



Špela Ščap, Matevž Triplat

Raba lesa, tržne količine in projekcije potencialov okroglega lesa listavcev v Sloveniji

Utilisation, market volumes and projections of the potential of hardwood roundwood in Slovenia

Aleš Straže, Dominika Gornik Bučar, Jože Kropivšek

Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

Identification of value chains in the Slovenian forest and wood bioeconomy

Jože Kropivšek, Aleš Straže, Dominika Gornik Bučar

Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

Qualitative/strategic analysis of selected value chains in the Slovenian forest and wood bioeconomy

Luka Krajnc, Domen Arnič, Peter Prislan

Analiza kakovostne strukture okroglega lesa listavcev

The distribution of different log grades by volume in three hardwood species

Domen Arnič, Peter Prislan, Luka Juvančič

Makroekonomski učinki proizvodnje in predelave lesa listavcev

Macroeconomic impact of hardwood production and processing

Aleš Straže, Klemen Novak, Jure Žigon

Spremljanje kakovosti hlodovine s konvencionalnimi, dendrokronološkimi in nedestruktivnimi metodami

Monitoring the quality and value of European oak logs using conventional, dendrochronological and non-destructive methods



VSEBINA / CONTENTS

Letnik 72, številka 1 / Volume 72, Number 1

• Uvodnik	3
Editorial Peter Prislan	
• Raba lesa, tržne količine in projekcije potencialov okroglega lesa listavcev v Sloveniji	5
Utilisation, market volumes and projections of the potential of hardwood roundwood in Slovenia Špela Ščap, Matevž Triplat	
• Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu	21
Identification of value chains in the Slovenian forest and wood bioeconomy Aleš Straže, Dominika Gornik Bučar, Jože Kropivšek	
• Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu	35
Qualitative/strategic analysis of selected value chains in the Slovenian forest and wood bioeconomy Jože Kropivšek, Aleš Straže, Dominika Gornik Bučar	
• Analiza kakovostne strukture okroglega lesa listavcev	49
The distribution of different log grades by volume in three hardwood species Luka Krajnc, Domen Arnič, Peter Prislan	
• Makroekonomski učinki proizvodnje in predelave lesa listavcev	59
Macroeconomic impact of hardwood production and processing Domen Arnič, Peter Prislan, Luka Juvančič	
• Spremljanje kakovosti hlodovine s konvencionalnimi, dendrokronološkimi in nedestruktivnimi metodami	71
Monitoring the quality and value of European oak logs using conventional, dendrochronological and non-destructive methods Aleš Straže, Klemen Novak, Jure Žigon	
Novice	
• LesGoBio - Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu	81
LesGoBio - Possibilities of hardwood utilisation in the Slovenian bioeconomy Peter Prislan, Špela Ščap, Matevž Triplat	
• Gozdarski inštitut Slovenije je zahvalo za dolgoletno sodelovanje podelil prof. dr. Mihi Humarju in Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire	84
Tina Drošč	
• Nov CRP projekt kot podlaga za pripravo novih meril za zelena javna naročila na področju gradenj	86
Boštjan Lesar	

Les/Wood

Založila/Published by

Založba Univerze v Ljubljani / *University of Ljubljana Press*

Za založbo/For the Publisher

Gregor Majdič, rektor Univerze v Ljubljani / *the Rector of the University of Ljubljana*

Izdala/Issued by

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo /
University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology

Za izdajatelja/For the Issuer

Marina Pintar, dekanja Biotehniške fakultete UL / *the Dean of the Biotechnical Faculty UL*

Naslov uredništva/Editorial Office Address

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Revija Les/Wood, Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana, Slovenia

Glavna urednica/Editor-in-chief

Katarina Čufar, Slovenija / *Slovenia*, katarina.cufar@bf.uni-lj.si

Odgovorni urednik/Managing editor

Jože Kropivšek, Slovenija / *Slovenia*, joze.kropivsek@bf.uni-lj.si

Gostujoči urednik/Guest editor

Peter Prislan, Slovenija / *Slovenia*, peter.prislan@gozdis.si

Tehnična urednika/Technical editors

Anton Zupančič, Slovenija / *Slovenia*, anton.zupancic@bf.uni-lj.si

Teja Bizjak Govedič, Slovenija / *Slovenia*, teja.bizjagovedic@bf.uni-lj.si

Uredniški odbor/Editorial board

Christian Brischke, Nemčija / *Germany*

Alan Crivellaro, Italija / *Italy*

Dominika Gornik Bučar, Slovenija / *Slovenia*

Miha Humar, Slovenija / *Slovenia*

Denis Jelačić, Hrvatska / *Croatia*

Maks Merela, Slovenija / *Slovenia*

Leon Oblak, Slovenija / *Slovenia*

Primož Oven, Slovenija / *Slovenia*

Krishna K. Pandey, Indija / *India*

Manuela Romagnoli, Italija / *Italy*

Kevin T. Smith, ZDA / *USA*

Milan Šernek, Slovenija / *Slovenia*

Rupert Wimmer, Avstrija / *Austria*

Jezikovni pregled/Proofreading

Darja Vranjek (slovensko besedilo/*Slovene text*)

Paul Steed (angleško besedilo/*English text*)

Prelom/Layout

Tiskarna Koštomaj, Celje

Tisk/Print

Tiskarna Koštomaj, Celje

Natisnjeno v juniju 2023 v 100 izvodih./*Printed in June 2023 in 100 copies.*

ISSN 0024-1067 (tiskana verzija/*printed version*)

ISSN 2590-9932 (spletna verzija/*on-line version*)

<https://journals.uni-lj.si/les-wood>

Periodičnost/Frequency

Dve številki letno/*Two issues per year*

Les/Wood je referiran v mednarodnih bibliografskih zbirkah

Les/Wood is indexed in the international bibliographic databases

AGRIS, CAB Abstracts, Directory of Open Access Journals

Les/Wood je revija z odprtim dostopom, ki izhaja pod pogoji licence Creative Commons CC BY-NC 4.0.

Les/Wood is an Open Access journal published under the terms of the Creative Commons CC BY-NC 4.0 License.

Izdajanje revije sofinancira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS)

The journal is co-financed by Slovenian Research Agency (ARIS)

Naslovnica/Cover page: One inch wall, Matjaž Šivic, Silvaapis d.o.o.



Možnost rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu

Pričujoča tematska številka revije *Les/Wood* je namenjena predstavitvi glavnih rezultatov ciljnega raziskovalnega projekta z naslovom »Možnost rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu (LesGoBio)«, ki sta ga financirala Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) ter Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS). V okviru projekta smo raziskovalci iz Gozdarskega inštituta Slovenije ter Biotehniške fakultete podrobneje proučili problematiko slabe izkoriščenosti lesa listavcev iz slovenskih gozdov.

V tej številki revije je objavljenih 6 izvirnih znanstvenih člankov, ki predstavljajo ključne ugotovitve projekta. Med ključnimi vzroki za slabo izkoriščenost potenciala gozdnih lesnih sortimentov listavcev je pomanjkanje informacij o kakovostni strukturi sortimentov. **Krajnc et al. (2023)** so zato opravili analizo kakovostne strukture najpomembnejših drevesnih vrst listavcev v Sloveniji: navadne bukve, gorskega javorja ter hrasta doba. Ugotavljajo, da ob upoštevanju zahtev trenutno veljavnega Pravilnika pri sečnji listavcev s prsnim premerom nad 30 cm lahko v povprečju pričakujemo med 40 – 50 % delež hlodovine v celotni prostornini dreves. Za boljše izkoriščanje lesa listavcev je pomembno celostno poznavanje lastnosti lesa, zato so ključni hitri in ažurni postopki gradiranja ter spremljanja kakovosti lesa. V ta namen so **Straže et al. (2023a)** primerjali konvencionalne in nedestruktivne metode spremljanja kakovosti hrastove hlodovine. **Ščap in Triplat (2023)** sta izvedla pregled rabe lesa listavcev. Ocenila sta tudi tržni potencial okroglega lesa listavcev, tj., količine hlodovine listavcev in lesa

slabše kakovosti iz slovenskih gozdov. Za večjo izkoriščenost lesa listavcev v Sloveniji je nujno spodbujati uvajanje novih tehnologij predelave lesa listavcev ter uporabo proizvodov na osnovi lesa listavcev. **Straže et al. (2023b)** so izvedli popis verig vrednosti v Slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. Opredelili so pet primarnih verig, dve verigi, ki zagotavljata krožnost in kaskadno izrabo surovine, in tri verige, ki omogočajo izrabo izdelkov iz primarnih verig z visoko dodano vrednostjo. V vsaki izmed opredeljenih verig so avtorji identificirali prekinjene člene verige, ki predstavljajo potencial z večjo izrabo lesa listavcev. **Kropivšek et al. (2023)** so v nadaljevanju izvedli kvalitativno strateško SWOT analizo ter nakazali prednosti in slabosti opredeljenih verig vrednosti. Učinek povečane rabe lesa listavcev znotraj Slovenije ter tehnološke nadgradnje proizvodnih verig na gozdno-lesno biogospodarstvo so raziskali **Arnič et al. (2023)**. Oblikovali so pet scenarijev prestrukturiranja gozdno-lesne verige v Sloveniji in jih ovrednotili s pomočjo input-output modela. Avtorji ugotavljajo, da lahko slovensko gozdno-lesno biogospodarstvo preko prestrukturiranja gospodarskih aktivnosti v prihodnosti doseže do 20 % višjo vrednost proizvodnje sektorja, povečanje števila zaposlenih za 24 % ter povečanje dohodka gospodinjstev za 19 %.

Raziskave, predstavljene v tej tematski številki, nakazujejo, da je ključna optimizacija ter tehnološka nadgradnja proizvodnih verig predelave lesa listavcev, hkrati pa je nujno spodbujanje uporabe materialov in izdelkov iz lesa listavcev s širokim spektrom uporabe in visoko dodano vrednostjo.

Possibilities of hardwood utilisation in the Slovenian bioeconomy

This special issue of the journal *Les/Wood* presents the main results of the target research project entitled “Possibilities of hardwood utilisation in the Slovenian bioeconomy (LesGoBio)”, which was funded by the Ministry of Agriculture, Forestry and Food (MKGP) and the Public Agency for Scientific Research and Innovation Activity of the Republic of Slovenia (ARIS). Within the project, researchers from the Slovenian Forestry Institute and the Biotechnical Faculty tackled the problem of poor utilisation of hardwood from Slovenian forests.

This issue of the journal contains 6 original scientific papers presenting the key findings of the project. One of the main reasons for the poor utilisation of the potential of hardwood log assortments is the lack of information about their quality structure. Therefore, **Krajnc *et al.* (2023)** analysed the quality structure of the main Slovenian hardwood species: beech, maple and oak. Following the national grading system for assortments, they expect that between 40% and 50% of the total volume will be usable assortments of hardwoods. Comprehensive knowledge of wood properties is essential for better utilisation of hardwoods, so fast and up-to-date grading procedures and monitoring of wood quality are crucial. For this purpose, **Straže *et al.* (2023a)** compared conventional and non-destructive methods for monitoring the quality of oak logs. **Ščap and Triplat (2023)** conducted a survey on the use of hardwood logs. They also assessed the market potential of such logs, i.e. the amount of hardwood logs and lower quality wood from Slovenian forests. In order to improve the use of hardwoods in Slovenia, it is necessary to promote the introduction of new processing technologies for hardwoods and to use products based on them. **Straže *et al.* (2023b)** prepared an overview of value chains in the Slovenian forest-wood bioeconomy. They defined five primary chains, two chains ensuring a circular economy and the cascading use of raw materials, and three chains enabling the use of high value-added products from primary chains. In each defined chain, the authors identified the weakest links that represent the potential for improved use of hardwoods. **Kropivšek *et al.* (2023)** then conducted a qualitative SWOT analysis and highlight-

ed the strengths and weaknesses of the identified value chains. **Arnič *et al.* (2023)** investigated the impact of the increased use of hardwoods in Slovenia and the technological upgrading of production chains on the forest-wood bioeconomy. They created five scenarios for restructuring the forest-timber chain in Slovenia and evaluated them using an input-output model. The authors concluded that by restructuring economic activities in the future, the Slovenian forestry-wood bioeconomy can achieve up to 20% higher production value of the sector, increase the number of employees by 24% and increase related household incomes by 19%.

The research presented in this special issue demonstrates the importance of optimising and technologically improving hardwood production chains, while promoting the use of hardwood materials and products with a wide range of uses and high added value.



RABA LESA, TRŽNE KOLIČINE IN PROJEKCIJE POTENCIALOV OKROGLEGA LESA LISTAVCEV V SLOVENIJI

UTILISATION, MARKET VOLUMES AND PROJECTIONS OF THE POTENTIAL OF HARDWOOD ROUNDWOOD IN SLOVENIA

Špela Ščap^{1*}, Matevž Triplat¹

UDK članka: 630*721

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 13.3.2023

Sprejeto / Accepted: 5.4.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: Gozdarstvo in lesnoprredelovalna industrija sta za Slovenijo strateško pomembni gospodarski panogi, ki v zadnjih letih krepi svojo vlogo v biogospodarstvu. Raziskava se osredotoča na problematiko rabe lesa listavcev v Sloveniji. Za akterje, ki se ukvarjajo z rabo lesa listavcev, je pomembno vedenje o razpoložljivi količini domačega lesa, ki se lahko ponudi na trgu. V raziskavi je bila nadgrajena leta 2014 razvita metodologija za oceno količin in potencialov lesa listavcev. Za prihodnje odločanje o razvoju gozdarskega in lesnoprredelovalnega sektorja je potrebno tudi raziskovanje tokov lesa, zato je bila v raziskavi opravljena anketa med večjimi predelovalci okroglega lesa listavcev. Ocenjeni teoretični tržni potencial hlodovine listavcev v slovenskih gozdovih je v letu 2021 znašal 0,777 mio m³ in 2,372 mio m³ ocenjeni teoretični tržni potencial lesa slabše kakovosti. Ocenjeni dejanski tržni potencial hlodovine listavcev je v letu 2022 znašal 0,528 mio m³, lesa slabše kakovosti pa 0,741 mio m³. Projekcije potencialov hlodovine listavcev kažejo, da bodo v letu 2025 na trgu podobne količine lesa kot leta 2022. Poraba okroglega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 0,906 mio m³ lesa predelanega za energetske namene, ostalih 0,527 mio m³ pa v industriji. Rezultati raziskave potrjujejo problematiko rabe lesa listavcev v Sloveniji in nakazujejo priložnosti slovenskega gozdno-lesnega sektorja za prihodnji razvoj.

Ključne besede: listavci, tokovi okroglega lesa, žagarski obrati, tržni potenciali, projekcije

Abstract: Forestry and wood processing are strategically important industries for Slovenia and have been strengthening their role in the bioeconomy. The study addresses the use of hardwood timber in Slovenia. For actors involved in the use of hardwood timber, it is important to know the available volume of domestic timber that affects the market. For this reason, the survey presented in this work builds on the methodology for estimating the volumes and potentials of hardwood timber developed in 2014. For future decision-making on the development of the forestry and wood-processing sector, it is also essential to analyse wood flows carried out among the major wood processors of round hardwood timber. The estimated theoretical market potential for lower-quality hardwood in Slovenian forests in 2021 was 2.372 million m³, and the estimated theoretical market potential for logs was 0.777 million m³. The estimated real market potential for lower-quality hardwood in 2022 was 0.741 million m³, and for hardwood logs 0.528 million m³. Projections of hardwood potential show that similar volumes of wood will be on the market in 2025 as in 2022. The consumption of round hardwood in 2021 was 1.433 million m³, of which 0.906 million m³ was processed for energy purposes, and the remaining 0.527 million m³ was used in industry. The survey results confirm the concerns about hardwood wood use in Slovenia and indicate opportunities for the future development of the Slovenian forest and wood sector.

Keywords: hardwood, roundwood flows, sawmills, market, potentials, projections

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Gozdarski sektor in lesnoprredelovalna industrija sta ključni del celotnega biogospodarstva, kjer kot osnovna surovina nastopa les, bodisi v obliki gozdnih lesnih sortimentov, lesnih ostankov, odslu-

ženega lesa idr. (Jonsson et al., 2021). Gozdarski in lesnoprredelovalni sektor imata pomembno vlogo v

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko, 1000 Ljubljana, Slovenija

* e-mail: spela.scap@gozdis.si

evropskem biogospodarstvu. Leta 2015 so dejavnosti gozdarstvo, proizvodnja papirja in drugih lesnih izdelkov ter pohištvena industrija skupaj zaposlovali 2,6 milijona ljudi v EU, v primerjavi s skupno zaposlenostjo v biogospodarstvu EU, ki je v tem letu znašala 13,5 milijona oseb (Ronzon & M'Barek, 2018). Poleg tega lahko gozdovi in lesni proizvodi aktivno prispevajo k doseganju dolgoročnih ciljev iz Pariškega sporazuma (Valade et al., 2017), saj z vezavo ogljika v gozdovih, skladiščenjem ogljika v pridobljenih lesnih proizvodih (ang. "*harvested wood products*" v nadaljevanju besedila HWP) ter nadomeščanjem neobnovljivih virov energije blažijo podnebne spremembe (Hildebrandt et al., 2017).

Gozdarstvo, lesarstvo in papirništvo so za Slovenijo strateško pomembne gospodarske panoge, ki v zadnjih letih krepijo svojo vlogo v krožnem biogospodarstvu. Dodana vrednost gozdarstva, primarne predelave lesa, pohištvene panoge ter papirništva v bruto domačem proizvodu v zadnjih treh letih predstavlja povprečno 2,24 %, v letu 2021 se je sicer delež znižal na 2,14 na račun papirništva (SURS, 2022a). Število zaposlenih v obravnavanih panogah je največje v dejavnosti C 16 (obdelava in predelava lesa) in sicer je v letu 2021 znašalo 9.600 oseb, kar je največ po letu 2011. Za gozdarstvo (SKD dejavnost 02) je značilen pozitiven trend zaposlovanja; najvišja zaposlenost v zgodovini Slovenije je bila v letu 2019 (7.500 oseb), v letu 2021 se je znižala na 6.800 oseb. Zaposlenost v pohištveni panogi je drastično padla po letu 2008 in je v letu 2021 znašala 6.200 oseb. V papirništvu je bilo v letu 2021 zaposlenih 4.500 oseb, kar je 43 % manj kot v povprečju obdobja 1995–1997 (SURS, 2022b). V letu 2021 so bili v lesnopredelovalni panogi prihodek, neto čisti dobiček in dodana vrednost na zaposlenega najvišji doslej, vendar lesna panoga še vedno zaostaja za povprečjem EU in predelovalno dejavnostjo v Sloveniji (Valentinčič & Likar, 2022). Prihodki pri družbah in samostojnih podjetnikih so skupno znašali 1,855 mio EUR, dodana vrednost na zaposlenega je v letu 2021 znašala 41.892 EUR, dobiček pa se je pri družbah v primerjavi z letom 2020 povečal za kar 58 %, iz 59 na 93 mio EUR (Valentinčič & Likar, 2022).

Z vgradnjo lesa v izdelke in stavbe podaljšujemo skladiščenje ogljika za čas trajanja izdelkov oziroma lesenih delov stavb. Trenutno se predela okoli 1,5 mio m³ okroglega industrijskega lesa, ki se

poseka v Sloveniji, od katerega se proizvede okrog 900.000 m³ lesnih izdelkov oz. HWP (Ščap & Mali, 2022). Spremembe zaloge ogljika v lesnih proizvodih v Sloveniji že od leta 1999 kažejo pozitiven trend, kar obračunsko ponazarja ponor, ki v zadnjih desetih letih niha med -25 kt CO₂ in -253 kt CO₂. Slovenija je med članicami EU med zadnjimi po deležu ponorov oz. povečanja zaloge ogljika iz naslova HWP, saj le-ta znaša cca. 3 % skupnih neto ponorov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva (ang. "*Land Use, Land-Use Change and Forestry*" v nadaljevanju besedila LULUCF), ki so v letu 2020 v Sloveniji znašali -4736 kt CO₂. Ta delež znaša na ravni EU v povprečju 17 % (Ščap & Mali, 2022). V letu 2021 so bili neto ponori v HWP -195 kt CO₂.

Analize tokov okroglega lesa so pomembno orodje za prikaz stanja gozdno-lesnega sektorja v državi ali regiji in tudi za strateško načrtovanje razvoja panog, ki so vezane na les (Krajnc & Piškur, 2006; Ščap & Krajnc, 2021). Z analizo tokov okroglega lesa ugotavljamo ravnovesje med proizvodnjo in primarno rabo okroglega lesa v Sloveniji (Krajnc & Piškur, 2006). Podatki tokov lesa v Sloveniji kažejo, da primarna predelava lesa predstavlja pomemben člen v slovenski gozdno-lesni verigi in je ključen člen v razvoju lesne industrije. S primarno predelavo lesa se ukvarjajo žagarski obrati in furnirnice, ki okrogli les predelujejo v žagan les ter furnir. Proizvodi primarne industrije, kot tudi lesni ostanki, so vstopna surovina ne samo za lesno industrijo, temveč tudi za gradbeno, papirno, kemijsko, farmacevtsko itd. (Kropivšek & Čufar, 2015). Industrija žaganega lesa in furnirja predela največ okroglega lesa v Sloveniji, nad 1,7 mio m³, od tega z več kot 80 % prevladuje predelava iglavcev (Krajnc & Piškur, 2006; Piškur & Krajnc, 2009; Ščap, 2022; Ščap & Krajnc, 2021; Ščap et al., 2021). Pomemben porabnik okroglega industrijskega lesa so tudi industrije lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij, ki skupno predelajo nad 0,5 mio m³ lesa letno, od tega je več kot polovica lesa iglavcev (Ščap, 2022; Ščap & Krajnc, 2021). V skupni porabi okroglega lesa v industriji listavci predstavljajo povprečno le 21 % v zadnjih petih letih, kljub temu da se pri listavcih povečuje delež hlodov za žago in furnir v skupni proizvodnji. Le-ta je v letu 2021 znašal 25 %, kar je največ po letu 2007 (Ščap, 2022). Okrogli les listavcev se v Sloveniji v več kot 60 % porabi kot les za kurjavo, izraženo v

količinah je to okrog 1 mio m³ (Ščap, 2022; Stare et al., 2022). Drva so najpomembnejši energent predvsem na podeželju, kjer si velik del gospodinjstev vsako leto zagotovi drva iz lastnega gozda (Krajnc & Ščap, 2022).

Gospodarske panoge, ki uporabljajo les kot glavno surovino, so odvisne od stanja oz. potenciala gozdov (Jonsson et al., 2021). Informacije o količinah in potencialih lesa iz gozdov so pomembne za vse akterje, vključene v gozdno-lesne verige. Najbolj pomembna zanje je realna in trenutno razpoložljiva količina lesa, ki se lahko ponudi na trgu, kjer je že izvzeta količina lesa, ki se porabi za lastne potrebe v gospodinjstvih (Ščap et al., 2014). Kljub rasti poslovanja lesnopredelovalne industrije v Sloveniji v zadnjih letih pa potenciala lesa v naših gozdovih še vedno ne izkoriščamo dovolj (Kropivšek & Gornik Bučar, 2017). To še posebej velja za les listavcev, saj ugotovitve raziskav kažejo, da več kot 60 % lesne mase bukovih dreves pogosto ni izkoriščene oz. se jo samo deloma porabi za energetiko, saj velik del prostorninskega lesa pogosto ostaja v gozdu (npr. (Marenče et al., 2016; Marenče et al., 2020; Zule et al., 2017)). Ne dovolj učinkovito delovanje gozdno-lesne verige, kjer je glavna surovina les listavcev, potrjujejo tudi podatki o strukturi proizvodnje okroglega lesa listavcev po namenu rabe, saj tradicionalno z več kot 50 % prevladuje les za kurjavo (Ščap, 2022; Ščap & Krajnc, 2021). Drva so pomemben energent na podeželju, saj raziskave Gozdarskega inštituta Slovenije kažejo, da se več kot polovica gospodinjstev na podeželju ogreva z lesnimi gorivi, kjer prevladuje uporaba drv. Poleg tega je več kot polovica gospodinjstev, ki se ogrevajo na drva, samooskrbnih (Krajnc & Stare, 2021). Vendar pa je za gospodarnejše ravnanje z lesom listavcev potrebno zagotavljati proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo ter polno izkoriščanje potenciala lesa listavcev glede na njegovo kakovost (Kropivšek & Gornik Bučar, 2017). Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) se lesna zaloga listavcev povečuje in je le-ta v letu 2021 predstavljala 55,7 % skupne lesne zaloge. Od tega 33 % lesne zaloge predstavlja bukev (Poljanec et al., 2022).

Namen raziskave je s pomočjo podatkov lesnopredelovalne industrije ovrednotiti snovne tokove okroglega lesa ter žaganega lesa listavcev. Zaradi nerednega zbiranja podatkov o predelavi lesa v žagarski industriji so aktualni podatki s strani podjetij

nujni za natančne analize rabe okroglega in žaganega lesa v Sloveniji. Namen raziskave je tudi posodobitev tržnih količnikov in sortimentacije okroglega lesa, ki predstavljata enega od glavnih vhodnih podatkov za posodobitev in nadgradnjo metodologije spremljanja razpoložljivih količin lesa iz slovenskih gozdov, ki se pojavijo na trgu. Cilji raziskave so: (I) posodobiti podatke o sortimentaciji in tržnih količnikih okroglega lesa listavcev ter ovrednotiti snovne tokove okroglega in žaganega lesa listavcev; (II) ugotoviti teoretične in dejanske razpoložljive količine okroglega lesa listavcev iz slovenskih gozdov, ki se v posameznem letu pojavijo na trgu in (III) razviti model za projekcije količin hlodovine listavcev, ki se bodo pojavile na trgu, za posamezno leto do leta 2025.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 RAZISKAVA OBRATOV, KI PREDELUJEJO OKROGLI LES LISTAVCEV

2.1 SURVEY AMONG HARDWOOD SAWMILLING COMPANIES

Za ocene dejanske porabe okroglega lesa listavcev v industriji in analize sortimentacije okroglega lesa listavcev smo v maju in juniju leta 2022 opravili anketiranje največjih predelovalcev okroglega lesa listavcev v Sloveniji. Kot pripomoček za oblikovanje seznama poslovnih subjektov nam je služila študija iz leta 2020, ko smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije opravili obsežno raziskavo med žagarskimi obrati v državi (Ščap et al., 2021). Poleg žagarskih obratov smo v raziskavo vključili tudi obrate (podjetja), ki se ukvarjajo s predelavo okroglega lesa slabše kakovosti. V seznam poslovnih subjektov za anketiranje so bili vključeni žagarski obrati, ki so v letu 2020 predelali 5.000 m³ ali več hlodovine listavcev ter manj kot pet podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo furnirja, lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij. Anketiranje je potekalo telefonsko in po elektronski pošti. Oblikovali smo anketni vprašalnik, sestavljen iz šestih vprašanj o (I) količinah in kakovosti razžaganega okroglega lesa listavcev, (II) vrstah in količinah proizvedenega žaganega lesa in žagarskih ostankov ter drugih proizvodov, (III) izvoznem trgu proizvodov in (IV) ugotavljanju največjih izzivov pri predelavi okroglega lesa listavcev. Z anketiranjem smo pridobili 19 odgovorov (od tega jih je

15 žagarskih obratov, ostali so v drugih industrijah). Ker smo tokove okroglega in žaganega lesa listavcev želeli prikazati na nivoju države, smo na podlagi preteklih podatkov iz popisa žagarskih obratov leta 2020 ter aktualnih podatkov iz raziskave leta 2022 izračunali ocene količin predelane hlodovine tudi za podjetja, ki predelujejo listavce in niso sodelovala v anketi leta 2022.

2.2 OVREDNOTENJE TOKOV OKROGLEGA IN ŽAGANEGA LESA LISTAVCEV

2.2 EVALUATING WOOD FLOWS OF ROUNDWOOD AND SAWN HARDWOOD

Podatki, pridobljeni prek ankete med predelovalci okroglega lesa listavcev, so pomembno pripomogli k natančnejšim analizam tokov okroglega in žaganega lesa listavcev v državi. Eden ključnih podatkov za spremljanje gospodarjenja z gozdovi so podatki o strukturi proizvodnje okroglega lesa, ki se izračunava po namenu rabe in sicer za štiri skupine: (1) hlodi za žago in furnir, (2) les za celulozo in plošče, (3) drug okrogli industrijski les ter (4) les za kurjavo. Glavni viri za izračunavanje strukture proizvodnje okroglega lesa so bili: družba SiDG d. o. o., ZGS, SURS in podjetja v lesnopredelovalni industriji. Za analize tokov lesa je pomembna tudi dinamika gibanj blagovne menjave Slovenije s tujino, katere podatke smo pridobili iz baze podatkov SURS-a, po pripadajočih šifrah Kombinirane nomenklature (KN). Osnovni podatki so bili preko pretvorbenih faktorjev preračunani iz mase (t) v volumen (m³). Poraba okroglega lesa je deloma izračunana bilančno (proizvodnja + uvoz – izvoz) deloma pa so podatki pridobljeni s strani predelovalcev lesa.

2.3 OCENA POTENCIALOV OKROGLEGA LESA LISTAVCEV

2.3 ASSESSMENT OF THE HARDWOOD ROUNDWOOD POTENTIAL

Za ocene količin tržnih potencialov hlodovine in lesa listavcev slabše kakovosti nam je služila metodologija, razvita leta 2014 (Ščap et al., 2014), ki pa je bila za namen tokratne raziskave posodobljena z aktualnimi podatki, ki odražajo trenutne razmere stanja gozdov, tržnih razmer in rabe lesa v Sloveniji. Metodologija, uporabljena za izračun ocenjenih možnih in dejanskih količin lesa iz slovenskih gozdov, temelji na tržnih količinah in izključuje vso ocenjeno porabo v gospodinjstvih. Nadgraje-

na metodologija temelji na širšem obravnavanem obdobju in predstavlja tudi trend rasti potencialov okroglega lesa, ki smo mu priča v zadnjem 10-letnem obdobju. Dejanski tržni potencial se nanaša na dejanski povprečni letni posek lesa in predstavlja količine, ki so se pojavile na trgu v obdobju od leta 1995 do leta 2022. Teoretični tržni potencial predstavlja maksimalno količino lesa, ki se skladno z gozdnogospodarskimi načrti lahko poseka in je hkrati lahko na razpolago na trgu ter pri tem še vedno zagotavlja trajnostna načela gospodarjenja z gozdovi. Izračun ocene količin in potencialov lesa iz slovenskih gozdov temelji na podatkih Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) o evidentiranih odločbah o poseku (zajem obdobja od 1995 do 2022) in podatkih o gozdnih fondih (za leto 2021). Delež hlodov in lesa listavcev slabše kakovosti (ki zajema kategorije po namenu rabe: les za celulozo in plošče, drug okrogli industrijski les in les za kurjavo – drva) v skupni sortimentni strukturi je bil izračunan na podlagi podatkov Statističnega urada Republike Slovenije (v nadaljnjem besedilu SURS) v sklopu popisa kmetijskih gospodarstev in odkupa okroglega lesa iz zasebnih gozdov, iz letnih poročil Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov in družbe SiDG d. o. o., internih podatkov Gozdarskega inštituta Slovenije in podatkov, pridobljenih iz anketiranja podjetij, predstavljenega v tokratni študiji. Glede na dejstvo, da se določen delež okroglega lesa listavcev na trgu ne pojavi (po podatkih Gozdarskega inštituta Slovenije ta delež znaša okrog 45 %), smo izračunali tudi tržne količnike; le-ti so bili določeni na podlagi študije med lesnopredelovalnimi podjetji, večletnih popisov kmetijskih gospodarstev in vzorčnih popisov kmetijstva od SURS-a, iz letnih poročil Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov (SKZG, 2023) in družbe SiDG d. o. o. (SiDG, 2023). Pri povezovanju podatkovnih baz SURS-a s podatki ZGS-ja smo uporabili geopodatke registra prostorskih enot. Model, razvit leta 2014, smo prilagodili in prenesli v programsko okolje R (R Core Team, 2021).

2.4 PROJEKCIJE POTENCIALOV HLODOVINE LISTAVCEV

2.4 PROJECTIONS OF HARDWOOD LOG POTENTIAL

Za napovedi potencialov hlodovine listavcev do leta 2025 sta bila uporabljena dva različna modela. Prvi izvedeni model je model avtoregresijskih

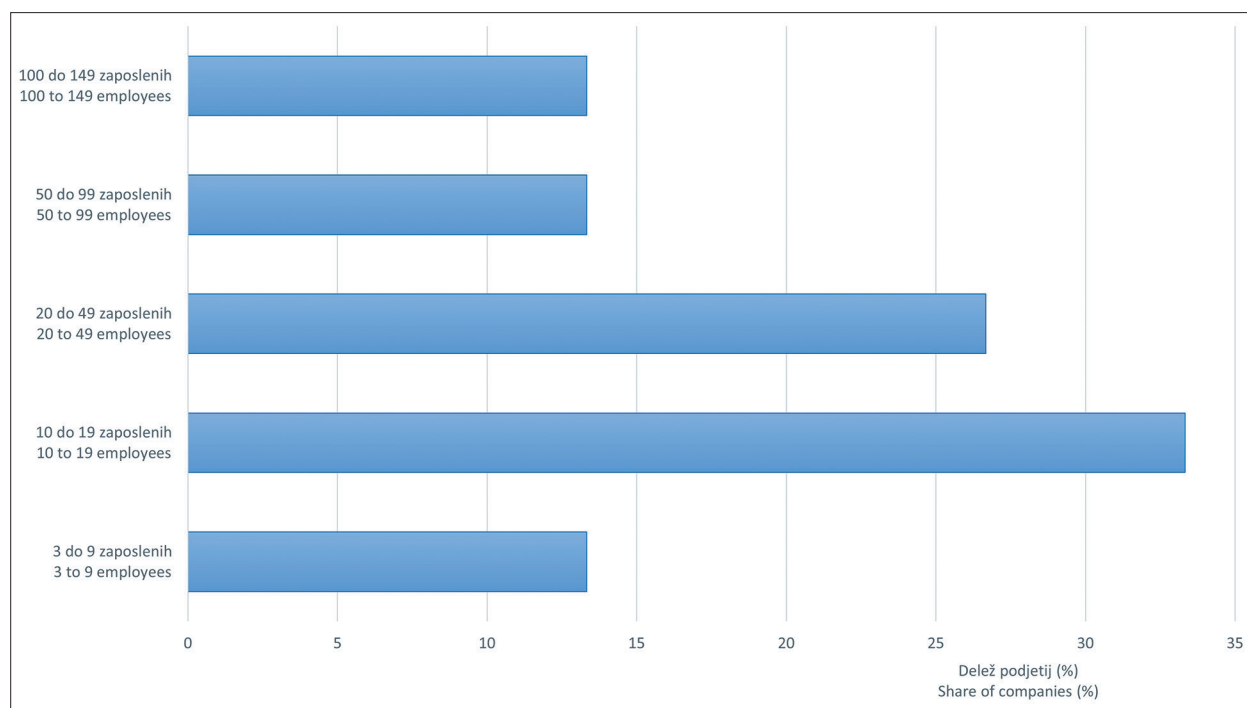
integriranih drsečih povprečij (ARIMA), ki sta ga kot nadgradnjo avtoregresijskega modela drsečih sredin (ARMA) predstavila Box in Jenkins. Box-Jenkinsova metoda za identifikacijo modelov ARIMA je skupaj s tehnikami za ocenjevanje parametrov in napovedovanje teh modelov podrobneje opisana v Shumway in Stoffer (2017). Pri izvedbi projekcij smo najprej podatke uredili v časovno vrsto (na letnem nivoju) in pregledali morebitne anomalije. Pri prilagajanju modela ARIMA podatkom časovnih vrst je nekaj osnovnih korakov, kot so: izris podatkov na grafikonu, morebitno preoblikovanje (transformacije) podatkov v primeru odkritih anomalij, določitev vrst odvisnosti modela, ocenjevanje parametrov, diagnostika in izbira modela. Drugi uporabljeni model je bil sodobnejši primer modeliranja z izvedbo enostavnega modela strojnega učenja z naključnim gozdom (ang. »Random Forest« v nadaljevanju besedila RF). Za modele RF v splošnem velja, da dosegajo relativno dobro natančnost in imajo sorazmerno enostaven in učinkovit postopek strojnega učenja. Modeliranje projekcij potencialov smo izvedli v programskem okolju R (R Core Team, 2021). Za izvedbo ARIMA modela smo uporabili programski zbirki *tseries* (Trapletti & Hornik, 2023), *bayesforecast* (Alonso & Cruz Torres, 2020) in *fo-*

recast (Hyndman & Khandakar, 2008). Za izvedbo RF modelov smo si pomagali s programsko zbirko *randomForest* (Liaw & Wiener, 2002).

3 REZULTATI

3 RESULTS

Rezultati raziskave med slovenskimi predelovalci industrijskega okroglega lesa listavcev so pripomogli k oblikovanju količnikov o sortimentaciji lesa listavcev, natančnejšim analizam tokov lesa listavcev ter k pripravi ocen tržnih potencialov hlo-dovine in lesa listavcev slabše kakovosti v slovenskih gozdovih. Podatki raziskave o količinah in kakovosti okroglega lesa, namenjenega za predelavo, so bili poleg drugih podatkov (npr. struktura proizvodnje okroglega lesa, odkup in prodaja okroglega lesa v zasebnih gozdovih...) eden od vhodnih podatkov za določitev količnikov o sortimentaciji okroglega lesa listavcev. Količniki so bili nadaljnje uporabljeni kot vhodni podatek za izračun ocene potencialov okroglega lesa. Zaradi velikega števila žagarskih obratov se proizvodnja in predelava hlo-dov za žago in furnir listavcev prek podjetij spremlja periodično in ne na letni ravni. Rezultati raziskave dajo zanesljivejše podatke za nadaljnje analize tokov lesa listavcev v državi.



Slika 1. Delež podjetij sodelujočih v anketi po številu zaposlenih (n = 15).

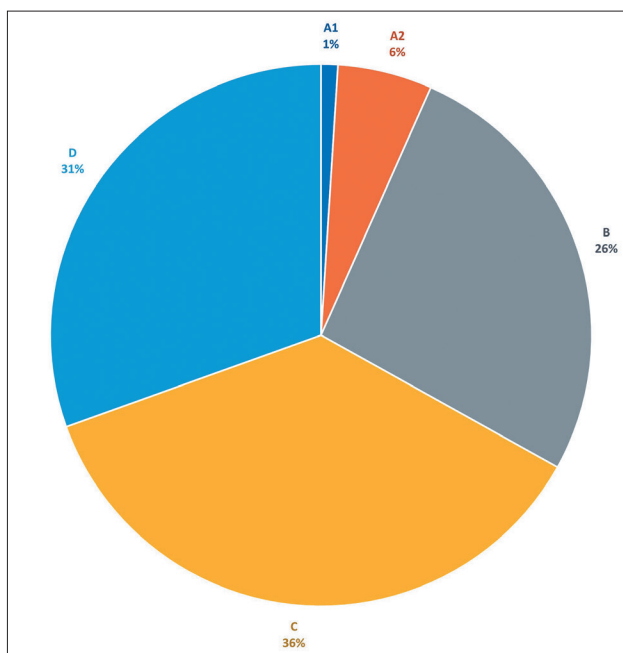
Figure 1. Share of companies responding to the survey by number of employees (n = 15).

3.1 RAZISKAVA MED ŽAGARSKIMI OBRATI

3.1 SURVEY AMONG SAWMILLING COMPANIES

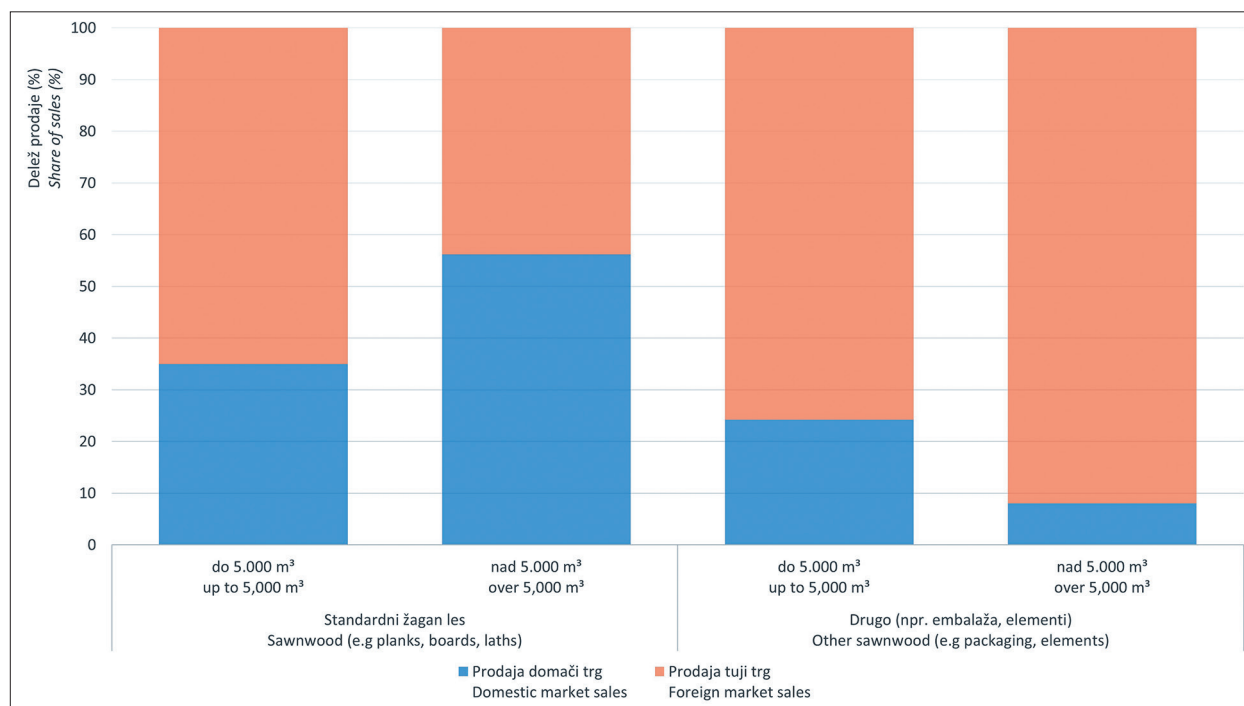
V anketi je sodelovalo 15 žagarskih obratov, prevladovala so podjetja z 10 do 19 zaposlenimi (slika 1). Le-ti so v letu 2021 razžagali 173.901 m³ hlodovine listavcev, od tega prevladuje drevesna vrsta bukev. Tri podjetja predelujejo še hrast in javor. Večina anketiranih žagarskih obratov predeluje hlodovino iz slovenskih gozdov; povprečen delež uvoza je v letu 2021 znašal 5,3 %. V anketi žal ni želel sodelovati eden od večjih žagarskih obratov v državi, ki predela med 10.000 in 20.000 m³ hlodovine listavcev na leto.

Žagarski obrati so v letu 2021 proizvedli skupaj 96.473 m³ žaganega lesa listavcev, povprečni količinski izkoristek pri razžagovanju hlodovine listavcev torej znaša 56 %. Po količini je bilo največ proizvedenega standardnega žaganega lesa (npr. letve, deske, plohi) in sicer 68.873 m³, sledijo drugi proizvodi (z 24.600 m³), največkrat so bili omenjeni embalažni les ter elementi za pohištvo in tla. Najmanjša pa je bila količina proizvodnje konstrukcijskega lesa s 3.000 m³. Sodelujoči v anketi so v letu 2021 proizvedli 13.785 ton žagovine in lesnega prahu ter 32.680 m³ kosovnih ostankov iz listavcev.



Slika 2. Delež razrezane hlodovine listavcev po kakovostnih razredih (n = 15).

Figure 2. The proportion of sawn hardwood assortments by quality grade (n = 15).



Slika 3. Smeri prodaje žagarskih proizvodov listavcev v letu 2021 (n = 15).

Figure 3. Sales trends for hardwood sawmill products in 2021 (n = 15).

Glede na deleže razžagane hlodovine listavcev po kakovostnih razredih s 36 % prevladuje kakovostni razred C, z 31 % sledi kakovostni razred D (slika 2).

V povprečju s 63 % prevladuje prodaja žagarskih proizvodov na tuji trg (slika 3). Glede na vrsto proizvoda se na domači trg proda največ standardnega žaganega lesa in sicer v povprečju 46 %. Konstrukcijski les se skoraj v celoti proda na tuji trg, vendar smo imeli v anketi vključena manj kot 3 podjetja, ki se ukvarjajo s proizvodnjo te vrste proizvoda. Embalaža, elementi, pragovi, mizarske plošče, decimiran les, ki se uvrščajo v kategorijo drugih proizvodov, pa se v povprečju le 22 % prodajo na domači trg, ostalo se izvozi v tujino.

Ker v tokratni raziskavi niso bili vključeni vsi poslovni subjekti, ki se ukvarjajo z žagarstvom v Sloveniji, smo na podlagi podatkov, pridobljenih iz anket 2022 in 2020, naredili oceno skupne razžagane hlodovine listavcev za leto 2021. Kljub temu da smo v anketi zajeli večino večjih žagarskih obratov, ki predelujejo listavce, ocenjujemo, da smo zajeli dobrih 60 % količin okroglega lesa listavcev, ki se razžaga na obratih v enem letu. S pomočjo preteklih podat-

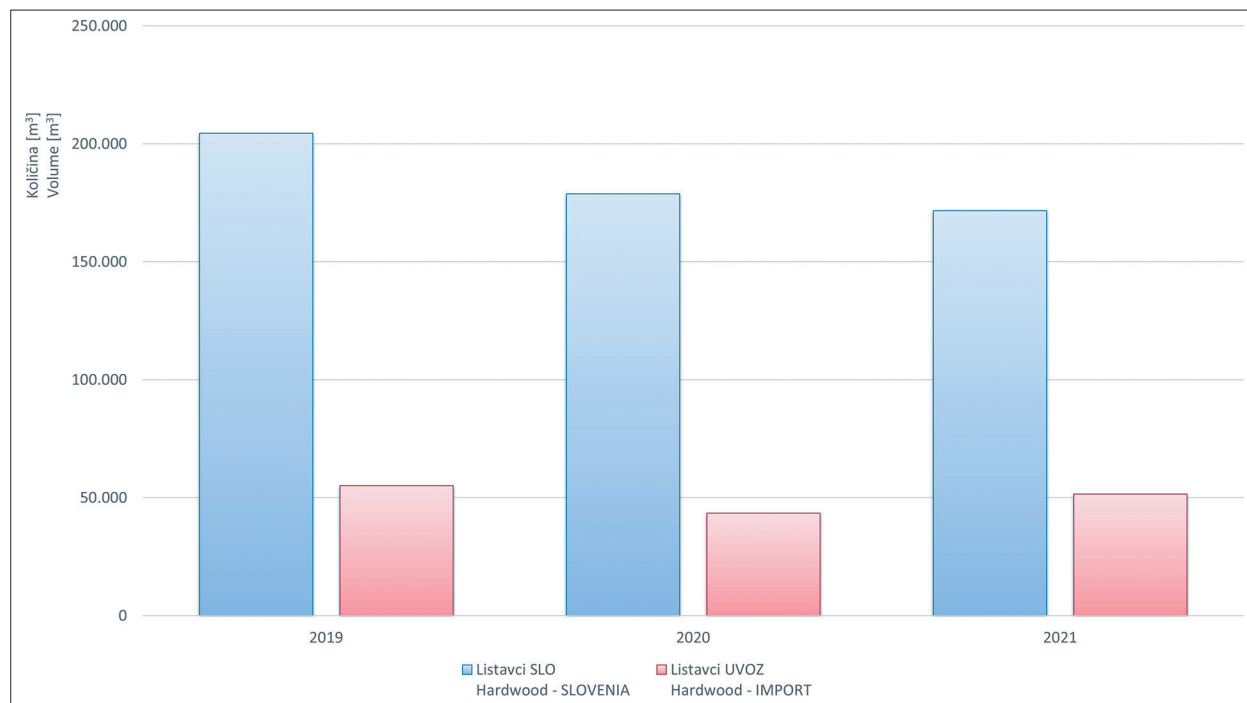
kov ocenjujemo, da je količina razžagane hlodovine listavcev v Sloveniji v letu 2021 znašala 270.000 m³, od tega je bilo 254.000 m³ predelave iz slovenskega lesa. Ocenjena proizvodnja žaganega lesa listavcev v Sloveniji v letu 2021 znaša 140.000 m³.

