroračun: 2360000-1101340148, poziv na broj: 2-02-01
Kontakt: nms@sumfak.hr

Subscription: 30 € per year

Subscription payment on behalf of:
Forestry faculty of Zagreb University, P.O. Box 422
HR-10002 Zagreb, CROATIA
Swift Code: ZABA HR 2X, Account Number: 2500-03281485
Details of Payment: 2-02-01
Contact: nms@sumfak.hr

Nova mehanizacija šumarstva priznati je časopis u međunarodnom okruženju, koji objavljuje znanstvene i stručne radove iz šumarskoga inženjerstva nastalih na osnovi teorijskih ili iskustvenih spoznaja. Časopis pokriva sve oblike i vrste istraživanja u šumarskom inženjerstvu, od osnovnih do primijenjenih.

Od godišta 1 do 25 časopis je tiskan pod naslovom »Mehanizacija šumarstva«.

Nova Mehanizacija Šumarstva is a refereed journal distributed internationally, publishing scientific and professional articles concerning forest engineering, both theoretical and empirical. The journal covers all aspects of forest engineering research, ranging from basic to applied subjects. From volumes 1 to 25 the journal were published under the title »Mehanizacija šumarstva«.

Izdavači (Publishers)

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb
Forestry faculty of Zagreb University, »Croatian forests« Ltd. Zagreb

Izdavačko vijeće (Publishing Council)

Darko Beuk, Josip Margaletić, Milan Oršanić, Tibor Pentek, Darko Vuletić
(all from Croatia)

Uredničko vijeće (Editorial Board)

Igor Anić, Saša Bogdan, Juro Čavlović, Dubravko Horvat, Boris Hrašovec, Anamarija Jazbec, Ante P. B. Krpan, Josip Margaletić, Slavko Matić, Milan Oršanić, Renata Pernar, Dragutin Pićman, Željko Zečić (all from Croatia)

Međunarodno uredničko vijeće (International Editorial Board)

Hafiz H. Acar (Turkey), Pierre A. Ackerman (South Africa), Staffan Berg (Sweden), Raffaele Cavalli (Italy), Woodam Chung (USA), Hans R. Heinemann (Switzerland), Boštjan Košir (Slovenia), Risto Lahtinen (Finland), Valéria Messingerová (Slovakia), Tadeusz Moskalik (Poland), Reinhardt Paus (Germany), Igor Potočnik (Slovenia), Reino E. Pulki (Canada), Hideo Sakai (Japan), Janusz M. Sowa (Poland), Raffaele Spinelli (Italy), Karl Stampfer (Austria), Rien Visser (New Zealand)

Adresa uredništva (Editor's Office)

Svetosimunska 25, HR-10 000 Zagreb, P.O. Box 422, CROATIA
Tel. + 385 (0)1 235-24-17
Fax. + 385 (0)1 235-25-17
e-mail: nms@sumfak.hr
Internet: http://www.sumfak.hr/~nms

Glavni urednici (Editors-in-Chief)

Tibor Pentek, Tomislav Poršinsky

Odgovorni urednik (Editor)

Željko Tomašić

Tehnički urednik (Technical Editor)

Marijan Šušnjar

Mladi urednik (Junior Editor)

Ivica Papa

Savjetnik uredništva (Editorial Advisor)

Stanislav Sever

Tehničko uredništvo (Technical Editorial Board)

Igor Stankić, Mario Šporčić, Hrvoje Nevečeral, Andreja Bosner

Jezični savjetnici (Linguistic Advisers)

Branka Tafrá (hrvatski)
Maja Zajšek-Vrhovac (engleski)

Časopis referiraju sekundarni časopisi

(Articles are abstracted by or indexed in)
CAB Abstracts, SCOPUS

Svi se objavljeni članci recenziraju

(All published papers have been reviewed)

Časopis izlazi jednom na godinu

(Single issues of journal are published annually)

Naklada (Circulation): 400

Priprema sloga (Prepress)

»Laser plus« d.o.o., Brijunska 1a, Zagreb

Tisak (Press)

»Denon« d.o.o., Getaldiceva 10, Zagreb

Uređenje zaključeno (Preparation ended)

22. 12. 2011.

Ususret 45. međunarodnomu znanstvenomu savjetovanju FORMEC 2012

Poštovane čitateljice i čitatelji!

Osobita nam je čast i zadovoljstvo obavijestiti vas da će se 45. međunarodno znanstveno savjetovanje FORMEC 2012 održati u Dubrovniku/Cavtatu u hotelu Croatia od 8. do 12. listopada 2012. godine pod naslovom »*Concern, Knowledge and Accountability in Today's Environment* / Šumarske tehnike i tehnologije: briga, znanje i odgovornost u današnjem okruženju«.

»FOREstry MEChamization« (djeluje pod akronimom FORMEC od 1994. godine) međunarodna je znanstvena mreža koja proučava i promiče primjenu mehanizacije pri šumskim radovima te okuplja znanstvenike i stručnjake ponajprije iz europskih i drugih zemalja koji se, unutar šumarstva, bave pridobivanjem drva, otvaranjem šuma i mehaniziranjem šumskih radova.

Organizatori i glavni ciljevi savjetovanja

Glavni su organizatori 45. međunarodnoga znanstvenoga savjetovanja FORMEC 2012 Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i mreža FORMEC, dok su dogovori oko suizdavača još uvijek u tijeku i do trenutka tiskanja ovoga uvodnika postignut je dogovor o suorganizatorstvu s IUFRO-om (*International Union of Forest Research Organizations* / Međunarodnom udrugom istraživačkih organizacija u šumarstvu), Hrvatskom komorom inženjera šumarstva i drvne tehnologije, »Hrvatskim šumama« d.o.o. Zagreb, Hrvatskim šumarskim društvom, Akademijom šumarskih znanosti i časopisom CROJFE (*Croatian Journal of Forest Engineering*).

Glavni su ciljevi i razlozi organizacije međunarodnoga znanstvenoga savjetovanja:

- ⇒ predstavljanje najnovijih rezultata, dosadašnjih dostignuća i novih ideja koje se javljaju u području šumarskih tehnika i tehnologija i u području planiranja šumskih radova,
- ⇒ promoviranje suradnje i razmjena znanja i iskustava među šumarskim znanstvenicima, istraživačima i stručnjacima koji djeluju u praksi.

Teme i važni datumi savjetovanja

Pri definiranju i odabiru glavnih tema savjetovanja cilj je bio obuhvatiti sva područja koja imaju važno značenje u radovima vezanim uz pridobivanje drva, otvaranje šuma i mehaniziranje šumskih radova. Vođen tom idejom, Organizacijski je odbor predložio ove teme:

- ⇒ Sustavi i tehnologije pridobivanja drva,
- ⇒ Planiranje i upravljanje mrežom šumskih prometnica,
- ⇒ Ekološki učinkovite tehnologije u šumarstvu,
- ⇒ Proizvodnja biomase i njezina uporaba,
- ⇒ Logistika i optimizacija transporta,
- ⇒ Šumarstvo i drvna industrija u suglasju s načelima potrajnoga gospodarenja,
- ⇒ Radni dizajn i poslovno upravljanje u šumarstvu,
- ⇒ Ergonomija i sigurnost pri šumskim radovima,
- ⇒ Informatičke tehnologije i daljinska istraživanja u šumarstvu,
- ⇒ Potrajno i održivo uređivanje i uzgajanje šuma.

Također je bilo važno odrediti glavne datume savjetovanja koji će s jedne strane Organizacijskomu odboru omogućiti dovoljno vremena za kvalitetno i pravodobno obavljanje svih poslova (izrada popisa prijavljenih, prihvaćenih ili odbijenih radova, raspored usmenih i posterskih izlaganja za savjetovanje, izrada digitalnoga zbornika itd.), a s druge će strane autorima radova (sudionicima savjetovanja) dati jasan pregled u sve rokove s kojima su izravno ili neizravno povezani. Važni datumi savjetovanja navedeni su u nastavku:

- ⇒ rok za predaju sažetaka: 29. veljače 2012.,
- ⇒ prihvaćanje sažetaka koje će obaviti Znanstveni odbor: 15. ožujka 2012.,
- ⇒ rok za ranu registraciju sudionika: 31. svibnja 2012.,
- ⇒ rok za predaju radova: 31. srpnja 2012.,
- ⇒ rok za registraciju sudionika: 20. rujna 2012.

Odbori i tijela savjetovanja

Zbog očekivanoga velikoga broja prijava te sukladno tomu i velikoga broja sudionika savjetovanja

(više od 200) bilo je iznimno važno okupiti tim stručnih i vrijednih ljudi koji će na sebe preuzeti veliku odgovornost cjelokupne organizacije savjetovanja.

Donosimo najvažnije odbore i njihove članove kojima na ovaj način od srca zahvaljujemo na dosadašnjem angažmanu i pomoći.

Tablica 1. Program Međunarodnoga znanstvenoga savjetovanja FORMEC 2012

Table 1 Programm of the international scientific conference FORMEC 2012

Vrijeme – Time	Događanje – Event	Mjesto događanja – Events location
Ponedjeljak, 8. listopada 2012. – Monday, Oct. 08, 2012		
16:00–19:00	Registracija sudionika – Symposium registration	Recepcija, hotelsko predvorje – Reception, hotel lobby
19:00	Domjenak dobrodošlice – Welcome party	Hotel Croatia
Utorak, 9. listopada 2012. – Tuesday, Oct. 09, 2012		
7:30–9:00	Registracija sudionika – Symposium registration	Recepcija, hotelsko predvorje – Reception, hotel lobby
9:00–10:00	Otvaranje savjetovanja i pozdravni govori – Opening ceremony	Dvorana Ragusa – Ragusa hall
10:00–10:30	Stanka za kavu – Coffee break	Terasa hotela – Hotel terrace
10:30–12:45	Plenarno zasjedanje (uvodni/pozivni referati) – Plenary session	Dvorana Ragusa – Ragusa hall
12:45–14:15	Ručak – Lunch	Restoran Cavtat – Restaurant Cavtat
14:15–16:15	Rad po sekcijama (3) – Work in sessions (3)	Dvorane: Bobara, Orlando i Šipun Bobara, Orlando and Šipun halls
16:15–16:45	Stanka za kavu – Coffee break	Hol hotela – Hotel lobby
16:45–18:45	Posterska sekcija + rasprava – Poster section + discussion	Tihi salon – Silent salon
20:00	VIP večera – VIP Dinner	Steak House
Srijeda, 10. listopada 2012. – Wednesday, Oct. 10, 2012		
8:00–10:00	Rad po sekcijama (3) – Work in sessions (3)	Dvorane: Bobara, Orlando i Šipun Bobara, Orlando and Šipun halls
10:00–10:30	Stanka za kavu – Coffee break	Hol Hotela – Hotel lobby
10:30–12:30	Rad po sekcijama (3) – Work in sessions (3)	Dvorane: Bobara, Orlando i Šipun Bobara, Orlando and Šipun halls
12:30–14:30	Ručak – Lunch	Restoran Cavtat – Restaurant Cavtat
14:30–16:30	Rad po sekcijama (3) – Work in sessions (3)	Dvorane: Bobara, Orlando i Šipun Bobara, Orlando and Šipun halls
17:00–19:00	Izlet 1 (Cavtat ili slobodno poslijepodne) – Field trip 1 (Cavtat or free afternoon)	Cavtat
Četvrtak, 11. listopada 2012. – Thursday, Oct. 11, 2012		
8:00–10:00	Rad po sekcijama (3) – Work in sessions (3)	Dvorane: Bobara, Orlando i Šipun Bobara, Orlando and Šipun halls
10:00–10:30	Stanka za kavu – Coffee break	Hol hotela – Hotel lobby
10:30–12:15	Plenarno zasjedanje (pozivni referati) – Plenary session	Dvorana Ragusa – Ragusa hall
12:15–13:00	Zaključci savjetovanja, zatvaranje skupa – Conclusions and closing ceremony	Dvorana Ragusa – Ragusa hall
13:00–15:00	Ručak – Lunch	Restoran Cavtat – Restaurant Cavtat
15:00–19:00	Izlet 2 (Dubrovnik – stari grad) – Field trip 2 (Dubrovnik – Old Town)	Dubrovnik
20:00	Oproštajni domjenak – Farewell party	Restoran u Dubrovniku (stari grad) Restaurant in Dubrovnik (Old Town)
Petak, 12. listopada 2012. – Friday, Oct. 12, 2012		
7:00	Odlazak sudionika savjetovanja – Departure of the participants	

Organizacijski odbor (abecednim redom)

1. MSc. Ivan Ištók (predsjednik Odbora za znanstvenoistraživački rad »Hrvatskih šuma« d.o.o.),
2. Prof. dr. sc. Dubravko Horvat (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
3. Izv. prof. dr. sc. Vladimir Jambrečević (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
4. Prof. dr. sc. Josip Margaletić (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
5. Izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) – **predsjednik**,
6. Izv. prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu) – **potpredsjednik**,
7. Doc. dr. sc. Mario Šporčić (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
8. Izv. prof. dr. sc. Marijan Šušnjar (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
9. Mr. sc. Slivija Zec (glavna tajnica Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije).

Znanstveni odbor (abecednim redom)

1. Prof. dr. sc. Antti Asikainen (*The Finnish Forest Research Institute*),
2. Prof. dr. sc. Raffaele Cavalli (*University of Padova*),
3. Prof. dr. sc. Hans Rudolf Heinimann (*Swiss Federal Institute of Technology Zürich*),
4. Prof. dr. sc. Tadeusz Moskalik (*Warsaw Agricultural University*),
5. Izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
6. Izv. prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky (Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu),
7. Prof. dr. sc. Karl Stampfer (*University of Natural Resources and Life Sciences Vienna*),
8. Izv. prof. dr. sc. Rien Visser (*University of Canterbury*),
9. Prof. dr. sc. Igor Potočnik (*University of Ljubljana*).

Počasni odbor

1. Prof. dr. sc. Karl Stampfer (predsjednik FORMEC-a),
2. Prof. dr. sc. Milan Oršanić (dekan Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu),

3. Prof. dr. sc. Hans Rudolf Heinimann (IUFRO-ov koordinator divizije 3),
4. Mr. sc. Damir Felak (predsjednik Hrvatske komore inženjera šumarstva i drvne tehnologije),
5. Akademik Slavko Matić (predsjednik Akademije šumarskih znanosti),
6. Mr. sc. Petar Jurjević (predsjednik Hrvatskoga šumarskoga društva).

Raspored događanja i daljnje aktivnosti Organizacijskoga odbora

U idućim će mjesecima Organizacijski odbor izraditi mrežnu stranicu koja bi trebala biti gotova krajem 2011. godine, a definirana domena službene mrežne stranice FORMEC-a 2012 bit će www.formec2012.hr.

Planirano obavješćavanje svih eminentnih stručnjaka koji su izravno ili neizravno u vezi s međunarodnom znanstvenom mrežom FORMEC obavljat će se preko prvih poziva (*first announcements*) savjetovanja koji će se slati zemaljskom i/ili elektroničkom poštom.

Na savjetovanju FORMEC 2012 očekuje se više od 200 sudionika iz zemlje i inozemstva, a bit će izloženo više od 90 referata i više od 50 postera iz različitih sastavnica šumarstva. Rad će se na ovom skupu, nakon otvaranja i plenarnoga zasjedanja, tijekom kojega će biti predstavljeni pozivni (uvodni) referati, odvijati u trima, odnosno četirima sekcijama (ovisno o broju prijavljenih i prihvaćenih referata). Raspored događanja odvijat će se sukladno preliminarnom programu.

Zbog važnosti ovoga skupa za šumarsku znanost i za šumarsku operativu, te zbog velikoga broja vodećih znanstvenika i stručnjaka koji će predstaviti najnovije rezultate svojega znanstvenoga i stručnoga rada, od kojih je velika većina operativno primjenjiva, u ime Organizacijskoga odbora i u naše osobno zahvaljujemo svima koji već jesu, ili će svojim angažmanom, znanjem ili prisutnošću nadolazeće savjetovanje FORMEC 2012 učiniti još boljim.

T. Pentek i I. Papa

Ocjena indeksa kotača kao pokazatelja okolišne pogodnosti forvardera

Marko Zorić, Zdravko Pandur, Željko Šantek, Marijan Šušnjar

Nacrta – Abstract

U ovom je radu prikazano istraživanje indeksa kotača kao parametra koji opisuje okolišnu prihvatljivost međudjelovanja kotača vozila i tla tijekom privlačenja (izvoženja) drva u sastojini. Istraživanje je provedeno u nizinskoj šumi hrasta lužnjaka.

Poslije naplodboga sijeka i izrade drva te tijekom i nakon njegova izvoženja mjerenjem su određene:

⇒ mase forvardera prijenosnom vagom

⇒ dimenzije guma

⇒ nosivost tla konusnim penetrometrom.

Na temelju ovih mjerenja izračunat je indeks kotača. Okolišna pogodnost kretanja ovoga forvardera po bespuću ocijenjena je na temelju preporuka projekta »EcoWood« pomoću kvocijenta $CI \cdot NGP^{-1}$.

Rezultati pokazuju da je, u ovom slučaju, indeksom kotača dobro procijenjena kretnost vozila, ali da rezultate određivanja penetracijske značajke, pa time i izračuna konusnoga indeksa karakterizira veliko rasipanje podataka. Vjerojatni je uzrok znatna nehomogenost šumskoga tla pa je stoga potrebno naći pogodnije metode mjerenja nosivosti i zbijanja šumskoga tla.

Ključne riječi: privlačenje drva, forvarder, okolišna pogodnost, indeks kotača

1. Uvod – Introduction

Šumska vozila zbog svoga stalnoga dodira s tlom te poglavito zbog kretanja po sastojini mogu oštetiti šume i šumsko tlo pa su velika opasnost za oboje. Ipak je to djelovanje najviše ograničeno na tlo, a tek kod nekih radova ili njihova dijela utječu i na vegetaciju. Pritom se razlikuju dva pojma:

- ⇒ gaženje tla, definirano kao dio površine po kojoj se kreću vozila u odnosu na ukupnu površinu sastojine
- ⇒ zbijanje tla, određeno kao njegova obujamna deformacija.

Dok se na gaženje tla najviše može utjecati pripremama rada i drugim organizacijskim mjerama, na zbijanje tla odlučujući utjecaj imaju upravo značajke vozila i stanje tla.

Horvat je (1995) istraživao prirodni oporavak, tj. stupanj zbijenosti tla kao jednoga od mnogih pokazatelja oporavka nakon višekratnoga prolaza teškoga forvardera 1984. godine i usporedio s istim takvim mjerenjem nakon 10 godina. Temeljem provedenih

mjerenja i analiza zaključio je da se ispitivano tlo nakon 10 godina prirodnoga oporavka, a bez prometanja vozila, potpuno oporavilo te pokazuje zadovoljavajuću razinu zbijenosti.

Uz nepobitno djelovanje vozila tijekom privlačenja na zbijanje tla, pa i na prirast biljaka, treba iznijeti zaključke Wasterlunda (1989), koji smatra da se dobrom organizacijom, izborom odgovarajućega stroja te dobrom izobrazbom rukovatelja oštećenja mogu svesti na približno 5 % u odnosu na ustanovljenih 10 do 15 % izgažene površine.

U nizinskim šumama Republike Hrvatske, koje karakterizira prekomjerno vlaženje tla, kako to navode Anić (2001) i Poršinsky (2005), za izvoženje drva služe posebna šumska vozila, forvarderi, koji su uglavnom namijenjeni za izvoz drva pri oplodnim sječama, tj. u zimskom razdoblju (od 1. listopada do 30. ožujka). Zbog značajne ukupne mase natovarenih forvardera (za srednje veliki forvarder do 30 tona) i često nepovoljne nosivosti tla u zimskom razdoblju mogu nastati oštećenja šumskoga tla, koja se očituju deformacijom tla – kolotrazima te njegovim zbijanjem.

2. Problem – Scope of research

Učinak šumskih vozila ovisi o prometnosti (prohodnosti) terena (tla) i kretnosti vozila. Prometnost nekoga predjela sastoji se od nekoliko terenskih čimbenika i čimbenika tla. Teren je često opisan nagibom i pojavnošću prepreka. Čimbenici tla služe za opis reakcija tla ispod opterećenoga kotača. Za opis reakcije tla potrebna su dva podatka: deformacija i zbijanje šumskoga tla pod utjecajem vertikalne sile i reakcija čestica tla na utjecaj horizontalne sile (Saarilahti 2002). Prometnost tla nema opći fizikalni pristup ako ne sadrži pokazatelje i tla i vozila (Baker 1960). Horvat (1993) smatra da uobičajeno upotrebljavani izrazi poput prohodnosti vozila, indeks mobilnosti vozila i sl. procjenjuju sposobnost vozila da prođe po nekom terenu bez obzira na posljedice, te stoga nedovoljno opisuju okolišnu sastavnicu sustava vozilo – tlo.

Razvojem empirijske metode proučavanja složena sustava kotač – tlo, odnosno vozilo – tlo, u literaturi poznate kao metoda WES (*Waterways Experimentation Station, US Army Engineering Corps*), za povezivanje značajki vozila i deformacije tla s nosivosti tla upotrebljava se indeks kotača.

$$N_k = \frac{CI \times A}{G_k} \quad (1)$$

Indeks je kotača bezdimenzijski parametar (faktor) koji opisuje međudjelovanje opterećenoga kotača i tla. Određen je odnosom dodirnoga tlaka kotača i tla te nosivošću tla procijenjene mjerenjem tvrdoće tla konusnim penetrometrom. U praktičnoj primjeni upotrebljava se normirana vrijednost mjerenja otpora prodiranja konusa (ASAE EP524 1999) na dubini

od 15 cm nazvana konusni indeks (CI). Zbog nehomogenosti strukture tla Ronai (1983), Horvat (1993, 1994), Poršinsky (2005), Pandur i dr. (2010), Horvat i dr. (2011) primjećuju veliko rasipanje podataka između repeticija izmjere prodirnih značajki.

Pogodnost empirijske metode potvrđuje i razredba terena za izvođenje šumskih radova koju donosi projekt *EcoWood* (Owende i dr. 2002, Ward i Owende 2003) prikazan u tablici 1. Ova se razredba terena temelji na mehaničkim svojstvima tla (CI , E , τ), a značajku vozila određuje njegovo pripadajuće dopušteno opterećenje tla (NGP), iskazano nominalnim tlakom na tlo (Mellgren 1980). Horvat i dr. (2010) zbog nedostatka korištenja NGP -a podatke koji su korišteni u razredbi terena *EcoWood* nadopunjavaju s količnikom $CI*NGP^{-1}$.

Poršinsky i Horvat (2005) te Šušnjar i dr. (2006) istražuju mogućnost korištenja indeksa kotača za procjenu okolišne pogodnosti forvardera. Za njegovo izračunavanje koriste teret teorijski, pravilno raspoređen u tovarnom prostoru forvardera, koji odgovara tehničkoj nosivosti forvardera te zaključuju:

⇒ »Indeks kotača definiran kao odnos između konusnoga indeksa tla i tlaka ispod kotača vozila, odnosno definiran kao faktor koji obuhvaća nosivost tla, opterećenja kotača te dimenzije i elastične značajke kotača, dobro je polazište za ocjenu okolišne pogodnosti kotačnih šumskih vozila za privlačenje drva.

⇒ Granična vrijednost indeksa kotača koja definira dobru kretnost vozila pokazala se i 'oštrijim' kriterijem od one koju određuje granična dubina kolotruga.

Tablica 1. Razredba tla prema projektu ECOWOOD

Table 1 EcoWood soil classification

Čvrstoća (nosivost) tla Soil strenght		Parametri čvrstoće tla Soil strength parameters			Dopušteni nominalni tlak vozila na tlo Allowed vehicle nominal ground preassure	Količnik Ratio $\frac{CI}{NGP}$
		Konusni indeks Cone Index	Modul elastičnosti Modul E	Otpor tla na smicanje Shear strenght		
Razredi Classes	Opis tla Soil description	CI, kPa	E, MPa	τ , kPa	NGP, kPa	
1	Čvrsto tlo Strong soil	> 500	> 60	> 60	> 80	> 6,25
2	Osrednje čvrsto tlo Average soil	300 – 500	20 – 60	20 – 60	60 – 80	5 – 6,25
3	Meko tlo Soft soil	< 300	< 20	< 20	40 – 60	< 5
4	Vrlo meko tlo Very soft soil	<< 300	<< 20	<< 20	< 40	<< 5

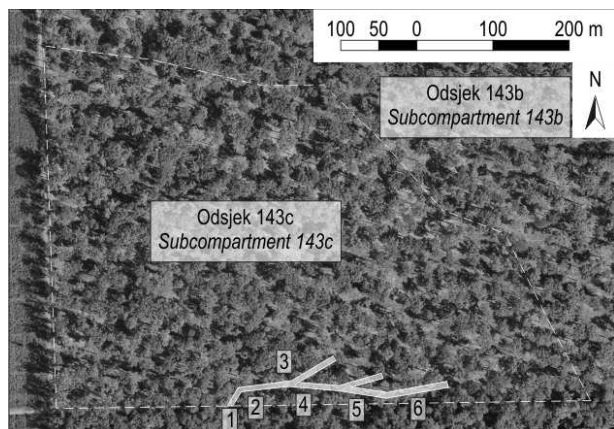
- ⇒ Temeljni mjeriteljski problem pri određivanju indeksa kotača – mjerenje tlaka ispod kotača vozila – može se zadovoljavajuće riješiti primjenom nekoga od poluempirijskih izraza.
- ⇒ Analiza indeksa kotača kao parametra kojim se može procijeniti okolišna pogodnost šumskih vozila za privlačenje drva, treba se dalje nastaviti kvantitativnim povezivanjem istraživanja djelovanja vozila na tlo i sastojinu i indeksa kotača.«

Prema tomu, jednostavnim mjerenjem konusnog indeksa te primjenom neprekidno kompliciranih poluempirijskih izraza, uz poznavanje raspodjele mase po osovinama vozila, može se relativno brzo izračunati indeks kotača te na njegovu temelju ocijeniti okolišna pogodnost nekoga šumskoga kotačnoga vozila.

Ciljevi su ovoga rada da se ustanovi stvarna raspodjela težine (mase) po kotačima (osovinama) forvardera, da se odredi tlak ispod kotača preko poluempirijskih izraza za izračunavanje tlaka ispod kotača, da se mjerenjem konusnog indeksa (CI) odredi promjena penetracijskih svojstava tla zbog povećanja opterećenja te na temelju izračunatoga indeksa kotača procijeni okolišna pogodnost forvardera, i to za slučaj realnoga privlačenja drva forvarderom nakon oplodnoga sijeka.

3. Materijal i metode – *Material and methods*

Istraživanje je obavljeno na području UŠP Vinokovci, šumarija Otok, GJ »Slavir« u 143c odsjeku. To je nisko zemljište, u sjeveroistočnom dijelu malo povišeno. Tlo je u odsjeku močvarni glejni (euglej)-hipoglej. Euglej je pretežito glinovito zemljište, trajno vlažno na kojem biljkama nedostaje kisika pa u prirodnim



Slika 1. Položaj mjernih mjesta u sastojini
Fig. 1 Position of measurement sites in the stand

uvjetima na takvim zemljištima rastu samo one biljke koje podnose nedostatak kisika (npr. poljski jasen, hrast lužnjak).

Prilikom prikupljanja podataka o stanju tla korišten je, prema normi ASAE S313.3 (1999), digitalni oenetroetar Eijkelkamp Penetrologger (slika 2) s konusom površine presjeka baze 2 cm² i vršnim kutom 30°.

Za određivanje stvarnoga opterećenja na kotačima forvardera Valmet 840.2 u ovom istraživanju korišten je prijenosni sustav vaga WLS 101/R2K (»BARK system-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG«), čije umjeravanje i razvoj opisuju Bosner i dr. (2008).

Pri mjerenju osovinskih opterećenja vage su bile umetnute u kovinsku platformu, na koju je nailazio forvarder, kako bi se zaštitile od oštećenja te kako bi se forvarder što preciznije postavio na vage da se smanje pogreške pri mjerenju (slika 3).

Objekt je ovoga istraživanja forvarder Valmet 840.2. (slika 4). S gledišta ekonomske upotrebe zahtjev je hrvatskoga šumarstva forvarder nosivosti do 14 t i podiznoga momenta hidraulične dizalice od



Slika 2. Penetriranje
Fig. 2 Penetration



Slika 3. Prijenosne vage ugrađene u kovinsko kućište
Fig. 3 Portable scales inside metal case

100 kNm, kojim se osigurava utovar i izvoženje trupaca velikih dimenzija iz sječina glavnoga prihoda (Horvat i Poršinsky 2000). Tijekom povijesti proučavanja forvardera razvijene su mnoge razredbe prema kojima se forvarderi dijele u skupine prema neto masi, nosivosti i bruto masi (Poršinsky 1997). Prema najnovijoj razredbi forvardera, prema nosivosti koju daje Brunberg (2004), forvarder istraživani u ovom radu pripada skupini srednjih forvardera.

Jedna od važnih sastavnica ovoga istraživanja jest određivanje dimenzija guma forvardera, prikazanih u tablici 2.

Tablica 2. Prikaz modela i veličina guma istraživanih vozila
Table 2 Review of used tyres

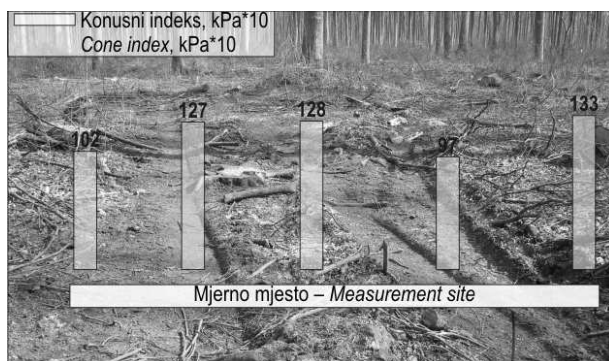
Pozicija kotača <i>Tyre position</i>	Model gume <i>Tyre model</i>	Polumjer, r <i>Radius, r</i>	Širina, b <i>Width, b</i>	Progib, δ <i>Deflection, δ</i>	Dodirna površina <i>Contact area</i> <i>A = r × b</i>
		m	m	m	m ²
Forwarder - <i>Forwarder</i>					
Prednja - <i>Front</i>	NOKIAN TRS L - 2 600/65 - 34	0,78	0,601	0,05	0,469
Bogi - <i>Bogie</i>	NOKIAN TRS LS - 2 600/55 - 26.5	0,66	0,6	0,02	0,396



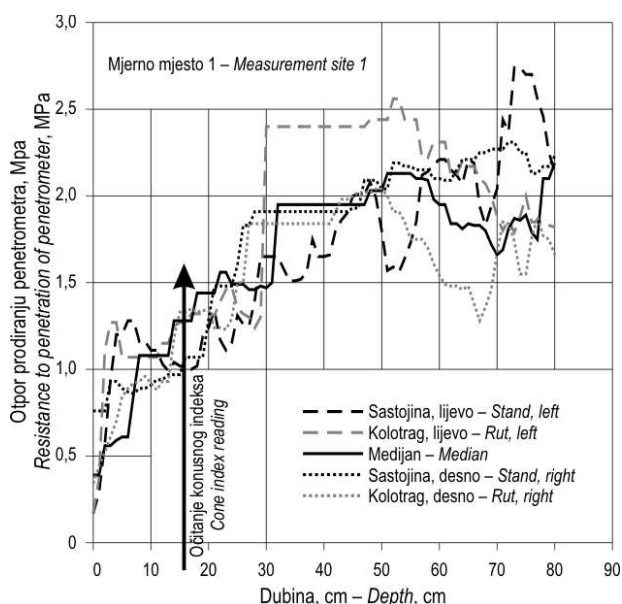
Slika 4. Istraživani forvarder Valmet 840.2 u radu
Fig. 4 Researched forwarder Valmet 840.2

4. Rezultati istraživanja – Research results

Konusni indeks u odsjeku 143c mjeren je na 6 mjernih mjesta (slika 1). Na svakom je mjestu mjereno 5 puta penetrometrom. Mjerenje je obavljeno okomito na kolotrag, a shemu mjerenja na jednom mjernom mjestu s iskazom rezultata za mjerno mjesto 1 (vrata 1) pokazuje slika 5.



Slika 5. Način mjerenja i iskaz rezultata za mjerno mjesto 1
Fig. 5 Principle of measuring and results for measurement site 1



Slika 6. Prodirne krivulje na mjernom mjestu 1
Fig. 6 Penetration curve for measurement site 1

Rezultati tih mjerenja su prodirne krivulje – po 5 za svako mjerno mjesto, a na slici 6 su prikazani rezultati za mjerno mjesto 1. Prema standardu, iz dijagrama na slici 6, očitane su vrijednosti konusnoga indeksa na 15 cm dubine. Konusni indeks za sastojinu u istraživanom odsjeku iznosio je 973 kPa – medijan sveukupnih mjerenja. Prema *EcoWood* klasifikaciji terena tlo se sastojine može svrstati u (jako) čvrsto. To znači da je dopuštena najveća vrijednost nominalnoga tlaka veća od 80 kPa.

Nakon sječe i izrade forvarderom je izvezeno iz odsjeka 6 tura. Ukupni obujam tovara mjeran standardnom šumarskom metodom iznosio je 74,52 m³ obloga drva. Vaganjem forvardera opisanom meto-

dom ustanovljena je ukupna masa prevezenoga drva od 68 020 kg. Prosječna masa opterećenoga forvardera iznosila je 27 340 kg.

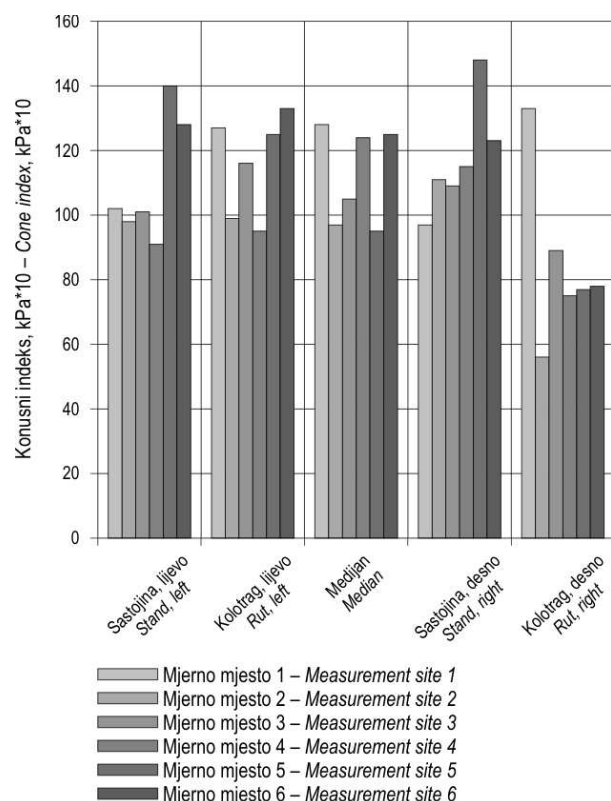
Na temelju izraza za indeks kotača prikazanoga u poglavlju »Materijali i metode« te izmjerene raspodjele masa forvardera i izmjerenoga konusnoga indeksa tla sastojine izračunati indeksi kotača prikazani su u tablici 3. Za prednji kotač izračunata je samo jedna vrijednost jer se masa na prednjoj osovini opterećenoga i praznoga forvardera neznatno razlikuju. Iz tablice 3 razvidno je da za ispitivani forvarder najveći indeks kotača i najbolju kretnost ima njegov neopterećeni bogi sustav 19,82, a najlošiju kretnost opterećeni bogi sustav s indeksom kotača 9,01.

Iz tablice 3 zapaža se da prednji kotači i kotač bogi osovine natovarenoga forvardera imaju nominalni tlak na tlo veći od 80 kPa, i to za približno 10 % prednji kotač (89,57 kPa) te gotovo 40 % kotač bogi osovine (108,01 kPa). Na temelju *EcoWood* razredbe terena može se tvrditi da se na jako čvrstom tlu sastojine (CI = 973 kPa) može očekivati kretanje prednjih kotača bez bitnih negativnih posljedica, dok se za kotače bogi osovine natovarenoga forvardera to ne može tvrditi sa sigurnošću. Ako se izračunaju indeksi kotača, tada se dobiva numerički parametar koji kvantitativno bolje opisuje kriterij kretnosti. Tako se prema izračunatim indeksima kotača (10,86 i 9,01) može s dovoljnom sigurnosti tvrditi da će posljedice kretanja prednjih kotača punoga i praznoga forvardera te kotača bogi osovine natovarenoga forvardera biti u prihvatljivim granicama. Bogi kotači praznoga forvardera s nominalnim tlakom od 49,09 kPa te indeksom kotača od gotovo 20 neće oštećivati tlo sastojine.

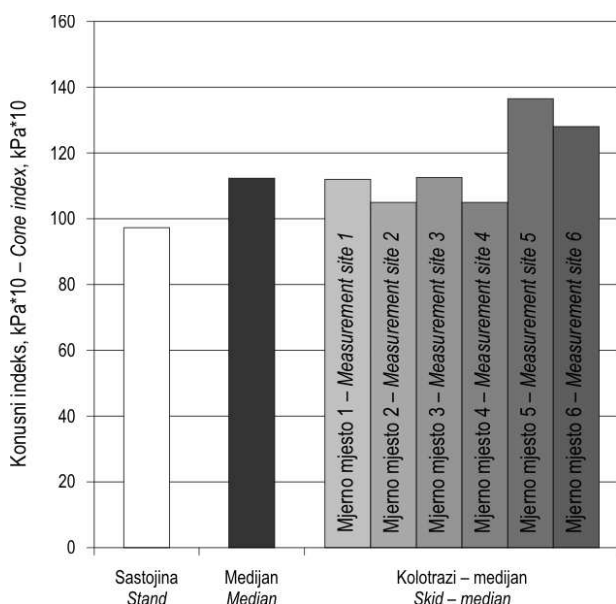
Na slici 7 prikazane su vrijednosti konusnoga indeksa (CI) za sva istraživana mjerna mjesta, dok su

Tablica 3. Vrijednosti indeksa kotača
Table 3 Values of cone index

	Prednji kotač, forvarder prazan/pun <i>The front wheel, Forwarder empty/full</i>	Kotač bogi osovine, forvarder prazan <i>Bogie wheel axle, Forwarder empty</i>	Kotač bogi osovine, forvarder pun <i>Bogie wheel axle, Forwarder full</i>
CI, konusni indeks, kPa <i>CI, Cone index, kPa</i>	973	973	973
G, opterećenje kotača, kN <i>G, Wheel load, kN</i>	42,08	19,44	42,77
A, dodirna površina, m ² <i>A, Contact area, m²</i>	0,469	0,396	0,396
NGP, nominalni tlak na podlogu, kPa <i>NGP, Nominal ground pressure, kPa</i>	89,57	49,09	108,01
N _k , Indeks kotača <i>N_k, Wheel numeric (Mellgren)</i>	10,86	19,82	9,01



Slika 7. Vrijednosti konusnoga indeksa (CI) na dubini od 15 cm
Fig. 7 Values of cone index at the depth of 15 cm



Slika 8. Prikaz prosječnih vrijednosti konusnoga indeksa (CI)
Fig. 8 Average values of cone index

na slici 8 prikazane prosječne vrijednosti konusnoga indeksa (CI) za sastojinu, sredinu između kolotruga te kolotrage na svim mjernim mjestima.



Slika 9. Ilustracija dubine kolotruga
Fig. 9 Illustration of rut depth

Broj prolaza forvardera smanjuje se od mjernoga mjesta 1 do mjernoga mjesta 6. Preko mjernoga mjesta 1 forvarder je prošao 6 puta prevezavši drvo ukupne mase 68 020 kg. Iz slika 7 i 8 zapaža se da, bez obzira na broj prolaza forvardera, ne dolazi do značajnije obujmne deformacije šumskoga tla, tj. njegova zbijanja. Ta je činjenica suprotna očekivanjima, jer bi se konusni indeks kolotruga i sastojine trebao značajnije razlikovati i razlika bi se trebala povećavati s obzirom na broj prolaza forvardera. Tu pretpostavku potvrđuje usporedba vrijednosti konusnih indeksa tla sastojine i tla u kolotrazima na svim mjernim mjestima jer se ne zapaža bitno povećanje konusnih indeksa u kolotrazima, kao i njihove dubine (slika 9).

Tako je potvrđeno očekivanje da će kretanje forvardera po tako čvrstom tlu biti u prihvatljivim granicama doneseno na temelju nominalnih tlakova na tlo te pripadajućih indeksa kotača.

Treba ponovo istaknuti činjenicu da zbog nehomogenosti šumskoga tla i njegove slojevitosti i isprepletenosti korijenjem šumskoga bilja, grmlja i drveća penetracijske krivulje, pa time i konusni indeksi iskazuju veliko rasipanje vrijednosti.

5. Zaključak – Conclusion

Dobivenu visoku vrijednost indeksa kotača ($N_k > 6,25$), znači i ocjena dobre kretnosti forvardera potvrđena je činjenicom da nije ustanovljeno znatno povećanje zbijanja tla ni nakon 6 prolazaka punoga forvardera prosječne mase 27 340 kg i isto toliko praznoga forvardera prosječne mase 16 003 kg. S tim u suglasju je i mala zapažena dubina kolotruga.

Ponovno je ustanovljeno da izmjerene penetracijske krivulje i vrijednosti konusnoga indeksa poka-

zuju znatno rasipanje. Nehomogenost šumskoga tla (slojevitost, mreže korijenja i sl.) znatno ometa procjenu čvrstoće (nosivosti) tla konusnim penetrometrom. Stoga nije preporučljivo koristiti penetrometar s malim brojem ponavljanja mjerenja, tj. prihvatiti činjenicu da penetracijske značajke treba mjeriti »toliko puta koliko je to moguće«, ma što to značilo. Zbog toga je potrebno tražiti pogodnije metode mjerenja nosivosti i zbijanja šumskoga tla.

Iako nije bio predmet istraživanja, zapaža se da je pri izvoženju tehničke oblovine i višemetarskoga drva forvarder bio opterećen ispod nazivne nosivosti zbog nedovoljne iskorištenosti tovarnoga prostora zbog različitih dimenzija (pogotovo duljina) i zakrivljenosti transportiranoga drva.

6. Literatura – References

- Anić, I., 2001: Uspijevanje i pomlađivanje sastojina poljskog jasena (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) u Posavini. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–197.
- ASAE, 1999: Soil Cone Penetrometer (ASAE S313.3 FEB99), ASAE Standards 2000, 831–833.
- ASAE, 1999: Procedures for Using and Reporting Data Obtained with the Soil Cone Penetrometer (ASAE EP542 FEB99), ASAE Standards 2000, 986–989.
- Bekker, M. G., 1960: Off-the-road locomotion, The University of Michigan Press, 1–215.
- Bosner, A., S. Nikolić, Z. Pandur, D. Benić, 2009: Razvoj i umjeravanje prijenosnog sustava za mjerenje osovinskih opterećenja vozila – mjerenja na forvarderu. Nova meh. šumar. 28(1):1–15.
- Brunberg, T., 2004: Underlag till produktionsnormer för skotare (Productivity-norm data for forwarders). Redogörelse 3: 1–12.
- Horvat, D., 1993: Prilog proučavanju prohodnosti vozila na šumskom tlu. Disertacija, Fakultet strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu, 1–234.
- Horvat, D. 1995: Natural recovery of damaged forest soil 10 years after wood transportation by forwarder (Measurement with cone penetrometer). Meh. šumar. 20(3): 129–135.
- Horvat, D., T. Poršinsky, 2000: Forwarder Performance on Hard and Soft Soil, XXI IUFRO World Congress, Kuala Lumpur, Malaysia. Proceedings of a Symposium organized by IUFRO Group 3.11.00, str. 67–73.
- Horvat, D., Z. Pandur, M. Šušnjar, S. Nikolić, M. Zorić, 2011: Okolišna pogodnost dviju metoda mehanizirane uspostave šumskog reda. Croatian Journal of Forest Engineering 32(1): 389–399.
- Mellgren, P.G., 1980: Terrain Classification for Canadian Forestry. Canadian Pulp and Paper Association, 1–13.
- Owende, P. M. O., J. Lyons, R. Haarlaa, A. Peltola, R. Spinelli, J. Molano, S. M. Ward, 2002: Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites. Project ECOWOOD, Funded under the EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002): 1–74.
- Pandur, Z., D. Horvat, M. Šušnjar, H. Nevečerel, I. Stankić, 2010: Environmental evaluation of wood residues utilization. 43rd International symposium FORMEC 2010. »Meeting the Needs of the Society and the Environment«, July 11–14, 2010, Padova – Italy, CD.
- Poršinsky, T., 1997: Određivanje položaja Kockums 850 i Timberjack 1210 u obitelji forvardera morfološkom rasčlambom. Mehanizacija šumarstva 22(3): 129–139.
- Poršinsky, T., 2005: Djelotvornost i ekološka pogodnost forvardera Timberjack 1710B pri izvoženju oblovine iz nizinskih šuma Hrvatske. Disertacija, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–170.
- Poršinsky, T., Horvat, D., 2005: Indeks kotača kao parametar procjene okolišne prihvatljivosti vozila za privlačenje drva. Nova meh. šumar. 26: 25–38.
- Poršinsky, T., Stankić, I., Bosner, A., 2011: Djelotvorno i okolišno prihvatljivo izvoženje drva forvarderom temeljem analize nominalnoga tlaka na podlogu. Croat. j. for. eng. 31(1): 345–356.
- Ronai, D. M., 1983: Teorija kretanja van tvrdih puteva. Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, 1–324.
- Saarilahti, M. 2002a: »Soil interaction model. Project deliverable D2 (Work package No. 1) of the Development of a Protocol for Ecoefficient Wood Harvesting on Sensitive Sites (ECOWOOD)«, EU 5th Framework Project (Quality of Life and Management of Living Resources) Contract No. QLK5-1999-00991 (1999–2002), 1–87.
- Šušnjar, M., Poršinsky T., Horvat, D., Pentek, T., Tomašić, Ž., 2006: Estimation of environmental acceptability of forwarder by wheel numeric, 39th International symposium FORMEC 2006, 24–28 September 2006, Sofia, Bulgaria, Proceedings, 207–217.
- Ward, S. M., Owende, P. M. O., 2003: Development of a protocol for eco-efficient wood harvesting on sensitive sites. Proceedings of the 2nd International Scientific Conference »Forest and Wood-Processing Technology vs. Environment – Fortechenvi Brno 2003«, May 26–30, Brno, Czech Republic, Mendel University of Agriculture and Forestry Brno & IUFRO WG 3.11.00, 473–482.
- Wästerlund, I. 1989: Effect of damage on the newly thinned stand due mechanized forest operations, Proceedings of the ECE/FAO/ILO/IUFRO Seminar on the Impact of mechanization of forest operations to the soil, Louvain-la-Neuve, 165–177.

Abstract

Rating of Wheel Index as an Indicator of Environmental Viability of Forwarders

This paper presents the investigation of wheel index as the parameter describing the environmental acceptability of interaction between the vehicle wheel and soil during timber forwarding (extraction) in the stand. In the Croatian lowland forests, characterized by excessive soil moisture, as stated by Anić (2001) and Poršinsky (2005), special forest vehicles, forwarders, are used for timber extraction, mainly intended for timber extraction in seeding fellings i.e. during winter (from Oct. 1 to March 30). Due to significant total mass of loaded forwarders (a medium large forwarder up to 30 tons) and frequently unfavorable soil strength in winter period, forest soil damage can occur in the form of soil deformation – formation of wheel ruts and soil compaction.

In an empirical method developed for investigating the complex wheel-soil system, or vehicle-soil system, in literature known as WES method (Waterways Experimentation Station, US Army Engineering Corps), the wheel index is used for correlating the characteristics of the vehicle and soil deformation with the soil strength. In practice, a standardized value is used for measuring the resistance of cone penetration (ASAE EP524 1999) at the depth of 15 cm called cone index (CI). Due to non-homogeneity of soil structure, Ronai (1983), Horvat (1993, 1994), Poršinsky (2005), Pandur et al. (2010), Horvat et al. (2011) noticed high data dispersion among repeated measurements of penetration characteristics.

The suitability of empirical method is also confirmed by terrain classification for performing forest operations developed by EcoWood Project (Owende et al. 2002; Ward and Owende 2003) shown in Table 1.

The objectives of this paper are to establish the actual distribution of forwarder weight (mass) by wheels (axles), determine the wheel pressure using semi-empirical expressions for the calculation of wheel pressure, determine the change of soil penetration characteristics caused by the increase of load by measuring the cone index (CI), and on the basis of the calculated wheel index estimate the environmental viability of forwarders in case of the actual timber forwarding after seeding felling.

For collecting data on soil condition, digital penetrometer Eijkelkamp Penetrologger (Fig. 2) was used with the cone base cross-section area of 2 cm² and point angle of 30°, in accordance with ASAE S313.3 (1999) standard.

For determining the actual wheel load of the Valmet 840.2 forwarder, in this research a portable scale system WLS 101/R2K was used (BARK system-und Wiegetechnik GmbH & CO.KG), whose calibration and development were described by Bosner et al. (2008). When measuring the axle loads, the scales were inserted into the metal platform, on which the forwarder was driven, so as to protect them from damage and in order to position the forwarder as precisely as possible on the scales to minimize the measurement error as shown in Fig. 3.