3.2 RAZISKAVA MED FURNIRNICAMI, INDUSTRIJO LESNIH KOMPOZITOV, MEHANSKE CELULOZE IN KEMIČALI

3.2 SURVEY AMONG VENEER MILLS AND THE FORESTRY COMPOSITES, MECHANICAL CELLULOSE AND CHEMICALS INDUSTRY

V Sloveniji imamo po naših podatkih manj kot pet podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo furnirja. Prevladuje proizvodnja rezanega furnirja, ki se večinoma opravlja kot storitev za kupce v EU. Glede na našo raziskavo so v letu 2021 furnirnice predelale 34.000 m³ hlodovine listavcev za proizvodnjo furnirja, od tega je okrog 90 % lesa iz uvoza. Proizvodnja furnirja listavcev je v letu 2021 znašala 20.000 m³.

Podobno kot pri proizvodnji furnirja je tudi v industrijski predelavi lesa slabše kakovosti (tj. les za celulozo in plošče in drugi okrogli industrijski les)



Slika 4. Količina in poreklo predelanega okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti v obravnavanih industrijah v obdobju 2019–2021 (n = 3).

Figure 4. Amount and origin of processed industrial hardwood roundwood of lower quality in the industries under consideration in the period 2019–2021 (n = 3).

trenutno v Sloveniji malo podjetij, ki se s to dejavnostjo ukvarja. V letu 2021 so ta podjetja predelala 223.000 m³ industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti, od tega je bilo 77 % lesa iz slovenskih gozdov (slika 4). Največji porabnik okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti je trenutno v Sloveniji podjetje Lesonit d. o. o., ki proizvaja vlaknene plošče tipa MDF (*»medium density fibreboard«*) in HDF (*»high density fibreboard«*). Podjetje letno porabi med 110.000 in 160.000 m³ okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti.

V letu 2021 je proizvodnja vlaknenih plošč iz lesa listavcev znašala dobrih 77.000 m³, proizvodnja lesovine (mehanske celuloze) pa v Sloveniji prevladuje iz industrijskega lesa iglavcev slabše kakovosti. Tako je bilo v letu 2021 proizvodnje lesovine iz lesa listavcev v Sloveniji okrog 1.000 ton od skupno 86.000 ton. Velik porabnik okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti je tudi podjetje Tanin Sevnica d. d., ki za proizvodnjo kemikalij letno porabi med 70.000 in 90.000 m³ okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti in je tako pomemben člen v gozdno-lesni verigi v državi.

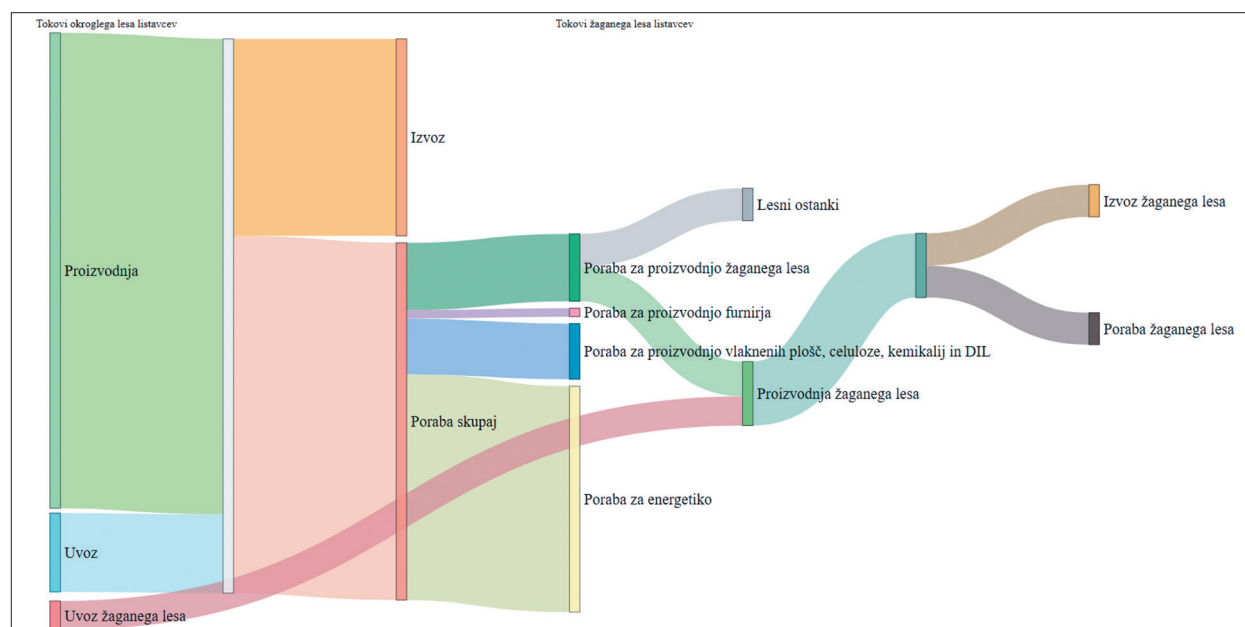
Izdelki iz industrije lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij se po informacijah podjetij v večini (več kot 90 %) prodajo na tuji trg. Izzivov za predelavo industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti je glede na mnenje podjetij precej manj

kot v žagarski industriji. V času energetske krize v zadnjem četrtletju 2022 je vzbujalo največjo skrb pomanjkanje surovine (lesa slabše kakovosti) za industrijsko predelavo, saj se je večina tega lesa porabila za potrebe proizvodnje lesnih goriv.

3.3 TOKOVI OKROGLEGA LESA IN ŽAGANEGA LESA LISTAVCEV V SLOVENIJI ZA LETO 2021

3.3 FLOWS OF ROUNDWOOD AND SAWNWOOD OF HARDWOOD SPECIES IN SLOVENIA FOR 2021

V letu 2021 je proizvodnja okroglega lesa listavcev znašala 1,907 mio m³, kar je 2 % več kot v letu 2020. V strukturi proizvodnje okroglega lesa listavcev je z 52 % prevladovala skupina les za kurjavo (drva), s 25 % sledi skupina hlodi za žago in furnir, 22 % je bilo proizvodnje lesa za celulozo in plošče, 2 % proizvodnje okroglega lesa listavcev pa predstavlja skupina drugi okrogli industrijski les, katerega največji del predstavlja taninski les (slika 5) (Ščap, 2022). Uvoza okroglega lesa listavcev je bilo v letu 2021 0,316 mio m³ in izvoza 0,790 mio m³. Leto 2021 je bilo za slovensko lesnopredelovalno industrijo po uradnih podatkih ter po informacijah podjetij ugodno, predvsem za žagarske obrate. Poraba okroglega lesa listavcev je znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 63 % predelanega za energetske namene, 19 % v industriji žaganega lesa, 16 % okroglega



Slika 5. Sankeyjev diagram tokov okroglega in žaganega lesa listavcev v Sloveniji v letu 2021.

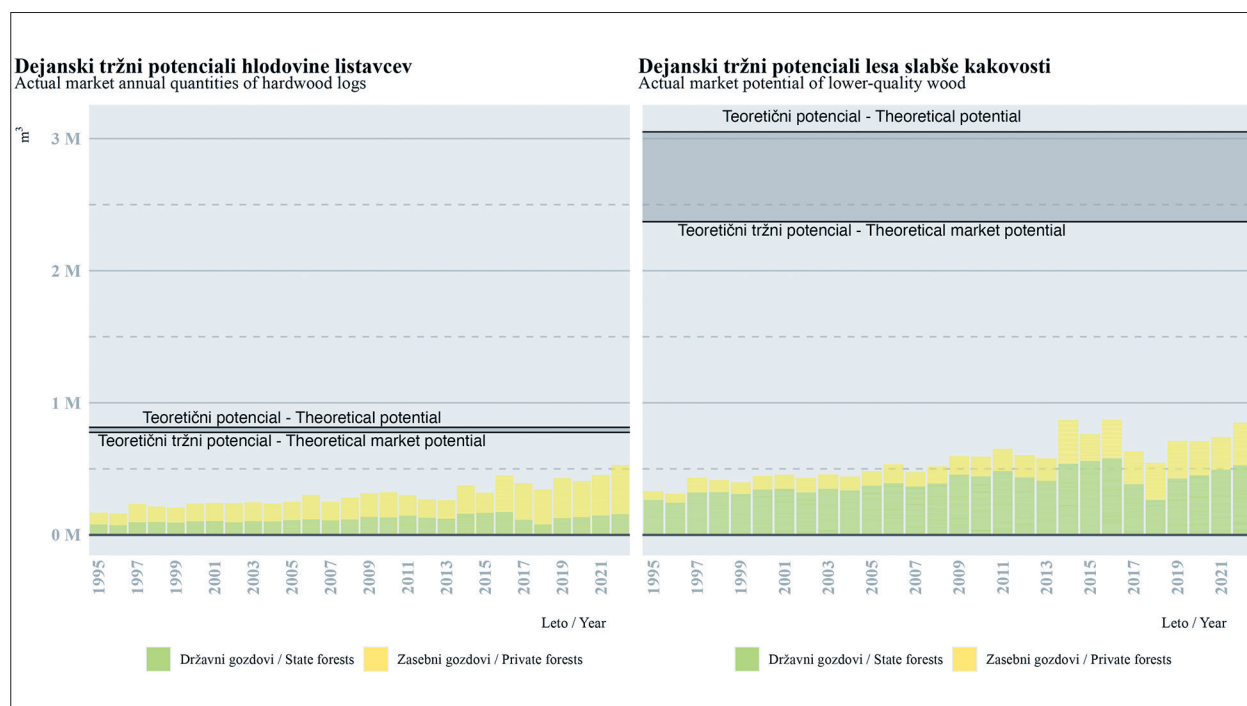
Figure 5. Sankey diagram of flows of roundwood and sawnwood in Slovenia in 2021.

lesa listavcev je bilo predelanega v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij in 2 % v industriji furnirja. Poleg tokov okroglega lesa listavcev v študiji prikazujemo tudi tokove žaganega lesa listavcev, tokov ostalih lesnih proizvodov pa zaradi manjkajočih natančnih podatkov o zunanji trgovini ni mogoče prikazati. Proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,140 mio m³, količina lesnih ostankov pri predelavi žaganega lesa pa je znašala 0,130 mio m³, kar predstavlja 48 % porabe okroglega lesa listavcev v industriji žaganega lesa. Uvoza žaganega lesa listavcev je bilo v letu 2021 0,117 mio m³, izvoza pa 0,129 mio m³. Bilančna poraba žaganega lesa listavcev je tako v letu 2021 znašala 0,128 mio m³. Pri interpretaciji podatkov zunanje trgovine in bilančne porabe je potrebno upoštevati, da del izvoza lahko izvira iz uvoza (t. i. "re-export"), zato podatki najverjetneje niso povsem točni.

3.4 POTENCIALI HLODOVINE IN LESA LISTAVCEV SLABŠE KAKOVOSTI

3.4 POTENTIAL OF HARDWOOD LOGS AND LOWER QUALITY WOOD

Analiza teoretičnega in dejanskega potenciala lesa je bila izvedena ločeno za zasebne gozdove in za druge oblike lastništva gozdov (državni gozdovi in gozdovi lokalnih skupnosti). Ocenjeni teoretični tržni potencial hlobovine listavcev v slovenskih gozdovih je v letu 2021 znašal 0,777 mio m³. Ocenjena dejanska količina hlobovine listavcev, ki se je pojavila na trgu, je v zadnjem 10-letnem obdobju v povprečju znašala 0,396 mio m³ na leto, v letu 2022 pa je znašala 0,528 mio m³ (od tega 0,371 mio m³ v zasebnih gozdovih). Ocenjeni teoretični tržni potencial lesa listavcev slabše kakovosti je izrazito višji od potenciala hlobovine listavcev in je v letu 2021 znašal 2,335 mio m³ (od tega 1,671 mio m³ v zasebnih gozdovih). Ocenjena dejanska tržna količina lesa listavcev slabše kakovosti, ki se je ponudila na

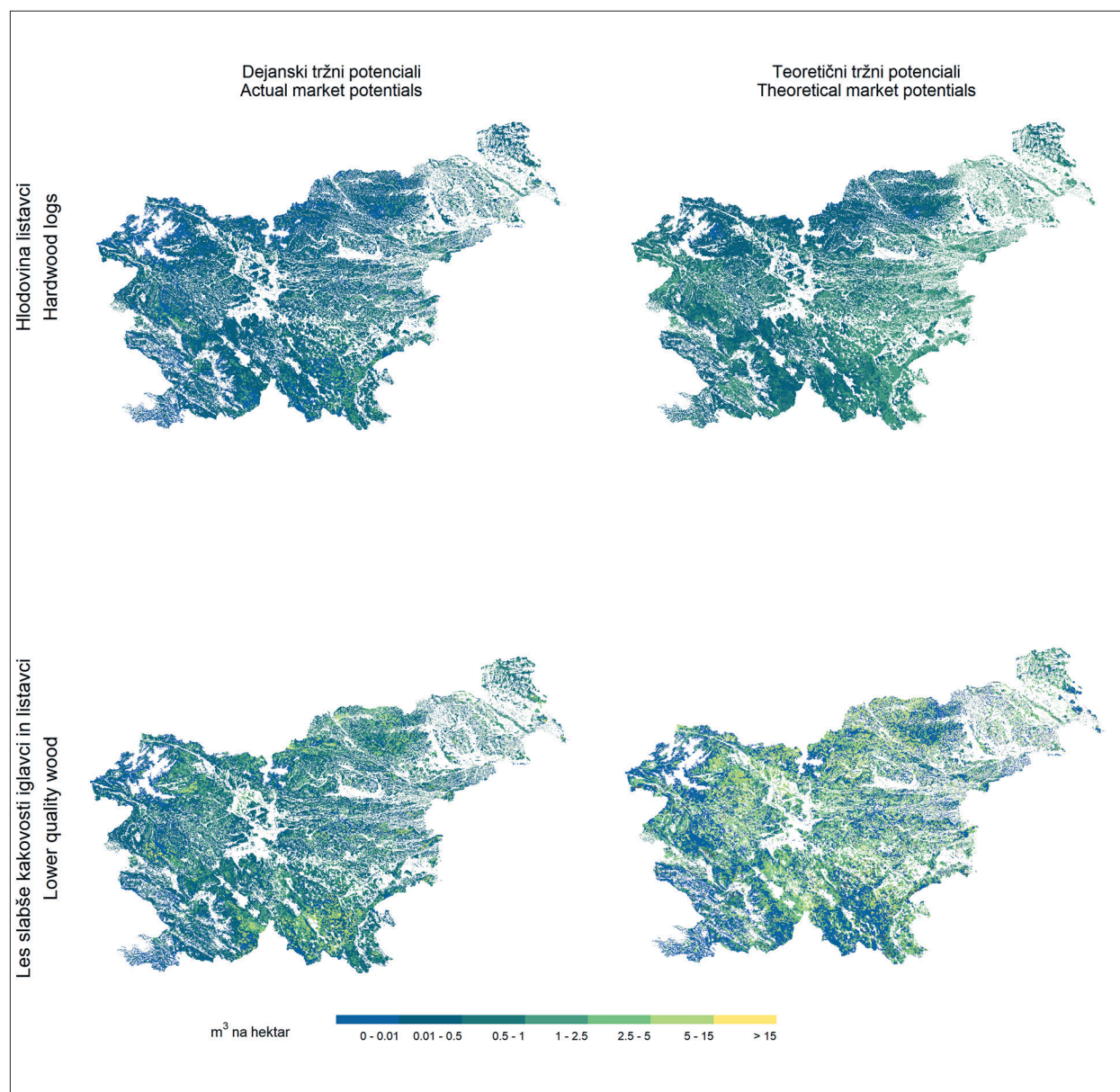


Slika 6. Stolpcični grafikon prikazuje ocenjene količine dejanskega potenciala okroglega lesa listavcev, ki se je pojavil na trgu v letih od 1995 do 2022. Horizontalne linije predstavljajo teoretični potencial lesa in teoretični tržni potencial, sivo obarvan pas med obema teoretičnima potencialoma predstavlja količine okroglega lesa, ki se porabi za domačo rabo v gospodinjstvih.

Figure 6. The bar chart shows the estimated quantities of hardwood log potential on the market between 1995 and 2022. The horizontal lines represent the theoretical timber potential and the theoretical market potential. The grey belt between the two theoretical potentials means the roundwood consumed for domestic household use.

trgu, je v obdobju 2013–2022 v povprečju znašala 0,727 mio m³ na leto, v letu 2022 pa je znašala 0,850 mio m³ (od tega 0,371 mio m³ v zasebnih gozdovih). Največje količine tega lesa so bile na trgu leta 2014 (0,869 mio m³) in 2016 (0,871 mio m³),

glavni razlog za to je obsežna sanitarna sečnja zaradi žledoloma leta 2014. Na grafikonu (slika 6) so predstavljene izračunane ocene dejanskih in teoretičnih količin razpoložljivega okroglega lesa listavcev iz slovenskih gozdov.



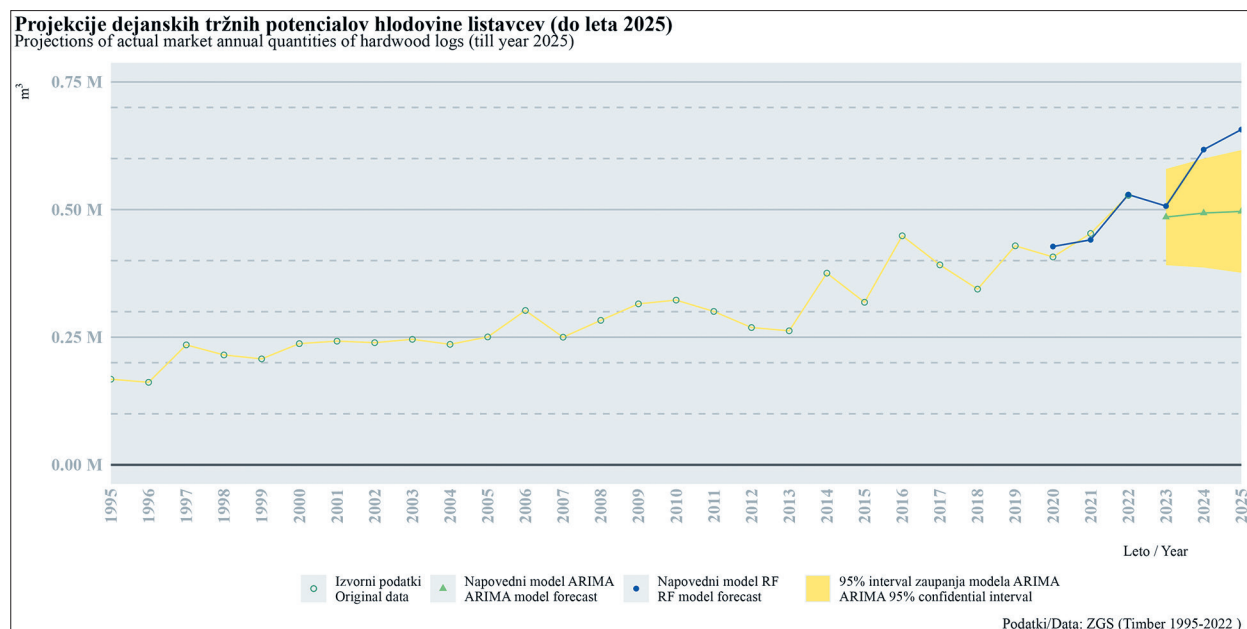
Slika 7. Na levi strani grafikona prikazujemo karto ocen petletnega povprečja dejanskih tržnih količin lesa listavcev slabše kakovosti (zgoraj) in hlodovine listavcev (spodaj). Na desni strani grafikona sta karti teoretičnih tržnih količin lesa listavcev. Na kartah so prikazane absolutne potencialne količine lesa v kubičnih metrih na hektar (Vir podatkov: Zavod za gozdove – Sestoji 2021 in Timber 2018-2022).

Figure 7. On the left-hand side of the graph, estimations of the five-year average of the actual market volumes of lower-quality hardwood timber (above) and hardwood logs (below) are introduced. On the chart's right side are maps of hardwood timber's theoretical market volumes. The graphs show potential timber volumes in cubic metres per hectare (source of data: Forest Service — Stands 2021 and Timber 2018-2022).

Slika 7 prikazuje prostorsko razporeditev izračunanih ocen potencialov hlodovine in lesa listavcev slabše kakovosti v Sloveniji. Preračunano na skupno površino gozda je znašal dejanski tržni potencial hlodovine listavcev 0,416 m³/ha na leto (0,266 m³/ha na leto v zasebnih gozdovih). Največje količine letno posekane hlodovine listavcev, ki se je v obravnavanem obdobju pojavila na trgu, so na območju vzhodne Slovenije in v Trnovskem gozdu. Teoretični tržni potencial hlodovine listavcev je v letu 2021 znašal 0,712 m³/ha na leto (0,514 m³/ha na leto v zasebnih gozdovih). V primeru ocen količin lesa listavcev slabše kakovosti je znašal dejanski tržni potencial v povprečju 1,326 m³/ha na leto (0,696 m³/ha na leto v zasebnih gozdovih). Največje količine letno posekanega lesa listavcev slabše kakovosti, ki se je v obravnavanem obdobju pojavil na trgu, so na območju kočevskih gozdov, Snežnika, Trnovskega gozda in planote Jelovice. Teoretični tržni potencial lesa slabše kakovosti je v letu 2021 preračunano na skupno površino gozda znašal 1,591 m³/ha na leto (1,264 m³/ha na leto v zasebnih gozdovih).

V raziskavi so bile opravljene tudi projekcije modela časovne vrste dejanskih tržnih potencialov hlodovine listavcev z uporabo dveh modelov,

imenovanih ARIMA in RF (slika 8). Za oblikovanje projekcij z napovednim modelom ARIMA se je kot najučinkovitejši, z najnižjim (662,97) Akaikejevim informacijskim kriterijem (v nadaljevanju AIC), izkazal model s parametri $p = 2$, $d = 1$ in $q = 0$ ter koeficienti napake: srednja kvarna napaka (ME) 19059,86; korenjena srednja kvarna napaka (RMSE) 45460,79; srednja absolutna napaka (MAE) 32313,93 in srednja absolutna relativna napaka v odstotkih (MAPE) 9,74. Dodatno primernost modela potrjuje Ljung-Boxov statistični test, ki ne zavrne ničelne hipoteze ($p = 0.096$) in potrdi, da so ostanki neodvisno porazdeljeni. Napovedane dejanske količine hlodovine listavcev na trgu po ARIMA modelu bodo v letu 2025 znašale 0,496 mio m³ (pri 95 % intervalu zaupanja od 0,376 mio m³ do 0,617 mio m³). Nekoliko bolj optimističen je napovedni model RF, ki za leto 2025 napoveduje 0,657 mio m³ dejanskih količin hlodovine listavcev, ki se bodo ponujale na trgu. V modelu RM je uporabljen šest (6)-letni časovni zaoznanje ob uporabljenih 50 odločevalskih drevesih z naslednjimi indeksi kakovosti: srednja kvarna napaka (ME) -3118,19; korenjena srednja kvarna napaka (RMSE) 13831,60; srednja absolutna napaka (MAE) 11460,01 in srednja absolutna relativna napaka v odstotkih (MAPE) 2.68.



Slika 8. Projekcije časovne vrste dejanskih tržnih potencialov hlodovine listavcev do leta 2025. V raziskavi sta preizkušena dva modela projekcij (ARIMA in RandomForest—RF).

Figure 8. Time series projections for the actual hardwood log market potential up to 2025. The study tests two projection models (ARIMA and RandomForest — RF).

4 RAZPRAVA

4 DISCUSSION

V prispevku so prikazani izsledki raziskave, opravljene med poslovnimi subjekti, ki predelujejo okrogli industrijski les listavcev. Rezultati raziskave so pomembno pripomogli k natančnejšim analizam tokov okroglega lesa listavcev, ki jih sicer na Gozdarskem inštitutu Slovenije opravljamo več kot desetletje (Krajnc & Piškur, 2006; Piškur, 2010; Piškur & Krajnc, 2009; Ščap & Krajnc, 2021). Podatki o dejanski rabi lesa so eden od pomembnejših virov za pripravo ocen dejanskih količin hlodovine listavcev in lesa slabše kakovosti v slovenskih gozdovih in tudi osnova za teoretične ocene potencialno razpoložljivih količin iz slovenskih gozdov.

V letu 2021 je skupna evidentirana razžagana količina hlodovine listavcev znašala 173.901 m³, od tega prevladuje hlodovina srednje do slabše kakovosti. Povprečen uvoz hlodovine listavcev, ki se je predelala na žagarskih obratih sodelujočih v anketi, je v letu 2021 znašal 5,3 %. S pomočjo podatkov iz pretekle raziskave GIS-a (Ščap et al., 2021) ocenjujemo, da so v letu 2021 žagarski obrati razžagali okrog 270.000 m³ hlodovine listavcev. Podjetja, sodelujoča v raziskavah (opravljenih na GIS leta 2020 in 2022), so v povprečju v dveh letih povečala predelavo hlodovine listavcev za 2 %. Skupna evidentirana proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 96.473 m³, ocenjujemo pa, da je skupna proizvodnja v referenčnem letu znašala okvirno 140.000 m³. V industriji furnirja v Sloveniji prevladuje proizvodnja rezanega furnirja, ki se v večini opravlja kot storitev za kupce v EU. Proizvodnja furnirja listavcev v Sloveniji je po obsegu majhna in je v letu 2021 znašala 20.000 m³. Raziskava je pokazala, da je obseg predelave hlodovine listavcev za proizvodnjo žaganega lesa in furnirja v letu 2021 predstavljal 67-odstotno izkoriščenost ocenjene razpoložljive količine hlodovine listavcev na trgu v tem letu. Iz poročila ZGS (Poljanec et al., 2022) je razvidno, da realizacija možnega poseka močno zaostaja v zasebnem sektorju, zato je za doseganje strateških ciljev potrebno okrepiti mobilizacijo lesa iz zasebnih gozdov. Raziskava kaže, da je v zasebnih gozdovih bolj kakovostna sortimentna struktura listavcev kot v državnih gozdovih, kljub temu da so po podatkih ZGS državni gozdovi bolj negovani kot zasebni. Nadalje smo v raziskavi ugotavljali načine rabe okroglega lesa listavcev za proizvodnjo lesnih

kompozitnih plošč, mehanske celuloze in kemikalij. Za ta namen se uporablja les slabše kakovosti, ki se po kakovostnih in dimenzijskih zahtevah ne uvršča med hlode. Podjetja v obravnavanih industrijah so v letu 2021 predelala 223.000 m³ industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti, od tega je bilo 77 % lesa iz slovenskih gozdov. Največja porabnika okroglega industrijskega lesa listavcev slabše kakovosti sta trenutno v Sloveniji podjetje Lesonit d. o. o., ki proizvaja vlaknene plošče ter podjetje Tanin Sevnica d. d., ki se ukvarja s kemično predelavo lesa. Večina lesovine (mehanske celuloze) se v Sloveniji proizvede iz lesa iglavcev slabše kakovosti, zato je poraba okroglega lesa listavcev za te vrste industrije minimalna. Obseg predelave lesa listavcev slabše kakovosti za proizvodnjo lesnih plošč, mehanske celuloze in kemikalij je v letu 2021 predstavljal 30-odstotno izkoriščenost ocenjene razpoložljive količine lesa listavcev slabše kakovosti na trgu v tem letu.

Tokove okroglega in žaganega lesa listavcev smo preučili za referenčno leto 2021. Proizvodnja okroglega lesa listavcev je znašala 1,907 mio m³. Po namenu rabe skupin okroglega lesa je z 0,997 mio m³ prevladovala skupina les za kurjavo (drva), z 0,467 mio m³ sledi skupina hlodi za žago in furnir, 0,410 mio m³ je bilo proizvodnje lesa za celulozo in plošče, 0,032 mio m³ pa predstavlja skupina drugi okrogli industrijski les. Zunanjetrgovinska bilanca okroglega industrijskega lesa listavcev kaže na presežke tega lesa, saj od leta 2007 naprej beležimo večji izvoz od uvoza (Ščap, 2022). V letu 2021 je zunanjetrgovinski presežek znašal 0,459 mio m³, kar je z izjemo leta 2015 rekorden podatek. Poraba okroglega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 0,906 mio m³ lesa predelanega za energetske namene, 0,304 mio m³ v industriji žaganega lesa in furnirja, 0,223 mio m³ okroglega lesa listavcev je bilo predelanega v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij. Proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,140 mio m³, količina lesnih ostankov pri predelavi žaganega lesa pa je znašala 0,130 mio m³, kar predstavlja 48 % porabe okroglega lesa listavcev v industriji žaganega lesa. Ocenjena bilančna poraba žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,128 mio m³, vendar je pri interpretaciji podatka potrebna pazljivost, saj del izvoza lahko izvira iz uvoza (t. i. "re-export"), poleg tega obstajajo

še druge metodološke pomanjkljivosti poročanja zunanjetrgovinske menjave blaga.

Za razvoj lesnopredelovalne industrije, za obstoječa podjetja in nove investitorje s področja predelave lesa, za podjetja, ki se ukvarjajo s trgovino z lesom, za strateško načrtovanje gospodarjenja z gozdom in razvoja občin so pomembne informacije o teoretičnih in dejanskih tržnih potencialih lesa v slovenskih gozdovih, danes in v prihodnosti. Ocene količin potencialov lesa listavcev slabše kakovosti nakazujejo, da je modelna izkoriščenost (tj. kvocient med dejanskim in teoretičnim potencialom) teoretičnega tržnega potenciala nizka in v letu 2021 znaša 31 %. Ta podatek je primerljiv s podatkom iz raziskave leta 2014 (Ščap et al., 2014). Pri hlodih listavcev je bila modelna izkoriščenost teoretičnega tržnega potenciala v slovenskih gozdovih v letu 2021 višja v primerjavi z lesom slabše kakovosti in je znašala 58 %. Ta podatek je malce višji v primerjavi z letom 2014, ko je bila izkoriščena polovica teoretičnega tržnega potenciala. Glavni razlog za to je povečana proizvodnja hlodovine listavcev predvsem v letih 2019 in do 2021 (Ščap, 2022). V primeru lesa slabše kakovosti je modelna izkoriščenost teoretičnega tržnega potenciala boljša v zasebnih gozdovih in v letu 2021 znaša 40 %. V primeru hlodov listavcev pa je modelna izkoriščenost teoretičnega tržnega potenciala slabša v zasebnih gozdovih in je v letu 2021 znašala 48 %. V metodologiji izračuna potencialov je upoštevan le evidentiran posek, tako da so v realnosti predstavljeni deleži izkoriščenosti verjetno nekoliko drugačni. Izkoriščenost potenciala hlodovine listavcev in ocenjene količine listavcev kažejo pozitiven trend rasti. Z raziskavo predstavljene napovedi modela RF do leta 2025 deloma sledijo trendom, medtem ko avtoregresijski model (ARIMA) ne napoveduje bistvenih sprememb. Niti izkoriščenost niti napovedi potenciala okroglega lesa listavcev v slovenskih gozdovih ne sledita strateškemu ciljem države. Trenutni pozitivni trend moramo v veliki meri pripisati povečanemu deležu doseženega planiranega etata v zadnjem desetletju. S prispevkom predstavljeni tokovi lesa kažejo, da se največ okroglega lesa listavcev tradicionalno porabi za energetiko, še posebej les slabše kakovosti. Ta vrsta ogrevanja se bo tudi v bližnji prihodnosti verjetno še ohranila (vsaj v ruralnem okolju). Naša raziskava kaže, da kljub večjim količinam domače rabe, ostaja velik del neizkoriščenega po-

tenciala za rabo okroglega lesa listavcev. Za izboljšanje sortimente strukture in doseganje višje dodane vrednosti pri proizvodnji listavcev bi bilo potrebno izboljšanje stanja na trgu, kjer prevladujejo veliki pritiski trga na les slabše kakovosti (Piškur & Krajnc, 2012). Tržni pritiski bi lahko deloma pojasnili razlike v sortimentni strukturi med državnimi in zasebnimi gozdovi, ki na posreden način nakazujejo, da so akterji na trgu primorani prodajati les listavcev po slabši kakovostni strukturi. Na drugi strani pa bi praviloma boljšo sortimentno sestavo lahko dosegali z optimizacijo proizvodne verige na način ustreznejše izbire časa poseka, hitrim spraviлом, razžaganjem in sušenjem lesa (Torelli, 2006). Tovrstno optimizacijo pa je morda mogoče doseči v državnih gozdovih s spremenjenim načinom gospodarjenja, kjer bi službi prodaje in načrtovanja gozdov morali sodelovati usklajeno. Za zasebne gozdove pa so ob trenutni ureditvi tovrstne optimizacije praktično nemogoče. Z vidika organizacije zanesljivosti dobave v slovenskem prostoru manjkajo ustrezno organizirani akterji iz zasebnega sektorja. Društva lastnikov gozdov se v Sloveniji le izjemoma povezujejo za namene skupne prodaje (Aurenhammer et al., 2017). Društva na področju tržnih aktivnostih kot neprofitne organizacije naletijo na zakonodajne omejitve in pomanjkanje človeških kompetenc. To je tudi eden izmed razlogov, da slovenska lesna industrija nima dovolj ustreznih sogovornikov, h katerim bi pristopili za pogajanja o načinu in pogojih dobave lesa neposredno od lastnikov gozdov. Slovenska lesnopredelovalna industrija ima pri predelavi listavcev trenutno kar precej izzivov, sodelujoči v raziskavi izpostavljajo izzive v tehnologiji, znanju in izkušnjah pri predelavi listavcev, ki je precej bolj specifična v primerjavi s predelavo hlodovine iglavcev. Kot enega izmed večjih izzivov podjetja navajajo tudi doseganje večje dodane vrednosti proizvoda s sušenjem in parjenjem lesa. Nekateri omenjajo tudi kompleksnost pri pravočasni in konstantni dobavi hlodovine listavcev (ki je pogojena glede na letni čas), zahteven trg za proizvode ter težave pri nizkih cenah proizvodov.

Prednosti nadgrajene metodologije ocen potencialov lesa listavcev so zajem aktualnih podatkov o stanju gozdov, tržnih razmer in rabe lesa v Sloveniji, prilagoditev količnikov o sortimentaciji in tržnih količnikov po letih in s tem zajem naravnih motenj v gozdovih, ki so se zgodile v preteklih letih. Prednost

so tudi izračuni v novem programskem okolju R, ki omogoča enostavnejšo reprodukcijo rezultatov z novo serijo podatkov in enostavnejše modeliranje z možnostjo projekcij. Z nadaljnjim delom na razvoju modela bi bilo smiselno model oblikovati v obliki programskega paketa in s tem še razširiti potencial nadaljnje uporabe rezultatov raziskave. Za prihodnje nadgradnje modela izračuna potencialov želimo količnike o sortimentaciji in tržnih količin, ki v tokratnem prispevku niso podrobneje predstavljene, prilagoditi po glavnih drevesnih vrstah listavcev (npr. bukev, hrast, javor, ostali listavci). Predlagamo nadaljnje raziskave na področju količnikov sortimentacije. Količnike, pridobljene iz snovnih tokov lesa je potrebno preveriti z dejanskimi meritvami hlodovine listavcev tako v manj negovanih zasebnih kakor tudi v bolj negovanih državnih gozdovih.

Podatki iz študije potrjujejo že dlje časa znano problematiko rabe lesa listavcev v Sloveniji, saj bi se del lesa, namenjenega za energetske namene (tu govorimo predvsem o ogrevanju gospodinjstev), lahko uporabil za proizvodnjo različnih končnih izdelkov ter bi s tem izboljšali učinkovitejše izkoriščanje razpoložljivih zmogljivosti lesne predelave. Poleg tega lahko večja predelava lesa, posekanega v Sloveniji, dodatno prispeva k znižanju emisij oz. povečanju ponorov v gozdovih v skladu z Uredbo LULUCF (EU 2018/841). Podnebne spremembe vplivajo na drevesno sestavo naših gozdov, zato bo v prihodnosti nujno prilagajanje lesne industrije na nove razmere. Eden od kazalnikov za strateška izhodišča in usmeritve nadaljnjega razvoja lesnopredelovalne industrije v Slovenski industrijski strategiji 2021–2030 je tudi količina predelanega okroglega industrijskega lesa v Sloveniji. Cilj do leta 2030 je povečanje predelave lesa v industriji v višini 3 mio m³, za kar bo glede na trenutne podatke o predelavi in na podatke o potencialih lesa v domačih gozdovih, nujno potrebna aktivacija neaktivnih zasebnih lastnikov gozdov.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

The study presents the material flows of hardwood logs and hardwood lumber in Slovenia and the market potential of hardwood logs in Slovenian forests. Nineteen of the largest companies in the country processing industrial roundwood logs par-

ticipated in the survey. The results showed that the participating sawmills cut 173,901 m³ of hardwood logs in 2021, and the estimated total volume of cut hardwood logs in the reference year is 270,000 m³. Veneer production in Slovenia is low; in 2021, veneer mills processed 34,000 m³ of hardwood logs, of which about 90% were imported. Companies in the wood-based panel, mechanical pulp, and chemical industries processed 223,000 m³ of lower-quality industrial hardwood in 2021. In Slovenia, hardwood logs traditionally account for more than 50% of total hardwood production, which is used for energy purposes, and mainly for household heating. The consumption of hardwood lumber is low and was estimated at 0.128 million m³ in 2021. The study presents data on the theoretical and actual market potential of hardwood logs using logs and lower-quality wood as examples. The estimates of volumes and potential of lower-quality hardwood show that the model utilization of the theoretical market potential is 31% in 2021. For hardwood logs, the model utilization of the theoretical market potential in Slovenian forests in 2021 was higher than for lower-quality wood and amounted to 58%. The utilization of hardwood log potential and the estimated amount of hardwood show a positive growth trend. The forecasts of the model RF, which is presented in the study up to 2025, partly follow the trends, while the autoregression model (ARIMA) does not predict any significant changes. The method of calculating the estimated volumes and potential of hardwood logs in Slovenian forests includes up-to-date data on forest condition, market conditions, and timber utilization in Slovenia. The data obtained in this study confirm the long-known problem of hardwood utilization in Slovenia, as part of the wood intended for energy purposes could be used for the production of various end products, which would allow more efficient use of the available wood processing facilities.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek je nastal v okviru raziskovalnega projekta Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu (V4–2016), ki ga sofinancirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Agencija RS za raziskovalno dejavnost.

VIRI

REFERENCES

- Alonso, A. M., & Cruz Torres, C. (2020). Bayesian time series modeling with Stan. *ARXIV Preprint*, 76.
- Aurenhammer, P. K., Ščap, Š., Triplat, M., Krajnc, N., & Breznikar, A. (2017). Actors' potential for change in Slovenian forest owner associations. *Small-scale Forestry*, 17(2), 165-189. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11842-017-9381-2>
- Hildebrandt, J., Hagemann, N., & Thrän, D. (2017). The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable Cities and Society*, 34, 405-418. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>
- Hyndman, R. J., & Khandakar, Y. (2008). Automatic time series forecasting: TheforecastPackage for R. *Journal of statistical software*, 27(3). DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.18637/jss.v027.i03>
- Jonsson, R., Rinaldi, F., Pilli, R., Fiorese, G., Hurmekoski, E., Cazzaniga, N., Robert, N., & Camia, A. (2021). Boosting the EU forest-based bioeconomy: Market, climate, and employment impacts. *Technological Forecasting and Social Change*, 163. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120478>
- Krajnc, N., & Piškur, M. (2006). Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Slovenije. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 80, 31-51.
- Krajnc, N., & Ščap, Š. (2022). Trg lesnih goriv včeraj in danes. *Korenina*(19), 14-15.
- Krajnc, N., & Stare, D. (2021). Lesu kot energentu naj se priznata ogljična nevtralnost in okoljska ustreznost. In: J. Volfand (Urednik), *Trajnostna raba lesa: priročnik* (pp. 16-19). Fit media.
- Kropivšek, J., & Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 470-478. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=83671>
- Kropivšek, J., & Gornik Bučar, D. (2017). Dodana vrednost v izdelkih v gozdno-lesni verigi—Primer: primarna predelava bukovine. *Les/Wood*, 66(1), 61-72. <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a06>
- Liaw, A., & Wiener, M. (2002). Breiman and Cutler's random forests for classification and regression. *R News*, 2, 18-22.
- Marenče, J., Gornik Bučar, D., & Šega, B. (2016). Bukovina—povezave med kakovostjo dreves, hlodovine in žaganega lesa. *Acta silvae et ligni*, 111, 35-47. DOI: <https://doi.org/10.20315/ASeTL.111.4>
- Marenče, J., Šega, B., & Gornik Bučar, D. (2020). Monitoring the quality and quantity of beechwood from tree to sawmill product. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(1), 119-128. DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.613>
- Piškur, M. (2010). Proizvodnja, izvoz in uvoz okroglega lesa. *Gozdarski vestnik*, 68(9), 442-445.
- Piškur, M., & Krajnc, N. (2009). Tokovi okroglega industrijskega lesa v Sloveniji = Industrial roundwood flows in Slovenia. *Les/Wood*, 61(4), 141-145.
- Piškur, M., & Krajnc, N. (2012). Tokovi in rabe okroglega bukovega lesa. In: A. Bončina (Urednik), *Gospodarjenje z bukovimi gozdovi: ekologija in gospodarjenje*. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta.
- Poljanec, A., Mori, J., Marenče, M., Guček, M., Pisek, R., Stergar, M., Bartol, M., Breznikar, A., Kolšek, M., Pristovnik, D., & Danev, G. (2022). *Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021*. Z. z. g. Slovenije.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. URL: <https://www.R-project.org/> (9.5.2023)
- Ronzon, T., & M'Barek, R. (2018). Socioeconomic indicators to monitor the EU's bioeconomy in transition. *Sustainability*, 10(6). DOI: <https://doi.org/10.3390/su10061745>
- Ščap, Š. (2022). Tokovi okroglega lesa. In: M. Triplat (Urednik), *Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji* (pp. 48-59). Gozdarski inštitut Slovenije. DOI: <https://doi.org/10.20315/sfs.183>
- Ščap, Š., & Krajnc, N. (2021). Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 79(7-8), 251-258. URL: <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=14467> (9.5.2023)
- Ščap, Š., Krajnc, N., & Prislán, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019. *Gozdarski vestnik*, 79(10), 363-375. URL: <https://dirros.openscience.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=14673> (9.5.2023)
- Ščap, Š., & Mali, B. (2022). Zaloga ogljika v lesnih proizvodih (HWP). In: M. Triplat (Urednik), *Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji* (pp. 170-174). Gozdarski inštitut Slovenije. <https://doi.org/10.20315/sfs.183>
- Ščap, Š., Triplat, M., Piškur, M., & Krajnc, N. (2014). *Metodologija ocene potencialov lesa*. Gozdarski inštitut Slovenije.
- Shumway, R. H., & Stoffer, D. S. (2017). *Time series analysis and its applications* (Fourth Edition ed.). DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-52452-8>
- SIDG. (2023). *Letna poročila*. Slovenski državni gozdovi d. o. o. URL: <https://sidg.si/index.php/letna-porocila> (18.10.2022)
- SKZG. (2023). *Poročilo o delu in zaključni račun Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov RS za leta 2006-2015. (osebni arhiv)*
- Stare, D., Ščap, Š., & Krajnc, N. (2022). Lesna goriva. In: M. Triplat (Urednik), *Kazalniki gospodarjenja z gozdovi v Sloveniji* (pp. 184-197). Gozdarski inštitut Slovenije. DOI: <https://doi.org/10.20315/sfs.183>
- SURS. (2022a). *Proizvodna struktura BDP po SKD dejavnostih*. Statistični urad RS. URL: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0301915S.px/> (16.12.2022)
- SURS. (2022b). *Zaposlenost po SKD dejavnostih*. Statistični urad RS. Dostopano 16. 12. 2022 z naslova <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/0301975S.px/>
- Torelli, N. (2006). Vpliv razvoja, staranja in poškodovanj drevesa na lastnosti in kvaliteto lesa. *Gozdarski vestnik*, 64(9), 428-441.
- Trapletti, A., & Hornik, K. (2023). *tseries: Time series analysis and computational finance*. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=tseries> (9.5.2023)
- Valade, A., Bellassen, V., Magand, C., & Luyssaert, S. (2017). Sustaining the sequestration efficiency of the European forest sec-

Ščap, Š., & Triplat, M.: Utilisation, market volumes and projections of the potential of hardwood roundwood in Slovenia

tor. *Forest Ecology and Management*, 405, 44-55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.009>

Valentinčič, E., & Likar, B. (2022). *Informacija o poslovanju lesne in pohištvene industrije v letu 2021*. G. z. S.-Z. l. i. p. industrije.