In Subcompartment 143c, the cone index was measured at 6 measurement sites (Fig. 1). At each site, 5 measurements were carried out by penetrometer. The measurement was performed vertically on wheel rut, and the measurement scheme at one measurement site with the display of the result for the measurement site 1 (door 1) is presented in Fig. 5.

The results of these measurements are the penetration curves – 5 for each measurement site, and Fig. 6 shows the results for the measurement site 1. In accordance with the standard, the values of the cone index at the depth of 15 cm were read from the diagram presented in Fig. 6. For the stand in the investigated Subcompartment, the cone index was 973 kPa – the median of all measurements. According to EcoWood terrain classification, the stand soil can be classified as (very) strong. This means that maximum value of nominal pressure exceeding 80 kPa is allowed. After felling and processing, 6 rounds were forwarded from the Subcompartment. The total load volume measured by the standard forestry method was 74.52 m³ of roundwood. By weighing the forwarder with the above described method, the total mass of the transported wood was measured and it was 68 020 kg. The average mass of the loaded forwarder was 27 340 kg.

Table 3 shows the results obtained by the calculation based on expression 1. Fig. 7 presents the values of cone index (CI) for all investigated measurement sites, while Fig. 8 presents the average values of cone index (CI) for a stand, the soil between wheel ruts and wheel ruts at all measurement sites.

The number of forwarder passes gets lower from measurement site 1 to measurement site 6. The forwarder passed 6 times through the measurement site 1 transporting a total of 68 020 kg of wood. Fig. 7 and 8 clearly show

that, regardless of the number of forwarder passes, no significant volume deformation of forest soil occurred, i.e. no soil compaction was observed. This fact is contrary to the expectations, because the cone index of wheel rut and stand should be considerably different and the difference should increase with the number of forwarder passes.

The obtained high value of the wheel index ($N_k > 6.25$) and hence also the assessment of good forwarder mobility has been confirmed by the fact that no considerable soil compaction was observed after 6 passes of the loaded forwarder of an average mass of 27 340 kg and the same number of passes of the unloaded forwarder of an average mass of 16 003 kg. The small depth of the wheel rut is in accordance with the above conclusion.

It has again been established that the measured penetration curves and values of the cone index show considerable dispersion. Non-homogeneity of the forest soil (multi-layers, root network, etc.) considerably impede the assessment of soil strength (bearing capacity) by cone penetrometer. Therefore, it is not recommended to use the penetrometer with a small number of repeated measurements i.e. to accept the fact that the penetration characteristics should be measured »as many times as possible«, whatever it means. For this reason, it is necessary to seek more suitable methods for measuring the bearing strength and compaction of forest soil.

Even though this was not the subject of research, it has been noticed that in forwarding industrial roundwood and long length timber, the forwarder was loaded below its nominal carrying capacity due to inadequate utilization of the load space caused by different dimensions (especially length) and curvature of the wood transported.

Keywords: wood extraction, forwarder, environmental suitability, wheel numeric

Adresa autorâ – Authors' address:

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

Željko Šantek, mag. ing. silv.
e-pošta: zsantek@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Ured za međunarodnu suradnju
Svetošimunska 25
HR – 10 000 Zagreb
HRVATSKA

Primljeno (Received): 20. 05. 2011.

Prihvaćeno (Accepted): 15. 12. 2011.

Usporedba proizvodnosti skidera s jednobubanjским i s dvobubanjским vitlom u prebornim šumama*

Željko Zečić, Dinko Vusić, Dragan Milković, Marko Zorić

Nacrtak – Abstract

U prebornim šumama u Republici Hrvatskoj zbog sastojinskih i eksploatacijskih čimbenika uglavnom se za primarni transport drvnih sortimenata koriste skideri. Većina je skidera u hrvatskom šumarstvu opremljena dvobubanjским vitlima. Od 45 skidera tipa Timberjack 240C 30 ih je opremljeno dvobubanjским, a 15 jednobubanjским vitlom. Njima se godišnje privuče između 0,25 mil. m³ i 0,30 mil. m³, uglavnom u brdskim i planinskim predjelima naše zemlje. Ovo je istraživanje postavljeno radi utvrđivanja razlika u proizvodnosti privlačenja drva skiderima opremljenima jednobubanjским i dvobubanjским vitlom. Primjenom studija rada i vremena snimljen je radni proces privlačenja drva poludeblovnom metodom u prebornoj sječini. t-testom su analizirane razlike između brzina vožnji, utrošaka vremena rada na sječini i pomoćnom stovarištu i veličina tovara. Izračunati su dnevni učinci za osmosatno radno vrijeme. Utvrđeno je da skider opremljen jednobubanjским vitlom postiže od 11 % do 9 % manji projektirani dnevni učinak na udaljenostima privlačenja od 100 m do 800 m od skidera opremljenoga dvobubanjским vitlom.

Ključne riječi: privlačenje obloga drva, proizvodnost, Timberjack 240C

1. Uvod – Introduction

U hrvatskim se šumama godišnje izradi oko 5,5 mil. m³ različitih drvnih sortimenata (Anon. 2006), a od toga 88 % u državnim šumama. Sječa i izrada pretežno se obavlja ručno-strojno. Oko dvije trećine drva transportira se privlačenjem po tlu skiderima i adaptiranim poljoprivrednim traktorima. Preostala se trećina gotovo u potpunosti izveze forvarderima i traktorskim skupovima. Žičare se koriste povremeno.

»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb, trgovačko društvo koje gospodari državnim šumama, vlastitim sredstvima godišnje privuče oko 2 mil. m³, odnosno gotovo polovinu ukupne količine. Skiderima, mase veće od 5 t, privuče se po tlu oko 0,9 mil m³, ponajprije u brdskim i planinskim predjelima. Od 183 skidera mase veće od 5 t 45 ih je tipa Timberjack 240C, 30 s

dvobubanjским i 15 s jednobubanjским vitlom (Krpan i Zečić 2001a). Njima se privuče između 0,25 mil. m³ i 0,30 mil. m³ godišnje.

Cilj je ovoga istraživanja utvrditi razlike između utrošaka vremena za pojedine radne zahvate i obujma tovara te ostvarene proizvodnosti privlačenja drva skiderima Timberjack 240C opremljenima jednobubanjским i dvobubanjским vitlom u prebornim sječinama gorskoga dijela Hrvatske primjenom poludeblovne metode.

2. Materijal i metode – Material and Methods

Istraživanje je provedeno u prebornoj sječini površine 54,47 ha, na nadmorskoj visini od 630 m do 785 m i nagibu terena od 0° do 25°. Prije sječe u

* Ovaj je rad izložen na 44. međunarodnom savjetovanju o mehaniziranju šumskih radova FORMEC 2011

sastojini su rasla 374 stabla po hektaru, a drvena je zaliha iznosila 378 m³/ha. U drvenoj zalihi stabla obične jele sudjelovala su sa 68,83 %, obične bukve s 22,65 %, obične smreke s 8,20 %, a ostatak od 0,41 % činila su stabla ostalih tvrdih listića. Ukupno je za sječu doznačeno 1689 stabala (31 stablo/ha), odnosno 4005 m³ bruto obujma drva (73,53 m³/ha). Prsni je promjer srednjega doznačenoga stabla četinjača 51 cm, a listića 44 cm. Bruto obujam srednjega doznačenoga stabla iznosi 1,38 m³.

Radove pridobivanja drva poludeblovnim metodom izvodile su dvije skupine radnika. Svaku su skupinu činila dva sjekača, traktorist, kopčać i sjekač preuzimač na pomoćnom stovarištu. Drvo se privlačilo skiderima Timberjack 240C. Jedan je skider bio opremljen standardnim Timberjackovim jednobubanjским vitlom T40 nazivne sile 125 kN, a drugi dvobubanjским vitlom Konrad Adler HY16 nazivne sile 2 × 80 kN. Prema indeksu oblika (duljina 5 860 mm, širina 2 590 mm, visina 2 911 mm) Timberjack 240C nalazi se u zoni srednje teških i teških traktora, a prema odnosu snage motora (75 kW) i mase (8 409 kg) pripada obitelji teških traktora (Krpan i Zečić 2001b).

Rad traktora na privlačenju istraživao je studijom rada i vremena (Zević i dr. 2004a). Tijekom istraživanja snimljeno je 99 turnusa privlačenja skiderom s jednobubanjским vitlom i 103 turnusa privlačenja skiderom s dvobubanjским vitlom. Utrošci vremena pojedinih radnih zahvata, kao i vremena prekida, snimani su povratnom metodom kronometrije. Evidentirane su udaljenosti vožnji i duljina izvlačenja užeta te podaci o svakom privučenom tovaru. Prilikom istraživanja radni su zahvati jasno odijeljeni fiksanim točkama. Tako su snimljeni utrošci vremena vožnje neopterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu, vremena vožnje neopterećenoga traktora na traktorskom putu, vremena rada na sječini (zauzimanje položaja, izvlačenje užeta, vezanje tovara, privitavanje, ispravljanje tovara, silaženje i penjanje), vremena vožnje opterećenoga traktora po traktorskom putu (i vremena privitavanja tijekom vožnje), vremena vožnje opterećenoga traktora na pomoćnom stovarištu te vremena rada na pomoćnom stovarištu (odvezivanje tovara, uređenje složaja, okretanje traktora, silaženje i penjanje). Analizom snimljenih prekida rada i povremenih radova utvrđeno je dodatno vrijeme (Zević 1999).

Rezultati terenskih istraživanja obrađeni su programskim paketom STATISTICA 7. Primjenom *t*-testa analizirane su razlike aritmetičkih sredina brzina vožnji i utrošaka vremena rada na sječini i pomoćnom stovarištu te veličina tovara za skider s jednobubanjским i skider s dvobubanjским vitlom. Sukladno re-

zultatima *t*-testa snimljeni su podaci u daljnjoj obradi tretirani kao jedna ili dvije odvojene grupe. Ovisnost utroška vremena vožnji o udaljenosti privlačenja te ovisnost utroška vremena izvlačenja užeta i privitavanja o udaljenosti privitavanja istražena je regresijskim analizama. Vremena svih ostalih radnih sastavnica izračunata su kao prosječni utrošci vremena.

Dijeljenjem ukupno utrošenoga vremena za projektirani turnus traktora na privlačenju drva s prosječnim obujmom tovara izračunata je norma vremena. Dnevni je učinak iskazan za osmosatno radno vrijeme.

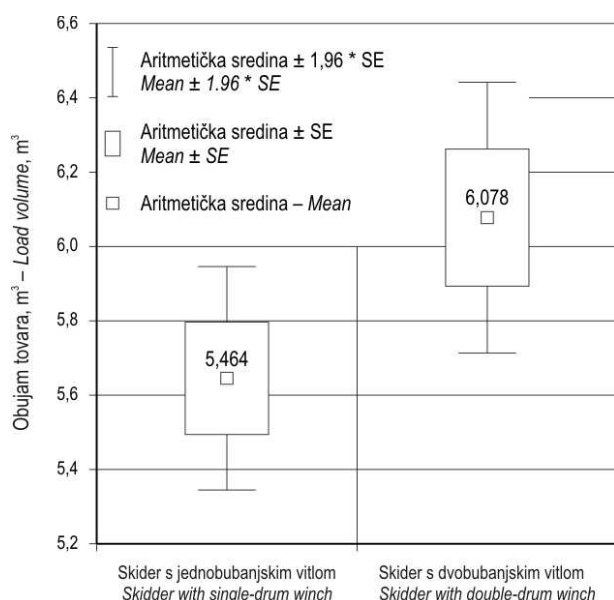
3. Rezultati istraživanja – *Research results*

Ukupno je snimljeno 4 231,61 min utroška vremena skidera s jednobubanjским vitlom i 4 067,68 min utroška vremena skidera s dvobubanjским vitlom. Od toga na efektivno vrijeme otpada 2 709,60 min ili 64,03 % za skider s jednobubanjским vitlom i 2 619,15 min ili 64,39 % za skider s dvobubanjским vitlom. Dodatno vrijeme za skider s jednobubanjским vitlom iznosi 976,21 min, a za skider s dvobubanjским vitlom 859,36 min. Jedinostveni faktor dodatnoga vremena iznosi 1,35.

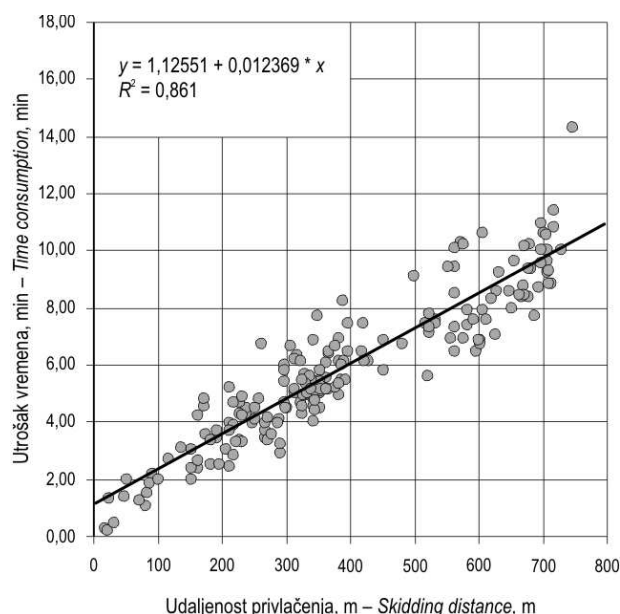
Obujam tovara privučen skiderom s jednobubanjским vitlom (SDS) i skiderom s dvobubanjским vitlom (DDS) prikazan je na slici 1. Rezultati provedenoga *t*-testa ($p = 0,074478$) pokazuju da ne postoji signifikantna razlika između obujma tovara privučenoga skiderom s jednobubanjским vitlom i skiderom s dvobubanjским vitlom. Stoga je obujam tovara promatran kao jedinstven skup podataka ($\bar{x} = 5,866$; $\min = 1,007$; $\max = 9,877$; $Std. Dev. = 1,724087$).

Analiza razlike aritmetičkih sredina *t*-testom između brzine vožnji pokazala je da samo za vožnju neopterećenoga skidera po traktorskom putu ne postoji signifikantna razlika, dok za svu ostalu vožnju ona postoji (tablica 1). Sukladno rezultatima provedene su regresijske analize ovisnosti utroška vremena vožnje po traktorskom putu o udaljenosti privlačenja (slike 2, 3 i 4). Za izračun utroška vremena vožnji skidera na pomoćnom stovarištu u projektiranom turnusu privlačenja za prosječnu udaljenost 40 m korištene su pripadajuće srednje vrijednosti brzine vožnje.

Kod vremena rada na sječini, odnosno pomoćnom stovarištu rezultati *t*-testa pokazuju da samo kod privitavanja tijekom vožnje, zauzimanja položaja i okretanja traktora ne postoje signifikantne razlike aritmetičkih sredina snimljenih utrošaka vremena za skider s jednobubanjским vitlom i skider s dvobubanjским vitlom (tablica 1). Za navedene radne zahvate izračunate su aritmetičke sredine za je-



Slika 1. Dijagram (Box i Whisker) obujma tovara skidera
Fig. 1 Box & Whisker Plot of skidder load volume

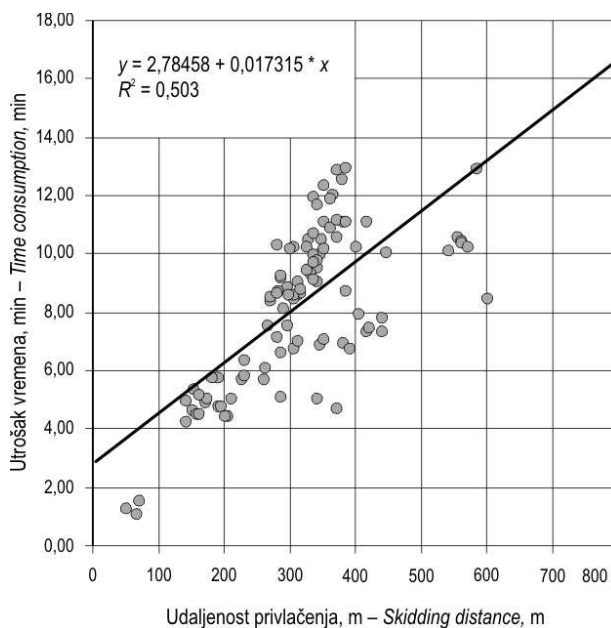


Slika 2. Utrošak vremena za vožnju neopterećenoga skidera
Fig. 2 Time consumption of unloaded skidder travel

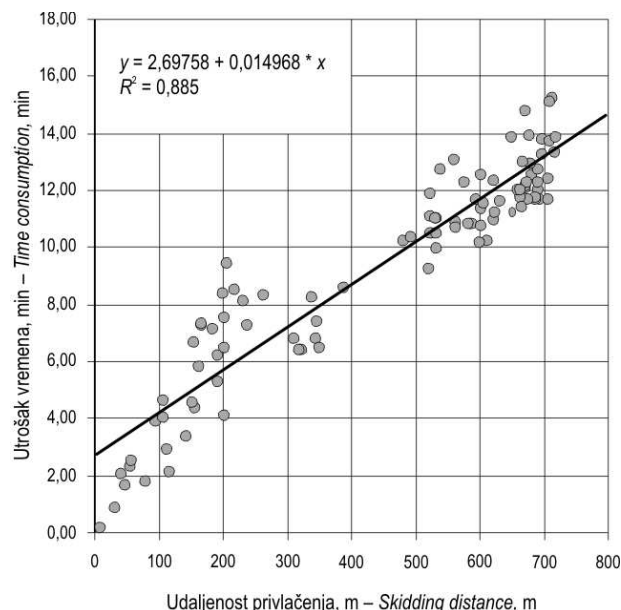
dinstveni skup podataka i one iznose: za privitlavanje tijekom vožnje 1,29 min/turnus, za zauzimanje položaja 0,65 min/turnus te za okretanje traktora 0,49 min/turnus. Za sve ostale radne zahvate rada na sječini odnosno pomoćnom stovarištu u daljnjim su izračunima korištene aritmetičke sredine odvojenih skupova podataka (tablica 1).

Ovisnost utroška vremena za izvlačenje užeta i privitlavanje tovara jednobubanjским vitlom i dvo-

bubanjским vitlom istražena je regresijskim analizama i prikazana na slikama 5, 6, 7 i 8. Privitlavanje se jednobubanjским vitlom odvijalo s prosječne udaljenosti od 23 m, a dvobubanjским vitlom s prosječne udaljenosti od 15 m. Za izračun utroška vremena izvlačenja užeta i privitlavanja za projektirani tur-



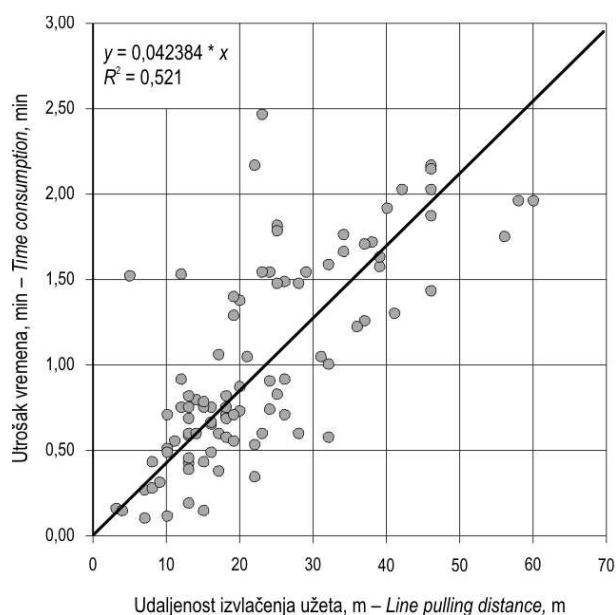
Slika 3. Utrošak vremena za vožnju opterećenoga skidera s jednobubanjским vitlom
Fig. 3 Skid road travel time consumption – SDS loaded



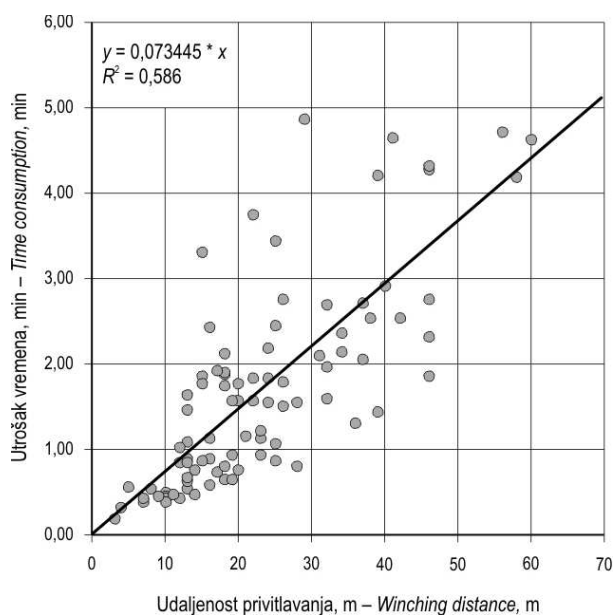
Slika 4. Utrošak vremena za vožnju opterećenoga skidera s dvobubanjским vitlom
Fig. 4 Skid road travel time consumption – DDS loaded

Tablica 1 Rezultati t-testa (podebljane vrijednosti označavaju statistički značajnu razliku, $p < 0,05$)
Table 1 Test results (bolded values indicate significant difference, $p < 0.05$)

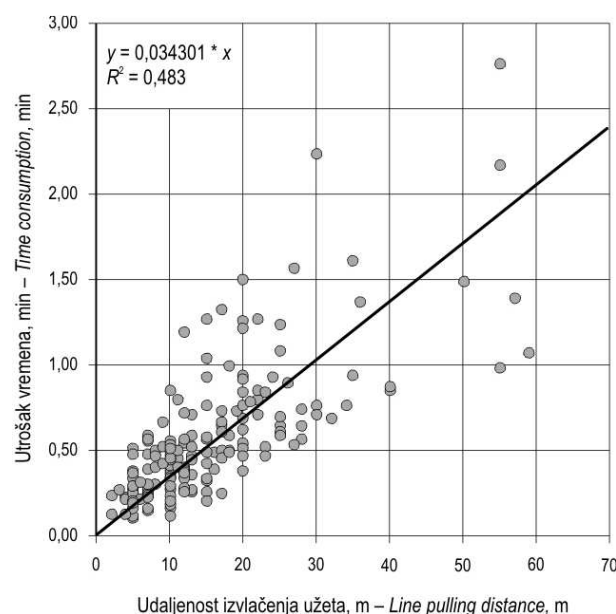
Radni zahvat Work element	Sredina – Mean		t vrijednost t-value	Stepnjevi slobode Degrees of freedom	Faktor pouzdanosti Confidence level	Uzorak – Valid N		Standardna devijacija Std.Dev.		F-ratio Variances	P Variances
	Skider s jednobubanjским vitlom Single drum winch skidder	Skider s dvobubanjским vitlom Double-drum winch skidder				Skider s jednobubanjским vitlom Single drum winch skidder	Skider s dvobubanjским vitlom Double-drum winch skidder	Skider s jednobubanjским vitlom Single drum winch skidder	Skider s dvobubanjским vitlom Double-drum winch skidder		
Voznja neopterećenoga skidera na pomoćnom stovaštu, km/h Unloaded travel on landing, km/h	4,677598	4,149093	2,161766	177	0,031979	77	102	2,055564	1,190139	2,983094	0,000000
Voznja neopterećenoga skidera po traktorskom putu, km/h Unloaded travel on skid road, km/h	3,796094	3,899731	-0,937696	196	0,349555	99	99	0,676105	0,867297	1,645534	0,014425
Voznja opterećenoga skidera po traktorskom putu, km/h Loaded travel on skid road, km/h	2,359133	2,673224	-3,29105	194	0,001186	99	97	0,615309	0,717869	1,361145	0,130315
Voznja opterećenoga skidera na pomoćnom stovaštu, km/h Loaded travel on landing, km/h	3,136228	2,482093	4,327235	196	0,000024	96	102	1,175278	0,945439	1,545305	0,031861
Privlačenje i penjanje u ščepu Skider travel winching, min	1,283402	1,294369	-0,049416	198	0,960637	97	103	1,348934	1,750278	1,683575	0,010443
Zauzimanje položaja, min Positioning, min	0,610928	0,676214	-0,701027	198	0,484109	97	103	0,721068	0,593022	1,478468	0,052483
Vežanje tovara, min Choking, min	2,569175	1,685437	5,402827	198	0,000000	97	103	1,374642	0,903320	2,315771	0,000037
Ispravljanje tovara, min Load maneuvering, min	0,341753	0,580971	-2,90346	198	0,004109	97	103	0,238026	0,777779	10,67737	0,000000
Silaženje i penjanje u ščepu, min Moving up and down the felling site mounting, min	0,00	0,106602	-6,49401	198	0,000000	97	103	0,00	0,161649	0,00	1,000000
Odvježivanje tovara, min Unchoking, min	0,731546	0,636796	2,065880	198	0,040142	97	103	0,391669	0,244136	2,573805	0,000004
Uhrpavanje, min Bunching, min	1,645876	1,013592	4,060930	198	0,000070	97	103	1,315639	0,849542	2,398302	0,000018
Okretanje skidera, min Skidder turning, min	0,497113	0,474563	0,389192	198	0,697552	97	103	0,506347	0,290253	3,043296	0,000000
Silaženje i penjanje na pom. stovaštu, min Moving up and down the landing site, min	0,068557	0,117184	-2,14816	198	0,032915	97	103	0,143120	0,174392	1,484749	0,051383



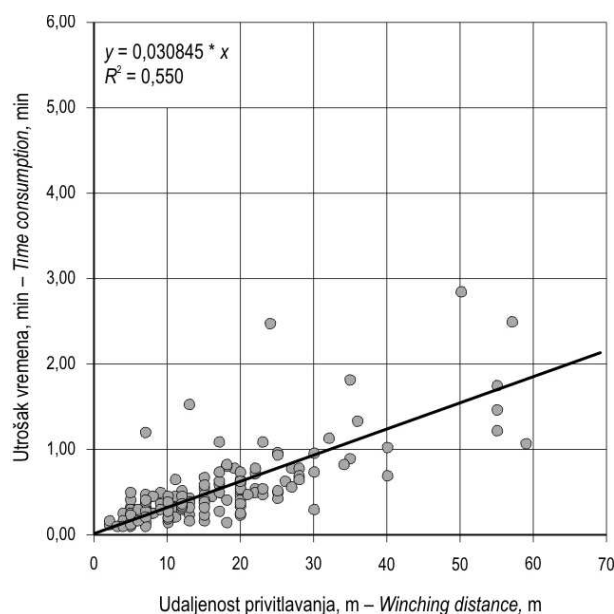
Slika 5. Utrošak vremena za izvlačenje užeta jednobubanjškoga vitla
Fig. 5 Line pulling time consumption – SDS



Slika 7. Utrošak vremena privitlavanja jednobubanjškoga vitla
Fig. 7 Winching time consumption – SDS



Slika 6. Utrošak vremena za izvlačenje užeta dvobubanjškoga vitla
Fig. 6 Line pulling time consumption – DDS



Slika 8. Utrošak vremena privitlavanja dvobubanjškoga vitla
Fig. 8 Winching time consumption – DDS

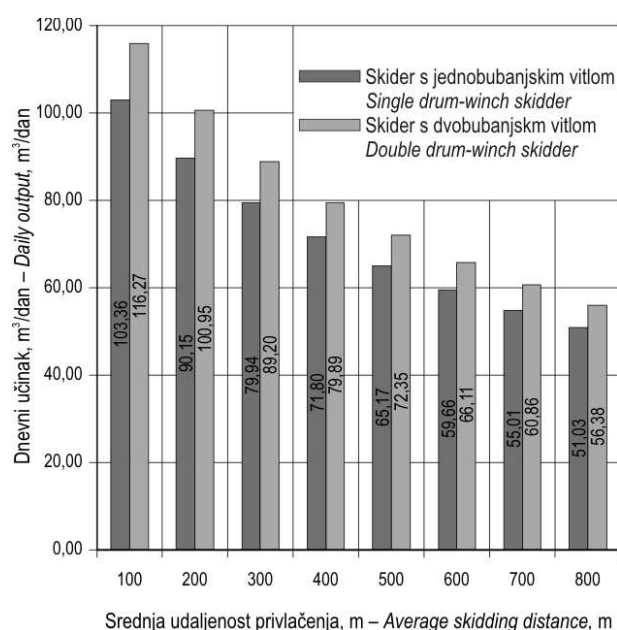
nus privlačenja korištene su pripadajuće regresijske jednadžbe i prosječna udaljenost privlačenja. Kako su pri obradi podataka za izvlačenje užeta i privitlavanje dvobubanjским vitlom snimljeni parovi podataka (udaljenost – utrošak vremena) promatrani kao jedan skup bez obzira na kojem su bubnju snimljeni, nužno je utrošak vremena za izvlačenje užeta i za privitlavanje, izračunat pomoću formule izjednačenja, pomnožiti s dva.

U tablici 2 prikazan je utrošak efektivnoga vremena po radnim operacijama, ukupno vrijeme turnusa i norme vremena za skider s jednobubanjским vitlom te za skider s dvobubanjским vitlom, za udaljenost privlačenja po traktorskim putovima od 100 m do 800 m. Skider s jednobubanjским vitlom postiže od 11 % do 9 % manji dnevni učinak na udaljenosti privlačenja od 100 m do 800 m u usporedbi sa skiderom s dvobubanjским vitlom (slika 9).

Tablica 2. Ovisnost utroška efektivnoga vremena po radnim operacijama, vremena turnusa i norme vremena o srednjoj udaljenosti privlačenja

Table 2 Effective time consumption by work element, cycle time and standard time vs. average skidding distance

Skider Skidder	Srednja udaljenost privlačenja Average skidding distance	Vrijeme vožnje traktorska vlaka Travel time – skid road		Vrijeme vožnje pomoćno stovarište Travel time – landing		Vrijeme rada na sječini Felling site work time	Vrijeme rada na pom. stov. Landing work time	Efektivno vrijeme Effective time	Dodatno vrijeme Allowance time 34,45%	Vrijeme turnusa Cycle time	Norma vremena Standard time
		Neopterećen Unloaded	Opterećen Loaded	Opterećen Loaded	Neopterećen Unloaded						
	m	min									min/m ³
s jednobubanjским vitlom with single-drum winch	100	2,36	5,81	0,77	0,51	6,22	2,93	18,60	6,41	25,00	4,26
	200	3,60	7,54	0,77	0,51	6,22	2,93	21,57	7,43	28,99	4,94
	300	4,84	9,27	0,77	0,51	6,22	2,93	24,53	8,45	32,98	5,62
	400	6,07	11,00	0,77	0,51	6,22	2,93	27,50	9,47	36,98	6,30
	500	7,31	12,73	0,77	0,51	6,22	2,93	30,47	10,50	40,97	6,98
	600	8,55	14,46	0,77	0,51	6,22	2,93	33,44	11,52	44,96	7,66
	700	9,78	16,19	0,77	0,51	6,22	2,93	36,41	12,54	48,95	8,34
	800	11,02	17,93	0,77	0,51	6,22	2,93	39,38	13,56	52,94	9,02
s dvobubanjским vitlom with double-drum winch	100	2,36	5,48	0,97	0,58	4,97	2,25	16,62	5,72	22,34	3,81
	200	3,60	6,98	0,97	0,58	4,97	2,25	19,35	6,67	26,02	4,43
	300	4,84	8,48	0,97	0,58	4,97	2,25	22,08	7,61	29,69	5,06
	400	6,07	9,97	0,97	0,58	4,97	2,25	24,82	8,55	33,37	5,69
	500	7,31	11,47	0,97	0,58	4,97	2,25	27,55	9,49	37,04	6,31
	600	8,55	12,97	0,97	0,58	4,97	2,25	30,28	10,43	40,72	6,94
	700	9,78	14,46	0,97	0,58	4,97	2,25	33,02	11,37	44,39	7,57
	800	11,02	15,96	0,97	0,58	4,97	2,25	35,75	12,32	48,07	8,19



Slika 9. Ovisnost dnevnoga učinka skidera Timberjack 240C o srednjoj udaljenosti privlačenja

Fig. 9 Timberjack 240C daily output vs. average skidding distance

4. Rasprava i zaključci – Discussion and Conclusions

Razlike u proizvodnosti skidera s jednobubanjским i skidera s dvobubanjским vitlom leže u manjem utrošku vremena rada na sječini i rada na pomoćnom stovarištu kod skidera s dvobubanjским vitlom te u većim brzinama vožnje opterećenoga skidera s dvobubanjским vitlom po traktorskom putu. Manji utrošak vremena rada na sječini posljedica je manjega utroška vremena izvlačenja užeta, privitavanja i vezanja tovara, a manji utrošak vremena rada na pomoćnom stovarištu rezultat je manjega utroška vremena za odvezivanje tovara i uhrpavanje. Razlike u brzinama, uz pretpostavku zanemarivanja ljudskoga utjecaja mogu ležati u značajkama tovara i stanju traktorskih putova. Kako razlike u obujmu tovara između dvaju istraživanih skidera nisu statistički značajne, tako ni njihov utjecaj na projektiranu proizvodnost nije vidljiv. U protivnom bi razlika između proizvodnosti bila još i veća u korist skidera s dvobubanjским vitlom.

Zečić i dr. (2004b) istraživali su proizvodnost skidera Timberjack 240C opremljenoga dvobubanjским vitlom u uvjetima oplodne sječe. Utvrdili su da postiže učinke od 100,54 m³/dan na udaljenosti privlačenja 100 m do 57,75 m³/dan na udaljenosti privlačenja 700 m. Utjecaj sastojinskih čimbenika preborne sječine na proizvodnost istoga skidera istraživali su Sabo i Poršinsky (2005). Utvrdili su proizvodnost od 16,9 m³/h na udaljenosti privlačenja od 50 m do 9,9 m³/h na udaljenosti privlačenja od 400 m, uz niži udio dodatnoga vremena (20,5 %). Za isti skider Zečić i dr. (2010) istražili su utjecaj nagiba traktorskoga puta u prebornoj sječini na prosječni obujam tovara i proizvodnost. Utvrdili su vrijeme turnusa od 26,82 min na udaljenosti privlačenja 100 m do 57,62 min na udaljenosti privlačenja 800 m. Pri privlačenju debala u sječini euroameričke topole isti skider postiže prosječni tovar od 8,63 m³, što rezultira projektiranim dnevnim učincima od 129,52 m³/dan na udaljenosti privlačenja 100 m do 84,01 m³/dan na udaljenosti privlačenja 800 m (Zečić i dr. 2011).

U prebornim šumama Republike Hrvatske zbog sastojinskih i eksploatacijskih čimbenika uglavnom se koriste skideri za primarni transport drva. Na temelju ovoga rada i pregleda dosadašnjih istraživanja provedenih u šumama Republike Hrvatske može se zaključiti kako je istraživani skider, u obje inačice vitla, visokoproizvodno sredstvo rada kojim se zahvaljujući njegovim dimenzijama i konstrukciji, uz obvezno stručno planiranje i nadzor rada, mogu učinkovito obavljati svi radovi pri pridobivanju drva.

Pri nabavi novih sredstava rada, na odabir inačice skidera s jedobubanjским vitlom ili inačice s dvobubanjским vitlom, osim razlike u proizvodnosti ključnu će ulogu imati razlika u nabavnoj cijeni i predviđeno vrijeme korištenja u kojem skuplja (dvobubanjска) inačica može biti dugoročno isplativija.

5. Literatura – References

- Anon., 2006: Šumsko-gospodarska osnova za razdoblje od 2006. do 2015. godine. »Hrvatske šume« d.o.o., Zagreb.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, 2001a: Učinkovitost i troškovi traktora Timberjack 240C pri privlačenju drva u brdskim oplodnim sječama. U: Znanost u potrajnom gospodarenju hrvatskim šumama, ur. Slavko Matić, Ante P. B. Krpan, Joso Gračan, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Šumarski institut, Jastrebarsko, Zagreb, 477–490.
- Krpan, A. P. B., Ž. Zečić, 2001b: Analyse der arbeit des Knickschleppers Timberjack 240 C beim holzrücken auf den neigungen. 35. Internationales symposium Mechanisierung der walдарbeit, Brno, Czech Republic, 13–27.
- Sabo, A., T. Poršinsky, 2005: Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. Croatian Journal of Forest Engineering 26(1): 13–27.
- Zečić, Ž., 1999: Teamwork in thinning stands of the Požega mountains with special reference to tractor skidding. Glasnik za šumske pokuse 36: 13–101.
- Zečić, Ž., T. Poršinsky, M. Šušnjar, 2004a: Neki rezultati eksploatacije brdskih prorednih sastojina skupnim radom uz osvrt na izbor metode studija vremena. Šumarski list 128(7/8): 381–389.
- Zečić, Ž., A. P. B. Krpan, B. Stankić, 2004b: Privlačenje oblovine traktorom Timberjack 240C iz oplodne sječe u uvjetima Šumarije Velika. Šumarski list 128(11/12): 671–678.
- Zečić, Ž., D. Vusić, M. Prka, S. Klepac, 2010: Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. Šumarski list 134(3/4): 103–114.
- Zečić, Ž., D. Vusić, H. Nevečerel, M. Mikulin, 2011: Utjecaj obujma tovara na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju debala euroameričke topole u nizinskim šumama. Croatian Journal of Forest Engineering 33(1): 357–368.

Abstract

Skidder with Single-Drum or Double-Drum Winch in Mountainous Areas – A Case Study from Selective Forests of Croatia

Due to stand and extraction factors in selective forests of Croatia, the primary transport of wood is mostly carried out by skidders. Most of the skidders used in Croatian forestry are equipped with a double-drum winch. Out of 45 Timberjack 240C skidders, 30 are equipped with a double-drum, and 15 with a single-drum winch. The volume ranging between 0.25 mil. m³ and 0.30 mil. m³ of round-wood is annually skidded with these machines, mainly in hilly and mountainous regions of our country. This study was set up to determine the difference in productivity of single-drum winch skidders (SDS) and double-drum winch skidders (DDS). By applying work and time study, the work process of timber skidding by half-length method in selective cut was recorded. The differences

between the speeds, final time consumption and load volume were analyzed by a t-test. Daily outputs were calculated based on an eight-hour work day. It was found that the achieved daily output of the skidder equipped with a single-drum winch, at distances from 100 m to 800 m, was lower from 11 % to 9 % than the daily output of the skidder equipped with a double-drum winch.

Key words: timber skidding, productivity, Timberjack 240C

Adresa autorâ – Authors' address:

Izv. prof. dr. sc. Źeljko Zečić

e-pošta: zecic@sumfak.hr

Dinko Vusić, dipl. inŹ. šum.

e-pošta: vusic@sumfak.hr

Marko Zorić, mag. inŹ. silv.

e-pošta: mzoric@sumfak.hr

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Zavod za šumarske tehnike i tehnologije

Svetošimunska 25

HR – 10 000 Zagreb

HRVATSKA

Mag. spec. Dragan Milković, dipl. inŹ. šum.

e-pošta: dragan.milkovic@hrsume.hr

»Hrvatske šume« d.o.o.

Uprava šuma podružnica Gospić

Šumarija Perušić

Dr. Ante Starčevića 9

HR – 53 202 Perušić

HRVATSKA

Primljeno (*Received*): 17. 10. 2011.

Prihvaćeno (*Accepted*): 28. 10. 2011.

Povijest razvoja motorne pile lančanice

Jelena Kranjec, Tomislav Poršinsky

Nacrtak – Abstract

Razvoj tehnologijâ i metodâ rada u šumarstvu tijekom 20. stoljeća doživljavao je postupne ili nagle promjene, prouzročene najčešće uporabom novih strojeva ili uređaja. Nagli razvoj sredstava za rad nije zaobišao ni hrvatsko šumarstvo u kojem suvremeni način gospodarenja nužno nameće potrebu mehaniziranja šumskih radova, čime se teži povećanju proizvodnosti i smanjenju troškova, odnosno humanizaciji ljudskoga rada. Jedan od takvih skokova, prije točno pedeset godina, svakako je uvođenje ručno-strojne sječe i izradbe drva motornim pilama lančanicama.

Ovaj je rad prilog poznavanju povijesnoga razvoja motornih pila lančanica, od njegovih začetaka do 1960. godine, kada je u samo nekoliko godina mehanizirana prva faza pridobivanja drva u hrvatskom šumarstvu.

Ključne riječi: motorna pila lančanica, povijesni razvoj

1. Uvod – Introduction

»Zadaci šumarstva u petogodišnjem planu razvitka narodne privrede FNJR u godinama 1947–1951.« (Benić 1947) prva je podloga strateškomu planiranju u šumarstvu bivše države, u kojoj se, među ostalim, navodi i potreba za nabavkom 2000 motornih pila radi mehaniziranja i racionalizacije iskorištavanja šuma. Na osnovi navedenoga dokumenta, godinu dana poslije (1948), počinje mehaniziranje sječe i izradbe drva u hrvatskom šumarstvu uvozom na područje tadašnje NR Hrvatske 1350 motornih pila engleske (»Teles«) i američke (»Disston Mercury«) proizvodnje (Benić 1948a). Radilo se o motornim pilama kojima su upravljala dva radnika, za koje je značajna mogućnost samo djelomičnoga mehaniziranja sječe i izradbe, i to dijela koji se odnosio na rušenje stabla i trupljenje debla, a čije su osnovne tehničke značajke: 1) pila »Teles« pokretana jednocilindarskim dvotaktnim Ottovim motorom snage 8 KS, mase 65 kg te duljine vodilice od 125 cm, 2) pila »Disston Mercury« pokretana dvocilindarskim dvotaktnim Ottovim motorom snage 6 KS, mase 50 kg te duljine vodilice od 123 cm.

Ubrzo je tadašnje Ministarstvo šumarstva NR Hrvatske u Bošnjacima organiziralo jednomjesečnu izobrazbu za 30 polaznika iz cijele bivše države (Benić 1948a). Isto tako, počinju i prva istraživanja djelatnosti navedenih motornih pila (Benić 1948b), provedena na prosijecanju trase autoceste »Zagreb –

Beograd« (sastojine hrasta lužnjaka i poljskoga jasena, srednjega promjera stabala na panju od 40 do 50 cm), a čiji rezultati upućuju na ove zaključke: 1) proizvodnost rada povećala se za 75 %, 2) ekonomičnost rada za 16 % te 3) ekonomska učinkovitost za 100 % u odnosu na sječu i izradbu drva ručnim alatima. Iako su uvođenjem motornih pila bili ostvareni dobri početni rezultati, njihovo brojno stanje naglo opada te su u potpunosti nestale iz operativne upotrebe 1951. godine (Navratil 1981, Sever i Slabak 1988). Gabričević (1953) te Bedžula i Slabak (1974) kao razloge za neuspjeh uvođenja motornih pila za rad dvojicu radnika u hrvatsko šumarstvo navode: 1) slabu izobrazbu radnika, 2) nedostupnost rezervnih dijelova, 3) nedostatak školovanih mehaničara, 4) slabu organizaciju rada, 5) masu pila te 6) mogućnost mehaniziranja samo dijela sječe i izradbe.

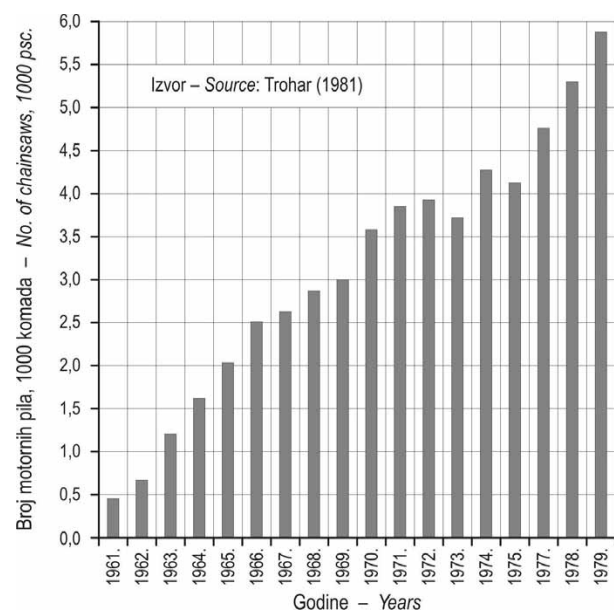
Krajem 1960. i početkom 1961. godine započinje drugi, uspješan pokušaj mehaniziranja sječe i izradbe drva motornim pilama kojima rukuje jedan radnik, i to u prvom redu motornom pilom Stihl BLK, odnosno tada manjim brojem pila Stihl Contra (Trohar 1981). Istodobno se pristupa organizaciji više jednodnevnih tečajeva (Ćorkova uvala, Velika, Šumarski fakultet Zagreb) za izobrazbu šumskih radnika. Njima je obuhvaćeno 156 polaznika koji su bili osnovna jezgra za prenošenje stečenih znanja na ostale radnike u njihovim šumskim gospodarstvima. Osnovni razlog početne nabavke većega broja pila Stihl BLK (zupčanička transmisija, zakretanje vodilice radi

zadržavanja rasplinjača s plovkom u uspravnom položaju) u odnosu na tada suvremeniju Stihl Contru (izravan prijenos, membranski rasplinjač) bila je mogućnost korištenja raznih priključaka kojima se tada pokušalo mehanizirati pošumljavanje te uzgojni radovi (Anon. 1970, Trohar 1981), ali i utjecaj objava u domaćoj literaturi (Ugrenović 1957, Benić 1958, Pernel 1959).

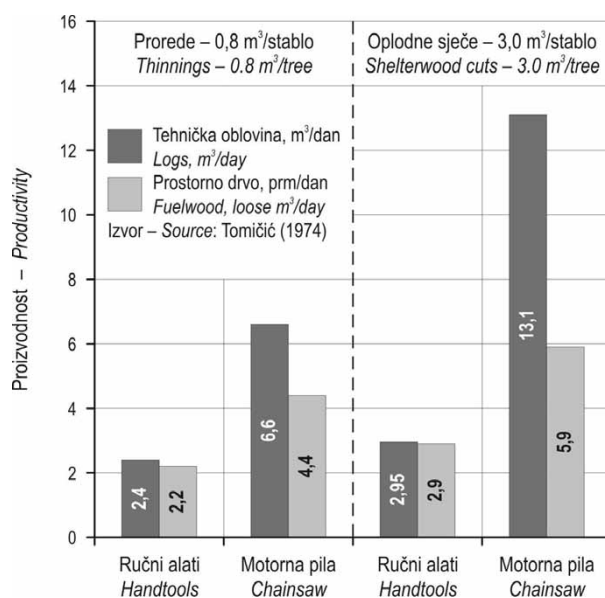
Od toga trenutka u cijelom hrvatskom šumarstvu započinje sve veća primjena motornih pila na sječi i izradbi drva koje istiskuju rad ručnim pilama »amerikankama«, sjekira postaje pomoćni alat, a daljnje nabave motornih pila odnose se ponajprije na model Stihl Contra (zbog mogućnosti rada u svim položajima bez zakretanja vodilice), odnosno njezine modernije verzije (Klepac i dr. 1981).

Bedžula (1984b) navodi da se na području tadašnjega šumskoga gospodarstva »Hrast« Vinkovci 1962. godine 30 % etata posjeklo motornim pilama, a već 1964. godine etat je u potpunosti posječen bez udjela ručnih alata.

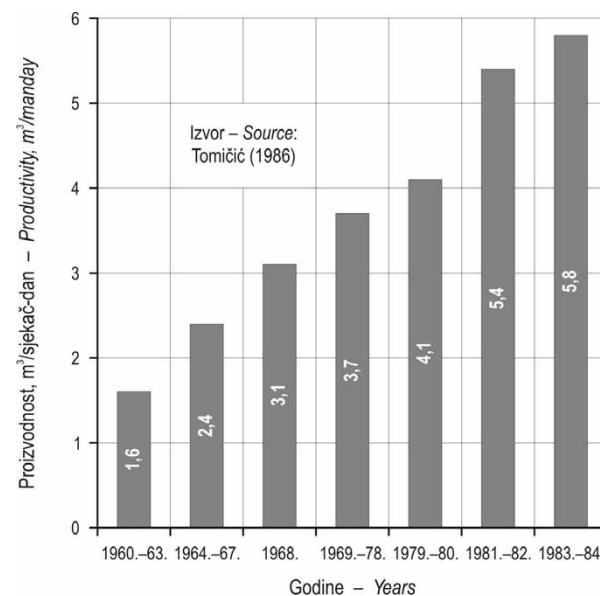
Prilikom uvođenja motornih pila bilo je suprotstavljanja stručnjaka uz burne polemike u stručnim glasilima (Oštrić 1961 i Benić 1961 te Oštrić 1984 i Bedžula 1984a), ali i šumskih radnika da prihvate novo sredstvo za rad zbog dotadašnje tradicije i iskustva rada ručnim alatima. Bedžula i Slabak (1974) kao probleme toga doba prepoznaju: 1) masovnu primjenu motornih pila uz izobrazbu velikoga broja radnika, 2) nepostojanje normativa što je dovodilo u pitanje plaćanje radnika, 3) organizaciju rada s obzirom na veličinu radnih grupa koje rade jednom mo-



Slika 1. Brojnost motornih pila
Fig. 1 Number of chain saws



Slika 2. Usporedba normativu proizvodnosti
Fig. 2 Comparison of efficiency standards



Slika 3. Rast proizvodnosti sječe i izradbe
Fig. 3 Felling and processing productivity growth

tornom pilom, 4) rješavanje opskrbe rezervnim dijelovima uz obrazovanje servisnih mehaničara te 5) pojavu oboljevanja radnika (oštećenje sluha, vazo-neuroza).