Zule, J., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2017). Inovativna raba bukovine slabše kakovosti in ostankov. *Les/Wood*, 66(1), 41-51. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a04>

**IDENTIFIKACIJA VERIG VREDNOSTI V SLOVENSKEM GOZDNO-LESNEM
BIOGOSPODARSTVU****IDENTIFICATION OF VALUE CHAINS IN THE SLOVENIAN FOREST AND WOOD
BIOECONOMY**Aleš Straže^{1*}, Dominika Gornik Bučar¹, Jože Kropivšek¹

UDK članka: 630*83

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 30.3.2023

Sprejeto / Accepted: 21.4.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: V slovenskem gozdno-lesnem gospodarstvu je primarni cilj ustvarjanje vrednosti in dobava zelenih izdelkov kupcem oz. uporabnikom, kjer se učinki v celotni gozdno-lesni verigi vrednosti multiplicirajo z delovanjem vseh njenih členov. Uspešnost delovanja celotne verige vrednosti je pomembno razumeti z vidika potenciala dosegljivih količin, stopnje tehnološke predelave in mejne kakovosti vhodnih surovin ter lastnosti proizvedenih produktov. Cilj te študije je bil evidentiranje posameznih verig vrednosti v celotni domači gozdno-lesni verigi, analiza delovanja krožnosti in možnosti predelave listavcev v visokotehnološke izdelke in materiale, ki zagotavljajo visoko dodano vrednost. Identificirali smo pet primarnih verig vrednosti (P1...P5), dve verigi za zagotavljanje krožnosti (K6, K7), ter tri verige višjih predelovalnih stopenj za proizvodnjo izdelkov z višjo dodano vrednostjo (S8...S10). Pri predelavi lesa listavcev je pereče nedelovanje primarne verige »Furnir« (P2) ter omejeno delovanje verige »Žagan les« (P1), s čimer slabo izkoriščamo potencial lesne surovine najvišje kakovosti. Za doseganje kriterija t. i. zelenih verig vrednosti je treba krepiti verige, ki zagotavljajo krožnost (K6 – Ostanki, K7 – Odslužen les), in so trenutno delujoče v manjšem obsegu ter se prehitro zaključujejo.

Ključne besede: verige vrednosti, gozdno-lesna veriga, biogospodarstvo

Abstract: The Slovenian forestry and timber industry are primarily about creating value and delivering the desired products to customers or users, multiplying the impact throughout the forest-wood value chain through the functioning of all its links. It is important to understand the performance of the entire value chain from the point of view of the potential of the achievable volumes, the level of technological processing and the marginal quality of the input raw materials and the characteristics of the manufactured products. The aim of this study was to map the individual value chains in the entire domestic forest-wood value chain, to analyse the functioning of the circular economy and the potential for processing hardwood into high-tech materials and high value-added products. We identified five primary value chains (P1...P5), two chains to ensure a circular economy (K6, K7), and three chains of higher processing stages to produce higher value-added products (S8...S10). In hardwood processing, the non-functioning of the primary chain "Veneer" (P2) and the limited functioning of the chain "Lumber" (P1) are of concern, which means that we are not using the potential of the highest value wood raw material. In order to achieve the so-called criterion of green value chains, it is necessary to strengthen the chains that ensure a circular economy (K6 – Residues, K7 – Waste wood), which currently function at a lower level and are phasing out too quickly.

Keywords: value chains, forest-wood chain, bioeconomy.

1 UVOD**1 INTRODUCTION**

V gozdno-lesnem sektorju in drugod je ustvarjanje vrednosti za kupca oziroma dobava zelenega izdelka po sprejemljivi ceni eden izmed osnovnih imperativov deležnikov, poslovnih subjektov, ki delujejo na začetku dobavnih verig, pa vse do tistih, ki

v sekundarnih sektorjih proizvajajo izdelke za končne uporabnike (Nicholls & Bumgardner, 2018). V gozdno-lesno verigo so vključeni številni deležniki.

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

* e-mail: ales.straze@bf.uni-lj.si

Na primarnem nivoju gre za lastnike in upravljalce gozdov ter pridelovalce in proizvajalce primarnih proizvodov, kot sta denimo žagan les in furnir. Ti primarni subjekti so še posebej povezovalni (integralni), saj s poslovnimi odločitvami značilno vplivajo na vrste in vrednosti primarnih lesnih proizvodov, ki se uporabljajo kot ključni materiali v sekundarni proizvodnji. Velja pa tudi obratno – za dobavno verigo so vedno pomembnejši predelovalci na višji stopnji in na koncu potrošniki.

Slovenska lesna industrija se sooča z več izzivi, zaradi značilne izvozne usmerjenosti tudi in zlasti na mednarodnih trgih. Panoga tekmuje s svetovnimi proizvajalci, pogosto z globalnimi dobavitelji surovin, tudi tistih na osnovi lesa ali lesne biomase, pa čeprav razpolagamo s primernimi domačimi lesnimi zalogami. Pretekla izguba proizvodne infrastrukture, predvsem na področju predelave furnirja, lesnih kompozitov in celuloze, za velik delež subjektov v gozdno-lesni verigi prinaša visoko stopnjo odvisnosti od mednarodnih trgov ter negotovost pred morebitnim nedelovanjem dobavnih verig. Največji pomen in skrb imata pri tem sposobnost konkurenčne proizvodnje in vzdrževanje dobavnih verig, kar pa zagotavlja stabilnost drugim členom celotne gozdno-lesne verige. Številni poslovni subjekti v več sektorjih domačega gozdno-lesnega gospodarstva čutijo posledice nekaterih nedavnih ali trenutnih kriz, kot so dobavne motnje surovine zaradi naravnih ujm ter podnebnih sprememb, pretekla kriza gradbenega sektorja, pandemija Covid-19, energetska kriza in umirjanje gospodarske rasti zaradi vojne v Ukrajini, idr.

Z Evropskim zelenim dogovorom (angl. "The Green Deal") leta 2019 se je Evropska unija (EU) zavezala k ukrepanju za doseg podnebne nevtralnosti do leta 2050 (The international wood industry in one information service, 2020a). To je enkratna priložnost za krepitev zelenih verig vrednosti, med katerimi je ena pomembnejših tudi gozdno-lesna veriga (European Organisation of the Sawmill Industry (EOS), 2020). V teh dokumentih je posebej izpostavljena uporaba lesa v konstrukcijske namene, predvsem za lesno gradnjo, kjer pa les trenutno predstavlja le 3 % vseh uporabljenih materialov (The international wood industry in one information service, 2020b). To odpira nove možnosti tudi za slovensko lesarstvo.

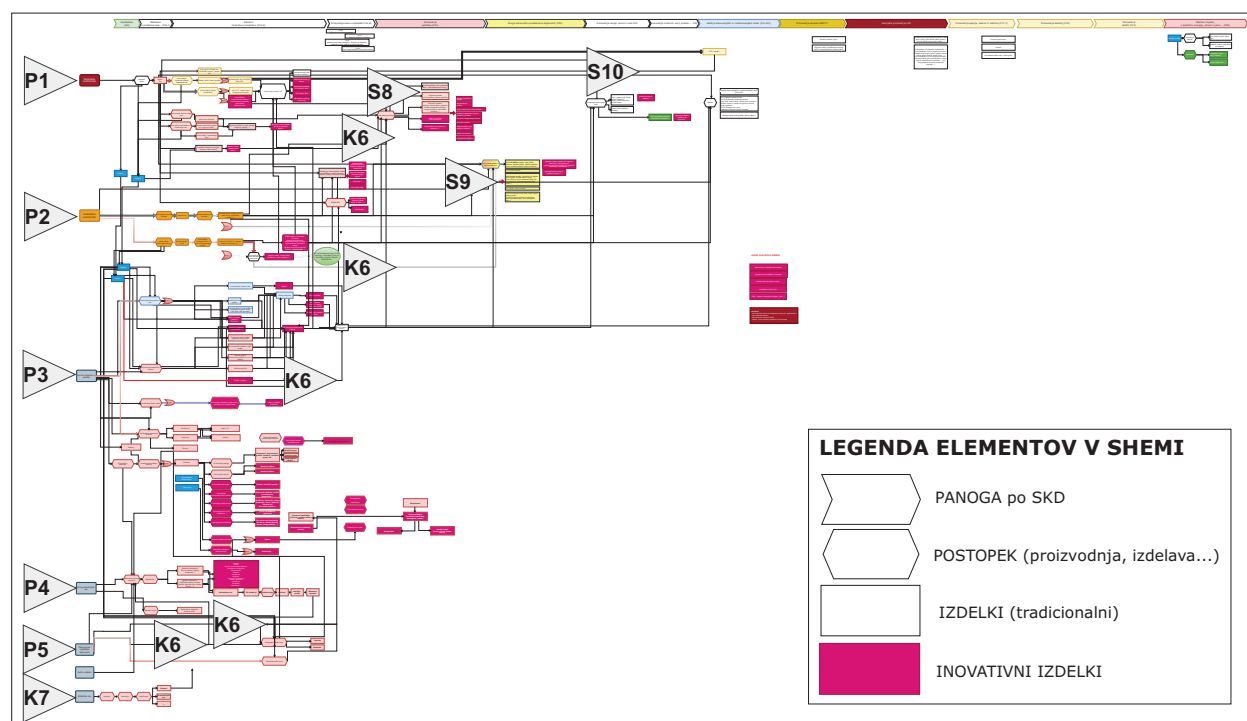
Med dolgoročnejše izzive domače gozdno-lesne verige spada tudi pričakovana spremenjena struktura domače dobavne verige gozdno-lesnih sortimentov, kjer se bo zaradi podnebnih sprememb povečeval delež listavcev, ob hkratnem naraščanju deleža sortimentov slabše kakovosti. Poraba lesa listavcev v Evropi upada, kar pripisujejo manjšanju gradbeniškega sektorja ter zmanjševanju konkurenčnosti pohištvene industrije na globalnem trgu (Prislan, 2015). V lesni zalogi slovenskih gozdov prevladujejo listavci (56 %), med drevesnimi vrstami pa sta najbolj zastopani smreka (30,4 %) in bukev (32,7 %), delež slednje pa počasi narašča (Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021, 2022). V letu 2019 se je v Sloveniji poraba žaganega lesa listavcev v primerjavi z letom 2018 zmanjšala za 5 %, glede na leto 2010 pa za 22 %. Poraba okroglega lesa listavcev za energetske namene je v letu 2021 predstavljala 52 %, v letu 2020 pa 54 % celotne porabe okroglega lesa listavcev (Ščap, 2020). Povpraševanje po kakovostnem lesu listavcev je majhno, še posebej po lesu neodpornih lesnih vrst, kot je na primer bukovina. Les listavcev se po mnenju mnogih preveč uporablja zgolj za proizvodnjo energentov in lesne kompozite, čeprav nudi številne druge možnosti rabe v izdelkih široke potrošnje, v gradbeništvu in v izdelkih z visoko dodano vrednostjo, ter v novih, naprednih materialih na osnovi lesa listavcev (Kropivšek & Čufar, 2015).

Za delovanje celotne verige je pomembno, da delujejo vsi njeni členi. Med posameznimi verigami so razlike tako v stopnji (trenutnega) razvoja kot v potencialu nadaljnjega razvoja. Cilj raziskave je bil evidentiranje obstoječih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu ter preverjanje zagotavljanja krožnosti in možnosti predelave listavcev v materiale, polizdelke in izdelke z višjo in visoko dodano vrednostjo. Verige vrednosti so bile koncipirane z upoštevanjem mejne kakovosti vhodne surovine in stopnje tehnološke predelave ter potencialom dosegljivih količin, ob predpostavki intenzivnejše mobilizacije lesa listavcev v teh verigah.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

V raziskavi smo uporabili koncept verig vrednosti, ki sistemsko omogočajo vrednotenje (Wang,



Slika 1. Pregledna shema verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu (P1...P5 – primarne verige vrednosti, K6, K7 – verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti, S8...S10 – sekundarne, sestavljene verige vrednosti).

Figure 1. Scheme of value chains in Slovenian forestry and wood bioeconomy (P1...P5–primary value chains, K6, K7–value chains ensuring circular economy, S8...S10–secondary value chains).

2015), pri čemer smo za njihov obstoj in delovanje upoštevali mejno kakovost vhodne surovine. Koncept mejne kakovosti vhodne surovine (angl. marginal log) sloni na določitvi namena uporabe hlodovine glede na njeno kakovost (Ringe & Hoover, 1987). To omogoča, da razpoložljivo hlodovino izkoristimo za proizvodnjo izdelkov s čim višjo dodano vrednostjo. Ker se dodana vrednost izdelkom močno povečuje s stopnjo tehnološke predelave in obdelave, to med celotno gozdno-lesno verigo pomeni tudi večje možnosti za vlaganje v njen razvoj, v tehnološko posodobitev in digitalizacijo, hkrati pa močno povečuje izkoriščanje potenciala lesne surovine (Kropivšek et al., 2017; Kropivšek & Gornik Bučar, 2017).

Za evidentiranje obstoječih in koncipiranje novih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo diagram poteka (angl. FlowChart) izdelali s spletnim orodjem Draw.io (diagrams.net). S to tehniko smo na osnovi kakovostnih razredov lesa listavcev (žagarska hlodovina (P1), furnirska hlodovina (P2), hlodovina za celulozo in plošče (P3), drug industrijski les (P4) in okrogli

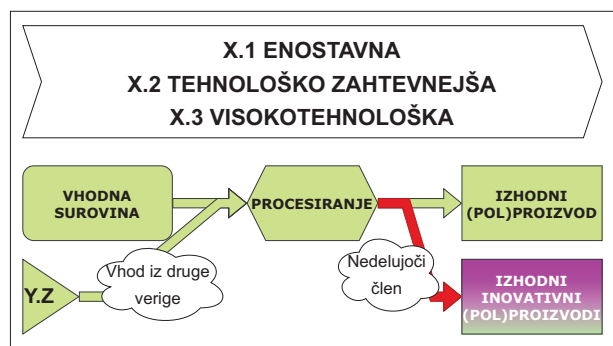
les najslabše kakovosti (P5) izdelali razvejan sistem verig vrednosti, kjer se mnoge verige zaključujejo tudi v drugih panogah izven gozdno-lesnega sektorja (slika 1). Verige so med sabo prepletene, nastali (pol)proizvodi in ostanki znotraj verig pa lahko predstavljajo začetek drugih verig, ali pa se vključujejo vanje v eni od faz.

S tem smo dobili obsežen vpogled v dejavnosti, polproizvode in končne izdelke, ki so povezani z gozdno-lesnim biogospodarstvom. V raziskavi je v nadaljevanju identificiranih le nekaj vzorčnih, tipičnih izdelkov ali skupin izdelkov. Mišljeno je, da lahko posamezna veriga vrednosti razvija tudi le del identificiranih proizvodov ter da ima tudi možnosti in potencial za razvoj drugih izdelkov.

2.1 DIAGRAM POTEKA

2.1 FLOW CHART

Diagram poteka znotraj posameznih verig smo razčlenili skladno z zahtevnostjo ter inovativnostjo uporabljane tehnologije na tri stopnje: X.1 – enostavna, X.2 – tehnološko zahtevnejša, X.3 – visoko-



tehnološka. Za gradnike diagramov poteka smo definirali simbole za vhodno-izhodni blok, ki definira bodisi storitev ali (pol)produkt verige vrednosti, za procesni blok ter povezave med bloki. Za posamezno verigo smo uporabili svojo identifikacijsko številko in barvo (slika 2).

Znotraj posameznih verig smo na osnovi raziskav in poznavanja delovanja slovenske lesne industrije ter ekspertiz strokovnjakov definirali delujoče in nedelujoče povezave. Slednje predstavljajo šibke, kritične člene posamezne verige, ki bodisi ovirajo ali preprečujejo učinkovito delovanje posamezne verige vrednosti. V okviru raziskave smo posebno pozornost namenili identifikaciji visokotehnoloških in inovativnih proizvodov in za te v vseh verigah uporabili enotno vijolično barvo.

3 REZULTATI

3 RESULTS

Gozdno-lesna veriga spada med kompleksne in primarne verige, ki za svoje delovanje porablja (obnovljive) vire iz narave. Cilj vsake verige vrednosti je učinkovitost in gospodarnost porabe virov (oz. surovin). Slednji so na razpolago v omejenih količinah ter različne kakovosti, ki opredeljuje njihovo nadaljnjo rabo. Smiselno in ekonomično je upoštevati koncept mejne kakovosti (Hurmekoski et al., 2018) in torej te vire porabiti za tiste načine predelave, ki izkoriščajo njihov največji potencial; npr. hlodovino visoke kakovosti uporabimo za izdelavo furnirja in žaganega lesa najvišje kakovosti in ne za proizvodnjo sekancev. To dejstvo je narekovalo, da smo to kompleksno gozdno-lesno verigo razčlenili na manjše segmente, ki smo jih v prvi vrsti delili glede na kakovost vhodne surovine. Tako smo dobili 5 temeljnih primarnih verig vrednosti (P1...P5), katerih rezultati so produkti (outputi), namenjeni na-

Slika 2. Definiranje tehnološke zahtevnosti in gradnikov verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu ter opredelitev delovanja verig vrednosti in tehnološke zahtevnosti proizvodov.

Figure 2. Definition of technological complexity and building blocks of value chains in Slovenian forestry and wood bioeconomy, and definition of functionality of value chains and technological complexity of products.

daljnji predelavi v izdelke višje vrednosti, predvsem v lesarstvu, pa tudi v drugih panogah (npr. v gradbeništvu, kemijski in živilski industriji, v proizvodnji papirja idr.) (Pogl. 3.1).

3.1 PRIMARNE VERIGE VREDNOSTI

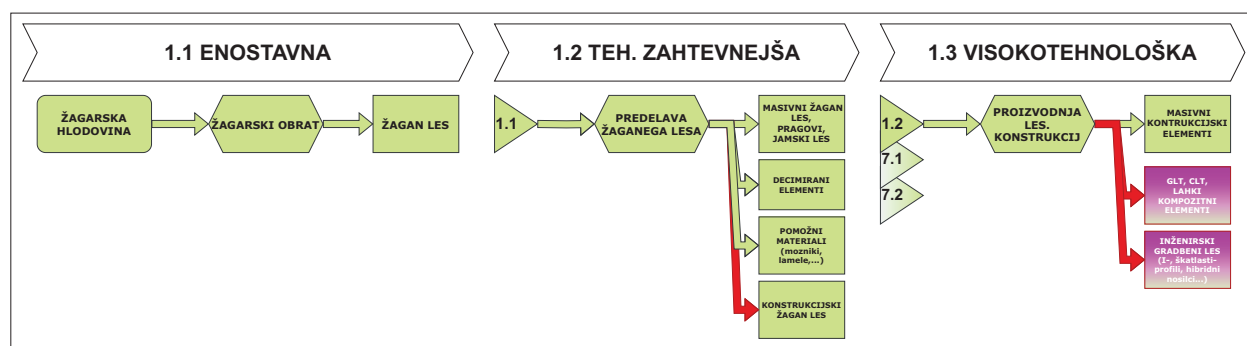
3.1 PRIMARY VALUE CHAINS

Primarne verige vrednosti (P1...P5) predstavljajo:

- P1 – Žagan les,
- P2 – Furnir,
- P3 – Les za celulozo in plošče (kompoziti, papir),
- P4 – Drug industrijski les (kemijska predelava) in
- P5 – Okrogli les najslabše kakovosti (energetika).

V Sloveniji je količinsko precej manj proizvodnje žaganega lesa listavcev (l. 2016: 136.000 m³) kot proizvodnje žaganega lesa iglavcev (l. 2016: 500.000 m³) (Ščap, 2020; Ščap et al., 2021). Veriga predelave žaganega lesa listavcev (P1) je delujoča do 2. stopnje tehnološke zahtevnosti, kjer pa ne deluje predelava v konstrukcijski žagan les (slika 3). Podobno kot pri lesu iglavcev ter drugih materialih je za rabo lesa listavcev v konstrukcijske namene treba poznati njegove mehanske lastnosti, kar pa zaradi njegove variabilnosti, v prvi vrsti zahteva ocenjevanje s predpisano stopnjo zanesljivosti in razvrščanje v ustrezne trdnostne razrede skladno s SIST EN 338: 2016 standardom (Gornik Bučar, 2009), ki pa trenutno ne deluje.

Večja gostota lesa listavcev povečuje konkurenčnost pri gradnji z lesom in izdelavo vitkejših konstrukcij v primerjavi z lažjimi lesnimi vrstami iglavcev ali glede na druge gradbene materiale. Visoka upogibna trdnost in upogibni modul elastičnosti odražata odlično stabilnost pogosto upogibno



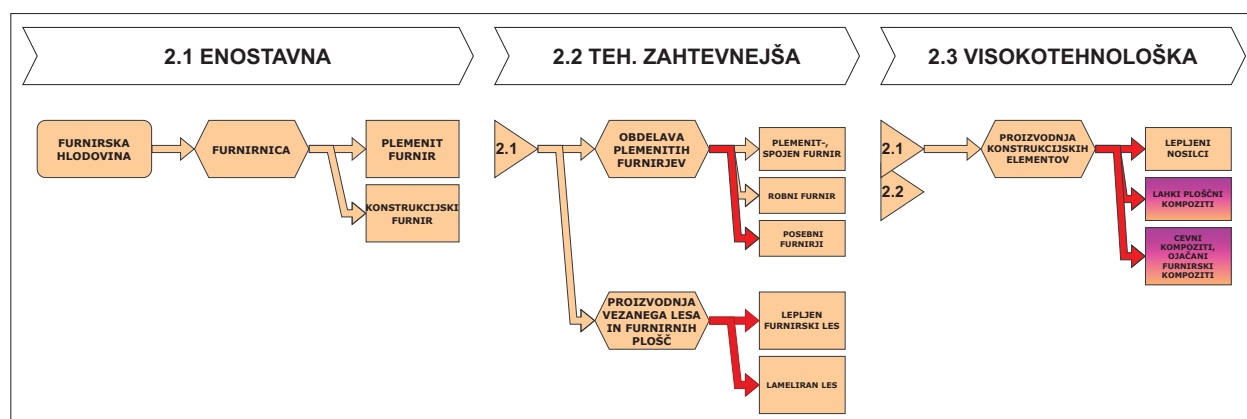
Slika 3. Struktura primarne verige vrednosti P1 – Žagan les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.
Figure 3. The structure of the primary value chain P1–sawn timber according to the degree of complexity of technological processing.

obremenjenih vitkih konstrukcijskih elementov. Les gostejših listavcev, kot so jesen, hrast in bukev, v prečni smeri tudi do 10-krat bolje prenaša strižne obremenitve v primerjavi s smrekovino, kar je tudi posledica razlik v anatomski zgradbi (Čufar et al., 2017).

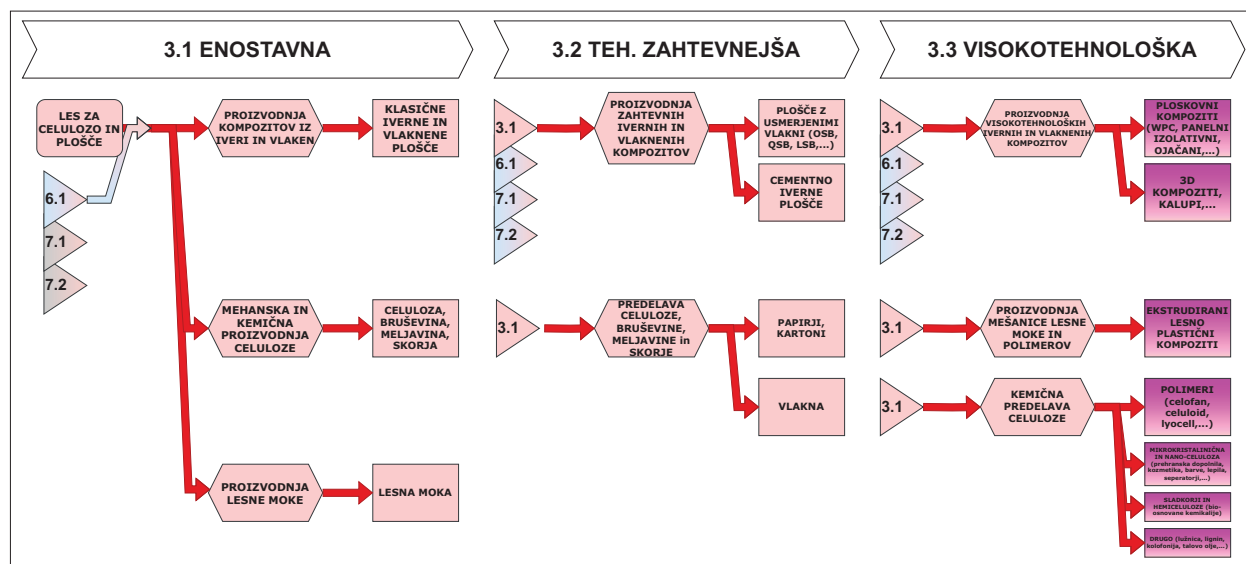
V zadnjem času se na področju gradnje z lesom razvijajo sodobne inženirske rešitve tudi pri uporabi listavcev, kot so lamelirani nosilni konstrukcijski elementi, križno lepljen les, t. i. hibridni lamelirani nosilni elementi, tudi v kombinaciji z lesom iglavcev ter drugih lesnih kompozitov (I-profil, škatlasti profili), kjer smrekov lameliran les ojačamo s pasnicami lesa listavcev (Straže, 2022). Ti visokotehnološki in inovativni izdelki se v domači primarni verigi vrednosti »Žagan les« (P1) trenutno ne proizvajajo. Tovrstni izdelki pa bi lahko predstavljali pomembno tržno nišo visokotehnološko opremljenim podje-

tjem z vitko proizvodnjo, za izpolnjevanje specifičnih potreb zahtevnih kupcev.

Za optimalno rabo lesa listavcev je vsekakor nujna proizvodnja konstrukcijskega kot tudi plemenitega furnirja, kjer se v verigi kot osnova uporablja hlobovina najvišje kakovosti (P2 – Furnir, slika 4). Furnir je osnova za izdelavo že uveljavljenih vezanih plošč ali nosilnih konstrukcijskih elementov iz slojnatega furnirnega lesa (LVL). Furnirni slojnat les predstavlja velik potencial v inovativnih konstrukcijskih kompozitnih elementih, bodisi ploskovnih, linijskih ali prostorsko ukrivljenih elementih, ki imajo bistveno boljše mehanske lastnosti kot npr. smrekov lepljen lameliran les (Saražin et al., 2017; Šernek, 2009). Razmerje med maso in upogibno nosilnostjo je pri bukovih kompozitih ugodnejše kot pri smrekovih, konstrukcijski elementi z enako nosilnostjo pa so vitkejši (Straže, 2022). Odlična nosilnost in



Slika 4. Struktura primarne verige vrednosti P2 – Furnir po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.
Figure 4. The structure of the primary value chain P2–Veneer according to the degree of complexity of technological processing.

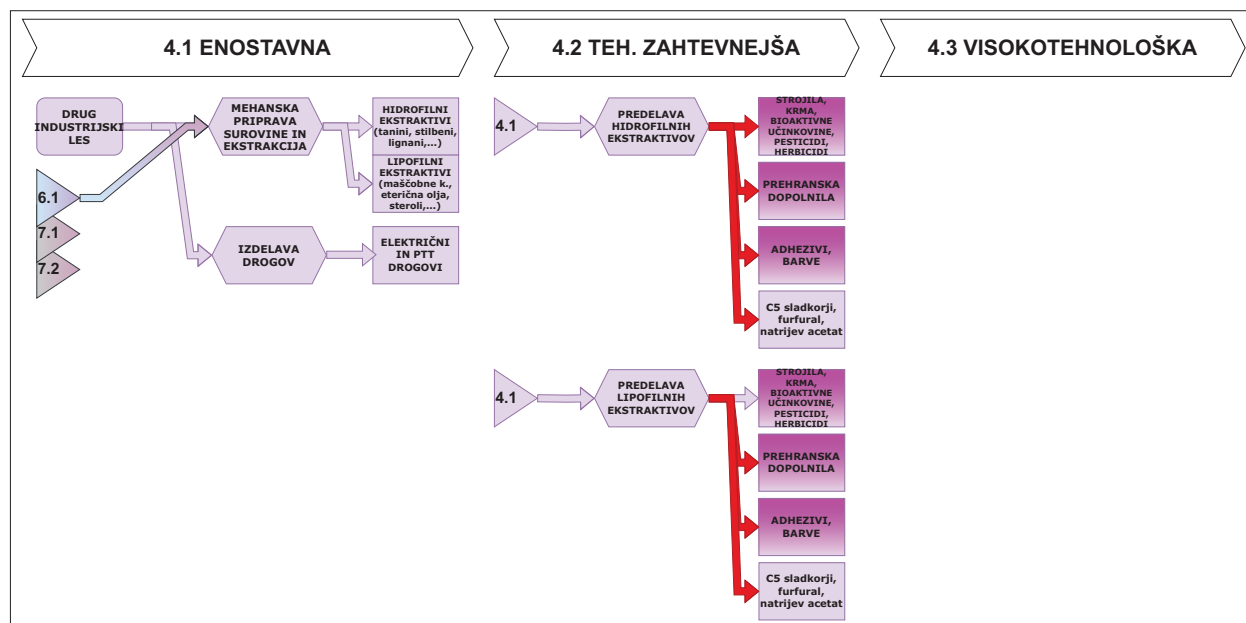


Slika 5. Struktura primarne verige vrednosti P3 – Les za celulozo in plošče po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 5. The structure of the primary value chain P3 – Timber for cellulose and wood-based composites according to the degree of complexity of technological processing.

inovativen dizajn vsekakor omogočata proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo in uporabo v lesni gradnji. Les pri gradnji ima tudi nenosilno funkcijo, kot sta toplotna in zvočna izolativnost, ko

ga uporabljamo za stenske, stropne in talne obloge, za stavbno pohištvo ter razne druge nenosilne elemente. Smiselna je tudi uporaba hitrorastočih, redkejših lesnih vrst, kot sta npr. trepetlika (*Populus*



Slika 6. Struktura primarne verige vrednosti P4 – Drug industrijski les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 6. The structure of the primary value chain P4 – Other industrial timber according to the degree of complexity of technological processing.

tremuloides) ter tudi pavlovnija (*Paulownia tomentosa*) (Straže, 2022).

Velike možnosti za uporabo lesa listavcev predstavlja izdelava številnih lesnih kompozitov kot so na primer iverne plošče, vlaknene plošče, leso-cementne plošče, WPC (lesno-plastični kompoziti) ter številni inovativni 3D, izolativni, ojačani in drugi kompoziti (Šernek, 2009). Iz lesa listavcev kvalitete za celulozo in plošče (P3; slika 5) lahko pridobivamo tudi osnovne kemikalije ter napredna biogoriva kot sta etanol in butanol. Novejši postopki delignifikacije omogočajo energetsko učinkovito in ekološko sprejemljivo proizvodnjo celuloznih vlaken za izdelavo papirja, tekstila, polimerov ter nanofibrilirane in nanokristalinične celuloze (Zule et al., 2017). Veriga vrednosti P3 trenutno deluje v zelo omejenem obsegu na primarni tehnološki stopnji (3.1) le v segmentu vezanih plošč.

Pri več domačih lesnih vrstah listavcev sta uporabni tudi hemicelulozna in ligninska frakcija. Predelava biomase poteka v skladu s konceptom biorafinerije. Drug industrijski les listavcev (P4; slika 6) trenutno predelujemo le na osnovni tehnološki stopnji (4.1). S predelavo hidrofilnih in lipofilnih ekstraktivov v prihodnje pa bi se odprle številne možnosti pridobivanja zelenih kemikalij z uporabnostjo v kemiji, prehranski industriji, agronomiji in drugje (Zule, 2015).

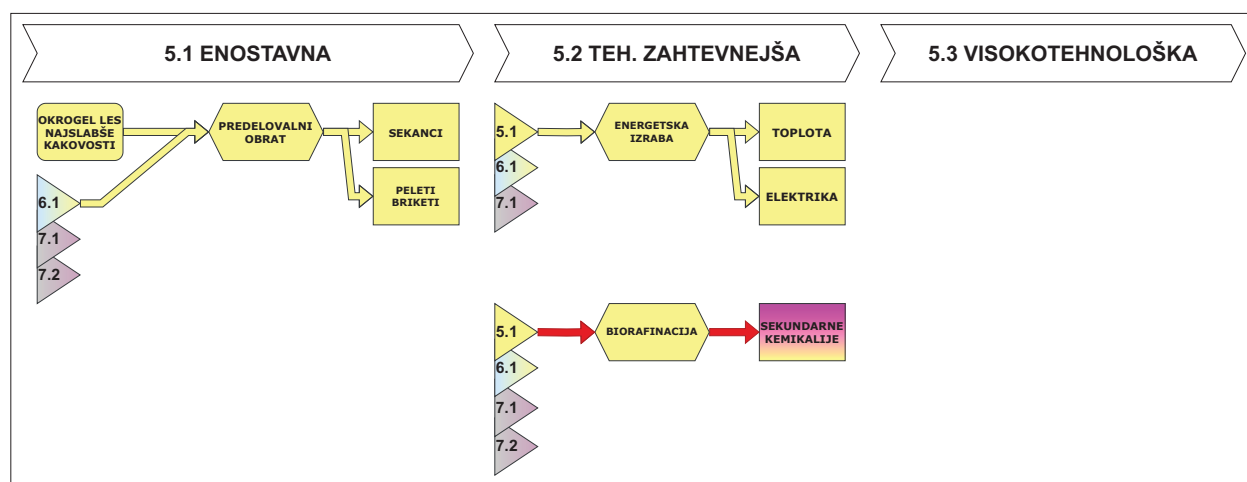
Vse večja skrb za čisto okolje z zahtevami po zmanjševanju emisij toplogrednih plinov ob hkrati

tnih vse večjih potrebah po energiji se kažejo tudi v povečani rabi lesne biomase, ki se je v Sloveniji denimo v obdobju od 2010 do 2019 več kot podvojila (l. 2010: 60.000 t; l. 2019: 134.000 t) (Gornik Bučar et al., 2021). Naraščajoče energijske potrebe povzročajo tudi pritisk na surovinsko dobavno verigo, kjer pa ne smemo dovoliti, da bi se za energetske namene uporabljala lesna surovina z višjim kakovostnim potencialom (Zule et al., 2017). Veriga vrednosti je šibka v segmentu vstopanja druge lesne mase kot surovinskega vira (K6, K7), pogosto zaradi težav z zbiranjem surovin in prisotnosti anorganskih onesnažil v njih (Humar, 2010), neizkoriščen potencial pa ima na področju biorafinacij (Zule, 2015).

3.2 VERIGE VREDNOSTI ZA ZAGOTAVLJANJE KROŽNOSTI

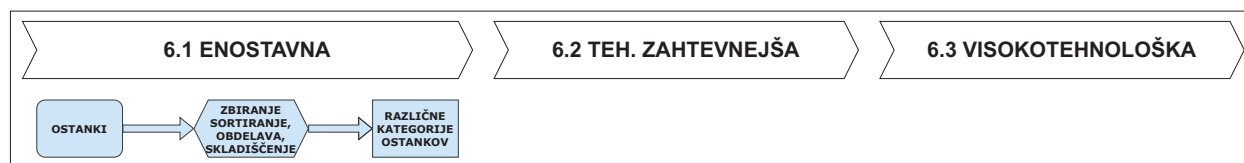
3.2 VALUE CHAINS TO ENSURE A CIRCULAR ECONOMY

Skladno z Vizijo 2040 za evropski gozdno-lesni sektor (Vision 2040 of the European Forest-Based Sector, 2023), ki stremi h krožnemu gospodarstvu brez odpadkov (zero waste) in zapiranju snovnih tokov, je zelo pomembna ponovna uporaba in poraba ostankov v vseh členih gozdno-lesne verige. Izraba gozdne lesne surovine naj bi se dvignila na 90 %, po drugi strani pa naj bi ponovno uporabili kar 70 % vseh vgrajenih materialov in iz njih naredili nove



Slika 7. Struktura primarne verige vrednosti P5 – Okrogli les najslabše kakovosti po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 7. The structure of the primary value chain P5 – The lowest quality timber according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 8. Struktura verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti K6 – Ostanki po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 8. The structure of the value chain to ensure a circular economy K6 – Residues according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 9. Struktura verige vrednosti za zagotavljanje krožnosti K7 – Odslužen les po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 9. The structure of the value chain to ensure circular economy K7 – Waste wood according to the degree of complexity of technological processing.

izdelke (Vision 2040 of the European Forest-Based Sector, 2023).

Zato smo k zgoraj naštetim verigam vrednosti dodali še dve primarni verigi, ki pa svojih virov ne črpata neposredno iz narave, ampak surovinsko izhajata iz posameznih segmentov primarnih (P1...P5) kot tudi sekundarnih verig vrednosti (S8...S10), vključno z izdelki po koncu njihove uporabe. Nastali sta povezovalni verigi za zagotavljanje krožnosti, katerih viri so:

- (K6) Ostanki in
- (K7) Odslužen les.

Lesni ostanki, v obliki procesnih stranskih proizvodov v treh osnovnih primarnih verigah (P1...P3; skorja, žagovina, sekanci ...), se v povezanih in delujočih gozdno-lesnih verigah vrednosti v tujni prvenstveno uporabljajo kot glavna surovina ali pa pomemben surovinski vir v proizvodnji ivernih in vlaknenih kompozitov ter celuloze (P3, P4) (Hurmekoski et al., 2018). Podatki kažejo, da je pretekla izguba proizvodne infrastrukture v Sloveniji, predvsem na področju predelave furnirja, lesnih kompozitov in celuloze, povzročila naraščanje neoptimalnega koriščenja tega surovinskega vira zlasti v energetske namene, manjka pa njihova tehnološko zahtevnejša predelava (Krajnc & Piškur, 2006) (slika 8).

Veriga vrednosti K7 – Odslužen les deluje le na osnovni tehnološki stopnji, z večinsko izrabo razpo-

ložljive surovine v energetske namene, manjka pa zahtevnejša tehnološka obdelava, ki omogoča kaskadno rabo (Humar & Lesar, 2016; Saražin et al., 2017) (slika 9). Odslužen les je za vključevanje v nadaljnje verige problematičen zaradi pogosto visokih koncentracij anorganskih onesnažil ter sintetičnih vezivnih sredstev in sredstev površinske obdelave (Humar, 2010). Za zagotavljanje krožnosti surovine so obetavni postopki hidrotermične obdelave in kompostiranja ter rabe v druge namene (Ugovšek, 2011).

3.3 VERIGE VREDNOSTI

VIŠJIH STOPENJ PREDELAVE

3.3 VALUE CHAINS

OF HIGHER PROCESSING LEVELS

Na osnovi petih primarnih (P1...P5) in dveh povezovalnih verig vrednosti (K6, K7), smo definirali verige višjih stopenj predelave in obdelave lesa (S8...S10), ki zagotavljajo tudi proizvodnjo izdelkov iz lesa z višjo dodano vrednostjo. To velja seveda tudi za les listavcev, katerega uporabnost je sicer zelo široka (Kropivšek & Čufar, 2015). Pridemo do naslednjih sekundarnih sestavljenih verig:

(S8) Končni leseni proizvodi (notranja oprema in vse druge rabe – galanterija, glasbila, športno orodje, embalaža, obloge ...),

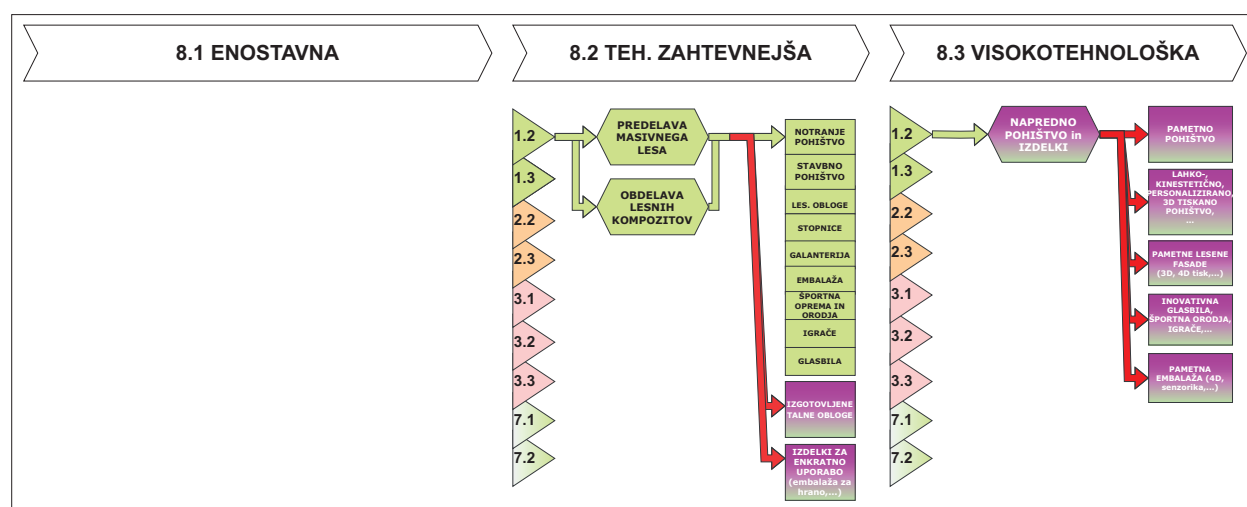
(S9) Lesena gradnja (povezava z gradbeništvo – F41, F42) in

(S10) Plovila in prevozna sredstva (povezava s prevoznimi sredstvi – C29, C30).

Znotraj teh verig nastajajo številne nove rabe lesa listavcev in s tem tudi inovativni izdelki, ki dvigujejo potencial količinske rabe lesa kot tudi dodano vrednost v izdelkih. Te verige so razmeroma visokotehnološke in zahtevajo tudi velika vlaganja v investicije. Inovativne izdelke najdemo sicer tudi v primarnih verigah (P1...P5), ki so osnova za razvoj

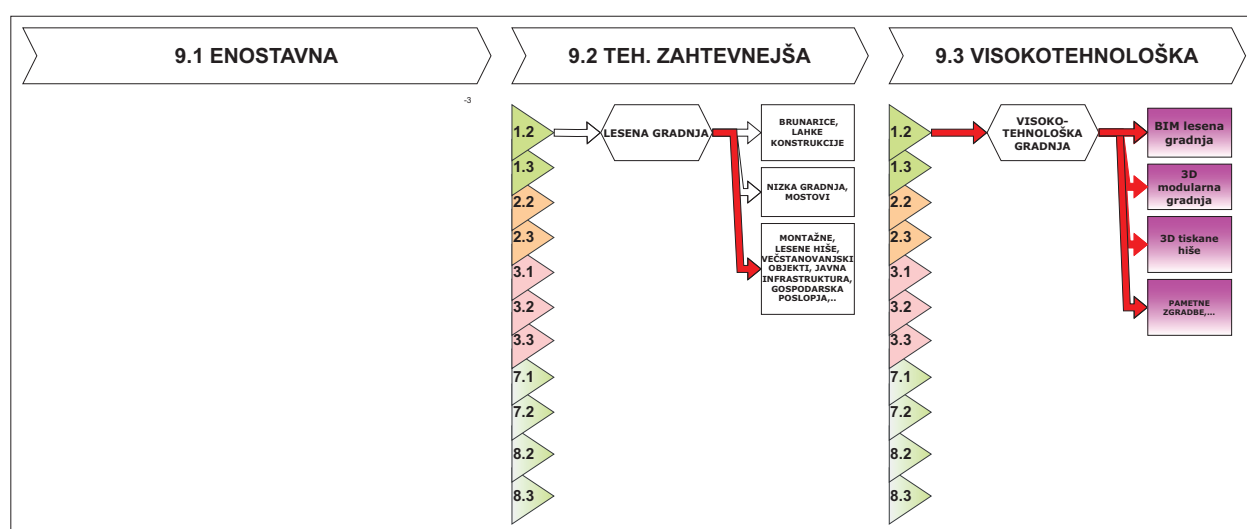
kompleksnejših končnih proizvodov, ki nastajajo v nadaljnjih verigah vrednosti v gozdno-lesnem sektorju (S8...S10) in ostalih panogah, ki te izdelke porabljajo (slika 10, slika 11, slika 12).

Eden izmed pomembnih vzrokov za slabše izkoriščanje in predelavo lesa listavcev je slabo delujoča gozdno-lesna veriga, ki je na več mestih prekinjena, zato določenih rab in predelave lesa (listavcev) na višjih tehnoloških stopnjah, ki deni-



Slika 10. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S8 – Končni leseni proizvodi po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 10. The structure of the value chain of higher processing level S8 – Final wood products according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 11. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S9 – Lesena gradnja po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 11. The structure of the value chain of higher processing level S9 – Building with wood according to the degree of complexity of technological processing.



Slika 12. Struktura verige vrednosti višjih stopenj predelave S10 – Vozila in plovila po stopnjah zahtevnosti tehnološke obdelave.

Figure 12. The structure of the value chain of higher processing level S10 – Transport vehicles according to the degree of complexity of technological processing.

mo temeljijo na osnovi konstrukcijskega furnirja, vezanega lesa in nekaterih kompozitov, v trenutnih pogojih sploh ni mogoče izvesti (S8...S10). S tem izgubljam potencial in se soočamo z večjo porabo drugih materialov, ki niso prijazni do okolja, slabšim poslovanjem posameznih členov verige, nizkimi dobički, slabšo implementacijo konceptov trajnosti in krožnosti ipd. Rešitev je torej v iskanju inovativnih izdelkov, do katerih pa lahko pridemo z razvojem in uvajanjem sodobnih tehnologij in digitalizacijo, predvsem pa z vzpostavljanjem novih, tudi kompleksnejših verig vrednosti, ki se ne zaključijo v lesni panogi, ampak sežejo v druge panoge. S tem zagotovimo večplastnejšo izrabo surovine, krožnost (izraba ostankov in ponovna uporaba) ter s tem višjo dodano vrednost.

4 RAZPRAVA 4 DISCUSSION

Glavna lastnost verig vrednosti je doseganje multiplikativnega učinka, ki se kaže v stopnji izdelave in posledično dodane vrednosti v izdelkih. Delovanje in medsebojna povezanost verig je torej ključni pogoj, da to tudi dosežemo. Zato je pomembno, da v gozdno-lesnem sektorju zagotovimo delovanje vseh verig vrednosti, saj v nasprotnem pride do neizkoriščanja polnega potenciala lesne surovine in s tem izgube za panogo in celotno druž-

bo. V tej raziskavi smo se predvsem osredotočali na nedelujoče verige ali dele verig, kakor tudi na možnosti razvoja novih verig vrednosti v panogi in širše. Ugotovili smo, da je predvsem pereče nedelovanje verige »Furnir« (P2), zaradi česar izgubljam potencial lesne surovine najvišje kakovosti. Tudi delovanje verige »Žagan les« (P1) je omejeno, kar velja predvsem za del verige »proizvodnja konstrukcijskega lesa«. To je tudi eden od razlogov za izvoz (kakovostnejše) hlodovine, kar negativno vpliva tudi na delovanje nadaljnjih verig oz. njihovih potencialov. Z izvozom hlodovine (in potem uvozom polizdelkov za nadaljnjo predelavo, npr. žagan les, lepljenci, lesne plošče ipd.) poleg izgubljene dodatne vrednosti vplivamo s transportom posredno tudi na obremenjevanje okolja, kot tudi zmanjšujemo možnosti surovinske samooskrbe. V primeru, da hlodovina višje kakovosti zaključi svojo pot v izrabi za pridobivanje energije, je dosežena zelo nizka dodana vrednost, hkrati pa ne omogoča krožnega in trajnostnega gospodarstva.