Navedeni su problemi brzo svladani, brojnost motornih pila u hrvatskome šumarstvu raste (slika 1), raste i proizvodnost te se izrađuju prvi normativi (slika 2).

Skok proizvodnosti zbog uvođenja motornih pila, ali i promjene tehnologije i organizacije rada u

šumskom gospodarstvu »Mojica Birta« Bjelovar za razdoblje od 1960. do 1984. godine opisuje Tomičić (1986). On dijeli to razdoblje u sedam podrazdoblja (slika 3) za koja je značajno:

- ⇒ Od 1960. do 1963. prevladavaju ručni alati, a motorne se pile tek uvode.
- ⇒ Od 1964. do 1967. iako se i dalje siječe ručnim alatima, udio posječenoga drva motornim pilama raste, radnu grupu koja radi s jednom motorom pilom čine tri do osam radnika.
- ⇒ 1968. etat je posječen isključivo motornim pilama, radnu grupu koja radi s jednom motorom pilom čine dva-tri radnika i počinju se primjenjivati tehničke norme.
- ⇒ Od 1969. do 1978. u potpunosti su uvedene tehničke norme, radnu grupu koja radi s jednom motorom pilom čine dva radnika (1+1), tehnologija i organizacija rada ne mijenjaju se deset godina te učinak stagnira, započinju pokusna istraživanja za unaprjeđenje proizvodnje.
- ⇒ Od 1979. do 1980. radne grupe čine dva radnika (1+1), uvodi se izrada višemetarskoga prostornoga drva i nove tehničke norme, ali i organizacija rada jedan radnik – jedna motorna pila (1+0).
- ⇒ Od 1981. do 1982. radne grupe od dva radnika (1+1) sijeku 70 % etata, a od jednoga (1+0) sijeku 30 % etata, raste udio višemetarskoga prostornoga drva, u potpunosti su uvedene nove tehničke norme, počinje grupni rad.
- ⇒ Od 1983. do 1984. radne grupe od dva radnika (1+1) sijeku 40 % etata, a od jednoga (1+0) sijeku 60 % etata, dalje raste udio višemetarskoga prostornoga drva, grupni rad 1983. sudjeluje s 25 %, a 1984. s 44 % privučenoga drva.

Očito je uvođenje motornih pila u hrvatsko šumarstvo prije pedesetak godina ispunilo osnovnu svrhu mehaniziranja šumskih radova koja se ogleda u povećanju proizvodnosti, smanjivanju troškova, odnosno u humanizaciji rada. Međutim, pojavili su se problemi s izloženošću radnika: buci, vibracijama, udisanju ispušnih plinova i drvene prašine, te je i dalje ostao problem opasnosti od ozljeda pri radu uz fizičko zamaranje radnika.

Ovaj je rad prilog poznavanju povijesnoga razvoja motornih pila lančanica od njegovih začetaka do 1960. godine, kada se za samo nekoliko godina mehanizirala prva faza pridobivanja drva u hrvatskom šumarstvu.

2. Materijal i metode – *Material and methods*

Istraživanje povijesnoga razvoja motornih pila lančanica za potrebe ovoga rada uključilo je:

- ⇒ opsežno proučavanje literature stranih i domaćih autora
- ⇒ pretraživanje i kategoriziranje podataka s mrežnih stranica
- ⇒ savjetovanja sa stručnjacima za popravke i održavanje motornih pila lančanica.

Svi relevantni podaci vezani uz temu prikupljeni su u bazu podataka, sistematizirani prema kronološkim razdobljima te je provjerena njihova autentičnost. Kao podloga za stvaranje baze poslužila je monografija *Chainsaws: a history* autora Davida Leeja (2006), u kojoj je opisan povijesni razvoj motornih pila značajnijih svjetskih proizvođača. Problem koji se provlačio kroz čitavo istraživanje bila je oskudnost podataka, pogotovo za raniji razvoj motornih pila, kao i upitna točnost pronađenih podataka, što je tražilo detaljna pretraživanja i provjere više različitih izvora.

Na temelju uređene baze podataka podijeljen je razvoj motornih pila lančanica na četiri povijesna razdoblja s obzirom na obujam njihove primjene i brzinu razvoja. Teškoća preciznoga razdvajanja razdoblja primjene i korištenja pojedinih izuma onemogućila je podjelu razvoja prema novitetima. Primjerice, u doba kada je izumljena prva pila s izravnim prijenosom još su neko vrijeme u upotrebi prevladavale pile s transmisijom. Nakon pedesetih godina dvadesetoga stoljeća definirane su sve osnovne karakteristike današnjih motornih pila (osim onih sigurnosnih), nakon čega su u hrvatskom šumarstvu konačno uspješno zamijenile ručne alate pri sječi i izradbi drva, tako da objašnjavanje njihova razvoja završava s navedenim razdobljem.

U radu su korištene brojne slike, skenirane iz korištene literature ili preuzete s mrežnih stranica kako bi potkrijepile tehničke karakteristike motornih pila navedene u tekstu. Rad je pisan objektivno, bez nepotrebnoga isticanja pojedinih proizvođača.

3. Razvoj motornih pila – *Chainsaw development*

3.1 Počeci: prvi pokušaji i lokalna primjena *Beginnings: first attempts and local application*

Izum koji obilježava i karakterizira motorne pile lančanice jest izum reznoga lanca. Začeci ideje reznoga lanca koji se kreće po vodilici sežu još u 19. stoljeće. USAD-u je 1858. godine patentiran »beskranj sekcijski mehanizam za piljenje«, preteča reznoga lanca, za koji je bio zaslužan Harvey Brown iz New Yorka. Zapravo se radilo o tračnoj pili s većim brojem zglobno povezanih sekcija koje su se kretale po



Slika 4. Ransomova parna pila

Fig. 4 Ransome's steam powered saw

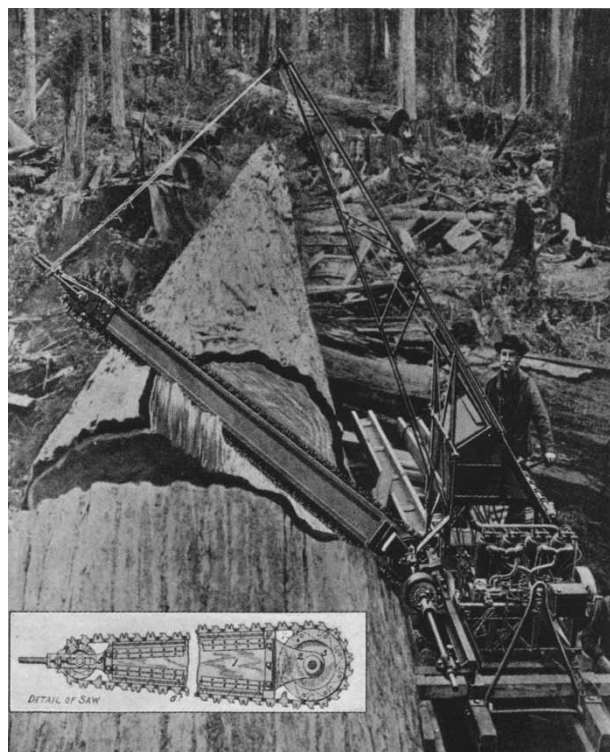
šesterokutnom koloturu. U prorezu su svake sekcije bili smješteni rezni zubi. Ideja je ostala isključivo na papiru. Još uvijek nije postojao uređaj koji bi lanac pokrenuo dovoljno brzo za učinkovito piljenje drva. Iz toga su razloga tadašnji izumitelji ipak davali prednost oponašanju poznate i pouzdane ručne pile te njezinih pravocrtnih pokreta.

Tako je i parna pila koju je izradio engleski izumitelj A. Ransome 1860. godine imala oštricu istovjetnu onoj ručnih pila. Bila je opremljena jednim cilindrom i klipom spojenim neposredno na oštricu koja se kretala naprijed-nazad. Po nekoliko je tih teško prenosivih pila bilo spojeno na zajednički parni kotao pomoću cijevi kojima se pod pritiskom dovodila vodena para (slika 4). Nedostaci su bili transport teškoga kotla, njegova opskrba gorivom i vodom te masa svake pojedine pile od 273 kg, a prednost to što su se pile oslobođene od kotla mogle namjestiti vodoravno ili pod kutom za rušenje stabla, ili pak okomito za trupljenje debla uz pomoć vratila i zupčanika. Iako je parni stroj bio početak razvoja industrijske proizvodnje, prometa i drugih privrednih grana, pri sječi i izradbi drva nije naišao na širu primjenu zbog nepraktičnosti upotrebe.

Nakon neuspjeha Brownova patenta reznoga lanca iz 1858. godine Frederick L. Magaw iz New Yorka 1883. godine patentira poboljšane rezne zube lanca, koji nisu bili povezani samo spojnicama nego su se nadovezivali jedan na drugi pomoću utora i ispupčenja na njihovim krajevima. Svaki je zub na vrhu imao reznu pločicu koja se mogla učvrstiti u nekoliko položaja. To je samo jedan od patenata reznoga lanca, kojih je u drugoj polovici 19. stoljeća samo u SAD-u bilo na desetke, ali ni u jednom od njih nije bilo razjašnjeno pitanje pokretanja lanca i za to potrebnoga izvora snage, kao ni to je li bio namijenjen za prenosivu ili stacionarnu pilu. Ni jedan od navedenih patenata nije našao operativnu primjenu.

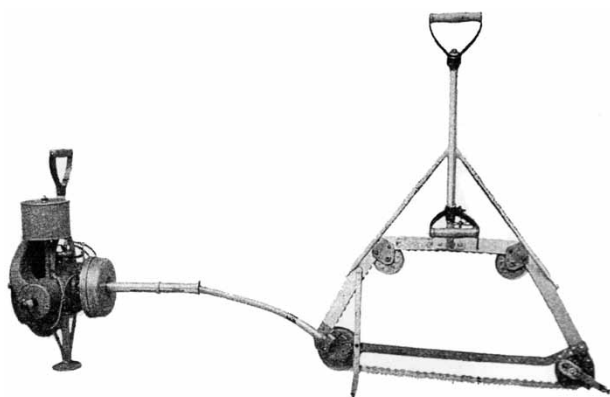
Napretkom motora s unutarnjim izgaranjem razvijale su se ideje o njihovoj upotrebi za pokretanje

pila za rezanje drva. U mjestu Eureka u Kaliforniji u ljeto 1905. testirana je motorna pila lančanica koju je pokretao dvocilindarski Ottov motor hlađen vodom. Gorivo i vodu je crpio iz spremnikâ učvršćenih na deblo drveta iznad samoga motora, koje je trebalo micati kada bi stablo počelo padati, što je bilo vrlo rizično i nesigurno. Pila nije imala vodilicu, već samo lanac koji bi obujmio deblo i rezao prema unutrašnjosti drva sa svih strana. Ime se izumitelja zagubilo kroz povijest, ali su brojni svjedoci prisustvovali tomu pokusu. Ta pila nije nikad proizvedena za komercijalnu uporabu, iako se tvrdilo da može prerezati trupac promjera 3 metra za samo 4,5 minute.



Slika 5. Muirova motorna pila za trupljenje

Fig. 5 Muir's crosscut saw



Slika 6. Motorna pila Sector

Fig. 6 Sector chainsaw

U istoj je saveznoj državi R. L. Muir 1910. godine predstavio motornu pilu lančanicu s čeličnom vodicom (slika 5). Pila se koristila za trupljenje debala izrazito velikih promjera i bila je dizajnirana da ju pokreće Ottov ili električni motor ugrađen na saonice ili kolica koja bi se kretala uz srušeno stablo. Za dizanje i spuštanje vodilice koja je bila dugačka oko 2,5 metra korištena je dizalica. Iako je mogla prerezati debela promjera 1,5 do 2 metra za manje od 10 minuta, te raditi u vodoravnom, okomitom položaju ili pod kutom, nikada nije zaživjela. Bila je mase približno 680 kg, a njezino postavljanje u šumi bio je dugotrajan i zahtjevan posao.

Nakon Prvoga svjetskoga rata u kojem je eksperimentirano s čeličnom užadi i zagrijanim žicama za rezanje drva, izumitelji i inovatori se ponovno vraćaju ideji pila lančanica. Tako je već 1919. godine Šveđanin A. V. Westfelt izumio prvu, uvjetno rečeno, prenosivu pilu lančanicu nazvanu Sector. Sama je rezna garnitura bila odvojena od izvora snage, dvotaktnoga Ottova motora koji je bio prilagođen da preko fleksibilnoga vratila pokreće lanac na lučnoj vodilici (slika 6). Iako su sve sastavnice Sectora bile prenosive, motor se morao stalno premještati kako bi pratio kretanje rezne garniture prilikom rušenja stabla, što je i bila osnovna mana ove pile.

3.2 Razvojni zamah: motorne pile za dvojicu rukovatelja – *Development uplift: two man chainsaws*

Nakon više od 60 godina različitih izuma i patentiranih, koji su značajno pridonijeli razvoju motornih pila lančanica, ali nisu nikad komercijalno zaživjeli zbog raznih nedostataka, 1920. godine je Charles Wolf, inženjer iz Oregona, patentirao i počeo proizvoditi prvu komercijalno uspješnu prenosivu pilu lančanicu, električnu pilu Wolf, originalnoga naziva Wolf electric drive link saw (slika 7). Na tržištu su se



Slika 7. Motorna pila Wolf

Fig. 7 Wolf chainsaw

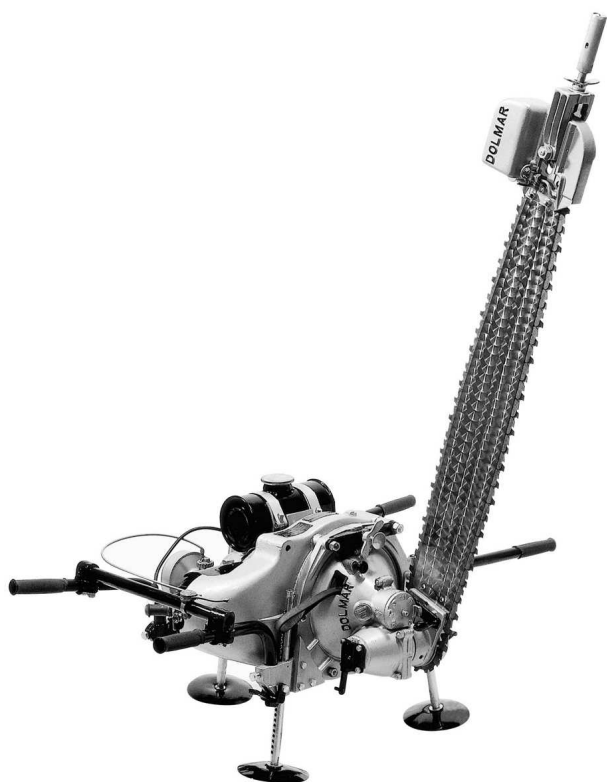


Slika 8. Motorna pila Rinco

Fig. 8 Rinco chainsaw

nudila tri modela te pile, različitih težina i duljina vodilica. Svi su modeli bili pokretani elektromotorom snage 1,5 KS koji se električnom energijom opskrbljivao ili iz električne mreže ili iz prijenosnih generatora. Wolf je razvio i lanac po uzoru na ručne poprečne pile trupčare, s ušiljenim reznim zubima i kukastim čistačima napravljenim kao zasebnim elementima, međusobno povezanim zakovicama, koji su se lako mogli zamijeniti u slučaju potrebe. Za brušenje lanca nisu bila potrebna nova znanja, jer se brušio na sličan način kao oštrica ručne pile. Posebna značajka Wolfova lanca bila je njegova reverzibilnost, također po uzoru na ručne pile koje su mogle rezati u oba smjera. Kada bi rezni zubi i čistači otupjeli na jednoj strani, lanac bi se jednostavno skinuo s vodilice, okrenuo, te bi nasuprotni zubi i čistači nastavili posao. To je značajno produljilo životni vijek lanca i smanjilo potrebu za njegovim brušenjem.

Europa, točnije Njemačka, odgovara na Wolfov izum proizvodnjom prve potpuno prenosive pile lančanice s Ottovim dvotaktnim motorom 1925. godine. Proizvela ju je njemačka tvrtka E. Ring, za koju su u to vrijeme Andreas Stihl i Emil Larp (osnivač



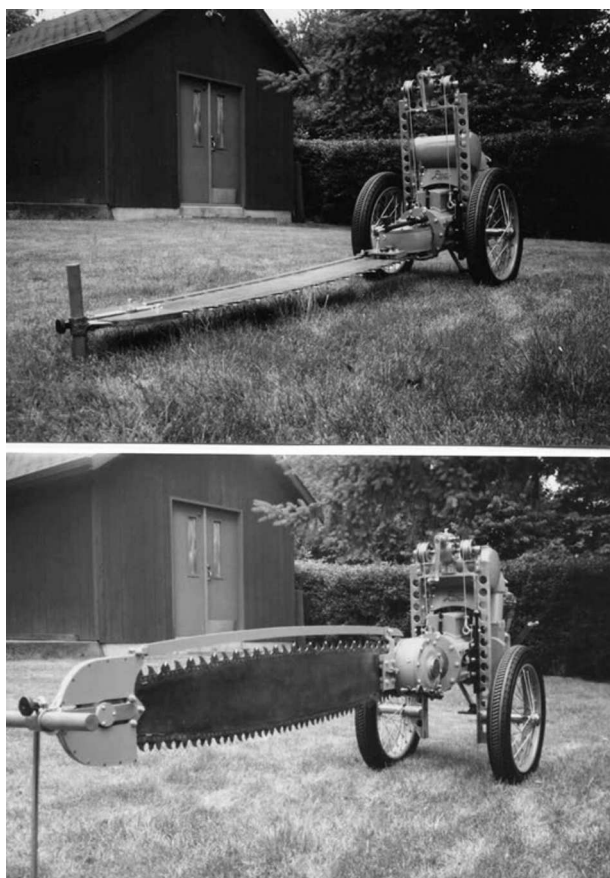
Slika 9. Motorna pila Dolmar A
Fig. 9 Dolmar A chainsaw

Dolmara) radili kao trgovački putnici. Iako je i švedska pila Sector bila prenosiva, vezao ju je odvojeni motor koji je trebalo stalno premješati prilikom rada pile. Pila Rinco su, nasuprot tomu, činili motor i rezna garnitura povezani u jednu cjelinu (slika 8). Bila je namijenjena za dvojicu rukovatelja. Jedan je upravljao motorom, a drugi pridržavao pomoćnu dršku na vrhu dugačke vodilice, u kojoj se nalazilo ulje za podmazivanje lanca. Spremnik je goriva bio smješten na vrhu motora. Na desnoj strani ručki nalazila se ručica gasa, koja je služila za regulaciju protoka zraka kroz rasplinjač s plovkom. Takav je rasplinjač omogućavao rad pile samo u uspravnom položaju. Uređaj za pokretanje nije bio povratni kao kod današnjih motornih pila lančanica, već se čelično startno uže svaki put moralo ručno namatati na bubanj užeta.

Spomenuti Emil Larpsen nakon rada za tvrtku E. Ring osnovao je vlastitu, koja je 1927. godine proizvela motornu pilu Dolmar A, mase 58 kg te obujma cilindra 246 cm^3 (slika 9). Bila je pokretana dvotaktnim Ottovim motorom snage 8 KS, hlađenim vodom. Imala je dva para ručki smještenih na suprotnim stranama motora te pomoćnu dršku na vrhu vodilice, u kojoj se, baš kao kod pile Rinco, nalazilo ulje za podmazivanje lanca. Na jednom se paru ručki

nalazila ručica gasa, što znači da je na toj strani obvezno trebao biti jedan rukovatelj. Između nasuprotnoga para ručki nalazio se stožasti ispušni lonac, što nije bilo najbolje rješenje jer bi rukovatelj na toj strani udisao ispušne plinove. Spremnik se goriva nalazio na vrhu motora, a ispod njega je bio smješten rasplinjač s plovkom. Pila je bila opremljena nogarima s mogućnošću visinskoga namještanja tako da se mogla namjestiti na željenu visinu reza. Imala je jednu vrlo naprednu značajku: uređaj za pokretanje s automatskim namatanjem kožnoga remena. Kod većine motornih pila koje su se poslije pojavile pokretanje je motora bilo riješeno pomoću užeta ili kožnoga remena koji bi se ručno namotali na zamašnjak iznova pri svakom pokušaju pokretanja te nakon toga spremali negdje sa strane kada bi se motor konačno pokrenuo. Često je zbog preranoga paljenja motora kod nekih pila dolazilo do bolnoga izbijanja potezne ručice iz prstiju rukovatelja. U protivnom, ako bi ručicu držao prečvrsto, prsti bi mu se našli zavezani ili zapetljani u užetu tik do zamašnjaka. Isto tako, uže se često znalo zagubiti, pa su ga mnogi rukovatelji stavljali oko vrata kako bi to spriječili, što je moglo biti opasno ako bi se za vlažna dana nagnuli preblizu svjećice motora. Uređaj za pokretanje s ručnim namatanjem užeta zadržao se sve do četrdesetih godina dvadesetoga stoljeća kada automatsko namatanje užeta polako postaje standard kod motornih pila.

I dok su europski, u prvom redu njemački proizvođači težili prema proizvodnji motornih pila manjih masa i dimenzija kako bi smanjili opterećenje rukovatelja, u SAD-u su se proizvodile iznimno snažne, ali i glomazne motorne pile. Najbolji je primjer pila Dow proizvedena 1933. godine. Bila je mase čak 209 kg te pokretana četverotaktnim dvocilindarskim V2 Indian motociklističkim motorom obujma cilindra nevjerojatnih 738 cm^3 , snage 18 KS. Motor se mogao podizati i spuštati pomoću vitla ugrađenoga na konstrukciju pile, koja se premještala do mjesta rada pomoću para kotača preuzetih sa zrakoplova iz Prvoga svjetskoga rata. Bilo je potrebno dvoje ili troje ljudi za upravljanje pilom: jedan čovjek koji je upravljao motorom, jedan koji je spuštao i podizao motor te jedan koji je držao pomoćnu dršku na kraju vodilice. Vodilica se mogla zakretati u položaj za trupljenje debla ili rušenje stabla (slika 10). Iako je bila iznimno snažna i učinkovita, nije se proizvela niti prodala u velikom broju primjeraka upravo zbog veličine koja je bila njezin najveći nedostatak, ali i otežanoga rukovanja i premještanja do mjesta rada. Mogla se koristiti samo na ravnim, otvorenim terenima na kojima se mogla dovesti do stabla. Cijena također nije bila zanemariva. Iznosila je 990 dolara, što je bila golema svota novca u doba Velike depresije.



Slika 10. Motorna pila Dow

Fig. 10 Dow chainsaw

Visoka cijena pile Dow nije bila iznimka u ono doba. Općenito govoreći, prve su prenosive pile bile jako skupe za ondašnje vrijeme. Bio je to i jedan od razloga zašto su u tom razdoblju još uvijek prevladavale ručne pile kao omiljeno sredstvo za rad sjekača. Za razliku od motornih pila, bile su lagane, tihe i lako prenosive. Iako su zahtijevale mnogo ručnoga rada, radnici su bili navikli na rukovanje tim pilama te uspijevali postići zavidne razine proizvodnosti. Uz to su korisnici bili nepovjerljivi prema novitetima kojima su motorne pile bile opremljene jer nisu bili upoznati s novim tehnologijama (elektromotor i motor s unutarnjim izgaranjem) te su se bojali da će ih stajati radnih mjesta. Također treba napomenuti da je truljenje debala bilo tradicionalno posao za jednoga čovjeka, a prve potpuno prenosive motorne pile bile su namijenjene za dvojicu rukovatelja. Međutim, kako se industrija širila te potrebe za drvom povećavale, tražila se sve veća proizvodnost koju su mogle pružiti samo motorne pile. S vremenom se pojavilo i mnogo mladih, neiskusnih radnika kojima nije bio problem prihvatiti te novitete.

Tridesete su godine dvadesetoga stoljeća obilježene dvjema velikim inovacijama u proizvodnji mo-

tornih pila. Jedna od njih je automatska uljna pum-pa, koja je oslobodila rukovatelje pilama od ručnoga podmazivanja lanca, posla koji je uključivao osobnu procjenu trenutka i količine ubrizganoga ulja na lanac pomoću pumpice ili nekoga drugoga rješenja. Većina se izvora slaže da je Andreas Stihl zaslužan za taj izum i pripisuju ga njemu. Motorna pila Stihl BD iz 1934. godine već je bila opremljena takvom uljnom pumpom smještenom u pomoćnoj dršci na kraju vodilice. Uz to je, zahvaljujući snažnom jed-nocilindarskomu dvotaktnomu motoru radnoga obuj-ma od 300 cm³, bila podobna za korištenje pri sječi debljih stabala. Motor je te pile imao drugačiji raspo-red kanala u odnosu na prethodnice te je bio još jed-na inovacija. Usisni i ispušni kanal nisu se nalazili jedan nasuprot drugomu, već su bili smješteni na različitim visinama, što je povećalo uštedu goriva te smanjilo količine i poboljšalo sastav ispušnih plino-va. Mješavina goriva i zraka ulazila je u prostor is-pod klipa, a tek onda, pri kretanju klipa prema do-njoj mrtvoj točki, bila bi potisnuta preko prijelaznoga kanala u prostor iznad klipa gdje bi potiskivala is-pušne plinove kroz ispušni kanal. I uz takav je raspo-red kanala bila prisutna mala korisnost motora, ali je bio značajno manji udio nesagorjelih čestica u is-pušnim plinovima u odnosu na prethodna rješenja.

Druga velika inovacija toga razdoblja jest izum centrifugalne spojke oko čijega se podrijetla još uvi-jek vode polemike među poznavateljima tematike. Prema jednoj skupini izvora prve motorne pile s centrifugalnom spojkom mogle bi biti NSU Ural iz 1936. godine, kod kojih se radilo o spojci promjera 200 mm s čak 24 utega. Treba napomenuti da je NSU bio njemački proizvođač motocikala te su svoju prvu i jedinu pilu nazvali Ural kako bi se što bolje proda-vala na ruskom tržištu. Prema drugoj skupini otac centrifugalnih spojki u motornim pilama ponovno je Andreas Stihl. Mrežna stranica tvrtke STIHL tvrdi da je centrifugalnu spojku izradio 1936. godine, ali se kao prva motorna pila s takvom spojkom spomi-nje tek model BDN iz 1938. godine. Ugradnjom cen-trifugalne spojke povećala se sigurnost rukovatelja motornom pilom jer se osiguralo mirovanje lanca u praznom hodu. Bilo je to tada značajno poboljšanje u odnosu na prijašnje ručne spojke.

Tijekom Drugoga svjetskoga rata uvelike se raz-vija metalurgija, u kojoj tlačno lijevanje kovina i sliti-na u trajne kovinske kalupe zamjenjuje prijašnje gra-vitacijsko lijevanje u jednokratne pješčane kalupe. Tako su se dobivale laganije, a opet čvrste slitine aluminija i magnezija koje su se počele koristiti kao materijal za izradu kućišta motornih pila. Upotrebom laganijih materijala u konstrukciji motornih pila sma-njivala se njihova masa. Tako je i Stihl KS 43 (proiz-vedena 1943), službena motorna pila njemačke vojske



Slika 11. Motorna pila Stihl KS 43

Fig. 11 Stihl KS 43 chainsaw

tijekom Drugoga svjetskoga rata, imala masu samo 36 kg unatoč jednocilindarskomu dvotaktnomu motoru radnoga obujma 250 cm³ i većim dimenzijama (slika 11). Bila je to prva motorna pila s kućištem motora od tlačno lijevanoga magnezija te kromiranim stijenkama cilindra radi smanjenja trenja zbog stalnoga gibanja klipa.

3.3 Doba velikih dostignuća i promjena: motorne pile za jednoga rukovatelja – *Age of great accomplishments and changes: one man chainsaws*

U doba ručne sječe i izradbe drva sjekački tim činila bi trojica radnika: dvojica na rušenju i jedan na trupljenju. Motorne su pile na početku svoga razvoja bile namijenjene dvojici rukovatelja te samim time mijenjale su dotad ustaljeni način rada. Sada su bila potrebna dvojica radnika na trupljenju srušenoga stabla. To je bilo izuzetno opasno na nagnutim terenima, gdje je postojala velika mogućnost da se deblo otkotrlja djelovanjem gravitacije. Jedan od dvojice radnika trebao je prilikom trupljenja biti s donje strane debla i pridržavati pomoćnu dršku (koja se nalazila na kraju vodilice). Drška je dodatno otežavala izvlačenje pile iz propiljka kada bi se oblovina počela kotrljati. Tako je uništeno mnogo motornih pila koje bi oblo drvo poklopilo, ali je nažalost izgubljeno i mnogo života. U nastojanju da se takve tragedije izbjegnu bilo je pokušaja da pilom rukuje samo jedan čovjek. Međutim, bilo je to izuzetno nespretno zbog rasporeda ručki, te dimenzija i mase same pile i vodilice. Zbog svega je navedenoga šumarska struka jedva dočekala izum motorne pile za jednoga rukovatelja.

Američka tvrtka IEL 1944. godine razvila je prototip prve motorne pile za jednoga rukovatelja naziva Beaver (hrv. *dabar*). Prototip je imao brojne nedostatke, uključujući premalu snagu i manjak spojke, zbog čega je bio opasan za pokretanje. Stražnja je ručka bila kružnoga oblika, a prednja (gornja) izgledom je podsjećala na ručku aktovke. Takav se oblik i



Slika 12. Motorna pila Danarm Junior

Fig. 12 Danarm Junior chainsaw

raspored ručki pokazao nezadovoljavajućim prilikom rukovanja motornom pilom.

S druge strane Atlantika engleski proizvođač motornih pila Danarm 1945. godine predstavlja model Junior: motornu pilu namijenjenu ženama koje u ratnim godinama mijenjaju muškarce na mnogim poljoprivrednim i šumarskim poslovima (slika 12). Bila je pokretana laganim motorom od 1,5 KS, obujma cilindra 98 cm³, smještenim unutar čeličnoga cjevastoga okvira oblika slova D sa stražnjim kotačima radi lakšega premještanja pile. Rasplinjač je na cilindar bio spojen zakretnim dovodom goriva, tako da je ostajao uspravno pri radu pilom u različitim položajima. Na vrhu se vodilice tradicionalno nalazila pomoćna drška, što upućuje na to da je pila bila namijenjena u prvom redu za dvojicu rukovatelja. Drška se doduše mogla skidati pa mnogi tu motornu pilu smatraju prvom pilom za jednoga rukovatelja (ili rukovateljicu) s europskoga područja. Međutim, jednom je rukovatelju bilo izrazito nespretno i teško raditi s tom pilom zbog neergonomskoga oblika i rasporeda ručki te njezine mase, iako je svedena na 26 kg. Ipak je to bilo gotovo 10 kg više nego kod IEL-ova modela Beaver koja se službeno smatra prvom motornom pilom za jednoga rukovatelja.

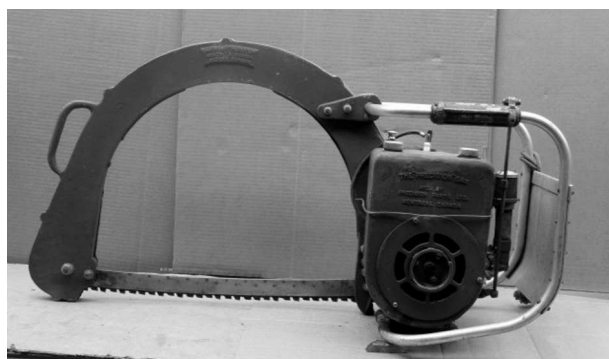


Slika 13. Motorna pila Beaver

Fig. 13 Beaver chainsaw

Tvrtka IEL pušta Beaver u prodaju 1946. godine nakon uklanjanja nedostataka te nekoliko dodatnih poboljšanja na prototipu (slika 13). Mase 15,8 kg, te pokretana motorom snage 1,25 KS i obujma cilindra 45,2 cm³, pružala je značajno manje snage u odnosu na pile za dvojicu rukovatelja. Transmisija je bila izvedena pomoću kolotura i lanca te se nije mogla zakretati, zbog čega su rasplinjač i spremnik goriva ugrađeni na stražnju ručku, spojenu s ostatkom uređaja pomičnim (okretnim) zglobovom. To je omogućilo da se cijeli uređaj zakreće, a da rasplinjač sa spremnikom goriva ostane u uspravnom položaju. Izvršene su preinake i na ručkama. Kružna je ručka stavljena naprijed kako bi se taj dio pile mogao uhvatiti i držati u bilo kojem položaju, dok je stražnja ručka oblikovana poput drške pištolja. Bio je to toliko dobar dizajn ručki da se zadržao u proizvodnji još desetljećima, a preuzeli su ga i neki drugi proizvođači. Međutim, neke značajke i dalje nisu bile unaprijeđene. Primjerice, pila je bila opremljena ručnom spojkom i ručnom uljnom pumpom te s kućištem izrađenim od aluminijske lijevanog u pješčanom kalupu, što je tada bio zastarjeli način dobivanja legura.

Te je iste godine u Kanadi proizvedena prva motorna pila za jednoga rukovatelja s lučnom vodicom. Iako su se pile sa sličnim vodicama već prije pojavljivale, počevši od pile Sector, ovo je bila prva takva pila koja je postigla veći uspjeh na tržištu. Tvrtka Precision je započela proizvodnju s temeljnom motornom jedinicom »The Precision One Man« (slika 14) uz koju su nudili različite rezne garniture i



Slika 14. Motorna pila Precision

Fig. 14 Precision chainsaw

setove ručki. Motorna pila model 1 imala je lučnu vodicu koja se nudila u duljinama od 34, 46 i 61 cm te čjevastu okviru u kojem je bio smješten motor od 3,5 KS. Na okvir je sa stražnje strane između dviju cijevi bila učvršćena metalna ploča namijenjena za oslanjanje trbuha ili gornjega dijela nogu prilikom rukovanja. Ubrzo je među korisnicima prozvana »kraljicom šuma« zbog male mase i jednostavne upotrebe. Bila je prodana u tisućama primjeraka, a bila je namijenjena ponajprije za pridobivanje celuloznoga drva za vrlo jaku industriju papira. Sječa i izrada celuloznoga drva razumijeva opetovano trupljenje debla na kraće duljine, a za to su pile za dva rukovatelja bile prevelike i nezgrapne, a zbog pomoćnih drški na vrhovima vodilica bilo ih je teško spustiti dovoljno nisko da se dovrši rez. Široke vodilice i glomazni lanci bili su skloni uklještenju u trupcu kada bi se on krenuo pomicati. Kod tih je pila samo donji dio lanca pilio drvo. Budući da je taj rezni dio mogao biti dosta uzak, bilo je manje vjerojatno da će se zaglaviti u propiljku. Rezni je dio bio i zakrivljen pa je mogao biti potpuno gurnut u rez bez sputavanja, za razliku od prevladavajućih ravnih vodilica s pomoćnim drškama. Gornji je dio luka bio zaštićen, pokriven, pa su takve motorne pile bile sigurnije za upotrebu.

Unatoč popularnosti pilâ za jednoga rukovatelja i dalje je postojala potražnja za velikim i teškim pilama koje su imale snažne motore, pogotovo na zapadnoameričkoj obali gdje su još uvijek postojala stara stabla velikih promjera. Rušenje je također oduvijek bilo posao za dvoje, pa je trebalo proći određeno vri-



Slika 15. »Chipper« lanac

Fig. 15 Chipper chain

jeme da ta navika izumre. Pojava motornih pila namijenjenih za jednoga rukovatelja tražila je i promjene mnogih dotad ustaljenih značajki. Pile za dvojicu rukovatelja imale su drške poput onih na biciklu, koje je rukovatelj bio prisiljen pridržavati s obje ruke, dok bi drugi pritom podizao i pridržavao vodilicu pomoćnom ručkom na njezinu kraju. Pile za jednoga rukovatelja zahtijevale su prednju ručku kako bi radnik sam mogao podizati vodilicu, te prilagođenu stražnju ručku da se može pridržavati jednom rukom. Promjene su bile potrebne i unutar motora. Dotadašnje motorne pile imale su rasplinjač s plovkom. Gorivo se dovodilo iz spremnika u čašicu rasplinjača u kojoj je plovak na površini goriva služio za regulaciju razine goriva u čašici. Sustav je ovisio o gravitaciji te pravilno funkcionirao samo kada je rasplinjač bio u uspravnom položaju. To nije bio velik problem u slučaju pila za dvojicu rukovatelja, kod kojih bi se rezna garnitura zakretala ovisno o potrebama, te nakon toga bila više-manje statična. Pile za jednoga rukovatelja same po sebi navode na rad u različitim položajima, pod različitim kutovima. Većina je proizvođača rješavala taj problem ugrađujući transmisiju na osovinu koja se mogla zakretati i učvrstiti u različitim položajima.

Većina lanaca iz toga razdoblja i dalje je oponašala oštricu ručnih poprečnih pila na kojoj su se izmjenjivali rezni zubi s takozvanim čistačima. To su bili standardni ili »scratcher« lanci (s trokutastim reznim zubima) koji su rezali dobro pri brzini kojom su pokretani, a koja nije iznosila više od 4,06 m/s. Me-

đutim, imali su svojih ograničenja. Zbog velikoga broja zubâ njihovo je oštrenje bilo zahtjevan i dugotrajan posao. Isto tako, učinkovito su mogli rezati samo pod pravim kutom u odnosu na uzdužna drvena vlakanca, za razliku od modernih lanaca čiji zakrivljeni (srpasti, lopatičasti) zubi mogu rezati pod bilo kojim kutom. Zasluge za izum modernih, takozvanih »chipper« lanaca pripisuju se šumaru Joeu Coxu, koji je svoju ideju patentirao 1946, a proizvodnju započeo 1947. godine. »Chipper« lanci bili su sastavljeni od naizmjenično poredanih lijevih i desnih reznih zuba zakrivljenih oštrica (slika 15). Ispred svakoga zuba nalazio se graničnik dubine koji je uz tu funkciju služio i kao čistač. Takvi su se lanci kroz drvo probijali režući lijevo-desno umjesto rezanja drveta u smjeru ravno-naprijed kakvo su ostvarivali standardni »scratcher« lanci. Joe Cox je navodno do ideje došao promatrajući ličinke kukca drvaša koje su bušile drvo pomoću svojih zakrivljenih čeljusti.

Prijelomna godina u razvoju motornih pila za jednoga rukovatelja bila je 1948. godina kada je McCulloch proizveo model 1225 A, prvu motornu pilu s membranskim rasplinjačem, koji je omogućavao rad pile u svim položajima. Unatoč tomu pila je još uvijek imala zakretnu rezu garnituru. Mogla je biti prilagođena za dvojicu ili samo za jednoga rukovatelja kada bi se uklonila pomoćna drška. Svi dijelovi, uključujući rasplinjač i lanac, bili su McCullochove proizvodnje. Opremljena ne samo snažnim motorom od 5 KS, obujma cilindra 130 cm³, već i centrifugalnom spojkom te uređajem za pokretanje s automatskim namotavanjem užeta, te male mase zahvaljujući magnezijским kućištima, ta je motorna pila objedinjavala sva dotadašnja tehnološka unaprjeđenja (slika 16).

McCulloch nastavlja uspjeh svoga prvijenca i 1949. godine predstavlja model 3–25 (što znači 3 KS i 25 lbs, tj. 11,3 kg) s perforiranom vodilicom najveće duljine do 61 cm (slika 17). Motorna pila koja je mogla raditi u svim položajima zahvaljujući membranskomu rasplinjaču trebala je i drugačiji raspored ručki, pa je 3–25 imala prednje ručke smještene na vrhu i sa strane. Tako se mogla lako primiti i držati u različitim položajima. Stražnja je ručka oblika drške pištolja bila nisko smještena, pa se pila mogla okretati bez mijenjanja težišta prihvata. Poput svoje prethodnice bila je opremljena magnezijским kućištem, centrifugalnom spojkom te uređajem za pokretanje s automatskim namotavanjem užeta. Podmazivanje je lanca ostalo ručno pritiskanjem gumba na stražnjoj ručki pile.

U Norveškoj je iste godine proizvedena motorna pila Comet, prva pila s dizelskim motorom (slika 18). Bila je mase samo 8,5 kg, što je bilo izuzetno lagano za to doba, manje i od McCullochova modela 3–25.



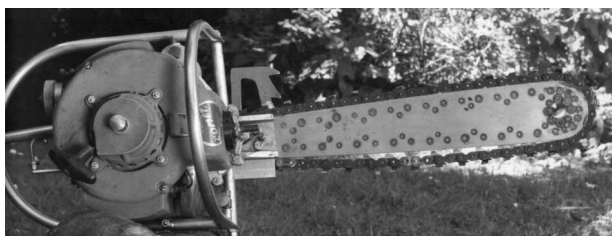
Slika 16. Motorna pila McCulloch 1225 A

Fig. 16 McCulloch 1225 A chainsaw



Slika 17. Motorna pila McCulloch 3-25

Fig. 17 McCulloch 3-25 chainsaw



Slika 18. Motorna pila Comet

Fig. 18 Comet chainsaw

Zbog visokih temperatura sagorijevanja i tlaka cilindra dizelski su motori bili veće mase od Ottovih motora i također ih je bilo teže pokrenuti. Mnogi su koristili žarnu nit grijanu električnom energijom da bi se pokrenuo proces, ali je u pili Comet korištena ignicijska svjećica nazvana »tandror«. Izvor topline nije bio električni element, već plin propan koji se nalazio u šupljaj ručki pile. Rukovatelj bi otvorio ventil i zapalio plamen koji bi brzo zagrijao »tandror«. Kada bi se on zažario, povlačenje startnoga užeta pokrenulo bi motor, nakon čega bi rukovatelj zatvorio ventil za propan. Šuplja ručka sadržavala je dovoljno propana da se pila pokrene nekoliko stotina puta. Proizvođač je tvrdio da je pilu tako lako pokrenuti da bi u slučaju njezina gašenja nakon što se već zagrijala, bilo dovoljno samo ručno zavrtjeti bubanj za namatanje užeta za njezino ponovno pokretanje. Problem je bilo hladno vrijeme kojega u Norveškoj ne nedostaje. Zimi je propan u ručkama gubio pritisak. Rješenje je bilo skinuti rukavice te ručno protrljati ručku da se zagrije, što je vrlo zamorno ako se mora ponavljati na temperaturi ispod ništice. Bio je to jedan od razloga smanjene primjene te motorne pile.

3.4 Zlatno doba motornih pila: širenje primjene *Golden age of chainsaws: application expansion*

Pedesete se godine dvadesetoga stoljeća smatraju zlatnim dobom razvoja i proizvodnje motornih pila, širenja njihove upotrebe, a time i tržišta. Značajke motornih pila sve su se više usavršavale te je rukovanje postajalo sve jednostavnije.

U doba motornih pila za dvojicu rukovatelja vodilice su morale biti duljine veće od promjera debla da bi se ono moglo pretrupiti. To je značilo dugačke lance s velikim reznim zubima. Za pokretanje takvih lanaca bili su potrebni motori velikoga obujma cilindra te transmisije sastavljene od lanaca, zupčanika ili remenja da bi se povećao zakretni moment doveden na lanac. Sve je to povećavalo masu motorne pile.

IEL, tvrtka zaslužna za proizvodnju prve pile za jednoga rukovatelja na svijetu, 1951. godine predstavljala model HA (slika 19), prvu motornu pilu s izravnim prijenosom, bez nezgrapne transmisije tradicionalno korištene za povećanje zakretnoga momenta lanca. Bila je opremljena motorom obujma cilindra 85,7 cm³, centrifugalnom spojkom, uređajem za pokretanje s povratnom oprugom za automatsko namotavanje čelične žice, ručnom uljnom pumpom, s mogućnošću ugradnje vodilice najveće duljine od 81 cm. Rezni je lanac postizao velike brzine, zbog čega je pila bila primjenjiva i za kresanje grana i pridobivanje celuloznoga drva, što je s drugim pilama bilo dosta nesigurno, pa čak u nekim područjima i zakonom zabranjeno jer bi sporiji lanac lako zapinjao ili se odbijao od reakcijskoga drva grana. Međutim, na tržištu su još neko vrijeme prevladavale motorne pile s transmisijom jer nijedan proizvođač nije uspio izraditi dovoljno snažnu mo-



Slika 19. Motorna pila IEL HA

Fig. 19 IEL HA chainsaw



Slika 20. Motorna pila Stihl BLK

Fig. 20 Stihl BLK chainsaw

tornu pilu s izravnim prijenosom koja bi se mogla koristiti za sječu debljih stabala. Prvom pilom dovoljno snažnom za sječu takvih stabala smatra se IEL-ov model JA proizveden 1956. godine. Bila je pokretana motorom obujma cilindra 126 cm^3 te je imala vodilicu duljine do 127 cm.

Kako su motorne pile postajale sve laganije i jednostavnije za rukovanje, tako se i broj njihovih korisnika proširio izvan kruga profesionalnih drvosječa. Sve je više običnih potrošača koristilo motorne pile za svakodnevne radove kod kuće. Tvrtka Mill & Mine Supply iz Seattla je 1952. godine proizvela Titan Sportsman, motornu pilu koja se smatra prvom ikada proizvedenom posebno za neprofesionalne korisnike. Bila je mase 14,3 kg uz motor obujma cilindra 69 cm^3 i vodilicu duljine 66 cm. Masu pile povećavala su aluminijska kućišta dobivena lijevanjem u pješčanim kalupima i zupčanička transmisija. Bila je opremljena centrifugalnom spojkom, Tillotsonovim membranskim rasplinjačem, uređajem za pokretanje s povratnom oprugom te ručnom uljnom pumpom.

Ostali proizvođači također pokušavaju pratiti nove trendove. Stihl tako 1954. godine proizvodi model BLK (njem. *Benzin Leicht Klein*), ili u slobodnom prijevodu kompaktna i lagana pila s Ottovim motorom (slika 20). Bila je mase 11 kg uz motor obujma cilindra 98 cm^3 koji je razvijao 3,5 KS. Mogla se opremiti vodilicom najveće duljine od 61 cm. Iako još uvijek nije imala izravan prijenos, već zupčaničku transmisiju, zadovoljavala je ostale uvjete za suvremene motorne pile. Kućišta su bila magnezijska, dobivena lijevanjem u metalnim kalupima, a unutarnji sastavni dijelovi u skladu s posljednjim tadašnjim dostignućima na tom području: centrifugalnom spojkom, uređajem za pokretanje s automatskim namatanjem užeta, automatskom uljnom pumpom za podmazivanje reznoga lanca te Tillotsonovim membranskim rasplinjačem, ali tek kod kasnijih modela. Prijašnji su modeli Stihl BLK bili opremljeni Bingovim rasplinjačem s plovkom, zbog čega je rezna garnitura morala biti zakretna kako bi i kod trupljenja debala i kod rušenja stabala plovak ostao u uspravnom položaju. Od 1957. godine ta se motorna pila



Slika 21. Motorne pile Družba i Ural

Fig. 21 Druzhba and Ural chainsaws

nudila i u izvedbi Forest Combination BLK, koja je omogućavala dodavanje različitih priključaka poput svrdla za bušenje rupa, pumpe, kresača visokih grana, čistača (lista kružne pile) itd. na osnovni pogonski motor čime se njezina primjena dodatno proširila.

To razvojno razdoblje motornih pila ne obilježava samo porast i širenje njihove upotrebe već i porast te širenje proizvodnje izvan dotadašnjih zemljopisnih okvira. Sredinom desetljeća proizvođač Dzeržinski započinje masovnu proizvodnju motornih pila u Rusiji. Modeli su bili drugačiji od ostalih pila na tržištu, a svoje posebnosti zadržali su sve do 2008. godine kada je tvornica zatvorena. Prodavana su tri osnovna modela pila za jednoga rukovatelja: Družba, Ural i Tajga. Najveći modeli Družbe i Urala (slika 21) od ostalih motornih pila razlikuju se po visokim ručkama, koje su neuobičajena izgleda, ali omogućuju rukovatelju da radi uspravno, udaljen od buke i ispušnih plinova motora. Visoke ručke omogućavale su i sječu u uvjetima visokoga snijega. Rezna se garnitura mogla zakretati pod kutom od 90° kako bi se pila, a ne rukovatelj, prilagođavala raznim radnim položajima. Određeni su modeli bili opremljeni uređajima za pokretanje s povratnim oprugama za automatsko namotavanje čelične žice koji nisu bili trajno ugrađeni na konstrukciju motorne pile, već bi se nakon pokretanja pile skidali i spremali najčešće u džep te po potrebi opet postavljali na pilu. Kod većine je modela vrh vodilice bio pričvršćen pomoću opruga, čime se održavala zadovoljavajuća napetost lanca pri raznim radnim temperaturama. Uza sve to radilo se o pilama koje nisu bile prevelikih dimenzija, s vodilicama najveće duljine do 46 cm, mada su zbog zakretnoga mehanizma i visokih ručki bile nešto veće mase (oko 12 kg) od svojih suvremenika na zapadu. Modeli Tajga, čija je proizvodnja



Slika 22. Motorna pila Husqvarna A90

Fig. 22 Husqvarna A90 chainsaw

počela osamdesetih, već su više nalikovali svjetskomu standardu motornih pila.