Da bi zadostili kriterijem t. i. zelenih verig, moramo velik poudarek v prihodnje nameniti vzdrževanju in krepitvi povezovalnih verig, ki zagotavljajo krožnost (K6, K7). Verigi »Ostanki« (K6) in »Odslužen les« (K7) sta trenutno prisotni v manjšem obsegu ter se prehitro zaključujeta, predvsem z rabo teh surovin v energetske namene.

Tudi v verigah vrednosti višjih stopenj predelave, v t. i. sekundarnih verigah (S8, S9, S10), opazimo številne še nedelujoče dele, ki zahtevajo predvsem določene investicije, uvedbo sodobne organiziranosti (npr. mrežna organiziranost) in predvsem povečanje kompetenc zaposlenih v teh verigah, da bodo sposobni izdelovati izdelke višje dodane vrednosti. Ob naraščajoči digitalizaciji (in avtomatizaciji) procesov v teh verigah to hkrati pomeni na eni strani večjo učinkovitost, na drugi strani pa nižji ogljični odtis oz. okolju bolj prijazno delovanje celotne gozdno-lesne verige.

V verigah vrednosti višjih stopenj predelave, ob primernih investicijskih vlaganjih in aktivaciji različnih vrst listavcev za namene lesne gradnje, lahko z inovativnimi rešitvami in s prilagojenimi (ciljnimi) izdelki za končne uporabnike postanemo vodilni na področju, v ostalih verigah pa se lahko bolj fokusiramo na visokotehnološke in inovativne izdelke. Potenciali teh verig segajo mnogo širše od gozdno-lesnega sektorja in imajo zato lahko precej večje multiplikatorne učinke na gospodarstvo. Čeprav nekatere od teh verig omogočajo minimalne širitve in posodobitve ter tako izkazujejo majhen potencial rasti, to še ne pomeni, da so manj pomembne, saj lahko predstavljajo ključne člene pri delovanju celotne verige vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu.

5 ZAKLJUČKI

5 CONCLUSIONS

Dodana vrednost izdelkom se močno povečuje s stopnjo tehnološke predelave in obdelave, kar tekom celotne gozdno-lesne verige pomeni večje možnosti za vlaganje v njen razvoj, v tehnološko posodobitev in digitalizacijo, hkrati pa močno povečuje izkoriščanje potenciala lesne surovine.

Pri evidentiranju obstoječih in koncipiranju novih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo na osnovi petih kakovostnih razredov lesa listavcev ugotovili, da se verige vrednosti večinoma ne zaključujejo v gozdno-lesnem sektorju, ampak se širijo v več drugih panog in imajo velike multiplikatorne učinke na gospodarstvo (S8, S9, S10). Te verige so med sabo pogosto prepletene in soodvisne, saj določeni (pol)proizvodi in ostanki ene verige predstavljajo začetek druge ali pa se vanjo vključujejo v kasnejši fazi.

V prehodu v zeleno in krožno gospodarstvo je pričakovati povečevanje porabe lesa, kar bo z vidika omejenosti naravnih virov potrebno pokriti tudi z boljšim izkoriščanjem lesne surovine listavcev kot tudi z zagotavljanjem krožnosti in ponovne rabe lesa (K6, K7). Večinoma gostejši les domačih listavcev, npr. bukve, hrasta in jesena, omogoča izdelavo inovativnih izdelkov, nove konstrukcijske rešitve ter rabo v trajnostno usmerjenih in pametnih stavbah.

Za boljšo izrabo lesa listavcev v Sloveniji bomo morali oživiti in/ali povečati proizvodnjo tradicionalnih in novih (pol)izdelkov, še posebej konstrukcijskega in plemenitega furnirja (P2), ploščnih kompozitov (P3) kot tudi izdelkov kemične predelave (P4). Za »energetske« potrebe bomo morali uporabljati le tisto surovino in ostanke (P5), kjer predelava v druge produkte stroškovno, energijsko-tehnološko in okoljsko ni smiselna.

6 POVZETEK

6 SUMMARY

It is important to understand the performance of the whole forest-wood value chain from the point of view of the potential of the achievable quantities, the level of technological processing and the marginal quality of the input raw materials and the characteristics of the manufactured products. For the efficiency of the entire chain, it is important that all its links function. The long-term challenge for the Slovenian forest wood sector also lies in the expected change in the structure of the domestic supply chain of forest wood assortments, in which the share of hardwood will increase due to climate change, with a simultaneous increase in the share of low-grade assortments. Demand for high quality hardwood is currently low, especially for wood from non-resistant species, such as European beech.

The objective of the study was to map the existing value chains in the Slovenian forestry-wood bioeconomy and to review the circular economy and the possibility of processing hardwood into materials, semi-finished products and higher and high added value products. The value chains were designed considering the marginal quality of the input raw material and the technological processing level, as well as the potential of the achievable

volumes assuming more intensive mobilization of hardwood in these chains.

We have captured 5 basic primary value chains whose outputs are products destined for further processing into higher value products, mainly in the timber industry, but also in other industries (e.g., construction, chemicals, food, papermaking, etc.). The primary value chains (P1...P5) are: P1 – Sawn timber, P2 – Veneer, P3 – Wood for pulp and panels (composites, paper), P4 – Other industrial wood (chemical processing), and P5 – Lowest quality roundwood (energy). In the processing of hardwood at the primary level, the non-functioning of the primary chain “Veneer” (P2) and the limited functioning of the chain “Sawn timber” (P1) are the most important issues, which means that the potential of the highest quality wood raw material is poorly used. The P3 value chain also has great potential. Here, there are opportunities to use hardwood in many wood composites such as particleboard, fibreboard, wood cement board, WPC, and in many innovative 3D, insulating, reinforced, and other composites that to date have been underutilized. Newer delignification processes that enable the energy-efficient and ecological production of cellulose fibres from which we can produce paper, textiles, polymers, and nanofibrillated and nanocrystalline cellulose are currently underutilized in this value chain.

In order to achieve the criterion of green value chains, it is necessary to strengthen the circular chains (K6–Residues, K7 – Waste wood), which currently function to a lesser extent and end too quickly. We note that the past loss of production infrastructure in Slovenia, especially in the field of processing veneers, wood composites and cellulose, has led to an increase in the suboptimal use of these raw material resources, especially for energy purposes, while their technologically more sophisticated processing is missing.

In the value chains of higher processing stages, in the so-called secondary chains (S8, S9, S10), we also found many parts that are not yet functioning, which primarily require certain investments, the introduction of more modern organization (e.g. a network organization) and, above all, an increase in the qualification of the employees in these chains so that they can produce products with higher added value. With the increasing digitalization (and

automation) of the processes in these chains, this means at the same time greater higher efficiency on the one hand and a lower carbon footprint on the other, and thus the more environmentally friendly operation of the entire forest-wood chain.

In order to better utilize hardwood in Slovenia, we need to revive and/or increase the production of traditional and new (semi-)products, especially structural and sliced veneers, panel composites and chemically processed products. For energy purposes, it is necessary to use only those raw materials and residues whose processing into other products does not make sense from a cost, energy and environmental point of view.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Delo je nastalo v okviru ciljnega raziskovalnega programa V4-2016 Možnosti rabe listavcev v slovenskem biogospodarstvu, financiranega s strani Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javne agencije za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, ter v okviru dela na programih Javne agencije za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, P4-0015 Les in lignocelulozni kompoziti ter P4-0430 Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo.

VIRI

REFERENCES

- Čufar, K., Gorišek, Ž., Merela, M., Kropivšek, J., Gornik Bučar, D., & Straže, A. (2017). Lastnosti bukovine in njena raba. *Les/Wood*, 1, 27–39.
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS). (2020). Timber in construction and bioeconomy in the EU Green deal resolution. URL: <https://eos-oes.eu/2020/01/17/timber-in-construction-and-bioeconomy-in-the-eu-green-deal-resolution/> (25.3.2023)
- Gornik Bučar, D. (2009). Sistem notranje kontrole proizvodnje–Zahteva za vse proizvajalce. *Les/Wood*, 61(11), 451–454.
- Gornik Bučar, D., Prislán, P., Smolnikar, P., Stare, D., Krajnc, N., & Gospodarič, B. (2021). Usefulness of non-native invasive tree species wood residues for pellet production. *Les/Wood*, 70(1), 45–58. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2021.v70n01a04>
- Humar, M. (2010). Vsebnost klora v ostankih slovenske pohištvene industrije. *Les/Wood*, 62(2), 55–57.
- Humar, M., & Lesar, B. (2016). Odslužen les–surovinski vir z velikim potencialom. *Gozdarski vestnik*, 74(7–8), 275–286.

- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(12), 1417–1432. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0116>
- Krajnc, N., & Piškur, M. (2006). Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Sloveniji. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 80, 31–34.
- Kropivšek, J., & Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 470–478.
- Kropivšek, J., & Gornik Bučar, D. (2017). Dodana vrednost v izdelkih v gozdno-lesni verigi—Primer: primarna predelava bukovine. *Les/Wood*, 66(1), 61–72. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a06>
- Kropivšek, J., Milavec, I., & Likar, B. (2017). Analiza poslovanja slovenske lesne panoge: Slovenian wood industry sector analysis. *Les/Wood*, 66(2), 47–56. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n02a05>
- Nicholls, D. L., & Bumgardner, M. S. (2018). Challenges and opportunities for North American hardwood manufacturers to adopt customization strategies in an era of increased competition. *Forests*, 9(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/F9040186>
- Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021. (2022). URL: http://www.zgs.si/zavod/publikacije/letna_porocila/index.html (6.3.2023)
- Prislan, P. (2015). Znanstvena razprava Stanje žagarske panoge v Sloveniji 2013/2014 Situation of the Slovenian sawmill sector in 2013/2014. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 442–453.
- Ringe, J. M., & Hoover, W. L. (1987). Value added analysis—A method of technological assessment the United States forest products industry. *Forest Products Journal*, 37(11–12), 51–54.
- Saražin, J., Šernek, M., Humar, M., & Ugovšek, A. (2017). Upogibna trdnost in togost slojnatega furnirnega lesa (LVL) iz termično modificirane in nemodificirane bukovine. *Les/Wood*, 66(2), 29–36. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n02a03>
- Ščap, Š. (2020). Strokovna razprava Analiza podatkov o proizvodnji žaganega lesa v Sloveniji za obdobje 2014 – 2018, ki jih zbira in vodi Statistični urad RS. *Gozdarski vestnik*, 78(4), 178–184.
- Ščap, Š., Krajnc, N., & Prislan, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019. *Gozdarski vestnik*, 79(10), 363–375.
- Šernek, M. (2009). Uporaba različnih lesnih vrst za konstrukcijske kompozite. M. Humar in H. Kraigher (ur.). *Trajnostna raba lesa v kontekstu sonaravnega gospodarjenja z gozdovi* (s. 115–123). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica.
- Straže, A. (2022). Povečana raba lesa listavcev kot obnovljivega vira je prihodnost krožnih stavb. V: *Človek v pametni in krožni zgradbi* (s. 152–155).
- The international wood industry in one information service. (2020a). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber. URL: <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/european-green-deal/> (23.3.2023)
- The international wood industry in one information service. (2020b). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber—Global Wood Markets Info. URL: <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/eu-green-deal-creates-new-opportunities-timber/> (23.3.2023)
- Ugovšek, A. (2011). Ravnanje z odsluženimi lesnimi ploščnimi kompoziti. *Les/Wood*, 63(1–2), 2–7.
- Vision 2040 of the European Forest-based Sector (s. 12). (2023). The European Forestry House. URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en (23.3.2023)
- Wang, L. (2015). Value chain analysis of bio-coal business in Finland: Perspectives from multiple value chain members. *Biomass and Bioenergy*, 78, 140–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.005>
- Zule, J. (2015). Možnosti kemične predelave bukovnega lesa. *Gozdarski vestnik*, 73(10), 479–487.
- Zule, J., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2017). Inovativna raba bukovine slabše kakovosti in ostankov. *Les/Wood*, 66(1), 41–51. DOI: <https://doi.org/10.26614/les-wood.2017.v66n01a04>

**KVALITATIVNA/STRATEŠKA ANALIZA IZBRANIH VERIG VREDNOSTI V SLOVENSKEM GOZDNO-LESNEM BIOGOSPODARSTVU****QUALITATIVE/STRATEGIC ANALYSIS OF SELECTED VALUE CHAINS IN THE SLOVENIAN FOREST AND WOOD BIOECONOMY**Jože Kropivšek^{1*}, Aleš Straže¹, Dominika Gornik Bučar¹

UDK članka: 630*83

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 31.3.2023

Sprejeto / Accepted: 24.4.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: Trenutne globalne strateške usmeritve spodbujajo krepitev zelenih verig vrednosti. To odpira povsem nove potenciale tudi za slovensko gozdno-lesno verigo, ki pa se v zadnjih desetletjih sooča z več izzivi, med katerimi je tudi povečanje deleža listavcev v slovenskih gozdovih. Zato je nujno vzpostaviti oz. okrepiti gozdno-lesne verige vrednosti, katerih osnovna surovina je les listavcev različnih kakovosti. Za delovanje celotne verige je pomembno, da delujejo vsi njihovi členi, in da posamezne verige dosledno upoštevajo koncept mejne kakovosti vhodne surovine. Cilj raziskave je bil izvesti kvalitativno strateško SWOT analizo izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu, primerjalno nakazati ključne prednosti/slabosti posameznih verig in ugotoviti, katere izmed verig vrednosti so posebej zanimive za razvoj slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva, s poudarkom na predelavi listavcev. Rezultati sicer kažejo na obstoj več šibkih členov znotraj posameznih verig vrednosti, vendar pa imajo le-te številne prednosti, s katerimi lahko zelo učinkovito izkoristimo priložnosti oz. zmanjšamo nevarnosti ter s tem prispevamo k uspešnemu nadaljnjemu razvoju lesarstva.

Ključne besede: verige vrednosti, listavci, gozdno-lesna veriga, SWOT, biogospodarstvo

Abstract: Current global strategic directions promote the strengthening of green value chains. This opens up completely new potentials for the Slovenian forest-wood chain, which has faced several challenges in recent decades, including the increase in the share of deciduous trees in Slovenian forests. Therefore, it is necessary to establish or strengthen forest-wood value chains whose basic raw material is hardwood in different qualities. For the functioning of the whole chain it is important that all its links work and that the individual chains strictly follow the concept of marginal quality of the input raw material. The aim of the research was to conduct a qualitative strategic SWOT analysis of selected value chains in the Slovenian forest-wood bioeconomy and to identify and compare the main advantages and disadvantages of each chain, as well as to determine which of the value chains are particularly interesting for the development of the Slovenian forest-wood bioeconomy with a focus on hardwood processing. The results show that there are some weaknesses within the value chains, but there are many strengths, which can be used to effectively exploit opportunities and/or reduce risks, contributing to the successful further development of wood processing.

Keywords: value chains, hardwood, forest-wood chain, SWOT, bioeconomy

1 UVOD**1 INTRODUCTION**

Trenutne globalne strateške usmeritve spodbujajo krepitev zelenih verig vrednosti. Evropska unija se je z Evropskim zelenim dogovorom (angl. "The Green Deal") leta 2019 zavezala k ukrepanju za do-

sego podnebne nevtralnosti do leta 2050 ((Evropska komisija, 2019; *Evropski zeleni dogovor: postati prva podnebno nevtralna celina*, 2023)). To odpira nove potenciale za krepitev zelenih verig vrednosti, med katere spada tudi gozdno-lesna veriga (The international wood industry in one information

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

* e-mail: joze.kropivsek@bf.uni-lj.si

service, 2020). Zelo pomembna veriga v tem kontekstu je lesna gradnja (European Organisation of the Sawmill Industry (EOS), 2020), kjer pa les trenutno predstavlja samo 3 % vseh uporabljenih materialov. Na ravni EU so zato na tem področju načrtovane korenite spremembe (European Organisation of the Sawmill Industry (EOS), 2022).

V tem se kažejo tudi številne možnosti za razvoj slovenskega lesarstva oz. celotne gozdno-lesne verige v Sloveniji. Le-ta se v zadnjih desetletjih sooča z več izzivi, med katerimi je tudi sprememba surovinske baze – v slovenskih gozdovih se namreč povečuje delež listavcev, hkrati pa se po podatkih UNECE (UNECE, 2023) poraba hlodovine listavcev v Evropi povečuje, kar lahko predstavlja priložnost za Slovenijo. V lesni zalogi v slovenskih gozdovih prevladujejo listavci (56 %), med katerimi je največji delež bukovine (v letu 2021 je njen delež znašal 33 % in še narašča) (Zavod za gozdove Slovenije, 2022). Opazen je sicer trend povečevanja obsega proizvodnje gozdnih lesnih sortimentov iz lesa listavcev, vendar je še vedno največ okroglega lesa listavcev namenjeno energetski rabi in sicer kar 58 % celotne predelave okroglega lesa listavcev (povprečje let 2011–2021) (Statistični urad RS, 2023). Vendar pa les listavcev nudi poleg proizvodnje energentov in lesnih kompozitov številne druge možnosti njegove izrabe v izdelkih široke potrošnje, gradbeništvu in izdelkih z visoko dodano vrednostjo, ter v novih, naprednih materialih na osnovi lesa listavcev (Kropivšek & Čufar, 2015).

Eden izmed pomembnih vzrokov za slabše izkoriščanje in predelavo lesa listavcev je slabo delujoča gozdno-lesna veriga, ki je na določenih mestih prekinjena, zato določenih rab lesa (listavcev) v trenutnih pogojih sploh ni mogoče izvesti (npr. konstrukcijski furnir in vezan les), ali pa je za delovanje verige treba polizdelke uvažati iz tujine. S tem izgubljammo velik potencial kakovostne surovine, povzročamo večjo porabo drugih, do okolja manj prijaznih materialov, slabše poslovanje posameznih členov verig, manjše dobičke ter slabšo implementacijo konceptov trajnosti in krožnosti v slovensko gospodarstvo. Rešitev je torej v iskanju inovativnih izdelkov, do katerih pa lahko pridemo z razvojem in uvajanjem sodobnih tehnologij in digitalizacijo, predvsem pa z vzpostavljanjem novih, tudi kompleksnejših verig vrednosti, ki se ne zaključijo v lesni panogi, ampak sežejo mnogo dlje, v druge pano-

ge. S tem namenom je bila narejena študija identifikacije posameznih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu (Straže et al., 2023), pri čemer je bila pozornost posvečena tako že delujočim verigam, kot tudi koncipiranju novih verig vrednosti. Z vzpostavitvijo verig vrednosti bi zagotovili večplastnejšo izrabo surovine, krožnost (izraba ostankov in ponovna uporaba) ter povečanje proizvodnje znotraj nacionalnega gospodarstva, kar ima številne pozitivne učinke, kot npr. večje število zaposlenih in višjo dodano vrednost.

V raziskavi smo uporabili koncept verig vrednosti, ki omogoča sistemski pristop pri njihovem vrednotenju (Wang, 2015), in koncept mejne kakovosti vhodne surovine (angl. marginal log), ki določa namen uporabe hlodovine glede na njeno kakovost (Ringe & Hoover, 1987). To omogoča, da razpoložljivo hlodovino izkoristimo za proizvodnjo izdelkov s čim višjo dodano vrednostjo. Številne verige vrednosti so med sabo pogosto prepletene in soodvisne ter se (večinoma) ne zaključujejo v gozdnem in lesnem sektorju, ampak se širijo tudi v druge panoge in imajo lahko velike multiplikatorne učinke na gospodarstvo (Straže et al., 2023).

Za delovanje celotne verige je pomembno, da delujejo vsi njihovi členi. Seveda pa so med posameznimi verigami tudi razlike tako v stopnji (trenutnega) razvoja kot potencialu nadaljnjega razvoja. Na to bistveno vplivajo številni dejavniki, ki na eni strani lahko predstavljajo prednosti in priložnosti, lahko pa tudi nevarnosti in slabosti. Pri vrednotenju verig lahko upoštevamo različna merila. Tako npr. Hurmekoski s soavtorji predlaga naslednja merila za oceno verig/izdelkov (Hurmekoski et al., 2018): raven tehnološke razvitosti (Technology Readiness Level–TRL), izvedljivost, količinski potencial, razpoložljivost virov, tržna zanimivost, stroškovna učinkovitost in vidik trajnosti. Ocenjevanje poteka na nivoju panoge oz. celotnega gospodarstva.

Cilj raziskave je izvesti kvalitativno strateško analizo izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu, pri čemer se bomo osredotočili na njihove strateške in ostale ključne lastnosti. Do sedaj so bile izdelane različne strateške (SWOT) analize, vendar samo na nivoju panoge in/ali posameznih podjetij, nikoli pa ne na nivoju verig vrednosti. Namen je torej ugotoviti prednosti in slabosti posameznih verig pa tudi celote, saj se namreč slabosti ene lahko pokažejo kot

prednosti druge in obratno. Podobno je za priložnosti in nevarnosti. Želimo tudi ugotoviti, kako je mogoče (predvsem) priložnosti in nevarnosti pretvoriti v prednosti oz. preprečiti, da ne postanejo slabosti. Nakazati pa želimo tudi, katere izmed verig vrednosti so posebej zanimive za razvoj slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva s poudarkom na predelavi listavcev.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

Za kvalitativno in strateško analizo verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo uporabili SWOT analizo, ki je relevantna kvalitativna metoda pri sprejemanju strateških odločitev, saj nam s pomočjo prepoznavanja in analize prednosti (S–Strengths), slabosti (W–Weaknesses), priložnosti (O–Opportunities) in nevarnosti (T–Threats) omogoča izoblikovati strategijo, s katero gradimo na prednostih, odpravimo pomanjkljivosti, izkoristimo priložnosti in se izognemo nevarnostim. SWOT analiza omogoča identifikacijo najboljših strategij in tako krepi prednosti in priložnosti preučevanega sistema ter zmanjšuje njegove slabosti in grožnje (Shakoor Shahabi et al., 2018). Pomaga čimbolje izkoristiti priložnosti, ob hkratnem zmanjšanju vpliva groženj iz (nenadzorovanega) zunanjega okolja. SWOT analiza je metoda strateškega načrtovanja in jo je mogoče široko aplicirati na številna področja, tako v splošnem managementu, znanosti in izobraževanju in tudi v biogospodarstvu (Benzaghta et al., 2021). Isti avtorji ugotavljajo tudi, da je pogostost uporabe SWOT analize na nekaterih področjih večja (npr. splošni management, zdravstvo in trženje), medtem ko je na področju bioekonomije manjša oz. se je začela uporabljati precej

kasneje. Kljub vsemu je ta metoda prepoznana kot nepogrešljivo orodje pri načrtovanju in razvoju strategij v bioekonomiji, kar dokazuje preučevanje dejavnikov vpliva na prehodu italijanskega gozdnega sektorja v trajnostno bioekonomijo, kjer so uporabili SWOT analizo v kombinaciji z večnivojsko perspektivo (MLP and multi-level perspective) (Falcone et al., 2020). Čeprav ima SWOT analiza širok spekter uporabe, ima še vedno nekaj omejitev. Izvaja se predvsem za identifikacijo dejavnikov v vsaki od štirih skupin. Ena najpomembnejših omejitev te tehnike je nezmožnost rangiranja kriterijev in prednostnih strategij (Shakoor Shahabi et al., 2018). Zaradi teh omejitev se SWOT analiza pogosto nadgrajuje/dopolnjuje s kvantitativnimi metodami (npr. AHP, TOPSIS, fuzzy ipd.), ki omogočajo tudi kvantitativno vrednotenje vpliva identificiranih notranjih in zunanjih dejavnikov (Abdel-Basset et al., 2018; Kurttila et al., 2000; Taghavifard et al., 2018).

SWOT analiza ima dve ključni fazi. V prvi fazi določimo merila in oblikujemo SWOT matriko, medtem ko v drugi fazi na osnovi SWOT matrike oblikujemo najboljše kombinacije strategij s povezovanjem notranjih in zunanjih dejavnikov. Pri tem lahko oblikujemo matriko štirih strategij: strategije SO 'prednosti-priložnosti', ST 'prednosti-nevarnosti', WO 'slabosti-priložnosti' in WT 'slabosti-nevarnosti' (preglednica 1).

Ugotovimo lahko torej, kako uporabiti prednosti, da izkoristimo priložnosti in premagujemo nevarnosti, ter zmanjšati slabosti, da izkoristimo priložnosti in preprečimo, da bi se zaradi naših slabosti realizirale nevarnosti (Abdel-Basset et al., 2018).

Pri SWOT analizi sta poznana dva pristopa in sicer pristop z enostavno SWOT analizo, ki je najpogostejše uporabljen pristop, in pa pristop z analizo

Preglednica 1. Matrika SO, WO, ST, in WT strategij (Sevкли et al., 2012).

Table 1. Matrix of SO, WO, ST, in WT strategies (Sevкли et al., 2012).

	prednosti	slabosti
priložnosti	SO strategije	WO strategije
	prednosti uporabljamo za izkoriščanje priložnosti	zmanjšujemo slabosti z uporabo zunanjih priložnosti
nevarnosti	ST strategije	WT strategije
	izkoriščamo prednosti za ublažitev ali zmanjšanje zunanjih groženj	zmanjšujemo slabosti zato, da bi se izognili zunanjim nevarnostim

S, W, O, in T po v naprej (določenih) podsistemih (podstrukturah oz. skupinah meril), ki jih smiselno postavimo, glede na področje SWOT analize (Čater, 2022; Longsheng et al., 2022), ki omogoča primerjalno analizo med verigami.

Vrednotenje verig vrednosti je izvajala ekspertna skupina strokovnjakov za različna področja na osnovi nabora meril, s čemer smo prišli do poglobljene kvalitativne analize verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. Pri razvrščanju posameznega atributa v kategorijo prednosti / slabosti oz. priložnosti / nevarnosti je bilo predpostavljeno, da se ocenjuje (hipotetična) učinkovito delujoča veriga. V podrobnejšo kvalitativno analizo smo vzeli 10 verig vrednosti (Straže et al., 2023), med katerimi so razlike tako po uporabljeni vhodni surovini kot po stopnji kompleksnosti in razvejanosti posamezne verige. Nekatere med njimi so tradicionalne in že uveljavljene, druge pa še v fazi razvoja, a z velikim razvojnim potencialom. Verige so bile naslednje:

- P1 Žagan les
- P2 Furnir
- P3 Les za celulozo in plošče (kompoziti, papir)
- P4 Drug industrijski les (kem. predelava)
- P5 Okrogli les najslabše kakovosti (energetika)
- K6 Ostanki
- K7 Odslužen les
- S8 Končni leseni proizvodi (notranja oprema in vse druge rabe)
- S9 Lesnogradnja (povezava z gradbeništvo – F41, F42)
- S10 Plovila in prevozna sredstva (povezava s prevoznimi sredstvi – C29, C30)

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

Za SWOT analizo verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu smo najprej razvili model, po katerem smo jo izvedli. Ključna sestavina tega modela je identifikacija meril za oceno prednosti in slabosti posamezne verige oz. zunanjih dejavnikov, ki vplivajo na priložnosti in nevarnosti. Merila smo določili na podlagi literature (Hurmekoski et al., 2018; MGRT, 2022; MGRT & MKO, 2012; "Regional SWOT Analysis and Mapping,"

2022). Identificirali smo 64 meril in jih vsebinsko razvrstili v naslednje skupine:

- Surovina
- Tehnologija
- Delovna sila
- Izdelki
- Sodobni koncepti
- Zunanji dejavniki (O–priložnosti, T- nevarnosti)

Celoten nabor meril po skupinah zaradi obsega ni naveden, vrednosti posameznih meril pa so v preglednici 2. Pri kvalitativnem vrednotenju verig po teh merilih smo prišli do naslednjih skupnih ugotovitev:

- **Surovina**

Obravnavane verige, katerih identifikacija je predstavljena drugje (Straže et al., 2023), so zasnovane v obsegu, da so sposobne predelati razpoložljivo količino surovine (iz slovenskih gozdov). Pri razpoložljivosti surovine je treba dosledno upoštevati kriterij mejne kakovosti surovine, saj je to tudi izhodišče pri konceptiranju verig. Ob upoštevanju tega dejstva je razpoložljivost surovine v vseh primarnih (P1– P5) in povezovalnih verigah (K6, K7) prednost. Pri tem tudi izhajamo iz hipoteze, da je zagotavljanje stalnosti dobave. V primeru, da se iz kakršnihkoli razlogov ta stalnost prekine, se pri verigah, pri katerih lahko vstopa (zelo) podobna surovina (kot npr. verige P3, P4 in P5), lahko zamegli kriterij mejne kakovosti, to pomeni, da verige konkurirajo za vstopno surovino, kar vpliva tako na ceno surovine kot logistiko in stroške dobave in predelave. Bližina vira surovine in obvladovanje logistike so prednosti verige P1, kjer je vstopna surovina žagarske kakovosti, ki je tradicionalno delujoča veriga, tako na enostavnem (P1.1) kot tehnološko zahtevnejšem (P1.2) nivoju. Veriga je prekinjena v segmentu konstrukcijskega lesa listavcev (P1.2), katerega proizvodi oskrbujejo z vstopno surovino sestavljeno verigo S9 in deloma verigo S10.

S stališča upoštevanja mejne kakovosti surovine je treba izpostaviti verigo P2, ki praktično ne deluje (več), ima pa izjemno velik potencial, saj kar v največjem obsegu lahko izkoristi najkakovostnejšo hlodovino različnih drevesnih vrst listavcev za proizvode z visoko dodano vrednostjo, ki imajo hkrati velik inovativni potencial. Veriga P2 je s svojimi izdelki izjemnega pomena za delovanje sestavljenih

verig S8, S9 in S10. Delovanje verig P1 in P2 je pomembno tudi za delovanje verig P3, P4, P5, saj v procesu teh dveh verig nastajajo stranski proizvodi (ostanki), ki so pomembna vstopna surovina omenjenih verig. Krožnost zagotavlja povezovalna veriga K6, ki pa trenutno ne deluje v zadostnem obsegu. Vzpostavitev delovanja verig K6 in K7 bi omejila nevarnost nespoštovanja kriterija mejne vrednosti surovine, ki bi se lahko pojavila v primeru motene dobave vstopne surovine za verige P3, P4 in P5. Pri tem je zaradi razpršenosti virov in povezovalnega učinka lokacijska umestitev verig K6 in K7 zelo pomembna.

- **Tehnologija**

V (tradicionalno) delujočih verigah, kot so na primer verige P1, P5, S8 in S9, so nujna investicijska vlaganja predvsem za posodabljanje tehnologij in zagotavljanje konkurenčnosti s stališča produktivnosti dela, energetske učinkovitosti in kakovosti proizvodov. Predvsem na nivoju enostavnih faz predelave (npr. P1.1, P3.1, S 8.2) obstaja velika priložnost za avtomatizacijo, robotizacijo in digitalizacijo posameznih faz procesa, kar ima pozitiven vpliv tako na pogoje dela kot na produktivnost. Na pomembnost umestitve modernih visokotehnoloških obratov predelave lesa opozarja tudi Arnič (Arnič, 2023), saj navaja, da ima v Sloveniji le 2 % obratov primarne predelave lesa letne kapacitete predelave lesa višje od 60000 m³. Povprečen obrat primarne predelave lesa v Sloveniji pa predela do 5000 m³ lesa na leto (Ščap et al., 2021). V verigah, ki ne delujejo, delujejo le deloma (npr. P2, P3, P4), ali pa so prekinjene (npr. P2.2), so investicije v tehnologijo lahko zelo visoke. Omenjene verige izkazujejo sicer zelo velik inovacijski potencial, vendar je v večini primerov faza proizvodnje na TRL 3-6 (npr. P3.3 in S8.3) ali celo manj (npr. S9.3), kar pomeni, da je za njihov zagon poleg velikih investicijskih vlaganj v tehnologijo nujno tudi vlaganje v R&R in doseganje potrebnih (specifičnih) kompetenc zaposlenih. Izziv v tem delu je nedvomno krepitev razvojnih dejavnosti v lesnopredelovalni industriji, ki je osnova za njeno mednarodno uspešnost.

- **Delovna sila**

Kompetence zaposlenih v delujočih (tradicionalnih) verigah (P1, P4.1, P5.1, P6.1, S8.2, S9.2, S10) so primerne, vsekakor pa jih je nujno konstan-

tno nadgrajevati, pri čemer je pomembno nadaljevanje in poglobljanje sodelovanja z izobraževalnimi in R&R inštitucijami. Eno od potencialno uporabnih orodij za doseganje tega je lahko tudi mehanizem »mikrodokazil«, s katerimi bi zaposleni pridobili potrebna specifična znanja, spretnosti in kompetence kot npr. trdnostno razvrščanje konstrukcijskega lesa, programiranje CNC strojev ipd. Problem razpoložljivih in kompetentnih zaposlenih se lahko pokaže predvsem v tehnološko zahtevnejših in visokotehnoloških nivojih ter v novo vzpostavljenih delih verig (npr. P1.3, P2.2, P3.3, P4.2, P5.2, K7.2, S8.3, S9.3), kjer se v določenih segmentih potrebuje specifične kompetence zaposlenih. Ker gre praviloma za sodobne visokotehnološke procese, je v teh segmentih verig potrebno veliko pozornosti posvetiti tudi hitrosti zastaranja tehnologij in/ali kompetenc zaposlenih, kot tudi vzgoji novih kadrov. Naj pri tem opozorimo na verigo K7 (odslužen les), z vidika krožnosti in trajnosti izjemno pomembno povezovalno verigo, ki na enostavnem nivoju lahko deluje z razmeroma nizkimi tehnološkimi vlaganji in kompetencami zaposlenih, na tehnološko zahtevnejšem nivoju pa so nujne nekatere zelo specifične in/ali široke kompetence.

- **Izdelki**

V verigah smo kot izdelke navedli le nekaj izdelkov oz. kategorij izdelkov, ki se že proizvajajo, bi se lahko proizvajali ali pa imajo potencial za razvoj in proizvodnjo. Z naraščanjem tehnološkega nivoja predelave/obdelave narašča število vrst (kategorij) predvsem inovativnih (npr. P 4.2, P3.3, S8.3, S9.3) izdelkov. Praktično vse verige, tako že delujoče kot nove, izkazujejo velik potencial vključevanja različnih (tudi manj pogostih) drevesnih vrst listavcev in nadomeščanja smrekovine ali/in drugih nelesnih materialov, kar je posebej značilno za verige P2.3, P3.3 in P4.2, predvsem pa za verigo S9. Izdelki delujočih (tradicionalnih) verig (P1, P4.1, P5, P6, S8.2, S9.2, S10) uživajo velik ugled kupcev in izkazujejo lokalni in tudi globalni tržni potencial. Velik globalni tržni potencial imajo predvsem kategorije izdelkov, ki se izdelujejo individualno (butično), kar velja zlasti za verigo S10 in posamezne kategorije izdelkov iz verige S8.2 (npr. športna orodja in oprema, glasbila ...), S8.3 kot tudi P2.2. Glede na tradicijo in znanje obdelave lesa listavcev bi lahko obnovili, dopolnili in inovativno nadgradili proizvodnjo široke palete

izdelkov, ki bi sodili tudi v koncept »zelenega turizma« ali »predelano lokalno« in pretežno sodijo v verigo S8.2. Taki izdelki bi vsekakor imeli tudi zelo ugoden ogljični odtis. Verige, ki kot surovino večinoma uporabljajo les slabše kakovosti (P3, P4 in P5) in ostanke, izkazujejo še posebej velik inovacijski potencial. Proizvodi teh verig segajo od iverno/vlaknenih kompozitov, biogoriv in osnovnih kemikalij do prehranskih dopolnil, farmacevtskih izdelkov, tekstila in prozornega (transparentnega) lesa, ki lahko nadomešča steklo v gradbeništvu in/ali celo v sončnih celicah. Tovrstna proizvodnja je praviloma procesna (npr. kemična predelava celuloze; pridobivanje strojil, proizvodnja kompozitov ipd.), ki za razklop lesa oz. izoliranje posameznih učinkovin praviloma potrebuje večji vložek energije in/ali vode, poleg tega pa je treba skrb posvetiti tudi varovanju okolja. Številne tehnologije, kot je npr. biorafinerijski razklop in proizvodnja vlaken za tekstilno industrijo, zahtevajo poleg že naštetega za rentabilno poslovanje tudi ustrezno surovinsko zaledje.

- **Sodobni koncepti**

Delovanje vseh verig je zasnovano na način, da sledijo sodobnim konceptom, kot sta npr. koncept kaskadne rabe in krožnega gospodarstva, pri čemer je za doseganje slednjih nujno učinkovito in zanesljivo delovanje povezovalnih verig K6 in K7. Veriga K6 trenutno deluje v omejenem obsegu, medtem ko veriga K7 praktično ne deluje. Vse verige izkazujejo potencial razvoja in ohranjanja podežolja, pri čemer je pomen že tradicionalno delujočih verig (npr. P1, P5, K6, S8.2 in S9.2) izjemen. Pozitiven vpliv imajo vsekakor tudi verige, ki vključujejo surovine različnih drevesnih vrst, saj s tem spodbujajo tudi lastnike zasebnih gozdov za aktivno gospodarjenje z gozdom.

- **Zunanji dejavniki**

Prepoznavanje lesa kot strateške surovine močno poveča možnosti ustreznih podpornih okoliš, kar je priložnost za vse verige. S prepoznavanjem lesa kot strateške surovine se poveča tudi interes za rabo lesenih izdelkov oziroma izdelkov na osnovi lesa, pri čemer je okoljska ozaveščenost trga zelo pomemben dejavnik. Surovinska neodvisnost/samozadostnost je zagotovo lahko pomembna priložnost za vse verige predvsem v primeru, da deluje

celotna veriga. V primeru, ko je veriga prekinjena ali za delovanje verige v posameznih segmentih nimamo ustrezne vhodne surovine (npr. furnirne vezane plošče), smo odvisni od pogojev uvoza, kar lahko predstavlja nevarnost za delovanje nekaterih verig (npr. S8, S9, S10).

Surovinska (samo)zadostnost je priložnost v primeru stabilnih razmer delovanja gozdno-lesne panoge, pri čemer je ključnega pomena tudi dobava surovine iz zasebnih gozdov. Na izziv mobilizacije lesa iz zasebnih gozdov je opozoril tudi Arnič (Arnič, 2023), pri čemer navaja, da velika razdrobljenost in število lastnikov gozdov otežuje strokovno delo in optimalno izrabo lesa. V primeru »nenadnih, nepredvidenih« dogodkov, kot so npr. naravne ujme (npr. vetrolom, požar, pojav bolezni določenih drevesnih vrst, ipd.) ali povečanja izvoza z višjo ceno so nevarnosti za vse verige, pri čemer so najbolj občutljive predvsem primarne verige P1, P2, P3, P4 in K6. Na vpliv izrednih vremenskih dogodkov (ujm), katerih frekventnost in intenziteta se bo (glede na določene napovedi) še povečala, opozarja tudi Arnič (Arnič, 2023). Avtor navaja, da se ob ujmah razpoložljivost okroglega lesa na trgu znatno spremeni in se kaže v nekajkratnem povečanju rednega poseka, kar povzroči neuravnovešenost trga. Nihanja razpoložljivosti lesa se relativno hitro pokažejo v nihanju cen na trgu z lesom, kar ogroža tudi stabilnost in trajnost gozdno-lesnega biogospodarstva. Nevarnost za vse verige zagotovo predstavljajo podnebne spremembe in posledično spreminjanje drevesne sestave listavcev v gozdovih in zato morebitno pomanjkanje oz. omejena razpoložljivost določenih drevesnih vrst (npr. pomanjkanje kostanja za proizvodnjo tanina), vendar je to dolgotrajnejši proces in ima zapoznel učinek na delovanje verig, kar pomeni, da imajo verige večje možnosti, da se ustrezno prilagodijo. Ugodna gospodarska rast, ki običajno pomeni tudi večja vlaganja v raziskave in razvoj, je zagotovo priložnost za vse verige, še posebej pa za inovativne in visokotehnološke nivoje verig npr. P4.2, S8.3, S9.3 in S10.3. Po drugi strani pa so prav te verige najbolj občutljive na padec kupne moči, medtem ko so učinki padca kupne moči na ostale verige nekoliko zapoznali oziroma precej manjši. Nekatere verige (kot npr. verigi P3 in P4, ki sta energetske precej zahtevni), so zelo občutljive na spremembe v ceni/dobavi energentov ali pa jim »regulative s strani države« lahko predsta-

Preglednica 2. Primerjalna, celostna SWOT matrika verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu.

Table 2. Comparative, integrated SWOT matrix of value chains in the Slovenian forest and wood bioeconomy.

PREDNOSTI	SLABOSTI
- Razpoložljivost surovine (glede na mejno kakovost) in bližina vira - Pomen za razvoj bioekonomije, upoštevanje sodobnih konceptov krožnega gospodarstva in kaskadne rabe - Potencial nadomeščanja drugih izdelkov (iz drugih materialov) - Ugled lesnih izdelkov - Potencial dodane vrednosti v izdelkih glede na mejno kakovost vhodne surovine - Povezanost/sinergija z drugimi verigami - Vpliv na razvoj podeželja - Lokalni (in globalni) tržni potencial - Inovacijski potencial - Tradicija trajnostnega gospodarjenja z gozdovi - Tradicija (predelave lesa) – za določene verige - Sodelovanje in podpora izobraževalnih in raziskovalnih institucij (domače znanje) – za določene verige - Potencial za nova delovna mesta - Relativno počasno zastaranje tehnologije – za določene verige - Delež potencialnih novih izdelkov z višjo dodano vrednostjo – za določene verige - (Uveljavljeno) tržišče in zaupanje kupcev (blagovne znamke) – za določene verige	- Nedelovanje določenih verig oz. njenih členov - Tehnološka zastarelost določenih verig - Višina potrebnih investicij v tehnologijo - Višina potrebnih vlaganj v R&R - Vlaganje v promocijo in marketing - Slabša razpoložljivost (kompetentne) delovne sile - Hitrost zastaranja kompetenc zaposlenih - Stroškovna neučinkovitost - Zahtevnost obvladovanja kakovosti izdelkov - Slabše sodelovanje z raziskovalnimi institucijami - za določene verige - Slabše obvladovanje transporta in logistike dobave surovine - Nizek kratkoročen TRL za inovativne verige
PRILOŽNOSTI	NEVARNOSTI
- Prepoznavanje lesa kot strateške surovine - Državne/EU spodbude (npr. Green Deal, inovativna dejavnost ...) - Razvoj ostalih sektorjev (npr. gradbeništvo...) - Digitalizacija panoge/gospodarstva/države (razvitost digitalne družbe) - Razvitost infrastrukture, podporno okolje - Okoljska ozaveščenost trga in kupcev - Razvoj skupne blagovne znamke za slovenske lesne izdelke - Možnosti digitalizacije procesov v lesarstvu - Kupna moč na trgu (SLO, EU) - Gospodarska rast - Prepoznavanje lesarstva kot moderne industrije - Nadomestljivostni potencial lesa listavcev - Pravne priložnosti (npr. zelena javna naročila; ravnanje z odpadno embalažo ...)	- (Ne)razpoložljivost finančnih virov in investicijskih vlaganj - (Ne)razvitost dobavnega dela verig - Količina poseka v Sloveniji (predvsem v gozdovih v zasebni lasti), kar vpliva na stabilnost dobave surovine - Konkurenca pri iskanju tržnih poti za izdelke z visoko dodano vrednostjo - Birokratske ovire - Nelojalno razglašanje drugih materialov kot nizkoogljičnih - Spremembe na trgu (pojav konkurence, rast cen...) - Pravne nevarnosti (npr. glede onesnaževanja s proizvodnjo, FSC, zviševanje cen za presežene meje emisij toplogrednih plinov in širitev nabora zavezancev v sistemu ETS ...); preusmeritev podpore v druge industrijske sektorje

vljajo resno nevarnost. Verigi sta tudi bolj občutljivi na zaostrovanje okoljevarstvenih predpisov. Pravne priložnosti so priložnosti za vse verige, pri čemer je ta vpliv lahko neposreden ali posreden (npr. zelena javna naročila, ki so zagotovo neposredna priložnost za verigo S9, posredno pa tudi za vse verige, ki oskrbujejo verigo S9). Podobno lahko rečemo za digitalizacijo družbe; to je priložnost za vse verige, pri čemer je pomembna neposredna priložnost predvsem za nekatere, npr. verige S8.3, S9.3, S10.3.

Z upoštevanjem ocen vseh meril iz modela za vrednotenje verig vrednosti, ki smo jih dobili z vrednotenjem posamezne verige, lahko izpostavimo največje prednosti in pomanjkljivosti ter priložnosti in nevarnosti, s katerimi se soočajo podjetja, delujoča v različnih verigah vrednosti v Sloveniji. Izdelamo lahko naslednjo celostno SWOT matriko (preglednica 2).

Med največje prednosti vsekakor lahko šteje mo okoljski vidik obdelave in predelave lesa pri zagotavljanju trajnosti v delovanju družbe, vključno s pozitivnimi učinki na razvoj podeželja in celovitejšo (iz)rabo lesne surovine tudi v sodobnih konceptih krožnosti in kaskadne rabe. Les ima tudi ogromen potencial nadomeščanja drugih materialov, predvsem na podlagi razvoja sodobnih kompleksnejših materialov na osnovi lesa (npr. lesni kompoziti) z visokim inovacijskim potencialom, pri čemer je tudi potencial dodane vrednosti v izdelkih glede na mejno kakovost vhodne surovine zelo visok. Pri doslednem upoštevanju mejne kakovosti vhodne surovine je le-te na voljo v dovolj velikih količinah za nadaljnji razvoj in krepitev teh verig. Lesni izdelki tudi pridobivajo na ugledu in imajo zato visok lokalni (in globalni) tržni potencial. Poudariti je treba tudi tradicijo tako gospodarjenja z gozdovi kot predelave lesa (predvsem v določenih verigah) in precejšen potencial za nova delovna mesta. Lesni polizdelki in izdelki so pomembni tudi za delovanje verig v drugih panogah, poleg tega pa imamo zanje že uveljavljeno tržišče in vzpostavljeno zaupanje kupcev. V določenih verigah pa je prednost tudi relativno počasno zastaranje tehnologije, kar omogoča nižje stroške delovanja podjetij. Domačega znanja je v določenih verigah dovolj in je tudi povezava in sodelovanje izobraževalnih in raziskovalnih institucij veliko.

Na drugi strani pa imamo kar nekaj slabosti. Največja slabost, gledano v celoti, je nedelovanje

določenih verig oz. njenih členov, kar močno zmanjšuje izkoriščanje potenciala dodane vrednosti oz. izkoriščanje lesne surovine glede na njeno mejno kakovost. Velik problem predstavlja tudi tehnološka zastarelost določenih verig in s tem povezana višina potrebnih investicij v (energetsko učinkovito in napredno) tehnologijo. Eden večjih problemov, s katerim se soočajo praktično vse verige (na enostavnem ali/in tehnološko zahtevnejšem nivoju), je slabša razpoložljivost (kompetentne) delovne sile in hitrost zastaranja kompetenc zaposlenih, nizka produktivnost in stroškovna neučinkovitost. Za določene verige, predvsem za tiste z večjim inovacijskim potencialom, je TRL dokaj nizek, predvsem pa so potrebna velika vlaganja v R&D ter v promocijo in marketing. Med slabosti lahko uvrstimo tudi višje stroške obvladovanja kakovosti izdelkov in slabše obvladovanje transporta in logistike dobave surovine.

Med priložnostmi so vsekakor najbolj pomembne tiste, ki so povezane s podpornim okoljem (npr. državne spodbude, pravne priložnosti, razvoj digitalne in zelene družbe), izkoriščanjem razvitosti infrastrukture ter sodobnimi strateškimi usmeritvami na nivoju države (npr. prepoznavanje lesa kot strateške surovine, prepoznavanje lesarstva kot moderne industrije ipd.) in trga z bolj okoljsko ozaveščenimi kupci in z višanjem njihove kupne moči na ciljnih trgih, kjer velike potenciale skriva tudi razvoj skupne blagovne znamke in skupna vlaganja v promocijo lesa. Ena od priložnosti je zmanjšanje uvoza iz tujine, saj so analize strukture inputov v proizvodnjo sektorjev gozdno-lesnega biogospodarstva pokazale, da je leta 2015 uvoz blaga in storitev predstavljal 39 % proizvodnih vhodnih virov v celotni verigi vrednosti, pri čemer obstaja več možnosti, da se delež uvoza v prihodnje zmanjša in nadomesti z domačo primarno proizvodnjo (Arnič, 2023). Kot veliko priložnost lahko lesna podjetja oz. verige izkoristijo tako v digitalizaciji procesov kot v razvoju drugih panog in verig, kjer je mogoče najti številne sinergijske učinke. Največje nevarnosti pa lahko najdemo predvsem na področju (ne)razpoložljivosti (ugodnih) finančnih resursov za investicije, slabše razvitosti dobavne verige in birokratske ovire, ki so pogostokrat povezane s spremembami v regulativah in pravnem okolju nasploh. Velika nevarnost je tudi (ne)razpoložljivost lokalnega lesa, saj je večina gozdov v zasebni lasti, kar pomeni, da

tako podjetja kot tudi verige nimajo nadzora nad posekom lesa in njegovo prodajo, s čimer je ogrožena stabilnost dobave surovine.

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

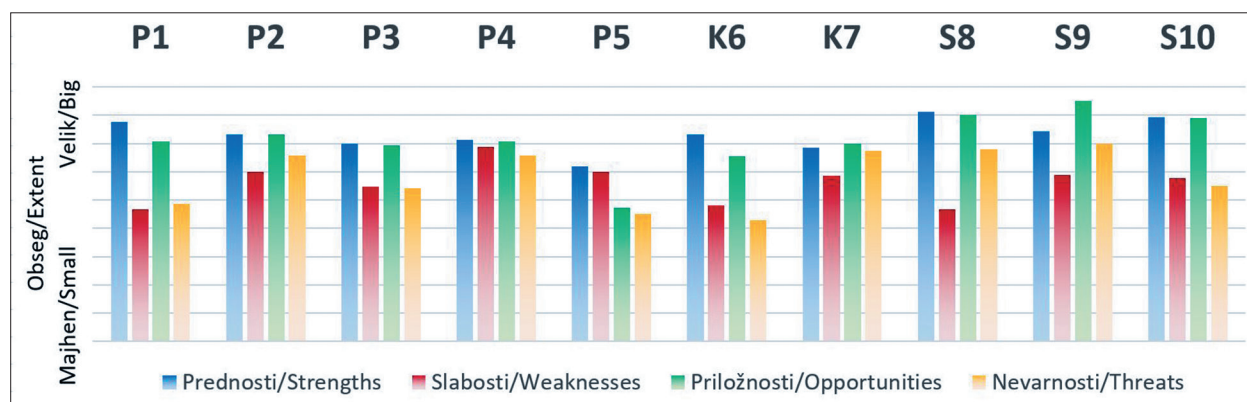
Rezultati kažejo na obstoj več šibkih členov znotraj verig vrednosti, kjer je treba za učinkovito delovanje verig določene vhodne surovine/materiale tudi uvažati. Za optimiziranje delovanja verig vrednosti, kjer smo poleg tradicionalnih izdelkov zaznali tudi večje število inovativnih in visokotehnoloških izdelkov, se kažejo potrebe po investicijah v določene tehnologije, kot denimo v proizvodnjo konstrukcijskega žaganega lesa listavcev (P1.2), konstrukcijskih furnirjev (P2), ploščnih kompozitov (P3), idr. Na sliki 1 vidimo, da imajo največ prednosti sestavljene verige S8, S9 in S10. Glede na pomen za vse ostale verige ter porabo kakovostnejše surovine, ki ji lahko dodamo višjo dodano vrednost, ima veliko prednosti tudi veriga P1. Vse te verige pa imajo največ priložnosti za rast in razvoj tudi v prihodnje. Najmanj prednosti kot tudi priložnosti pa izkazuje veriga P5. Največ slabosti najdemo pri verigi P4, predvsem na račun potrebnih visokih vlaganj v tehnologijo, razvoj, promocijo in kadre; podobno stanje lahko ugotovimo tudi za verigi P2 in P3, medtem ko je pri verigi P5 razloge za slabšo oceno mogoče iskati predvsem v dejavnikih, povezanih s konceptom krožnosti in kaskadne rabe, saj se cikel v tej verigi zaključi in ga ni mogoče nadaljevati. Naj-

večje nevarnosti pretijo S8, S9, K7 in P2, ki pa so večinoma povezane s hitrostjo zastaranja kompetenc, visokimi vlaganji v razvoj in tehnologijo in visokimi stroški obvladovanja kakovosti.

Poglobljen pristop z matriko SO, WO, ST, in WT strategij nas pripelje do nekaterih novih spoznanj (preglednica 3).

Zaključimo lahko, da imamo v verigah vrednosti v lesarstvu številne prednosti, s katerimi lahko zelo učinkovito izkoristimo priložnosti oz. zmanjšamo nevarnosti ter s tem prispevamo k uspešnemu nadaljnjemu razvoju lesarstva in vseh verig vrednosti. Zelo pomembno je, da na drugi strani priložnosti izkoristimo tudi za zmanjševanje slabosti, pri čemer moramo slednje zmanjševati tudi zato, da zmanjšamo nekatere nevarnosti, ki prihajajo od zunaj. Med najbolj pomembnimi ukrepi so vsekakor tisti, ki krepijo delovanje posameznih verig in vzpostavitev učinkovitih povezav med njimi (ter tudi navzven v druge panoge). Slednje je predvsem naloga povezovalnih verig K6 in K7, pri katerih je zelo pomembna njuna lokacijska umestitev, saj obe porabljata zelo razpršene vire, s svojimi proizvodi pa oskrbujejo različne verige. Z ustrezno lokacijsko umestitvijo povečamo učinkovitost delovanja povezovalne verige, poenostavimo logistiko in zmanjšamo stroške. Te ugotovitve podpirajo ključne ukrepe razvoja lesnopredelovalne industrije (MGRT, 2022).

V okviru raziskave smo verige vrednosti v gozdno-lesnem biogospodarstvu podrobneje proučevali samo kvalitativno, za boljše razumevanje delovanja in natančnejšo oceno učinkovitosti in



Slika 1. Obseg prednosti/slabosti in priložnosti/nevarnosti verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu.

Figure 1. The extent of strengths/weaknesses and opportunities/threats of value chains in the Slovenian forest-wood bioeconomy.

strateškega pomena posamezne verige pa bi bilo pomembno narediti tudi poglobljeno kvantitativno analizo. Na podlagi tega bi potem bolj argumentirano izbrali strateško pomembnejšo verigo vrednosti in potrebne ukrepe za njihove izboljšave.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

The global trend of strengthening green value chains also opens up the potential for the development of the Slovenian forest-wood chain. In re-

Preglednica 3. Matrika SO, WO, ST, in WT strategij za verige vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu.

Table 3. Matrix of SO, WO, ST, and WT strategies for value chains in the Slovenian forest-wood bioeconomy.

	prednosti	slabosti
priložnosti	SO strategije	WO strategije
	Okoljsko ozaveščenost kupcev in njihovo kupno moč lahko izkoristimo predvsem s tradicijo in inovativnimi izdelki, ugodnim vplivom na okolje in nadomeščanjem drugih materialov v izdelkih (npr. lesna gradnja) Državne spodbude za investicije v tehnologijo in razvoj inovativnih izdelkov lahko izkoristimo s tradicijo, potencialom za višjo dodano vrednost, podpori sodobnim konceptom krožnosti in sodelovanjem z RR institucijami Pravne priložnosti lahko izkoristimo z izpostavljanjem okoljskih prednosti lesnih izdelkov (npr. ogljični odtis) in vplivu na razvoj podeželja	Državne spodbude za investicije lahko izkoristimo za izboljšanje stanja tehnologij in vlaganj v razvoj Razvoj digitalne družbe in širšega podpornega okolja lahko izkoristimo za vpeljavo sodobnih digitalnih tehnologij in konceptov ter povečanje učinkovitosti (in kakovosti) Prepoznavanje lesarstva kot moderne industrije lahko pripomore k večjemu zanimanju mladih za poklice v lesarstvu in posledično manjšemu problemu zagotavljanja (visoko kompetentne delovne sile v panogi)
nevarnosti	ST strategije	WT strategije
	Spremembe na trgu (konkurenca, rast cen ipd.) lahko obvladujemo z nadaljnjimi inovacijskimi aktivnostmi, izpostavljanjem tradicije (in blagovne znamke) ter ugledom lesnih izdelkov z višjo dodano vrednostjo Pravne nevarnosti, predvsem preusmeritev podpore v druge panoge, lahko zmanjšamo s poudarjanjem tradicije, inovativnosti in predvsem krožnosti, pa tudi tesnejšim umeščanjem panoge v druge verige vrednosti Vpliv (ne)razvitosti dobavnega dela verig, predvsem glede stalnosti dobave lesa iz zasebnih gozdov lahko zmanjšamo z izdelki z višjo dodano vrednostjo in inovacijskim potencialom, ki zagotavlja možnost kupovanja surovin po višji ceni in s tem spodbujanje sečnje	Z vzpostavitvijo (nedelujočih) verig oz. njihovih členov bomo (lažje) zagotovili razvoj dobavnega dela verig in stabilnost dobave S stalnimi (manjšimi) posodobitvami tehnologij se bomo izognili tako pravnim nevarnostim glede onesnaževanja in energetske neučinkovitosti kot tudi odvisnosti od zunanjih virov financiranja (večjih) investicij Z večjo stroškovno učinkovitostjo bomo lažje obvladovali spremembe na trgu in bomo bolj konkurenčni pri iskanju tržnih poti za izdelke z visoko dodano vrednostjo

cent decades, the Slovenian forest-wood chain has faced several challenges, including the increase in the proportion of deciduous trees in Slovenian forests and the dysfunction of some parts of the chain. The objectives of the research were to conduct a qualitative strategic SWOT analysis of selected value chains in the Slovenian forest-wood bioeconomy, to present and compare the main advantages and disadvantages of each chain, and to determine which of the value chains are particularly interesting for the development of the Slovenian forest-wood bioeconomy, with a focus on hardwood processing. The central starting point of the analysis was that at the design stage of an individual value chain the principle of the marginal quality of the input raw material was considered, which defines in advance for what purposes or for what chain hardwood of a certain quality can be used. In the first phase of the analysis we defined the criteria and created a SWOT matrix, using an approach based on previously defined subsystems. In the second phase, we used the SWOT matrix to develop the best combinations of strategies by linking internal and external factors using a matrix of four strategies (Table 1). The value chain assessment was conducted by a group of experts from different (wood-related) fields. For a more detailed qualitative analysis, 10 value chains were selected, differing both in terms of the input raw materials and in the degree of complexity and branching of each chain. The chains are (P1) sawn wood, (P2) veneer, (P3) wood for pulp and composites, (P4) other industrial wood (chemical processing), (P5) the lowest quality roundwood (energy), (K6) wood residues, (K7) recovered wood, (S8) finished wood products, (S9) wood construction, and (S10) ships and transportation.

The results show that there are several weak links within value chains, but they also have many advantages. Among the greatest advantages is certainly the environmental aspect of wood processing in ensuring sustainability in operations, including the more extensive (utilization) of wood raw materials in the modern concepts of a circular economy and cascade use. Wood also has great potential to substitute for other materials. By consistently considering the marginal quality of the input raw material, the raw material is available in sufficiently large quantities for further development and strengthening of these chains. Wood products

have high local (and global) market potential, and are also important for the functioning of chains in other industries. On the other hand, there are some weaknesses that were found, and the biggest of these is the failure of certain chains or the lack of their products, which greatly reduces the value-added potential or the use of the wood raw material according to its marginal quality. Another problem is the technological obsolescence of certain chains and related relatively high investments in (energy efficient and advanced) technology. One of the main problems facing practically all chains is the poor availability of (competent) labour.

In order to optimize the functioning of the forest-wood value chains, in which, in addition to traditional products there are also many innovative and high-tech products, investments in certain technologies are required, such as the production of structural veneers (P2), wood-based materials (P3), and so on. The greatest advantages can be found in complex chains (S8, S9 and S10), as well as (P1) as one of the base chains for the other chains. Chain P5 has the least advantages (and opportunities). We find most weaknesses in chain P4, mainly due to the need for high investments in technology, development, advertising, and human resources; chains P2 and P3 also show similar weaknesses. The greatest threats are related to chains S8, S9, K7, and P2, which are mainly related to the speed of capability obsolescence, high investment in development, and high quality control costs.

We can conclude that we have many advantages in the wood industry value chains that can be used very effectively to exploit opportunities or reduce risks, contributing to the successful development of wood processing and all forest-wood value chains. Among the most important measures are certainly those that strengthen the functioning of the individual chains and the establishment of effective links between them (and also externally to other industries). The latter is mainly the task of the K6 and K7 chains (which are so-called connecting chains), where their location placement is very important, as both consume widely scattered resources and then supply different chains with their products.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Delo je nastalo v okviru ciljnega raziskovalnega programa V4-2016 Možnosti rabe listavcev v slovenskem biogospodarstvu, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, ter v okviru programa P4-0015 Les in lignocelulozni kompoziti Javne agencije za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS.

VIRI

REFERENCES

- Abdel-Basset, M., Mohamed, M., & Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP–SWOT analysis for strategic planning and decision-making. *Symmetry*, 10(4), 116. DOI: <https://doi.org/10.3390/sym10040116>
- Arnič, D. (2023). Vpliv podnebnih sprememb na prirast lesa navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) in navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) in potencialne posledice za biogospodarstvo v Sloveniji. [University of Ljubljana]. URL: <https://repozitorij.uni-lj.si/lz-pisGradiva.php?lang=eng&id=145219>
- Benzaghta, M. A., Elwalda, A., Mousa, M., Erkan, I., & Rahman, M. (2021). SWOT analysis applications: An integrative literature review. *Journal of Global Business Insights*, 6(1), 55–73. DOI: <https://doi.org/10.5038/2640-6489.6.1.1148>
- Čater, T. (2022). Pomen in pravilna izvedba SWOT analize: interno gradivo.
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS) (2020). Timber in construction and bioeconomy in the EU green deal resolution. URL: <https://eos-oes.eu/2020/01/17/timber-in-construction-and-bioeconomy-in-the-eu-green-deal-resolution/> (9.3.2023)
- European Organisation of the Sawmill Industry (EOS) (2022). Remarks by President von der Leyen at the plenary session of the New European Bauhaus goes into the Woods event. URL: <https://www.eos-oes.eu/en/news.php?id=2320> (15.3.2023)
- Evropska komisija (2019). Sporočilo in časovni načrt o evropskem zelenem dogovoru. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/DOC/?uri=CELEX:52019DC0640&from=EN> (15.3.2023)
- Evropski zeleni dogovor: Postati prva podnebno nevtralna celina (2023). URL: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_sl (15.3.2023)
- Falcone, P. M., Tani, A., Tartiu, V. E., & Imbriani, C. (2020). Towards a sustainable forest-based bioeconomy in Italy: Findings from a SWOT analysis. *Forest Policy and Economics*, 110, 101910. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.04.014>
- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48(12), 1417–1432. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2018-0116>
- Kropivšek, J., & Čufar, K. (2015). Potencialna raba bukovine in vrednotenje dodane vrednosti v izdelkih iz bukovine. *Gozdarski Vestnik*, 73(10), 470–478.
- Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., & Kajanus, M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis — a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*, 1(1), 41–52. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1389-9341\(99\)00004-0](https://doi.org/10.1016/S1389-9341(99)00004-0)
- Longsheng, C., Ali Shah, S. A., Solangi, Y. A., Ahmed, M., & Ali, S. (2022). An integrated SWOT-multi-criteria analysis of implementing sustainable waste-to-energy in Pakistan. *Renewable Energy*, 195, 1438–1453. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.RENE-NE.2022.06.112>
- MGRT (2022). Izvedbeni dokument ukrepov razvoja lesnopredelovalne industrije do 2030. No Title.
- MGRT, & MKO (2012). Akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji do leta 2020; “Les je lep.”
- Regional SWOT Analysis and Mapping (2022). In State of the art of current wood and furniture policies in Europe. <https://allview.eu/wp-content/uploads/2022/04/D6.1-v3.0-Regional-SWOT-Analysis-and-Mapping-GENERAL.pdf> (15.3.2023)
- Ringe, J. M., & Hoover, W. L. (1987). Value added analysis: a method of technological assessment in the U.S. forest products industry. *Forest Products Journal*, 37(11–12), 51–54.
- Ščap, Š., Krajnc, N., & Prislan, P. (2021). Stanje žagarske panoge v Sloveniji v letu 2019 = Situation of the Slovenian sawmill sector in 2019. *Gozdarski Vestnik*, 79(10), 363–375.
- Sevкли, M., Oztekin, A., Uysal, O., Torlak, G., Turkyilmaz, A., & Delen, D. (2012). Development of a fuzzy ANP based SWOT analysis for the airline industry in Turkey. *Expert Systems with Applications*, 39(1), 14–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.06.047>
- Shakoor Shahabi, R., Basiri, M. H., & Kahag, M. R. (2018). Ranking of productivity improvement strategies in Iran mineral sector based on integrated SWOT-FAHP-FTOPSIS analysis. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(3), 65. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3402-0>
- Statistični urad RS (2023). Proizvodnja gozdno-lesnih sortimentov. URL: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1673145S.px> (3.3.2023)
- Straže, A., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2023). Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu [Manuscript in preparation]. *Les/Wood*.
- Taghavifard, M., Amoozad Mahdiraji, H., Alibakhshi, A., Zavadskas, E., & Bausys, R. (2018). An extension of fuzzy SWOT analysis: An application to information technology. *Information*, 9(3), 46. DOI: <https://doi.org/10.3390/info9030046>
- The international wood industry in one information service (2020). EU “Green Deal” creates new opportunities for timber. URL: <https://www.globalwoodmarketsinfo.com/eu-green-deal-creates-new-opportunities-timber/> (15.3.2023)

Kropivšek, J., Straže, A., & Gornik Bučar, D.: Kvalitativna/strateška analiza izbranih verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu

UNECE (2023). COFFI market forecasts. URL: <https://unece.org/forests/coffi-market-forecasts> (15.3.2023)

Wang, L. (2015). Value chain analysis of bio-coal business in Finland: Perspectives from multiple value chain members. *Biomass and Bioenergy*, 78, 140–155. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.04.005>

Zavod za gozdove Slovenije (2022). Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2021. URL: http://www.zgs.si/fileadmin/zgs/main/img/PDF/LETNA_POROCILA/2021_Porocilo_o_gozdovih_ZGS.pdf (3.3.2023)



ANALIZA KAKOVOSTNE STRUKTURE OKROGLEGA LESA LISTAVCEV THE DISTRIBUTION OF DIFFERENT LOG GRADES BY VOLUME IN THREE HARDWOOD SPECIES

Luka Krajnc^{1*}, Domen Arnič², Peter Prislan¹

UDK članka: 630*525:630*176.1

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 13.4.2023

Sprejeto / Accepted: 22.5.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: Prispevek predstavlja rezultate analize kakovostne strukture okroglega lesa treh najpomembnejših drevesnih vrst listavcev v Sloveniji, navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.), gorskega javorja (*Acer pseudoplatanus* L.) ter hrasta doba (*Quercus robur* L.). Na različnih sečiščih po Sloveniji smo drevesa izbrali in izmerili pred posekom, nato pa po poseku izmerili dimenzije posameznih izdelanih gozdno-lesnih sortimentov ter lokacijo in velikost morebitnih nepravilnosti na ravni posameznega sortimenta. Vsak sortiment je bil razvrščen v enega izmed kakovostnih razredov A, B, C, D (hlodovina) ali drugo oblovino (nehlodovina). Nato smo za vsako posamezno drevo izračunali delež posameznega kakovostnega razreda v prostornini celotnega drevesa. V povprečju lahko pri upoštevanju zahtev trenutno veljavnega Pravilnika pri sečnji listavcev s prsnim premerom nad 30 cm pričakujemo med 40–50 % hlodovine.

Ključne besede: hlodovina, listavci, prostornina, kakovost, sortimentacija

Abstract: The research presented in this study addressed the distribution of volume across different log grades in three hardwood species: European beech (*Fagus sylvatica* L.), sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and English oak (*Quercus robur* L.). Standing trees were selected, marked, and measured. Afterwards the trees were felled and bucked into assortments according to national legislation regarding assortment grades and requirements for each assortment grade. Each individual assortment was measured and classified into one of the national log quality grades. Proportions of log volume with different grades within individual tree volumes were calculated and presented in this study. Differences were found in log grade volume distribution between different species and diameter classes. By following the national grading system for assortments, between 40% and 50% of total volume will be usable assortments in hardwoods.

Keywords: logs, hardwoods, volume, quality, log grading

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Standardi razvrščanja hlodovine v kakovostne razrede so primarno namenjeni lažjemu sporazumevanju med kupci in prodajalci hlodovine. V enakem prostorskem in časovnem okvirju se načeloma pojavi in uporablja več pravilnikov ali standardov z različnimi stopnjami definiranosti in zahtev za različne kakovostne razrede hlodovine (Marenče & Šega, 2015). Tako se tudi v Sloveniji pojavlja več hkrati uporabljenih standardov, od tistih za hlodovino iz državnih gozdov (Pravilnik o merjenju in

razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije, (UL RS, 007-399/2020/26, 2020) – v nadaljevanju Pravilnik) do avstrijskih uzanc (Österreichische Holzhandelsusancen – ÖHU (FHP, 2006)) in EU standardov (npr. SIST EN 1316-1:2012 in SIST EN 1316-2:2012 (CEN, 2012)). Določeni (dovolj veliki) kupci imajo občasno razvite lastne standarde, kakšna naj bo pripeljana hlodovina glede na namen njihove nadaljnje predelave (Zafran, 2023). Del kupcev pa standardov niti nima ali jih ne upošteva pri trgovanju z lesom. V Sloveniji je največji posamezni prodajalec sortimentov na

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, Ljubljana, Slovenija

² Gozdno gospodarstvo Bled d.o.o., Ljubljanska cesta 19, 4260 Bled, Slovenija

* e-mail: luka.krajnc@gozdis.si

trgu iz lastne proizvodnje družba Slovenski državni gozdovi d.o.o., ki upravlja z gozdovi v državni lasti. V letih normalne proizvodnje se iz državnih gozdov na trgu pojavi dober milijon kubičnih metrov hlodovine, kar znaša približno 40 % delež vse proizvedene hlodovine v slovenskih gozdovih (Zafran, 2023).

Kakovostna struktura gozdno-lesnih sortimentov je odvisna od mnogih dejavnikov. V največji meri je odvisna od zunanjih dimenzij samega sortimenta ter dimenzij zunanjih nepravilnosti (grče ipd.), v manjši meri pa tudi od notranjih napak (trohnobe ipd.) ter poškodb, nastalih pri sečnji in spravilu. Glavni problem analiziranja kakovostne strukture v kateremkoli časovnem ali prostorskem okvirju je predvsem spreminjanje standardov razvrščanja hlodovine. Tako so sedanji podatki o kakovostni strukturi hlodovine brez hkratnega navajanja vseh podrobnosti uporabljenega standarda žal neuporabni oziroma v veliki meri težko prevedljivi na novejša kakovostne razrede s spremenjenimi zahtevami. S tem razlogom smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije v zadnjih letih pričeli z vodenjem nove zbirke podatkov o kakovostni strukturi hlodovine, kjer se za vsak sortiment zapiše ne le kakovostni razred hlodovine, temveč vse zapisane napake nekega sortimenta. Tako se izmerijo in zapišejo di-

menzije sortimenta, vse grče, njihova velikost ter lokacija znotraj sortimenta. Takšna zbirka bo v prihodnosti omogočala neprekinjeno dopolnjevanje zbranih podatkov o kakovostni strukturi hlodovine ter predvsem prevedbo zbranih podatkov v kakovostne razrede poljubno izbranega standarda razvrščanja.

V prispevku predstavljamo prve rezultate razvrščanja sortimentov listavcev v kakovostne razrede, kot so definirani v Pravilniku o razvrščanju gozdno-lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije (UL RS, 007-399/2020/26, 2020).

2 MATERIAL IN METODE

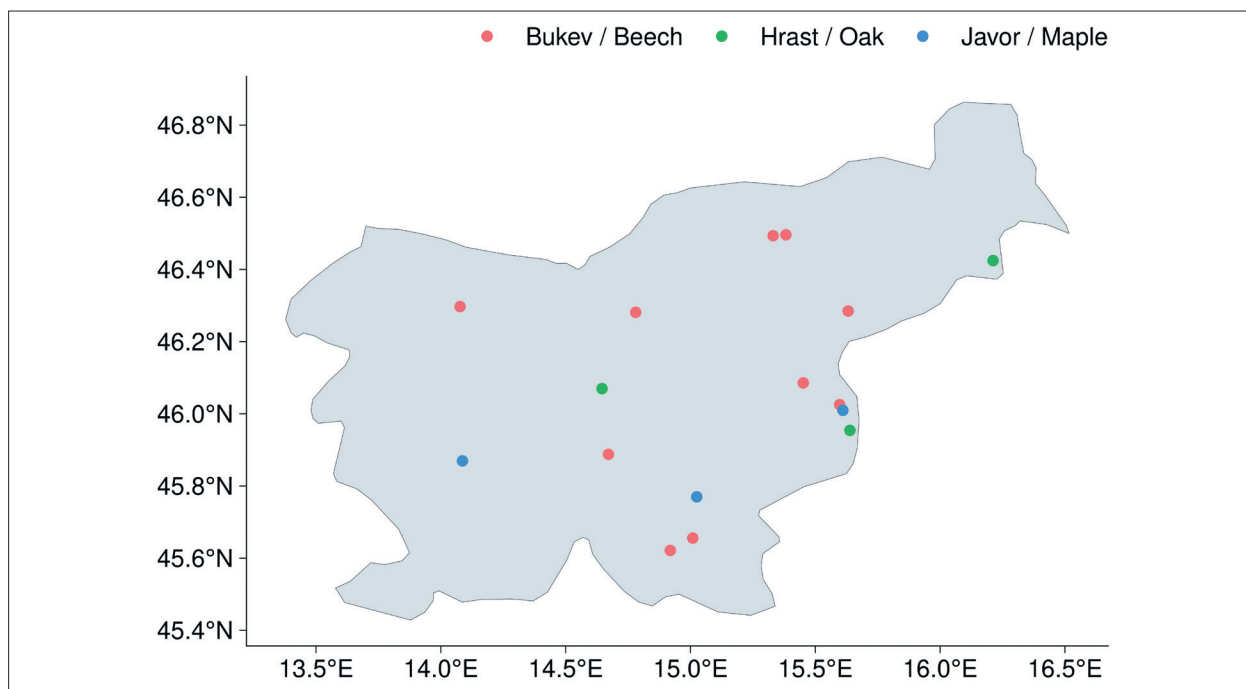
2 MATERIALS AND METHODS

V letu 2021 smo v dogovoru z družbama Slovenski državni gozdovi d.o.o. in Metropolitana d.o.o. izvedli meritve na 123 stoječih drevesih listavcev. Drevesa smo izbrali na že aktivnih sečiščih srednje ali višje produktivnosti in jih jasno označili, nato pa smo jim izmerili prsni premer in višino drevesa. Izbirali smo med že odkazanimi drevesi, izbrali pa smo jih s ciljem zajeti čim več debelinskih razredov. Drevesa so po izboru sekači podrli in skrojili po navodilih posameznih delovodij, nato pa



Slika 1. Primer terenske izmere sortimentov.

Figure 1. Field work example of log grading.



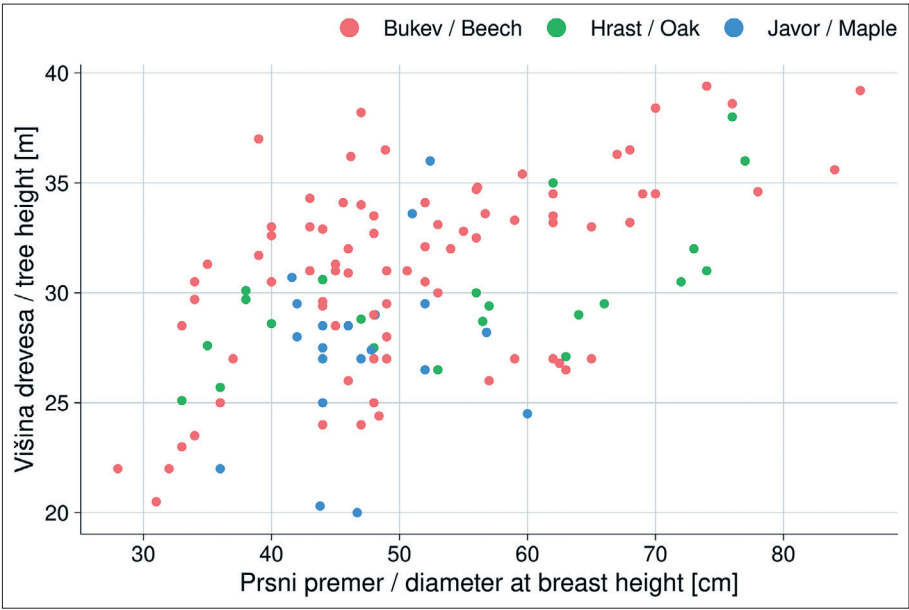
Slika 2. Zemljevid Slovenije z označenimi lokacijami sečišč.

Figure 2. Map of Slovenia with locations of timber harvesting.



Slika 3. Primeri meritev lastnosti in napak sortimentov.

Figure 3. Some examples of log dimensions and defect measurement.



Slika 4. Prsni premeri in višine izmerjenih dreves.
Figure 4. Diameter at breast height and tree height of the sampled trees.

smo izmerili dimenzije sortimentov, zunanje nepravilnosti (velikost in lokacija) ter tudi obseg ter tip notranjih napak. Po terenskem popisu smo na podlagi registra napak in dimenzij ter zahtev Pravilnika vsak posamezen sortiment razvrstili v enega izmed kakovostnih razredov, kot jih predpisuje Pravilnik.

Razpored višin in prsnih premerov vzorčenih dreves je prikazan na sliki 4, podatki o prsnih premerih izmerjenih dreves pa so prikazani v preglednici 1. Povprečno izmerjeno drevo je imelo prsni premer okrog 50 centimetrov, v vzorcu pa z eno izjemo ni bilo dreves pod 30 cm. Najmanj izmerjenih dreves je pripadalo drevesni vrsti gorskega javorja,

največ pa bukvi. Drevo bukve z največjim prsnim premerom je imelo premer 86 centimetrov.

Po sečnji smo vsak sortiment izmerili ločeno, izmerili smo mu dolžino in srednji premer. Izmerjena je bila absolutna dolžina sortimenta, torej brez odbijanja nadmere. Nadmera se je ustrezno upoštevala pri razvrščanju sortimentov v kakovostne razrede, skladno s Prilogo 6 Pravilnika. Sledil je popis vseh zunanjih nepravilnosti (grče, razpoke, krivost, zavitost), pri tem smo izmerili tako velikost kot lokacijo znotraj sortimenta za vsako posamezno nepravilnost. Po meritvah zunanjih lastnosti smo ovrednotili in izmerili še prisotnost in obseg notranjih napak (npr. zdravo rdeče srce, zvezdasto rdeče srce, rjava trohnoba ...). Pri meritvah notranjih in zunanjih lastnosti smo sledili navodilom Pravilnika, zapisanim v Prilogi 5 Pravilnika. Tako smo skupaj izmerili 721 sortimentov različnih premerov in dolžin. V povprečju je srednji premer sortimentov znašal okrog 30 centimetrov, s povprečno dolžino okrog 6 metrov. Manjše število sortimentov je bilo izmerjenih kot t. i. kombinirani sortimenti, kjer je po sečnji zaradi lažjega spravila do ceste združenih več različnih sortimentov. V teh posameznih primerih (skupno 2 sortimenta) smo kot oceno združenega sortimenta privzeli kakovostni razred slabšega sortimenta.

Če pri analizi lastnosti izmerjenih sortimentov izločimo vso drugo oblovino, je bilo skupaj izmerjenih 243 sortimentov kakovostnih razredov A, B, C ali D (preglednica 3). Povprečni premer je v tem

Preglednica 1. Prsni premer vzorčenih dreves.
Table 1. Diameter at breast height of sampled trees.

Vrsta	N	Prsni premer / Diameter at breast height			
		Mediana [cm]	Povprečje [cm]	KV [%]	Razpon [cm]
Species	N	Median [cm]	Average [cm]	CV [%]	Range [cm]
Bukev Beech	80	48,6	51,3	24,5	28–86
Javor Maple	20	46,4	46,8	11,1	36–60
Hrast Oak	23	56,5	55,9	26,9	33–77

Preglednica 2. Premer in dolžina izmerjenih sortimentov.

Table 2. Diameter and length of sampled assortments.

Vrsta	N	Povprečni srednji premer [cm]	KV premer [%]	Razpon premera [cm]	Povprečna dolžina [m]	KV dolžina [%]	Razpon dolžine [m]
Species	N	Average middle diameter [cm]	CV of middle diameter [%]	Middle diameter range [cm]	Average length [m]	CV length [%]	Length range [m]
Bukev Beech	453	34,8	40,8	10–84	5,7	46,4	0,6 – 21,2
Javor Maple	99	29,5	36,9	9–56	6,2	50,3	1,4–18
Hrast Oak	169	31,9	50,6	10–70	5,9	42,3	1–13

Preglednica 3. Premer in dolžina sortimentov – hlodovine A, B, C in D kakovostnega razreda.

Table 3. Diameter and length of sampled assortments, only assortments with grades A, B, C and D.

Vrsta	N	Povprečni srednji premer [cm]	KV premer [%]	Razpon premera [cm]	Povprečna dolžina [m]	KV dolžina [%]	Razpon dolžine [m]
Species	N	Average middle diameter [cm]	CV of middle diameter [%]	Middle diameter range [cm]	Average length [m]	CV length [%]	Length range [m]
Bukev Beech	151	44,4	25,5	27–84	5,3	34,3	2,3 – 12,2
Javor Maple	37	39,8	15,2	26–56	5,6	35,7	2,8 – 11,4
Hrast Oak	55	48,2	25,2	27–70	4,7	32,3	2,1 – 8,3

primeru pričakovano višji, zmanjša pa se tudi povprečna dolžina.

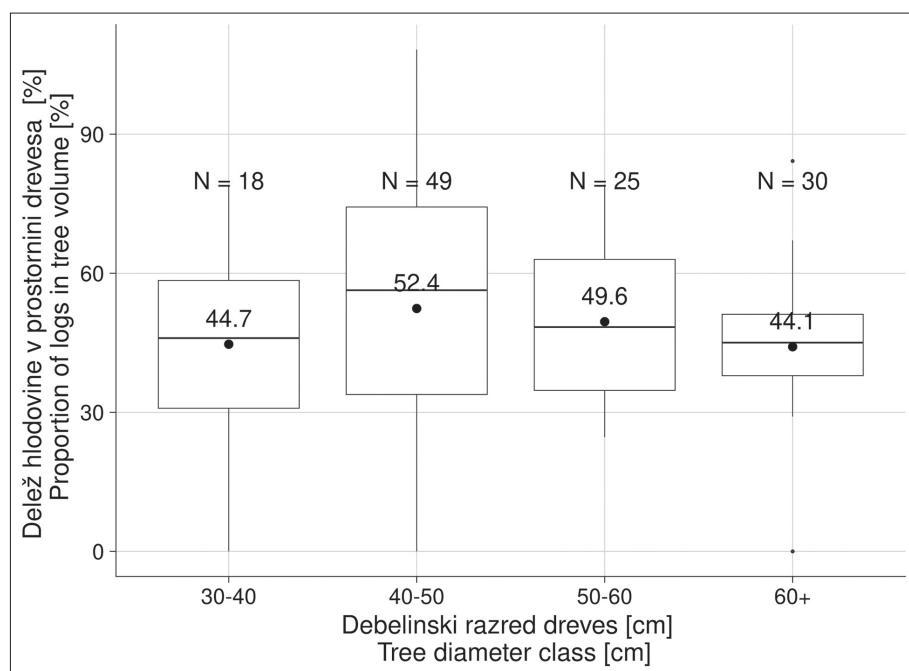
Delež hlodovine v celotni prostornini drevesa smo izračunali kot količnik med vsoto prostornin hlodov kakovostnih razredov A, B, C in D ter računsko prostornino drevesa, iz katerega so bili ti hlodi izdelani. Prostornino posameznih dreves smo izračunali na osnovi prsnega premera, višine drevesa ter drevesne vrste s pomočjo krivulj za opis oblike debla (Krajnc & Kušar, 2022) s pomočjo R programske knjižice rBDAT (Vonderach et al., 2021). V prostornini drevesa je bil zajet volumen debeljadi, torej debla in vej do premera 7 cm. Vse prostornine (tako sortimentov kot dreves) vsebujejo skorjo, pri razvrščanju v kakovostne razrede pa smo pri sre-

dnjih premerih upoštevali predpisane odbitke za debelino skorje (Priloga 1, Pravilnik).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

Na sliki 5 prikazujemo delež hlodovine v celotni prostornini drevesa, združeno za vse tri vzorčne drevesne vrste. Delež hlodovine se giblje okrog 50 %, opazen je rahel trend upadanja deleža hlodovine pri drevesih s prsnim premerom nad 50 cm. Največji izmerjen delež hlodovine je bil tako v povprečju kot absolutno izmerjen v debelinskem razredu 40–50 cm. Razpon deležev hlodovine je precej širok in v večini primerov presega 30 % prostornine.



Slika 5. Delež hlodovine v celotni prostornini drevesa po debelinskih razredih, združeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen debelinski razred drevesa, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t. i. osamelci).

Figure 5. The proportion of logs in the total volume of the tree by diameter classes, combined for all three tree species. The black dot next to the median represents the average of the measurements for each diameter class, which is also written with a number above the black dot. Individual smaller black dots within the range of each quality class represent outliers from the majority of measurements.

Slika 6. Delež hlodovine v celotni prostornini drevesa po debelinskih razredih, ločeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen debelinski razred drevesa, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t. i. osamelci).

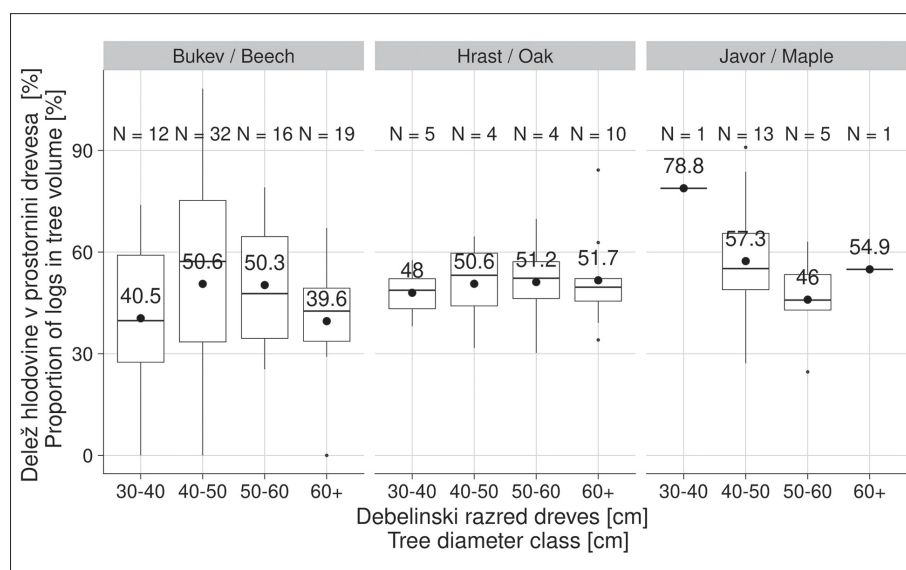


Figure 6. The proportion of logs in the total volume of the tree by diameter classes, separately for all three tree species. The black dot next to the median represents the average of the measurements for each diameter class of the tree, which is also written with a number above the black dot. Individual smaller black dots within the range of each quality class represent outliers from the majority of measurements.

Podobna razmerja med hlodovino in ostalim lesom so opazna tudi, ko zgornje deleže hlodovine prikažemo ločeno po drevesnih vrstah (slika 6). Pri bukvi delež hlodovine upade v povprečju celo pod

40 % v največjem debelinskem razredu, pri hrastih pa ostaja bolj nespremenjen z večanjem prsnega premera. Pri gorskem javorju rezultati v prvem in zadnjem debelinskem razredu niso uporabni za iz-

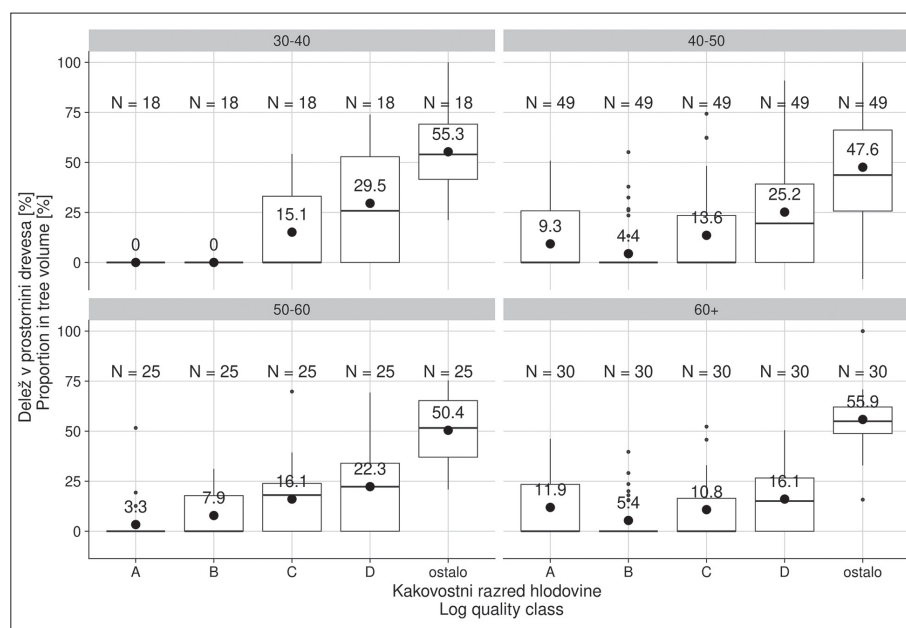


Figure 7. The share of logs of each quality class in the total volume of the tree, combined for all three tree species. The black dot next to the median represents the average of the measurements for an individual log quality class, which is also written with a number above the black dot. Individual smaller black dots within the range of each quality class represent outliers from the majority of measurements.

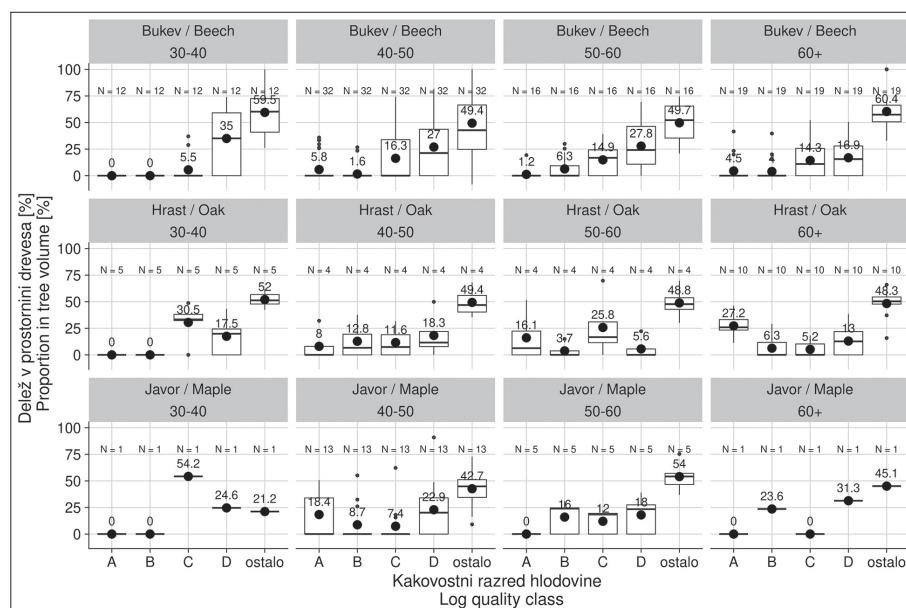


Figure 8. The proportion of logs of each quality class in the total volume of the tree, separately for all three tree species. The black dot next to the median represents the average of the measurements for each diameter class of the tree, which is also written with a number above the black dot. Individual smaller black dots within the range of each quality class represent outliers from the majority of measurements.