Krajem toga »zlatnoga« desettljeća dva današnja velikana u proizvodnji motornih pila, Husqvarna i Stihl, predstavljaju vrlo uspješne modele koji su ih pozicionirali na vodeća mjesta u svijetu. Husqvarna 1959. godine predstavlja svoju prvu motornu pilu – model A90 (slika 22), s izravnim prijenosom, motorom obujma cilindra 90 cm³, centrifugalnom spojkom, uređajem za pokretanje s povratnom oprugom, magnezijским kućištima, Tillotsonovim membranskim HL rasplinjačem te ručnom uljnom pumpom ugrađenom u poklopac lančanika. Ukratko, imala je gotovo sve karakteristike današnjih suvremenih motornih pila. Bila je mase 11,5 kg, a pri radu je bila oko 10 % tiša od ostalih pila u svom razredu veličine i snage, i to u razdoblju kad štitnici za uši još nisu bili dio standardne opreme sjekača. Bilo je to zahvaljujući posebno oblikovanom prigušivaču koji su Husqvarnini inženjeri razvili po uzoru na prigušivače Husqvarninih motocikala.

Te iste godine Stihl proizvodi svoju prvu motornu pilu s izravnim prijenosom. U Europi se prodavala pod



Slika 23. Motorna pila Stihl Contra

Fig. 23 Stihl Contra chainsaw

nazivom Contra (slika 23), a na američkom tržištu pod nazivom Lightning. Imala je sve odlike suvremene profesionalne pile: motor obujma cilindra 106 cm³, koji je razvijao 6 KS pri 7000 o/min te 9 KS pri 6500 o/min; centrifugalnu spojku, automatsko podmazivanje lanca, Tillotsonov HL membranski rasplinjač, magnezij-ska kućišta i uređaj za pokretanje s povratnom oprugom. Bila je mase 12 kg s najkraćom preporučenom vodilicom duljine 43 cm. Najveća moguća duljina vodilice koja se mogla ugraditi na pilu iznosila je 83 cm. Contra je objedinjavala prednosti izravnoga prijenosa (manja masa i dimenzije), dovoljno snažan motor te ostale napredne značajke koje su pridonosile olakšanom rukovanju pilom. Na oba je tržišta učinkovitostu nadmašila motorne pile konkurenata, a njezina je prodaja doživjela velik uzlet. Korisnicima je ponuđena i u inačici s transmisijom pod nazivom Contra G (G = gear). Transmisija je omogućavala dovođenje većega zakretnoga momenta na lančanik, stoga su u toj izvedbi preporučene duljine vodilice iznosile minimalnih 63 cm i maksimalnih 150 cm. Tom se motornom pilom Stihl vraća u sam vrh proizvodstva te započinje svoju prevlast na svjetskim tržištima. Ujedno je to motorna pila kojom je, uz Stihl BLK, ostvaren prijelaz s ručne na ručno-strojnu sječu i izradbu drva u Hrvatskoj.

4. Umjesto zaključka – *Instead of a conclusion*

Razvoj je motornih pila lančanica započeo daleke 1858. godine idejom beskrajnoga reznoga lanca koji se kreće po vodilici određenoga oblika. Od toga je trenutka bilo potrebno više od 60 godina različitih izuma i pokušaja, od parne pile preko Muirrove motorne pile i Sektora, da se 1920. godine u Oregonu konačno proizvede prva komercijalno uspješna motorna pila lančanica, električna pila Wolf. Bio je to tek početak snažnoga razvoja motornih pila i nizanja inovacija. Čitavo su se to razdoblje motorne pile razvijale od gotovo stacionarnih, preko teških i velikih pila za dvojicu rukovatelja, sve do pila za samo jednoga rukovatelja kod kojih je bilo presudno smanjenje mase te promjena rasporeda i oblika ručki. Ključne inovacije za izgled i način rada današnjih motornih pila lančanica navedene su redom kojim su primjenjivane:

- ⇒ uređaj za pokretanje s automatskim namatanjem užeta
- ⇒ automatska uljna pumpa
- ⇒ centrifugalna spojka
- ⇒ tlačno lijevana magnezij-ska kućišta
- ⇒ membranski rasplinjač
- ⇒ »chipper« rezni lanac
- ⇒ izravan prijenos.

Krajem pedesetih godina dvadesetoga stoljeća predstavljena je Stihl Contra, motorna pila koja je imala sve tehničke značajke suvremenih profesionalnih pila i kojom je razvoj osnovnih tehničkih značajki završio. Značajna je i za hrvatsko šumarstvo kao motorna pila kojom je, uz Stihl BLK, ostvaren prijelaz s ručne na ručno-strojnu sječu i izradbu drva šezdesetih godina dvadesetoga stoljeća, nakon razdoblja opiranja i nepovjerenja prema motornoj pili kao učinkovitijemu sredstvu za rad nasuprot ručnom alatu za sječu i izradbu drva.

6. Literatura – References

- Anon., 1970: Eksploatacija šuma. Monografija »Deset godina razvitka šumskog gospodarstva Delnice«, 55–63.
- Bedžula, D., M. Slabak, 1974: Razvoj mehanizacije šumskih radova na području istočne Slavonije, stanje danas i perspektive. Zbornik o stotoj obljetnici šumarstva jugoistočne Slavonije, JAZU – Centar za znanstveni rad Vinkovci, Posebno izdanje, knjiga 1: 185–204.
- Bedžula, D., 1984: Među nama i oko nas (2). Šum. list 108(9–10): 450–451.
- Bedžula, D., 1984: Uvođenje motornih pila na području šumskog gospodarstva »Hrast« Vinkovci od 1961. do 1963. godine. Šum. list 108(9–10): 451–454.
- Benić, R., 1947: Zadaci šumarstva u petogodišnjem planu razvitka narodne privrede FNRJ u godinama 1947.—1951. Šum. list 71(4–5): 138–146.
- Benić, R., 1948a: Prvi kurs za rukovaoce motornih lančanih pila u FNRJ. Šum. list 72(4): 139–141.
- Benić, R., 1948b: Motorne lančane pile – prilog poznavanju rada i efekta pila »Teles« i »Mercury«. Šum. list 72(8): 249–261.
- Benić, R., 1958: Ekonomičnost mehanizacije sječe i izrade upotrebom laganih motornih pila za rad s jednim čovjekom. Drvna industrija 9(9–10): 131–134.
- Benić, R., 1961: Mehanizacija sječe i izrade u eksploataciji šuma. Šum. list 85(11–12): 470–473.
- Böhm, Z., 1996: 70 godina inovacije: STIHL postavlja kamen temeljac u razvoju motorne pile. Šum. list 120(7–8): 367–368.
- Böhm, Z., 1996: Prije sto godina rođen je otac motorne pile Andreas Stihl. Šum. list 120(9–10): 440–441.
- Dereta, B., 1966: Brojno stanje, razvoj i upotreba motornih pila u SR Hrvatskoj. Radovi 3(2): 1–32.
- Dereta, B., 1986: Motorne pile lančanice i motorni roto-sjekači. Školska knjiga Zagreb, 150 str.
- Gabričević, A., 1953: Motorne pile na sječi šuma. Drvna industrija 4(11–12): 5–6.
- Hall, W., 1977: Barnacle Parp's chain saw guide. Rodale Press Emmaus, PA, 257 str.
- Klepac, V., I. Pleše-Curl, J. Blažević, A. Polić, 1981: Iskorišćavanje šuma. Monografija »Šumsko gospodarstvo Delnice 1960. – 1980. s osvrtom na prošlost šumarstva Gorskog kotara«, Delnice, 243–266.
- Kranjec, J., 2011: Povijest motorne pile – tehnološki razvoj i utjecaj na pridobivanje drva. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–66.
- Lee, D., 2006: Chainsaws: A History. Harbour Publishing, 213 str.
- Navratil, I., 1981: Razvitak šumarstva i šumskog gospodarstva organizacije u oslobođenoj zemlji. Monografija »Šumsko gospodarstvo Delnice 1960–1980. s osvrtom na prošlost šumarstva Gorskog kotara«, Delnice, 97–127.
- Oštrić, I., 1961: Osvrt na uvođenje motornih pila u šumarstvo. Šum list (7–8): 279–282.
- Oštrić, I., 1984: Među nama i oko nas. Šum list 108(1–2): 61–72.
- Pečnik, F., M. Presečnik, Ć. Remić, U. Jernej, Z. Turk, 1967: Motorna lančana pila. Poslovno udruženje šumsko – poljoprivrednih organizacija, Zagreb, 1–172.
- Peternel, J., 1959: Radna iskustva i obračun troškova za motornu lančanu pilu za jednog radnika. Drvna industrija 10(1–2): 18–20.
- Peternel, J., 1960: Nekoliko uputa u vezi izbora i uzdržavanja motornih lančanih pila. Drvna industrija 11(1–2): 24–25.
- Sever, S., M. Slabak, 1998: Mehaniziranje radova radova u eksploataciji šuma hrasta lužnjaka u istočnoj Slavoniji. Glasnik za šum. pokuse 24: 189–198.
- Štajduhar, F., 1951: Dva nova modela motornih lančanih pila. Drvna industrija 2(8): 19–21.
- Štajduhar, F., 1973: Novi princip gradnje pila uz optimalno ublažavanje vibracija. Drvna industrija 24(1–2): 80.
- Tomičić, B., 1974: Iskorišćavanje šuma na Bilogorsko-podravskom području. Monografija »Sto godina šumarstva bilogorskopodravске regije«, Združeno šumsko poduzeće Bjelovar, 269–319.
- Tomičić, B., 1986: Razvoj mehanizacije, tehnologije i organizacije rada u iskorišćavanju šuma u Šumskom gospodarstvu »Mojica Birta« Bjelovar. Šum. list 110(1–2), 29–44.
- Trohar, V., 1981: Dvadeset godina korišćenja motornih pila u šumarstvu naše Republike. Mehanizacija šumarstva 6(7–8): 217–227.
- Ugrenović, A., 1957: Eksploatacija šuma. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Grafički zavod Hrvatske, 481 str.
<http://www.acresinternet.com/cscsc.nsf>
<http://www.arboristsite.com/>
<http://www.barrettsmallengine.com/dolmar/history.html>
<http://www.chainsaw.com/>
<http://www.chainsawcollectors.se>
<http://www.datamp.org/patents/>
<http://www.dolmar.com/>
http://www.ehow.com/about_5066090_history-husqvarna-chainsaw.html

<http://en.wikipedia.org/wiki/>
www.google.com/patents/US21482.pdf
<http://www.husqvarna.com/>
<http://inventors.about.com/od/cstartinventions/a/Chainsaws.htm>
<http://www.jonsered.com/>
<http://www.madontools.com/chainsaws/>
<http://www.martins-motorsaege.de>

<http://www.motorsaege-sammler.de>
<http://www.stihl.co.uk/>
<http://www.stihlusa.com/>
<http://www.tillotson.ie/>
<http://vintagechainsawcollection.blogspot.com/>

Abstract

History of Chainsaw Development

Technologies and work methods in forestry during the 20th century developed either gradually or suddenly, caused mostly by the use of new machines and devices. Sudden development of means of work also influenced the Croatian forestry, where the contemporary way of forest management imposes the need to mechanize forest works with the tendency to increase productivity, decrease costs and humanize the work. One of those sudden changes happened fifty years ago – it was caused by the implementation of the motor-manual felling and processing with chainsaws.

This paper is a contribution to the knowledge of chainsaw history, from its early beginnings to 1960, when the first phase of Croatian timber harvesting had been mechanized in only couple of years.

Key words: chainsaw, development history

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Jelena Kranjec, mag. ing. silv.
 e-pošta: jkranjec@sumfak.hr
 Izv. prof. dr. sc. Tomislav Poršinsky
 e-pošta: porsinsky@sumfak.hr
 Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
 Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
 Svetošimunska 25
 HR-10 000 Zagreb

Primljeno (Received): 7. 10. 2011.
 Prihvaćeno (Accepted): 15. 12. 2011.

Programski paket za projektiranje šumskih prometnica »RoadEng«

Kruno Lepoglavec, Igor Potočnik, Tibor Pentek, Željko Tomašić,
Anton Poje, Matevž Mihelič

Nacrtak – Abstract

Projektiranje šumskih prometnica važna je faza u gospodarenju šumama i šumskim bogatstvima. Projektiranje šumskih cesta sastoji se od dviju podfaza. Prva, terenska podfaza razumijeva prikupljanje svih terenskih podataka koji su nužni za izradu glavnoga projekta šumske ceste. Druga, uredska podfaza sastoji se od unosa podataka dobivenih terenskom izmjerom u računalni program te obrade tih podataka za izradu glavnoga projekta šumske ceste sa svim propisanim sastavnicama (Lepoglavec i dr. 2010). Korištenje računalnih programa uvelike je smanjilo vrijeme potrebno za projektiranje te ispisivanje projekata šumskih cesta. Postoje razni računalni programi za projektiranje javnih cesta koje možemo koristiti i za projektiranje šumskih cesta, no »RoadEng« je jedan od malobrojnih računalnih programa koji je razvijen u prvom redu za projektiranje šumskih cesta. »RoadEng« je programski paket razvijen u kanadskoj tvrtki »Softree«, a može se koristiti kao dodatak drugim računalnim programima ili kao samostalan alat. Pregledno je riješen i istodobno je vrlo interaktivan. Tim se programskim paketom može služiti svaki projektant te nije potrebno biti CAD stručnjak jer se »RoadEng« usredotočuje na inženjering, a ne na CAD. Sastoji se od triju modula: Survey/Map, Terrain i Location u kojima se radi kompletan unos podataka, obrada i izračun terena, oblikovanje buduće šumske prometnice sa svim cestovnim objektima te ispis svih priloga potrebnih za izradu glavnoga projekta šumske ceste.

Ključne riječi: programski paket »RoadEng«, moduli, projektiranje, šumske ceste

1. Uvod – Introduction

U današnje vrijeme teško je postići pri projektiranju šumskih cesta vrhunske rezultate u kratkom roku bez upotrebe programskih paketa za projektiranje šumskih (javnih) cesta. Neki od programa koji se koriste za projektiranje javnih i šumskih cesta su »RoadEng«, »Anadelta Tessera«, »Diolkos«, »RoadPACK«, »Cesta« i dr. U Hrvatskoj se, radi izrade projektne dokumentacije, koristi računalni program »Cesta«, koji je razvila slovenska tvrtka »Softdata« (ponajprije namijenjen za javne ceste) te prilagođen potrebama projektiranja radi rješavanja svih sastavnica potrebnih pri izradi glavnoga projekta šumske ceste. Kako bi se napravio korak dalje te pokušao poboljšati postupak projektiranja šumskih cesta, analiziran je kanadski računalni program »RoadEng« namijenjen projektiranju u prvom redu šumskih cesta. Sa stajališta korisnika programa »Cesta« htjelo se dobiti sve informacije o prednostima i nedostacima programa »RoadEng« te koje mogućnosti pruža u odnosu na ra-

čunalni program koji se sada upotrebljava u Hrvatskoj. Za proučavanje navedenoga programskoga paketa dobivena je licencirana verzija programa »RoadEng« od Biotehničkoga fakulteta iz Ljubljane te zajedničkom suradnjom postignut cilj i formiran zaključak o proučavanom programskom paketu. Prilikom proučavanja uzeti su podaci za jednu šumsku protupožarnu cestu duljine oko 550 m, projektirane na području UŠP Gospić, u Šumariji Otočac, 2011. godine, koja je potpuno obrađena te je na kraju dobivena kompletna projektna dokumentacija izrađena računalnim programom »RoadEng«.

Programski paket »RoadEng« interaktivna je aplikacija za operativne sustave Windows (sve do Win7) koju su razvili programski stručnjaci tvrtke »Softree« te je najčešće korišten paket za projektiranje šumskih cesta u svijetu (Amerika, Kanada, velik broj europskih i azijskih država i dr.). Namijenjen je izradi cjelokupne projektne dokumentacije potrebne za izgradnju u prvom redu šumskih cesta. Oslanja se na CAD

platformu te se sastoji od triju modula od kojih svaki ima svoju zadaću u postizanju krajnjega rezultata, tj. glavnoga projekta šumske ceste. Moduli su toga programskoga paketa razdijeljeni i svaki ima svoju zadaću pa će biti opisani zasebno.

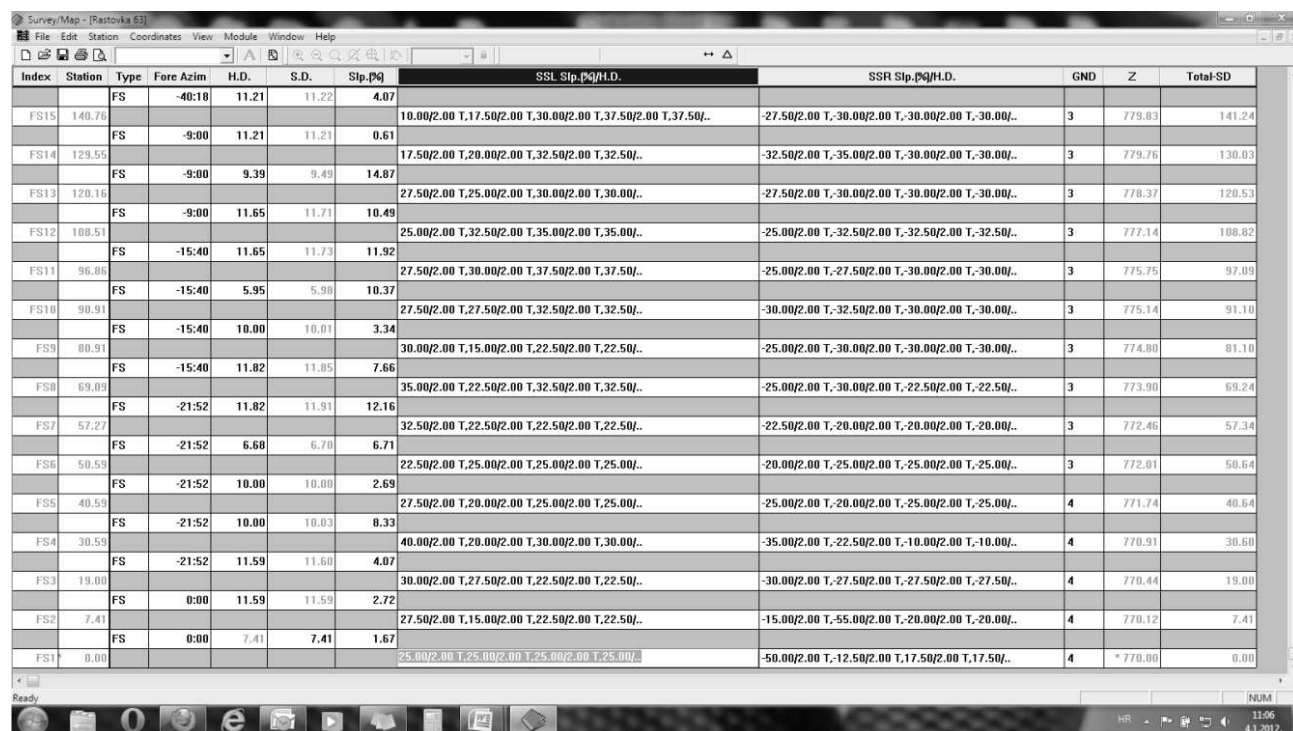
2. Modul Survey/Map – Module Survey/Map

Modul *Survey/Map* služi za unos svih podataka koji su prikupljeni na terenu za određeni poligon buduće šumske ceste ili podataka o nultoj liniji. Sam modul sastoji se od osam glavnih izbornika s njihovim podizbornicima od kojih svaki ima različitu funkciju vezanu uz definiranje unosa i oblika podataka. Prilikom otvaranja novoga dokumenta pojavljuje se tablica s praznim poljima u koje se unose podaci te osjenčanim poljima koji odjeljuju podatke susjednih profila (slika 1). Unos započinje od dna tablice prema gore, a prilikom unosa program automatski izračunava stacionažu, horizontalne razmake između profila te apsolutne visine na temelju unesenih podataka.

Prije samoga unosa podataka može se pomoću alata *Traverse Entry Options* definirati koje podatke unositi, u kojem obliku te njihovu točnost (slika 2). Tako se dobiva veći ili manji broj stupaca u tabličnom obliku programa, ovisno o količini snimljenih

podataka na terenu. Također je moguće već pri unosu poligona/nulte linije definirati građevinske kategorije materijala u alatu *Ground Types Editor* (slika 3). Svako se oznaci pridjeljuje kategorija zemljišta i vrijednosti pokosa nasipa i iskopa, koje se mogu poslije pri obradi podataka koristiti u modulu *Location*. Po završetku unosa poligona/nulte linije (unos dužina, azimuta te uzdužnih nagiba) mogu se unijeti podaci o poprečnim profilima, snimljeni padomjerom ili metodom ravnjače i podravnjače. Ovisno o tome kako su podaci prikupljeni, prilagođava se unos tih podataka pomoću alata *Extended side shot edit* (slika 4). Ako su podaci snimljeni metodom ravnjače i podravnjače, potrebno je označiti opciju *Horizontal distance* ili odabrati opciju *Slope distance* ako je snimljen nagib terena padomjerom na određenoj udaljenosti od osi promatranoga poligona/nulte linije. Unos visinskih razlika u metričkim jedinicama nije moguć kada su podaci snimljeni metodom ravnjače i podravnjače, nego je potrebno pomoću visinskih razlika i udaljenosti izračunati nagibe koji se tada unose u program. Po završetku unosa potrebno je pomoću alata *Station* definirati stvarnu nadmorsku visinu te koordinate početne točke iz koje program dalje izračunava, na temelju visinskih razlika i azimuta, sve visine unesenih profila i pripadajuće koordinate.

U modulu *Survey/Map*, što i sam naziv govori (map = karta, plan), po završetku kompletnoga unosa

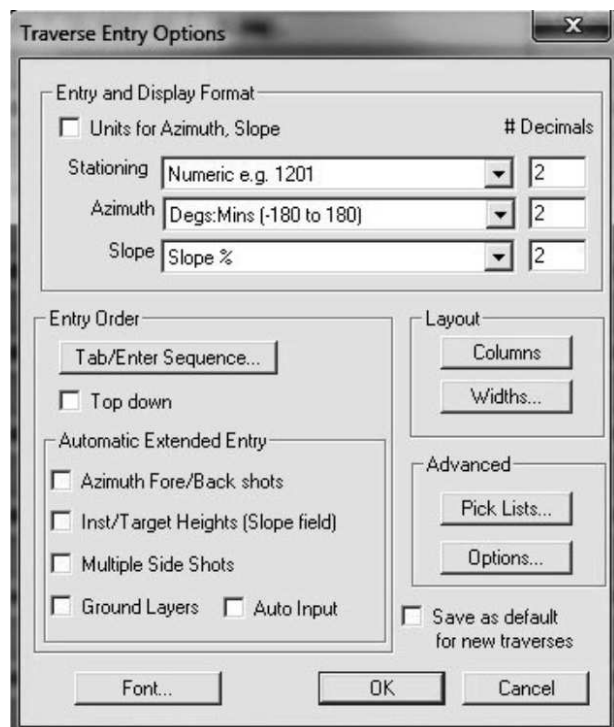


Index	Station	Type	Fore Azim	H.D.	S.D.	Slp.Pq	SSL Slp.Pq/H.D.	SSR Slp.Pq/H.D.	GND	Z	Total SD
		FS	-40:18	11.21	11.22	4.07					
FS15	140.76						10.00/2.00 T,17.50/2.00 T,30.00/2.00 T,37.50/2.00 T,37.50/..	-27.50/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/..	3	779.83	141.24
		FS	-9:00	11.21	11.21	0.61					
FS14	129.55						17.50/2.00 T,20.00/2.00 T,32.50/2.00 T,32.50/..	-32.50/2.00 T,-35.00/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/..	3	779.76	130.03
		FS	-9:00	9.39	9.49	14.87					
FS13	120.16						27.50/2.00 T,25.00/2.00 T,30.00/2.00 T,30.00/..	-27.50/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/..	3	778.37	120.53
		FS	-9:00	11.65	11.71	10.49					
FS12	108.51						25.00/2.00 T,32.50/2.00 T,35.00/2.00 T,35.00/..	-25.00/2.00 T,-32.50/2.00 T,-32.50/2.00 T,-32.50/..	3	777.14	108.82
		FS	-15:40	11.65	11.73	11.92					
FS11	96.06						27.50/2.00 T,30.00/2.00 T,37.50/2.00 T,37.50/..	-25.00/2.00 T,-27.50/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/..	3	775.75	97.09
		FS	-15:40	5.95	5.98	10.37					
FS10	90.91						27.50/2.00 T,27.50/2.00 T,32.50/2.00 T,32.50/..	-30.00/2.00 T,-32.50/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/..	3	775.14	91.10
		FS	-15:40	10.00	10.01	3.34					
FS9	80.91						30.00/2.00 T,15.00/2.00 T,22.50/2.00 T,22.50/..	-25.00/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/2.00 T,-30.00/..	3	774.80	81.10
		FS	-15:40	11.02	11.05	7.66					
FS8	69.09						35.00/2.00 T,22.50/2.00 T,32.50/2.00 T,32.50/..	-25.00/2.00 T,-30.00/2.00 T,-22.50/2.00 T,-22.50/..	3	773.90	69.24
		FS	-21:52	11.02	11.91	12.16					
FS7	57.27						32.50/2.00 T,22.50/2.00 T,22.50/2.00 T,22.50/..	-22.50/2.00 T,-20.00/2.00 T,-20.00/2.00 T,-20.00/..	3	772.46	57.34
		FS	-21:52	6.68	6.70	6.71					
FS6	50.59						22.50/2.00 T,25.00/2.00 T,25.00/2.00 T,25.00/..	-20.00/2.00 T,-25.00/2.00 T,-25.00/2.00 T,-25.00/..	3	772.01	50.64
		FS	-21:52	10.00	10.00	2.69					
FS5	40.59						27.50/2.00 T,20.00/2.00 T,25.00/2.00 T,25.00/..	-25.00/2.00 T,-20.00/2.00 T,-25.00/2.00 T,-25.00/..	4	771.74	40.64
		FS	-21:52	10.00	10.03	8.33					
FS4	30.59						40.00/2.00 T,20.00/2.00 T,30.00/2.00 T,30.00/..	-35.00/2.00 T,-22.50/2.00 T,-10.00/2.00 T,-10.00/..	4	770.91	30.60
		FS	-21:52	11.59	11.60	4.07					
FS3	19.00						30.00/2.00 T,27.50/2.00 T,22.50/2.00 T,22.50/..	-30.00/2.00 T,-27.50/2.00 T,-27.50/2.00 T,-27.50/..	4	770.44	19.00
		FS	0:00	11.59	11.59	2.72					
FS2	7.41						27.50/2.00 T,15.00/2.00 T,22.50/2.00 T,22.50/..	-15.00/2.00 T,-55.00/2.00 T,-20.00/2.00 T,-20.00/..	4	770.12	7.41
		FS	0:00	7.41	7.41	1.67					
FS1	0.00						25.00/2.00 T,25.00/2.00 T,25.00/2.00 T,25.00/..	-50.00/2.00 T,-12.50/2.00 T,17.50/2.00 T,17.50/..	4	* 770.00	0.00

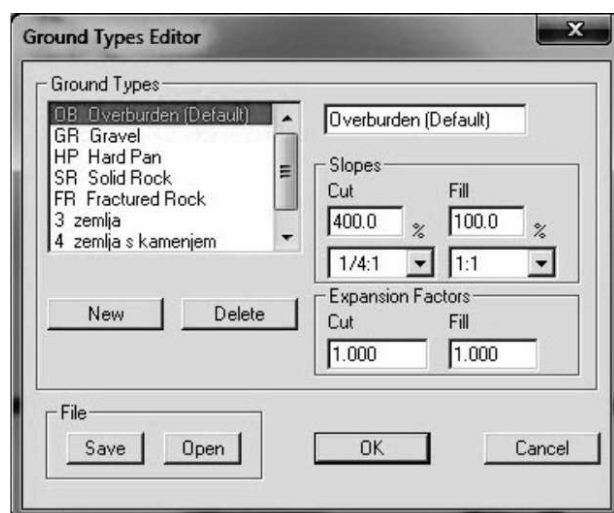
Slika 1. Početni izgled modula *Survey/Map* programskoga paketa »RoadEng« s glavnim izbornicima

Fig. 1 Initial appearance of the module *Survey/Map* of software package »RoadEng« with the main menus

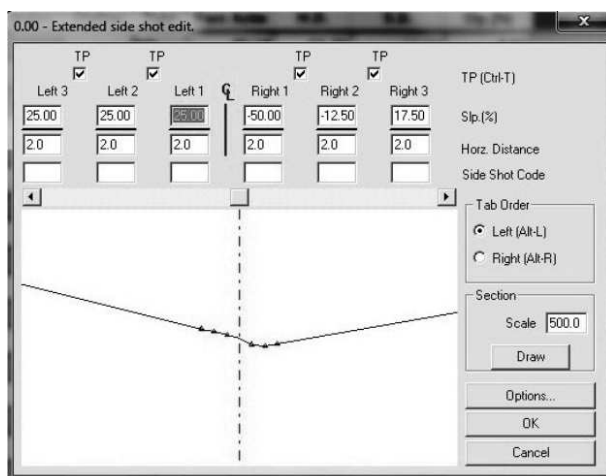
snimljenih podataka, može se izračunati poligon/nulta linija te dobiti prikaz u obliku linije u različitim mjerilima (slika 6). Ako je potreban ispis tabličnih podataka ili grafički prikaz unesenoga poligona/nulte linije, jednostavno se namjesti željeno mjerilo te odabere opcija *Print*.



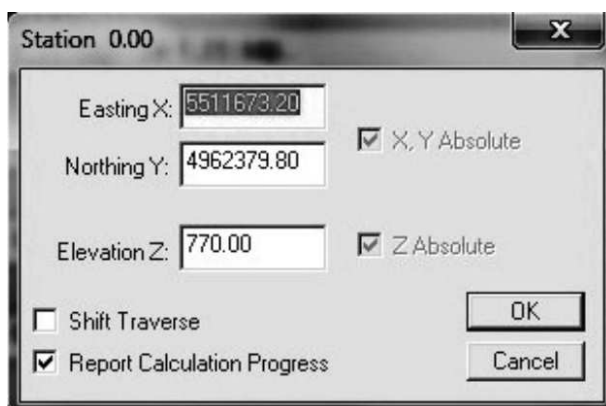
Slika 2. Alat za odabir oblika podataka snimljenih na terenu
Fig. 2 Tool for format selection of data recorded in the field



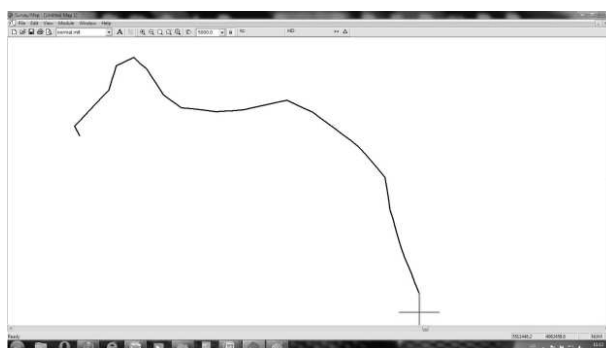
Slika 3. Alat za definiranje građevinskih kategorija materijala i kosina iskopa te nasipa
Fig. 3 Tool for defining categories of building materials and slopes of cuts and fills



Slika 4. Alat za unos poprečnih profila terena
Fig. 4 Tool for entering cross sections



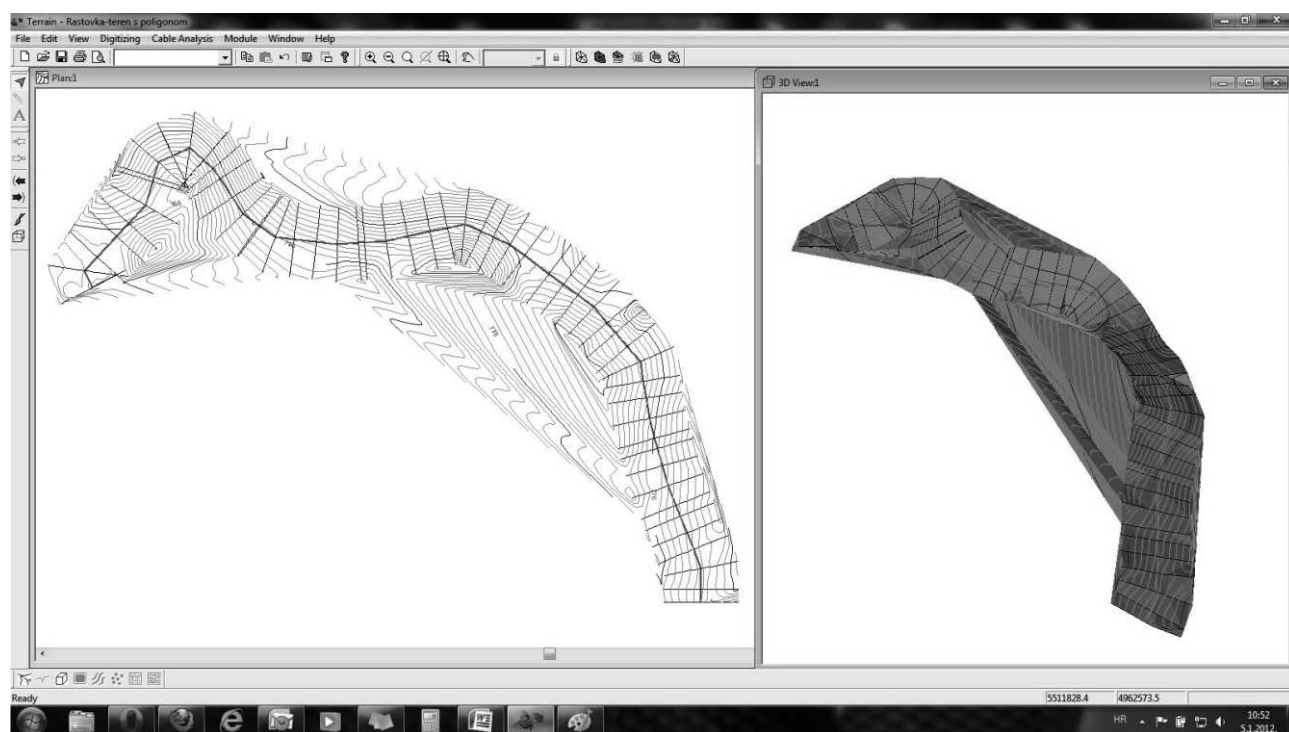
Slika 5. Alat za unos visine i koordinata početne točke
Fig. 5 Tool for entering height and coordinates of the starting point



Slika 6. Iscrтана nulta linija/poligon nakon kompletnoga unosa
Fig. 6 Plotted zero line/polygon after entire entry

3. Modul *Terrain* – *Terrain Module*

Svestran i jednostavan za korištenje, modul *Terrain* služi za definiranje terena iz snimljenih podataka, kartiranje, dizajniranje te analizu žičnih linija. Pruža



Slika 7. Modul *Terrain* s glavnim izbornicima, prikazom situacije i 3D prozora

Fig. 7 Main menu of *Terrain* Module, Plan window and 3D window

moгуćnosti za obradu raznih topografskih i drugih oblika karata. Sam modul sastoji se od osam glavnih izbornika s njihovim podizbornicima (slika 7). Podaci koji se koriste za obradu mogu biti iz modula *Survey/Map* (nakon ručnoga unosa), digitalni podaci iz raznih tablet uređaja, iz vanjskih datoteka ili jednostavnim unosom na zaslonu pomoću miša te ručnim definiranjem vrijednosti. Modul prihvaća različite formate podataka kako je spomenuto u uvodu, no jedan od najčešćih oblika datoteke .ascii moguće je preko određenih alata programa »RoadEng« detaljno konfigurirati za uvoz. *Terrain* će pročitati većinu standardnih datoteka .dwg/.dxf i njihov je uvoz vrlo jednostavan te nije potrebno razumjeti format .dwg/.dxf datoteke, što olakšava rad projektantu, ako nije stručnjak za CAD programe.

Modul omogućuje više pogleda, pa se tako može uključiti više prozora istodobno, promatrajući neki teren ili poligon u situaciji, uzdužnom pogledu i 3D prikazu. Uz grafičke prikaze *Terrain* pruža i uvid u razne podatke o terenu ili poligonu, kao što su duljine, koordinate točaka, nadmorska visina, površina i dr. 3D prikaz sadrži nekoliko korisnih opcija, npr. boja sjenčanja i preklapanje slika. Također se mogu koristiti i digitalne slike (ortofotografske snimke, skenirane karte ili satelitske snimke) kao podloga kako bi se poboljšala vizualizacija karata ili crteža. Moгуćnosti su toga modula velike, što naprednomu

korisniku omogućuje korištenje brojnih opcija koje pruža modul *Terrain*. Spomenuti modul pruža i mogućnosti kao što su izračunavanje površine, izračun zemljanih masa, povezivanje više podataka u jednu cjelinu, mogućnost prikaza prostornih podataka te njihova analiza i dr. Unutar glavnoga alata za namještanje svih opcija *Terrain Setup* mogu se u svakom trenutku namjestiti svi parametri koji se koriste pri izračunu: izgled i boja svih linija i objekata, nazivi objekata, projekcije, informacije o svakom prikazanom sloju, pravila za izvoz i uvoz podataka te pozicija spremljenih datoteka (slika 8).

Na primjeru unesenoga poligona u modulu *Survey/Map* bit će opisan postupak uvoza podataka i izračunavanje terena za potrebe daljnje izrade glavnoga projekta šumske ceste u modulu *Location*. Prilikom otvaranja novoga dokumenta spremljenoga s podacima o poligonu/nultoj liniji na računalo, u formatu .tr1, otvara se prozor u koji se može unijeti ime objekta te željena širina, na lijevu i desnu stranu od osi poligona/nulte linije, potrebna pri izračunu slojnica, tj. definiranja širine područje, oko promatranoga poligona/nulte linije, koja se iscrtava u obliku slojnica.

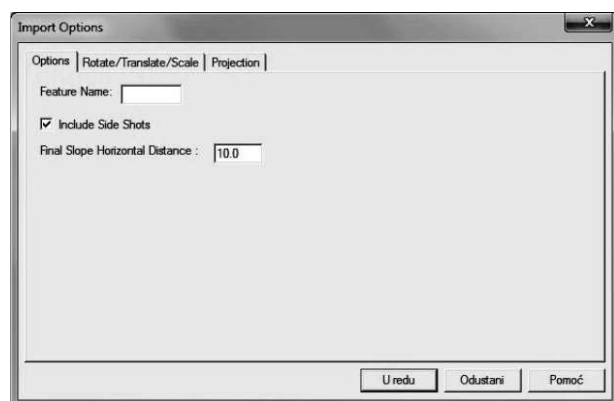
Unutar toga alata nudi se i mogućnost rotiranja čitavoga poligona te korekcija koordinata u slučaju kada poligon/nulta linija nije najbolje uklopljena u prostor. Ponuđena je i opcija odabira projekcije, ali je



Slika 8. Alat *Terrain Setup* s opcijama namještanja svih parametara

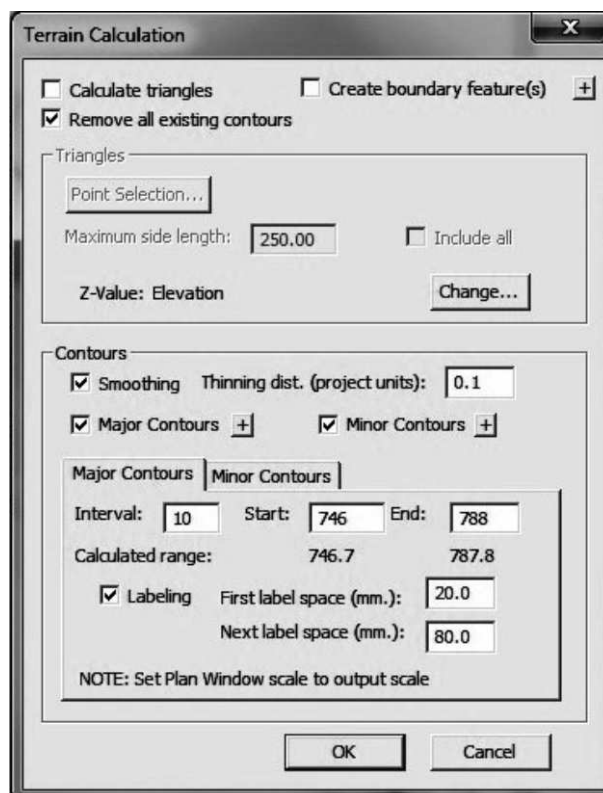
Fig. 8 *Terrain Setup Tool with options for setting all parameters*

nedostatak jedino u tome što u ponuđenim projekcijama nema nijedne druge projekcije osim za sjevernoameričko područje, pa za sva druga područja izvan tih projekcija ta opcija nema bitnoga značenja (slika 9). Kako bi se izračunalo područje oko poligona/nulte linije, potrebno je pokrenuti alat *Terrain Calculation* (slika 10) u kojem se definira točnost izračuna, razmak između slojnica, početna i završna visina te oblik i boje slojnica. Program vrlo brzo izračunava teren te izbacuje tlocrtni prikaz promatranoga poligona/nulte linije sa slojničkom kartom u zadanom



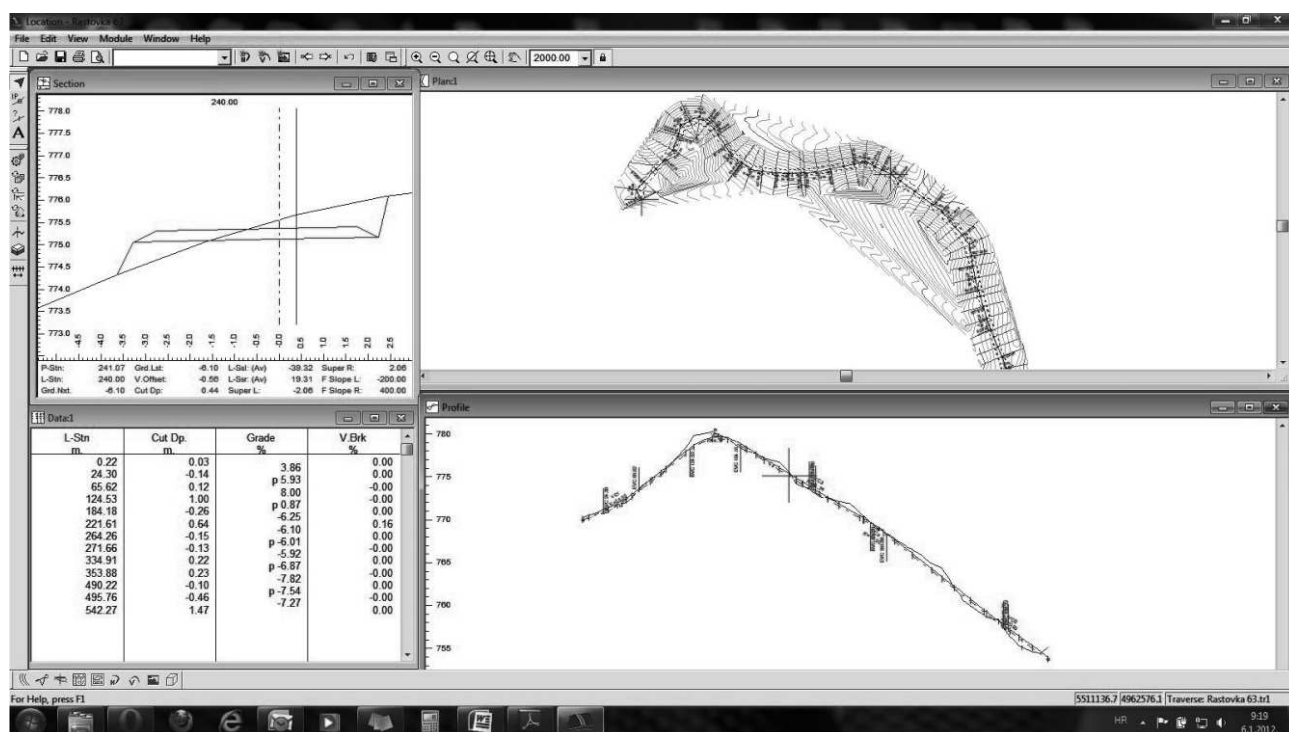
Slika 9. Alat za uvoz podataka iz modula *Survey/Map*

Fig. 9 *Tool for data import from Survey/Map module*



Slika 10. Alat za izračun terena i stvaranje slojnica

Fig. 10 *Tool for calculating terrain parameters and for creating contours*



Slika 11. Modul Location s glavnim izbornicima i svim presjecima ceste

Fig. 11 Location module with main menus and all road cross-sections

rasponu (slika 7, Plan). Potpuni izračun temelji se na podacima o visini te poprečnom kretanju terena u svakom profilu koji je unesen u modulu *Survey/Map*. Iz tako izračunatoga terena dobiva se 3D model terena koji može biti prikazan u raznim nijansama i efektima kako bi se dobila što realnija slika situacije na terenu (slika 7, 3D View). Dobiveni se podaci spremaju na računalo u format.ter koji se poslije koriste u modulu *Location*, ako je to potrebno, a ako je bitna samo dobivena slojnička karta ili 3D model, jednostavno se namješta željeno mjerilo te odabire opcija *Print* gdje se zadaje dimenzija i orijentacija papira na koji se ispisuje karta.

Iako nije bila predmet detaljnoga proučavanja primjenjivosti modula *Terrain* u analizi žičara, spomenut je alat *Cable Analysis* koji izračunava ponašanje žičnih sustava u kojem se mogu zadati uvjeti rada žičare, terenski profili, način postavljanja (konfiguracija žice, radna napetost, težina tereta) pa se izračunom dobije grafički ili tablični rezultat, ovisno o odabiru. Alat *Cable Analysis* namijenjen je za planiranje i simulaciju najčešćih žičnih sustava u pridobivanju drva. Njime se analizira količina tereta te sile u užadi. Podaci o terenu mogu se dobiti iz digitalnoga modela terena ili prikupljanjem podataka na terenu. Dobra je strana toga alata brzo i pregledno uspoređivanje pojedinih vrsta žičnih linija s različitim konfiguracijama privlačenja drva (različite vrste dizalica

te privlačenje prema gore ili dolje), dok je loša strana nemogućnost izračunavanja parametara za operativno planiranje žičnih linija. Projekti žičnih linija rade se za složenije linije i tu se uočava najveći nedostatak alata, jer nije moguća upotreba potpora žične linije, računanje lomnih kutova te on ne dopušta izračun sigurnosnih parametara kao što su položaji sidra.

O primjenjivosti modula *Terrain* u planiranju mreže šumskih prometnica Heralt (2002) iznosi da je, iako taj program nije razvijen u prvom redu za završne optimizacije studija planiranja, vrlo primjenjiv u svakidašnjim aktivnostima pri donošenju odluka. Omogućuje upraviteljima šumarija sigurno određivanje različitih varijanta budućih šumskih cesta te smanjivanje pogrešaka koje mogu imati negativan utjecaj na okoliš.

4. Modul Location – Module Location

Ostati unutar zadanoga roka izrade projekta, odnosno postići brže željeni rezultat, zahtijeva interaktivnu obradu podataka, tj. pristup u kojem vertikalno i horizontalno poravnanje prati jedno drugo svakim pomakom miša te pruža uvid u sve podatke. Modul *Location* to i omogućuje pa je rad pregledan, a projektant u svakom trenutku zna gdje se javlja problem i na koji ga način riješiti. Pri razvijanju ovoga modula vodilo se računa o tome da se omogući

maksimalno rukovanje svim presjecima šumske ceste u jednom prozoru, što rezultira bržim i preciznijim radom pri projektiranju (slika 11).

Osnovne funkcije modula:

- ⇒ balansiranje podataka u situaciji, uzdužnom i poprečnom presjeku,
- ⇒ osnovni predlošci za dimenzije kolnika i cestovnih objekata,
- ⇒ definiranje propusta odvodnje (položaj, duljina i tip),
- ⇒ izračun zemljanih radova, izvješćivanje o uzdužnom nagibu,
- ⇒ podaci o horizontalnim i vertikalnim krivinama,
- ⇒ mogućnost kreiranja iz digitalnoga modela terena,
- ⇒ ispisivanje situacije, uzdužnoga i poprečnoga presjeka,
- ⇒ izvoz u formatu .ascii, .dwg, .dxf i dr.

Uz navedene funkcije spomenut će se još neke bitne funkcije za izradu projekta šumske ceste na konkretnom primjeru.

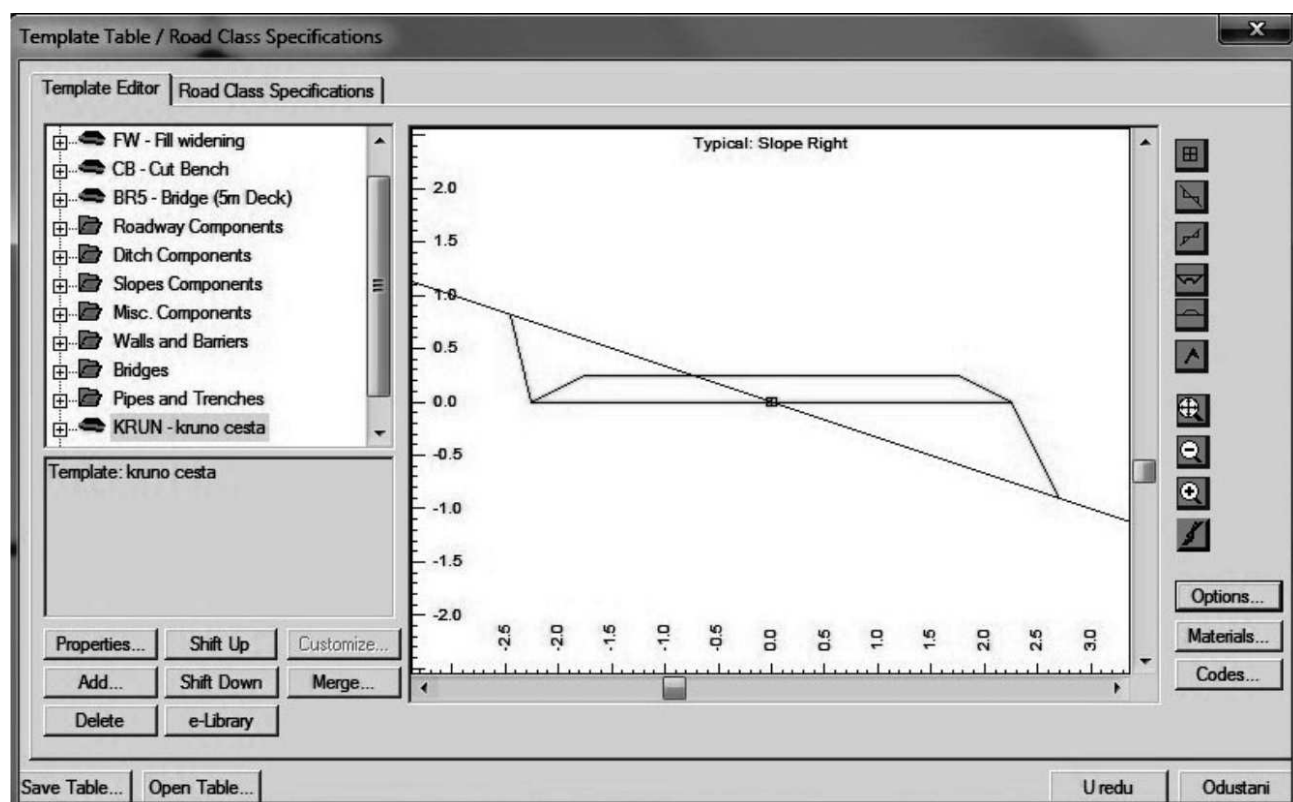
Rad u modulu započinje uvozom podataka unesenih u modulu *Survey/Map* gdje je unesen poligon/nulta linija buduće šumske ceste ili uvozom digitalnoga modela terena izrađenoga u modulu

Terrain na temelju podataka o visinama i poprečnim vrijednostima terena u svakom pojedinom profilu. Moguće je uvesti digitalne podatke o terenu dobivene iz nekoga drugoga izvora, ako su u formatu čitljivom u programu »RoadEng«. Kako postoje dvije vrste uvoza podataka, tako postoji i razlika u dizajniranju šumske ceste za ta dva primjera. U prvom slučaju riječ je o izravnoj metodi izmjere na terenu te podaci dobiveni na taj način već definiraju točan izgled i položaj šumske ceste u horizontalnom smislu. U drugom je slučaju riječ o neizravnoj metodi gdje je definiran samo približan položaj šumske ceste (ako postoji samo nulta linija) pa u programu ima više »slobode« što se tiče horizontalne korekcije. Nakon neizravne metode potrebno je, po završetku projekta, projektiranu situaciju iz programa prenijeti na teren, dok je izravnom metodom pri samoj izmjeri na terenu već postavljen i fiksiran točan položaj šumske ceste. Podaci za šumsku cestu obrađeni u programu »RoadEng« prikupljeni su izravnom metodom (upotrebom padomjera, teodolita, nivelira, mjerne vrpce) pa će daljnja objašnjenja ići u tom smjeru.

Nakon unosa podataka u modulu *Survey/Map* (formata .tr1), koji predstavljaju poligon postavljen na terenu, iscrta se u prozoru *Plan* operativni poli-

Slika 12. Alat za definiranje tehničkih uvjeta šumske ceste

Fig. 12 Tool for defining forest road requirements



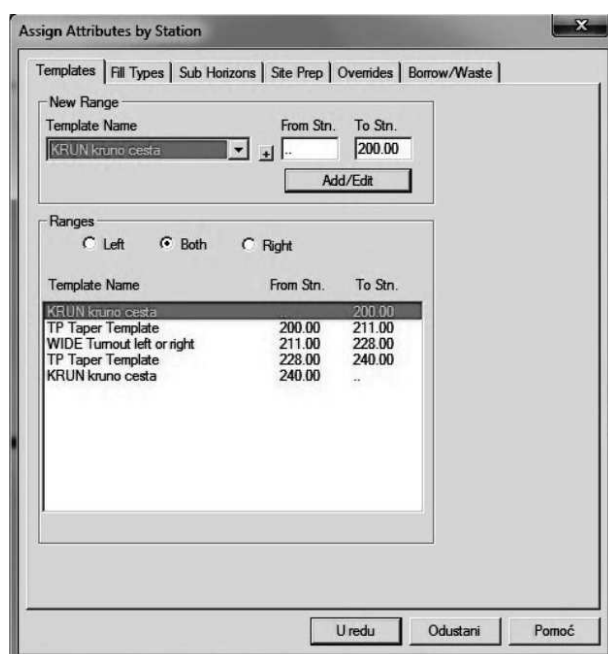
Slika 13. Alat za definiranje dimenzija kolnika i cestovnih objekata

Fig. 13 Tool for defining dimensions of pavement and road structures

gon buduće šumske ceste, u prozoru *Profile* uzdužni profil terena te u prozoru *Section* poprečni presjek označenoga profila. Sljedeći je korak postavljanje minimalnih tehničkih uvjeta šumske ceste prema kojima program izračunava horizontalna i vertikalna zaobljenja, proširenja u horizontalnim krivinama i poprečni nagib kolnika (slika 12). Nakon toga se, u alatu *Template Editor* (slika 13), definiraju dimenzije kolnika, bankina, odvodnih jaraka, debljine kolničke konstrukcije, kosina iskopa i nasipa, dimenzija potpornih i obložnih zidova, rigola, mostova i dr.

Potom se definiraju građevinske kategorije materijala te pokosi nasipa i iskopa za svaki profil ako to nije uneseno u modulu *Survey/Map*. U alatu se *Assign Attributes by Station* (slika 14) postavlja raspon dionica određene građevinske kategorije materijala te ubacuje mimoilaznica i okretaljka korištenjem predložaka izrađenih u *Template Editoru* (slika 13 – *Template Editor*) te se namještaju dodatna proširenja i izmjene poprečnih nagiba kolnika.

Izlaskom iz spomenutoga alata program sam preračunava i iscrtava novi izgled šumske ceste prema novozadanim dimenzijama i tehničkim uvjetima. Dobivenom iscrtanom situacijom te definiranim dimenzijama kolnika i cestovnih objekata pristupa se po-



Slika 14. Alat za definiranje intervala pojavljivanja određenih kategorija zemljišta, mimoilaznica, okretaljki i dr.

Fig. 14 Tool for defining recurrence intervals of certain categories of soil, passing areas, turning points, etc.

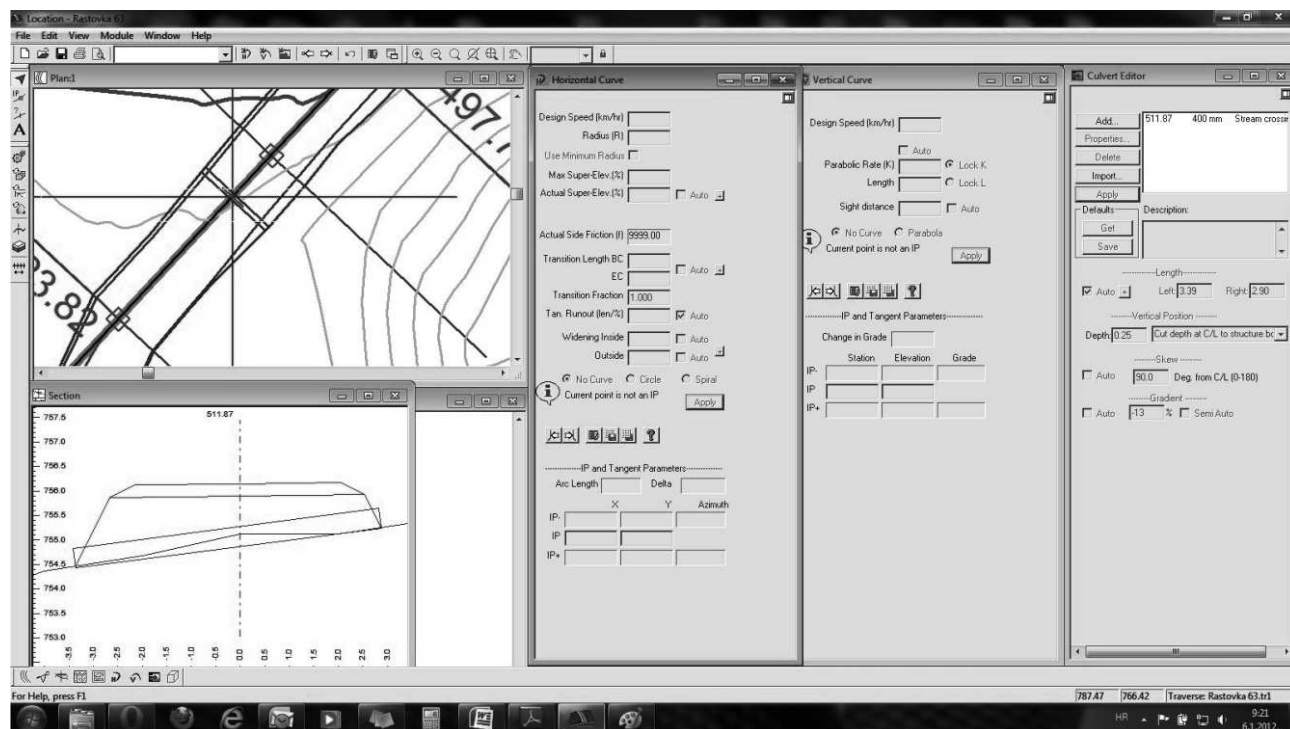
stavljanju nivelete u uzdužnom presjeku gdje se jednostavnim klikom miša postavljaju vertikalna tjemena, a program u tablici pokazuje vrijednosti uzdužnih nagiba i duljine lomova nivelete. Korekcija položaja vertikalnih tjemena nivelete vrlo je jednostavna, a u slučaju pogreške postoji mogućnost povrata na prethodno stanje opcijom *Undo*. Sljedeći je korak zaobljavanje krivina u horizontalnom i vertikalnom pogledu s tim da nije bitan redoslijed, tj. hoće li se prvo zaobliti horizontalne ili vertikalne krivine.

Zaobljavanje horizontalnih krivina odvija se pomoću alata *Horizontal Curve* gdje se za početak odabire kružno ili spiralno zaobljenje krivine te određuje za svaku krivinu koliki će biti radijus, proširenje u krivini, poprečni nagib kolnika ili se odabirom opcije *Auto* »dopušta« izračun parametara prema zadanoj računskoj brzini u tehničkim uvjetima (slika 15 – *Horizontal Curve*).

Vertikalno zaobljavanje izvodi se pomoću alata *Vertical Curve*; program izračunava zaobljenja na temelju parabole, a ne kružnoga luka, pa se umjesto radijusa unosi parabolni stopa ili željeni razmak između početka i kraja vertikalne krivine. Kao i kod horizontalnoga zaobljenja moguće je odabirom opcije *Auto* izračunati i zaobliti krivinu prema definiranoj računskoj brzini projektirane šumske ceste (slika 15 – *Vertical Curve*).

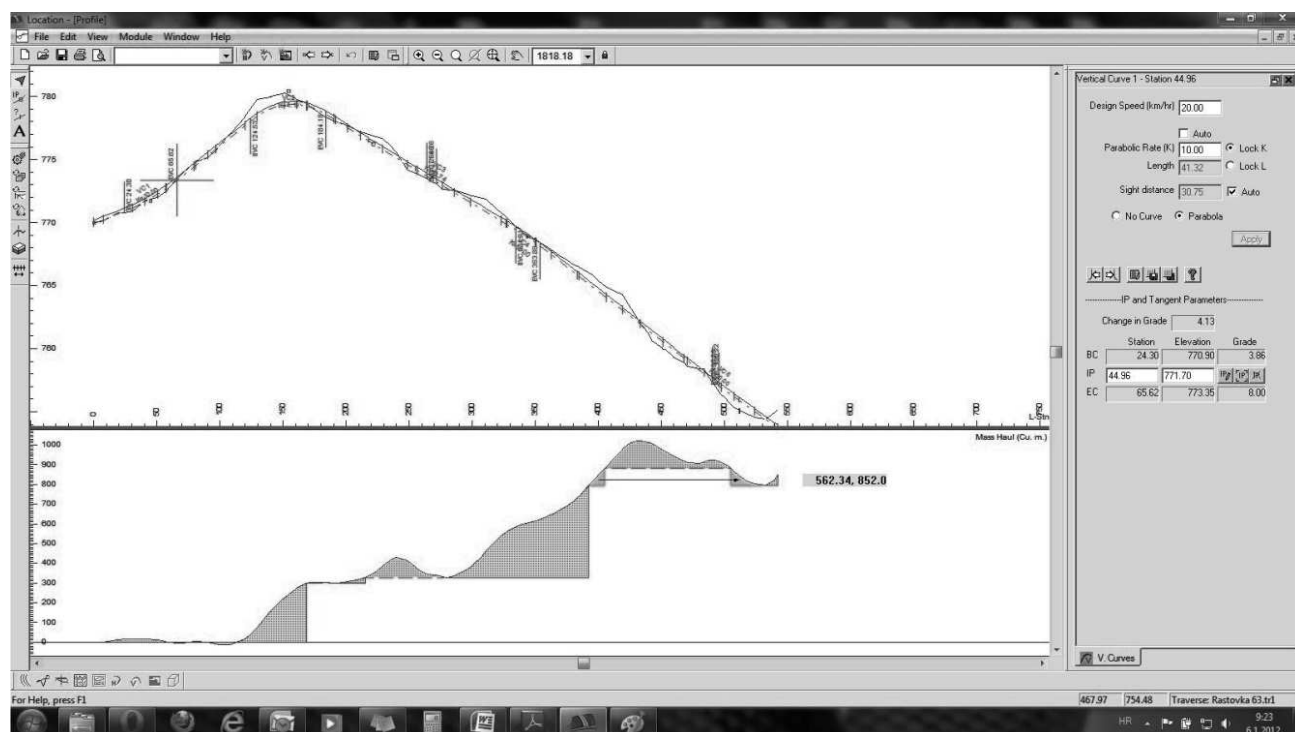
U sklopu alata za zaobljenje je i alat *Culvert Editor* čija je zadaća izračunavanje i iscrtavanje propusta odvodnje zadanih dimenzija na bilo kojoj stacionaži šumske ceste. Zadavanjem oblika propusta odvodnje, dimenzija i nagiba program brzo izračunava te iscrta propust koji je vidljiv u svim presjecima šumske ceste (slika 15 – *Culvert Editor, Plan, Section*).

Završetkom zaobljavanja krivina dobiven je približan izgled buduće trase šumske ceste u svim pogledima, približan iz razloga jer »RoadEng« omogućuje i horizontalno pomicanje šumske ceste čime se mogu promijeniti neki detalji radi povećanja minimalnih radijusa ili zbog smanjenja količine zemljanih masa. Takvo je pomicanje češći slučaj kod neizravne (indirektne) metode projektiranja jer se naknadno postavlja projektirana situacija na teren. Kako bi se optimizirala ili smanjila količina zemljanih masa, preostaje još detaljno namještanje nivelete u uzdužnom presjeku jer to pomicanje pridonosi puno većim promjenama u količinama nego horizontalne korekcije. Treba spomenuti kako modul *Location* pruža mogućnost automatskoga balansiranja nivelete u vertikalnom pogledu nakon »ručnoga« postavljanja lomova, ali i horizontalno balansiranje tako da mijenja kutove nekih krivina ili pomiče os ceste. Ta se opcija pokazala jako korisnom te je ubrzala rad pri postavljanju nivelete. Kod horizontalnoga balansa modul je poprilično udaljavao središnju os ceste od



Slika 15. Prozor s alatima za zaobljavanje krivina i dimenzioniranje cijevnih propusta

Fig. 15 Window with tools for rounding curves and dimensioning pipe culverts



Slika 16. Uzdužni presjek ceste s pogledom na dijagram zemljanih masa

Fig. 16 Longitudinal section with a diagram of earth masses

one koja je projektirana na terenu pa je dolazilo do velikih promjena u izgledu ceste, što bi čak i bilo prihvatljivo da se radi o indirektnom projektiranju. Kod »ručnoga« namještanja nivelete mogu se istodobno promatrati nastale promjene u dijagramu zemljanih masa koji je u izravnoj vezi s uzdužnim presjekom, što omogućuje projektantu lakše pronalaženje dijelova ceste gdje je moguća ušteda materijala. Dijagram zemljanih masa prikazan je linijom kretanja ordinate kubnoga profila, ali omogućuje i prikaz viška ili manjka materijala na trasi te dijelova koji se kompenziraju na određenom razmaku u različitim bojama (slika 16).

Namještanjem nivelete u optimalan položaj završava postupak projektiranja ceste te se pristupa kontroli podataka i prilagođavanju ispisa. Kako bi se dobio uvid u sve podatke projektirane ceste, potrebno je odabrati prozor *Report* gdje se nalaze svi podaci u tabličnom obliku te ih je takve moguće ispisati na bilo koji format papira (slika 17).

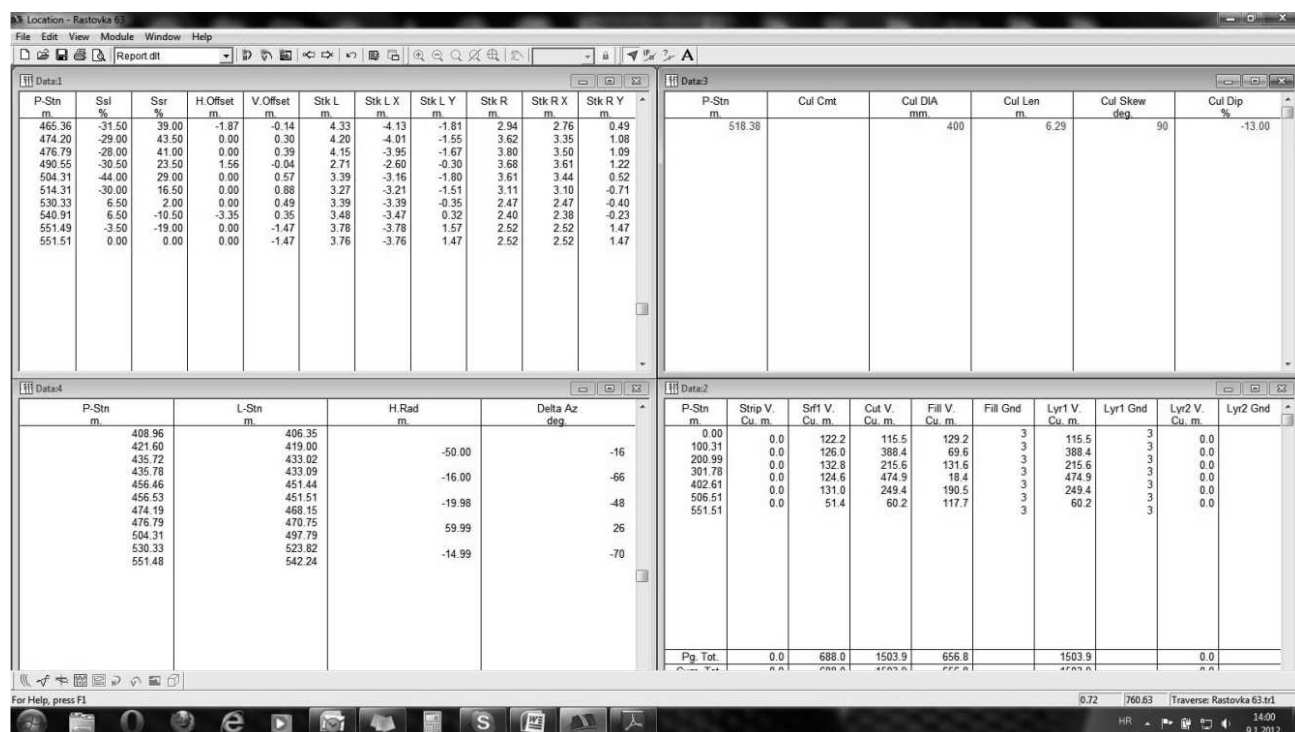
Grafički prilozi ispisuju se tako da se definira mjerilo crteža pa prema tome program određuje broj stranica ispisa. Svi ispisi imaju unaprijed definirane okvire i sastavnice kojima se lako pristupa radi izmjene. Ako se želi na grafičke ispise dodati pozadina, npr. karta sa slojnicama, to se rješava u izborniku *Plan Options* gdje se dodaje pozadina formata .jpg, .tif, .shp, ili .bmp. Jedna je od posebnosti toga modula

opcija *Multi-Plot* koja omogućuje ispisivanje različitih presjeka na jednom listu, dodavanje tabličnih podataka, ubacivanje podataka o projektantu, ubacivanje logotipa, legende i dr. (slika 18). Tako se ispis prilagođava kriterijima naručitelja projekata te smanjuje količina stranica projekata.

Projekt se može izvesti iz programa u formatima .dxf, .dwg, .ter i .xml pa se, koristeći druge računalne programe, mogu ubacivati neki detalji koje ne podržava program »RoadEng«, bitni za prikazivanje. Izvezeni projekt u formatu .ter može se otvoriti u modulu *Terrain* te napraviti 3D prikaz novoprojektirane šumske ceste gdje je jasno vidljivo uklapanje ceste u njezino okruženje sa svim njezinim karakteristikama i objektima.

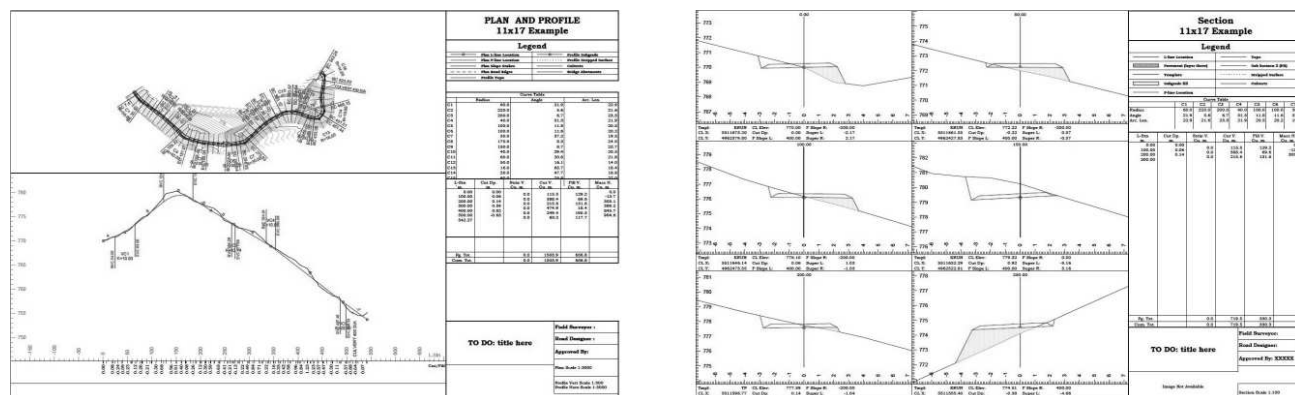
5. Zaključna razmatranja – Concluding Remarks

Programski paket »RoadEng« teško je usporediv s ostalim programima za projektiranje cesta jer je većina razvijena za projektiranje javnih cesta, dok su se kanadski programeri orijentirali na projektiranje šumskih i dijelom tzv. urbanih cesta. Zbog toga je upotreba drugih računalnih programa uvijek bila prilagođavana i često su se javljali nedostaci, dok se »RoadEng« pokazao izrazito funkcionalan te prilagođen



Slika 17. Prozor s tabličnim podacima

Fig. 17 Window with tabular data



Slika 18. Ispis projekta pomoću opcije Multi-Plot

Fig. 18 Print out using Multi-Plot

gođen potrebama projektiranja šumskih prometnica sa zanemarivim nedostacima. Sučelje programa interaktivno je, što znači da je svaka promjena nekoga detalja preračunata u trenu te se odražava na sve presjke ceste i dijagram zemljanih masa.

Programski je paket s namjerom razvijen u obliku triju odvojenih modula zbog toga jer svaki modul može funkcionirati kao zaseban program te ga mogu koristiti razni korisnici, ovisno o njihovim potrebama. Također je vidljivo kako su programeri nastojali pojednostaviti računalni program te ga tako učiniti

lako »probavljivim« za sve one koji nisu CAD stručnjaci, a bave se problematikom projektiranja i izgradnje šumskih prometnica.

Uvoz i izvoz podataka u velikom broju formata daje mogućnost upravljanja i prihvaćanja podataka iz drugih grafičkih i programa za projektirane ceste koji podržavaju formate .ascii, .dwg, .dxf, LandXML i dr. Sam ispis prilično je jednostavan, pri čemu se nude različite opcije ispisa svih presjeka pojedinačno ili zajedno te je prilagodljiv svakom korisniku, a postoji i mogućnost pogleda u 3D-u, što pridonosi

boljemu uklapanju šumske ceste u teren te lakšemu definiranju budućih raskrižja ili spojeva s drugim cestama.

Uspoređujući »RoadEng« s programom »Cesta« preko modula *Survey* koji se odnosi na ručni unos podataka, zamijećena je velika prednost programa »RoadEnga« zato jer se kompletan unos poligona/nulte linije odrađuje u jednoj tablici i u slučaju pogreške podaci se lako isprave i u trenu se preračunaju. Treba također spomenuti da je unos podataka više prilagođen terenskoj izmjeri pomoću busole i padomjera pa su i mjerne jedinice pri unosu prilagođene tomu tako da je u konkretnom slučaju bilo potrebno podatke, dobivene izmjerom pomoću teodolita i nivelira, pretvoriti u oblik prilagođen programu »RoadEng«.

Najvažnija razlika između tih dvaju programa ogleda se u samom pristupu izmjere na terenu. U Hrvatskoj je još uvijek najčešći način izravno trasiranje na terenu gdje se unaprijed definira točan horizontalan položaj buduće šumske ceste i pri takvu unosu i obradi podataka program »Cesta« daje zadovoljavajuće rezultate. Kod programa »RoadEng« težište je prebačeno na neizravno trasiranje, tj. položaj buduće ceste definira se u programu pa se nakon završetka projekta situacija prenosi na teren, što zahtijeva dobro uklopljen i izmjeren osovinasti poligon iz kojega se izračunava teren u modulu *Terrain* ili precizan digitalni model reljefa. Tako se dopušta projektantu veća »sloboda« pri obradi podataka odnosno oblikovanju buduće šumske ceste.

Jedini problem koji se javljao pri projektiranju konkretne šumske ceste u programu »RoadEng« bio je u zadovoljavanju svih tehničkih uvjeta šumske ceste koji su zadani kao minimalni zbog toga jer je teško uravnotežiti često sukobljene ciljeve (npr. veli-

ka računaska brzina i mala količina zemljanih radova). Ipak, »RoadEng« se pokazao izuzetnim programom za projektiranje šumskih cesta te je vjerojatno jedan od boljih izbora za projektiranje šumskih prometnica. A opet, kako se god dobar računalni program koristi, ne postoji ni jedno jednostavno rješenje kojim bi se, korak po korak, navodilo kako do idealno dizajnirane šumske ceste. Svaki računalni program samo daje povratne informacije o svakom potezu, dok konačan rezultat ipak najviše ovisi o pristupu pojedinoga projektanta te njegovim prioritetima pri izradi projekta.

6. Literatura – References

Lepoglavec, K., H. Nevečerel, I. Papa, 2010: Programski paket za projektiranje javnih i šumskih prometnica »ROADPAC«. *Nova mehanizacija šumarstva* 31(1): 53–64.

Herald, L., 2002: Using the ROADENG system to design an optimum forest road variant aimed at the minimization of negative impacts on the natural environment. *Journal of forest science* 48(8): 361–365.

http://www.softree.com/Brochures_WhitePapers/Terrain_Tools_Info.pdf

http://www.softree.com/Brochures_WhitePapers/RoadEng_Civil_Info.pdf

http://www.softree.com/anonyftp/V5_DOCs/PDFs/LocationForestry.pdf

http://www.softree.com/Products/Forestry_RoadEng.aspx

http://www.softree.com/Tips_Techniques/T-086-RoadEng_Training/TIP086.htm

http://courses.washington.edu/fe451/handbook/Roadeng_appendix.htm

http://courses.washington.edu/fe451/handbook/RoadEng_Design.htm

Abstract

»RoadEng« Software Package for Designing Forest Roads

Design of forest roads is a very important phase in the management of forests and forest resources. Designing a forest road consists of two subphases. The first, field subphase, involves the collection of field data that are necessary for making the Forest Roads project. The second, office subphase, consists of input data obtained by field survey in the computer program and of data processing for the main Forest Roads project with all the relative documentation (Lepoglavec et al. 2010). Using computer programs has greatly reduced the time required to design and print forest road projects. There are various programs for the design of public roads that can be used for the design of forest roads but »RoadEng« is one of the few programs that has been developed primarily for the design of forest roads. »RoadEng« is a design software package developed by the Canadian company »Softree«, and it can be used as a supplement to other design programs or as a standalone tool. It is user friendly and also very interactive. Anyone can use »RoadEng« without being a CAD expert designer, because »RoadEng« is focused on engineering, and not on CAD.

It consists of three modules:

- ⇒ *Survey/Map* – used to input all the data collected in the field for a range of future forest roads or just information about zero line. This Module has 8 main menus with their submenus, each having a different function related to the definition of input and data format.
- ⇒ *Terrain* – a tool for defining the field of recorded data, mapping, design and analysis of cable lines. It provides options for the processing of various forms of topographical and other maps. This module consists of 8 main menus with their submenus.
- ⇒ *Location* – the most complex module of this software package, used for completing the design of forest roads and the final result of this module is the complete design of forest roads with all the project documentation. The data to be processed in this module are downloaded from other modules of this software package or some other sources.

This software package was intentionally developed in the form of three separate modules because each module can work separately and can be used by different users, depending on their needs. The program is interactive, which means that any change in one detail is reflected in all road sections and on the diagram of earth masses.

Keywords: software package »RoadEng«, modules, design, forest roads

Adresa autorâ – Authors' address:

Kruno Lepoglavec, dipl. inž. šum.
e-pošta: lepoglavec@sumfak.hr
Izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek
e-pošta: pentek@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA

Dr. sc. Željko Tomašić
e-pošta: zeljko.tomasic@hrsume.hr
»Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb
Direkcija Zagreb
Farkaša Vukotinovića 2
HR-10 000 Zagreb
HRVATSKA

Izv. prof. dr. sc. Igor Potočnik
e-pošta: igor.potocnik@bf.uni-lj.si
Dr. sc. Anton Poje
e-pošta: anton.poje@bf.uni-lj.si
Matevž Mihelič, dipl. inž. šum.
e-pošta: matevz.mihelic@bf.uni-lj.si
Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta, Oddelek za Gozdarstvo
Katedra za gozdno tehniko in ekonomiko
Večna pot 83
SI-1000 Ljubljana
SLOVENIA

Primljeno (Received): 15. 12. 2011.
Prihvaćeno (Accepted): 22. 12. 2011.

Mogućnosti primjene indikatora ekološke učinkovitosti u ocjeni poslovanja poduzeća u šumarstvu

Mario Šporčić, Matija Landekić, Ivan Martinić, Franjo Galić

Nacrtak – Abstract

U radu se prikazuje koncept ekološke učinkovitosti poduzeća i analizira mogućnost primjene indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvu. Objašnjava se veza između ekološke i financijske učinkovitosti poduzeća te daje klasifikacija i pregled glavnih indikatora ekološke učinkovitosti: indikator energetskega intenziteta, indikator vodnoga intenziteta, indikator intenziteta otpada, indikator globalnoga zatopljenja i osiromašenja ozona. Prikazom inozemnih modela i iskustava obuhvaćeni su primjeri Kanade i Švicarske s preporukama i smjernicama za praćenje ekološke izvedbe u poslovanju te metodologijom koja je u tim zemljama razvijena za utvrđivanje, mjerenje i praćenje ekoloških pokazatelja. U radu je također napravljena SWOT analiza primjene indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvu. Cilj je rada prikazati značenje i doprinos indikatora ekološke učinkovitosti u procjeni učinkovitosti poduzeća, obraditi metodologiju razvoja i proces standardizacije ekoloških indikatora te ispitati mogućnosti njihove primjene u šumarstvu.

Ključne riječi: ekološka učinkovitost, indikatori ekološke učinkovitosti, šumarstvo, šumarska poduzeća

1. Uvod – Introduction

Ocjenjivanje uspješnosti poslovanja u šumarstvu u Hrvatskoj uglavnom se temelji na ocjeni dosega u ispunjavanju općih ciljeva gospodarenja državnim šumama, odnosno na rezultatima standardiziranih financijskih pokazatelja poslovanja trgovačkoga društva »Hrvatske šume« d.o.o. Zagreb. Prikaz ukupnoga troška po jedinici proizvoda najčešće je korištena mjera učinkovitosti poslovanja šumarskoga poduzeća. Ocjena uspješnosti poslovanja u šumarstvu tako je tradicionalno temeljena na sposobnosti pridobivanja drva uz što manje troškove. Trenutačnim načinom ocjenjivanja rezultata poslovanja kroz postignute gospodarsko-ekonomske ciljeve naglašava se financijska i ekonomska sastavnica poslovanja, a uvelike se zapostavljaju ekološka i socijalna sastavnica u učinkovitosti poslovanja poduzeća (Šporčić i dr. 2009).

Za razliku od šumarstva, u razvijenim zemljama mnoge su tvrtke, osobito iz automobilske, prehram-

bene i IT¹ industrije razvile vlastite metode vrednovanja ekološke učinkovitosti poduzeća i primjenjuju određene vrijednosti i pokazatelje za interno izvještavanje i praćenje stanja energije, vode, otpada i sl. u procesu poslovanja poduzeća. Usporedno s intenzivnim razvojem takvih i sličnih programa, čiji je cilj podizanje svijesti o efikasnoj potrošnji energenata te poticanje primjene energetske efikasne (EE) tehnologije, materijala i usluga, značajni se naponi ulažu u senzibilizaciju građanstva i poduzeća na mjerenje okolišne izvedbe u njihovu poslovanju te izradu normiranih i međusobno usporedivih indikatora ekološke učinkovitosti poduzeća (WCED 1987, ISO 1996, Piet 1994, NRTEE 2001, WBCSD 2001, UNCTD 2004). Uz trenutačno globalno prihvaćanje i iskazivanje različitih mjerila financijske uspješnosti poduzeća, kao što su pokazatelji proizvodnosti, ekonomičnosti i profitabilnosti, izvještavanje o ekološkoj učinkovitosti poduzeća pomoću ključnih ekoloških indikatora

¹ IT – informacijske tehnologije

poslovanja trebalo bi u budućnosti postati normirani dio u ocjeni ukupne uspješnosti poduzeća.

Razvojem i primjenom novih pokazatelja poslovanja u obliku indikatora ekološke učinkovitosti moguće je djelomično obuhvatiti i poslovanje u šumarstvu te sastavnicu ekološke učinkovitosti šumarskih poduzeća. Njihova procjena i praćenje pritom mogu pridonijeti pouzdanijemu i boljem planiranju, analizi i ocjenjivanju uspješnosti poslovanja u šumarstvu. U radu će se prikazati koncept i definicija ekološke učinkovitosti, klasifikacija indikatora ekološke učinkovitosti te primjeri inozemnih modela i iskustava. Također će se obraditi mogućnosti primjene indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvu i dati SWOT analiza njihove primjene za šumarska poduzeća.

1.1 Koncept i definicija ekološke učinkovitosti *Concept and definition of Eco-efficiency*

Najbolju definiciju koja oslikava svrhu i ulogu indikatora ekološke učinkovitosti u poduzeću dao je Bartolomeo (1998) koji ekološke pokazatelje opisuje kao »kvantitativne i kvalitativne podatke koji omogućuju vrednovanje iz točke gledišta zaštite okoliša, poduzetničke djelotvornosti i učinkovitosti u potrošnji resursa«. U tom je smislu ekološka učinkovitost mjera upravljačkoga procesa čiji je cilj maksimiziranje učinkovitosti proizvodnoga procesa, a minimiziranje negativnoga učinka na okoliš primjenom novih tehnologija, smanjenjem ulaza (energija, voda i dr.) po jedinici proizvoda, boljim recikliranjem te smanjenjem emisije plinova i toksičnih tvari. Pokazatelj ekološke učinkovitosti tako daje omjer između zaštite okoliša te količinske jedinice i/ili financijske varijable proizvodnje. Na temelju takva pokazatelja može se onda okvirno procijeniti koliko je pojedina tvrtka, na državnoj ili svjetskoj razini, uspješna u upravljanju vodom, energijom, otpadom, doprinosom globalnomu zagrijavanju i utjecajem na ozonski omotač.

Prema Svjetskomu poslovnemu koncilu za održivi razvoj (*World Business Council for Sustainable Development*, WBCSD 2000, 2001) ekološka učinkovitost pokazuje u kojoj je mjeri tvrtka uspješna u potrošnji sredstava/resursa, s osvrtom na sposobnost proizvodnje ekonomske vrijednosti. Stoga se pokazatelji koji daju kvantificiranu vrijednost za razinu ekološkoga poslovanja tvrtke sastoje od kombinacije dviju nezavisnih varijabla, varijable mjerenja tzv. okolišnih karakteristika i financijske varijable mjerenja ekonomskoga učinka. Okolišne karakteristike poduzeća definirane su kao učinak poduzeća koji je uzrokovan poslovnim aktivnostima u određenom razdoblju (obično jednoj godini), a mjeri se fizičkim (naturalnim) ili sintetskim jedinicama. Ekonomska je učinkovitost tvrtke definirana kao financijska vrijednost koja se

proizvede istim aktivnostima tijekom određenoga razdoblja (obično jedne godine) mjereno u novčanim jedinicama (Mueller i Sturm 2001). Općenito, ekološka se učinkovitost može definirati kao:

$$\text{Ekološka učinkovitost} = \frac{\text{zaštita okoliša (učinak zaštite okoliša)}}{\text{financijsko poslovanje}} \quad (1)$$

Omjer tih dviju stavki u izrazu 1 trebao bi mjeriti opterećenje okoliša po jedinici ekonomske vrijednosti proizvoda, npr. kilogram emisije ugljičnoga dioksida po novčanoj jedinici prodaje ili MJ energije po novčanoj jedinici. Tomu je slično mjerenje energetske intenzivnosti na nacionalnoj razini (npr. MJ energije po jedinici proizvodnje, MJ energije po jedinici BDP-a).

WBCSD (1996) opisuje cilj ekološke učinkovitosti kao »povećanje vrijednosti, a smanjenje iskorištavanja resursa i nepovoljnoga utjecaja na okoliš«. Radi boljšeg razumijevanja i mogućnosti usporedbe ekološke učinkovitosti za pokazatelje su kao dodaci razvijena kvalitativna svojstva koja daju uvid u izvještaj o ekološkoj korisnosti. Četiri su glavna kvalitativna svojstva pokazatelja: razumljivost, revelantnost, pouzdanost i usporedivost. Primjena tih četiriju svojstava rezultira informacijom koja prenosi točan, istinit i usporediv prikaz ekološke mogućnosti poduzeća (WBCSD 1996).

1.2 Veza ekološke i financijske učinkovitosti *Correlation between environmental and financial performance*

Tvrtke koje teže ekološkomu poslovanju mogu povećati svoju ekološku učinkovitost smanjenjem utjecaja na okoliš dok istodobno povećavaju dodatnu vrijednost poduzeća. Taj cilj može biti postignut uz različite načine (Mueller i Sturm 2001):

- ⇒ Ekološki učinkovito poduzeće koristi manje resursa, što uzrokuje manju emisiju u tlo, vodu i zrak dok proizvodi istu količinu proizvoda kao i njihovi konkurenti. To dovodi do veće proizvodnosti i povećanja operativne marže zbog nižih troškova. U mnogim slučajevima također vodi do povećanja prodaje zbog veće vrijednosti proizvoda za kupca, tj. dokazane robne marke (ekobrenda).
- ⇒ Pametna ulaganja u zaštitu okoliša i okolišne programe usmjerena su na smanjenje obrtnoga kapitala, što zajedno s nižom razinom korištenja resursa vodi do manjih zaliha materijala i energije. Fokusom na integrirana rješenja i izbjegavanjem kraja privatnoga ulaganja u javni kapital (eng. *pipe investments*) također se mogu umanjiti rastuće investicije u fiksnu imovinu.

⇒ Porezne olakšice kojima je interes povezivanje ekološke izvedbe i financijskoga učinka potiču na ekološku učinkovitost i omogućuju ostvarivanje dodatne dobiti poduzeća.

Pokazatelj ekološke učinkovitosti koji se sastoji u povezivanju zaštite okoliša i financijskoga učinka može se koristiti za predviđanje utjecaja ekološkoga poslovanja na buduću financijsku uspješnost poduzeća te omogućiti bolje odluke pri ulaganju. Moglo bi se reći da prosječna okolišna učinkovitost poduzeća razumijeva i održivu višu poduzetničku maržu. Potrebe se za buduća ulaganja pritom smanjuju (u odnosu na konkurente s lošijom ekološkom izvedbom), te su niže buduće investicije i veća marža važna prednost i pozitivno pridonose vrijednosti poduzeća (Mueller i Sturm 2001). Ekološka je učinkovitost tako relevantna i za financijsku uspješnost poduzeća te može dovesti do većega profita, nižih rizičnih ulaganja u obrtna i osnovna sredstva, nižih poreznih opterećenja i niže cijene činitelja.

2. Metode i ciljevi istraživanja – *Research methods and objectives*

Pregled inozemnih iskustva i razvojnih modela napravljen je na osnovi dostupnih domaćih i stranih literaturnih izvora. Postupak je pretraživanja pritom obuhvatio relevantne *online* baze podataka, mrežne stranice ekološki deklariranih institucija te više dokumenata i radova objavljenih u digitalnom ili tiskanim obliku. Izvor koji je u značajnijoj mjeri korišten kao podloga za izradu rada jest dokument pod naslovom »Priručnik za ekološku učinkovitost – izračunavanje indikatora ekološke učinkovitosti: radna knjižica za industriju« koji je izradio Kanadski okrugli stol za okoliš i ekonomiku (*National Round Table on the Environment and the Economy*, NRTEE 2001). Drugi relevantni izvor koji je detaljnije razrađen i prikazan u radu i na osnovi kojega je obrađena aktualna strategija razvoja i normiranja pokazatelja ekološke učinkovitosti poduzeća jest izvještaj pod radnim naslovom »Normiranje indikatora ekološke učinkovitosti« koji je izradila konzultantska tvrtka Ellipson (Mueller i Sturm 2001). Kao vrijedan izvor treba spomenuti i »Priručnik za pripremu i korištenje indikatora ekološke učinkovitosti« razvijen u okviru konferencije Ujedinjenih naroda o trgovini i razvoju (Sturm i dr. 2004). Na osnovi obrađene problematike i danoga pregleda u završnom su dijelu rada prikazane mogućnosti primjene indikatora ekološke učinkovitosti u (hrvatskom) šumarstvu i napravljena je SWOT analiza njihove primjene za šumarska poduzeća.

Cilj je prikazati značenje i doprinos indikatora ekološke učinkovitosti u procjeni učinkovitosti po-

duzeća, obraditi metodologiju razvoja i proces normiranja ekoindikatora te ispitati mogućnosti njihove primjene u šumarstvu. Naime, misija je svakoga poduzeća, među ostalim, izgradnja pozitivnoga i ekološki osviještenoga imidža u očima javnosti i svojih potrošača. Pokazatelji ekološke učinkovitosti kao značajni aspekt takve problematike upravo predstavljaju prinos poznavanju učinkovitosti poduzeća iskazan numeričkom vrijednosti ekološke sastavnice poduzeća. Time se postiže mogućnost prikaza trendova unutar poduzeća te usporedbe ekoindikatora između poduzeća na nacionalnoj i globalnoj razini.

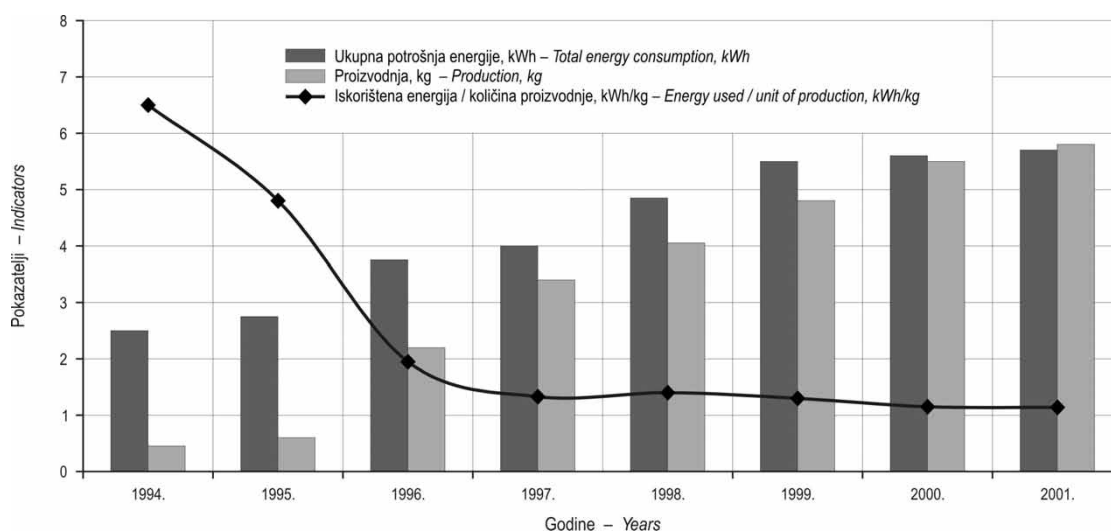
Imajući na umu značenje i važnost indikatora ekološke učinkovitosti, što pokazuju analizirani primjeri i izvori, smatralo se korisnim domaćoj znanstvenoj i stručnoj javnosti pružiti aktualne spoznaje i informacije o mogućoj primjeni pokazatelja ekološke učinkovitosti kao, uz klasična financijska mjerila, standardnoga dijela izvješća o poslovanju i učinkovitosti poduzeća.

3. Rezultati – *Results*

3.1 Radna knjižica indikatora ekološke učinkovitosti – kanadski pristup *Eco-efficiency workbook – Canadian approach*

Mnoga su poduzeća u Kanadi unutar tvrtke razvila interne pokazatelje ekološke učinkovitosti. U nastojanjima da se u kanadskim, ali i ostalim tvrtkama u svijetu dodatno potakne odgovorno gospodarenje energijom, vodom i otpadom, na više održanih nacionalnih okruglih stolova o okolišu i ekonomiji (NRTEE 1997, 1999, 2001) donesene su preporuke i smjernice za praćenje ekološke izvedbe u poslovanju te je razvijena metodologija koju tvrtke mogu koristiti u izračunu i izvještavanju ekoloških pokazatelja. Radna knjižica indikatora ekološke učinkovitosti ocrtava i definira glavne ekološke pokazatelje te pruža osnovne upute za tvrtke koje žele odrediti vrijednosti pokazatelja za svoju organizaciju. Knjižica sadrži upute i tablice te izračun za tri ključna pokazatelja ekološke učinkovitosti: intenzitet korištenja energije, vode i otpada, te uključuje definicije komplementarnih pokazatelja koji su povezani s tim temeljnim pokazateljima.

Prije primjene indikatora ekološke učinkovitosti poduzeća moraju donijeti neke preliminarne odluke i korake za prikupljanje podataka i izračun vrijednosti pokazatelja. Da bi se olakšao izračun i omogućile usporedbe tijekom vremenom (ili različitih objekata/tvrtki), poželjno je »normalizirati« energiju, materijale i korištenje vode te analize prilagoditi s obzirom na veličinu objekta ili promjene u proizvodnji



Slika 1. Energetski intenzitet u tvornici hrane (Izvor: NRTEE 2001a)

Fig. 1 Energy intensity in food production (Source: NRTEE 2001a)

tijekom vremena. Izračunati se pokazatelji određuju omjerom okolišnog opterećenja poduzeća i količine proizvoda ili vrijednosti usluga (izraz 2).

Ekološka učinkovitost =

$$\frac{\text{opterećenje okoliša}}{\text{količina ili vrijednost proizvoda / usluge}} \quad (2)$$

Ekološka se učinkovitost u tom slučaju izražava kao odnos MJ/t ili MJ/jedinica proizvoda, što se može razlikovati ovisno o davatelju usluge ili proizvodu koji tvrtke proizvode. Glavna svrha tih pokazatelja jest ocijeniti energiju i materijalnu produktivnost poduzeća tijekom vremena (slika 1).

U nastavku će se rada detaljnije prikazati ključni ekološki pokazatelji kanadskoga modela: indikator energetskoga intenziteta, vodnoga intenziteta i indikator intenziteta otpada.

3.1.1 Indikator energetskoga intenziteta – Energy intensity indicator

Temeljni pokazatelj energetskoga intenziteta mjeri sva izravna i neizravna goriva koja se koriste u proizvodnji proizvoda ili pružanju usluga. Mjeri se u MJ i uključuje električnu energiju te energiju dobivenu iz goriva kao što su plin, ulje, ugljen, koks, benzin i drugih izvora.