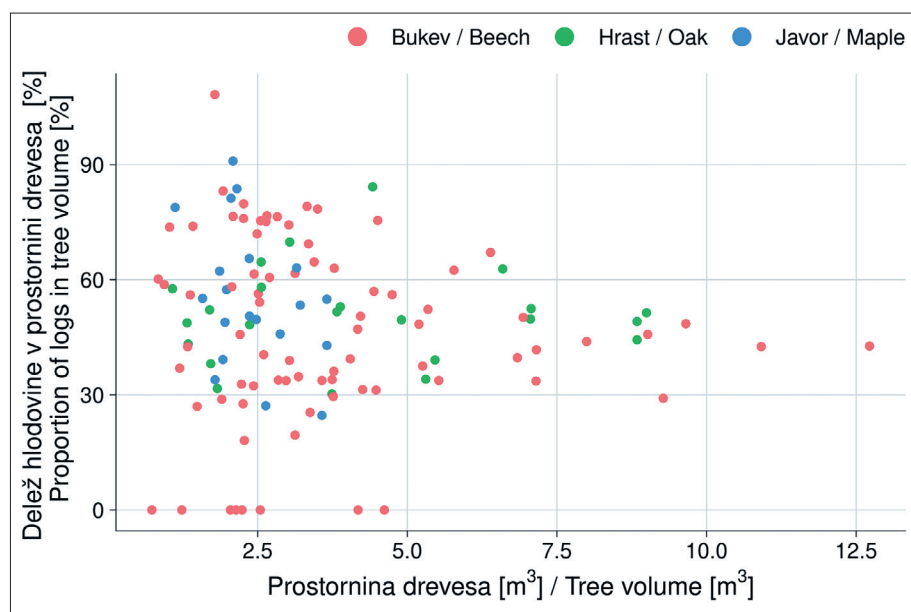
peljavo zaključkov, saj je bilo v vsakem od teh dveh razredov izmerjeno samo eno drevo.

Delež posameznega kakovostnega razreda po debelinskih razredih ter združeno za vse tri vrste je

prikazan na sliki 7. V vseh debelinskih razredih je največ ostalega lesa (druge oblovine, manipulacijski les, les za kurjavo). Izpostaviti velja, da delež kakovostnega razreda A pričakovano sicer v splošnem

Slika 7. Delež hlodovine posameznega kakovostnega razreda v celotni prostornini drevesa, združeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen kakovostni razred hlodovine, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t. i. osamelci).

Slika 8. Delež hlodovine posameznega kakovostnega razreda v celotni prostornini drevesa, ločeno za vse tri drevesne vrste. Črna pika ob mediani predstavlja povprečje meritev za posamezen debelinski razred drevesa, ki je nad črno piko tudi zapisano s številko. Posamezne manjše črne pike znotraj razpona posameznega kakovostnega razreda predstavljajo izstopajoče vrednosti od večine meritev (t. i. osamelci).



Slika 9. Odstotek hlodovine v celotni prostornini drevesa v odvisnosti od prostornine drevesa.

Figure 9. Proportion of logs in total tree volume in relation to absolute tree volume.

narašča s prsnim premerom, razmerja med ostalimi tremi kakovostnimi razredi (B, C, D) pa ostajajo z naraščanjem prsnega premera v istem razmerju ($D > C > B$). Delež ostalega lesa (nehlodovine) ostaja približno enak.

Ko zgornje podatke ločimo po drevesnih vrstah (slika 8), se razmerje med razredi B, C in D spremeni v odvisnosti od drevesne vrste. Pri bukvi ostane približno enako kot opisano zgoraj (prostornine $D > C > B$, A ostaja približno enak), pri hrastih in javorju pa so razlike med razredi manj izražene.

V grobem sicer pričakovano delež hlodovine ni odvisen od prostornine drevesa (slika 9), pri skoraj enaki prostornini je bilo izmerjenih več različnih deležev hlodovine pri isti drevesni vrsti.

Delež hlodovine v bruto prostornini drevesa iz naše raziskave je primerljiv z deleži, poročanimi za iste vrste v preteklosti (Marenče et al., 2017 in 2020). Omenjene raziskave so pri razvrščanju hlodovine v kakovostne razrede uporabile EU standarde serije EN 1316, za razliko od naše raziskave, kjer se je uporabil Pravilnik. Drugih podobnih raziskav na tem področju ne poznamo. Prednost naše raziskave je predvsem velikost vzorca in da so bila drevesa v vzorcu vsaj pri bukvi porazdeljena po celi Sloveniji (Slika 2), kar omogoča boljšo reprezentativnost predstavljenih rezultatov. Žal pa so takšne raziskave izjemno časovno in organizacijsko zahtevne, saj zahtevajo večkratni obisk sečišča ter prilagoditev dela predvsem sekaških ekip na terenu. V prihodnosti bi bilo podobno raziskavo smiselno

ponoviti še na drevesih iglavcev, da za Slovenijo pridobimo realne podatke o možni kakovostni strukturi poseka ob trenutno veljavnih standardih razvrščanja hlodovine. Načeloma je na voljo na ravni države ali manjših prostorskih enot več informacij o deležu hlodovine, predvsem s strani večjih prodajalcev, ki pa pogosto niso realne. Tržna in optimalna sortimentacija sta namreč dve različni strani istega kovanca. Tržna sortimentacija upošteva tudi (po) stranske dogovore kupec-prodajalec, kjer imamo v mislih predvsem pogodbe z vnaprej specificirano kakovostno strukturo odkupa. Zaradi tega posledično tržna sortimentacija pogosto lahko odstopa od optimalne sortimentacije, saj je lahko manjkajoči kakovostni razred nadomeščen s sortimenti višje kakovosti kot je zahtevano v odkupni pogodbi. V primeru naše raziskave gre nedvomno za optimalno sortimentacijo, saj so bile upoštevane samo zahteve Pravilnika. Rastišča, izbrana za analizo, so bila srednje ali celo visoko produktivna, zato rezultati raziskave niso aplikabilni na nižje produktivna rastišča z nižjimi višinami dreves ter drugačno debelinsko strukturo. Pomembno je seveda ponovno poudariti, da je delež hlodovine smiselno primerjati le ločeno po debelinskih razredih. Izračun enotnega deleža hlodovine na ravni sestoja ali kakšni drugi prostorski enoti namreč nima pomena brez informacije o debelinski strukturi poseka. Na delež hlodovine ima velik vpliv tudi rastišče (preko pojavljanja notranjih napak) ter poškodbe sortimentov pri sečnji in spravilu. Slednje načeloma nimajo

večjega vpliva na končno sortimentacijo, saj se ob pravilnem načinu izvajanja dela pojavljajo le občasno in v manjšem obsegu.

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

V povprečju lahko pri upoštevanju zahtev trenutno veljavnega Pravilnika pri sečnji listavcev s prsnim premerom nad 30 cm pričakujemo med 40–50 % deleža hlodovine v celotni prostornini dreves. Deleži hlodovine v prostornini dreves se med tremi vključenimi drevesnimi vrstami listavcev niso bistveno razlikovali. V grobem sicer lahko iz rezultatov izpeljemo, da je pri hrastu delež hlodovine še najmanj odvisen od debelinskega razreda in se relativno malo spreminja v primerjavi z recimo bukvijo ali javorjem. Pri deležih kakovostnih razredov so razlike med vrstami bolj opazne. Pri bukvi je tako razmerje kakovostnih razredov med različnimi kakovostnimi razredi približno enako med debelinskimi razredi, pri ostalih dveh vrstah pa se bolj spreminja. Pri bukvi je jasno opazna odvisnost deleža hlodovine od prsnega premera, tako v grobem delež hlodovine naraste do razreda 50–60 cm in nato začne upadati. Podobno je tudi pri hrastu, s tem da je ta odvisnost manj izražena. Pri javorju je bilo v najmanjšem in največjem debelinskem razredu izmerjeno le po eno drevo, zato pri tej vrsti ne moremo razpravljati o odvisnosti deleža hlodovine od prsnega premera. V večini primerov so imele največji vpliv na razvrstitev v kakovostni razred predvsem dimenzije sortimentov v kombinacijah s posameznimi napakami, predvsem notranjih napak ter grč. V prihodnosti nameravamo na večjem vzorcu sortimentov ovrednotiti tudi deleže napak po velikosti vpliva na končno razvrstitev sortimenta v kakovostni razred. Načeloma tudi znotraj posameznega debelinskega razreda lahko prihaja do velikih nihanj, posamezna drevesa namreč lahko celo nimajo hlodovine ali pa občutno presegajo povprečno vrednost deleža. Vrednosti in deleži hlodovine ali kakovostnih razredov, prikazanih v tej raziskavi, so zgolj informativni in jih ne smemo obravnavati kot pričakovane vrednosti pri poljubno izbranih drevesih. Drugačen vzorec dreves bi dal drugačne številke in razpone, zelo verjetno pa bi vrednosti bile približno enake.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

Research presented in this study addressed the distributions of log volume of different grades in three hardwood species: European beech (*Fagus sylvatica* L.), sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.) and English oak (*Quercus robur* L.). Standing trees were selected, marked, and measured. Afterwards the trees were felled and bucked into assortments according to national legislation regarding assortment grades and requirements for each assortment grade. Each individual assortment was measured and classified into one of the national log quality grades. The proportions of log volume with different grades within individual tree volume were calculated and presented in this study.

Differences were found in log grade volume distribution between different species and diameter classes. The biggest assortment proportion in tree volume was identified in the diameter (at breast height) class of 40–50 cm, while the overall lowest proportion was measured in the diameter class of 60+ cm. This is most likely due to the increased presence and severity of internal defects, which devalue individual logs.

As demonstrated above by following the national grading system for assortments, on average between 40% and 50% of total volume will be usable assortments in hardwoods. In most cases, 30% of usable assortments in tree volume is the absolute minimum that can be expected when following the requirements of a national assortment grading system. There is no notable relationship between the volume proportion of usable assortments and diameter at breast height. A significant proportion of logs were devalued due to the presence of internal defects and/or felling damage. As the presence of internal defects is also governed by the properties of the site, more research should be devoted to evaluating the links between site conditions and internal defects in hardwood trees.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Meritve gozdno-lesnih sortimentov so bile opravljene v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta V4-2016 z naslovom "Možnost rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu", ki ga financirata

Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije. Del raziskave je bil opravljen tudi v okviru Programske skupine Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo (P4-0430, Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije).

VIRI

REFERENCES

- FHP, 2006. Österreichische Holzhandelsusancen 2006. Kooperationsplattform Forst Holz Papier, Wien. Austria. 310 pp.
- Krajnc, L., & Kušar, G. (2022). Določanje prostornine dreves s krivuljami za opis oblike debla (KOOD). *Gozdarski vestnik*, 80(2), 63–76.
- Marenče, J., & Šega, B. (2015). Povezave med kakovostjo bukovih dreves in iz njih izdelanih sortimentov. *Gozdarski vestnik*, 10(73), 429–441.
- Marenče, J., Matijašič, D., & Grečs, Z. (2017). Kakovost bukovine v Sloveniji – trenutno stanje in pričakovane spremembe. *Les/Wood*, 66(1), 10.
- Marenče, J., Šega, B., & Gornik Bučar, D. (2020). Monitoring the quality and quantity of beechwood from tree to sawmill product. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(1), 119–128. DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.613>
- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije, Uradni list RS, 007-399/2020/26 (2020).
- SIST (2012). Hardwood round timber–Qualitative classification–Part 1: Oak and beech (EN 1316-1:2012). CEN. 2012. 9 str.
- SIST (2012). Hardwood round timber–Qualitative classification–Part 2: Poplar (EN 1316-2:2012). CEN. 2012. 9 str.
- Vonderach, C., Kublin, E., Bösch, B., & Kändler, G., 2021. rBDAT: Implementation of BDAT tree taper fortran functions (manual).
- Zafran, J. (2023). Merjenje in razvrščanje gozdnih lesnih sortimentov v Sloveniji. InfoGozd, v tisku. URL: <https://wcm.gozdis.si/sl/infogozd/strokovni-prispevki/clanki/2023011012143179/merjenje-in-razvrscanje-gozdnih-lesnih-sortimentov-v-sloveniji/> (10.4.2023)



MAKROEKONOMSKI UČINKI PROIZVODNJE IN PREDELAVE LESA LISTAVCEV

MACROECONOMIC IMPACT OF HARDWOOD PRODUCTION AND PROCESSING

Domen Arnič^{1,2}, Peter Prislan^{1*}, Luka Juvančič³

UDK članka: 630*83:630*176.1

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 12.4.2023

Sprejeto / Accepted: 14.5.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: V Sloveniji imamo z vidika izkoriščenosti potenciala dodane vrednosti sortimentov lesa listavcev izrazite rezerve. Slednje bi lahko izkoristili zlasti s povečanjem gospodarske rabe okroglega lesa znotraj Slovenije ter s krepitvijo tehnološko naprednejših načinov predelave okroglega lesa. Cilj te raziskave je z input-output modeliranjem oceniti neizkoriščene potencialne gozdno-lesne verige v Sloveniji, s poudarkom na rabi lesa listavcev. Za celotno gozdno-lesno verigo smo ovrednotili obstoječe stanje in predvideli pet scenarijev nadgradnje gozdno-lesne verige v slovenskem prostoru. Razvili smo nacionalni input-output model za ovrednotenje možnih scenarijev prihodnjega razvoja gozdno-lesnega biogospodarstva. Iz rezultatov scenarijske analize input-output modela je razvidno, da lahko slovensko gozdno-lesno biogospodarstvo preko prestrukturiranja gospodarskih aktivnosti v prihodnosti doseže do 20 % višjo vrednost proizvodnje sektorja, povečanje števila zaposlenih za 24 % ter povečanje dohodka gospodinjstev za 19 %. V prispevku razpravljamo, kako bi nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva (glede na opredeljene scenarije) lahko dosegli s povečanjem kapacitet predelave lesa listavcev in podajamo priporočila nosilcem odločanj.

Ključne besede: gozdno-lesno biogospodarstvo, raba lesa listavcev, input-output model, lesnopredelovalna panoga, scenarijska analiza, mobilizacija lesa listavcev.

Abstract: As far as the utilization of the value-added potential of hardwood assortments is concerned, we have considerable reserves in Slovenia. These could be exploited mainly by increasing the economic use of roundwood in Slovenia and by developing more technologically advanced processing methods for roundwood. The aim of this paper is to assess the untapped potential of the forest-wood chain in Slovenia using input-output models, focusing on the use of hardwood. For the whole forest-wood chain, we assessed the existing situation and tested five scenarios for the improvement of the forest-wood chain in Slovenia. We developed a national input-output model to evaluate possible scenarios for the future development of the wood-based bioeconomy. The results of scenario analysis of the input-output model show that the Slovenian wood-based bioeconomy can achieve up to 20% higher production value, a 24% increase in employment and 19% increase in household income in the future through restructuring of economic activities. In the paper, we discuss how upgrading the forestry and wood-processing industry (according to the defined scenarios) could be achieved by increasing the processing capacity of hardwoods and provide recommendations for decision makers.

Keywords: Forest- and wood-based bioeconomy, hardwoods utilization, input-output models, wood processing industry, scenario analysis, mobilization of hardwoods.

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Glede na podatke, ki se zbirajo na Gozdarskem Inštitutu Slovenije, je več kot polovico lesa listavcev

namenjenega kurjavi, preostali del se enakomerno deli med les za celulozo in plošče ter hlodovino (Ščap & Krajnc, 2021). Ta podatek je zgovorno dejstvo, da imamo v Sloveniji z vidika izkoriščenosti

¹ Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

² Gozdno gospodarstvo Bled d.o.o., Ljubljanska cesta 19, 4260 Bled,

³ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

* e-mail: peter.prislan@gozdis.si

potenciala dodane vrednosti sortimentov lesa listavcev izrazite rezerve. Te kaže iskati zlasti v povečanju gospodarske rabe okroglega lesa znotraj Slovenije ter v krepitvi tehnološko naprednejših alternativ energetski rabi okroglega lesa. Smiselno je torej uvajanje inovativnih tehnologij obdelave lesa listavcev, z njimi povezane nove materiale in izdelke ter poslovne modele v okviru lesnopredelovalne in papirniške industrije, ki učinkoviteje izkoriščajo ekonomski potencial lesa listavcev. Neizkoriščene možnosti so tudi v kategorijah sečnih ostankov (zlasti skorje), ostankov v predelavi lesa in odsluženega lesa, ki so primerni surovinski viri za procese biorafinacije, z njo povezane proizvodnje bioosnovanih materialov, ki kot alternativa surovinam fosilnega izvora vstopajo v nove verige vrednosti, kot so npr. proizvodnja finih kemikalij, aktivnih učinkovin, plastičnih mas, tekstila idr. (Stare et al., 2020). S takšnimi rešitvami je mogoče doseči snovno in energetsko učinkovitejšo rabo biomase (v tem primeru sortimentov lesa listavcev) in multiplikativne ekonomske učinke (Hetemäki & Hurmekoski, 2016). Slednji se nanašajo tako na izboljšane kazalnike poslovanja gospodarskih subjektov, vključenih v verige vrednosti, kot tudi na pozitivne učinke na ravni narodnega gospodarstva (bruto dodana vrednost, dohodki, delovna mesta).

Slovenska lesnopredelovalna industrija je usmerjena predvsem na področje predelave lesa iglavcev in umeščanje proizvodnih verig v prostor, ki je bil v preteklih desetletjih usmerjen predvsem v obrate, specializirane za predelavo hlodovine iglavcev. Dolgoročne spremembe v vrstni sestavi gozdov in posledično spremenjene tehnološke lastnosti lesa, ki jih zaznavamo v sistemu spremljanja, sedaj panogo postavljajo pred izziv, kako iz lesa (sortimentov) slabše kakovosti izdelati proizvod z visoko dodano vrednostjo. V zadnjem desetletju je v Evropi in svetu opazen porast inovativnih tehnologij za racionalnejšo in bolj trajnostno izrabo lesa (kot surovine) ter možnostjo dodajanja vrednosti z razvojem in uporabo novih tehnologij primarne predelave, tehnologije termične ali kemične modifikacije lesa, postopkov pridobivanja celuloze in nanoceluloze, inovativnih lesnih kompozitov ipd. (Arnič et al., 2019). Posebno mesto v tem kontekstu predstavljajo tehnologije biorafinacije, ki z različnimi (termofizikalnimi, kemijskimi, biološkimi, biotehnološkimi) metodami omogočajo kontroliran

razklop lignocelulozne biomase v enostavnejše gradnike (npr. celuloza, nanoceluloza, hemiceluloza, ki jo je mogoče razgraditi v enostavnejše sladkorje, lignin ipd.) Ti lahko nadomeščajo surovinske vire fosilnega izvora v razširjenem naboru predelovalnih dejavnosti, zlasti v dejavnostih proizvodnje kemikalij in kemičnih izdelkov (npr. umetna vlakna, plastične mase, barve in laki, sredstva za lepljenje) (Hurmekoski et al., 2018).

V zadnjem desetletju v Sloveniji v strateško razvojno načrtovanje vstopajo tudi načela krožnega biogospodarstva. V Strategiji razvoja Slovenije do leta 2030 (Šooš et al., 2017) tako med ključnimi cilji najdemo (1) nizkoogljično krožno gospodarstvo in (2) trajnostno upravljanje naravnih virov. Bogastvo gozdnih virov in razvitost predelovalnih dejavnosti sta atributa, na podlagi katerih se pri prehodu Slovenije iz linearne v krožni model organiziranosti gospodarstva izkoriščanju gozdno-lesne biomase pripisuje velik pomen (MOPRS, 2018). Prehod v krožno gospodarstvo predstavlja odziv na pritisk rastočega gospodarstva in potrošnje na naravne vire ter nosilno sposobnost okolja. Družbo oz. uporabnika usmerja k ponovni uporabi, k popravilu in recikliranju materialov ter temelji na obnovljivih virih energije, zmanjšanju porabe surovin, kroženju materialov in ohranjanju dodane vrednosti skozi celotno obdobje uporabe (MOPRS, 2018). Načelo kaskadne rabe pa predstavlja sistem uporabe biomase, ki jo kot vhodno surovino na prvih ravneh proizvodnega procesa uporabljamo za izdelke z višjo dodano vrednostjo (npr. ekstraktivi, napredni materiali) in šele po izrabi ekonomsko ter ekološko upravičenih možnosti uporabe preusmerimo v proizvodnjo energije (Keegan et al., 2013).

Eno ključnih področij slovenskega biogospodarstva predstavlja področje rabe lesa, kamor po standardni klasifikaciji gospodarskih dejavnosti (2008) uvrščamo gozdarstvo (SKD – A2), lesnopredelovalno in pohištveno industrijo (SKD – C16, C31) ter papirniško industrijo (SKD – C17). Omenjene dejavnosti so v letu 2018 skupaj ustvarile 1.04 milijarde EUR dodane vrednosti po tekočih cenah oz. 2.2 % bruto domačega proizvoda (SURs, 2023). Njihov doprinos v prihodnosti pa je odvisen od potencialov lesa v gozdnih fondih, razvoja področja oz. učinkovitosti izrabe lesa, kot tudi od potrošnje proizvodov lokalnega gospodarstva. Za oceno potencialov razvoja gozdno-lesnega biogospodarstva

je smiselno opraviti pregled relevantnih tehnologij predelave lesa ter novih proizvodov (npr., Hurmekoski et al., 2018). V okviru ciljnega raziskovalnega projekta LesGoBio so Straže et al. (2023) med drugimi identificirali proizvode, katerih vhodno surovino predstavlja gozdno-lesna biomasa (žagarska in furnirska hlodovina, hlodovina za celulozo in plošče, drug industrijski les, okrogel les slabše kakovosti) ter inovativne in perspektivne tehnologije predelave lesa listavcev za proizvodnjo izdelkov z višjo dodano vrednostjo.

V prispevku skušamo ovrednotiti makroekonomske učinke različnih scenarijev prestrukturiranja panog, ki v svoj proizvodni cikel vključujejo proizvodnjo, predelavo, oziroma vključevanje surovin lesa listavcev. Metoda, ki smo jo uporabili v ta namen, je medsektorski input-output model. Gre za uveljavljen pristop ovrednotenja makroekonomskih in sektorskih učinkov tehnoloških prilagoditev in prestrukturiranja panog, povezanih z gozdarstvom in kmetijstvom (Alavalapati et al., 1999; Munday & Roberts, 2001). Thomson in Psaltopoulos (2005) ter Munday in Roberts (2000) opisujeta konceptualna in metodološka vprašanja pri uporabi I-O modela v gozdarskem sektorju in poudarjata ustreznost metode za analizo vprašanj razvoja podeželja. V raziskavi je Dhubbáin et al. (2009) z I-O modelom ocenjeval pomembnost gozdarstva in predelave lesa za irsko gospodarstvo. V novejših raziskavah so Budzinski et al. (2017) z omenjeno metodologijo na primeru Nemčije ovrednotili napredek nemškega gozdno-lesnega biogospodarstva.

Cilj te raziskave je (I) pripraviti input-output (I/O) model za analizo učinkov različnih scenarijev mobilizacije lesa listavcev, ki smo jih oblikovali v okviru ekspertnih skupin, (II) analizirati makroekonomske učinke različnih scenarijev mobilizacije lesa listavcev ter (III) skladno z rezultati Straže et al. (2023) predlagati načine realizacije posameznih scenarijev. Na podlagi vseh prej opisanih analiz pa želimo podati priporočila nosilcem odločanja (npr. gospodarskim subjektom, panožnim združenjem, načrtovalcem politik).

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 PRIPRAVA SPECIALIZIRANEGA INPUT-OUTPUT MODELA

2.1 PREPARATION OF A SPECIALIZED INPUT-OUTPUT MODEL

Za ugotavljanje sektorskih in makroekonomskih učinkov proizvodnje in predelave lesa smo uporabili input-output model. Input-output model je vstopno modelno orodje analize splošnega ravnovesja. Sestavljen je iz sistema linearnih enačb, ki v matričnem zapisu kvantificirajo in beležijo transakcije med različnimi sektorji gospodarstva (Miller & Blair, 2009). Ena od glavnih prednosti input-output modela je njegova zmožnost, da oceni medsektorske odnose med vsemi proučevanimi sektorji gospodarstva. Ta medsektorska razmerja, tj. tokovi blaga med različnimi sektorji in njihove medsebojne odvisnosti, so predstavljeni v matriki transakcij – t. i. input-output tabeli (Loizou et al., 2015; Loizou et al., 2019).

Input-output model je statistični model, ki temelji na podatkih, dostopnih v input-output tabeli, zbranih s standardiziranimi statističnimi raziskavami v rednih časovnih presledkih (vsakih 5 do 10 let). Osnovo za to raziskavo predstavlja input-output tabela iz leta 2015 za Slovenijo, ki jo v izhodiščni obliki sestavlja 65 sektorjev (EUROSTAT, 2022) (Preglednica 1). Struktura input-output tabele raziskovalcu omogoča uporabo različnih tehnik za oceno vpliva zunanjih sprememb, tj. vpliva, ki ga ima morebitna sprememba končnega povpraševanja na medsektorske transakcije in skupno proizvodnjo vsakega sektorja v gospodarstvu. V tem okviru je bila input-output metoda uporabljena za oceno in primerjavo učinkov alternativnih scenarijev dolgoročnega prestrukturiranja gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji.

Temeljna predpostavka input-output modela je fiksno razmerje med inputi in outputi (t. i. matrika tehničnih koeficientov) (Miller & Blair, 2009). Input-output modeliranje v obliki analize splošnega ravnovesja ponuja priročno analitično okolje za analizo soodvisnosti med sektorji v gospodarstvu. Sestavljeno je iz sistemov linearnih enačb, ki predstavljajo porazdelitev industrijskih proizvodov v gospodarstvu, njihovo proizvodnjo in porabo (Miller & Blair, 2009). Vsako povečanje sektorskega outputa (proizvodnje) zahteva specifično povečanje vseh

kategorij inputov, ki se uporabljajo za proizvodnjo tega proizvoda. Ena od glavnih značilnosti input-output modela je njegova zmožnost, da oceni med-sektorske odnose med vsemi proučevanimi sektorji gospodarstva (Loizou et al., 2015; Loizou et al., 2019). Input-output model smo ob ustrezni matematični transformaciji (Leontief matrika sektorskih multiplikatorjev in drugi multiplikatorji) uporabili za oceno obstoječih vplivov sektorja na proizvodnjo, zaposlenost in dodano vrednost v celotnem gospodarstvu. Teoretično ozadje input-output modela je natančneje predstavil Arnič (2023).

Z namenom oceniti uspešnost in medsektorske povezave gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji smo najprej preučili gospodarske sektorje, ki ga sestavljajo. V naši študiji je gozdno-lesno biogospodarstvo sestavljeno iz naslednjih sektorjev: A.02–gozdarstvo in sečnja, C.16–proizvodnja lesa in izdelkov iz lesa in plute, razen pohištva; proizvodnja izdelkov iz slame in protja, C.17–proizvodnja papirja in izdelkov iz papirja, C20.590–kemikalije na osnovi lesa, C.31+32–proizvodnja pohištva in drugih izdelkov ter, D. 35–proizvodnja toplote in električne energije na osnovi lesa.

Zaradi omenjene predpostavke fiksnega razmerja med inputi in outputi v tehnološki matriki, smo za scenarijske ocene sektorjev ob spremeni tehnologiji potrebovali nove tehnološke matrike. Njene elemente in pripadajoče tehnične koeficiente smo izračunali na osnovi modelnih in ekspertnih ocen o količinah in vrednostih inputov in proizvodov v tabelah ponudbe in porabe (oblikovanje scenarijev je podrobno opisano v naslednjem poglavju). Z enakim algoritmom matrične algebre, kot je bil uporabljen v prvem delu, smo v naslednjem koraku ocenili vplive sektorja na osnovne kazalnike ekonomske uspešnosti, kot so vrednost proizvodnje, zaposlenost in dodana vrednost ob upoštevanju scenarijskih predpostavk panožnega prestrukturiranja. Na podlagi razlik v multiplikatorjih smo v zadnjem koraku ovrednotili prispevek scenarija »prestrukturiranega« sektorja na ravni celotnega nacionalnega gospodarstva.

V zadnjih treh desetletjih se je v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu opazno zmanjševalo število podjetij z velikimi predelovalnimi zmogljivostmi, medtem ko so vse večji pomen pridobila mala in srednje velika podjetja. Za oceno ekonomskih potencialov prestrukturiranja gozdno-lesne-

ga biogospodarstva smo z input-output modelom ovrednotili učinke različnih sektorskih scenarijev. Input-output model na podlagi hipotetičnih eksogenih sprememb v gospodarstvu lahko zajame učinke za celotno gospodarstvo. Zajema neposredne in posredne učinke, tj. neposredne učinke, ki izhajajo iz obravnavanega sektorja, v tem primeru sektorjev, ki sestavljajo gozdno-lesno biogospodarstvo v Sloveniji, in posredno iz vseh drugih sektorjev gospodarstva, ki imajo bistveno vlogo v smislu potreb po vložkih (Miller & Blair, 2009).

2.2 SCENARIJI VERIG VREDNOSTI IN IZVEDBA INPUT-OUTPUT MODELNE SCENARIJSKE ANALIZE

2.2 VALUE CHAIN SCENARIOS AND IMPLEMENTATION OF THE INPUT-OUTPUT SCENARIO ANALYSIS

Oblikovali smo pet scenarijev; osnovni scenarij povzema trenutne tokove in rabo lesa, ter štiri razširjene scenarije, ki se med seboj razlikujejo po tehnološki (naložbeni, trženjski) zahtevnosti. Pri slednjih izhajamo iz potencialno dosegljivih količin ob predpostavki intenzivnejše mobilizacije lesa.

Za oceno učinkov alternativnih poti razvoja (glede na oblikovne scenarije) slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva smo uporabili input-output model ob predpostavki dveh ravni hipotetičnih sprememb: (1) spremembe relativne strukture inputov sektorja in (2) hipotetičnega povečanja skupne proizvodnje sektorja zaradi sprememb v obsegu rabe domačih surovin. Pri pripravi scenarijev je bila najprej analizirana struktura inputov v input-output tabeli iz leta 2015 za sektorje gozdno-lesnega biogospodarstva (EUROSTAT, 2022). Opredelili smo relativne deleže (1) vmesne potrošnje, (2) nadomestil za zaposlene, (3) uvoza blaga in storitev ter (4) drugih primarnih inputov v vsakem sektorju.

Za logično preverjanje podatkov iz leta 2015 in razpravo o ustreznih smereh razvoja posameznega sektorja kot podlage za scenarije so bile organizirane fokusne skupine s strokovnjaki z zgoraj omenjenih področij gozdno-lesnega biogospodarstva. Scenariji se med seboj razlikujejo glede na strukturo gozdno-lesne verige vrednosti, stopnjo tehnološke razvitosti in sposobnosti sektorja, da absorbira pridelane gozdne proizvode v nacionalnem gospodarstvu. Z oceno podatkov iz leta 2015 je bil opredeljen osnovni scenarij (scenarij A). Na podlagi razprav v

fokusnih skupinah so bili oblikovani naslednji scenariji: scenarij s povečano učinkovitostjo predelave lesa (scenarij B), scenarij s povečano energetsko rabo lesne biomase (scenarij C) ter scenarij tehnološko in kapitalsko intenzivnega prestrukturiranja (scenarij D).

Za scenarij A je bila uporabljena skupna proizvodnja sektorjev v letu 2015. Za scenarij B je bilo predpostavljeno, da bi se lahko zaradi spremenjene strukture vložkov skupna proizvodnja lesnopredelovalnega sektorja povečala za 25 % v primerjavi s scenarijem A, medtem ko bi skupna proizvodnja drugih sektorjev ostala na ravni iz leta 2015. Scenarij C predpostavlja, da bi vrednostno verigo sestavljala le gozdarstvo (45 %) ter proizvodnja toplote in električne energije (54 %). Scenarija D in D+ vključujeta optimistično oziroma zelo optimistično nadgradnjo sektorjev, zato smo predpostavili, da bi se v primerjavi z letom 2015 skupna proizvodnja sektorja predelave lesa lahko povečala za 50 %, sektorja papirja in pohištva za 25 %, proizvodnja kemikalij na osnovi lesa pa za 45 %, medtem ko bi proizvodnja toplote in elektrike ostala na ravni iz leta 2015.

Izhodiščni rezultat input-output modelne scenarijske analize se nanaša na spremembo v bruto outputu (prihodkih) po sektorjih. Spremembo lahko predstavljamo v denarnih vrednostih ali pa relativno v odstotkih od skupnih učinkov za izbrane sektorje (v našem primeru bomo izpostavili predvsem sektorje predelave lesa, papirništva in hibridne panoge, kot so proizvodnja kemikalij na osnovi lesa, pohištvena industrija ter proizvodnja toplote in električne energije iz lesa) in sektorske agregate. Na podlagi izhodiščnega rezultata lahko ocenimo učinke obravnavanih scenarijev tudi za izvedene makroekonomske spremenljivke, v uporabi sta najbolj razširjeni bruto dodana vrednost in število zaposlenih.

Da bi zagotovili enake pogoje za primerjalno oceno uspešnosti petih scenarijev, vsi izhajajo iz iste predpostavke, tj. povečanja končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR. Z upoštevanjem tako povečanega povpraševanja v multiplikatorjih input-output modela in dodelitve povečanega končnega povpraševanja znotraj gospodarstva so bile za posamezne scenarije ovrednotene predvidene spremembe v vrednosti proizvodnje, dohodka in števila zaposlenih.

Nazadnje smo za oceno predelovalne zmožnosti okroglega lesa v določenem scenariju izhajali iz input-output tabele iz leta 2015, ki določa, da je 29 % povpraševanja v gozdarskem sektorju predstavljalo povpraševanje po gozdarskih storitvah, preostalih 71 % od povpraševanja pa vrednost lesa. Vrednost lesa v danem scenariju smo nato delili s povprečno tržno ceno lesa iglavcev in listavcev, ki je leta 2015 v povprečju znašala 47,2 EUR na kubični meter, rezultat pa je bila ocenjena količina porabljenega okroglega lesa (SURS, 2022).

3 REZULTATI

3 RESULTS

3.1 SCENARIJI PRESTRUKTURIRANJA GOZDNO-LESNEGA BIOGOSPODARSTVA V SLOVENIJI

3.1 RESTRUCTURING SCENARIOS OF THE FOREST-AND WOOD-BASED BIOECONOMY IN SLOVENIA

Za oceno potencialov v skladu s scenariji razvoja gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji smo uporabili naslednje predpostavke o strukturi gozdno-lesnega biogospodarstva:

Osnovni scenarij (scenarij A): Osnovni scenarij ne upošteva nobenih razlik v strukturi predelave lesa glede na leto 2015 in predstavlja tako imenovani pristop običajnega poslovanja (ang. business as usual). Leta 2015 je gozdarstvo predstavljalo 14,3 %, predelava lesa 23,0 %, papirna industrija 31,2 %, kemikalije na osnovi lesa 0,6 % ter toplota in elektrika na osnovi lesa 1,2 % vrednosti skupne proizvodnje gozdno-lesnega biogospodarstva.

Scenarij s povečano učinkovitostjo predelave lesa (scenarij B): Scenarij B predvideva, da se prestrukturiranje v gozdno-lesnem biogospodarstvu odrazi zlasti v konvencionalnem lesnopredelovalnem sektorju (C.16). Pri tem predpostavljamo, da bi se skupna proizvodnja lesnopredelovalnega sektorja povečala za 25 %, kar predstavlja spremenjeno strukturo gozdno-lesnega biogospodarstva. K skupni vrednosti proizvodnje prispeva gozdarstvo 13,5 %, lesnopredelovalni sektor 27,2 %, papirna industrija 29,5 %, kemikalije na osnovi lesa 0,5 % ter toplota in elektrika na osnovi lesa 1,2 %. V tem primeru smo predpostavili optimistično strukturo inputov (tj. povečan delež vgradnje domačih surovin) v proizvodnjo lesnopredelovalnega sektorja, medtem ko strukture inputov v proizvodnjo drugih

sektorjev v vrednostni verigi lesa ostanejo na ravni osnovnega scenarija.

Večja energetska raba lesne biomase (scenarij C): Scenarij C preverja precej skrajno predpostavko, da se raba lesne biomase v veliki meri prenese navzdol po piramidi dodane vrednosti v energetski sektor. V tem primeru bi vrednostno verigo lesa sestavljala le gozdarski sektor (45,3 %) ter sektor toplotne in električne energije na osnovi lesa (54,7 %).

Tehnološko in kapitalsko intenzivno prestrukturiranje (scenarij D): V scenariju D je uporabljen optimistični pristop z visoko dodano vrednostjo, ki predvideva, da se bo skupna proizvodnja v vseh lesnopredelovalnih sektorjih povečala glede na leto 2015. Predpostavlja se, da se lahko skupna vrednost proizvodnje lesnopredelovalnega sektorja poveča za 50 %, skupna proizvodnja papirne in pohištvene industrije za 25 %, skupna proizvodnja kemikalij na osnovi lesa pa za 45 %. Struktura prihodkov gozdno-lesnega biogospodarstva bi bila v tem primeru naslednja: gozdarstvo 11,3 %, predelava lesa 27,2 %, papirna industrija 30,8 %, pohištvena industrija 29,2 %, kemikalije na osnovi lesa 0,6 % ter toplota in elektrika na osnovi lesa 1 %.

Tehnološko in kapitalsko intenzivno prestrukturiranje s povečanimi potrebami po vložkih (scenarij D+): Scenarij D+ je zelo optimistično zastavljen in (tako kot scenarij C) predstavlja teoretične meje sistema v smislu potenciala skupne dodane vrednosti gozdno-lesnega biogospodarstva. Pri tem smo predpostavili, da bo povečanje skupne proizvodnje lesnopredelovalnih sektorjev podobno scenariju D, medtem ko bi se v strukturi inputov zmeroma povečala raba domačih surovin v sektorju gozdarstva ter sektorju toplotne in električne energije na osnovi lesa, v sektorju predelave lesa in papirne industrije pa bi prišlo do izrazitega povečanja rabe domačih surovin. Za proizvodnjo pohištva in kemikalij na osnovi lesa scenarij predpostavlja, da se struktura inputov v proizvodnjo ne spreminja (Preglednica 1).

3.2 I/O MODELNA SCENARIJSKA ANALIZA

3.2 THE INPUT-OUTPUT SCENARIO ANALYSIS

Primerjava "običajnega poslovanja" (scenarij A) z različnimi hipotetičnimi scenariji (B, C, D in D+) nam je omogočila oceniti potenciale slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva v smislu multiplikativnih učinkov vrednosti proizvodnje, števila zaposlenih in prihodkov.

Glede na rezultate scenarijske analize meje rasti sistema lahko postavimo s primerjavo rezultatov izhodiščnega scenarija A s scenarijem tehnološko in kapitalsko intenzivnega prestrukturiranja s povečanimi potrebami po vložkih (D+). Izhajajoč iz tega bi zgolj spremembe v strukturi vhodnih potreb slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva predvidoma pomenile 17 % povečanje skupne vrednosti proizvodnje, 20 % povečanje števila zaposlenih in 16 % povečanje dohodka.

Hipotetične spremembe končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu leta 2015 bi po scenariju A pomenile 92,8 milijona EUR vrednosti proizvodnje. Le-ta je v 56 % sestavljena iz neposrednega učinka znotraj gozdno-lesnega biogospodarstva in 44 % iz posrednih učinkov ostalih sektorjev. V tem primeru bi bilo ustvarjenih 1037 novih delovnih mest in za 19,2 milijona EUR več dohodka gospodinjstev (slika 1). Scenarij nadgradnje lesnopredelovalnega sektorja (scenarij B), ki vključuje optimistično nadgradnjo lesnopredelovalnega sektorja (C.16), predvideva izboljšanje gospodarske aktivnosti. V tem smislu bi hipotetično povečanje končnega povpraševanja za 100 mio EUR v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu predvidevalo 103 mio EUR proizvedene skupne proizvodnje (55 % iz neposrednih in 45 % posrednih učinkov). V tem primeru bi bilo ustvarjenih 1134 novih delovnih mest in za 20,7 milijona EUR več dohodka gospodinjstev (Slika 1).

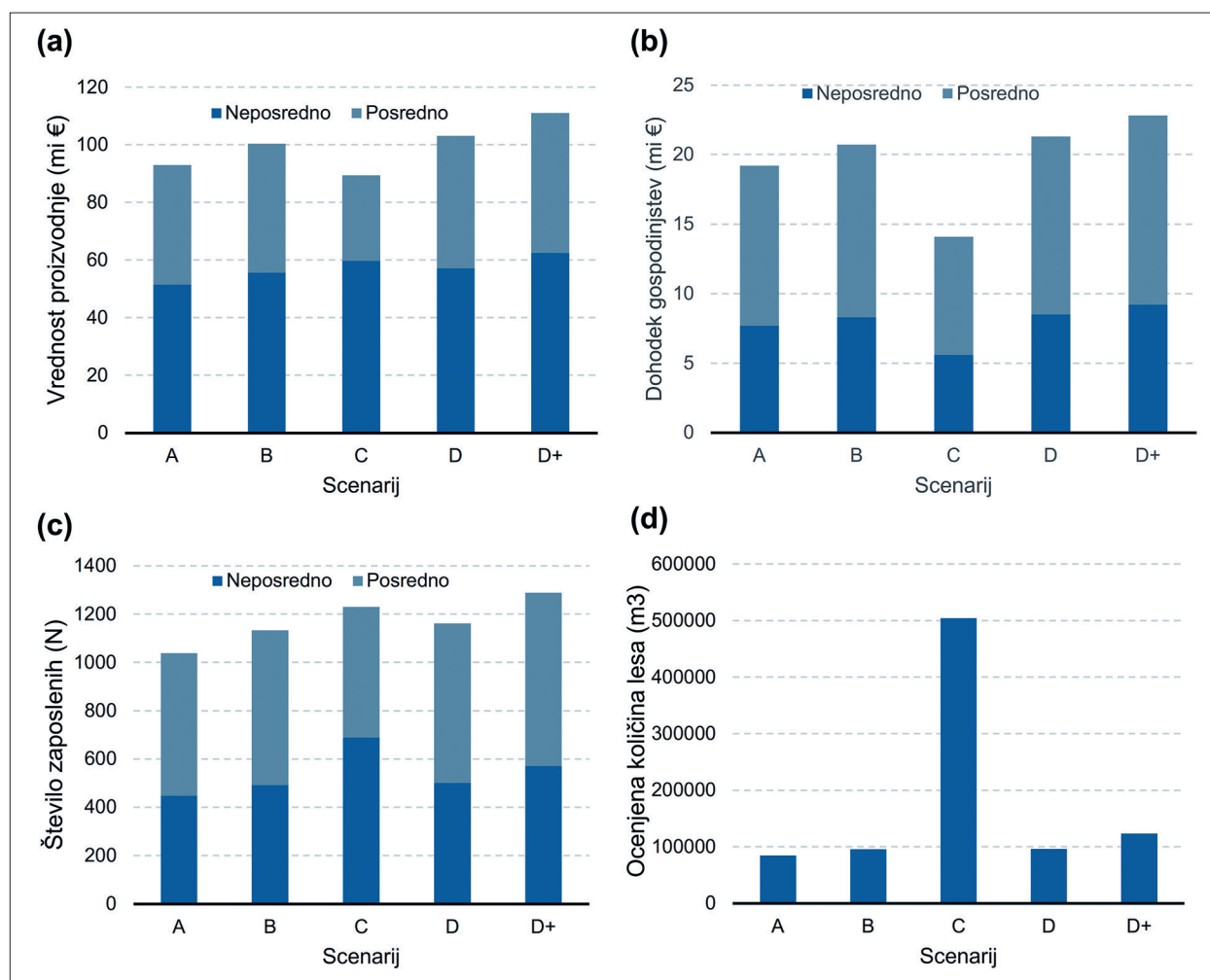
Scenarij C vključuje uporabo lesa za proizvodnjo električne energije in toplote, zato so bile hipotetične spremembe v končnem povpraševanju v višini 100 mio EUR razporejene po gospodarstvu, ki temelji na gozdarstvu ter sektorjih toplotne in električne energije. Scenarij predvideva za 89,4 milijona EUR vrednosti skupne proizvodnje (67 % iz neposrednega in 33 % posrednega učinka); ustvarjenih bi bilo 1230 novih delovnih mest in za 14,1 milijona EUR novega dohodka gospodinjstev (slika 1).

Scenarij D, ki vključuje optimistično nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva in s tem hipotetične spremembe končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR, je bil ovrednoten preko optimistično spremenjenih struktur inputov v proizvodnjo. Tako bi bilo ustvarjenih 103,1 milijona EUR vrednosti skupne proizvodnje, 55 % iz neposrednih in 45 % posrednih učinkov. Ustvarjenih bi bilo 1162 novih

Preglednica 1. Struktura inputov v lesarstvo (C.16) v Sloveniji in Avstriji v letu 2015. Podatki so povzeti iz nacionalnih input-output tabel, ki jih za analizirane države sestavljajo nacionalni statistični uradi (EUROSTAT, 2022). Scenarij D+ predvideva prestrukturiranje proizvodne funkcije na podoben način, kot je bila leta 2015 v Avstriji.

Table 1. Structure of inputs into the wood processing industry (C.16) in Slovenia and Austria in 2015. Data are from the national input-output tables prepared by the national statistical offices for the analyzed countries (EUROSTAT, 2022). Scenario D+ envisages a similar restructuring of the production function as took place in Austria in 2015.

Gospodarski sektorji	Slovenija		Avstrija	
	mio €	%	mio €	%
Gozdarstvo	74,16	7,6%	1.138,6	12,7%
Obdelava in predelava lesa	128	13,1%	2.114	23,6%
Proizvodnja papirja in izdelkov iz papirja	2,92	0,3%	168,34	1,9%
Proizvodnja koksa in naftnih derivatov	7,4	0,8%	16,14	0,2%
Proizvodnja kemikalij, kemičnih izdelkov	19,83	2,0%	126,12	1,4%
Proizvodnja izdelkov iz gume in plastičnih mas	0,64	0,1%	31,85	0,4%
Proizvodnja nekovinskih mineralnih izdelkov	8	0,8%	61	0,7%
Proizvodnja kovin	21	2,1%	20	0,2%
Proizvodnja kovinskih izdelkov, razen strojev in naprav	5,42	0,6%	77,49	0,9%
Proizvodnja drugih strojev in naprav	2,07	0,2%	33,64	0,4%
Proizvodnja motornih vozil, prikolic in polprikolic	5,11	0,5%	0,	0,0%
Popravila in montaža strojev in naprav	2,96	0,3%	33,38	0,4%
Oskrba z električno energijo, plinom in paro	11,81	1,2%	168,69	1,9%
Ravnanje z odpadki in odpadki ter sanacija okolja	0,54	0,1%	86,54	1,0%
Gradbeništvo	5,86	0,6%	148,16	1,7%
Posredništvo in trgovina na debelo, razen z motornimi vozili	36,88	3,8%	509,16	5,7%
Kopenski promet	11,77	1,2%	333,43	3,7%
Skladiščenje in spremljajoče prometne dejavnosti	1,63	0,2%	130,7	1,5%
Dejavnosti finančnih storitev, razen zavarovalništva in dejavnosti pokojninskih skladov	3,96	0,4%	94,91	1,1%
Poslovanje z nepremičninami	4,82	0,5%	39,03	0,4%
Pravne in računovodske dejavnosti	3,02	0,3%	132,42	1,5%
Arhitekturno in tehnično projektiranje; tehnično preizkušanje in analiziranje	4	0,4%	15	0,2%
Oglaševanje in raziskovanje trga	2	0,2%	33	0,4%
Dajanje v najem in zakup	7,33	0,8%	14,71	0,2%
Ostali sektorji	25,07	2,6%	161,03	1,8%
Skupaj	394,83	40,5%	5.685,82	63,5%
Poraba sredstev za zaposlene	110,86	11,4%	1.051,19	11,7%
Uvoz blaga in storitev	396,76	40,7%	1.551,69	17,3%
Ostali primarni inputi	71,36	7,3%	663,75	7,4%
Skupna poraba v osnovnih cenah	973,81	100,0%	8.952,46	100,0%



Slika 1. Nacionalni učinki (neposredni in posredni) sprememb končnega povpraševanja v višini 100 milijonov EUR v petih različnih scenarijih (A–D+) analize vpliva input-output modela.