Indikator energetskoga intenziteta uključuje sljedeće energente koji su primjenjivi u procesu proizvodnje:

⇒ fosilna energija – energija koja se dobiva iz bilo kojega fosilnoga izvora ugljika, uključujući naftu, ugljen i prirodni plin

⇒ nefosilna energija – energija koja se dobiva iz bilo kojega nefosilnoga izvora, uključujući hidroelektrane, geotermalnu energiju, nuklearnu energiju i drugo

⇒ obnovljiva energija – energija proizvedena iz obnovljivih izvora (npr. drvo, vjetar, solarna energija i sl.)

Srž pokazatelja energetskoga intenziteta predstavlja ukupno potrošena energija iz svih izvora u roku obavljanja radnoga zadatka iskazana po količini ili vrijednosti proizvoda, odnosno usluge (izraz 3).

Energetski intenzitet =

$$\frac{\text{ukupna utrošena energija}}{\text{količina ili vrijednost proizvoda / usluge}} \left[\frac{\text{MJ}}{\text{t, \$}} \right] \quad (3)$$

Određivanje indikatora energetskoga intenziteta popraćeno je radnim listovima koji pomažu pri izračunu vrijednosti pokazatelja na razini pojedine organizacijske jedinice ili na razini tvrtke. Radna knjižica također sadrži skup komplementarnih indikatora energetske intenzivnosti koji pružaju perspektivu o dodatnim fazama u izradi proizvoda ili životnom ciklusu usluge. Te komplementarne pokazatelje karakterizira relativno jednostavan izračun, a odnose se na životni ciklus energije, neto energiju, energiju utrošenu za transport materijala, odnosno osoblja.

PRIMJER: Određivanje energetskoga intenziteta

Okvir projekta: proizvodnja biljne hrane (jedan objekt)

Vrijeme izvještavanja: 2 mjeseca

Nazivnik projekta: 3400 tona proizvodnje

Tablica 1. Srž indikatora energetskega intenziteta**Table 1** Core energy intensity indicator

Energetski izvor <i>Energy source</i>	Primjenjivo za mene? <i>Applicable to me?</i>	Brojčana vrijednost tijekom izvještajnog razdoblja <i>Numerical value over reporting period</i>	Jedinica <i>Unit</i>	Pretvorbeni faktor (za pretvorbu u MJ) <i>Conversion factor (to convert to MJ)</i>	Pretvorena vrijednost tijekom izvještajnog razdoblja <i>Converted value over reporting period</i>	Jedinica <i>Unit</i>
Električna energija <i>Electric energy</i>	Da – Yes	1 700 000	kWh	3,6 MJ/kWh	6 120 000	MJ
Prirodni plin <i>Natural gas</i>	Da – Yes	220 000	m ³	37,78 MJ/m ³	8 311 600	MJ
Ukupna energija <i>Total energy</i>					14 431 600	MJ

Energetski intenzitet =

$$\frac{14.431.600 \text{ MJ}}{3.400 \text{ t}} = 4,245 \text{ MJ/t proizvoda} \quad (4)$$

3.1.2 Indikator vodnoga intenziteta – *Water intensity indicator*

Korištenje vode u proizvodnji izaziva, zbog sve većih pitanja njezine kakvoće i dostupnosti, značajne probleme u poslovanju tvrtki. Kao rezultat toga indikator je vodnoga intenziteta prepoznat kao važan instrument u mjerenju, praćenju i izvještavanju o korištenju vode u tvrtkama u kojima je ona važan čimbenik proizvodnje. Iskazuje se kao m³ vode koja se koristi po jedinici proizvodnje ili pružanja usluge (izraz 5).

Intenzitet vode =

$$\frac{\text{potrošnja vode}}{\text{količina proizvodnje ili pružanja usluga}} \quad (5)$$

Ulazna voda koja se upotrebljava u procesu proizvodnje obuhvaća vodu uzetu iz vodovoda, cister-

ni, bunara ili drugih dostupnih izvora. Poduzeća uzimaju kao materijalnu sirovinu oborinsku vodu, snijeg i dr. U izračunu indikatora ekološke učinkovitosti prikupljaju se podaci sa svih izvora koji ulaze u razdoblje obavljanja radnoga zadatka i izvještajnog razdoblja.

Tijekom programa NRTEE razvijan je također i indikator koji govori o količini ispuštenih štetnih voda, no u radnim knjigama ne daju se posebne upute za izračunavanje takva indikatora štetnih voda.

PRIMJER: Određivanje vodnoga intenziteta – objekt proizvodnje biljne hrane (tablica 2)

$$\text{Intenzitet vode} = \frac{25.945 \text{ m}^3}{3.400 \text{ t}} = 7,5 \frac{\text{m}^3}{\text{t}} \quad (6)$$

3.1.3 Indikator intenziteta otpada – *Waste intensity indicator*

Otpad je svaki izlaz procesa proizvodnje koji se odlaže i/ili ispušta u okoliš i koji se ne smatra za

Tablica 2. Srž indikatora vodnoga intenziteta**Table 2** Core water intensity indicator

Izvor vode <i>Water source</i>	Primjenjivo za mene? <i>Applicable to me?</i>	Brojčana vrijednost tijekom izvještajnog razdoblja <i>Numerical value over reporting period</i>	Jedinice <i>Unit</i>	Pretvorbeni faktor (ako je potrebno) <i>Conversion factor (if needed)</i>	Pretvorena vrijednost tijekom izvještajnog razdoblja <i>Converted value over reporting period</i>	Jedinice <i>Unit</i>
Vodena tijela (cisterna) <i>Water bodies (cistern)</i>	Ne – No					m ³
Bunari <i>Wells</i>	Ne – No					m ³
Općinske zalihe <i>Municipal supply</i>	Da – Yes	900 000	ft ³	0,02832784 m ³ /ft ³	25 495	m ³
Drugo <i>Other</i>	Ne – No					m ³
Ukupna uzeta voda <i>Total water taken in</i>					25 495	m ³

Tablica 3. Srž indikatora otpadnoga intenziteta**Table 3** Core waste intensity indicator

Generirani otpad <i>Wastes generated</i>	Brojčana vrijednost tijekom izvještajnoga razdoblja <i>Numerical value over reporting period</i>	Jedinica <i>Unit</i>	Pretvorbeni faktor (ako je potrebno) <i>Conversion factor (if needed)</i>	Pretvorena vrijednost tijekom izvještavanja (ako je potrebno) <i>Converted value over reporting period</i>	Jedinica <i>Unit</i>	Iskorištenost otpada <i>Utilization of waste</i>	Količina <i>Quantity</i>	Jedinica <i>Unit</i>
Za odlagalište <i>To landfill</i>	150.000	kg		150.000	kg	Ne - No	0	kg
Za recikliranje <i>To recycling</i>								
Limenke <i>Cans</i>	25.000	kg		25.000	kg	Da - Yes	25.000	kg
Karton <i>Cardboard</i>	48.000	kg		48.000	kg	Da - Yes	48.000	kg
Drvo <i>Wood</i>	33.500	kg		33.500	kg	Da - Yes	33.500	kg
Plastika <i>Plastic</i>	250	kg		250	kg	Da - Yes	250	kg
Ukupno <i>Total</i>			Ukupno generirani otpad <i>Total wastes generated</i>	256.750	kg	Ukupno iskorišten otpad <i>Total wastes used</i>	106.750	kg

Intenzitet otpada =

$$\frac{\text{Ukupni materijal u procesu proizvodnje – materijal koji završava u proizvodu}}{\text{količina proizvodnje ili pružanja usluga}} \quad (7)$$

»namijenjeni«, glavni ili sporedni proizvod proizvodnoga procesa (emisija u zrak, vodu i tlo). Količine i vrste otpada u procesu proizvodnje važan su pokazatelj poslovanja poduzeća u skladu s danas naglašenom potrebom za smanjenjem količine otpada i njegova štetnoga utjecaja na okoliš. U tom smislu indikator otpadnoga intenziteta mjeri ukupne materijale (izravne i neizravne) koji ulaze u proizvodni ciklus i koji se ne ugrađuju u glavni ili sporedni proizvod (izraz 7).

Indikator intenziteta otpada obuhvaća sve materijale koji su relevantni za proizvod i/ili proces. »Relevantni« materijali su svi oni koji po masi čine više od 1 % od ukupne težine proizvoda i sporednih proizvoda koji napuštaju proizvodnu lokaciju (ciklus). Oni uključuju sve sirove materijale, pakiranja povezana s ulazom svih proizvoda i ispuštanja u okoliš. Materijali mogu biti u krutom, tekućem ili plinovitom stanju. Količina goriva u kilogramima je kao materijal također uključena u izračun intenziteta otpada, dok se količina vode ne uključuje u pokazatelje otpadnoga intenziteta kao ni otpad povezan s kapitalnim investicijama u sklopu projekata. Osim materijala koji završavaju u kontejnerima, koji se mogu prodati ili reciklirati, otpad uključuje i tvari koje se ispuštaju u vodu i zrak, što se u nekim slučajevima treba pratiti i prikazivati u posebnim izvješćima.

U izračunu indikatora intenziteta otpada postoje dva moguća načina: pristup bilance mase i pristup izlaza otpada. Za tvrtke čiji se proizvodni procesi uglavnom temelje na kemijskim proizvodima (npr. proizvođači kemikalija i plastike) ili imaju nekoliko ulaznih materijala, relativno je jednostavno primijeniti pristup bilance mase. Za tvrtke s relativno velikim brojem ulaznih materijala (npr. industrija hrane i automobilska industrija) pogodniji je pristup izlaza otpada.

Kod pristupa bilance mase potrebno je prikupiti podatke o materijalima koji ulaze i izlaze iz okvira projekta (radnoga ciklusa) u izvještajnom razdoblju (primjer – tablica 3).

PRIMJER: Određivanje intenziteta otpada (objekt proizvodnje biljne hrane)

$$\text{Intenzitet otpada} = \frac{106.750 \text{ kg}}{3.400 \text{ t}} = 75 \frac{\text{kg}}{\text{t}} \quad (8)$$

3.2 Indikatori ekološke učinkovitosti – švicarski pristup – *Eco-efficiency indicators – Swiss approach*

Prikaz švicarskoga pristupa napravljen je na osnovi jednoga od prvih dokumenata kojim se pokušava dati opći pregled i rješenje problema ekološke učinkovitosti te pružiti upute za korisnike i proizvo-

đače (Mueller i Sturm 2001). Izradu takva izvještaja potaknuo je UN i procesi kao što je protokol iz Kyota. U okviru smjernica za uspješnije poslovanje, bolju iskorisćenost resursa i manju onečišćenost okoliša izrada je izvještaja podržana na konvencijama u Montrealu i Baselu (Basel 1996, Montreal 1987).

Cilj je izvještaja pružiti podloge za prepoznavanje, odabir i izgradnju najkorisnijih pokazatelja ekološke učinkovitosti. Ti pokazatelji trebaju biti globalno prepoznatljivi, normirani i usporedivi. Stavljanje ekoloških karakteristika u odnos s financijskim nužno je kako bi se sve stavke zaštite okoliša izračunavale na istoj osnovi kao i financijske. Pokazatelji ekološke učinkovitosti pritom mogu biti generički – općenito primjenjivi u svim poduzećima ili specifični za neku industriju. Prednost je generičkih pokazatelja u mogućnosti njihove primjene u svim tvrtkama i svim sektorima u svijetu uz mogućnost međusobne usporedbe. U nastavku se rada daje kratak opis pet generičkih pokazatelja ekološke učinkovitosti prema švicarskomu modelu.

3.2.1 Indikator inputa neobnovljive primarne energije – *Non-renewable primary energy input*

Slično kao i indikator energetskega intenziteta u kanadskom pristupu, ovaj se indikator odnosi na korištenje energije i ulogu koju tvrtke imaju u potrošnji, odnosno rješavanju problema neobnovljivih izvora primarne energije. Problematika, na primjer, obuhvaća različite energetske tvrtke koje koriste neobnovljive izvore (vodu, ugljen, fosilna goriva) za proizvodnju električne energije. Ključno pitanje u tome jest da li jedan kilovatsat energije kupljene od tih poduzeća odgovara jednomu kilovatsatu primarne neobnovljive energije. Jednostavno pretvaranje različite energije u zajedničku jedinicu kao što je kWh ili MJ pritom ne daje nikakvu naznaku o količini neobnovljivih izvora energije koji su korišteni za proizvodnju kupljene energije. Stoga postoji potreba za razvojem globalno prihvatljivoga pretvorbenoga faktora između količine kupljene energije i utrošenih neobnovljivih izvora primarne energije.

Neobnovljivi izvori primarne energije koji su potrebni za generiranje određene količine električne energije koju je kupilo neko poduzeće mogu se odrediti uz pomoć procjene životnoga ciklusa (eng. *Life Cycle Assessment*, Vigonet 1993). Taj je podatak specifičan za svaku zemlju ili regiju jer iznimno ovisi o energetskej mješavini i tehnologiji koja se primjenjuje za proizvodnju električne energije (Mueller i Sturm 2001). Odgovarajući pretvorbeni faktori za neke oblike i izvore energije prikazani su u tablici 5.

3.2.2 Indikator iskorištenosti vode – *Water usage*

Iskazivanje indikatora iskorištenosti vode veza- no je uz osiromašenje slatkovodnih voda. Problemi

koji se pri tome trebaju sagledavati dvojaki su – osiromašenje uzrokovano ekstrakcijom pitke vode i osiromašenje uzrokovano onečišćenjem pitke vode. Da bi se obuhvatila oba problema, poduzeća trebaju s jedne strane računati ukupan iznos vode koju upotrebljavaju i s druge strane poznavati učinak, odnosno posljedicu te upotrebe. Pritom se može razlikovati:

- 1) voda koja se kemijski mijenja – onečišćena kemikalijama
- 2) voda koja se fizički mijenja – niska i visoka temperatura.

U uvjetima nedostatka vode, onečišćenosti vode i dodatnoga nepovoljnoga utjecaja onečišćene vode na okoliš indikator intenziteta i načina korištenja vode predstavlja značajnu informaciju o razini ekološkoga postupanja i čini važan industrijski pokazatelj, što se osobito odnosi na kemijsku industriju. U procjeni upotrebe vode također je važno odabrati ispravan pristup. Primjerice, utjecaj i značenje 1000 litara vode koja se upotrebljava u pustinji nije jednak s 1000 litara vode koja se koristi u nekom poduzeću u Skandinaviji. Jednako tako mora postojati i razlika u procjeni pristupa vodi koja se upotrebljava u vodom bogatoj regiji i vodom siromašnoj regiji. Prema tome, količina vode koja se upotrebljava i način na koji se upotrebljava moraju se pažljivo tumačiti, za što je potrebno imati točne i valjane informacije.

3.2.3 Indikator doprinosa globalnomu zatopljenju *Global warming contribution*

Indikator globalnoga zatopljenja sastoji se u odabiru onih stavki zaštite okoliša koje su potrebne za izračun pokazatelja o globalnom zagrijavanju. Temelji se određivanje toga indikatora jest dogovor Međunarodne komisije o klimatskim promjenama (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC 1996) koja je istaknula i za svaku regiju navela velik broj kemikalija koje pridonose zatopljenju. Protokolom iz Kyota posebno je izabrano šest specifičnih spojeva koji se zasebno prate i koriste u mjerenju i izračunu nacionalnih ciljeva na smanjenju onečišćenosti. To su:

- ⇒ ugljični dioksid
- ⇒ metan
- ⇒ dušikov oksid
- ⇒ fluorogljikovodici
- ⇒ sumporni oksidi
- ⇒ hidrofluorogljik.

Posebna pažnja među navedenim spojevima poklanja se ugljičnomu dioksidu koji najviše pridonosi zagrijavanju. Velike količine CO₂ pritom zauzima CO₂ koji dolazi iz neobnovljivih izvora energije. Na primjer, neka tvrtka kupuje električnu energiju dobivenu u elektrani na ugljen, dok druga tvrtka koristi ugljen za proizvodnju električne energije na licu mjesta. Izračun emisije CO₂ temelji se na količini ener-

gije koju je prva tvrtka kupila i koja iznosi nula CO₂, dok bi druga tvrtka imala značajne pokazatelje emisije jer prilikom proizvodnje električne energije ispušta CO₂. Ako je emisija CO₂ temeljena na inputu neobnovljive energije potrebne za određenu količinu kupljene energije, problem je riješen pomoću odgovarajućih faktora konverzije za emisiju CO₂.

3.2.4 Indikator doprinosa osiromašenju ozona *Contribution to ozone depletion*

Pri odabiru stavki u procjeni indikatora osiromašenja ozona primjenjuju se zaključci Montrealskoga protokola (1987) koji definira popis tvari koje pridonose osiromašenju ozona. Protokol ne pokriva samo aktualne emisije, već i tvari koje oštećuju ozonski omotač kada se njima koristimo u zatvorenim sustavima (potencijalna emisija).

Različite emisije klorofluorouglikovodika (TOOO) imaju različit utjecaj na osiromašenje ozonskoga omotača. Pritom jedan kilogram freona₁₁ (CFC₁₁) koji ispušta poduzeće ne odgovara jednomu kilogramu koji emitira klorofluorouglikovodik (CFC₁₁₃), stoga se mora učiniti prilagodba. Takav se obračun može obaviti prema konceptu »ozonskih potencijala« koji je definiran Montrealskim protokolom »Montreal 1987« i »IPCC 1996«.

Svi su onečišćivači karakterizirani po svojem ozonskom potencijalu koji označuje utjecaj kojim oni mogu pridonijeti uništenju omotača, i čija je veličina određena u odnosu na referentne tvari (CFC₁₁). Tako se različite emisije koje oštećuju ozonski omotač mogu pomnožiti s njihovim ozonskim potencijalom. Jednom kada su sve emisije izražene u odgovarajućem

potencijalu ozonskoga osiromašenja, tada se onečišćenje može zbrojiti i izraziti jednom brojkom.

3.2.5 Indikator odloženoga otpada – *Waste disposed*

Otpad se može definirati kao materijal s negativnom ekonomskom vrijednosti. Isto se tako može definirati u dva toka, kao:

⇒ čvrsti nemineralni otpad

⇒ tekući otpad.

Zbrinjavanje otpada koji je mineralnoga sastava ne smatra se velikim problemom, ali na opasan otpad – čvrsti i tekući – treba usmjeriti posebnu pozornost. Popis štetnih tvari pritom je propisan konvencijom u Baselu (1996).

Između različitih vrsta otpada postoje značajne razlike u kvaliteti otpada (otrovnost, sadržaj kritičnih tvari i sl.). Stoga se različite vrste otpada ne mogu jednostavno stavljati na popis i samo zbrajati njihove količine. Postoji potreba za procjenom vrsta i količine otpada, odnosno konsenzus i propisana metodologija u pristupu različitim vrstama otpada. Nepostojanje takva konsenzusa i metodologije razlog je što se otpad može opisati samo u općim pojmovima.

3.3 SWOT analiza primjene indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvu *SWOT analysis of the application of eco-efficiency indicators in forestry*

Da bi se spoznala uloga i dimenzije vrednovanja i praćenja ekološke sastavnice u poslovanju tvrtki te da bismo se ispravno odredili prema općim pitanjima primjene indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvu, nužno je sagledati sve utjecaje i posljedice

Tablica 4. Dijagram SWOT analize za primjenu indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvu

Table 4 SWOT analysis of eco-efficiency indicators in forestry

SNAGE – STRENGTHS	SLABOSTI – WEAKNESSES
Bolji imidž poduzeća – <i>Better company image</i> Manja onečišćenost okoliša – <i>Less environmental pollution</i> Modernizacija i informatizacija tvrtke – <i>Company modernization and computerization</i> Bolje i sustavnije praćenje inputa i outputa u proizvodnom procesu – <i>Better and more systematic monitoring of inputs and outputs in the production process</i>	Povećanje birokratske procedure i papirologije – <i>Increase in bureaucratic procedures and paperwork</i> Nepoznavanje metodologije, procesa implementacije i praćenja ekoindikatora – <i>Lack of knowledge on methodology, implementation process and monitoring of eco-indicators</i> Manjak stručnoga kadra – <i>Lack of skilled staff</i> Mogućnost krivoga očitavanja, praćenja i tumačenja – <i>Possibility of incorrect readings, monitoring and interpretation</i>
PRILIKE – OPPORTUNITIES	PRIJETNJE – THREATS
Prednost pri dobivanju natječaja za obavljanje određenoga posla – <i>Advantage in winning the tender for the execution of certain works</i> Potreba za zapošljavanjem visoko obrazovanoga i stručnoga kadra – <i>Need for employment of highly educated and skilled staff</i> Racionalizacija u potrošnji energije i resursa – <i>Rationalization of energy consumption and resources</i> Razvoj inovacijskih rješenja u zbrinjavanju otpada – <i>Development of innovative solutions in waste management</i>	Gubitak poslova zbog niske svijesti prema očuvanju okoliša – <i>Loss of business due to low environmental awareness</i> Gubitak prihoda i radnih mjesta (odlazak radnika) – <i>Loss of income and jobs (workers loss)</i> Manja učinkovitost zbog papirologije – <i>Lower efficiency because of the paperwork</i>

u procesu njihove primjene. Analiza situacije i prepoznavanje svih prednosti i nedostataka moguće primjene ekoloških pokazatelja važno je za određivanje odgovarajuće strategije poduzeća i odgovorno djelovanje u korist unapređenja poslovanja u šumarstvu. Zato je u radu napravljena SWOT analiza koja treba omogućiti zauzimanje stajališta o prihvaćanju i uvođenju indikatora ekološke učinkovitosti u šumarstvo (tablica 4).

3.4 Mogućnost primjene u hrvatskom šumarskom sektoru – *Possible applications in Croatian forestry sector*

Zbog u javnosti razvijene svijesti o važnosti ekološke izvedbe poduzeća te sve veće potrebe energetske učinkovitosti i racionalne potrošnje energenata i materijala u procesu proizvodnje tvrtke koje svoju poslovnu aktivnost provode u hrvatskom šumarskom sektoru, u skoroj će budućnosti, jednako kao i razvijene tvrtke iz mnogih industrija u svijetu, morati osmisliti i implementirati za njihove potrebe najkorisnije pokazatelje ekološke učinkovitosti. Na temelju

Tablica 5. Faktor konverzije energenata za izračun energetskoga intenziteta u šumarstvu

Table 5 Conversion factors for calculating energy intensity in forestry

Tip goriva - Fuel	Jedinica Unit	Faktor konverzije (MJ) Conversion factor (MJ)
Kruta goriva - Solid fuels		
Antracit - Anthracite	kg	27,70 ¹
Kameni ugljen - Coal	kg	29,03 ²
Mrki ugljen - Brown coal	kg	29,3 ²
Lignit - Lignite	kg	12,56 ²
Koks - Coke	kg	28,83 ¹
Tekuća goriva - Liquid fuels		
Motorni benzin - Gasoline	l	34,66 ¹
Dizel - Diesel	l	38,68 ¹
Biodizel - Biodiesel	l	-
Loživo ulje - Light fuel oil	l	41,73 ¹
Ukapljeni naftni plin (autoplin) Liquid propane gas (autogas)	l	25,7 ³
Petrolej - Petroleum	l	42,38 ¹
Maziva ulja - Lubricating oils	l	40,00 ⁴
Plinovita goriva - Natural gas		
Prirodni plin (grijanje, kuhanje) Natural gas	m ³	37,78 ¹
Propan - Propane	l	25,53 ¹
Butan - Butane	l	28,62 ¹
Biomasa - Biomass		
Drvena biomasa - Wood biomass	kg	18,00 ¹
Električna energija - Electricity	kWh	3,6 ¹

¹ NRTEE 2001, ² Goić 2006, ³ Dobovišek i dr. 2005, ⁴ <http://www.natural-gas.com.au/about/references.html#>

dosad provedenih istraživanja i proučenih primjera dva se pokazatelja ekološke učinkovitosti smatraju trenutno najprimjerenijim za primjenu u šumarska poduzeća: indikator energetskoga intenziteta u pridobivanju drva i indikator vodnoga intenziteta pri radovima na biološkoj zaštiti šuma (avionsko tretiranje) i u rasadničkoj proizvodnji.

⇒ Pokazatelj energetskoga intenziteta pri pridobivanju drva: mjeri sva izravna i neizravna goriva koja se koriste za proizvodnju drvnoga sortimenta. Indikator se iskazuje u MJ uz pomoć faktora konverzije (tablica 5) i uključuje električnu energiju (hladni pogon – šumarije, radne jedinice) te energiju dobivenu iz goriva kao što su drvo, plin, ulje, ugljen, koks i drugi izvori. Time se utvrđuje ukupna količina energije utrošena po jedinici proizvodnje – MJ po m³ pridobivenoga drva.

⇒ Pokazatelj vodnoga intenziteta pri radovima na biološkoj zaštiti šuma i u rasadničkoj proizvodnji: može biti koristan za izvješćivanje, praćenje i mjerenje intenziteta upotrebe vode po pojedinim organizacijskim jedinicama (šumarija, radna jedinica, rasadnik) te pri provođenju aktivnosti avionskoga tretiranja šuma protiv određenih šumskih štetnika. Mjeri se odnos upotrebe vode i postignutoga učinka, a iskazuje se u obliku omjera između količine inputa koji se koristi – kubika vode (m³) i jedinice površine (m², ha), drvene zalihe koja se tretira ili broja sadnica u rasadniku.

4. Rasprava sa zaključcima – *Discussion and conclusions*

Na današnjem globalnom tržištu tvrtke su primorane u svoje poslovanje ugraditi brigu o zaštiti okoliša i slijediti glavne elemente ekološkoga ponašanja u proizvodnji i poslovanju. Razlog tomu su sve veći zahtjevi da tvrtke slijede strategiju ekološke učinkovitosti kojom se smanjuju štete koje određeno poduzeće prouzrokuje u okolišu. Ekološka se učinkovitost pritom nikako ne smije promatrati isključivo kroz smanjenu uporabu resursa i jednostavnu štednju energenata. Štednja sama po sebi razumijeva tek jednostavno odricanje od raspoloživih resursa, dok se energenti trebaju učinkovito i pametno koristiti tako da se ne narušavaju uvjeti rada, proizvodnje i življenja i da se istodobno smanjuju štetni utjecaji na okoliš, oslobađanje štetnih spojeva, onečišćenje vode, odlaganje otpada i sl. Treba naglasiti da poboljšana ekološka učinkovitost u proizvodnji i poslovanju poduzeća rezultira smanjenom potrošnjom resursa i energenata za istu količinu proizvoda ili usluge, što u konačnici donosi i proporcionalne novčane uštede. Samim time se također postiže i pozi-

tivan, »ekološki imidž« čime se povećava vrijednost i ugled poduzeća.

Što se tiče razvoja metodologije vrednovanja ekološke učinkovitosti i primjene indikatora ekološke učinkovitosti, najveći su iskorak napravile Kanada i Švicarka, a poseban zamah u primjeni ekoloških pokazatelja zamijećen je u automobilske, prehrambene i IT industriji. Mnoge su tvrtke razvile vlastite ključne interne ekološke pokazatelje za potrebe rutinskoga praćenja i izvještavanja o pokazateljima energije, vode i otpada. Budući da su ti pokazatelji vrlo često razvijeni unutar samih tvrtki ili pojedinih poslovnih sektora, njihove vrijednosti kao i oni sami, teško su međusobno usporedivi. Nastojanja na normiranju svih postupaka, od definicije ekološke učinkovitosti i ekoloških pokazatelja, metodologije određivanja i pravilnoga izračuna te izvještavanja o ekološkoj učinkovitosti, trebala bi pomoći u postavljanju i ugradnji mjerljivih ekoloških pokazatelja za tvrtke i olakšati usporedbu između pojedinih poduzeća i poslovnih sektora.

S gledišta šumarskoga sektora pitanja ekološke učinkovitosti dosada su najčešće bila izravno vezana uz neposredne radove na pridobivanju drva i problematiku ekoloških učinaka pri izvođenju šumskih radova (oštećivanje sastojine, tla, stabala i sl.). Ekološka učinkovitost šumarskoga poduzeća što se tiče potrošnje energije (energenata) i vode i stvaranja otpada tijekom proizvodnje proizvoda i pružanja usluga dosada nije bila predmetom razmatranja u hrvatskom šumarstvu. U slučaju prihvaćanja i eventualne primjene ekoloških pokazatelja u iskazivanju energetske i materijalne učinkovitosti šumarskoga poduzeća, osim izvještavanja o učinkovitosti poduzeća putem standardnih financijskih pokazatelja, trebalo bi:

- ⇒ razviti vlastitu metodologiju praćenja, izračunavanja i izvještavanja o ekološkoj učinkovitosti organizacijskih jedinica i poduzeća u cijelosti
- ⇒ metodologiju i primjenu vrednovanja ekološke učinkovitosti uskladiti s već razvijenim pristupima i generičkim pokazateljima koji su široko primjenjivi i međusobno usporedivi
- ⇒ smanjiti negativne učinke na okoliš primjenom novih tehnologija koje su prilagođene ekološkim standardima na regionalnoj i svjetskoj razini
- ⇒ u procesu racionalizacije smanjiti količinu inputa po jedinici proizvoda (energenti, voda, potrošni materijal) te emisiju plinova, toksičnih materijala i dr.

Provedbom navedenih koraka moguće je razvojem ekološke i energetske učinkovitosti šumarskoga poduzeća istodobno osigurati ostvarenje ekonomskih načela u proizvodnji i poslovanju. Učinkovito korištenje i manja potrošnja energenata i materijala, smanjena emisija plinova i toksičnih tvari, manje količine otpada i bolje gospodarenje pritom prido-

nose smanjenju ukupnih troškova i povećanju ekonomičnosti samoga poduzeća. Postizanjem zadovoljavajuće razine ekološke učinkovitosti poduzeće također u očima javnosti, potrošača i ulagača razvija imidž ekološki osviještene tvrtke, što može pružiti kompetitivnu prednost na dinamičnom nacionalnom ili globalnom tržištu. Sve navedeno potrebno je ozbiljno razmotriti kako bismo u budućnosti i brojnim izazovima koji tek dolaze mogli odgovorno djelovati u korist unapređenja poslovanja u hrvatskom šumarstvu.

5. Literatura – References

- Anon, 1989: Statistics Canada, Quarterly report on energy supply-demand in Canada, 57-003 (Ottawa).
- Bartolomeo, M., 1998: About the Usefulness of Environmental Performance Evaluation. Turin, Fondazione Eni Enrico Mattei.
- Dobovišek, Ž., A. Hribernik, N. Samec, F. Kokalj, 2005: Emisija ugljičnog dioksida pri izgaranju motornih goriva. Goriva i maziva, 44 (2): 109–131.
- Goić, R., 2006: Opća energetika – zbirka prezentacija, Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split (izvor: <http://www.fesb.hr/~rgoic/oe/p1.pdf>).
- IPCC, 1996: The science of Climate Change, Contribution by Working Group One to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), London, 1996.
- ISO, 1996: Environmental Management – Environmental Performance Evaluation – Guideline. International Organization of Standardization (ISO), ISO/WD 14031.5, Geneva.
- Müller, K., A. Sturm, 2001: Standardized Eco-Efficiency Indicators – Report 1: Concept Paper. Revision: 1.0.5., Ellipson 2001, 1–72.
- NRTEE, 1997: Backgrounder, Measuring Eco-efficiency in Business. National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE), Ottawa, 1–61.
- NRTEE, 1999: Measuring Eco-efficiency in Business: Feasibility of a Core Set of Indicators: National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE), Ottawa, 1–55.
- NRTEE, 2001a: Eco-efficiency workbook – Calculating Eco-efficiency indicators: A Workbook for Industry. National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE), Ottawa, 1–59.
- NRTEE, 2001b: Extended Eco-efficiency Indicator Testing. Final Report, National Round Table on the Environment and the Economy (NRTEE), Ottawa.
- Piet, J., 1994: Environmental Performance Indicators; In Holland Management Review. Deloitte Touche Tohamatsu: The Netherlands, 41 str.
- Sturm, A., K. Müller, S. Upasena, 2004: A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators – Version 1.1. United Nation Conference on Trade and Development (UNCTD), New York and Geneva, 1–114.

Šporčić, M., I. Martinić, M. Landekić, M. Lovrić, 2009: Measuring efficiency of organisational units in Forestry by nonparametric model. *Croatian Journal of Forest Engineering* 30 (1): 1–13.

UNEP, 2000: Montreal Protocol on Substances That Deplete the Ozone Layer. As revised and amended by the second meeting of the Parties (London: 27-29 June 1990) fourth (Copenhagen) and seventh (Vienna) Montreal, Ozone Secretariat, United Nations Environment Programme, 1–47.

UNEP, 2011: Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Waste and their Disposal, Designed and printed by the Publishing Service, United Nations, Basel, 1–124.

Verfaillie, H. A., R. Bidwell, 2000: Measuring Eco-efficiency — A Guide to Reporting Company Performance. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Geneva, 1–39.

Vigonet, B. W., et al., 1993: Life cycle assessment: Inventory guidelines and principles, EP A/600/R-92/245 (Cincinnati, OH: U.S. Environmental Protection Agency). Cincinnati, Ohio, 1–108.

WBCSD, 1996: Eco-Efficient Leadership for Improved Economic and Environmental Performance. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), Geneva, 1–16.

WBCSD, 2000: Eco-Efficiency Indicators & reporting: report on the status of the project. A basis for the finale printed report. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).

WCED, 1987: Our Common Future. World Commission on Environment and Development (WCED), Oxford: Oxford University Press, 1–300.

www.natural-gas.com.au/about/references.html

Abstract

Possibilities of Application of Eco-Efficiency Indicators in Business Evaluation of Forest Enterprises

The paper presents the concept of eco-efficiency in business management and analyzes the possibilities of applying eco-efficiency indicators in forestry. It explains the correlation between environmental and financial performance of enterprises and provides classification and review of the main eco-efficiency indicators: energy intensity indicator, water intensity indicator, waste intensity indicator, indicator of global warming and ozone depletion. The overview of foreign models and experiences included the Canadian and Swiss examples with the recommendations and guidelines for monitoring environmental performance in business operations, and methodologies developed in these countries used for identifying, measuring and monitoring environmental indicators. The paper also included the SWOT analysis of the application of eco-efficiency indicators in forestry. The aim of this paper is to show the significance and contribution of eco-efficiency indicators in assessing the performance of enterprises, to process the methodology of developing and standardizing eco-efficiency indicators, and to examine the possibilities of their application in forestry.

Keywords: company eco-efficiency, eco-efficiency indicators, forestry, forest enterprises

Adresa autorâ – Authors' addresses:

Doc. dr. sc. Mario Šporčić
e-pošta: sporcic@sumfak.hr
Matija Landekić, dipl. inž.
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr
Prof. dr. sc. Ivan Martinić
e-pošta: martinic@sumfak.hr
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije,
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Svetošimunska 25
HR-10 000 Zagreb
Franjo Galić
Ruškova 17
HR-44 316 Velika Ludina

Received (Primljeno): 16. 09. 2011.

Accepted (Prihvaćeno): 15. 12. 2011.

Stanje i pregled gospodarenja šumama u Poljskoj

Mario Šporčić, Matija Landekić, Marko Lovrić, Ivan Bulka, Ivica Papa

Nacrtak – Abstract

U radu se prikazuje sadašnje stanje šuma u poljskom šumarstvu. Pregled gospodarenja šumama obuhvaća prikaz šumskih resursa i njihovih značajki, strukturu vlasništva nad šumama i šumskim zemljištima, dobnu strukturu sastojina i sastav vrsta. Opisuje se proizvodna funkcija poljskih šuma, vrste sječa te organizacija državnoga šumarstva, kao i drugi aspekti šumskoga gospodarenja u Poljskoj. Uspoređeni su i pojedini pokazatelji s Hrvatskom i drugim europskim zemljama.

Ključne riječi: šumarstvo, gospodarenje šumama, stanje šuma, drvena zaliha, etat, Poljska

1. Uvod – Introduction

Poljska je srednjoeuropska država koja graniči s Njemačkom i Češkom na zapadu i jugozapadu, Slovačkom na jugu, Ukrajinom, Bjelorusijom i Litvom na istoku te Rusijom (tj. ruskim teritorijem Kalinjingradska oblast) i Baltičkim morem na sjeveru. Ime Poljska, koje se pojavljuje sredinom 11. stoljeća, dolazi od drevnoga slavenskoga plemena Polanie (»oni koji žive na polju«, doslovno 'poljaci'), koje se naselilo u nizinama između Odre i Visle nakon pada Rimskoga Carstva u 5. stoljeću.

Od srednjega vijeka pa sve do kraja 18. stoljeća šume su u Poljskoj smatrane mjestima kojih se putnici i običan puk trebaju kloniti, jer su po tadašnjim vjervanjima pružale utočište razbojnicima i zlim duhovima. Međutim, šume su bile i dom brojnim šumarima, drvosječama i njihovim obiteljima koji su nastojali, što su bolje mogli, iskoristiti sve ono što im je šuma nudila. Ti su ljudi živjeli od onoga što šuma može proizvesti. Bavili su se skupljanjem i prodajom smole koja se koristila za osvjetljavanje ulica, sječom drva za građevinske radove skupljanjem vapna, voska, meda, hmelja, gljiva i svega drugoga što su mogli naći u šumi i prodati u selima izvan nje. Obitelji drvosječa proizvodile su vlastitu hranu baveći se lovom i vrtlarstvom te proizvodnjom vlastite odjeće. Zbog svoje izoliranosti od društva u cjelini drvosječe i njihove obitelji razvili su poseban način izgradnje nastambi, poseban stil odijevanja, glazbe, šivanja, posebni dijalekt te običaje i proslave.

Šume su prirodno nasljeđe Poljske koje dugoročno predstavlja stanje i razvoj društva na nacional-

noj, europskoj ili svjetskoj razini. Pomoću šuma moguće je promatrati način i sliku kako se mijenjalo i razvijalo poljsko društvo i država jer su one njihov odraz. Šume također predstavljaju tradicionalnu povezanost ljudi i prirode i važan su dio složenoga imidža svake zemlje, pa tako i Poljske. Da bi se prikazalo stanje i dao pregled gospodarenja šumama u Poljskoj, u radu se opisuje sadašnja situacija poljskoga šumarstva, prikazuju se šumski resursi i struktura vlasništva, dobna struktura i sastav vrsta, funkcije šuma, vrste sječa, organizacija državnoga šumarstva i drugi aspekti šumskoga gospodarenja u Poljskoj. Namjera je pružiti informacije o stanju šumarstva u Poljskoj i u pojedinim pokazateljima omogućiti usporedbe s drugim europskim zemljama.

2. Materijal, metode i ciljevi – Material, methods and aims

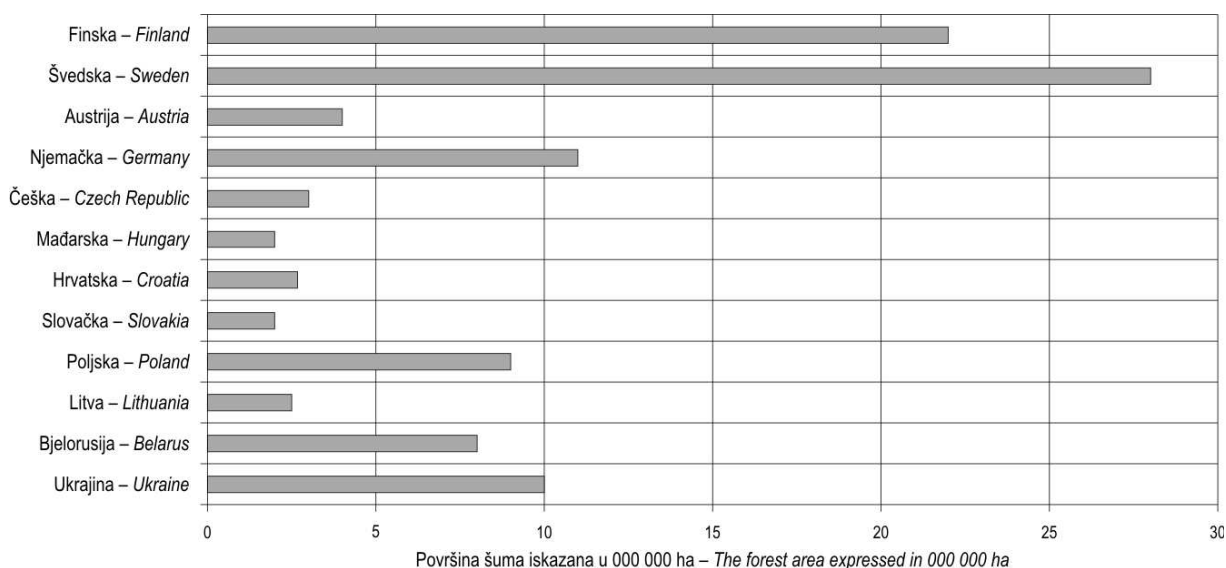
Ovaj je pregled rezultat pretraživanja dostupne literature i *on-line* izvora navedenih u zadnjem dijelu rada pri čemu su glavni izvor izvješća državnoga šumskoga poduzeća o stanju šuma u Poljskoj. Zakon o šumama (*Forest Act*) od 28. rujna 1991. s kasnijim amandmanima Državnomu šumskomu poduzeću »Državne šume« (*State Forests National Forest Holding*) propisao je obvezu da jednom godišnje izrade izvještaj i predoče podatke o gospodarenju šumama u poljskom šumarstvu. Objavljene knjižice državnoga šumskoga poduzeća »Šume u Poljskoj 2010.« i »Državne šume u brojkama 2010.«, koje su korištene u izradi ovoga rada, skraćeni su oblik takva godišnjega iz-

vješća s pokazateljima šumskoga gospodarenja za 2009. godinu. Izvještaj je sastavljen pomoću podataka dobivenih od Ministarstva okoliša, Opće uprave »Državnih šuma«, Instituta za šumarska istraživanja u Varšavi, Središnjega ureda za statistiku, Ureda za gospodarenje šumama i geodeziju te dostupne međunarodne statistike.

Izvještaj opisuje stanje šuma svih oblika vlasništva za 2009. godinu te nudi usporedbu s podacima za prijašnje godine. Gdje god je to bilo moguće i opravdano, u radu su podaci uspoređivani i s poda-

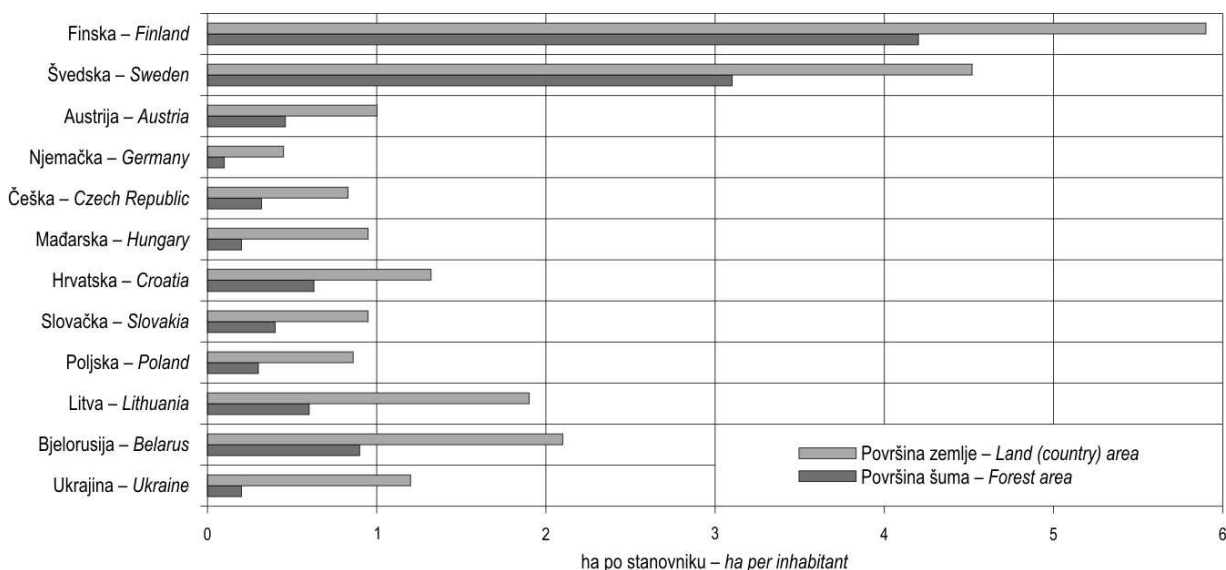
cima drugih europskih zemalja čiji su klimatski i drugi uvjeti slični onima u Poljskoj. To su npr. Njemačka, Austrija, Češka, Slovačka, Mađarska, Litva, Finska, Švedska i dr.

Istraživanje je provedeno u okviru izrade diplomskog rada iz kolegija Organizacija proizvodnje u šumarstvu na Šumarskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu (Bulka 2011). Namjera je bila da se pruži informacija o poljskom šumarstvu, prikaže stanje i dade pregled gospodarenja šumama u Poljskoj te omogući usporedba s prilikama u našoj zemlji.



Slika 1. Ukupna šumska površina

Fig. 1 Total forest area



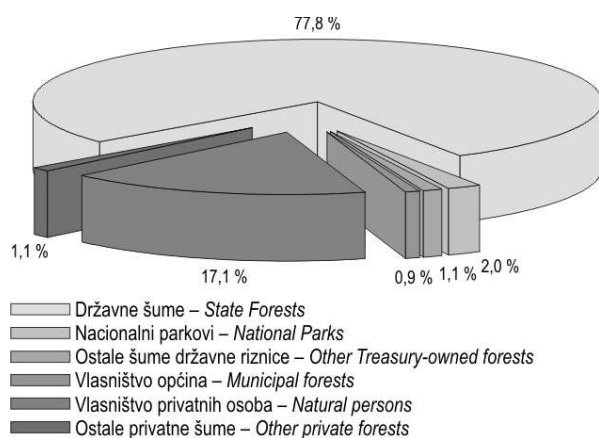
Slika 2. Odnos ukupne površine i površine šuma prema broju stanovnika

Fig. 2 Forest area against total land area per inhabitant

3. Šumski resursi u Poljskoj – *Forest resources in Poland*

3.1 Površina šuma i šumskoga zemljišta *Forest area and forest cover*

Šume su nekoć pokrivale gotovo cijelu Poljsku. Još krajem 18. stoljeća, unutar tadašnjih granica, šumom je bilo obraslo 40 % teritorija. Ta je brojka do 1945. godine pala na samo 20,8 %. Dugogodišnje krčenje šuma rezultiralo je narušavanjem strukture, smanjenjem biološke raznolikosti, degradacijom krajolika, erozijom tla i poremećajem razine voda. Obrnuti se proces počeo događati između 1945. i 1970. godine kada je površina šuma u Poljskoj povećana na 27 % kao rezultat pošumljavanja 933,5 tisuća hektara u tom razdoblju.



Slika 3. Vlasnička struktura šuma u Poljskoj
Fig. 3 Ownership structure of forests in Poland

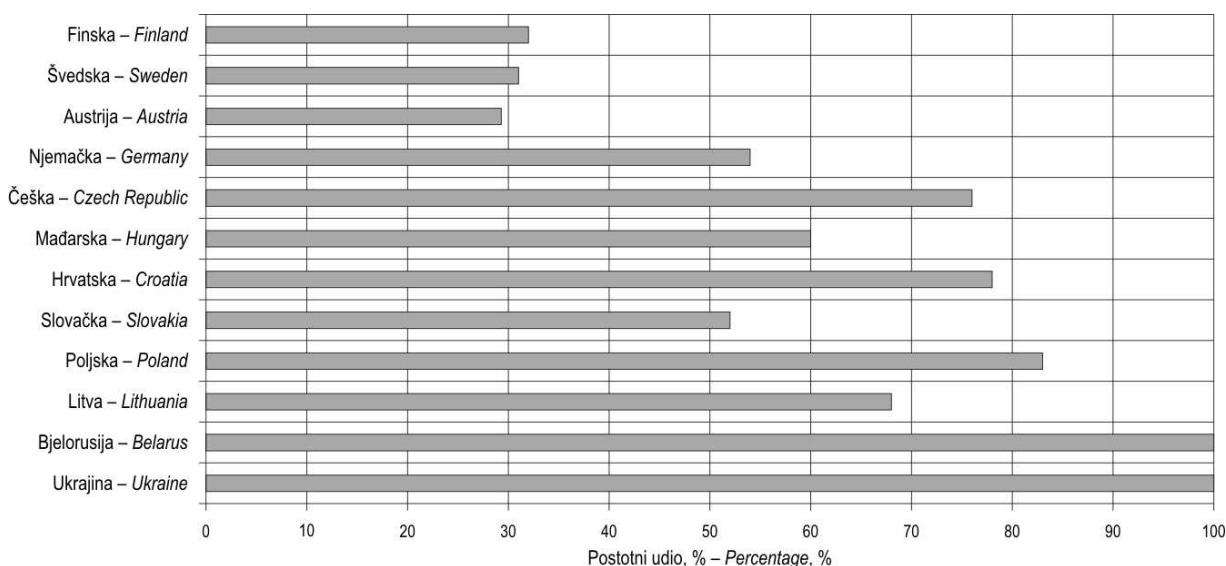
Danas, prema podacima Središnjega ureda za statistiku, šume zauzimaju 9,1 milijun hektara, što je 29,1 % ukupne površine Republike Poljske. Prema međunarodnomu standardu (koji uzima u obzir zemljišta i površine povezane sa šumskim gospodarenjem) ukupne šumske površine s 31. prosincem 2009. iznose 9,3 milijuna hektara, što stavlja Poljsku u grupu zemalja, poslije Finske, Švedske i Njemačke, s najvećim površinama šuma (slika 1). Navedeni udio šuma i šumskih zemljišta od 30,3 % ukupne površine Poljske ipak je nešto manji od europskoga prosjeka (33,8 % bez Rusije).

Usporedba s obzirom na broj stanovnika prikazana je na slici 2. U zemljama s malom gustoćom naseljenosti površina šuma po stanovniku znatno je iznad prosjeka, dok je u Poljskoj površina šuma od 0,24 ha po stanovniku jedna od nižih u promatranoj regiji.

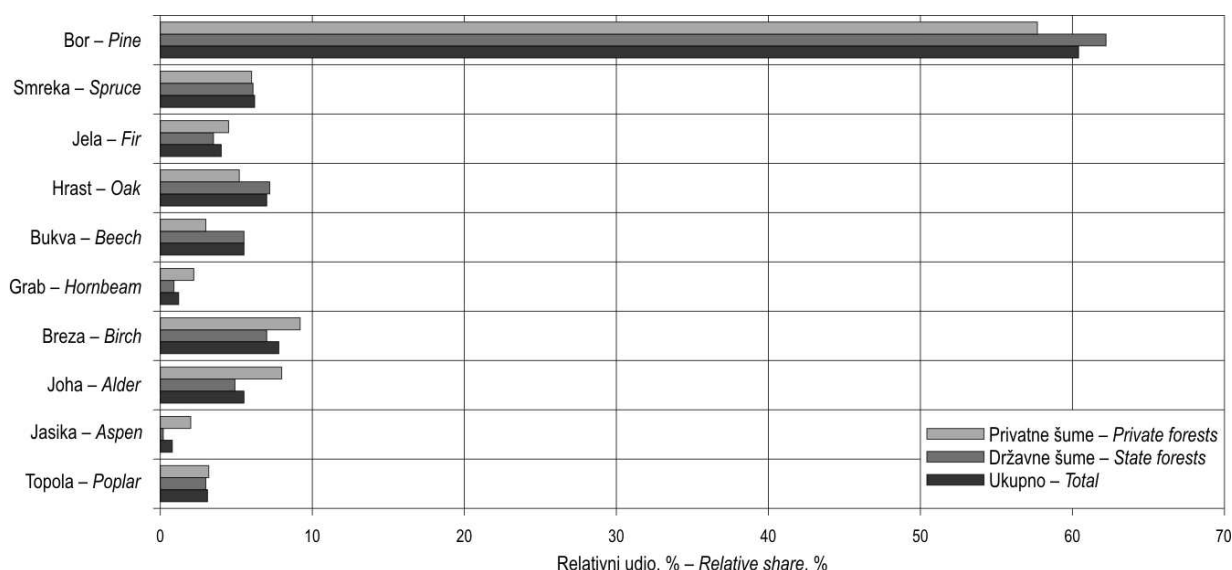
3.2 Vlasnička struktura šuma – *Ownership structure of forests*

Većina je šuma u Poljskoj u javnom vlasništvu (81,8 %), pri čemu poduzeće »Državne šume« upravlja sa 77,8 % ukupne šumske površine. Struktura vlasništva nad šumama prikazana je na slici 3.

Usporedba udjela državnih šuma u ukupnoj površini šuma između promatranih zemalja otkriva tri grupe koje je moguće razlikovati. Prvu grupu čine skandinavske zemlje i Austrija, u kojima je većina šuma u privatnom vlasništvu, drugu Ukrajina i Bjelorusija s 100%-tnim državnim vlasništvom te ostale zemlje s različitom strukturom vlasništva, ali prevladavajućim šumama u vlasništvu države (slika 4).



Slika 4. Udio državnih šuma u ukupnoj šumskoj površini
Fig. 4 Share of public forests in total forest area



Slika 5. Površinski udio glavnih vrsta drveća

Fig. 5 Areal share of dominant tree species

3.3 Struktura sastojina i sastav vrsta – *Stand structure and tree species*

U Poljskoj su šume zadržane uglavnom na najsiromašnijim tlima, što se odražava u strukturi šumskih staništa i vrsti zajednica. Među više različitih tipova prevladavaju staništa i zajednice četinjača koje prekrivaju 52,6 % ukupne šumske površine, dok staništa listača zauzimaju 47,4 % površine. Geografska distribucija staništa uglavnom se odrazila i na prostornu strukturu dominantnih vrsta drveća. Dok su smreka i bukva glavne vrste šumskih zajednica u planinskim dijelovima na zapadu i istoku zemlje, uz nekoliko lokacija s raznolikim sastavom vrsta, sastojine bora kao dominantne vrste prevladavaju u najvećem dijelu zemlje.

U Poljskoj rastu uglavnom crnogorične vrste i zauzimaju gotovo 71 % ukupne šumske površine. Bor se u Poljskoj nalazi u optimalnim klimatskim i stanišnim uvjetima te njegove sastojine prekrivaju 60,4 % ukupne površine šuma. U državnim šumama bor pokriva 62,2 %, a u privatnim šumama 57,7 % površina (slika 5).

U razdoblju od 1945. do 2009. sastav se vrsta značajno promijenio, što je, među ostalim, rezultiralo povećanjem udjela sastojina u kojima prevladavaju listače. U državnim je šumama površina pod sastojinama listača povećana s 13 % na 23,2 %.

S obzirom na dobnu strukturu prevladavaju sastojine u dobi od 41 do 80 godina, tj. sastojine III. i IV. dobnoga razreda, koje pokrivaju 27,6 %, odnosno 18,2 % površine. U privatnim šumama takve sastojine čine gotovo 40 % površina. Sastojine starije od 100 godina, uključujući sastojine u procesu pomla-

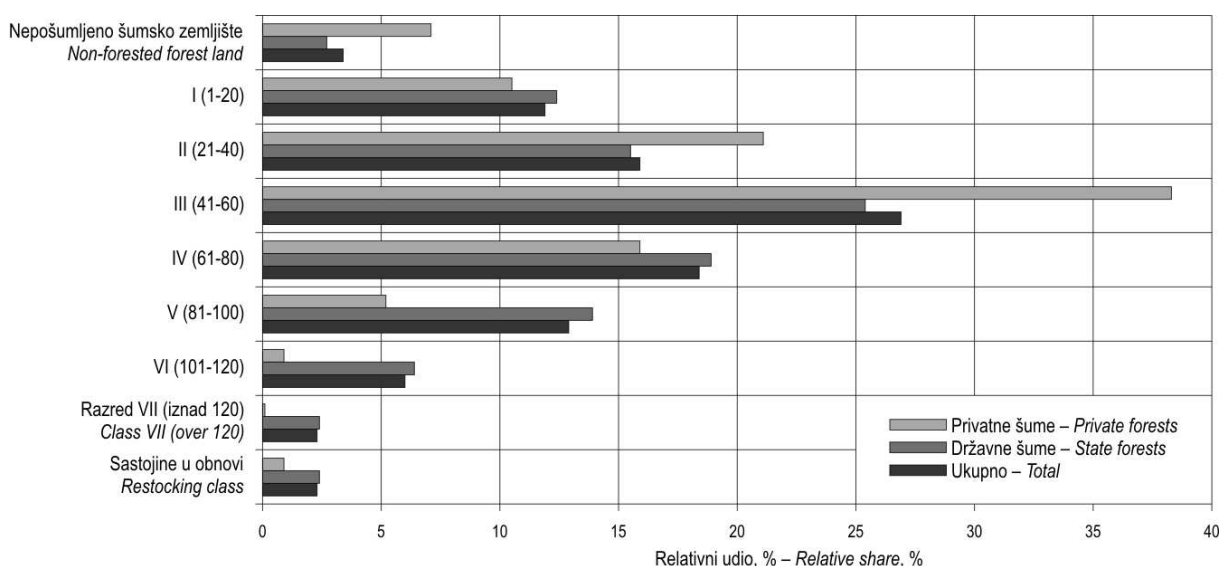
đivanja te sastojine predviđene za pomlađivanje, pokrivaju 11,2 % površina u državnim šumama i samo 1,9 % u privatnim šumama. Udio nepošumljenih površina u privatnim šumama iznosi 7,1 %, dok je u državnim šumama 2,7 % (slika 6).

Polagani porast udjela sastojina starijih od 80 godina, od 0,9 milijuna ha 1945. godine do 1,61 milijuna hektara između 2005. i 2009. godine, jasno pokazuje promjene u dobnoj strukturi poljskih šuma.

3.4 Značajke drvnih resursa – *Characteristics of timber resources*

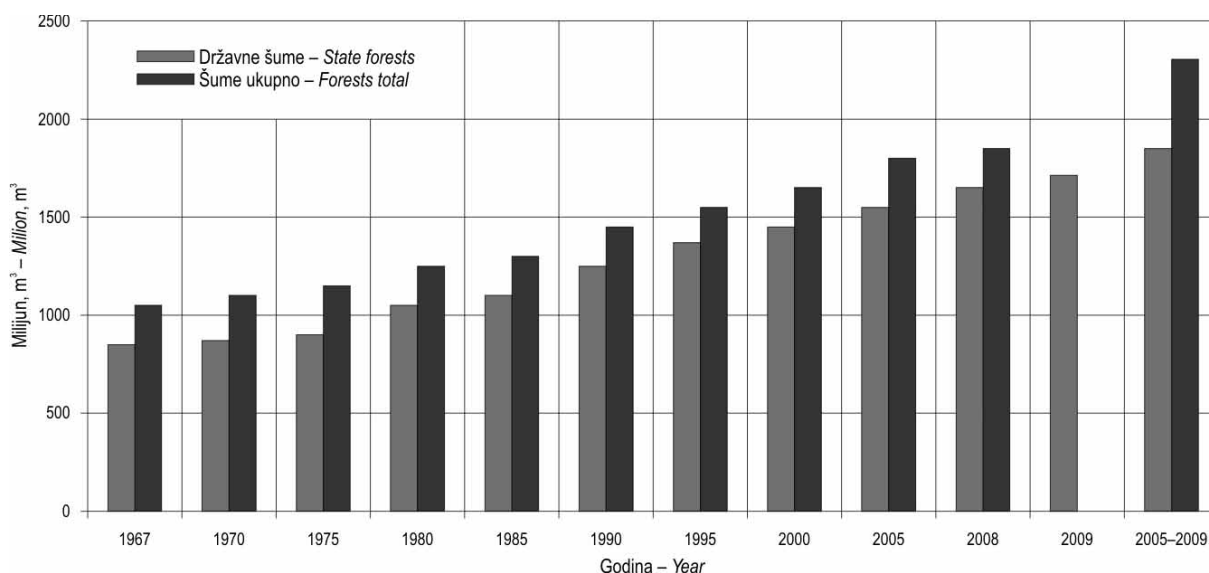
Prema šumskoj inventuri (*Large-scale Forest Inventory*) ukupna drvena zaliha u šumama svih oblika vlasništva u Poljskoj iznosila je za razdoblje od 2005. do 2009. godine 2 304 milijuna m³. U šumama kojima upravlja poduzeće »Državne šume« drvena je zaliha procijenjena na 1 849 milijuna m³, dok u privatnim šumama ona iznosi 342 milijuna m³. Od 1967. godine, kada je provedena prva inventura u državnim šumama, bilježi se siguran porast drvene zalihe u poljskom šumarstvu (slika 7).

Velika šumska inventura (*Large-scale Forest Inventory*) pruža informaciju o šumama u svim oblicima vlasništva – kretanje promjena na razini države, pojedine regije, fizičko-geografskih i upravno-administrativnih jedinica. Provodi se u ciklusima od 5 godina na trajnim pokusnim plohama (28 000 ploha) i omogućuje procjenu stanja šuma s obzirom na njihovu funkciju (zaštitna, socijalna, proizvodna), dobnu strukturu, strukturu vrsta te na intenzitet korištenja šumskih resursa. S druge strane, periodično ažuriranje podataka o šumskim površinama i drvnim resur-



Slika 6. Površina sastojina po dobnim razredima

Fig. 6 Areal share of stands by age class



Slika 7. Drvni resursi u poljskim šumama, 1967–2009.

Fig. 7 Timber resources in Poland's forests 1967–2009

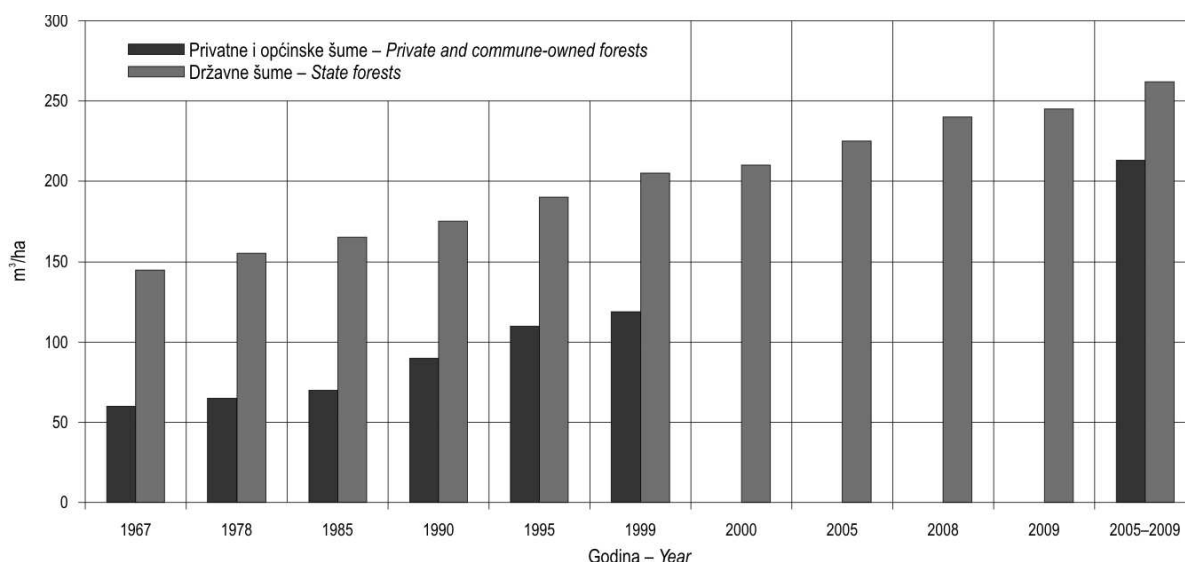
sima provodi se svake godine u suradnji »Državnih šuma« i Ureda za upravljanje šumama i geodeziju. Sastoji se u unošenju promjena i podataka o proteklim gospodarskim zbivanjima (korištenje šuma, obnova, pošumljavanje itd.) u izvorne dokumente te rezultati pokazuju ažurirano stanje svih šuma pod upravom »Državnih šuma« s datumom 1. siječnja.

Zbog razlika u metodologiji između podataka šumske inventure i periodičnoga ažuriranja stanja šuma postoji određeno nepodudaranje. Prema periodičnom (svakogodišnjem) ažuriranju podataka drvna je zaliha u Poljskoj s 1. siječnja 2009. procijenjena

na 1 714 milijuna m^3 u državnim šumama, odnosno 188,6 milijuna m^3 u privatnim šumama.

Većina drvene zalihe nalazi se u III. i IV. dobnom razredu. Sastojine u dobi od 41 do 80 godina čine više od 51,2 % ukupne drvene zalihe u državnim šumama i gotovo 70 % drvene zalihe u privatnim šumama. Sastojine starije od 100 godina u ukupnoj drvnjoj zalihi državnih, odnosno privatnih šuma sudjeluju sa 17,2 %, odnosno 3,0 %.

Prema podacima inventure (2005–2009) prosječna drvena zaliha, na pošumljenom šumskom zemljištu kojim upravljaju »Državne šume«, iznosi 262 m^3 /ha.



Slika 8. Prosječna drvena zaliha u poljskim šumama 1967–2009, m³/ha

Fig. 8 Average stand volume in Poland's forests 1967–2009, m³/ha

U privatnim i općinskim šumama prosječna je zaliha 213 m³/ha (slika 8). Navedene vrijednosti svrstavaju Poljsku među vodeće europske zemlje s obzirom na drvenu zalihu. Naime, prema SoEF 2007 (*State of Europe's Forests 2007*) europski prosjek iznosi 106 m³/ha, te s obzirom na ukupnu površinu šuma i obujam drva poljsko šumarstvo u promatranoj regiji ima značajne šumske resurse (slika 9).

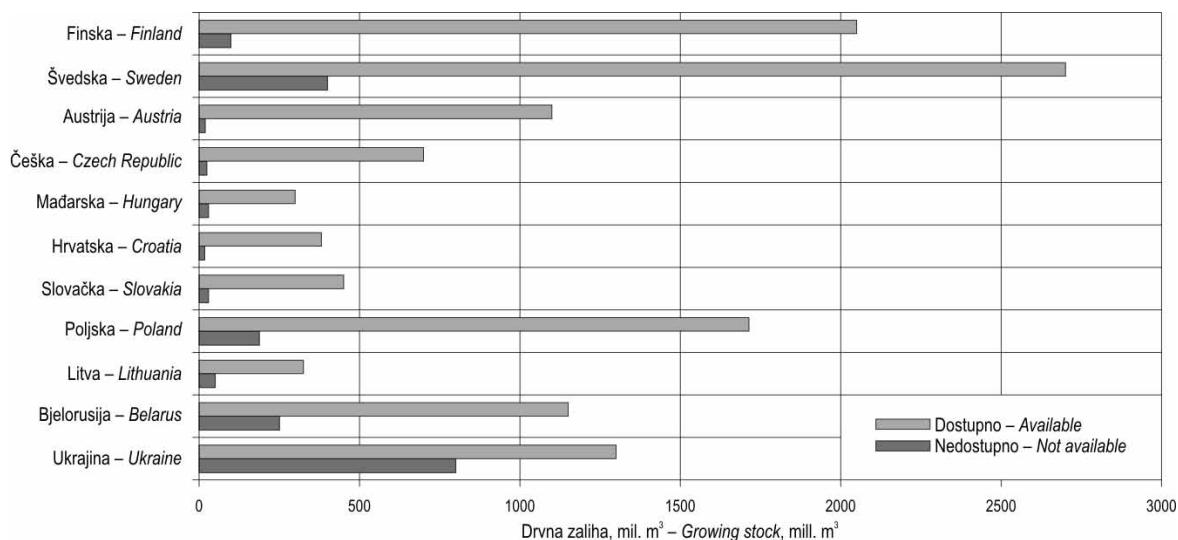
3.5 Pošumljavanje i oštećenost šuma

Afforestation and level of damage to forests

Prema podacima Središnjega ureda za statistiku površina se šuma u Poljskoj 2009. godine povećala

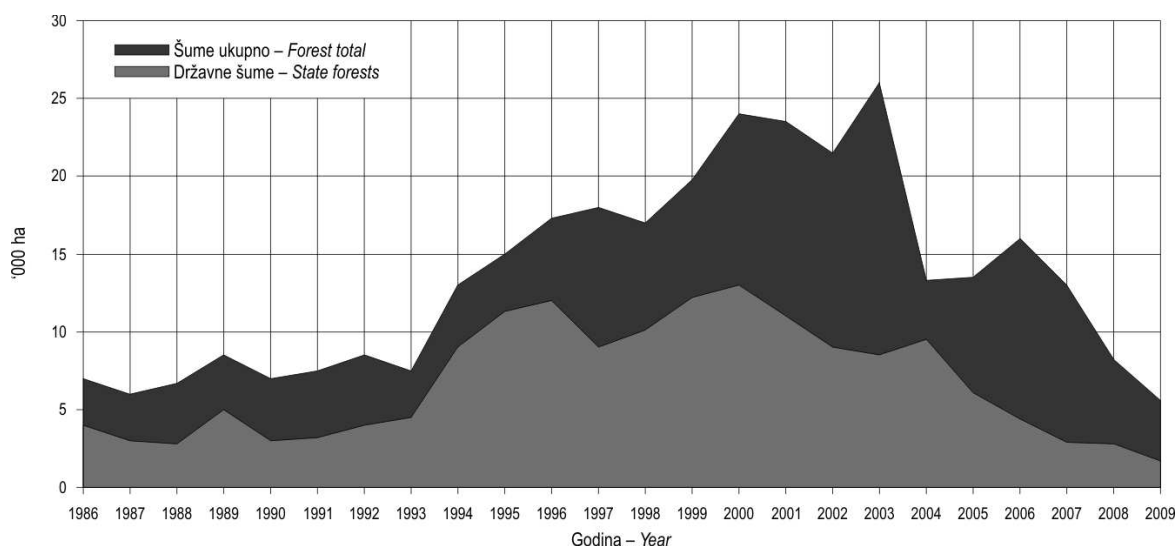
za 22 000 hektara u odnosu na 2008. godinu, odnosno za 332 000 hektara u odnosu na 1995. godinu. To je povećanje rezultat pošumljavanja nešumskih i poljoprivrednih površina, goleti (umjetno pošumljavanje) te konverzije ostalih šumskih zemljišta u šume.

U sklopu Nacionalnoga programa za povećanje šumskoga pokrova (KPZL) u 2009. godini pošumljeno je 5611,6 hektara. Nacionalni je program (usvojen 1995. godine) osnova za aktivnosti pošumljavanja i cilj mu je povećanje šumskoga pokrova na 30 % do 2020. godine, odnosno na 33 % do 2050. godine. Prirodnom se sukcesijom 2009. godine pošumilo 238 hektara.



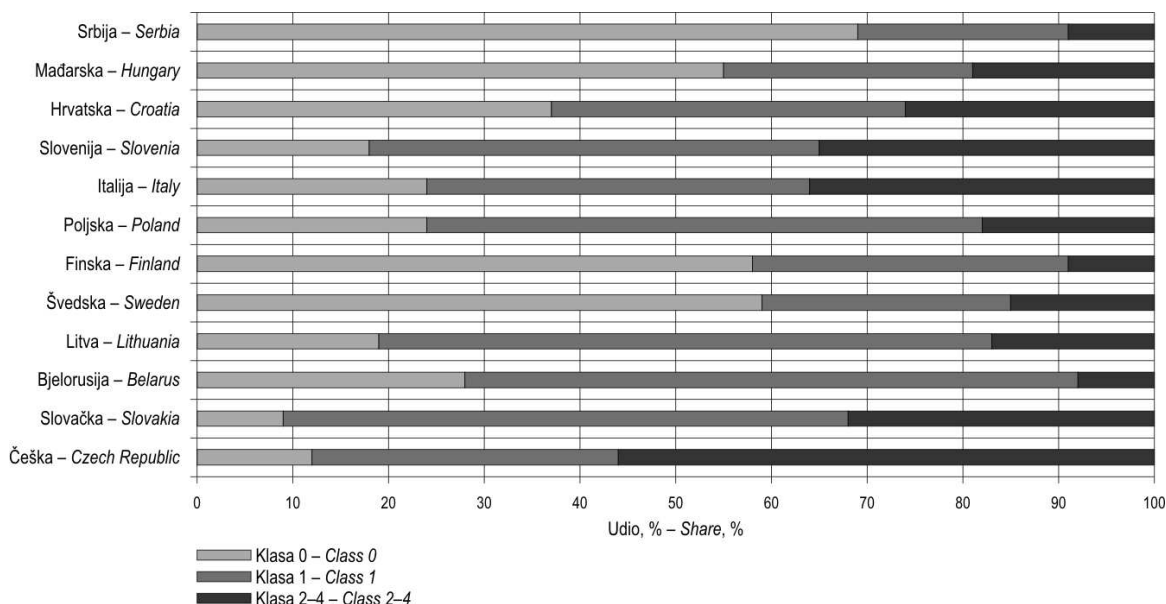
Slika 9. Drvni resursi u odabranim zemljama (SoEF 2007)

Fig. 9 Timber resources in selected countries (SoEF 2007)



Slika 10. Razina pošumljavanja u Poljskoj od 1986. do 2009.

Fig. 10 Scale of afforestation in Poland in the years 1986 – 2009

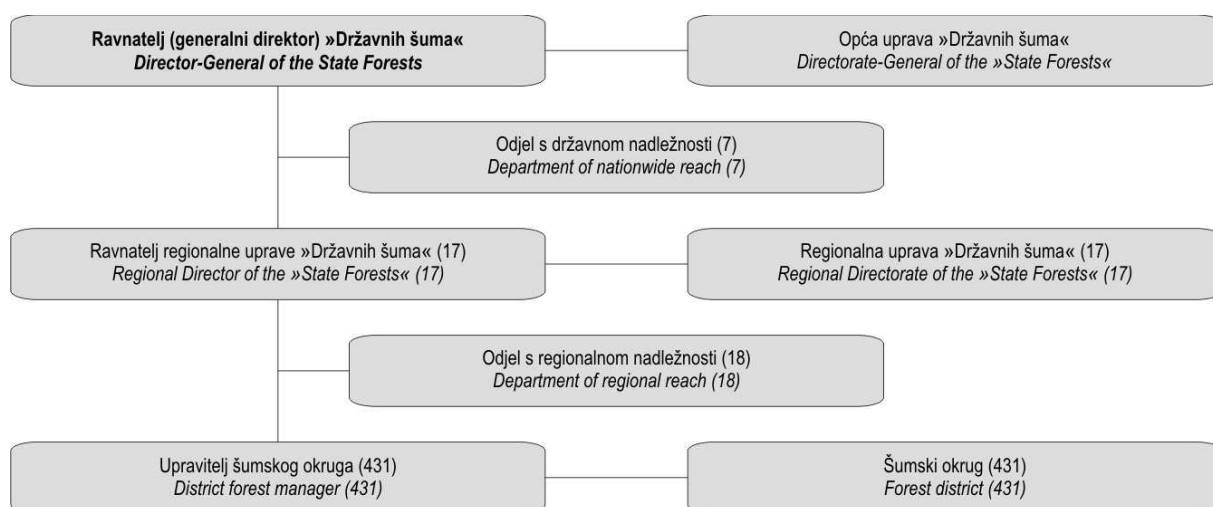


Slika 11. Razina defolijacije sastojina u nekim europskim zemljama (UNECE 2009)

Fig. 11 Defoliation of stands in some European countries (UNECE 2009)

S obzirom na dinamiku pošumljavanja ističe se nekoliko razdoblja. Između 1986. i 1993. godine u državnim je šumama pošumljavano prosječno 3,9 tisuća hektara godišnje. Od 1994. do 2004. ta je površina, zbog državnih poticaja i kredita Europske investicijske banke, povećana na 10,8 tisuća hektara godišnje. U razdoblju od 2005. do 2009. zabilježen je pad razine pošumljavanja sa 6,1 tisuće hektara na 1,7 tisuća hektara. Takvo smanjenje uglavnom je posljedica povećanja propisane minimalne površine za pošumljavanje s 0,3 na 0,5 hektara. U privatnim je šumama 2009. godine pošumljeno 3 733,2 hektara (slika 10).

Razina oštećenosti poljskih šuma u okviru programa za praćenje stanja šuma procjenjuje se svake godine počevši od 1989. Procjena gubitaka asimilacijskoga aparata provedena u 2009. godini pokazala je da na 24,2 % stabala (22,6 % četinjača i 27,3 % listača) nije zapažena defolijacija (razred 0 – zdrava stabla). Udio oštećenih stabala sa stupnjem defolijacije većim od 25 % (razred 2 – 4) iznosio je 17,7 %. Udio takvih stabala kod četinjača je 17,2 %, a kod listača 18,6 %. Najveća su oštećenja zabilježena na smreki (28,7 % stabala s defolijacijom većom od 25 %) među četinjačama i na hrastu (29,3 % stabala u razredu 2 – 4)



Slika 12. Trostupanijska organizacija »Državnih šuma«

Fig. 12 Three-tier organization of the State Forests

između listača. Usporedba razine oštećenosti šuma između Poljske i drugih europskih zemalja prikazana je na slici 11 i temelji se na izvješću o Stanju šuma u Europi – 2009 (*Forest Condition in Europe – 2009. Technical Report of ICP Forests, UNECE, Hamburg 2009*).

4. Organizacija »Državnih šuma« *Organization of the State Forests*

Šumsko poduzeće »Državne šume« državna je tvrtka koja upravlja šumama u vlasništvu Državne riznice i djeluje na principu financijske samodovoljnosti. Na čelu »Državnih šuma« nalazi se ravnatelj (generalni direktor), uz podršku Opće uprave i upravitelja regionalnih uprava »Državnih šuma«.

Od 31. prosinca 2009. poduzeće »Državne šume« sastoji se od više ustrojbenih jedinica bez pravne osobnosti, uključujući:

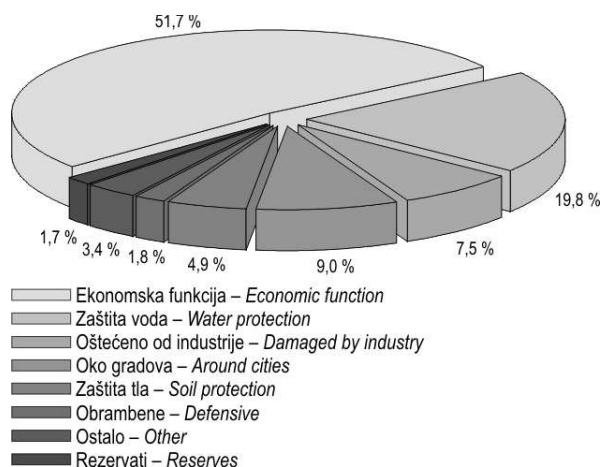
- ⇒ Opću upravu »Državnih šuma« – devet timova za zaštitu šuma i jedanaest inspekcijskih regija sastavni su dio ove ustrojbene cjeline,
- ⇒ Regionalna uprava »Državnih šuma«,
- ⇒ 431 šumski okrug,
- ⇒ 18 ustrojbenih jedinica (odjela) s regionalnom nadležnosti, koje odgovaraju upraviteljima regionalnih uprava (Prijevoz i špedicija – 2, Šumski transport – 2, Šumske usluge – 2, Proizvodnja i usluge – 3, Skladišni kompleksi – 5, Ribogojilišta – 2, Centri za obuku i rekreaciju – 2),
- ⇒ 7 ustrojbenih jedinica (odjela) s državnom nadležnosti, od čega Državni šumski centar u Varšavi, Centar za istraživanje u Bedonu, Centar šumske tehnologije u Jarocinu, Odjel za informacije »Državnih šuma« u Łódžu i Centar za koordinaciju

okolišnih projekata u Varšavi odgovaraju ravnatelju »Državnih šuma«, a Šumska banka gena Kostrzyca i Centar šumske kulture u Gołuchówu odgovaraju ovlaštenim direktorima regionalnih uprava u Wrocławu i Poznańu.

Šumski je okrug temeljna ustrojbenja jedinica »Državnih šuma«. Njime rukovodi upravitelj šumskoga okruga koji uživa određenu autonomiju u upravljanju šumama na temelju plana gospodarenja te je odgovoran za stanje šuma u svom području. Broj šumskih okruga (431) posljednjih se godina nije mijenjao, a prosječna površina okruga iznosi oko 17 tisuća hektara.

U 2009. godini u »Državnim šumama« bilo je zaposleno oko 25 192 zaposlenika. Strukturu zaposlenika čine:

1. U šumskim okruzima 22 968 zaposlenika uključujući:
 - Šumsku službu 15 785 zaposlenika
 - Administraciju (nefizički poslovi) izvan Šumske službe 4 761 zaposlenik
 - Manualna radna mjesta 2 420 zaposlenika
2. U odjelima 1 020 zaposlenika
 - uključujući manualna radna 517 zaposlenika mjesta
3. U Općoj upravi i uredima regionalnih uprava »Državnih šuma«
 - (uključujući timove za zaštitu šuma i inspekcijske regije) 1 204 zaposlenika
 - uključujući Šumsku službu 586 zaposlenika



Slika 13. Udjeli osnovnih kategorija šuma u »Državnim šumama«

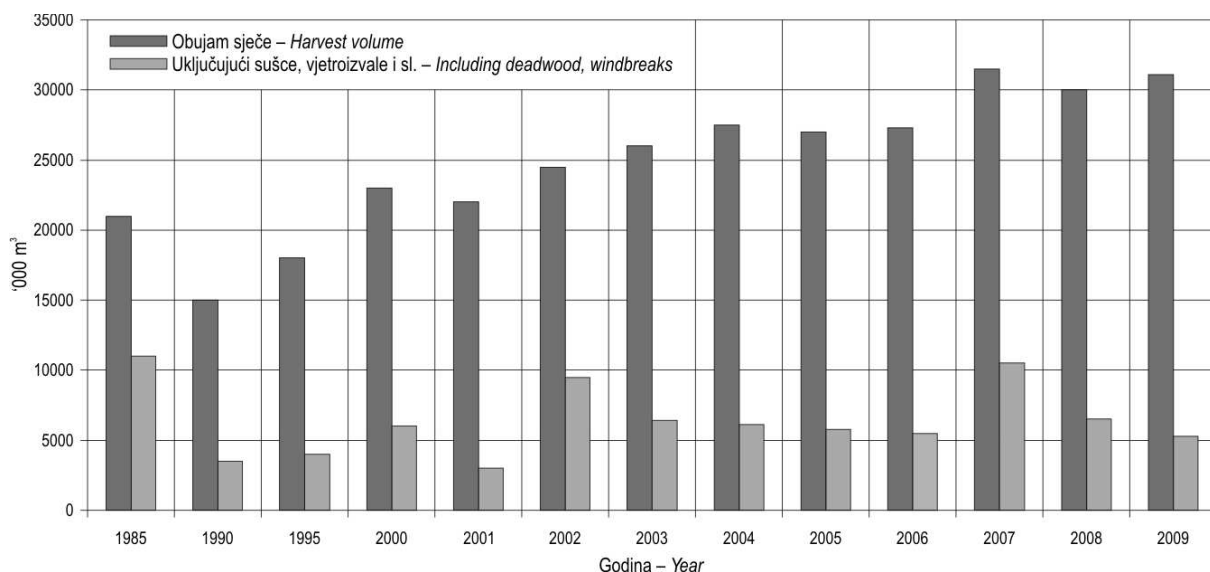
Fig. 13 Share of basic forest categories within State Forests

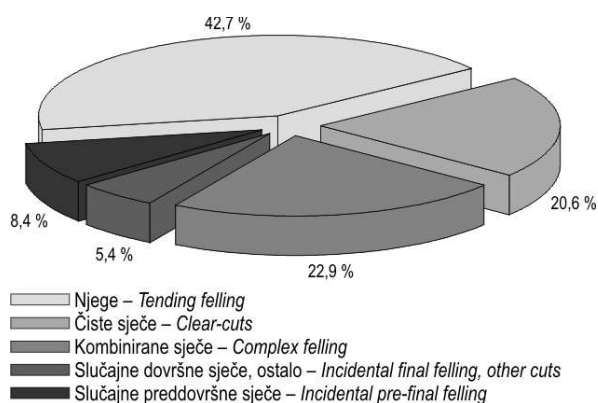
Ciljevi su i zadaci »Državnih šuma« gospodarenje šumama u skladu s načelima opće zaštite šuma, njihove trajnosti, kao i kontinuiranoga i održivoga korištenja svih funkcija šuma te povećanja šumskih resursa. Ti se ciljevi ostvaruju kroz održivo, višenamjensko upravljanje šumama u skladu s planom gospodarenja koji se izrađuje za svaki šumski okrug za razdoblje od deset godina. Svaki plan utvrđuje ciljeve gospodarenja i zaštite određenih dijelova šuma (sastojina) te načine njihova ostvarenja. Poduzeće upravlja državnim, odnosno svim šumama u vlasništvu Državne riznice, osim šuma u nacionalnim parkovima kojima raspolaže Agencija za poljoprivrednu imovinu ili šuma koje su u trajnom zakupu.

5. Proizvodna funkcija šuma i sječe Productive function of forests and logging

Proizvodne funkcije šuma vidljive su u proizvodnji sirovoga drvnoga materijala i drugih dobara od koristi i dobrobiti za čovjeka. Često su osnova za razvoj mnogih sektora, obrta i trgovine, a u prvom su redu iskazane obujmom proizvodnje i količinom pridobivenoga drva. U Poljskoj šume s naglašenom ekonomskom funkcijom pokrivaju oko 51,7 % površine kojom gospodari poduzeće »Državne šume« ili oko 3,654 milijuna hektara. Ostale površine pokrivaju različite kategorije zaštitnih šuma, šume oko gradova – 637 tisuća hektara, vodozaštitna područja – 1,414 milijuna hektara i dr. U takvim je sastojinama, ovisno o njihovoj dominantnoj funkciji, iskorištavanje šuma izloženo različitim ograničenjima i prilagodbama. U privatnim šumama je proizvodna funkcija primarna na 95,8 % površina ili 1,584 milijuna hektara.

U 2009. godini u Poljskoj je ukupno posječeno 32,7 milijuna m³ neto drva. Od toga je 1,09 milijuna m³ ostvareno u privatnim šumama te 192 000 m³ u nacionalnim parkovima. U »Državnim šumama« posječeno je 31,18 milijuna m³ (101,1 % propisanoga etata). Oko 15,26 milijuna m³ dobiveno je u dovršnim sjekovima, a 15,93 milijuna m³ u proredama. Obujam sanitarne sječe zbog sušenja, vjetroloma, vjetroizvala, napada šumskih štetnika, poremećaja vodnoga režima, zračnoga onečišćenja te vremenskih anomalija iznosio je 5,35 milijuna m³ ili 17,2 % ukupnoga drvnoga obujma. Obujam sječe u poljskom šumarstvu u razdoblju od 1985. do 2009. godine prikazan je na slici 14.

Slika 14. Obujam sječe u »Državnim šumama« u '000 m³, 1985–2009.Fig. 14 Harvest volume in the State Forests in '000 m³, 1985 – 2009



Slika 15. Struktura pridobivanja drva prema kategorijama sječe u »Državnim šumama«, 2009.

Fig. 15 Structure of timber harvest by category of cuts within the State Forests, 2009

Oko 5,8 milijuna m^3 tržnoga drva pridobiveno je u čistim sječama. Čiste su sječe u 2009. pokrile 25,1 tisuću hektara, što je jedna od najmanjih površina od 1980. godine, kada su provedene na 43 tisuće hektara. U posljednja dva desetljeća površina se čistih sječe prosječno kreće oko 27 tisuća hektara. Smanjenje udjela čistih sječa pokazatelj je povećanja ekološke svijesti u gospodarenju šumama te je njihova primjena često tek posljedica velikih oštećenja šuma izazvanih vjetrom, sušom ili napadima štetnih gljiva i kukaca.

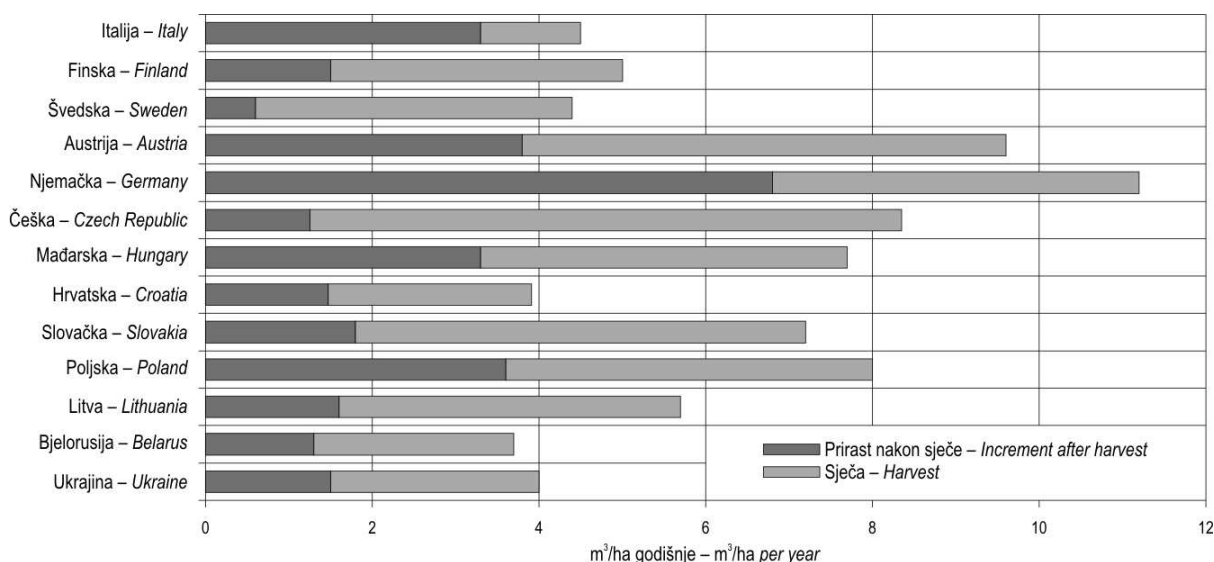
Količina sječe izražena obujmom neto drva po hektaru šumske površine u posljednjih je pet godina iznosila 4,0 – 4,5 m^3 /ha. Obujam sječe, pritom, nije prelazio dopuštene granice. Maksimalne količine dr-

va moguće za pridobivanje u određenom šumskom okrugu definirane su planom sječa za 10-godišnje razdoblje i u pravilu iznose malo više od 50 % godišnjega prirasta (oko 55 %). Prosječni godišnji prirast u posljednjih 20 godina (1989–2009) u državnim je šumama iznosio 7,7 m^3 /ha, dok je u posljednjih 5 godina 9,9 m^3 /ha. Slično kao i u Poljskoj, većina zemalja u regiji također iskorištava nešto iznad 50 posto prirasta, izuzev Italije (26 %) i Njemačke (40 %) (slika 16).

6. Promjene i izazovi u poljskom šumarstvu – *Changes and Challenges in Polish Forestry*

U 2009. godini Poljska je zahvaćena globalnom financijskom krizom, što se negativno odrazilo na mnoge gospodarske sektore uključujući i šumarstvo i drvnu industriju. U tom je razdoblju zabilježen pad cijena drva na europskim tržištima. Također je pala potražnja za određenim drvnim sortimentima u ponudi »Državnih šuma«. U takvoj situaciji u »Državnim šumama« uveden je sustav popusta za manje tražene drvene sortimente kao mjera poticanja prodaje. Kao posljedica zabilježen je opći pad cijena drva. Prosječna prodajna cijena ostvarena u šumskim okruzima iznosila je, prema podacima Državnoga zavoda za statistiku, 136,54 PLN/ m^3 (1 PLN = 0,2221 EUR na dan 01.12.2011.), što je manje za 16 PLN ili više od 10 posto u odnosu na prethodnu godinu.

Osim ponuđenih popusta sâm sustav prodaje drva u »Državnim šumama« relativno je brzo stabilizirao tržište drvnih sirovina u Poljskoj. U 2009. godini 30 %



Slika 16. Udio sječe u godišnjem prirastu (SoEF 2007)

Fig. 16 Share of harvest in annual increment

drvnoga obujma namijenjenoga poduzetnicima pušteno je u prodaju u obliku redovitih *online* aukcija (portal www.e-drewno.pl). Takve su promjene pozdravili Ured za konkurentnost i zaštitu potrošača te Vrhovno vijeće za kontrolu, s prijedlogom daljnega povećanja udjela slobodne tržišne prodaje drva u idućim godinama.

Recesija na svjetskim tržištima negativno je utjecala na državno šumsko poduzeće koje je u prvoj četvrtini 2009. bilo prisiljeno uvesti radikalne protukrizne mjere. Tako je uveden program štednje s pretpostavkom provedbe samo onih aktivnosti i ulaganja koja osiguravaju održivi razvoj šuma i funkcioniranje »Državnih šuma«. Poduzete su i mjere kako bi se optimizirala organizacijska struktura i razina zaposlenosti u državnim šumama. Optimizacija uključuje uklanjanje viška radnih mjesta i smanjenje broja zaposlenika na temelju redovitoga odlaska u mirovinu, bez otpuštanja radnika. Odgođena su nova zapošljavanja i ukinute isplate bonusa. Također su promijenjena pravila korištenja šumskoga fonda tako da najveća moguća sredstva ostvarena u prosperitetnim šumskim okruzima mogu tamo ostati i koristiti se za ulaganja u vlastiti razvoj. Provedba je programa predviđena u više faza u razdoblju od nekoliko godina, a cilj je svih mjera povećanje profitabilnosti šumskoga gospodarenja u »Državnim šumama« uz zadržavanje sadašnje vlasničke strukture te jačanje statusa šumskih okruga i podokruga u organizacijskoj strukturi »Državnih šuma«.

Istodobno su pojačani naponi za dobivanje vanjskih sredstava, uključujući fondove EU-a, za razne projekte u državnim šumama. Tražena su, primjerice, sredstva iz Programa za ruralni razvoj radi obnove šuma oštećenih katastrofama i požarima. S druge strane, zahvaljujući Operativnomu programu infrastrukture i okoliša započela je provedba projekata koji se odnose na kapacitet pohrane vode nizinskih šumskih ekosustava, smanjenje vodne erozije u planinskim područjima te na obnovu degradiranih zemljišta i bivših vojnih površina. Mnoge lokalne aktivnosti pritom su financirane iz pokrajinskih i državnih fondova za zaštitu okoliša i vodno gospodarstvo.

Na snagu su stavljene i izmjene i dopune pravilnika Ministarstva okoliša o radnim mjestima u šumarskoj službi kojima se zaposlenima osigurava pravo na besplatno stanovanje u objektima poduzeća ili novčana protuvrijednost. Tako je postignuto racionalno upravljanje i održavanje vlastitih objekata. Osim toga, izmijenjena su pravila i cijene zakupa zemljišta za potrebe iskorištavanja fosilnih goriva te je formirana baza podataka o transakcijama u vezi s prodajom, kupnjom i razmjenom zemljišta i drugih nekretnina.

Restrukturiranje i poduzete mjere štednje, usporo s poboljšanjem situacije na svjetskim tržištima,

pomogle su u prevladavanju krize te je 2009. godina u Državnom šumskom poduzeću »Državne šume« zaključena s pozitivnim financijskim rezultatom.

7. Umjesto zaključaka – *Instead of conclusions*

Umjesto zaključaka u ovom se dijelu rada prikazuju izabrani indeksi i parametri gospodarenja šumama u Poljskoj za 2009. godinu:

- ⇒ Šume i šumsko zemljište u Poljskoj pokrivaju 9,3 milijuna hektara ili oko 30,3 % ukupne površine. Državne šume kojima gospodari Državno šumsko poduzeće »Državne šume« zauzimaju 77,8 % površine, dok privatne šume čine 18,2 % ukupne površine.
- ⇒ Crnogorične vrste prevladavaju poljskim šumama te se pod borovim sastojinama nalazi 60 % ukupne površine šuma. Oko 46 % sastojina nalazi se u III. i IV. dobnom razredu.
- ⇒ Drvena zaliha prema šumskoj inventuri iznosi 2 304 milijuna m³. U »Državnim šumama« drvena zaliha procijenjena na 1 849 milijuna m³ (262 m³/ha), dok u privatnim šumama ona iznosi 342 milijuna m³ (213 m³/ha).
- ⇒ Državno je šumsko poduzeće s Općom upravom »Državnih šuma« organizirano u 17 regionalnih uprava i 431 šumski okrug uz 7 odjela državne i 18 odjela regionalne nadležnosti. Ukupno zapošljava oko 25 000 zaposlenika.
- ⇒ U 2009. godini u Poljskoj je ukupno posječeno 32,7 milijuna m³ drva, od toga je 31,18 milijuna m³ ostvareno u »Državnim šumama«. Oko 5,8 milijuna m³ pridobiveno je u čistim sječama.
- ⇒ Prosječni godišnji prirast u državnim šumama posljednjih 5 godina iznosio je 9,9 m³/ha, dok količina sječe izražena obujmom neto drva po hektaru šumske površine iznosi od 4,0 do 4,5 /ha.

8. Literatura – *References*

- Bulka, I., 2011: Stanje i pregled gospodarenja šumama u Poljskoj. Diplomski rad, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1–30.
- Gospodarstwo Leśne Lasy Państwowe, 2011: PGL Lasy Państwowe [online], dostupno na: <http://www.lasy.gov.pl> (Pristupljeno 1. prosinca 2011.)
- SoEF, 2007: State of Europe's Forests 2007. The Report on sustainable forest management in Europe, MCPFE, UNECE, FAO, Warsaw.
- Šumarska enciklopedija, 1987: Poljska, Jugoslavenski leksikografski zavod »Miroslav Krleža«, 2. izdanje, svezak 3, Zagreb.

The State Forests National Forest Holding, 2010: Forests in Poland 2010. The State Forests Information Centre, Warszawa, 1–51.

The State Forests National Forest Holding, 2010: The State Forests in figures 2010. The State Forests Information Centre, Warszawa, 1–31.

UNECE, 2009: Forest Condition in Europe 2009: Technical Report of ICP Forests, UNECE, Hamburg.

Abstract

Condition and Overview of Forest Management in Poland

This paper presents the current situation and condition of forests in the Polish forestry. The overview of forest management includes a review of forest resources and their characteristics, ownership structure of forests and forest lands, age structure of stands and species composition. Description is given of the production function of the Polish forests, timber felling, and organization of state forestry, as well as other aspects of forest management in Poland. This paper also provides a comparison of some indicators with the forestry in Croatia and other European countries.