Figure 1. National effects (direct and indirect) of changes in final demand amounting to EUR 100 million in five selected scenarios (A–D+) of the input-output model impact analysis.

delovnih mest in za 21,3 milijona EUR več dohodka gospodinjstev (slika 1).

Scenarij D+ vključuje zelo optimistično nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva, zato so bile hipotetične spremembe končnega povpraševanja v višini 100 mio EUR dodeljene prek zelo optimistično spremenjenih struktur inputov v proizvodnjo. Tako bi se ustvarilo 111,6 milijona EUR skupne proizvodnje (56 % iz neposrednega in 44 % posrednega učinka), 1295 novih delovnih mest in 22,9 milijona EUR novega dohodka gospodinjstev (slika 1).

4 RAZPRAVA

4 DISCUSSION

Rezultati te raziskave dajejo kvantitativno podprt vpogled v neizkoriščen potencial dodane vrednosti slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva pri predelavi okroglega lesa. Analize strukture inputov v proizvodnjo sektorjev gozdno-lesnega biogospodarstva so pokazale, da je leta 2015 uvoz blaga in storitev predstavljal 39 % vhodnih proizvodnih virov v celotni verigi vrednosti, pri čemer obstaja več možnosti, da se delež uvoza v prihodnje zmanjša in nadomesti z domačo primarno proizvodnjo.

Za obravnavo tega vprašanja smo v naši študiji preizkusili pet alternativnih scenarijev, ki nakazujejo možne smeri razvoja slovenskega gozdno-les-

nega biogospodarstva. Osnovni scenarij (trenutna struktura in uspešnost sektorja) smo primerjali s scenarijem, ki predvideva krepitev zlasti energetske rabe gozdno-lesne biomase (scenarij C) in s tremi scenariji, ki predpostavljajo različne tehnološke usmeritve gozdno-lesnega biogospodarstva v Sloveniji (scenariji B, D, D+). Analiza vpliva je predpostavljala fiksno hipotetično spremembo končnega povpraševanja v višini 100 milijonov EUR (približno 4 % skupne proizvodnje sektorjev gozdno-lesnega biogospodarstva), ki je bila za vsak scenarij posebej porazdeljena celotnemu gospodarstvu. Na ta način smo ocenili razlike v multiplikatorjih vrednosti proizvodnje, števila zaposlovanih in dohodka gospodinjev. Gre za standarden pristop scenarijske analize s pomočjo input-output modela, ki presoja učinke hipotetičnih zunanjih šokov v gospodarstvu. Omenjeni pristop se pojavlja tudi pri presoji alternativnih scenarijev razvoja biogospodarstva. Značilni tovrstni raziskavi sta Loizou et al. (2019) in Kulišič et al. (2007).

Rezultati scenarijske analize razkrivajo, da lahko hipotetično povečanje končnega povpraševanja v višini 100 milijonov EUR v trenutnem slovenskem lesnem biogospodarstvu (scenarij A) predvideva 92,8 milijona EUR nove proizvodnje, 1037 novih zaposlenih in 19,2 milijona EUR novega dohodka gospodinjev. Scenarij B (nadgradnja zgolj lesno-predelovalnega sektorja v C.16) kaže, da lahko širitev in prestrukturiranje gozdno-lesnega biogospodarstva privede do 10 % večje proizvodnje, 9 % več zaposlenih in 8 % več dohodka gospodinjev. Scenarija D in D+ pa sta obravnavala tehnološko in naložbeno zahtevno prestrukturiranje celotnega gozdno-lesnega biogospodarstva. V primerjavi s scenarijem A lahko povečanje končnega povpraševanja za 100 milijonov EUR po scenarijih D in D+ prinese povečanje vrednosti proizvodnje za 11 % (scenarij D) do 20 % (scenarij D+), povečanje števila zaposlenih za 12 % do 24 % ter povečanje dohodka gospodinjev za 11 % do 19 %. Edini scenarij, ki je imel v primerjavi z osnovnim scenarijem A manjši multiplikativni gospodarski učinek, je bil scenarij C, ki je preizkušal uporabo lesa samo za proizvodnjo toplotne in električne energije (nizka dodana vrednost). Scenarij C predvideva 3-odstotno zmanjšanje skupne vrednosti proizvodnje in 27-odstotno zmanjšanje dohodka gospodinjev, medtem ko bi se število zaposlenih lahko povečalo za 19 %.

Za slovensko gozdno-lesno verigo je značilna izrazita linearna organiziranost gospodarskih aktivnosti in pomanjkanje t. i. grozdenja na področju predelave lesa (Kocjančič et al., 2021). Veliko hibo predstavljajo vrzeli v posameznih delih gozdno-lesne verige, predvsem v primarni predelavi lesa, zaradi katerih je do določene mere tudi onemogočen razvoj vertikalno povezanih gospodarskih sistemov v okviru nacionalnega gospodarstva. Predvideno nadgradnjo gozdno-lesnega biogospodarstva po scenarijih B, D in D+ bi bilo možno doseči tudi na račun povečanja kapacitet predelave lesa listavcev. Učinkovitost predelave lesa po scenariju B bi lahko dosegli z uvajanjem novih in povečanjem kapacitet obstoječih žagarskih obratov, ki se ukvarjajo s proizvodnjo žaganega lesa listavcev. Pomembno vrzel, na katero so opozorili Straže et al. (2023), predstavlja proizvodnja furnirja, ki je v Sloveniji praktično ni več, in proizvodnja lesnih kompozitov. Uresničitev scenarijev D in D+ bi omogočala tehnološko zahtevnejša in visoko tehnološka nadgradnja predelave lesa. Določen del tako pohištvene kot tudi gradbene industrije je trenutno odvisen od uvoza pol-proizvodov, kot so konstrukcijski žagan les listavcev ter konstrukcijski kompoziti (npr. CLT, LVL, I-profil), ki bi jih lahko proizvedli doma (Straže et al., 2023). Smiselna bi bila tudi nadgradnja papirne industrije za proizvodnjo celuloze v papirni industriji. Po propadu večjih obratov kemične proizvodnje celuloze je v Sloveniji ostala le še proizvodnja t. i. lesovine, medtem ko celulozo za proizvodno papirjev boljše kakovosti uvažamo (okoli 260.000 t letno). Ob tem je ključno omeniti, da je kemična proizvodnja celuloze osnova za večino visoko tehnoloških proizvodov (biogoriva, tekstil, kemikalije) in je brez tovrstne proizvodnje nemogoče načrtovati razvoj in vzpostavitev industrijskih obratov omenjenih tehnologij (Arnič et al., 2019; Hurmekoski et al., 2018).

Glede na Teischinger (2017) predstavlja predelava lesa listavcev v Evropi velik izziv; velik izziv in potencial predstavlja žagarska industrija, kjer les listavcev predelujejo majhni in srednje veliki žagarski obrati, za katere je značilna večja prilagodljivost pri razžagovanju hlodovine različnih lesnih vrst, slabost takšnih obratov pa je manjša učinkovitost in manj standardizirani proizvodi za sekundarno predelavo. Številni novi načini predelave lesa, ki jih omenjajo Straže et al. (2023) ter pričujoča analiza nakazujejo

velik potencial lesa listavcev za nadgradnjo slovenskega gozdno-lesnega biogospodarstva.

5 ZAKLJUČKI

5 CONCLUSIONS

Rezultati te študije, ki razkrivajo posredne gospodarske učinke alternativnih pristopov (scenarijev) k organizaciji gozdno-lesnega biogospodarstva, zagotavljajo smernice za načrtovanje politik. Z uporabo input-output modelov je mogoče meriti ne le neposredne učinke hipotetičnih sprememb prestrukturiranja panoge, temveč tudi posredne učinke na gospodarstvo. Tako imajo nosilci odločanja možnost oceniti ne le primarno povpraševanje po surovinah, temveč tudi sekundarno povpraševanje (po produktih), kot vložke v povezane sektorje (gradbeništvo, energetika, nova delovna sila itd.), s tem pa tudi možnost povečati verjetnost doseganja strateških ciljev. Poleg tega rezultati s prikazom soodvisnosti med gospodarskimi sektorji dajejo načrtovalcem politik in nosilcem odločanja jasen signal, da so v prihodnje potrebni bolj usklajeni politični ukrepi z jasnimi finančnimi okvirji za razvojne politike biogospodarstva.

V zadnjem desetletju je bilo v Sloveniji za področje gozdno-lesnega biogospodarstva podanih kar nekaj vladnih pobud in strategij razvoja. Začelo se je z Akcijskim načrtom za izboljšanje povečanja konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji do leta 2020 (MKORS & MGRTRS, 2012). Lesna veriga vrednosti je bila vključena tudi v nacionalno strategijo pametne specializacije (SVRSREKP, 2015), kjer so bili različni vidiki gozdnega biogospodarstva (novi materiali, medsektorsko sodelovanje in krožno gospodarstvo) vključeni v tri od devetih strateških prednostnih nalog. Gozdno-lesna veriga vrednosti je bila prepoznana tudi med ključnimi cilji strategije razvoja Slovenije do leta 2030 (Šooš et al., 2017), pri čemer sta bili posebej omenjeni dve biogospodarski načeli: (1) nizkoogljično krožno gospodarstvo in (2) trajnostno upravljanje naravnih virov. Lesna biomasa je bila prepoznana kot ključna surovinska osnova za prehod Slovenije v krožno gospodarstvo (MOPRS, 2018). V izvedbenem smislu kaže izpostaviti tudi izvedbeni dokument o ukrepih za razvoj lesnopredelovalne industrije do leta 2030 (MGRTRS, 2022).

Za zgoraj navedene strategije in izvedbene dokumente so značilni pristopi od zgoraj navzdol in ambiciozni cilji, ki praviloma niso izpeljani do ravni izvedbenih dokumentov z ukrepi, instrumenti in zavezujočimi (javno-)finančnimi obveznostmi. Druga značilnost, ki je simptomatična za razvojne politike ne le v Sloveniji, temveč tudi v celotni EU (npr. kohezijska politika, politika razvoja podeželja), pa je sektorska usmerjenost in šibko usklajevanje med politikami. Ta položaj je še posebej neugoden za horizontalne sektorje kot je biogospodarstvo, kjer je potreba po usklajenem medsektorskem ukrepanju ključna.

Dodatno hibo razvoja lesnopredelovalne panoge v Sloveniji omejuje tudi gospodarska organiziranost dejavnosti, namreč le-ta v veliki večini sloni na majhnih (družinskih) podjetjih, ki so ob razpadu večjih lesnopredelovalnih podjetij zapolnile vrzeli znotraj gozdno-lesne verige in se uspešno umestile v segmente zahtevnejših lesnih proizvodov z visoko dodano vrednostjo. Glede na razmere je težko pričakovati tolikšno kapitalsko moč tovrstne gospodarske organiziranosti, da bomo v prihodnje tehnološko konkurenčni lesnopredelovalnim koncernom v evropskem merilu.

S stališča razvoja gozdno-lesne verige v Sloveniji v smislu izboljšanja kazalnikov gospodarske uspešnosti (prihodki, dodana vrednost, število zaposlenih), je ključno sistemsko reševanje z osredotočenostjo na zapolnitve vrzeli sedanjih lesnopredelovalnih verig, ki vključuje primarno predelavo lesa, in integrirane lignocelulozne biorafinerije v industrijsko relevantnih količinah. Če se to zaradi visokih kapitalskih vložkov in/ali že vzpostavljenih surovinskih tokov izkaže za neizvedljivo, je smiselno strategijo usmeriti v učinkovito integracijo panog gozdno-lesnega biogospodarstva v čezmejne verige vrednosti. Pri tem kaže posebno pozornost nameniti razvoju panog z visoko dodano vrednostjo (papirništvo, lesna gradnja, zelena kemija ipd.), oziroma poslovnih usmeritev znotraj konvencionalnih verig vrednosti lesa z najvišjo dodano vrednostjo (npr. izboljšanje funkcionalnosti, ekodizajn). Javne politike pri tem lahko odigrajo vlogo pospeševalca in usmerjevalca razvoja zlasti z aktivno inovacijsko politiko (podpora zagonskim in mladim podjetjem, transparentnost in odzivnost postopkov certificiranja ipd.), aktivno podporo za vzpostavitev modernih oblik predelave lesa, stabilnim poslovnim oko-

ljem, pa tudi z okrepitevijo politik za zagotavljanje potrošnje bioosnovanih proizvodov na osnovi lesa (npr. zelena javna naročila, izobraževanje javnosti in generična promocija).

6 POVZETEK

6 SUMMARY

Slovenia has high potential in terms of exploiting the added value potential of hardwood assortments. This could be achieved with an increase in the economic use of roundwood within Slovenia and the transition to more advanced technologies of hardwood production. With the development and optimization of promising processing technologies, hardwoods could be used for materials and products with higher added value. By building a national input-output model focusing on wood processing industries, we evaluated different possible pathways for the future development of the wood-based bioeconomy, with the emphasis on hardwood processing. Through detailed analyses of inputs into production processes in 2015 and the opinions of sector-specific experts, we defined different structures of input requirements for the sectors of the wood-based bioeconomy, which differ in terms of their technological complexity and the volume of wood processing. We have further defined five scenarios for the future development of the wood-based bioeconomy: the baseline scenario (Scenario A) based on the 2015 input and output table, a scenario with increased wood processing efficiency (Scenario B), a scenario with increased energy use of wood biomass (Scenario C), and a scenario with technological and capital intensive restructuring (Scenario D). Scenario D+ is very optimistic and (like scenario C) represents the theoretical limits of the system in terms of the potential of the total added value of the forest-wood bioeconomy. The results show that a hypothetical €100 million increase in final demand in the current (2015) Slovenian wood-based bioeconomy corresponds to €92.8 million in new output, 1,037 new employees and €19.2 million in new household income. Considering the high-tech- and capital-intensive restructuring of the wood-based bioeconomy, an increase in production value of up to 20%, an increase in the number of employees by 24% and an increase in household income by 19% can be

expected compared to the baseline scenario. The development of the wood value chain in Slovenia has high potential. The forest- and wood-based bioeconomy in Slovenia could be improved according to scenarios B, D and D+ by increasing hardwood processing capacities. Greater wood processing efficiency under scenario B could be achieved by introducing new and increasing existing capacities of sawmills producing hardwood lumber. The implementation of scenarios D and D+ could be achieved through technologically advanced and high-tech improvement of hardwood processing. Part of the furniture and construction industry currently relies on imports of hardwood lumber and composites (e.g. CLT, LVL, I-profiles) that could also be produced domestically.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Raziskavo sta financirala Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), program Mladi raziskovalec (Domen Arnič), programski skupini P4-0107 in P4-0430, temeljni projekt J4-2541 in ciljni raziskovalni projekt V4-2016 in V4-2014 (ARRS), ter Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS.

VIRI

REFERENCES

- Alavalapati, J. R., Adamowicz, W. L., & White, W. A. (1999). Distributive impacts of forest resource policies in Alberta. *Forest Science*, 45, 342-348.
- Arnič, D. (2023). Vpliv podnebnih sprememb na prirast lesa navadne bukve (*Fagus sylvatica* L.) in navadne smreke (*Picea abies* (L.) Karst.) in potencialne posledice za biogospodarstvo v Sloveniji. (Doktorska disertacija), Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Ljubljana.
- Arnič, D., Prislan, P., & Juvančič, L. (2019). Raba lesa v slovenskem biogospodarstvu. *Gozdarski vestnik*, 10, 375-393.
- Budzinski, M., Bezama, A., & Thrän, D. (2017). Monitoring the progress towards bioeconomy using multi-regional input-output analysis: The example of wood use in Germany. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.090>
- Dhubháin, Á. N., Fléchar, M.-C., Moloney, R., & O'Connor, D. (2009). Stakeholders' perceptions of forestry in rural areas—two case studies in Ireland. *Land use policy*, 26, 695-703.

- EUROSTAT. (2022). Symmetric input-output table at basic prices (product by product). URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/main/data/database> (10.4.2023)
- Hetemäki, L., & Hurmekoski, E. (2016). Forest products markets under change: review and research implications. *Current Forestry Reports*, 2, 177-188. DOI: 10.1007/s40725-016-0042-z
- Hurmekoski, E., Jonsson, R., Korhonen, J., Jänis, J., Mäkinen, M., Leskinen, P., & Hetemäki, L. (2018). Diversification of the forest industries: role of new wood-based products. *Canadian Journal of Forest Research*, 48, 1417-1432. DOI: 10.1139/cjfr-2018-0116
- Keegan, D., Kretschmer, B., Elbersen, B., & Panoutsou, C. (2013). Cascading use: a systematic approach to biomass beyond the energy sector. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 7, 193-206. DOI: <https://doi.org/10.1002/bbb.1351>
- Kulišić, B., Loizou, E., Rozakis, S., & Šegon, V. (2007). Impacts of biodiesel production on Croatian economy. *Energy Policy*, 35, 6036-6045.
- Loizou, E., Chatzitheodoridis, F., Michailidis, A., Tsakiri, M., & Theodossiou, G. (2015). Linkages of the energy sector in the Greek economy: an input-output approach. *International Journal of Energy Sector Management*.
- Loizou, E., Karelakis, C., Galanopoulos, K., & Mattas, K. (2019). The role of agriculture as a development tool for a regional economy. *Agricultural Systems*, 173, 482-490.
- MGRTRS. (2022). Izvedbeni dokument ukrepov razvoja lesnopredelovalne industrije do leta 2030. Ljubljana: Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Direktorat za lesarstvo.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*: Cambridge university press.
- MKORS, & MGRTRS. (2012). Les je lep: akcijski načrt za povečanje konkurenčnosti gozdno-lesne verige v Sloveniji do leta 2020. Ljubljana: Ministrstvo za kmetijstvo in okolje Republike Slovenije, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo Republike Slovenije.
- MOPRS. (2018). Kažipot prehoda v krožno gospodarstvo. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije.
- Munday, M., & Roberts, A. (2000). Forestry industry network transactions and regional economic development prospects. URL: https://www.econstor.eu/bitstream/10419/114792/1/ERSA2000_117.pdf (10.4.2023)
- Munday, M., & Roberts, A. (2001). The role of the forestry industry transactions in the rural economy. *Journal of Rural Studies*, 17, 333-346.
- Stare, D., Ščap, Š., Mihelič, R., Mavsar, S., Mešl, M., Humar, M., Črnivec Osojnik, I. G., Križnik, N. B., Oven, P., Juvančič, L. (2020). Ovrednotenje in karakterizacija biomase. URL: https://www.academia.edu/83723568/Ovrednotenje_in_karakterizacija_biomase (10.4.2023)
- Stráže, A., Gornik Bučar, D., & Kropivšek, J. (2023). Identifikacija verig vrednosti v slovenskem gozdno-lesnem biogospodarstvu. *Les/Wood*, v tisku.
- SURS. (2022). Odkup lesa. Ljubljana, Statistični urad Slovenije. URL: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1656402S.px> (10.4.2023)
- SURS. (2023). Poslovanje podjetij po dejavnosti (SKD 2008), Slovenija, 2005 – 2020. URL: <https://pxweb.stat.si/SiStatData/pxweb/sl/Data/-/1656402S.px> (10.4.2023)
- SVRSREKP. (2015). Slovenska strategija pametne specializacije S4. Ljubljana: Služba vlade Republike Slovenija za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.
- Ščap, Š., & Krajnc, N. (2021). Tokovi okroglega lesa v Sloveniji. *Gozdarski vestnik*, 79, (7/8), 251-258.
- Šooš, T., Lautar, K., Urbancic, H., Kobe Logonder, N., Kmet Zupancic, R., Fajic, L., & Culpa, N. (2017). Strategija razvoja Slovenije 2030. Ljubljana: Služba Vlade Republike Slovenije za razvoj in evropsko kohezijsko politiko.
- Teischinger, A. (2017). From forest to wood production—A selection of challenges and opportunities for innovative hardwood utilization. Paper presented at the Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Hardwood Processing, Lahti, Finland.
- Thomson, K., & Psaltopoulos, D. (2005). Economy-wide effects of forestry development scenarios in rural Scotland. *Forest Policy and Economics*, 7, 515-525.



SPREMLJANJE KAKOVOSTI IN VREDNOSTI HRASTOVE HLODOVINE S KONVENCIONALNIMI, DENDROKRONOLOŠKIMI IN NEDESTRUKTIVNIMI METODAMI

MONITORING THE QUALITY AND VALUE OF EUROPEAN OAK LOGS USING CONVENTIONAL, DENDROCHRONOLOGICAL AND NON-DESTRUCTIVE METHODS

Aleš Straže^{1*}, Klemen Novak¹, Jure Žigon¹

UDK članka: 630*85+630*812:176.1 (*Quercus* L.)
Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Prispelo / Received: 31.5.2023
Sprejeto / Accepted: 23.6.2023

Izvleček / Abstract

Izvleček: V raziskavo smo vključili hrastovo hlodovino (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) s 15. dražbe vrednejših sortimentov okroglega lesa v Slovenj Gradcu v letu 2021. Naključno smo izbrali 78 od 1318 licitiranih hlovov in jih skladno z veljavnim Pravilnikom o merjenju (2017) vizualno razvrstili po kakovosti (A, B, C). Vzporedno smo dendrokronološko analizirali priraščanje lesa ter z metodo frekvenčnega odziva pri vzdolžnem vzbujanju še akustične lastnosti hlodovine. Najkvalitetnejša hlodovina je bila večjih premerov, z več in povprečno širšimi letniki. Potrdili smo povezavo med vizualno določeno kakovostjo in doseženo ceno hlodovine. Hitrost vzdolžnega nihanja (v) in relativna učinkovitost akustične pretvorbe (RACE) sta bili s kakovostjo in ceno hlodovine pozitivno povezani. Frekvenčni spektri pri hlodovini nižje kakovosti odstopajo od teoretičnih. Raziskava je potrdila možnost uporabe nedestruktivnih akustičnih metod za oceno kakovosti hrastove hlodovine.

Ključne besede: les, hrast, razvrščanje hlodovine, kakovost, cena, nedestruktivno testiranje

Abstract: European oak logs (*Quercus robur*, *Quercus petraea*) from the 15th auction of valuable logs in Slovenj Gradec in 2021 were included in the study. Of the 1,318 auctioned logs, 78 were randomly selected and visually graded into quality classes (A, B, C) according to the National Grading Rules (2017). In parallel, we analysed the wood growth dendrochronologically and the acoustic properties of the logs using the longitudinal vibration resonance method. The logs with the best quality had a larger diameter and, on average, wider annual rings. We confirmed the correlation between the visually determined quality and the obtained price of the logs. Longitudinal vibration velocity (v) and relative acoustic conversion efficiency (RACE) were positively correlated with log quality and price. The frequency spectra of the low-quality logs differed from the theoretical spectra. This study confirms the feasibility of non-destructive acoustic methods for evaluating oak log quality.

Keywords: wood, European oak, logs grading, quality, price, non-destructive evaluation.

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Hrasta dob (*Quercus robur*) in graden (*Quercus petraea*) sta pomembni evropski drevesni vrsti in široko uporabna lesova za različne izdelke, kot so furnir, pohištvo, notranje in zunanje konstrukcije ter številne druge (Straže et al., 2018, 2023). Kakovost hrastove hlodovine, ki se tradicionalno določa vizualno na osnovi značilnosti in dimenzij sortimentov,

je odvisna zlasti od prisotnosti nekaterih anomalij, kot so velikost in število grč, ekscentričnost in ovalnost prereza, koničnost, čelne razpoke in kolesivost ter druge (SIST EN 1316-1:2010; Pravilnik ..., 2017). Nekatero napake, kot denimo velikost in delež grč na prečnem prerezu sortimenta, pomembno vplivajo tudi na mehanske in akustične lastnosti lesa. Prepoznavanje strukturnih anomalij je osnova za ocenjevanje kakovosti hlodovine in njeno razvršča-

¹ Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

* e-mail: ales.straze@bf.uni-lj.si

nje, običajno pa se izvaja na osnovi njenih vidnih zunanjih značilnosti (Marenče et al., 2020; Torkaman et al., 2018). Ena glavnih napak pri razvrščanju okroglega lesa so grče, ki jih delimo na zdrave in mrtve grče, pri čemer so zdrave grče v nasprotju z nezdravimi zraščene z okoliškim lesnim tkivom (Karaszewski et al., 2013; SIST EN 1316-1, 2010).

Strukturne anomalije je v hlodih in debelejših žagarskih sortimentih mogoče odkrivati ter določati s porušnimi in tudi z neporušnimi metodami, za prakso pa so aktualne le slednje. Vizualno ocenjevanje, kot ena tradicionalnih nedestruktivnih metod, je poceni, vendar pa zaradi časovne zahtevnosti dejansko na voljo le v manjših proizvodnih zmogljivostih. Tovrstno ocenjevanje je lahko navkljub definiranim pravilom in standardom tudi subjektivno in odvisno od človeškega faktorja (Račko, 2013). Sodobne rentgenske tehnologije omogočajo natančne meritve hlodovine in imajo visoko zmogljivost odkrivanja notranjih strukturnih anomalij, vendar so drage in zato manj primerne za majhne in srednje proizvodne obrate (Longuetaud et al., 2012). Zlasti pri žaganem lesu je aktualno razvrščanje lesa na osnovi značilnosti, določenih s strojnim vidom (Sioma, 2015). Akustične metode se uporabljajo predvsem pri rabi lesa v gradbene namene, večinoma pri iglavcih. Študije potrjujejo pozitivno povezanost hitrosti zvoka in dolžine ter usmerjenosti lesnih vlaken kot tudi gostote (R. Ross, 2015; Wang et al., 2007). Prisotnost anomalij upočasnjuje hitrost zvoka oz. mehanskih nihanj v lesu (Carter et al., 2013; Krajnc et al., 2019).

Da bi optimizirali uporabo hrastove hlodovine in jo ustrezno kakovostno uporabili za ustrezen namen, smo v tej študiji proučili možnost spremljanja kakovosti hlodovine z akustičnimi nedestruktivnimi metodami. Preverjali smo, ali je konvencionalno vizualno razvrščanje hlodovine povezano z njenimi akustičnimi lastnostmi, kot tudi z doseženo vrednostjo sortimentov na trgu.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 VZORČENJE IN VIZUALNO RAZVRŠČANJE HLODOVINE PO KAKOVOSTNIH RAZREDIH

2.1 SAMPLING AND VISUAL GRADING OF LOGS

V raziskavi smo proučili licitirano hrastovo hlodovino (*Q. robur* in *Q. petraea*) s 15. dražbe vrednej-

ših sortimentov okroglega lesa leta 2021. To dražbo vrednejših sortimentov okroglega lesa od leta 2007 vsako leto organizira Združenje lastnikov gozdov Slovenije ob podpori Zavoda za gozdove Slovenije in Društva lastnikov gozdov Mislinjske doline.

Vizualno razvrščanje je bilo izvedeno na 1318 licitiranih hrastovih hlodih, ki so jih organizatorji licitacije za interne namene razvrstili v tri kakovostne razrede. Vzorčeno hlodovino smo razvrstili skladno z veljavnim Pravilnikom o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije (Pravilnik ..., 2017). V 1. kakovostni razred (A) smo uvrstili vso furnirsko hrastovo hlodovino, tako prve kakovosti (A_1) kot tudi druge furnirske kakovosti (A_2). Gre za hlodovino izjemne kakovosti, kjer so hlodi velikega premera (> 40 cm), sveži, polnolesni, pravilnega okroglega preseka in z minimalnimi napakami, kot so koničnost (< 3 %), krivost (< 3 % dolžine), ovalnost (< 20 %) in žlebatost (< 3 % premera) (slika 1 A). V 2. kakovostni razred (B) smo uvrstili žagarsko hlodovino najboljše kakovosti (slika 1 B), z dovoljenimi napakami, kot so npr. zdrave grče in slepice (< 20 mm, 1 na tekoči meter), koničnost (< 4 %), krivost (< 5 % dolžine), ovalnost (brez omejitev) in žlebatost (< 5 % premera). V 3. kakovostni razred (C) pa je bila uvrščena žagarska hlodovina srednje kakovosti (slika 1 C), kjer je dovoljen še večji obseg in količina napak (zdrave grče in slepice (< 40 mm, 1 na tekoči meter), dvojno srce do 25 % čela, koničnost (< 6 %), krivost (< 5 % dolžine), ovalnost (brez omejitev) in žlebatost (< 10 % premera)).

2.2 DOLOČANJE AKUSTIČNIH LASTNOSTI HLODOVINE

2.2 DETERMINATION OF ACOUSTIC PROPERTIES OF LOGS

Akustične lastnosti hlodovine smo na 78 naključno izbranih hlodih, enakomerno porazdeljenih v kakovostnih razredih, določali z metodo frekvenčnega odziva pri impulznem vzdolžnem vzbujanju. Meritve smo izvajali v svežem stanju ($u > u_{TNCs}$; u_{TNCs} – vlažnost nasičenja celičnih sten), pri čemer je bila hlodovina postavljena na lesene podpore. Posamezen hloď smo na čelu, na mestu z večjim premerom, impulzno vzbudili s kladivom z maso 500 g. Nihanje čela smo zabeležili z enoosnim pospeškometerom (PCB-086C01; PCB Piezotronics Inc., ZDA) (slika 2). Signal smo zajeli z merilnim



Slika 1. Vizualno razvrščanje hrastove hlodovine v kakovostne razrede (Pravilnik ..., 2017): A – furnirska hlodovina izjemne kakovosti, B – žagarska hlodovina 1. kakovosti, C – žagarska hlodovina 2. kakovosti.

Figure 1. Visually graded oak logs: A – veneer, extra log quality, B – 1st class sawnwood quality, C – 2nd class sawnwood quality.

modulom DAQ NI-9234 (National Instruments Inc., ZDA) v 24-bitni ločljivosti s frekvenco vzorčenja 51,2 kHz. V frekvenčnem odzivu smo v prvih treh nihajnih načinih ($n = 1, 2, 3$) določili vzdolžne frekvence nihanja (f_1, f_2, f_3), in jih uporabili za določitev hitrosti vzdolžnega valovanja v posameznem hlodu (v_n) (enačba 1; slika 2). Določanje hitrosti je temeljilo na osnovni valovni enačbi, ki se uporablja za idealne elastične materiale vitkih oblik ($L/d > 5$; L – dolžina, d – premer, prečna dimenzija) (Bucur, 2006; Gornik Bučar & Bučar, 2009; Gornik Bučar & Bučar, 2011; Meyers, 1994). Kvadrat hitrosti vzdolžnega nihanja je pri tem premo sorazmeren specifičnemu modulu elastičnosti (E/ρ ; E – modul elastičnosti, ρ – gostota) preizkušane snovi.

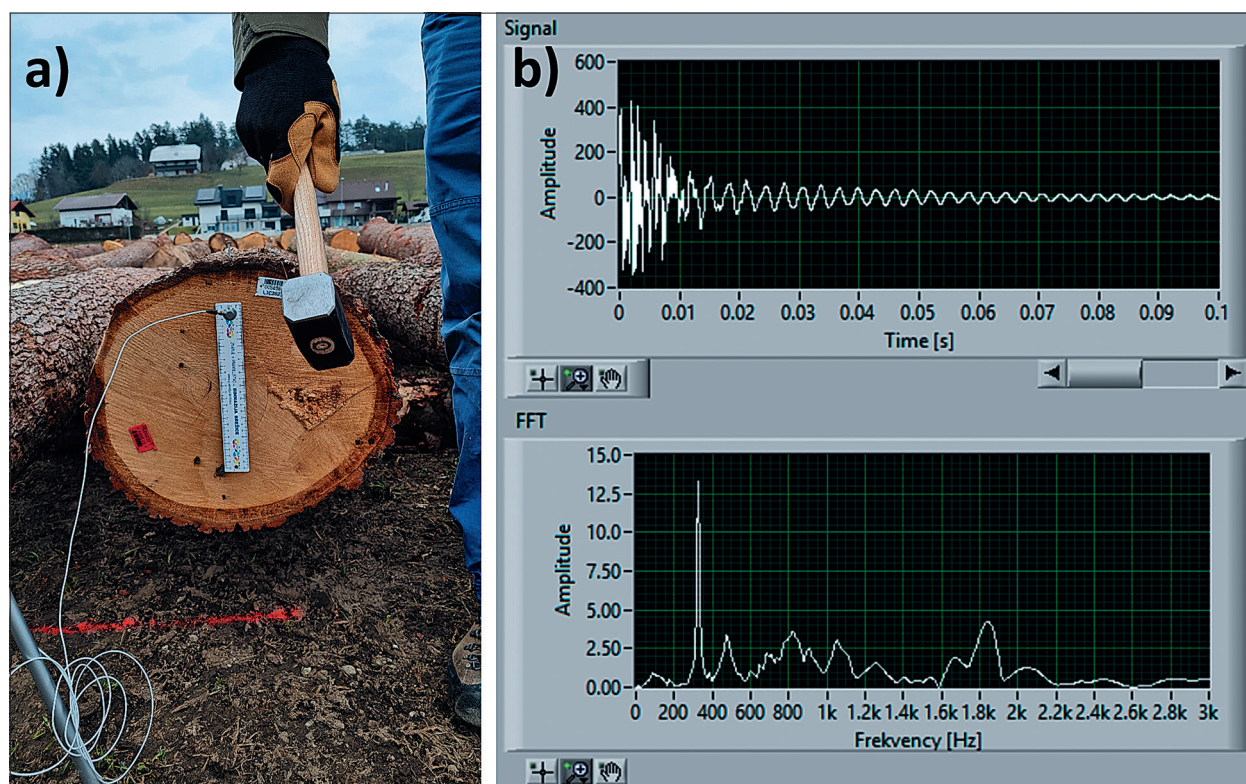
$$v_n = \frac{2f_n L}{n} \cong \sqrt{\frac{E_n}{\rho}} \quad (n = 1, 2, 3) \quad (1)$$

V eksponentno pojemajočem časovnem signalu vzdolžnega nihanja smo s pomočjo 'bandpass' filtriranja v bližini lastnih frekvenc (f_1, f_2, f_3) določili časovni pojemek (α), od tod pa koeficient dušenja

signala v posameznem nihajnem načinu ($\tan \delta_n$; $n = 1, 2, 3$; enačba 2). Z razmerjem hitrosti in dušenja nihanja smo v posameznem nihajnem načinu določili relativno učinkovitost akustične pretvorbe (RACE) (enačba 3). Kazalnik RACE ponazarja količino pretvorjene mehanske energije v zvočno, oz. v nihanje. Ta veličina predstavlja sposobnost nihanja toge snovi, neodvisno od njene gostote, in ponazarja strukturno akustičnost testiranega materiala (Obataya et al., 2000; Straže et al., 2015) (enačba 3). Najvišje vrednosti kazalnika RACE dosegajo resonančni lesovi, ki se prvenstveno uporabljajo za izdelavo lesenih glasbenih instrumentov.

$$\tan \delta_n = \frac{\alpha}{\pi \cdot f_L} \quad (2)$$

$$RACE_n = \frac{v_n}{\tan \delta_n} = \frac{\sqrt{\frac{E_n}{\rho}}}{\tan \delta_n} \quad (3)$$



Slika 2. Določanje hitrosti in dušenja mehanskega nihanja z metodo frekvenčnega odziva pri vzdolžnem vzburjanju hrastove hlodovine: a) vzdolžno impulzno vzburjanje, b) zajem časovnega signala nihanja (zgoraj) in hitra Fourierjeva transformacija (FFT) (spodaj).

Figure 2. Determination of velocity and damping of vibrations in oak logs using the longitudinal vibration resonance method: a) longitudinal impulse excitation, b) vibration detection in the time domain (top) and Fast Fourier Transformation (FFT) (bottom).

2.3 DENDROKRONOLOŠKE MERITVE IN ANALIZA 2.3 DENDROCHRONOLOGICAL MEASUREMENTS AND ANALYSIS

Dendrokronološke meritve smo opravili pri polovici akustično izmerjenih hlodov ($n = 36$) na prezu hloda, ki je ustrezal višini stoječega drevesa od 4 do 4,5 m nad tlemi. Ker običajno destruktivno vzorčenje z vrtanjem ni bilo mogoče, smo na čelu hlodov v smeri polmera z ročnim akumulatorskim rezkarjem (Makita DRT 50ZX2, Japonska) pripravili gladko površino in jo nato fotografirali (Canon EOS70D, Japonska) (slika 3). Fotografije smo nato obdelali v programu Adobe Photoshop Elements 2020 in jih pripravili za dendrokronološko analizo.

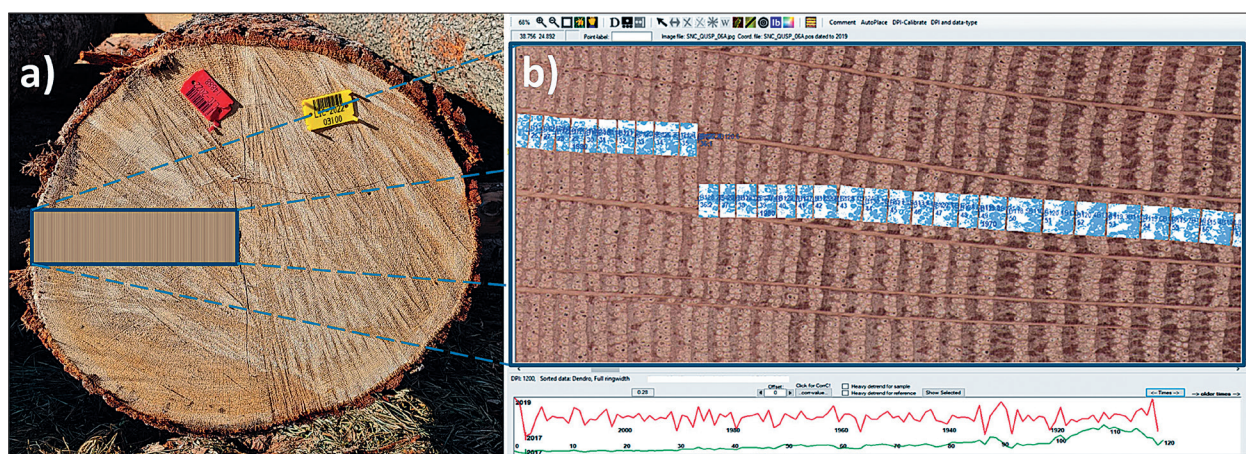
Za merjenje širine branik ter ranega in kasnega lesa smo uporabili program Coorecorder 9.6 (Cybis Elektronik & Data AB, Nemčija) (slika 3). V programu CDendro smo izmerjene serije branik preverili in pretvorili v format *.fh ali *.rwl. Sinhroniziranje in

datiranje smo izvedli s programsko opremo TSAP Win[®] (Rinntech, Heidelberg, Nemčija).

2.4 PRIDOBIVANJE IN ANALIZA PODATKOV O CENI HLODOVINE

2.4 OBTAINING AND ANALYSING LOG PRICE DATA

Hlodovina je bila med dražbo na ogled potencialnim kupcem, s podatki o dolžini (L), srednjem premeru (D) in prostornini (V). Na dražbi so si potencialni kupci ogledali sortimente in izvajalcu dražbe lesa predložili zaprte ponudbe. Po koncu dražbe je bilo odpiranje ponudb, hlodovino pa so prodali najboljšemu ponudniku. Dosežene cene za posamične hlope, podane na sortiment (EUR/kos) ter na enoto prostornine (EUR/m³), so bile na koncu objavljene v katalogu licitacije.



Slika 3. Princip rezkanja čelne površine hloda (a) in zajem ter obdelava slike z letnimi prirastki v programu Coorecorder 9.6 (Cybis Elektronik & Data AB, Nemčija) (b).

Figure 3. The principle of creating a groove in the cross-section of the log (a), and the image acquisition and analysis of tree rings in Coorecorder 9.6 software (Cybis Elektronik & Data AB, Germany) (b).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 GEOMETRIJSKE IN PRIRASTNE ZNAČILNOSTI HLODOVINE

3.1 GEOMETRIC AND GROWTH CHARACTERISTICS OF LOGS

Dobra tretjina sortimentov na dražbi ($n_A = 481$, $n_{A1} = 460$, $n_{A2} = 21$) je spadala med furnirsko hlodovino (A), dobro polovico je predstavljala najboljša žagarska hlodovina (B, $n_B = 705$), desetina hlodovine ($n_C = 132$) pa je bila srednje žagarske kakovosti (C). Pri premeru in starosti hlodovine je glede na kakovostni razred prihajalo do značilnih razlik (t-test, $p <$

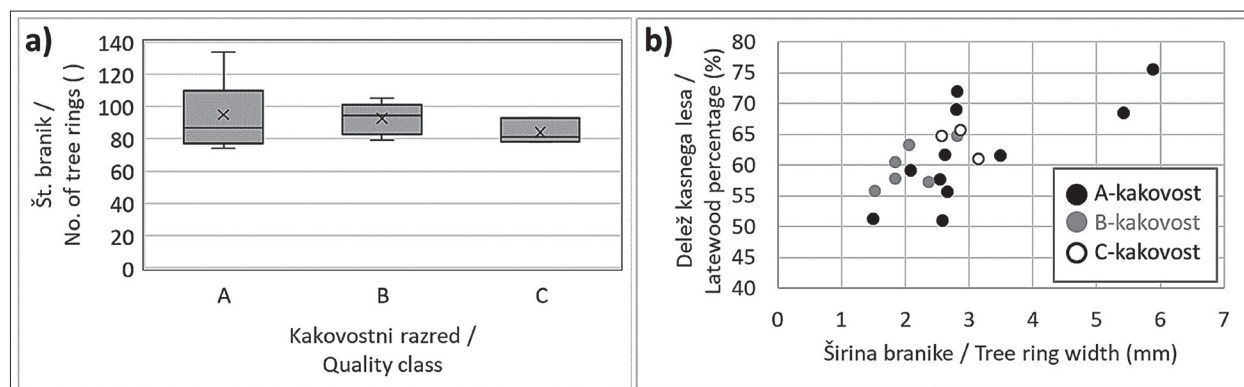
0,05). V 1. kakovostnem razredu (A) je bil povprečni premer (D) hlodovine 63 cm (St.dev. = 7,0; St.dev. – Standardni odklon), v 2. kakovostnem razredu (B) je znašal 53 cm (St.dev. = 13,1), najmanjši pa je bil v 3. kakovostnem razredu (C; D = 42 cm; St.dev. = 14,4) (preglednica 1). Povprečna kambijeva starost hlodovine (število branik na nivoju 4–4,5 m nad tlemi) je bila v 1. in 2. kakovostnem razredu nad 90 let, v 3. pa nekoliko nižja (84 let) (slika 4).

Največje letne prirastke, povprečno nad 3 mm, smo zasledili pri furnirski hlodovini (A), pod to mejo pa je bila povprečna širina branik pri žagarski hlodovini (B, C). Izkazalo se je, da je variabilnost širine

Preglednica 1. Povprečne geometrijske značilnosti hrastove hlodovine po kakovostnih razredih (L – dolžina, D – premer; $n = 1318$ hlodov) ter prirastne značilnosti izbranih hlodov ($n = 36$); standardni odklon je naveden v oklepajih.

Table 1. Mean properties of auctioned oak logs by quality classes (L – length, D – diameter; $n = 1318$ logs) and tree ring characteristics for 36 logs; standard deviation is given in parentheses.

Kakovostni razred / Quality class	L (m)	D (cm)	Število branik / No. of tree rings	Širina branike / Tree ring width (mm)	Delež kasnega lesa / Latewood proportion (%)
A	424 (92)	63 (7,0)	95 (19)	3,12 (1,34)	62,1 (8,24)
B	406 (70)	53 (13,1)	93 (10)	2,67 (0,46)	59,9 (3,57)
C	470 (77)	42 (14,4)	84 (8)	2,86 (0,29)	63,9 (2,47)



Slika 4. Starost hrastove hlodovine v posameznem kakovostnem razredu (a) in povezava deleža kasnega lesa s širino branik (b).

Figure 4. Cambial age of oak logs in each grade (a), and correlation of the proportion of latewood with the tree ring width (b).

branik pri furnirski hlodovini največja, kjer smo zasledili povprečne prirastke od 1,5 pa vse do 5,9 mm. Potrdili smo značilnost venčasto porodne hrastovine, da se s širino branik povečuje tudi delež kasnega lesa (slika 4) (Zhang et al., 1993). Pri najširših povprečnih letnih prirastkih je delež kasnega lesa znašal vse do 76 %, povprečno 62 %, pri najožjih pa le 51 %.

Številni avtorji ugotavljajo pozitivno povezavo širine branik z gostoto hrastovega lesa (Čufar, 2006; Gorišek, 2009; Zhang et al., 1993). Nekatere raziskave navajajo tudi večje prirastke hrastovine pri nižji starosti kambija (< 30 let), kot posledica juve-

nilnosti. Za hrastovino je tudi značilno, da je širina ranega lesa pogosto bolj ali manj konstantna, neodvisna od kambijeve starosti, in odvisna od količine padavin v rastni sezoni (Zhang et al., 1993).