Keywords: forestry, forest management, condition of forests, growing stock, annual cut, Poland

Authors address – Adresa autora:

Doc. dr. sc. Mario Šporčić
e-pošta: sporcic@sumfak.hr
Matija Landekić, dipl. inž. šum.
e-pošta: mlandekic@sumfak.hr
Marko Lovrić, mr. sc.
e-pošta: marko.lovric@yahoo.com
Ivica Papa, dipl. inž. šum.
e-pošta: papa@sumfak.hr
Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Zavod za šumarske tehnike i tehnologije
Svetošimunska 25
HR – 10 000 Zagreb
HRVATSKA

Ivan Bulka, dipl. inž. šum.
e-pošta: ivbulka@gmail.com
Zdeneka Tomičeka 11
10 314 Križ
HRVATSKA

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry«, Kraków – Krynica, 26–29. lipnja 2011.

U Krakówu i Krynici od 26. do 29. lipnja 2011. godine održano je međunarodno znanstveno savjetovanje pod naslovom »Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry« u organizaciji Odjela za šumarstvo i pridobivanje drva Šumarskoga fakulteta Poljoprivrednoga sveučilišta Hugo Kołłątaj u Krakówu i u suorganizaciji Regionalne uprave državnih šuma u Radomu. Savjetovanje je održano pod pokroviteljstvom IUFRO-a, razreda 3, radne grupe 3.03.00. Ergonomija u šumarstvu (*Forest Ergonomics*) i rektora Poljoprivrednoga sveučilišta u Krakówu.

Cilj je konferencije bio predstavljanje i razgovor o aktualnim znanstvenim i praktičnim dostignućima optimizacije pridobivanja šuma s aspekta tehnologije i ergonomije u uvjetima stabilnoga i održivoga upravljanja šumama te razmjena suvremenih znanstvenih postignuća i njihove praktične primjene između znanstvenih središta u zemljama Europe i širom svijeta.

Glavne su teme savjetovanja bile: moderne tehnike i tehnologije pridobivanja drva u održivom gospodarenju šumama, ergonomija u primijenjenim teh-



Slika 1. Otvaranje savjetovanja, govor dobrodošlice te izlaganja čelnih govornika
Fig. 1 Opening ceremony, welcome address and presentation of the keynote speakers

nologijama rada i provedbe projekata u šumarstvu, suvremeni trendovi tehničkih i tehnoloških rješenja pridobivanja drva u svijetu i akademsko obrazovanje o pridobivanju drva i ergonomiji u održivom gospodarenju šumama.

Na savjetovanju je sudjelovalo 118 znanstvenika iz 16 različitih zemalja te je izloženo 48 referata i 12 postera. Članovi Zavoda za šumarske tehnologije Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu održali su četiri referata.

Prvi dan savjetovanja bio je namijenjen samo registraciji polaznika, a izlaganja su počela drugoga dana savjetovanja – 27. lipnja s plenarnom sesijom na kojoj su moderatori bili J. M. Sowa i H. Sakai. Podneseni su ovi referati:

- ⇒ H. R. Heinemann: *Forest Ergonomics – a Review*
- ⇒ Y. Yamada: *Effective activities for preventing forest work accidents in Japanese forestry entities*
- ⇒ P. Paschalis-Jakubowicz: *Conditions of the forest-and-wood sector of the European Union as an indicator of trends in the technical and technological solutions applied in forest use*
- ⇒ H. Sakai: *Road planing in Japanese mountainous conditions*
- ⇒ R. Cavalli: *Modern technologies for logging operations in mountain areas*

Nakon kratke pauze održani su referati istodobno u trima sesijama:

Sesija 1, moderator: A. Skoupy

- ⇒ T. Moskalik, W. Nowacka, J. Sadowski, Z. Jaguszewski: *The effects of forest access and the subsequent damage to the remaining stands in late thinning*
- ⇒ Z. Pandur, Ž. Tomašić, D. Horvat, M. Šušnjar, M. Zorić, D. Vusić: *Physical load of ckoker-man during pulling of the winch cable*
- ⇒ A. Stańczykiewicz: *Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned fir stands*

Sesija 2, moderator: W. Nowacka

- ⇒ W. Grzywiński, A. Kapelan, J. Wiekiera: *Analysis of accident rate in regional directorate of the state forests in Poznań in the years 1995–2007*
- ⇒ J. Suchomel, K. Belanová, M. Vlčková: *Analysis of occupational accidents occurrence in slovakian forestry*
- ⇒ G. Szewczyk: *Variability of the harvester operation time in thinnings and windblow areas*

Sesija 3, moderator: H. R. Heinemann

- ⇒ W. Gil, M. Grabarek: *Study on breakeven points of wood extraction means as exemplified by Kwidzyn Forest District*

- ⇒ R. Laina, E. Tolosana, Y. Ambrosio, R. Martinez-Ferrari: *Biomass recovery from Spanish quercus pyrenaica coppices using a mechanized whole tree harvesting system*

- ⇒ J. Dvořák: *Small forwarders performance standards*

Prva dva dana savjetovanja održana su u prostorijama Šumarskoga fakulteta u Krakówu, a nakon toga bio je organiziran prijevoz autobusima do nastavno-pokusnoga šumskoga objekta Krynica, na kojem se savjetovanje održavalo iduća dva dana, 28. i 29. lipnja.

U prijedodnevnom rasporedu trećega dana savjetovanja istodobno su se održavale tri sesije.

Sesija 1, moderator: J. Dvořák

- ⇒ M. Gołębowski, T. Moskalik, Ł. Skalski: *The effects of selected timber harvesting methods on natural regeneration in pine stands developed by using the shelterwood system*
- ⇒ A. Lubera: *The use of GIS in the work of the Polish Forestry based upon the Forest District Staszów*
- ⇒ M. Yoshida: *Relationships between chipping sites and transportation costs*
- ⇒ J. M. Sowa, G. Szewczyk, D. Kulak: *The productivity of stands and their accessibility via skid trail network*
- ⇒ D. Kulak, D. Stempniak: *Dimension and character of disturbance to the surface soil cover effected by machine timber harvesting in selected pine stands of the southern Poland*

Sesija 2, moderator: V. Mesingerová

- ⇒ L. Laddawan Rianthakool: *Forest Workers' Accidents in Thailand*
- ⇒ W. Nowacka, T. Moskalik, J. Sadowski: *Forest machine operators training – content and forms of education*
- ⇒ V. Goglia, J. Suchomel: *The influence of the exploitation time on chain saws vibration level*
- ⇒ K. Łeszczyński: *Factor analysis in ergonomic profiling of workplaces in forestry*
- ⇒ S. Suk, H. Sakai, T. Nitami: *Development a pulse data logger with integral gps for precision monitoring chain saw operation*

Sesija 3, moderator: P. Paschalis-Jakubowicz

- ⇒ R. Wąsik, K. Michalec, A. Barszcz: *An attempt to apply the »increment x density« product as an index for the comparison of the productivity of the dry mass of douglas fir and giant fir wood from selected stands in southern Poland*
- ⇒ A. Barszcz, K. Michalec, R. Wąsik: *Differentiation of the standing timber quality in mountain stands in relation to a climate and vegetation zone*

- ⇒ K. Michalec, R. Wąsik, A. Barszicz: *The effect of mechanical damage to the stems of standing spruce trees on to quality and value of their timber*
- ⇒ S. Głowacki: *The occurience and use of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Poland*
- ⇒ P. Gjerdrum: *Analysis of three-dimensional grain angle variation in norway spruce stems*

Nakon kratke pauze održani su istodobno referati u trima sesijama.

Sesija 1, moderator: T. Moskalik

- ⇒ B. Aricak, S. Gümüş, K. Korhan Enez: *Technical specifications and operation facilities of afm 75 used in Turkey*
- ⇒ J. Sadowski, T. Moskalik, W. Nowacka: *Fully-mechanized and manual-mechanized timber harvesting in thinning pine stands*
- ⇒ A. Lubera, T. Stępień: *The analysis of damages during mechanical and manually received wood in ground thinning in the Staszów habitat*
- ⇒ J. M. Sowa, W. Grzebieniowski, L. Długosiewicz: *The influence of certain factors of the machine harvesting of timber on the actual profitability of the performed service*
- ⇒ J. Jozef Slugeń: *Wood extracion by forwarders from bark beetle calamity area harvested by two types of harvesters*

Sesija 2, moderator: J. Suchomel

- ⇒ K. Enez, S. Gümüş, B. Aricak, A. Şahin, A. Adem Genç: *Analysis of harvester efficiency values in Kastamonu, Turkey*
- ⇒ M. Šporčić, S. Posavec, D. AntoniĆ, M. Landekić: *Innovation and organizational cilture in forestry*
- ⇒ D. Vusić, Ž. Zečić, I. Papa, K. Lepoglavec, Z. Pandur: *Optimization of teamwork in tree-lenght harvesting*
- ⇒ M. Stanovský, J. Schrürger: *Analysis of chain saw oil consupction during logging in the lesy sr state enterprise*
- ⇒ J. M. Sowa, L. Armatys: *The analysis of computer workstations in the Polish Forest Districts*

Sesija 3, moderator W. Gil

- ⇒ P. Hruza: *Current trends in the construction of forest roads and forest accessing in the Czech Republic*
- ⇒ T. Pentek, D. Pičman, H. Nevečerel, I. Papa, K. Lepoglavec, D. Vusić: *Factors affecting construction costs of forest roads in the forest administration Gospić*
- ⇒ Z. Paruch: *Perspectives of inland water transport in Poland in comparison with the development trends of inland navigation in the European Union*
- ⇒ M. Ferencik, M. Stanovský: *Impact of the cut-to-lenght technology on beech stand after salvage felling*



Slika 2. Sudionici savjetovanja

Fig. 2 Symposium participants

Četvrtoga dana savjetovanja održana je plenarna sesija kojom su predsjedavali R. Cavalli i A. Barszcz, a izloženi su ovi referati:

- ⇒ A. Skoupý: *Sophisticated model for nature-friendly timber haulage evaluation*
- ⇒ V. Messingerová, P. Kováčik, M. Stanovský: *Technological workplace planning for the shelterwood system in steep terrain*
- ⇒ E. Yuliati Yovi, S. Gandaseca, I. Nyoman Adiputra: *Safety and health protection competency of Indonesian forestry workers*
- ⇒ D. Stall Wästerlund: *Quality management of Swedish forestry operations*
- ⇒ A. Barszcz – Sažetak znanstvenoga savjetovanja

Iz uspješna rada konferencije ukratko se mogu sažeti sljedeća zaključna razmatranja:

Tehnologija pridobivanja drva i ergonomija u aktivnostima unaprjeđenja modernoga šumarstva temelje se na optimalnim rješenjima zajedno s modelima čija bi se osnova s visokim stupnjem primjenjivosti trebala prilagođavati kako lokalnim tako i svjetskim uvjetima u šumarstvu. Takvi modeli trebaju biti skloni prilagodbi s gledišta ekonomskih, tehničkih i okolišnih promjena, ali također trebaju ispuniti potrebne kvalitativne i kvantitativne kriterije u skladu sa svjetskom šumarskom ekonomijom.

U svjetlu novih izazova u ekonomiji modernoga šumarstva inovacije su potrebne ne samo u proizvodnji već i u organizaciji i marketingu.

Prednost suvremenih tehnologija u pridobivanju drva odnosi se na mogućnost zadovoljavanja ekoloških i ergonomskih zahtjeva uz istodobno zadržavanje visokoga stupnja proizvodnosti. Zbog značajnih troškova rada prilično mehaniziranih strojeva javlja

se potreba za poboljšanjem organizacije rada te za osiguravanjem primjereno visoke koncentracije drva.

Prema izloženim referatima zaključeno je da značajnu ulogu u smanjenju oštećivanja tla i sastojine ima pravilno planiranje trajnih traktorskih putova.

Na konferenciji je posebna pozornost posvećena mnogim problemima zaštite na radu u šumarstvu, pogotovo što je još uvijek u mnogim dijelovima svijeta udio ručnoga rada izrazito velik.

Nadalje, iz referata je razvidno da treba nastaviti istraživati kako poboljšati postojeće norme i kako primijeniti nove norme koje se odnose na stupanj izloženosti šumskih radnika buci, vibracijama i ispušnim plinovima. Zanimljivi su zaključci da će se ubuduće s porastom mehaniziranosti šumskih radova smanjiti broj ozljeda na radu, ali će se povećati negativan utjecaj na psihičko stanje radnika zbog stalnoga mentalnoga napora pri upravljanju suvremenim strojevima.

Razina osposobljenosti šumarskoga osoblja i radnika trebala bi biti sve veća zbog novih tehnoloških rješenja, povećanih zahtjeva s obzirom na logistiku i operacije te potrebu uključivanja načela ergonomije i zahtjeva za zaštitom okoliša.

Sudionici su savjetovanja govorili uglavnom o problemima i rješenjima specifičnim za njihovu regiju, s naglaskom na tehnologiju i ergonomiju u kontekstu održivoga gospodarenja šumama. Na kraju se može zaključiti da je razmjena iskustava i spoznaja u području tehnologije i ergonomije u šumarstvu među sudionicima savjetovanja značajan doprinos šumarskoj struci i da je ovakva međunarodna suradnja opravdala ovo savjetovanje.

Z. Pandur

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Competence Development for Forestry«, Freiburg, 26. rujna – 1. listopada 2011.

Na Fakultetu šumarstva i okolišnih znanosti (*University of Freiburg, Faculty of Forest And Environmental Sciences*) Sveučilišta u Freiburgu održano je od 26. rujna do 1. listopada 2011. godine međunarodno znanstveno savjetovanje o razvoju kompetencija u šumarstvu. Savjetovanje je obuhvatilo različite teme: struktura i razvoj profesija i zanimanja u šumarskom sektoru, njihov utjecaj na zapošljavanje i ruralni razvoj različitih zemalja, uloga izvođača radova u šumarstvu te šumarski poduzetnici kao partneri u šumskom radu, razvoj kompetencija – formalno stjecanje znanja i neformalno učenje u šumarstvu, program općega i praktičnoga osposobljavanja šumarskoga radnoga kadra te povezani projekti i akcije (CONCERT, ECC, CeFCO i sl.). U okviru savjetovanja obilježeno je i umirovljenje prof. dr. sc. Siegfrieda Lewarka, poznatoga i priznatoga profesora Fakulteta šumarstva i okolišnih znanosti u Freiburgu, čije je značajno djelovanje u šumarstvu ostvareno na području ergonomije u šumarstvu te razvoja radnih kompetencija u šumarstvu.

Znanstveno se savjetovanje odvijalo pod naslovom »Razvoj kompetencija za šumarstvo« (eng. *Competence development for forestry*). Savjetovanje međunarodnoga karaktera održano je u suorganizaciji Fakulteta u Freiburgu, IUFRO-a (radne grupa 6.08.00. – Ravnopravnost spolova i šumarstvo, eng. *Gender and forestry*; 6.09.00. – Unapređenje obrazovanja i usavršavanja u šumarstvu, eng. *Improving education and further education in forestry*; 9.01.03 – Savjetovanje i razmjena znanja, eng. *Extension and knowledge exchange*), Nadzornoga odbora za šumski rad i šumske tehnike (njem. *Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik*) te Europske mreže šumarskih poduzetnika (ENFE – eng. *European Network of Forest Entrepreneurs*).

Organizatorima su kao inspiracija i poticaj za održavanje savjetovanja poslužili rastući zahtjevi društva prema gospodarenju šumama i šumarskim znanostima, odnosno dinamične promjene u odnosu na ulogu koju šumarstvo zauzima u zaštiti prirode, očuvanju biološke raznolikosti, pružanju bioenergije,

promjeni klime i dr. Kao posljedica toga u društvu se postavljaju zahtjevi za sve višom razinom kompetencija u šumarstvu, i to u svim vrstama zadataka, šumarskih zanimanja, znanja i vještina, od šumskoga rada, državnih i lokalnih šumskih službi, privatnih šumovlasnika i državnih šumskih poduzeća. Stoga je organizatorima savjetovanja cilj bio okupljanje šumarskih stručnjaka iz više zemalja, održavanje rasprave i razmjena ideja i iskustava radi unapređivanja obrazovanja u šumarstvu te postizanja radnih kompetencija u privatnom i državnom šumarskom sektoru.

Na savjetovanju je sudjelovalo 55 sudionika iz 18 zemalja, odnosno s 4 kontinenta. Hrvatsku su na savjetovanju predstavljali zaposlenici Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, istraživači Šumarskoga odsjeka i članovi Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije Matija Landekić, dipl. inž. šum., i doc. dr. sc. Mario Šporčić. Oni su podnijeli referat pod naslovom »*Private Entrepreneurship in the Forestry Sector of the Republic of Croatia – Status and Perspectives*« (autori – M. Landekić, I. Martinić, M. Lovrić, Z. Zečić, M. Šporčić, D. Vusić).

Prvi dan savjetovanja obuhvatio je stručnu ekskurziju u obrazovnom centru za šumske radnike »Mattenhof« koji se nalazi u blizini Freiburga (slika 1) i koji je jedan od triju pružatelja strukovnoga odgoja i obrazovanja za šumarske radnike u federalnoj državi Baden-Württemberg (Njemačka).

Obrazovni centar Mattenhof osnovan je 1983. godine. Vježbenici iz čitavoga Baden-Würtenberga, koji su polaznici stručnoga usavršavanja u tom centru, u Mattenhof dolaze tri do četiri puta godišnje i u njemu borave tri do pet tjedana održavanja nastavnih seminara (slika 2). Obrazovni sadržaji sežu od praktičnoga izvođenja sječe drveća, preko svih aspekata šumske njege pa sve do kompetentnoga obavljanja zaštite prirode, njege okoliša i njege biotopa.

U Njemačkoj se osposobljavanje temelji na članima strukovnoga obrazovanja koji čine ugovor između učenika i poduzeća. Strukovno se obrazovanje obavlja u dvojnom sustavu: a) izobrazba u šumskim



1. Ulaz (kuća domara) – Entrance (house keeper)

4. Sportska dvorana – The sports Hall

2. Glavna zgrada – The main building

5. Zgrade internata – The dormitory building

3. Radionica – The workshop

Slika 1. Obrazovni centar za šumske radnike »Mattenhof«

Fig. 1 Educational Center for the forest workers »Mattenhof«

poduzećima i b) osposobljavanje u strukovnom centru za šumske radnike. Obrazovanje traje tri godine za polaznike s deset razreda škole, a za polaznike s visokim stupnjem školske spreme dvije godine (završena srednja škola).

Obrazovanje izvan poduzeća i u školi sastoji se od:

- ⇒ strukovnoga osposobljavanja: 60 % vremena (šumarsko-tehničke kvalifikacije, opće obrazovanje iz predmeta kao što su njemački i sl.),
- ⇒ unutar organizacijskoga strukovnoga obrazovanja: 40 % vremena (upute o alatima i strojevima, praktične vježbe u radionici i šumi (slika 3); ciljevi: popunjavanje praznina iz obrazovnoga poduzeća, dostizanje sličnih standarda itd.,

⇒ smještaj u stambenim objektima obrazovnog centra (4 do 5 razreda s oko 25 učenika paralelno).

Ciljevi osposobljavanja u obrazovnom centru su ovi:

- ⇒ znanje, tehničke vještine i kompetencije,
- ⇒ samostalno planiranje i istodobna kontrola, ostvarivanje i kontrola svih tehničkih i šumskih zadataka po nalogu odgovornoga šumara (inženjera šumarstva).

Drugi dan savjetovanja obuhvatio je službenu ceremoniju otvaranja savjetovanja (slika 4) na kojoj su riječi dobrodošlice sudionicima konferencije u ime domaćina uputili prof. dr. sc. Siegfried Lewark i dr. sc. Edgar Kostenholz (glavni tajnik ENFE-a). U na-



Slika 2. Prikaz uloge i rada obrazovnog centra za šumske radnike

Fig. 2 Overview of the role and operation of the educational center for forest workers



Slika 3. Pokazna vježba radne kompetencije polaznika obrazovnog centra

Fig. 3 Field demonstration of competence of the educational center students

stavku dana prema službenom programu savjetovanja podneseni su referati prema tematskim sesijama. Savjetovanje je u tri dana izlaganja obuhvatilo više radova u šest tematskih sesija, kako slijede:

Sesija 1. Razvoj kompetencija (eng. *Competence development*)

L. Siegfried (Njemačka): *Competence development in forestry – an introduction*

E. Kastenholz (Njemačka): *Competences – the key for enterprise development*

R. E. Bardon, W. G. Hubbard, E. Taylor (SAD): *Reaching foresters and other practitioners through a national webinar series: Success, challenges, implications for the future*

Sesija 2. Kompetencija u šumarstvu – različiti aspekti (eng. *Competence in forestry – diverse aspects*)

E. Kouhgard, M. Akbarzadeh (Iran): *Local people perspectives about effects on degradation of Mangrove forests – case study: Nayband National Marine Park, Iran*

M. Amoah, G. Becker (Gana, Njemačka): *Effects of low technical competences of forest and sawmill workforces on the wood fibre loss in the forest-wood chain of fourwood firms in Ghana*

L. Nagel (SAD): *Continuing Forestry Education for Silviculturists in the United States Forest Service*

M. Landekić, I. Martinić, M. Lovrić, Z. Zečić, M. Šporčić, D. Vusić (Hrvatska): *Private Entrepreneurship in the Forestry Sector of the Republic of Croatia – Status and Perspectives*

M. Akbarzadeh, E. Ouhgardi (Iran): *Human effect on deforestation – a case study in the Arasbaran forests, Northwest of Iran*

S. Yurdakul Erol (Turska): *Job Satisfaction and Expectations of Forestry Staff*

M. Megalos, D. Hazel, R. Bardon (SAD): *Rural Biomass Development: NCSU's approach to sustainable forestry knowledge exchange*

N. Yu, S. Lewark (Njemačka): *Assessment of employees' work motivation in China's wood products firms*

Sesija 3. Visoko obrazovanje za profesiju u šumarstvu i drvnoj industriji (eng. *Higher education for occupation in forestry and wood industry*)

K. L. O'Hara, C. Redelsheimer (SAD): *Trends in Accredited Forestry Programs Across the US: 1935–2010*

L. Shen (Kina): *Meeting the requirement of the growing furniture industry in China by developing a study program within higher forest education*

W. Xu, Z. Wu, L. Shen (Kina): *Development and Practice of a »Virtual Class« for Furniture Production Professionals. A Case Study of Nanjing Forestry University*

S. Yu (Kina): *The research and practice on the teaching system of innovative design based on new materials of forestry characteristics*

M. Inoue (Japan): *Forestry education in Japanese high schools as human resource training facilities: a historical review*

Sesija 4. Obiteljsko šumarstvo (eng. *Family forestry*)

G. Lidestav, S. B. Lejon (Švedska): *Assessing behavior changes in Swedish family forestry by using the Data Base of Forest Owner Analysis*

J. Rommelfanger, A. Selter (Njemačka): *The influence of forest based education on the management of farmer-owned private forests*

Sesija 5. Širenje, certificiranje, ugovorni rad (eng. *Extension, certification, contracting work*)

M. Lutze, C. Müller (Njemačka): *Decision Matrix for Extension in Forest Logistics Information Technology*

M. Karmann (Njemačka): *CeFCO – Certification of forest contractors (ENFE, FSC, Nepcon)*

A. Kawasaki, C. Häggström, G. Lidestav (Švedska): *Profiles of forest contractors and dynamics of the contracting sector in Sweden*

Sesija 6. Kompetencije izvoditelja radova u šumarstvu (eng. *Competences of contractors*)

R. Ricart, E. Kastenholz (Španjolska, Njemačka): *Towards a »European driving license« for chain saw operators*

L. Ewa: *Increased competence through PEFC contractor certification in Sweden*

J. Morat, U. Seeling: *Quality management: a way to increase efficiency in the training of forest workers*

C. Salvagnol, J. Morat, M. Kukula, B. Hudson, E. Kastenholz (Francuska, Njemačka, Škotska, Njemačka): *Entrepreneurial competences of forestry contractors*



Slika 4. Govor dobrodošlice prof. dr. sc. Siegfrieda Lewarka
Fig. 4 Prof. Siegfried Lewark welcome speech



Slika 5. Završna diskusija na savjetovanju

Fig. 5 Concluding remarks

Treći dan savjetovanja svoje su radove izlagali strani predavači iz akademskih krugova Europe i svijeta. Četvrti je dan savjetovanja u prijedopodnevnim satima sadržavao izlaganje rezultata radova koji su dio europskih projekata te završnu raspravu i sažeti prikaz ključnih zaključaka savjetovanja (slika 5).

Povodom umirovljenja profesora prof. dr. sc. Siegfrieda Lewarka u okviru savjetovanja održan je i »Kolokvij o znanstvenom šumarskom radu«. Počasni su gosti održali kratke govore o aktualnoj problematici u šumarstvu te se zahvalili profesoru S. Lewarku na znanstvenom doprinosu, kako slijedi:

- ⇒ Prof. dr. sc. Jürgen Bauhus – dekan Fakulteta šumarstva i okolišnih znanosti održao je govor dobrodošlice i zahvalnosti.
- ⇒ Prof. dr. sc. Jörn Erler – predstojnik Katedre za šumarske tehnologije održao je govor na temu: *Operative management of problematic sites: semi autonomous teamwork at »Bundesforst«*.
- ⇒ Dr. sc. Marion Karmann – član FSC Interacional održao je govor na temu: *Working conditions and forest certification*.
- ⇒ Prof. dr. sc. dr. h. c. Gero Becker – član Zavoda za iskorištavanje šuma i znanost o radu održao je govor na temu: *Forest Work Science, 1990 bis 2010*.

Prof. dr. sc. Siegfried Lewark, član Zavoda za iskorištavanje šuma i znanost o radu, zahvalio je svim kolegama i prijateljima na podršci tijekom 44 godine rada na fakultetu i međunarodnoj suradnji te je održao govor na temu: *Observations and Outlook*.

Petoga dana savjetovanja sudionici su bili na cjelodnevnom stručnom izletu u južnom dijelu »Crne

šume« (eng. *Black forest*), koja je sastavni dio Parka prirode »Südschwarzwald«. Domaćin je izleta bio šumarski okrug »Todtmoos« u kojem upravljanje blisko prirodi ima dugogodišnju tradiciju, a rezultat su impresivna šumska staništa. Poslijepodnevni je program bio posvećen prikazu primjenjivih i uspješno provedenih projekata zaštite na području Parka prirode »Südschwarzwald«. Posebni je naglasak stavljen na daljnje obrazovanje šumara koji su uključeni u interdisciplinarne ekološke projekte. Šestoga, završnoga dana savjetovanja održana je glavna skupština članova ENFE i uzvanika savjetovanja te je u poslijepodnevnim satima provedena trosatna pješaka tura u »Crnoj šumi« koju svake godine obilaze studenti prve godine fakulteta.

U nastavku se teksta na hrvatskom jeziku nalazi sažetak referata »Private Entrepreneurship in the Forestry Sector of the Republic of Croatia – Status and Perspectives« koji su na međunarodnom znanstvenom savjetovanju u Freiburgu izlagali zaposlenici Šumarskoga fakulteta u Zagrebu.

Privatno poduzetništvo u šumarskom sektoru Republike Hrvatske – stanje i perspektiva

M. Landekić, I. Martinić, M. Lovrić, Z. Zečić, M. Šporčić, D. Vusić

Uvodni dio rada prikazuje obujam i strukturu šumskih resursa u Republici Hrvatskoj. U nastavku se daje pregled pravnoga i institucionalnoga okvira djelovanja poduzetnika u hrvatskom šumarstvu, s posebnim osvrtom na njihovo licenciranje.

Središnji dio rada prikazuje aktualno stanje poduzetništva u hrvatskom šumarskom sektoru – broj poduzetnika, veličina, vrste šumskih radova za koje su licencirani, stanje sigurnosti i zaštite zdravlja i sl. Obrazlaže se uloga Hrvatske komoru inženjera šumarstva i drvne industrije (HKŠIDT) u postupku licenciranja šumarskih poduzetnika i procesu stručnoga usavršavanja šumarskih stručnjaka. Navode se kriteriji i minimalni uvjeti za stjecanje i obnovu licencije za izvođenje šumskih radova.

U završnom se dijelu rada daje ocjena sadašnjega stanja i perspektiva razvoja poduzetništva u hrvatskom šumarstvu u svjetlu aktualnih europskih procesa normiranja kompetencija i potvrđivanja (ECC i ConCerti). Upozorava se na nužne korake u priključivanju ključnim europskim procesima i programima.

Ključne riječi: šumarstvo, šumarski poduzetnici, licenciranje, razvoj kompetencije

M. Landekić i M. Šporčić

Međunarodno znanstveno savjetovanje FORMEC 2011 »Pushing the Boundaries with Research and Innovation in Forest Engineering« i izložba šumarske opreme AUSTROFOMA 2011

FORMEC (eng. *FORestry MEchanization*, <http://formec.boku.ac.at>) međunarodna je mreža znanstvenika i istraživača koji promiču i proučavaju primjenu mehanizacije u šumskim radovima. Prvo je savjetovanje održano daleke 1966. godine u Zvolenu (tadašnja Čehoslovačka). Polazna ideja organizatora ovakvih znanstvenih skupova bila je pružanje prilike znanstvenicima iz istočne i srednje Europe za prikupljanje znanja, poticanje rasprave o položaju šumarskoga inženjerstva, produbljivanje spoznaja iz te znanstvene discipline, te svladavanje prepreka koje se pojavljuju zbog različitih razina mehaniziranosti tehnologija pridobivanja drva u raznim zemljama. Znanstvena savjetovanja FORMEC u posljednje vrijeme održavaju se i u zemljama srednje i zapadne Europe (Italija, Njemačka, Češka) radi očuvanja i poboljšanja suradnje te razmjene iskustava među istraživačima. Službeni jezik simpozija prije nekoliko godina promijenjen je iz njemačkoga u engleski, a sve u želji da se poveća broj kako međunarodnih, tako i mlađih sudionika. Na prvim skupovima broj sudionika bio je samo nekoliko desetaka ljudi, dok se u posljednje vrijeme taj broj povećava i iznosi nekoliko stotina.



Slika 1. Novi logo FORMEC-a (izvor: <http://formec.boku.ac.at>)

Fig. 1 New FORMEC logo (source: <http://formec.boku.ac.at>)

44. po redu savjetovanje FORMEC 2011 održano je u austrijskom gradu Grazu u hotelu »Das Weitzer« od 9. do 12. listopada 2011, usporedno s održavanjem izložbe šumarske opreme i strojeva »AUSTROFOMA 2011«. Glavne su teme savjetovanja bile:

- ⇒ Planiranje pridobivanja drva i mreže prometnica u gorskim uvjetima (*Harvest and road network planning in mountainous terrain*),
- ⇒ Kretni sustavi po tlu za pridobivanje drva na nagnutim terenima (*Steep terrain ground-based harvesting systems*),
- ⇒ Napredne tehnologije šumskih žičara i helikoptera (*Advanced cable yarder and helicopter technologies*),
- ⇒ Lanac i logistika dobave drva (*Woods to goods supply chain and logistics*),
- ⇒ Informacijski menadžment (*Information management*),
- ⇒ Korištenje biomase za dobivanje energije i biogoriva (*Biomass utilization for energy and biofuels*),
- ⇒ Ergonomija u modernoj šumarskoj opremi (*Ergonomics in modern forestry equipment*),
- ⇒ Sigurnost pri šumskom radu (*Working safety*),
- ⇒ Upravljanje i usavršavanje ljudskih resursa (*Workforce management and training*).



Slika 2. Savjetovanje FORMEC 2011 (izvor: <http://formec.boku.ac.at>)

Fig. 2 FORMEC 2011 Symposium (source: <http://formec.boku.ac.at>)

Prisutno je bilo više od dvije stotine sudionika iz 37 zemalja. Hrvatsku delegaciju od deset istraživača sa Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i iz Direkcije »Hrvatskih šuma« d.o.o. predvodio je prof. dr. sc. Dubravko Horvat, predstojnik Zavoda za šumarske tehnike i tehnologije na Šumarskom fakultetu. Prvoga dana savjetovanja, u sklopu službenoga otvorenja, održana je i prezentacija za najavu idućega, 45. simpozija FORMEC 2012 koji će se održati treći put u Hrvatskoj, u Cavtatu u hotelu Croatia. Prezentaciju je održao predsjednik organizacijskoga odbora savjetovanja izv. prof. dr. sc. Tibor Pentek.

U okviru ovogodišnjega skupa, u 13 sesija u dva dana bilo je 75 prezentacija znanstvenih radova. Popis, prezentacije i radovi u cijelosti mogu se pronaći na mrežnim stranicama simpozija FORMEC 2011. Među njima nalaze se i četiri znanstvena članka hrvatskih autora; ovdje ih prikazujemo navedene redom kako su bili izloženi uz sažetke na hrvatskom jeziku:

⇒ I. Stankić, T. Poršinsky, I. Tonković, M. Frntić: Razvoj i implementacija proizvodnih normi za forvardere u Hrvatskoj (*Development and implementation of productivity norms for forwarders in Croatia*)

Sažetak: Za prikupljanje i privlačenje drvnih sortimenata u hrvatskim nizinskim šumama koriste se uglavnom forvarderi. U sklopu projekta »Usustavljenje normi i normativa«, koji financira poduzeće »Hrvatske šume« d.o.o., razvijene su nove proizvodne norme za izvoženje drva forvarderima. Za provedbu istraživanja bilo je potrebno prikupiti podatke o tehničkim značajkama najučestalijih forvardera u Republici Hrvatskoj i u svijetu. Potom se pristupilo morfološkoj raščlambi na osnovi koje je provedena razredba vozila jer je neisplativo donositi normu za svaki tip vozila. Klusterskom analizom dobivena su tri razreda forvardera, a kao najvažniji čimbenik pri grupiranju pokazala se nosivost forvardera. Istraživanje rada forvardera praćeno je na 30 radilišta primjenom klasične metode studija vremena povratnom metodom kronometrije. Tijekom snimanja prikupljeni su podaci o utjecajnim parametrima rada forvardera (sastojinskim i terenskim uvjetima). Informatička služba poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o. preuzela je zadatak izrade sustava za prikupljanje i pohranu snimljenih podataka. Za pohranu se koristila baza podataka MS SQL Server 2000. Kao korisničko sučelje za prihvatanje podataka služila je mrežna aplikacija zasnovana na dinamičkim mrežnim stranicama koje se u potpunosti izvršavaju na poslužiteljskom računalu i izravno komuniciraju s bazom podataka. Sustav je izrađen pomoću tehnologije Microsoft ASP.NET, programiran u Visual Basic.NET-u, a izvršava se na poslužitelju Window Server 2003.

Platforma koja nosi cijeli sustav je .NET Framework 1.1 i Internet Information Server 6. Raščlambom dobivenih podataka utvrđeno je da proizvodnost forvardera ovisi o tipu vozila, srednjoj udaljenosti privlačenja, terenskim i sastojinskim značajkama. Regresijskom analizom utvrđene su ovisnosti trajanja pojedinih sastavnica rada, te je izrađen model proizvodnosti forvardera. Po završetku istraživanja dobiveni je model ugrađen u program HsPPI. Tu je aplikaciju razvila Informatička služba poduzeća »Hrvatske šume« d.o.o., a koristi se za pripremu proizvodnje iz područja pridobivanja drva. Sustav se temelji na bazi podataka dBase IV, a programski moduli (dva glavna modula) rađeni su u jezicima FoxPro 2.6 i Visual FoxPro 9.0 SP2. Glavni su dijelovi sustava za pripremu proizvodnje priprema doznake, plan sječa, plan proizvodnje i plan prodaje. Unutar dijela za izradu plana proizvodnje nalazi se i modul za izračun normativa izvoženja drva forvarderima. Ovdje razvijen i opisan sustav za planiranje normativa izvoženja drva forvarderima operativno još nije u primjeni u hrvatskom šumarstvu.

⇒ Ž. Zečić, D. Vusić, M. Milković, M. Zorić: Skider s jednobubanjskim ili s dvobubanjskim vitlom u planinskim područjima – istraživanje u prebornim šumama u Hrvatskoj (*Skidder with single-drum or double-drum winch in mountainous areas – A case study from selective forests of Croatia*)

Ovaj je rad u cijelosti objavljen u ovom broju časopisa Nova mehanizacija šumarstva.

⇒ M. Šušnjar, D. Horvat, M. Zorić, Z. Pandur, D. Vusić, Ž. Tomašić: Usporedba osovinskih opterećenja i dodirnoga tlaka kotača kamionskih skupova sa zakonskim ograničenjima (*Comparison of real axle loads and wheel pressure of truck units for wood transportation with legal restrictions*)

Sažetak: U hrvatskom šumarstvu prijevoz drvnih sortimenata najčešće se odvija pomoću kamionskih i tegljačkih skupova. Kako se ti skupovi kreću i po javnim prometnicama, podliježu određenim zakonskim regulativama, od kojih je najvažniji »Pravilnik o tehničkim uvjetima vozila u prometu na cestama« (NN 51/10). Temeljem analize važećega pravilnika može se zaključiti kako su sva ograničenja postavljena na osnovi osovinskih opterećenja te ukupne mase kamionskoga ili tegljačkoga skupa. U isto vrijeme osovine kamiona i prikolice opremljene su udvojenim kotačima kako bi se smanjio dodirni tlak između kotača i površine ceste. Cilj je ovoga istraživanja utvrditi osovinska opterećenja kamionskoga i tegljačkoga skupa tijekom prijevoza različitih vrsta tovara (vrste sortimenata, vrsta drva, vlaga drva i način slaganja drva u tovarni prostor) te odrediti dodirni tlak između kotača kamionskoga i

tegljačkoga skupa. Istraživanja su provedena na kamionskim skupovima Scania i IVECO Trakker 440 te na tegljačkom skupu MAN. Osovinska su opterećenja mjerena pomoću prijenosne mjerne platforme, dok su za izračun dodirnih površina kotača korišteni različiti matematički modeli temeljeni na različitim karakteristikama gume (dimenzije gume i tlak punjenja). Dodirni je tlak odedivan na temelju izmjerenih opterećenja i izračunatih dodirnih površina. Uspoređujući rezultate s važećim zakonskim propisom, može se napraviti analiza za postavljanje ograničenja prilikom prijevoza drvnih sortimenata kamionskim i tegljačkim skupovima, koja bi smanjila dodirni tlak kotača na površinu ceste, a u dužem razdoblju smanjila troškove održavanja šumske ceste i produžila vijek trajanja radnih sredstava.

⇒ H. Nevečerel, K. Lepoglavec, I. Papa, D. Pičman, T. Pentek: Razvoj novoga računalnoga programa za projektiranje šumskih cesta (*Development of a new computer program for designing forest roads*)

Sažetak: U Republici Hrvatskoj računalni je program u postupku projektiranja šumskih cesta prvi put upotrijebljen 1988. godine. To je bio računalni program SILVIA (Silvae VIA) napisan u programskom jeziku Quick Basic, a razvili su ga šumarski stručnjaci iz UŠP Delnice. Od 1999. godine za računalno se projektiranje šumskih cesta u Hrvatskoj koristi softver »CESTA« slovenske tvrtke SoftData. Taj program nije najbolje dugoročno rješenje za projektiranje šumskih cesta u našoj državi. U svijetu trenutačno postoje mnogi programi za projektiranje šumskih cesta, ali je velika većina njih primarno izrađena za potrebe projektiranja javnih, a ne šumskih cesta. Raščlanjen je veći broj računalnih programa za projektiranje cesta koji se koriste i u šumarskom graditeljstvu te se došlo do zaključka o potrebi razvoja novoga, hrvatskoga računalnoga programa specijaliziranoga za projektiranje šumskih prometnica. Novi je program pisan u programskom jeziku C++. Korisničko je sučelje izrađeno na Opensource platformi WxWidgets. Računalni se program sastoji od pet cjelina – potprograma: Main, Calc, Util, Database i Printout. Sadašnja radna verzija ima sedam različitih pogleda koji prikazuju: situaciju, uzdužni profil, poprečni profil, tablični prikaz osovinskoga poligona, tablični prikaz profila trase šumske ceste, definiranje vertikalnih krivina te kreiranje ispisa projektne dokumentacije. Uz aktivan modul za projektiranje šumskih prometnica ostavljena je otvorena mogućnost razvoja novih, u šumarstvu potrebnih i korisnih modula kao što su: modul za planiranje šumskih prometnica, modul za održavanje i popravak šumskih prometnica i dr.

Osim podnesenih referata tijekom posterske sesije izloženo je bilo 26 postera. Nagrada za najbolji



Slika 3. Nagrada za najbolji znanstveni članak (izvor: <http://formec.boku.ac.at>)

Fig.3 Best paper reward (source: <http://formec.boku.ac.at>)

znanstveni članak na simpoziju pripala je talijanskoj znanstvenici Giovanni Ottaviani Aalmo za rad pod naslovom Olakšanje radnoga opterećenja primjenom sintetičkoga pomoćnoga užeta za postavljanje trase žičare u Norveškoj (*Workload benefits of using synthetic ropes in cable yarder rigging in Norway*). U radu je prikazano postavljanje, provedba i raščlamba rezultata pokusa provedenoga radi procjene prednosti sintetičkoga užeta u odnosu na čelično s ergonomskoga gledišta. Nagradu u iznosu od 800 € glavnoj autorici uručili su izv. prof. dr. sc. Karl Stampfer (predsjednik udruge FORMEC) i prof. dr. sc. Hans Rudolf Heinimann (koordinator IUFRO Divizije 3). Članak je objavljen u posljednjem broju hrvatskoga znanstvenoga časopisa »Croatian Journal of Forest Engineering« (CROJFE), zajedno s još nekoliko odabranih radova prezentiranih na ovom simpoziju kao rezultat suradnje CROJFE-a i FORMEC-a.

Posljednjega dana savjetovanja za sudionike je organiziran skupni posjet izložbi šumskih strojeva AUSTROFOMA 2011. Taj je sajam ovaj put održan u mjestu Stift Rein nedaleko od Graza. Opremu je izložilo preko 120 izlagača na prezentacijskoj trasi duljine oko sedam kilometara. Prikazani su strojevi novije generacije koji se koriste u šumarskim operacijama, pa su tako posjetitelji mogli u radu vidjeti razne tipove skidera, fovardera, harvesteri, harvardera, šumskih žičara, šumskih kamiona te strojeva korištenih pri gradnji i održavanju šumskih prometnica. Bitan je dio ove izložbe zauzela demonstracija opreme i strojeva korištenih pri pridobivanju i transportu šumske biomase, što je svakako bilo zanimljivo pogotovo za posjetitelje iz naše zemlje. Usporedo s posjetom tomu sajmu u Grazu je održan sastanak rukovodstva iz

programa COST – Action FP0902 (*»Development and harmonisation of new operational research and assessment procedures for sustainable forest biomass supply«*), te radionice po radnim skupinama na kojima su sudjelo-

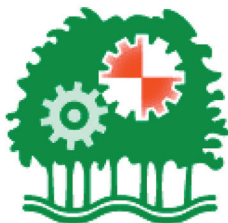
vala i dva istraživača Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, doc. dr. sc. Marijan Šušnjar i Dinko Vusić, dipl. inž. šum.

I. Stankić i H. Nevečerel



Slika 4. AUSTROFOMA 2011

Fig. 4 AUSTROFOMA 2011



HRVATSKA KOMORA
INŽENJERA ŠUMARSTVA
I DRVNE TEHNOLOGIJE

Prilaz Gjure Deželića 63, 10000 Zagreb
Telefon: ++385(1)376-5501
Telefax: ++385(1)376-5504
www.hkisdt.hr; info@hkisdt.hr

- vođenje imenika ovlaštenih inženjera šumarstva i drvne tehnologije
 - provođenje stručnih ispita
- izdavanje, obnavljanje, oduzimanje licenci za izvođenje radova iz područja šumarstva, lovstva i drvne industrije
 - stručno usavršavanje članova Komore

Cjenik oglašavanja

- ⇒ stranica A4 u boji 7000 kn
- ⇒ pola stranice A4 u boji 4000 kn
- ⇒ stranica A4 crno-bijela 5000 kn
- ⇒ pola stranice A4 crno-bijele 3000 kn

Oglas treba dostaviti e-poštom u digitalnom zapisu (300 dpi, *.jpg) na adresu: nms@sumfak.hr.

Narudžbenicu treba poslati na adresu:

Časopis Nova mehanizacija šumarstva

Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

p.p. 422, HR-10002 Zagreb

MB: 3281485

Žiroračun: 2360000-1101340148, poziv na broj: 2-02-05

Uredništvo časopisa



Holzschnitzel

Šumarske usluge i trgovina vl. Božo Žilić
D. Desinec 94 E, Jastrebarsko
tel/fax: 01/6279 547 gsm: 098/1699 956
Forest-trgovina i prijevoz vl. Goran Navoj
Bakačeva 23/1, Jastrebarsko
tel: 01/6283 661 gsm: 091/5512 740

e-mail: forest@pošt.t-com.hr
web: www.forest.hr

U svom programu nudimo Vam uslugu sječe harvesterima Timberjack 1270C i 870B, privlačenja drva skiderom WF truck 1100, izvoženja drva forvarderima FMG 280 te izrade drvne sječke i veračem ERJO B90



QUERCOFAGUS

QUERCOFAGUS d.o.o.

sječa, izrada i transport drvnih sortimenata

Leskovec 51

42223 Varaždinske Toplice

tel. +385 (0)91 2272 702; +385 (0)95 8180 999; +385 (0)91 1637 231

email: quercofagus@vip.hr





VIŠE OD 50 GODINA ISKUSTVA u proizvodnji lančanih pila, pomoglo nam je u razumijevanju mnogih stvari, također smo naučili kako su naši korisnici bogati praktičnim znanjem. Upravo zato najveću moguću pažnju poklanjamo korisniku, prilagođavamo se zahtjevima i potrebama. Vaša su očekivanja bila temelj oblikovanja naše povijesti i povijesti naših proizvoda.



Zelena tehnologija za zelene šume

Motorna pila STIHL MS 241 C-M serijski je opremljena s M-Tronic električkim upravljanjem motorom. Doziranje goriva regulira se elektronički i automatski prilagođava uvjetima okoliša. Motorna pila tako uvijek ima optimalnu snagu motora. Ručne promjene postavki više nisu potrebne. Opremljena je i s ostalim praktičnim značajkama poput dugotrajnog sistema pročištača zraka s HD2 pročištačem, jednostavnim za čišćenje, profesionalnim STIHL antivibracijskim sistemom, količinski reguliranom pumpom za ulje, pričvršćenom maticom na poklopcu lančanika, jednostojnim štitičnikom s tri brza vijka i memorijskom funkcijom za brzi nastavak rada nakon radnih stanki.

Sve ove osobine čine novu MS 241 C-M prijateljem šuma, jer smanjuje neželjene učinke po okoliš na najmanju mjeru, a zadržavajući pritom beskompromisnu kvalitetu i poznatu učinkovitost koja je značajka svih STIHL uređaja.

STIHL MS 241 C-M



unikomercUVOZ

www.unikomerc-uvoz.hr



SADRŽAJ – CONTENTS

Uvodnik – Editorial

TIBOR PENTEK, IVICA PAPA

Ususret 45. međunarodnomu znanstvenomu savjetovanju FORMEC 2012
Looking Forward to the 45th International Scientific Conference – FORMEC 2012

Izvorni znanstveni radovi – Original scientific papers

MARKO ZORIĆ, ZDRAVKO PANDUR, ŽELJKO ŠANTEK, MARIJAN ŠUŠNJAR

Ocjena indeksa kotača kao pokazatelja okolišne pogodnosti forvardera
Rating of Wheel Index as an Indicator of Environmental Viability of Forwarders

ŽELJKO ZEČIĆ, DINKO VUSIĆ, DRAGAN MILKOVIĆ, MARKO ZORIĆ

Usporedba proizvodnosti skidera s jednobubanjским i s dvobubanjским vitlom u prebornim šumama
Productivity Comparison of the Skidder with Single-Drum and with Double-Drum Winch in Selective Forests

Pregledni članci – Subject reviews

JELENA KRANJEC, TOMISLAV PORŠINSKY

Povijest razvoja motorne pile lančanice
History of Chainsaw Development

KRUNO LEPOGLAVEC, IGOR POTOČNIK, TIBOR PENTEK, ŽELJKO TOMAŠIĆ,
ANTON POJE, MATEVŽ MIHELIĆ

Programski paket za projektiranje šumskih prometnica »RoadEng«
»RoadEng« Software Package for Designing Forest Roads

MARIO ŠPORČIĆ, MATIJA LANDEKIĆ, IVAN MARTINIĆ, FRANJO GALIĆ

Mogućnosti primjene indikatora ekološke učinkovitosti u ocjeni poslovanja poduzeća u šumarstvu
Possibilities of Application of Eco-Efficiency Indicators in Business Evaluation of Forest Enterprises

MARIO ŠPORČIĆ, MATIJA LANDEKIĆ, MARKO LOVRIĆ, IVAN BULKA, IVICA PAPA

Stanje i pregled gospodarenja šumama u Poljskoj
Condition and Overview of Forest Management in Poland

Osvrti – Comments

ZDRAVKO PANDUR

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry«,
Kraków – Krynica, 26–29. lipnja 2011.

MATIJA LANDEKIĆ, MARIO ŠPORČIĆ

Međunarodno znanstveno savjetovanje »Competence Development for Forestry«,
Freiburg, 26. rujna – 1. listopada 2011. 81

IGOR STANKIĆ, HRVOJE NEVEČEREL

Međunarodno znanstveno savjetovanje FORMEC 2011 »Pushing the Boundaries with Research
and Innovation in Forest Engineering« i izložba šumarske opreme AUSTROFOMA 2011

ISSN 1845-8815



9 771845 881505