3.2 POVEZAVA KAKOVOSTI, VREDNOSTI IN AKUSTIČNIH LASTNOSTI HLODOVINE

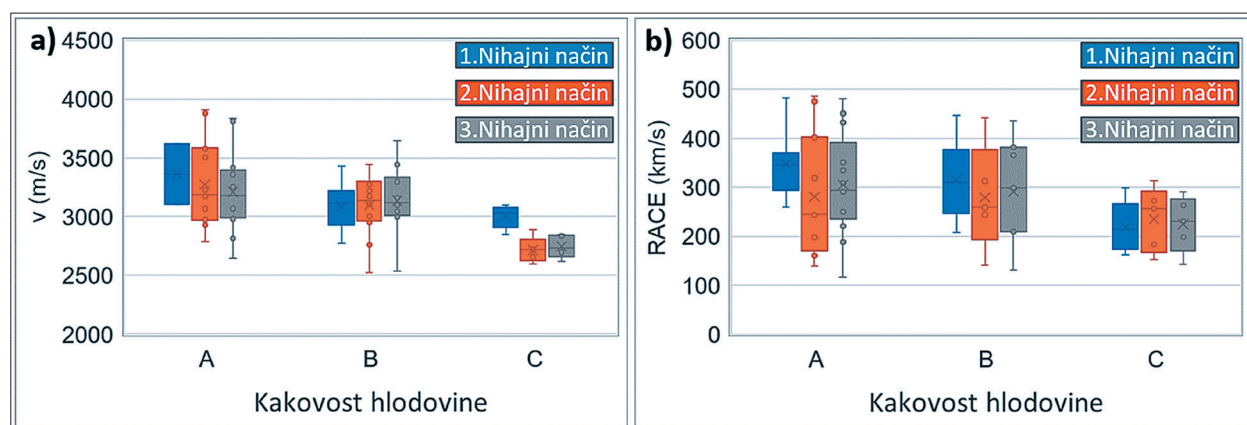
3.2 LINKING THE QUALITY, VALUE AND ACOUSTIC PROPERTIES OF LOGS

Vizualno ocenjena kakovost hrastove hlodovine je bila tesno povezana z njeno vrednostjo, merjeno z doseženo ceno na prostorninsko enoto. Najvišjo vrednost na prostorninsko enoto je doseg-

Preglednica 2. Povprečna cena hrastove hlodovine s 15. dražbe vrednejših sortimentov v letu 2021 glede na kakovostni razred (n = 1318 hlodov) ter izmerjene akustične lastnosti (v – povprečna hitrost vzdolžnega nihanja, $\tan\delta$ – povprečni koeficient dušenja, RACE – povprečna relativna učinkovitost akustične pretvorbe za 78 izbranih hlodov); standardni odklon je naveden v oklepaju.

Table 2. Mean price gained of auctioned oak logs by quality classes (n = 1,318 logs, 15th auction of valuable logs in Slovenj Gradec in 2021) and measured acoustic properties (v – mean stress wave velocity, $\tan\delta$ – mean vibration damping coefficient, RACE – mean relative acoustic conversion efficiency for 78 selected logs); standard deviation is given in parentheses.

Kakovostni razred / Quality class	Cena / Price (EUR/m ³)	v (m/s)	$\tan\delta \cdot 10^{-3}$ ()	RACE [km/s]
A	506 (104)	3115 (228)	26,8 (11,8)	343 (85)
B	421 (110)	3106 (271)	27,3 (18,2)	316 (78)
C	131 (121)	3065 (298)	72,5 (20,1)	214 (86)



Slika 5. Hitrost vzdolžnega nihanja (a) in relativna učinkovitost akustične pretvorbe RACE (b) v odvisnosti od kakovosti hrastove hlodovine v prvem, drugem in tretjem nihajnem načinu (A – izjemna furnirska hlodovina, B – odlična žagarska hlodovina, C – žagarska hlodovina srednje kakovosti).

Figure 5. Stress wave velocity (a) and relative acoustic conversion efficiency (RACE) of oak logs (b) in 1st, 2nd and 3rd vibration modes (blue, orange, gray); log quality: A–exceptional, veneer quality, B–excellent, C–medium).

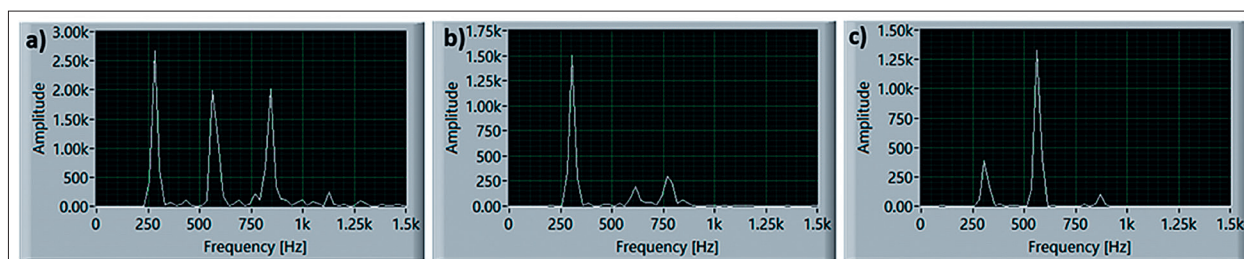
la furnirska hlodovina (A, 506 EUR/m³). Povprečna cena najboljše žagarske hlodovine (B) je bila nekoliko nižja (421 EUR/m³). Dosežena cena žagarske hlodovine srednje kakovosti (C) pa je bila bistveno nižja, in je znašala 131 EUR/m³ (preglednica 2). Zdi se, da je poleg kakovosti eden od kriterijev za doseganje cene tudi premer hlodovine (preglednica 1), in z njim povezan večji materialni izkoristek. Slednji je boljši pri hlodovini večjega premera tako pri predelavi v furnir, bodisi rezan, plemenit ali luščen, kot tudi pri predelavi hlodovine v žagan les (Dumitrascu et al., 2013). Znano je, da dodatno negativno na izkoristek žagarske hlodovine pri predelavi v žagarske sortimente vplivajo prisotne strukturne anomalije (Marenče et al., 2016).

Izmerjena hitrost vzdolžnega valovanja je bila največja pri furnirski hlodovini (A) in najmanjša pri žagarski hlodovini srednje kakovosti (C). Padanje hitrosti preleta zvoka s kakovostjo hlodovine ugotavljajo že nekatere predhodne študije na hrastovi, smrekovi in bukovi hlodovini (Kurowska et al., 2016; Straže et al., 2015, 2020). Pri tem izpostavljajo delež grč na prečnem prerezu skupaj z usmerjenostjo in dolžino vlaken, odklonom od aksialnega poteka in prisotnost reakcijskega lesa kot najvplivnejše dejavnike na nižanje hitrosti mehanskega valovanja v stoječih drevesih in hlodovini (Legg & Bradley, 2016; Rais et al., 2014; Tsehaye et al., 2000). Študije poročajo tudi o negativnem vplivu nepravilne

geometrijske oblike hlodov, kot so nepravilni prečni prerezi, ovalnost, zavrtost, koničnost in druge rastne napake. Sicer je dobro znan negativen vpliv lesne vlažnosti na hitrost mehanskega nihanja v lesu, ki pa v tej raziskavi ni relevanten, saj je bila hlodovina proučevana v svežem stanju, nad vlažnostjo nasičenja celicnih sten, kjer je hitrost konstantna (Barrett & Hong, 2009).

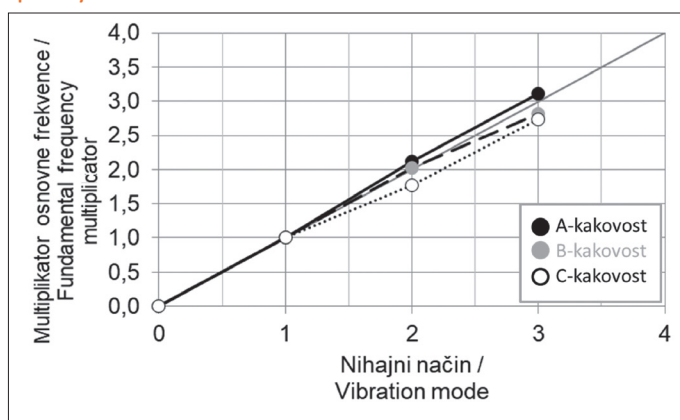
Pri analizi frekvenčnega odziva smo potrdili padanje hitrosti vzdolžnega mehanskega nihanja z zmanjševanjem kakovosti hrastove hlodovine (A → C) tudi v višjih nihajnih načinih. Najnižje vrednosti smo dobili pri hlodih najnižjega kakovostnega razreda (C) (slika 5). Enak trend smo potrdili tudi pri relativni učinkovitosti akustične pretvorbe RACE, saj se je tudi dušenje vibracij znatno povečalo pri hlodovini nižje kakovosti (C) (preglednica 2; slika 5). Rezultati kažejo, da lahko s podrobnejšo akustično analizo, t. j. z določanjem kazalnika RACE, uspešno ločimo hlodovino najslabše kakovosti (C) od najboljše furnirske (A) in žagarske hlodovine (B).

Pri vzdolžnem nihanju popolnih izotropnih elastičnih vitkih preizkušancev so frekvence višjih nihajnih načinov vselej večkratniki osnovne frekvence (Bucur, 2006). Takšen teoretični frekvenčni odziv je bil potrjen le pri furnirski hrastovi hlodovini (A). To nakazuje, da v tej hlodovini ni prisotnih strukturnih anomalij v obsegu, ki bi vplivale na čas preleta in način iznihanja vzbujenih vibracij, kot posledici



Slika 6. Frekvenčni spektri z resonančnimi frekvencami v 1., 2. in 3. vzdolžnem nihajnem načinu: a) A – furnirska hlodovina, b) B – odlična žagarska hlodovina, c) C – žagarska hlodovina srednje kakovosti.

Figure 6. Frequency spectra with resonance frequencies of oak logs in 1st, 2nd and 3rd longitudinal vibration modes: a) A–exceptional, veneer quality, b) B–excellent sawn timber quality, c) C–medium sawn timber quality.



Slika 7. Frekvenčno razmerje (f_2/f_1 , f_3/f_1 , f_4/f_1) pri hrastovi hlodovini različne kakovosti (A – furnirska hlodovina, B – odlična žagarska hlodovina in C – žagarska hlodovina srednje kakovosti).

Figure 7. Frequency ratio (f_2/f_1 , f_3/f_1 , f_4/f_1) of oak logs of different quality (A–exceptional, veneer quality, B–excellent sawn timber quality and C–medium sawn timber quality).

ce dušenja (slika 6a). Pri hrastovi hlodovini žagarske kakovosti (B in C) so frekvenčni spektri močno odstopali od teoretično pričakovanih (sliki 6b, 6c). V tej hlodovini višje frekvence niso več večkratniki osnovne frekvence. Amplitude v višjih nihajnih načinih so bile v nekaterih primerih celo močnejše kot v osnovnem načinu. Menimo, da je takšen odziv posledica notranjih strukturnih nepravilnosti v hlo-dih nižje kakovosti (B, C) (slika 1).

Raziskava povprečnega razmerja med frekvencami višjih nihajnih načinov in osnovnim nihajnim načinom (f_2/f_1 , f_3/f_1 , f_4/f_1) je pri hrastovi hlodovini A in B kakovostnega razreda pokazala vrednosti nad idealno premico ($y = x$). Pri hrastovi hlodovini srednje žagarske kakovosti (B) smo dobili vrednosti pod idealno črto ($y = x$) (slika 7). Slednje je povezano s prisotnostjo nekaterih strukturnih značilnosti v hlo-dih (grčavost, koničnost, ekscentričnost, ovalnost prereza ...), od katerih so nekatere zunanje vidne (slika 1) in zmanjšujejo kakovost hlodovine (McConnell, 2016).

5 ZAKLJUČKI

5 CONCLUSIONS

Kakovost hrastove hlodovine, določena vizualno na osnovi značilnosti (Pravilnik ..., 2017), je bila pozitivno povezana in v sorazmerju s ceno gozdno-lesnih sortimentov, ki jo je dosegla na dražbi vrednejšega okroglega lesa v Slovenj Gradcu. Najkvalitetnejša hlodovina je imela večje premere, več in povprečno širše prirastne plasti. Potrdili smo značilno pozitivno povezavo med vizualno oceno kakovosti hlodovine (A – izjemna, furnirska hlodovina, B – odlična žagarska hlodovina, C – žagarska hlodovina srednje kakovosti), hitrostjo vzdolžnega mehanskega nihanja (v) in relativno učinkovitostjo akustične pretvorbe (RACE). Pri hrastovi hlodovini nižje kakovosti (B in C) so frekvenčni spektri znatno odstopali od teoretičnih, kjer resonančne frekvence v višjih nihajnih načinih niso večkratniki osnovne frekvence. Raziskava je potrdila možnost in obetavnost uporabe nedestruktivnih akustičnih metod za oceno kakovosti hrastove hlodovine.

6 POVZETEK

6 SUMMARY

The quality of logs is traditionally determined visually by the characteristics and dimensions of the assortments, and depends in particular on the presence of certain anomalies, such as the size and number of knots, eccentricity and ovality of the cross-section, conicity, end cracks, etc. Some anomalies also have a significant influence on the mechanical and acoustic properties of the wood.

Structural anomalies in logs and sawnwood can be detected and determined by both destructive and non-destructive methods, but only the latter are relevant for use in practice. Visual appraisal is one of the traditional, low-cost, non-destructive methods, but because of the time involved, it is only really applicable in smaller productions. Despite defined rules and standards, even this type of assessment can be subjective and dependent on the human factor. In order to optimize the use, grading and evaluation of oak logs, the study investigated the possibility of assessing the quality of logs using acoustic, non-destructive methods.

In this study, we examined auctioned oak logs (*Quercus robur* and *Quercus petraea*) from the 15th auction of valuable logs in Slovenj Gradec in 2021. Of the total 1,318 auctioned logs, 78 were selected for analysis. The selected logs were visually sorted according to their quality in accordance with the current Rules for Measurement and Grading of Forest Timber Assortments from Forests Owned by the Republic of Slovenia (Rules..., 2017). According to national regulations, which, like a similar European standard (EN 1316-1: 2010), specify the required size and geometry of the logs, as well as the allowable size and number of visible anomalies (irregular shape in the cross section, sweeping, tapering, presence of knots, etc.). The dendrochronological analysis of the logs also included the analysis of annual growth rings and acoustic properties using the longitudinal vibration resonance method.

The highest quality logs had the largest diameters, the highest number of annual rings, and on average the widest annual rings with a larger proportion of latewood. We confirmed the characteristics of ring-porous oak that the proportion of latewood, and thus wood density, increases with the width of the growth rings. The visually evaluated quality of the oak logs was closely related to their

value, i.e. the price obtained per unit volume. The highest value per unit volume was obtained for veneer logs (A), while the price for sawn roundwood (B, C), especially for medium quality logs (C), was significantly lower.

The measured longitudinal stress wave velocity was highest for veneer logs (A) and lowest for medium quality sawlogs (C). Frequency response analysis confirmed that longitudinal stress wave velocity decreased with decreasing log quality, even in the higher vibration modes. The same trend was confirmed for relative acoustic conversion efficiency (RACE), as vibration damping ($\tan\delta$) also increased significantly for lower quality logs. The frequency spectra for lower quality logs deviated significantly from the theoretical spectra. The study confirms the feasibility and great potential of using non-destructive acoustic methods to evaluate the quality of oak logs.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Zahvala podjetju Tiama d.o.o., gospe Klavdiji Jeromel in gospodu Jožetu Jeromlu, za možnost izvedbe meritev licitirane hlodovine. Delo je nastalo v okviru ciljnega raziskovalnega programa V4-2016 Možnosti rabe listavcev v slovenskem biogospodarstvu, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, v okviru dela na programih Javne agencije za raziskovalno dejavnost republike Slovenije ARRS, P4-0015 Les in lignocelulozni kompoziti ter P4-0430 Gozdno-lesna veriga in podnebne spremembe: prehod v krožno biogospodarstvo. Študija je tudi del raziskav v okviru projekta "Raziskovalci-2.1-UL-BF-952011" pogodba št. C3330-19-952011, ki ga sofinancirata Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport in Evropski sklad za regionalni razvoj.

VIRI

REFERENCES

- Barrett, J. D., & Hong, J. P. (2009). Moisture content adjustments for dynamic modulus of elasticity of wood members. *Wood Science and Technology*, 44(3), 485–495.
- Bucur, V. (2006). Acoustics of wood. In T. E. Timell & R. Wimmer (Eds.), *Springer Series in Wood Science*. Berlin: Springer-Verlag.

- Carter, P., Wang, X., & Ross, R. J. (2013). Field application of processor head acoustic technology in forest harvest operations. In R. J. Ross & X. Wang (Eds.), 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium (pp. 7–14). USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Čufar, K. (2006). Anatomija lesa. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Dumitrascu, A. E., Ciobanu, V. D., & Lepadatescu, B. (2013). ValORIZATION of wood resources for the cutting of decorative veneer in the context of sustainable development of Romanian forests. *BioResources*, 8(2), 4298–4311. DOI: <https://doi.org/10.15376/biores.8.3.4298-4311>
- Gorišek, Ž. (2009). Les: Zgradba in lastnosti–njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Gornik Bučar, D., & Bučar, B. (2009). Uporaba metode frekvenčnega odziva za določanje modula elastičnosti žaganega lesa. *Les/Wood*, 61, 5, 240–245.
- Gornik Bučar, D., & Bučar, B. (2011). Strength grading of structural timber using the single mode transverse damped vibration method. *Wood research*, 56, 1, 67–75.
- Karaszewski, Z., Bemberek, M., Mederski, P. S., Szczepanska-Alvarez A., Byczkowski, R., Kozłowska, A., Mischnowicz, K., & Przytula, W. (2013). Identifying beech round wood quality–Distributions and the influence of defects on grading. *Drewno*, 56(189), 39–54. DOI: <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.041.03> (22.5.2023)
- Krajnc, L., Kadunc, A., & Straže, A. (2019). The use of ultrasound velocity and damping for the detection of internal structural defects in standing trees of European beech and Norway spruce. *Holzforschung*, 73(9), 807–836. DOI: <https://doi.org/10.1515/hf-2018-0245>
- Kurowska, A., Kozakiewicz, P., & Gladzikowski, T. (2016). Ultrasonic waves propagation velocity and dynamic modulus of elasticity of European oak, European aspen, American cherry and wenge wood. *Annals of Warsaw University of Life Sciences*, 93, 83–88.
- Legg, M., & Bradley, S. (2016). Repository, ResearchSpace. DOI: <https://doi.org/10.1121/1.4940210>
- Longuetaud, F., Mothe, F., Kerautret, B., Krähenbühl, A., Hory, L., Leban, J. M., & Debled-Rennesson, I. (2012). Automatic knot detection and measurements from X-ray CT images of wood. A review and validation of an improved algorithm on softwood samples. *Computers and Electronics in Agriculture*, 85(7), 77–89.
- Marenče, J., Gornik Bučar, D., & Šega, B. (2016). Bukovina–povezave med kakovostjo dreves, hlodovine in žaganega lesa. *Acta Silvae et Ligni*, 111, 35–47. DOI: <https://doi.org/10.20315/asetl.111.4>
- Marenče, J., Šega, B., & Gornik Bučar, D. (2020). Monitoring the quality and quantity of beechwood from tree to sawmill product. *Drvena Industrija*, 41(1), 119–128. DOI: <https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.613>
- McConnell, T. E. (2016). Quality indexes for oak sawlogs based on green lumber grade yields. *Forest Products Journal*, 67(3/4), 245–249.
- Meyers, M. A. (1994). *Dynamic Behaviour of Materials*. Wiley & Sons.
- Obataya, E., Ono, T., & Norimoto, M. (2000). Vibrational properties of wood along the grain. *Journal of Materials Science*, 35, 2993–3001.
- Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov. 2017. Uradni list RS, št. 9/2016.
- Račko, V. (2013). Verify the accuracy of estimation the model between dimensional characteristics of branch scar and the location of the knot in the beech trunk. *Forestry and Wood Technology*, 84, 60–65.
- Rais, A., Pretzsch, H., & Kuilen, J. W. G. (2014). Roundwood pre-grading with longitudinal acoustic waves for production of structural boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72, 87–98. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00107-013-0757-5>
- Ross, R. (2015). *Nondestructive Evaluation of wood*. Forest Producty Laboratory.
- Sioma, A. (2015). Assessment of wood surface defects based on 3D image analysis. *Wood Research*, 60(3), 339–350.
- SIST EN 1316-1:2010. Hardwood round timber–Qualitative classification–Part 1: Oak and beech. CEN, Brussels, 9 str.
- Straže, A., Dremelj, M., Žveplan, E., & Čufar, K. (2018). Spremembe fizikalnih lastnosti hrastovega lesa iz zgodovinskih konstrukcij v življenjski dobi. *Les/Wood*, 67(1), 5–14.
- Straže, A., Mitkovski, B., Tippner, J., Čufar, K., & Gorišek, Ž. (2015). Structural and acoustic properties of African padouk (*Pterocarpus soyauxii*) wood for xylophones. *European Journal of Wood and Wood Products*, 73(2), 235–243.
- Straže, A., Plavčak, D., Žveplan, E., & Gorišek, Ž. (2020). Linking visual and stress wave grading of beech wood from the log to the sawmill product. *Environmental Sciences Proceedings*, 1, 1–6.
- Straže, A., Žigon, J., Pervan, S., Mikšik, M., & Prekrat, S. (2023). The influence of processing conditions on the quality of bent solid wood from European oak. *Forests*, 14(5), 1–11. DOI: <https://doi.org/10.3390/f14051047>
- Torkaman, J., Vaziri, M., Sandberg, D., & Limae, S. M. (2018). Relationship between branch-scar parameters and knot features of oriental beech (*Fagus orientalis Libsky*). *Wood Material Science and Engineering*, 13(2), 1–4. DOI: <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1424731>
- Tsehaye, A., Buchanan, A. H., & Walker, J. C. F. (2000). Sorting of logs using acoustics. *Wood Science and Technology*, 34, 337–344.
- Wang, X., Carter, P., Ross, R. J., & Brashaw, B. K. (2007). Acoustic assessment of wood quality of raw materials–a path to increased profitability. *Forest Products Journal*, 57(5), 6–14.
- Zhang, S.-Y., Owoundi, R. E., Nepveu, G., Mothe, F., & Dhote, J. F. (1993). Modelling wood density in European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) and simulating the silvicultural influence. *Canadian Journal of Forest Research*, 23, 2587–2593.

LesGoBio–Možnosti rabe lesa listavcev v slovenskem biogospodarstvu

LesGoBio–Possibilities of hardwood utilisation in the Slovenian bioeconomy

Peter Prislan, Špela Ščap, Matevž Triplat

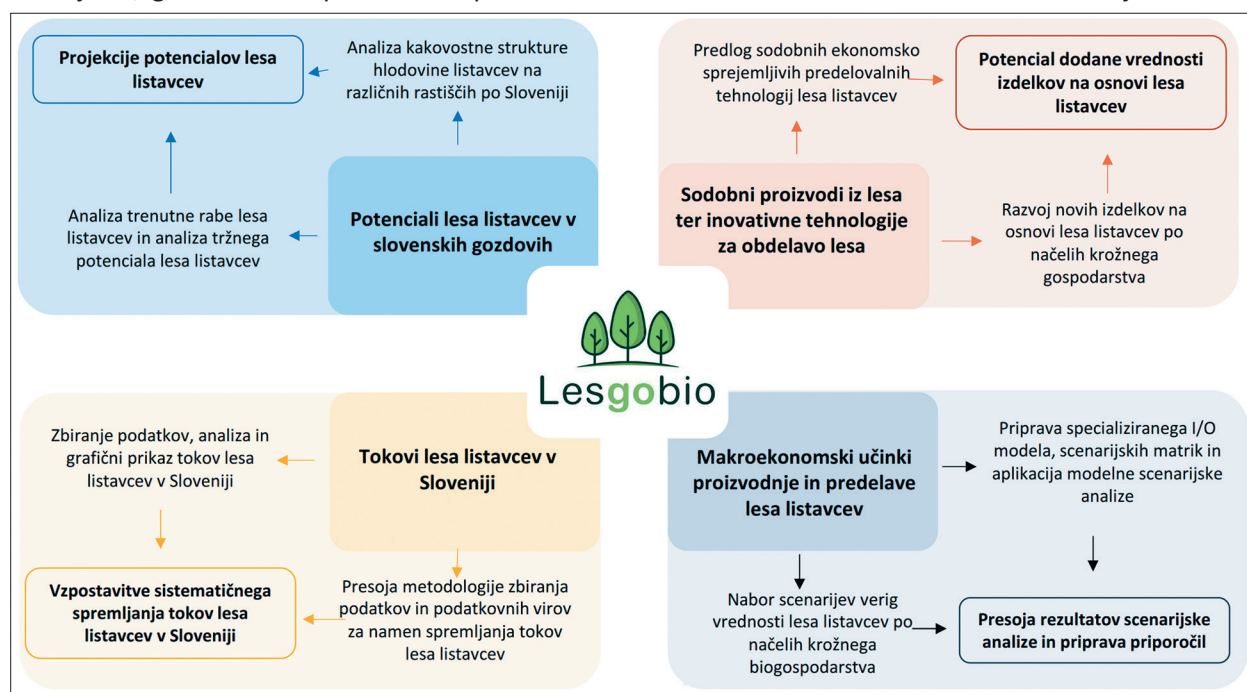
V okviru ciljnega raziskovalnega projekta LesGoBio smo se ukvarjali s problematiko slabše izkoriščenosti lesa listavcev iz slovenskih gozdov. Namen projekta je bil (I) ovrednotiti razpoložljive tržne količine in trenutne rabe lesa listavcev, (II) analizirati tokove lesa listavcev, (III) opredeliti obetavne, okoljsko sprejemljive in ekonomsko izvedljive postopke obdelave ali predelave ter nove materiale/izdelke iz lesa listavcev. Vodilni cilj projekta je bil oblikovati scenarije implementacije sodobnih tehnologij za proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo ter opraviti makroekonomske analize trenutnega stanja ter alternativnih scenarijev mobilizacije lesa.

Vodilna organizacija projekta je Gozdarski inštitut Slovenije, sodelujoči organizaciji pa Oddelek za lesarstvo in Oddelek za zootehniko, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Projekt v vrednosti 170.000 € se je izvajal 3 leta (1.11.2020 do 30.10.2023), financiralo pa ga je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano Republike Slo-

venije (MKGP) in Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS).

Rezultate projekta, ki naslavlja zgoraj predstavljeni cilj, predstavljajo prispevki pričujoče tematske številke. V okviru projekta pa so nastala tudi praktična orodja, ki so prosto na voljo vsem uporabnikom na spletnem portalu WCM Info gozd ali Moj Gozdar.

V okviru projekta Net4Forest je nastalo **spletno orodje za razvrščanje okroglega lesa po kakovosti**, namenjeno vsem uporabnikom, ki želijo na priročen način določiti kakovost hlodovine in obenem pridobiti osnovno znanje o vrednotenju gozdnih lesnih sortimentov. Kot temeljni vir so bila uporabljena nemška pravila dobre prakse RVR. Sistem uporabnika vodi skozi sklop vprašanj o napakah in dimenzijah sortimenta. Pri posamezni napaki lesa uporabnik vnaša delne meritve, sistem pa na podlagi formul za določevanje kvarnega vpliva izračuna vrednost napake in hloed uvrsti v ustrezen kakovostni razred. Pri meritvah dimenzij sistem av-



Slika 1. Vsebinski sklopi projekta LesGoBio.

Figure 1. Schematic representation of the LesGoBio project.

Moj Gozdar

Vzorec profila

Moj profil | Razširjen profil | Spremeni geslo | Odjava

Sortimentacija

Sortimentacija | Seznam sortimentacij

Trenutni kakovostni razred: **B**

Volumen sortimenta: 0,51m³

Zrasle grče	Nezrasle grče	Ekscentričnost	Krivost	Koničnost	Čelne razpoke	Kolesovitost	Insekti	Trda trohnoba	Mehka trohnoba	Obarvanost	Prijetnost podlubenikov
-------------	---------------	----------------	---------	-----------	---------------	--------------	---------	---------------	----------------	------------	-------------------------

3. Lastnosti hloda

1/12 Zrasle grče [cm]

Izmerimo premer največje zrasle grče na hlodu v centimetrih. Merimo najmanjši premer grče, brez upoštevanja vejnega ovrtnika.

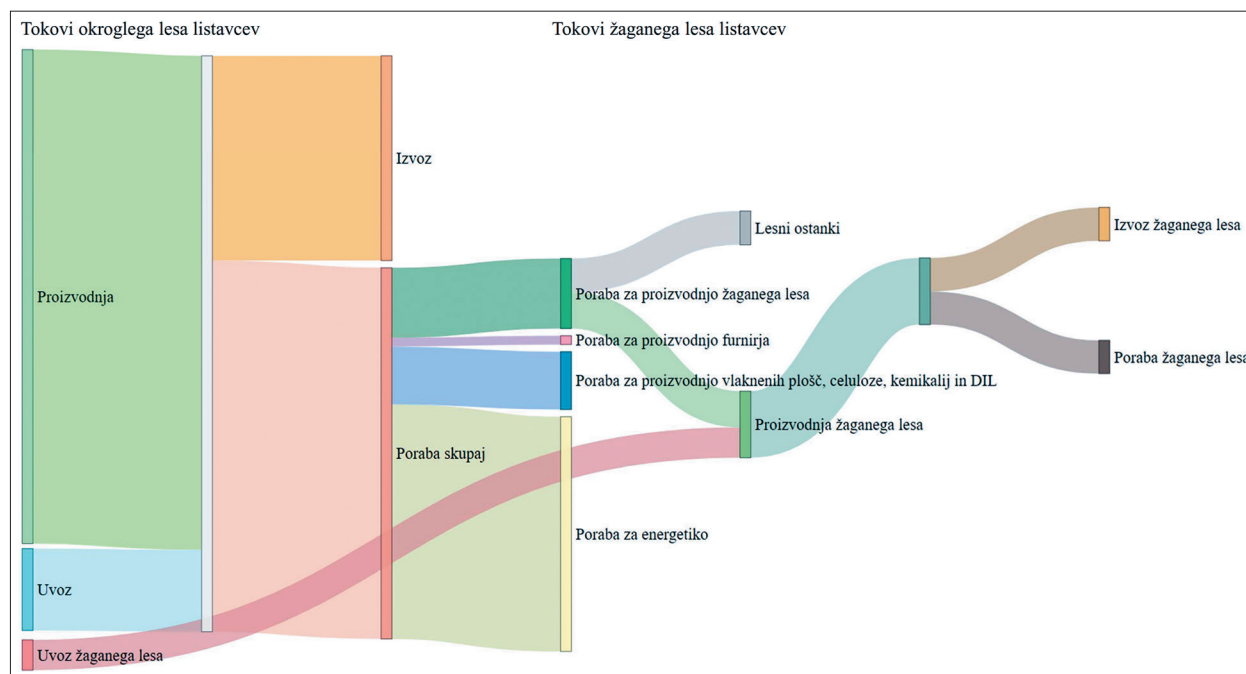
☐ Grče so prisotne

Velikost prisotnih grč [cm]

☒ Grče niso prisotne

Slika 2. Spletno orodje za razvrščanje okroglega lesa po kakovosti je na razpolago na naslednji spletni povezavi: <https://wcm.gozdis.si/sl/orodja/sortimentacija/> ali <https://www.mojgozdar.si/sortimentacija/>

Figure 2. The application for grading of roundwood is available on the following website: <https://wcm.gozdis.si/sl/orodja/sortimentacija/> ali <https://www.mojgozdar.si/sortimentacija/>

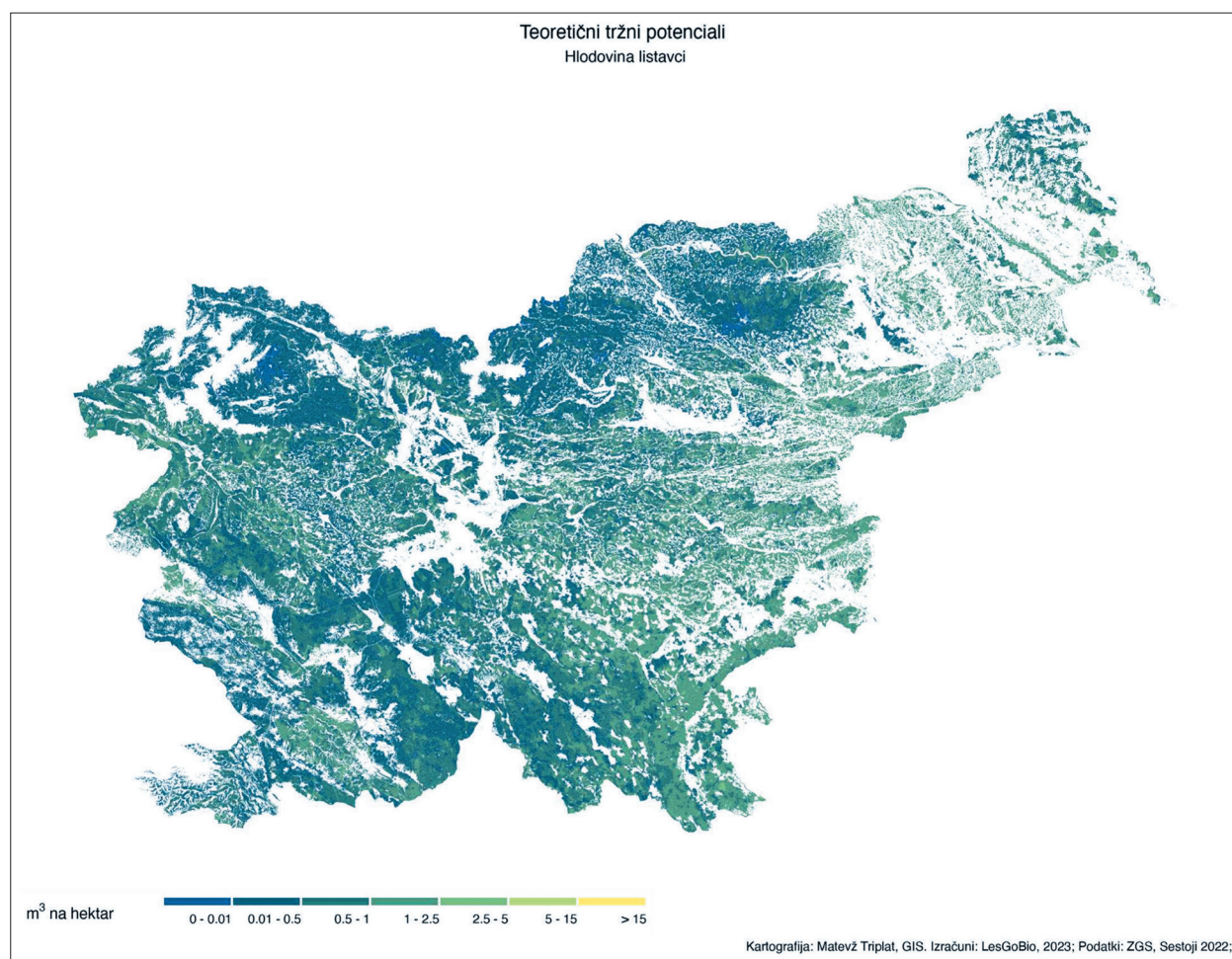


Slika 3. Tokovi okroglega in žaganega lesa listavcev v Sloveniji v letu 2021. Podatki o tokovih okroglega lesa se redno objavljajo na spletni strani (<https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/kazalniki/podatki/2021090721292844/tokovi-okroglega-lesa/?year=2021>).

Figure 3. Round (a) and sawn (b) hardwood flows in Slovenia in 2021. Data on round wood flows are regularly published on the website (<https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/kazalniki/podatki/2021090721292844/tokovi-okroglega-lesa/?year=2021>).

tomatizirano upošteva nominalno dolžino, nadmerno, odbitki dvojne debeline skorje pa se upoštevajo na podlagi orientacijskih vrednosti. S projektom

LesGoBio je bilo spletno orodje nadgrajeno tako, da omogoča alternativni način razvrščanja hlodovine po pravilih razvrščanja sortimentov iz gozdov



Slika 4. Dejanski in teoretični tržni potenciali hlodovine in lesa slabše kakovosti listavcev iz slovenskih gozdov (vir podatkov: Zavod za gozdove–Sestoji 2021 in Timber 2018-2022; preračuni Gozdarski inštitut Slovenije). Podatki in zemljevidi potencialov hlodovine so objavljeni na naslednji spletni povezavi: <https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/zemljevidi/2021062108383582/potenciali-okroglega-lesa/>

Figure 4. Actual and theoretical market potentials of logs and wood of lower quality of hardwoods from Slovenian forests (source of data: Zavod za gozdove – Sestoji 2021 and Timber 2018-2022; calculations by the Forestry Institute of Slovenia). Data and maps of roundwood potentials are published on the website: <https://wcm.gozdis.si/sl/podatki/zemljevidi/2021062108383582/potenciali-okroglega-lesa/>

v lasti RS (Pravilnik o merjenju in razvrščanju gozdnih lesnih sortimentov iz gozdov v lasti Republike Slovenije. 2020. Uradni list Republike Slovenije, št. 195/2020). Poleg alternativnega načina razvrščanja nadgradnje zajemajo tudi druge funkcionalnosti kot na primer: prikaz postopka vnosa podatkov – vključevanje podatka o volumnu sortimenta; prilagoditev delovanja obrazca za vnos podatkov – dodatne hitre povezave na pretekle/naslednje korake; možnost predčasnega zaključevanja vnosa podatkov in druge. Orodje je osnovano kot spletna aplikacija, za uporabo torej potrebujemo povezavo s spletnim

omrežjem. Prikazana maska pa je prilagojena tudi za uporabo na mobilnih napravah.

Med pomembnejšimi rezultati projekta je tudi nadgradnja sistematičnega spremljanja tokov lesa listavcev v Sloveniji. Opravljena raziskava med predelovalci okroglega industrijskega lesa (tj. hlodovina, les za celulozo in plošče, drug okrogli industrijski les) listavcev v letu 2022, je pripomogla k natančnejšim analizam in razumevanju snovnih tokov lesa listavcev v Sloveniji. V sklopu projekta je bila metodologija spremljanja tokov lesa listavcev nadgrajena s podatki o nadaljnji rabi okroglega

lesa, s poudarkom na žaganem lesu. Rezultati za referenčno leto 2021 kažejo, da je proizvodnja okroglega lesa listavcev znašala 1,907 mio m³, od tega je z 52 % prevladoval les za kurjavo. Poraba okroglega lesa listavcev je znašala 1,433 mio m³, od tega je bilo 63 % predelanega za energetske namene, 19 % v industriji žaganega lesa, 16 % okroglega lesa listavcev je bilo predelanega v industriji lesnih kompozitov, mehanske celuloze in kemikalij in 2 % v industriji furnirja. Proizvodnja žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,140 mio m³, količina lesnih ostankov pri predelavi žaganega lesa pa je znašala 0,130 mio m³, kar predstavlja 48 % porabe okroglega lesa listavcev v industriji žaganega lesa. Bilančna poraba žaganega lesa listavcev je v letu 2021 znašala 0,128 mio m³, vendar je pri interpretaciji potrebna previdnost predvsem zaradi nepopolnih podatkov o zunanji trgovini te vrste proizvoda.

V okviru projekta je bila posodobljena metodologija za izračun ocen dejanskih tržnih količin in

teoretičnih tržnih potencialov lesa listavcev. Teoretični tržni potencial predstavlja maksimalno količino lesa, ki se skladno z gozdnogospodarskimi načrti lahko poseka in je hkrati lahko na razpolago na trgu ter pri tem še vedno zagotavlja trajnostna načela gospodarjenja z gozdovi.

Dejanski tržni potencial se nanaša na dejanski povprečni letni posek lesa in predstavlja količine, ki so se pojavile na trgu v obdobju od leta 1995 do leta 2022. V sklopu projekta LesGoBio smo razvili tudi metodologijo za izračun tehničnega potenciala okroglega lesa. Tehnični potencial je na voljo pod trenutnimi pogoji dostopnosti s tehnološkega vidika. Gre za lesne surovine, ki so dostopne z vidika terenskih razmer in infrastrukturnega omrežja. Novo razviti tehnični potencial bo tako predstavljal maksimalno količino lesa, ki bi jo lahko ob upoštevanju tehnoloških omejitev posekali in ponudili na trgu in bi pri tem še zagotavljali trajnostno gospodarjenje z gozdovi. ●

Gozdarski inštitut Slovenije je zahvalo za dolgoletno sodelovanje podelil prof. dr. Mihi Humarju in Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire

Tina Drolc

Na Gozdarskem inštitutu Slovenije se je na začetku leta 2023 iztekel drugi petletni mandat direktorju doc. dr. Primožu Simončiču, ki se je ob zaključku mandata zahvalil vsem za zgledno dolgoletno sodelovanje. Z Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani sta zahvalo za podporo Gozdarskemu inštitutu Slovenije in izjemno znanstveno-strokovno sodelovanje prejela prof. dr. Miha Humar s Katedre za lesne škodljivce, zaščito in modifikacijo lesa Oddelka za lesarstvo ter Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. Prof. dr. Miha Humar je ob tem povedal: »Tesno sodelovanje se je začelo že, ko smo delovali še v prostorih inštituta in se je nadaljevalo tudi po selitvi v nov lesen prizidek na lokaciji oddelka.« V imenu Oddelka za gozdarstvo in obnovljive vire sta se podelitve udeležila prof. dr. Andrej Bončina, ki je bil prodekan za gozdarstvo od leta 2020 do 2022 in prof. dr. Klemen Jerina, aktualen prodekan na Biotehniški fakulteti za področje gozdarstva, ki je zahvalo tudi prevzel in ob tem povedal: »Gozdar-

stvo ponuja in prakticira učinkovite rešitve za omiljevanje globalne krize. Ustrezno ravnanje je vtkano v samo jedro konceptov gozdarstva. Ta znanja pa lahko prenesemo v splošne prakse in razmišljanje le skupaj, ob sodelovanju in zaupanju.«

Na slavnostni podelitvi, ki je potekala ob zaključku dveh mandatov direktorja Gozdarskega inštituta Slovenije, je doc. dr. Primož Simončič najprej nagovoril vse prisotne ter se jim zahvalil za predano delo: »Dobro smo sodelovali, kar dokazujejo uspehi na različnih področjih, in vabim vas, da se sodelovanje nadaljuje tudi v naslednjem mandatu, ko vodenje inštituta prevzema dr. Nike Krajnc.«

Pri podeljevanju zahval za podporo Gozdarskega inštituta Slovenije in izjemno znanstveno-strokovno sodelovanje je bil posebej izpostavljen prof. dr. Miha Humar. Doc. dr. Primož Simončič se mu je zahvalil z besedami: »Sodelovanje s prof. dr. Miho Humarjem se je začelo že v času njegovega raziskovanja in še poglobilo, ko je prevzel vodenje Oddelka



Slika 1. Direktor Gozdarskega inštituta Slovenije doc. dr. Primož Simončič je podelil zahvalo za dolgoletno sodelovanje prof. dr. Mihi Humarju z Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete. (Fotografija: Simon Zidar)

za lesarstvo in kasneje Biotehniške fakultete. Široko povezovanje različnih znanstvenih področij je prineslo mednarodno prepoznane znanstvene dosežke in projekte.« Prof. dr. Miha Humar je izpostavil sodelovanje na različnih področjih, v slovenskem in mednarodnem prostoru pa je prav gotovo najbolj odmevalo sodelovanje pri raziskavi arheološkega lesa in datiranju najstarejšega lesenega kolesa.

Tudi Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je prejel zahvalo za dolgoletno zgladno sodelovanje z Gozdarskim inštitutom Slovenije. Doc. dr. Primož Simončič je pojasnil: »Uspešno sodelujemo pri raziskovalnem delu, smo partnerji pri številnih CRP projektih in znanstvenih objavah. Sodelovanje je toliko bolj pomembno, ker smo na

obeh institucijah specializirani posamezniki, ki se moramo za napredek znanosti povezovati in graditi na prepoznavnosti naših skupnih dosežkov.« Prof. dr. Klemen Jerina se je zahvalil in povzel dolgoletno sodelovanje: »Z Gozdarskim inštitutom Slovenije smo že doslej dobro sodelovali na mnogih področjih, seveda pa je bilo tudi nekaj zdravega tekmovanja. Kot predstojnik oddelka si želim v prihodnje še bistveno več povezovanja in zdravega sodelovanja med vsemi znanstvenimi in strokovnimi organizacijami na področju gozdarstva in stičnih sektorjev.«

Po prejemu zahval je sledila pogostitev in neformalno druženje z zavezo, da se bo dolgoletno sodelovanje nadaljevalo tudi v mandatu nove direktorice dr. Nike Krajnc.

Nov CRP projekt kot podlaga za pripravo novih meril za zelena javna naročila na področju gradenj

Boštjan Lesar

V okviru razpisa CRP 2022 je bil odobren projekt z naslovom Hitrejši prehod v podnebno nevtravno družbo z izkoriščanjem potenciala lesa v okviru zelenega javnega naročanja.

Les je okolju prijazen, obnovljiv material, ki v času uporabe hrani CO₂, ki ga je drevo v obdobju rasti s fotosintezo vgradilo vase. V primeru kasnodne rabe lesa lahko čas hrambe CO₂ obsega celo več stoletij. Ena od možnosti za dolgoročno hrambo CO₂ so leseni objekti. Še posebej velik učinek lahko dosežemo pri javnih stavbah, saj gre največkrat za velike objekte, kjer lahko z njihovo gradnjo dosežemo manjše izpuste oziroma celo negativen ogljični odtis. Poleg tega imajo javni objekti velik demonstracijski učinek tudi na zasebni sektor. Namen projekta je identificirati investicijski potencial lesene gradnje na državni in lokalni ravni, hkrati pa identificirati proizvodni potencial ter ugotoviti morebitne vrzeli med ponudbo in potrebami. Na ta način bomo ugotovili, kje so potrebne morebitne nove investicije v lesni industriji za pokritje vrzeli. Z vidika investorjev in promocije lesene gradnje bomo izvedli primerjavo med klasično in leseno gradnjo, ovrednotili vse prednosti lesene gradnje ter jo stroškovno primerjali s klasično gradnjo. Vse to bomo izvedli na primeru že obstoječe stavbe, zgrajene v zadnjem obdobju. Naredili bomo izračun okoljskih odtisov, ki bo temeljil na popisu stavbnih elementov za primer klasične in lesene gradnje. Na ta način bomo ovrednotili pozitivne ekonomske in okoljske učinke novega modela zelenih javnih naročil, vključno z vidika vezave CO₂ v izdelkih in vpliva na bilanco emisij toplogrednih plinov ter ostalih okoljskih vplivov, ki jih zajema LCA analiza. Glavni rezultat projekta bo poročilo s smernicami za nadgradnjo sedanjega modela zelenih javnih naročil, ki bo temeljni dokument, namenjen financerjem, in bo predstavljal osnovo za morebitne spremembe zakonodaje v prihodnosti.

Vrednost projekta: 40.000 EUR

Trajanje: 1.10.2022 – 30.9.2023

Projekt sofinancirata Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS) in Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo (MGRT).

Spletna stran projekta:

