



LES/WOOD

VSEBINA / CONTENTS

Letnik 67, številka 1 / Volume 67, Number 1

- **Revija Les/Wood – Prva obletnica in tretja številka prenovljene revije (uvodnik) ...** 3 - 4
Katarina Čufar, Jože Kropivšek
- **Spremembe fizikalnih lastnosti hrastovega lesa iz zgodovinskih konstrukcij v življenjski dobi** 5 - 14
Changes in physical properties of oak wood from historical constructions during service life
Aleš Straže, Matjaž Dremelj, Ervin Žveplan, Katarina Čufar
- **Primerjava lastnosti obložene cementno-iverne plošče in površinsko obdelane furnirne plošče** 15 - 26
Comparison of properties of surfaced cement-bonded particleboard and surface finished plywood
Jure Žigon, Primož Habjan
- **Palisandri in sorodniki iz rodu Dalbergia na seznamu CITES** 27 - 41
Rosewoods and related species of the genus Dalbergia on the CITES list
Katarina Čufar, Ervin Žveplan, Denis Plavčak, Maks Merela
- **Lesni sekanci - pomembna oblika biomase v Sloveniji.** 43 - 53
Wood chips – an important source of biomass in Slovenia
Dominika Gornik Bučar, Bojan Gospodarič
- **Leseni wandelbahni evropskih termalnih zdravilišč** 55 - 68
Wooden wandelbahns in European thermal spas
Vito Hazler

Novice

- **FORESDA – Na gozdu temelječe medsektorske vrednostne verige za pospeševanje inovacij in konkurenčnosti v Podonavju** 69
Erika Valentinčič
- **In memoriam: prof. dr. Mirko Tratnik (1938 – 2018)** 70
Leon Oblak
- **O prednostih in pasteh lesene gradnje na delavnici »Zaščita, vgradnja in uporaba lesa na prostem«** 72
Tina Drolc
- **KOCles 2.0 - Kompetenčni center za razvoj kadrov v lesarstvu se kmalu izteče** 74
Erika Valentinčič
- **Hrvaško lesarsko izrazoslovje v javno dostopni terminološki bazi STRUNA (<http://struna.ihjj.hr/>)** 75
Vlatka Jirouš-Rajković
- **Strateška razvojno - inovacijska partnerstva kot vzvod za implementacijo strategije pametne specializacije Slovenije** 75
Erika Valentinčič

Les/Wood

Izdajatelj/Publisher

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

Glavna urednica/Editor-in-chief

Katarina Čufar, Slovenija, e-pošta: katarina.cufar@bf.uni-lj.si

Odgovorni urednik/Managing editor

Jože Kropivšek, Slovenija, e-pošta: joze.kropivsek@bf.uni-lj.si

Sourednica/Co-editor

Jožica Gričar, Slovenija, e-pošta: jozica.gricar@gozdis.si

Tehnični urednik/Technical editor

Anton Zupančič, Slovenija, e-pošta: anton.zupancic@bf.uni-lj.si

Uredniški odbor/Editorial board

Dominika Gornik Bučar, Slovenija
Miha Humar, Slovenija
Leon Oblak, Slovenija
Primož Oven, Slovenija
Milan Šernek, Slovenija

Jezikovni pregled/Proofreading

Darja Vranjek (slovensko besedilo/*Slovene text*)
Paul Steed (angleško besedilo/*English text*)

Oblikovanje/Design

Andrej Bajt

Tisk/Print

Tiskarna Roboplast d. o. o., Ljubljana
Natisnjeno v juniju 2018 v 100 izvodih./*Printed in June 2018 in 100 copies.*

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

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

<http://www.les-wood.si/>

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 Abstract

Avtorske pravice objavljenih člankov si pridržuje založnik Les/Wood

Copyright of the published articles is owned by the publisher Les/Wood



LES/WOOD

REVIJA LES/WOOD – PRVA OBLETNICA IN TRETJA ŠTEVILKA PRENOVLJENE REVIJE

Katarina Čufar, Jože Kropivšek
Glavna urednica in odgovorni urednik

Spoštovane bralke, cenjeni bralci!

Živimo v času intenzivnega razvoja informacijske družbe, imenovane tudi družba znanja oz. digitalna družba, ki s sabo prinaša veliko priložnosti za napredek, a tudi številne izzive. Z dostopnostjo do velikih količin podatkov in informacij preko sodobnih (digitalnih) medijev, se je potencialna stopnja znanja družbe sicer povečala, vendar to v praksi vedno ne prinaša napredka. Največje probleme predstavljajo kakovost informacij in znanja ter neenakomerna razporeditev po področjih, kakor tudi jezikovne ovire. Lesarstvo ima bogato tradicijo, poleg tega pa se intenzivno razvija skozi splošen razvoj stroke ter številne znanstvene raziskave in interdisciplinarne povezave. Slovensko lesarstvo tukaj ni izjema, zato smo pred enim letom ocenili, da je ponovna oživitev revije LES/WOOD potrebna za boljši in preglednejši prenos izsledkov domače in svetovne znanosti v slovenski strokovni prostor. Pri tem je pomembno, da revija izhaja (večinoma) v slovenskem jeziku, s čimer sledimo cilju revije po zagotavljanju ohranitve in razvoja slovenskega strokovnega izrazoslovja. Hkrati s prevodi ključnih delov in daljšimi povzetki v angleškem jeziku članke naredimo zanimive tudi za širšo svetovno populacijo. Tuji avtorji pa s članki v angleškem jeziku revijo še dodatno obogatijo, zato se bomo tudi v prihodnje še naprej trudili s pridobivanjem kakovostnih člankov z avtorji iz tujine. Pri zagotavljanju jezikovne odličnosti revije sta ključnega pomena oba lektorja, za slovensko besedilo lektorica Darja Vranjek in za angleško Paul Steed. Obema se seveda lepo zahvaljujemo za sodelovanje.

Revija LES/WOOD skuša slediti sodobnim smericam razvoja digitalne družbe, saj je poleg tiskane izdaje v manjši nakladi veliko pozornosti namenjene

predvsem on-line izdaji (na spletu) s svojo ISSN številko, kjer so članki prosto dostopni v digitalni obliki. Vsi članki so opremljeni z DOI oznako (Digital Object Identifier), ki jim zagotavlja enolično identifikacijo in sledljivost v globalnem merilu. Članki so takoj po objavi zajeti v uveljavljenih bibliografskih zbirkah in platformah (AGRIIS, CAB abstract, COBISS, SICRIS), takoj po izidu pa jih zaznajo tudi prosto dostopne zbirke kot je npr. Google Scholar in Research Gate. S tem je revija, ki ima dolgo tradicijo, ostala in postala tudi globalno prepoznavna. Digitalna izdaja revije v njenem razvoju nudi številne izzive in priložnosti, ki bodo v prihodnje krojili digitalizacijo družbe, kot tudi poslovnega in znanstvenoraziskovalnega okolja, kjer bo oskrba s kakovostnimi in ciljno usmerjenimi informacijami ključna za razvoj področja.

Ob izdaji 3. zaporedne številke prenovljene revije LES/WOOD smo zakorakali v drugo leto izhajanja. Ugotavljamo, da z izdajo dveh števil letno (eno v juniju in eno ob zaključku leta), sledimo načrtu po rednem izhajanju.

Tokratna številka se podobno kot predhodne dotika celotnega razpona širše lesarske znanosti in prinaša 5 člankov, 2 znanstvena in 3 pregledne. Aleš Straže in sodelavci predstavljajo spremembe lastnosti hrastovega lesa iz zgodovinskih konstrukcij, do katerih je prišlo v času dolgotrajne uporabe. Jure Žigon in Primož Habjan sta raziskala lastnosti obložene cementno-iverne plošče in površinsko obdelane furnirne plošče. V preglednem članku (Čufar in sodelavci) je slovenskim bralcem predstavljena problematika palisandrov in njihovih sorodnikov iz rodu *Dalbergia*, ki so jih leta 2017 dodali na seznam za-

ščitenih vrst CITES. Dominika Gornik Bučar in Bojan Gospodarič sta predstavila problematiko lesnih se-kancev, ki so vse bolj pomemben vir biomase v Slo-veniji. Vito Hazler pa nam je z etnološkega vidika orisal premalo poznane lesene *wandelbahne* evrop-skih termalnih zdravilišč. Pri pisanju omenjenih član-kov je sodelovalo 12 avtorjev, od tega 6 uveljavljenih znanstvenikov in 6 mlajših raziskovalcev. Podobno strukturo lahko zasledimo tudi med avtorji člankov iz prvega letnika prenovljene revije. Med vsemi 42 avtorji člankov do sedaj (vključno s to številko) jih ima 25 doktorat znanosti, 17 pa jih je bilo študentov, diplomantov, mlajših raziskovalcev ali strokovnjakov iz prakse. Tako sledimo tudi cilju, naj revija omogoča strokovnjakom iz prakse ter mladim aktiven vstop v svet znanstvenega objavljanja.

Za kakovost revije je zelo pomembno imeti čim širši nabor dobrih člankov. Za njihovo vsebinsko ka-kovost so seveda odgovorni avtorji, pri zagotavljanju končne kakovosti člankov (in revije) pa so ključni tudi recenzenti, predvsem njihova odzivnost in strokov-nost ter natančnost pregleda. Članke je doslej recen-ziralo že 26 različnih recenzentov, nekateri med njimi so bili recenzenti že večkrat. Za njihove hitre odzive, profesionalen pristop, skrbno branje ter kon-struktivne pripombe se jim iskreno zahvaljujemo. Za tehnično ureditev in brezhibnost objave revije skrbi Anton Zupančič, naslovnica pa je delo oblikovalca Andreja Bajta. Obema lepa hvala.

V reviji se je že uveljavila tudi objava kratkih novic, pomembnih za stroko, ki jih tudi v tej številki ne manjka. V prispevku *In memoriam* pa se spomi-njamo spoštovanega kolege prof. dr. Mirka Tratnika, ki je bil tudi dolgoletni član uredniškega odbora in pisec člankov, recenzent ter podpornik revije LES/WOOD.

Za nadaljnji razvoj revije, ki bo kratkoročno še vedno usmerjen v pridobivanje zadostnega števila kakovostnih člankov, redno izhajanje in povečevanje vidnosti ter branosti revije, bo v prihodnje potrebna tudi razširitev uredniškega odbora s priznanimi tu-jimi raziskovalci. Seveda pa bo še naprej kakovost revije odvisna predvsem od avtorjev, recenzentov, bralcev in drugih podpornikov. Vabimo vas, da pri razvoju revije še naprej sodelujete. Hvala vsem!

SPREMEMBE FIZIKALNIH LASTNOSTI HRASTOVEGA LESA IZ ZGODOVINSKIH KONSTRUKCIJ V ŽIVLJENJSKI DOBI

CHANGES IN PHYSICAL PROPERTIES OF OAK WOOD FROM HISTORICAL CONSTRUCTIONS DURING SERVICE LIFE

Aleš Straže^{1*}, Matjaž Dremelj¹, Ervin Žveplan¹, Katarina Čufar¹

UDK 630*814.7:630*812

Izvilleček / Abstract

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Izvilleček: Raziskali smo fizikalne lastnosti hrastovega lesa (*Quercus* sp.), pri katerem je od poseka minilo od 4 do 512 let in smo ga razdelili v stoletne starostne skupine 100-600. Mlajši les smo pridobili ob poseku dreves, starejši les pa iz zgodovinskih konstrukcij v Sloveniji. Izbrani les smo najprej dendrokronološko datirali, izdelali normirane vzorce za analize ter določili gostoto, barvo, dimenzijsko stabilnost in sorpcijske lastnosti. Vizualno in v CIELab barvnem prostoru smo ugotovili, da je barva jedrovine s starostjo postala temnejša. Pri starem hrastovem lesu smo ugotovili tudi manjšo higroskopsko in izboljšano dimenzijsko stabilnost, zlasti v tangencialni smeri, ter manjšo prečno krčitveno anizotropijo. Gostota hrastovega lesa se s staranjem ni spremenila, odvisna pa je bila od širine branik (naraščala je z večanjem deleža kasnega lesa). Rezultati nakazujejo, da na dimenzijsko stabilnost in higroskopsko poleg procesov staranja verjetno vpliva tudi mesto vgradnje in klimatska nihanja tekom uporabe lesa.

Ključne besede: les, hrast (*Quercus* sp.), staranje, barva, higroskopsko, dimenzijska stabilnost, sorpcija

Abstract: We examined the physical properties of oak wood (*Quercus* sp.) felled four to 512 years ago, grouped in age groups of 100-600 years. The wood originated from recently felled trees and from historical constructions in Slovenia. The selected wood was dendrochronologically dated. We made standardized samples and determined wood density, colour, dimensional stability and sorption properties. Visual and CIELab analyses showed that the colour of the heartwood became darker with age. Historical oak wood was characterised by lower hygroscopicity and higher dimensional stability, especially in the tangential direction, as well as reduced transverse shrinkage anisotropy compared to recently felled wood. The density of oak wood did not change with age, it was dependent on tree-ring widths and the proportion of latewood, and increased along with the proportion of latewood. Besides ageing, the location of wood during its service life and exposure to climate fluctuations also seemed to influence the dimensional stability and hygroscopicity of historical oak.

Keywords: wood, oak (*Quercus* sp.), ageing, colour, hygroscopicity, dimensional stability, sorption

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Les je naravni polimerni kompozit, ki je v času nastajanja v drevesu in v uporabi izpostavljen biodegradaciji, površinskim strukturnim spremembam in tudi staranju. V nekaterih pogojih uporabe lesa, zlasti ko gre za rabo lesa v notranjih prostorih, imata prva dva dejavnika lahko zanemarljiv učinek, glavna sprememba v materialu pa je posledica naravnega staranja. Potek naravnega staranja lesa v našem geografskem območju še ni povsem raziskan

in je le delno pojasnjen. Večinoma ga razumemo kot počasno degradacijo materiala, ki je posledica blagih kemijskih sprememb in nihanj notranjih napetosti zaradi higroskopske narave lesa in viskoelastičnosti materiala (Kranitz, 2014; Matsuo et al., 2011).

Proces naravnega staranja lesa večinoma velja za počasen in blag oksidativen proces zaradi kisika v zraku ali raztopljenega v vodi, in hidrolize zaradi vsebnosti kislin in vezane vode v lesu (Matsuo et al., 2011). Posledice staranja lesa se odražajo v njegovih lastnostih, kot npr. spremembi barve, spremenjeni higroskopski in dimenzijski stabilnosti ter tudi spremembi nekaterih mehanskih lastnosti, kot je npr. zmanjšanje udarne žilavosti (Hudson McAulay, 2016; Kranitz, 2014). Na spremembo barve v lesu

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

* e-pošta: ales.straze@bf.uni-lj.si

imajo pomemben vpliv ekstraktivne snovi v celični steni, ker njihovi deleži s staranjem pri večini lesnih vrst naraščajo (Fengel & Wegener, 1989). Ugotovitve različnih študij se nekoliko razlikujejo - pri stari hrastovini so nekateri avtorji ugotovili povečan delež ekstraktivov (Kranitz, 2014), nekateri pa neznčilne razlike med recentno in staro hrastovino (Gawron et al., 2012). Ob staranju lesa so pri večini lesnih vrst zaznali upadanje svetlosti barve, hkrati pa so zabeležili tudi povečanje njene kromatičnosti. To so ugotovili tudi pri 210 let stari hrastovini (Kranitz, 2014).

Poleg spremembe deleža ekstraktivov se pri naravnem staranju lesa najpogosteje omenja tudi razgradnja hemiceluloz, ki so najmanj stabilne komponente lesa (Fengel & Wegener, 1989). Z IR-spektroskopskimi kemometričnimi kot tudi z analitskimi kemijskimi raziskavami so ugotovili zmanjšanje deleža prostih hidroksilnih skupin predvsem pri hemicelulozah, kar posledično privede do zmanjšanja hidrofilnosti in s tem do manjše ravnovesne vlažnosti lesa in večje dimenzijske stabilnosti (Nilsson & Rowell, 2012). Prav tako so zaznali spremembe v stopnji kristaliničnosti celuloze, ki se s staranjem hrastovega lesa povečuje (Gawron et al., 2012; Kohara & Okamoto, 1955). To pojasnjujejo z ustvarjanjem novih intermolekulskih vezi med celuloznimi verigami v amorfni področjih. Povečanje stopnje kristaliničnosti celuloze ima za posledico manjše nabrekanje lesa, manjšo higroskopnost ter višjo gostoto, trdoto in trdnost lesa.

V zgodovinskih stavbah so pohištvo, leseni izdelki in konstrukcije izpostavljeni spremenljivim klimatskim pogojem, ki imajo za posledico tudi dimenzijske spremembe lesa. Zaradi prečne krčitvene anizotropije lesa ter hkratnem pojavu vlažnostnih gradientov, ki jih povzroča nihanje klime, se nenehno spreminjajo notranje napetosti (Kranitz, 2014) posledično pa tudi spremembe geometrije, kar lahko privede do ireverzibilnih strukturnih deformacij lesa (Gorišek, 2009). Počasnejše spremembe fizikalnih lastnosti lesa tekom življenjske dobe izdelkov lahko pričakujemo pri predmetih večjih dimenzij in pri gostejših lesnih vrstah z manjšo difuzivnostjo za vodno paro.

Cilji te raziskave so bili, da na vzorcih dobro ohranjenega hrastovega lesa, posekanega v različnih obdobjih zadnjih 600 let, preverimo njegove fizikalne in sorpcijske lastnosti, ki so povezane s procesom staranja materiala. V ta namen smo podrobneje raz-

iskali barvo, higroskopnost na širšem vlažnostnem območju, dimenzijsko stabilnost in gostoto lesa.

2 MATERIAL IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 VZORČENJE LESA

2.1 SAMPLING OF WOOD

Iz arhiva vzorcev lesa Oddelka za lesarstvo smo izbrali 32 prečnih odrezkov v zadnjih letih posekanih dreves ter hrastovih tramov iz ostrešij, nadstropnih konstrukcij, sten brunaric in drugih delov različnih objektov po Sloveniji, ki so bili predhodno raziskani v različnih dendrokronoloških študijah (Preglednica 1).

2.1.1 Dendrokronološka analiza in priprava preizkušancev

2.1.1 Dendrochronological analysis and sample preparation

Odrezke lesa za dendrokronološko raziskavo smo zbrusili na tračnem brusilnem stroju z brusnimi papirji granulacij št. 80, 120, 180, 240, 280, 320 in 400 in jih skenirali pri ločljivosti 1200 dpi ter od periferije proti strženu določili smer merjenja širin branik. Za merjenje širin branik ter širin ranega in kasnega lesa smo uporabili računalniški program Coorecorder 8.1.1, datiranje pa smo izvedli s programom TSAPWin. Zaporedje širin branik posameznega odrezka smo datirali z izboljšano standardno regionalno slovensko referenčno kronologijo hrasta (Čufar et al., 2008). S tem smo za vsako braniko na odrezku določili leto nastanka.

Za vsak odrezek smo na osnovi datuma zadnje branike pod skorjo ugotovili tudi leto poseka drevesa. Če skorja ni bila ohranjena, smo leto poseka drevesa ocenili, v pomoč nam je bil podatek o ohranjenosti beljave (Čufar et al., 2013). Leto poseka lesa smo šteli kot začetek staranja lesa. Na obodu odrezkov smo določili mesto kvadratov dimenzij 40 mm × 40 mm in nato izžagali preizkušance za nadaljnje raziskave (slika 1).

2.1.2 Določanje barve in gostote lesa

2.1.2 Determination of colour and density of wood

Barvo lesa smo določali na izžaganih kockah lesa iz prečnih odrezkov (slika 2), nominalnih dimenzij 40 mm × 40 mm × 40 mm, po standardizirani CIE-

Lab metodologiji. Na vsaki kocki smo na radialni površini s kolorimetrom X-Rite (Optotronic™) opravili po dve meritvi, ter določili L^* koordinato svetlosti barve, ter barvni koordinati a^* in b^* . Določili smo še zasičenost oz. barvno kromatičnost C^* (En. 1). Celotno razliko barve lesa (ΔE^*), kot posledice staranja, glede na referenčno vrednost pri recentnem lesu smo določili po enačbi 2.

$$C^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (2)$$

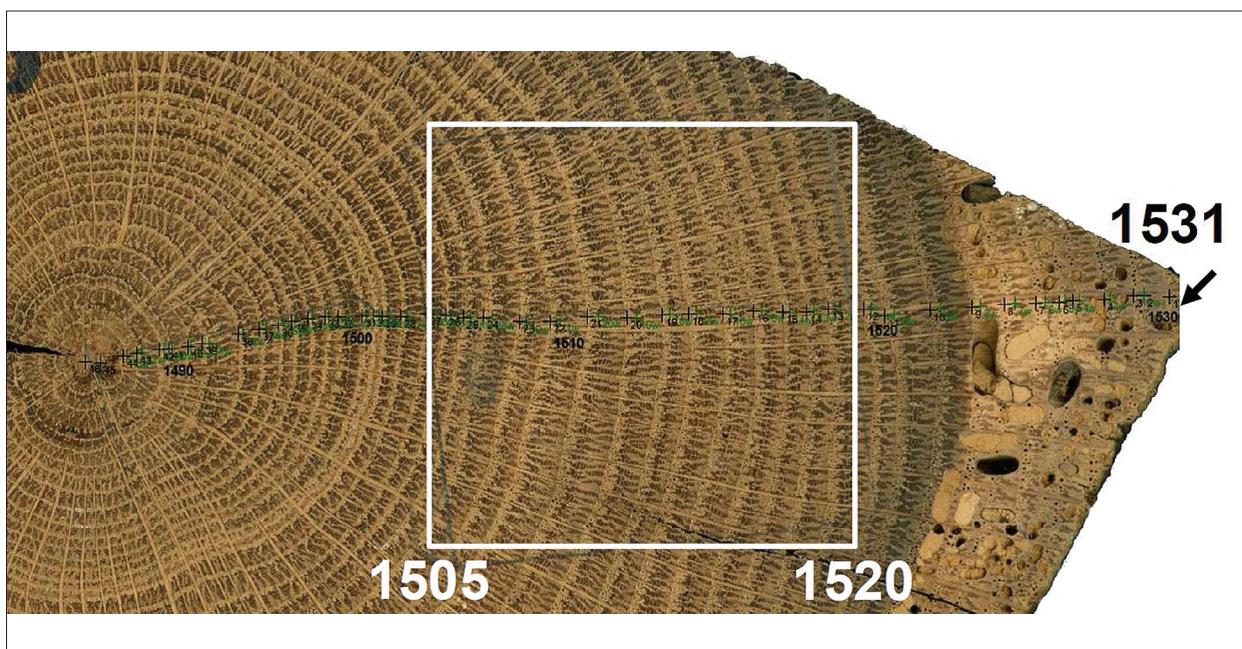
Kockam lesa, ki so bile uravnovešene v laboratorijskih pogojih pri 20 °C in 50 % relativni zračni vlažnosti, smo določili še maso ($\Delta m = \pm 0,001$ g) ter dimenzije ($\Delta x = \pm 0,01$ mm) za izračun volumna. Na podlagi teh meritev smo izračunali gostoto lesa, uravnovešenega pri navedenih pogojih (Gorišek, 2009).

2.1.3 Določanje higroskopnosti in dimenzijske stabilnosti lesa

2.1.3 Determination of hygroscopicity and dimensional stability of wood

Higroskopnost in dimenzijsko stabilnost lesa smo določali v sušilnem kanalu TLS-01 (Kambič d.o.o.), kjer smo tanke orientirane preizkušance (40 mm × 40 mm × 5 mm), izžagane iz kock, pri 20 °C izpostavili različni zračni vlažnosti (od 0 % do 90 % zračne vlažnosti; $\Delta \varphi = 10$ %) v adsorpcijskem in desorpcijskem procesu (slika 2). Po uravnovešenju ($\Delta t = 24$ h; $\Delta m \leq 0,1$ %) smo preizkušance stehali in jim določili ravnovesno vlažnost (u_r) ter izmerili prečne dimenzije (R, T). Na dobljenih sorpcijskih izotermah smo z razmerjem ravnovesne vlažnosti lesa v adsorpciji (u_{rAD}) in desorpciji (u_{rDES}) določili še velikost histeresne zanke.

Za določanje dimenzijske stabilnosti smo v procesu adsorpcije ($T = 20$ °C) izbrali dimenzije in maso preizkušancev pri spodnji ($\varphi = 20$ %) in zgornji meji ($\varphi = 80$ %) linearne higroskopskega območja lesa.



Slika 1. Odrezek z oznakami meritev po datiranju in določitve mesta odvzema preizkušanca za raziskave (bel kvadrat). Leto poseka drevesa in začetek naravnega staranja lesa smo določili na osnovi datacije zadnje branike pod skorjo (1531). Datirali smo vse branike. Preizkušanec (bel kvadrat) je vseboval branike, nastale med leti 1505 in 1520.

Figure 1. Oak wood with measurement marks after dating and location of the test sample (white square). The year of tree felling, i.e., the beginning of natural aging of wood was defined based on the date of the last formed tree-ring under the bark (1531). We dated all tree-rings. The sample within the white square contained tree-rings formed between 1505 and 1520.

Preglednica 1. Hrastovi preizkušanci različne starosti in podatki: število branik na odrezku, leto zadnje branike (dendrokronološka datacija zadnje branike blizu skorje), starost - leta po poseku (čas v letih od poseka do izvedbe eksperimenta). Vzorci v starostni skupini 100 so pridobljeni iz posekanih dreves, vzorci iz starostnih skupin 300-600 pa izvirajo iz zgodovinskih konstrukcij z oznakami: ABH – Banova hiša (Čufar et al., 2013), STI* - zvonik cerkve samostana Stična (Vovk, 2003), PIS* – grad Pišece (Čufar et al., 2014).*

Table 1. Oak samples of various ages with the following data: number of rings on the section, end date – year of the outermost tree-ring formation (dendrochronological dating of the last ring below the bark), age – years after tree felling (time between tree felling and execution of experiment), and age group. Samples in the age group 100 originate from recently felled trees, samples from the age groups of 300-600 originate from historical structures ABH – Ban's house (Čufar et al., 2013), STI* – bell tower of the church of the Stična Cistercian monastery (Vovk, 2003), PIS* – the castle of Pišece (Čufar et al., 2014).*

Šifra / Code	Število branik / Number of rings	Leto zadnje branike / End Date	Starost - leta po poseku / Years after tree felling	Starostna skupina / Age group
ROZ01B	123	2013	4	100
ROZ02B	116	2013	4	
ROZ05B	97	2013	4	
ROZ20B	156	2013	4	
ROZ10B	97	2012	5	
SRE13A	138	2002	15	
TIV02A	156	1995	22	
MOST-A	102	1994	23	
SOČ09B	78	1994	23	
TIV01CA	261	1994	23	
VRH02A	100	1994	23	
VELO7B	162	1993	24	
ABH08A	80	1735	282	300
ABH33A	55	1703	314	400
STI51A	118	1666	351	
STI16A	170	1661	356	
STI27A	127	1648	369	
STI01A	89	1645	372	
STI50A	84	1643	374	
STI15A	71	1640	377	
ABH05A	79	1630	387	
STI21A	91	1613	404	500
ABH24A	103	1611	406	
STI22A	62	1609	408	
ABH17A	48	1587	430	
STI24A	65	1578	439	
ABH06A	110	1567	450	
ABH01A	42	1532	485	
PIS07A	33	1514	503	600
PIS14A	46	1512	505	
PIS04A	22	1509	508	
PIS15A	33	1505	512	

Z izmerjenimi dimenzijami in masami preizkušancev smo izračunali kazalnike dimenzijske stabilnosti (Gorišek, 2009) in sicer: diferencialni nabrek (q) in koeficient nabrekanja (h) v radialni in tangencialni smeri

ter kazalnike anizotropije krčenja kot so: razlika med tangencialnim in radialnim diferencialnim nabrekom ($q_T - q_R$), razmerje diferencialnih nabrekov v tangencialni in radialni smeri (q_T/q_R) in razlika med koeficientoma nabrekanja v radialni in tangencialni smeri ($h_T - h_R$). V istih mejah higroskopskega območja lesa smo določili še sorpcijski kvocient (s).



Slika 2. Kocke za določanje barve in gostote hrastovine (zgoraj) ter preizkušanci za določanje higroskopsnosti in dimenzijske stabilnosti (spodaj).
Figure 2. Cubes for determining the colour and density of oak (top) and specimens for determining hygroscopicity and dimensional stability (bottom).

Preglednica 2. Hrastovi preizkušanci: starostne skupine, število preizkušancev in leta po poseku za posamezno skupino.

Table 2. Oak samples: age groups, number of samples per group and years of tree felling for each group.

Starostna skupina / Age group	Število preizkušancev / Number of samples	Starost - leta po poseku / Years after tree felling
100	12	4 - 24
300	1	282
400	8	314 - 387
500	7	404 - 485
600	4	503 - 512

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 STAROST LESA

3.1 AGE OF WOOD

Z dendrokronološkim datiranjem smo za posamični odrezek iz kolotov in tramov določili leto nastanka vseh branik in ugotovili leto poseka drevesa, ki smo ga šteli za začetek naravnega staranja lesa (preglednica 1, slika 1).

Preizkušance smo razdelili v pet starostnih skupin z rangom 100 let (preglednici 1 in 2). Ker na razpoložljivost materiala iz preteklih obdobij ne moremo vplivati, je bilo število vzorcev po starostnih skupinah različno. Starostne skupine 100, 400, 500 in 600 so dobro zastopane, v starostnih skupinah 200 in 300 pa ni bilo nobenega vzorca oz. smo imeli en sam preizkušanec.

3.2 BARVA LESA

3.2 WOOD COLOUR

Preizkušanci so se razlikovali po barvi, ki je bila pri starejšem lesu temnejša (slika 3), s čemer potrjujemo, kar so pri hrastu in drugih lesnih vrstah pokazale tudi druge študije (Kranitz, 2014; Matsuo et al., 2011).



Slika 3. Videz tipičnih hrastovih preizkušancev od najmlajše do najstarejše starostne skupine 100 – 600 let.
Figure 3. Appearance of typical oak specimens sorted from the youngest to the oldest (age groups 100 – 600)

Vizualno zaznane spremembe barve smo potrdili tudi barvnometrično. Svetlost barve (L^*) hrastovega lesa je bila najvišja pri nedavno posekani hrastovini (starostna skupina 100; $L^* = 67,1$), s starostjo pa se je svetlost barve zmanjševala (preglednica 3). Najnižjo vrednost L^* smo določili pri hrastovini iz najstarejše skupine 600, v povprečju 56,6. Spremembo barvne kromatičnosti s starostjo hrastovine smo potrdili še pri a^* parametru, kjer je bilo več rdečega barvnega odtenka pri starejši hrastovini (vse skupine 300-600). Barvna kromatičnost na rumeno – modri osi (b^*) pa se s staranjem hrastovine ni bistveno spreminjala.

Z analizo razlik posameznih barvnih parametrov (ΔE^* ; En. 2), kjer smo za osnovo vzeli hrastovino iz skupine 100, smo potrdili značilno barvno razliko med starostnima skupinama 100 in 300 ($\Delta E^* = 6,5$) kar se ujema tudi z vizualno zaznavo (slika 3). Od skupine 300 do 600 se je celotna barvna sprememba pri hrastovini polagoma večala. Najvišja je bila v skupini 600.

Razlogi za večje spremembe v barvi so poleg starosti lahko tudi specifične razmere izpostavitve lesa v času rabe (Dremelj, 2018; Kranitz, 2014). Pri proučevanih preizkušancih so namreč poleg razlik v starosti verjetne tudi razlike v pogojih izpostavitve med staranjem, glede na različne lokacije v lesenih konstrukcijah. Kaj se je z lesom dogajalo po poseku dreves, ne vemo natančno, v pomoč je samo nekaj osnovnih informacij. Kolute smo nato počasi posušili, zbrusili in dendrokronološko analizirali, nato pa smo jih hranili v zabojih v temnem prostoru s sobno klimo. Les vzorcev ABH iz zunanjih sten Banove hiše na Bizeljskem (Čufar et al., 2013) je verjetno doživel več ponovnih uporab (v različnih objektih), odvzem iz stavbe pa smo opravili leta 2004. Vzorce STI iz notranje lesene konstrukcije zvonika cerkve samostana Stična smo pridobili neposredno ob podiranju konstrukcije leta 1999 (Vovk, 2003). PIS* so bili tramovi iz talne konstrukcije v eni od sob na gradu Pišcece. Odvzeli smo jih v letu 2005, ko so bili razkriti po od-

Preglednica 3. Povprečne vrednosti barvnih parametrov hrastovega lesa (svetlosti L^* , barvne koordinate a^* , barvne koordinate b^* , kromatičnosti C^* in celotna razlika barve ΔE^*) v odvisnosti od starosti (KV% - Koef. variacije).

Table 3. Mean values of oak wood colour parameters (L^* , a^* , b^* , C^* , ΔE^*) depending on the duration of service life (KV% - Coef. of variation).

Starostna skupina / Age group	L^*	a^*	b^*	C^*	ΔE^*
100	67,1	7,4	22,6	23,8	
KV%	2,9	6,2	5,0	4,4	
300	61,2	8,2	22,2	24,2	6,5
KV%	4,8	6,4	4,9	4,4	17,1
400	60,6	9,3	23,9	25,7	7,4
KV%	4,6	6,7	4,0	3,3	37,0
500	58,9	9,3	23,1	24,9	8,9
KV%	2,4	6,8	3,6	3,4	14,9
600	56,6	8,3	21,5	23,1	11,0
KV%	9,2	5,9	7,0	6,3	47,8

stranitvi parketa med prenovo gradu (Čufar et al., 2014). Nihanje klime, t.j. temperature in zračne vlažnosti, je pričakovano večje v bolj izpostavljenih delih konstrukcij, npr. v zunanjih stenah brunarice in deloma v zvoniku cerkve, manj pa v lesu talne konstrukcije.

3.3 DIMENZIJSKA STABILNOST LESA

3.3 DIMENSIONAL STABILITY OF WOOD

Pri hrastovini starostne skupine 100 smo določili povprečne vrednosti radialnega ($q_R = 0,208 \text{ \%/\%}$) in tangencialnega diferencialnega nabreka ($q_T = 0,372 \text{ \%/\%}$), kot tudi koeficienta nabrekanja v istih smereh (h_R, h_T ; preglednica 4). Vrednosti kazalnikov dimenzijske stabilnosti lesa iz skupine 100 so bile primerljive z rezultati drugih raziskav recentne hrastovine (Badel et al., 2006; Gorišek, 1992; Kollmann & Cote, 1968; Rijdsdijk & Laming, 1994). Večina kazalnikov dimenzijske stabilnosti (q_T, h_R, h_T) se je s staranjem hrastovine zmanjševala vse do skupine 400. Izjema je bil le radialni diferencialni nabrek (q_R). Pri višjih starostih hrastovine (skupina 500 in 600) izboljšanje dimenzijske stabilnosti glede na normalno hrastovino ni bilo več statistično značilno. Homogeno in boljše dimenzijsko stabilnost stare hrastovine (> 200 let) v tangencialni smeri so potrdili tudi v sorodni študiji, a brez značilnega trenda spreminjanja pri višji starosti (Kranitz, 2014). Nasprotno pa je bila objavljena tudi študija, ki zaradi visoke variabilnosti ni potrdila statističnih razlik v dimenzijski

stabilnosti normalne in 200 let stare hrastovine (Hudson McAulay, 2016).

S staranjem hrastovega lesa smo zabeležili tudi zmanjševanje anizotropije krčenja ($h_T - h_R, q_T - q_R, q_T/q_R$), najnižje vrednosti pa smo zabeležili pri skupini 400. Pri starejši hrastovini (skupini 500 in 600) se krčitvena anizotropija zopet poveča, a ostane pod nivojem vrednosti za nedavno posekan les (skupina 100).

Večja odstopanja od trendov dimenzijske stabilnosti in anizotropije krčenja starostne skupine 400 bi, podobno kot pri barvi lesa, lahko med drugim pripisali tudi razmeram, ki jim je bil les izpostavljen v času rabe. Nizke vrednosti v tej skupini je imela večina vzorcev iz konstrukcije zvonika v Stični, lahko bi bile posledica večjih klimatskih nihanj, ki so povzročila higromehanske napetosti in utrujanje materiala. To bi lahko vplivalo tudi na dimenzijsko stabilnost, kot ugotavljajo nekateri raziskovalci (Dovč, 2013). Odgovor na vprašanje, ali gre pri tem lesu morda res za večje kemijske spremembe in degradacijo lažje razgradljivih osnovnih lesnih komponent (Fengel & Wegener, 1989; Hudson McAulay, 2016; Matsuo et al., 2011), bi lahko potrdili le z natančnejšo kemijsko analizo. Nastale razlike v dimenzijski stabilnosti so v določeni meri tudi posledica anatomskih in prirastnih posebnosti ter morebitnega variiranja gostote, kar dokazujejo tudi raziskave krčenja lesa drugih lesnih vrst (Badel et al., 2006; Bengtsson, 2001; Zobel & van Buijtenen, 1989).

Preglednica 4. Kazalniki dimenzijske stabilnosti (q_T, q_R, h_T, h_R) in anizotropija krčenja ($q_T - q_R, q_T/q_R, h_T - h_R$) v odvisnosti od starosti konstrukcijskega hrastovega lesa (X_p – povprečje; KV% - Koef. variacije).

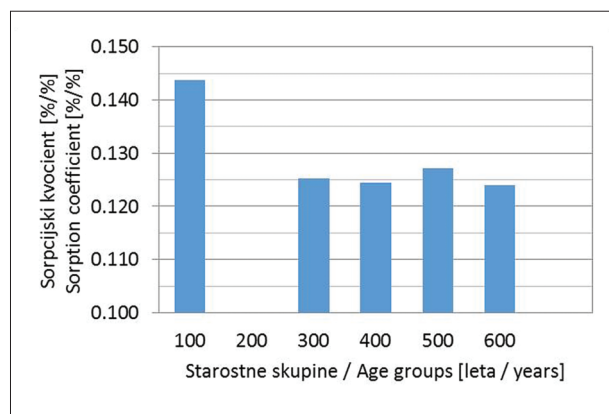
Table 4. Indicators of dimensional stability (q_T, q_R, h_T, h_R) and shrinkage anisotropy ($q_T - q_R, q_T/q_R, h_T - h_R$) depending on the age of structural oak wood (X_p – mean value, KV% - Coef. of variation).

Starostna skupina / Age group	$q_R \text{ [\%/\%]}$	$q_T \text{ [\%/\%]}$	$h_R \text{ [\%/\%]}$	$h_T \text{ [\%/\%]}$	$h_T - h_R$	q_T/q_R	$q_T - q_R$
Xp 100	0,208	0,372	0,030	0,053	0,022	1,806	0,164
KV%	15,5	17,2	18,5	18,1	21,7	16,2	34,5
Xp 300	0,186	0,327	0,023	0,041	0,018	1,760	0,141
KV%	-	-	-	-	-	-	-
Xp 400	0,189	0,301	0,023	0,038	0,012	1,540	0,098
KV%	12,6	19,2	12,9	22,7	51,0	20,8	49,4
Xp 500	0,198	0,328	0,025	0,041	0,016	1,662	0,130
KV%	12,2	10,5	15,5	14,3	19,1	6,7	16,0
Xp 600	0,215	0,367	0,030	0,050	0,018	1,715	0,152
KV%	13,0	12,1	20,2	20,7	18,1	10,4	21,5

3.4 HIGROSKOPNOST IN SORPCIJSKE LASTNOSTI

3.4 HIGROSCOPICITY AND SORPTION CHARACTERISTICS

Največji povprečni sorpcijski kvocient smo določili pri nedavno posekani hrastovini starostne skupine 100 ($s = 0,144 \text{ \%/\%}$; $KV\% = 7,0$), ki je primerljiv s podatki iz literature (Gorišek, 1992; Kollmann & Cote, 1968). Bistveno manjše povprečne vrednosti sorpcijskega kvocienta smo izmerili pri vseh starejših vzorcih hrastovine (skupine 300 - 600), in sicer med $0,124 \text{ \%/\%}$ in $0,127 \text{ \%/\%}$ (ANOVA, $p > 0,05$; $KV\% = 7,7$) (slika 4). Rezultati kažejo, da je stara hrastovina manj higroskopska, kar bi lahko pripisali kemijskim spremembam med staranjem lesa. Kemijske raziskave so pri stari hrastovini potrdile rahlo nižji delež hemiceluloz (Belec, 2017; Hudson McAulay, 2016) ter povečanje deleža kristaliničnosti celuloze (Gawron et al., 2012; Kohara & Okamoto, 1955).

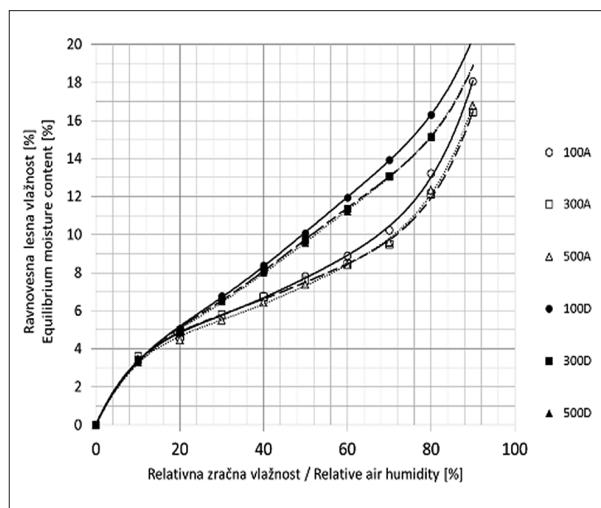


Slika 4. Sorpcijski kvocient konstrukcijskega hrastovega lesa v odvisnosti od starosti.

Figure 4. Sorption coefficients of oak wood depending on age.

Tudi raziskava adsorpcije in desorpcije vodne pare pri izotermnih pogojih ($T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$) je potrdila znižano higroskopsnost starejše hrastovine (starostne skupine 300 do 600), ki se pojavi v zgornjem higroskopskem območju ($\varphi > 50 \text{ \%}$). Pri sorodni študiji so prav tako potrdili manjšo sorptivnost stare hrastovine, vendar le v območju kemisorpcije, t.j. do nasičenja primarnih sorpcijskih mest (Kranitz, 2014). Podobno kot pri sorpcijskem kvocientu, nismo zaznali razlik med sorpcijskimi izotermami starejše hrastovine (skupine 300 do 600) (slika 5). Rezultati nakazujejo, da se največje spremembe v lesu zgodijo v prvih treh stoletjih življenjske dobe.

V celoti smo v procesu desorpcije znotraj posamezne starostne skupine vselej izmerili višje ravnovesne vlažnosti kot pri adsorpciji (slika 5). Pri preverjanju adsorpcijsko-desorpcijskega razmerja ravnovesne vlažnosti lesa, ki določa velikost histerezne zanke, nismo potrdili bistvenih razlik, glede na starost lesa. Velikost histereze je bila največja pri $80 \text{ \%}$ zračni vlažnosti ($u_{rAD}/u_{rDES} = 0,72$; $KV\% = 3,6$).



Slika 5. Povprečne sorpcijske izoterme hrastovine v procesu adsorpcije (A) in desorpcije (D) za starostne skupine 100 (—), 300 (---) in 500 (...)

Figure 5. Average sorption isotherms for oak wood in the adsorption (A) and desorption (D) process for age groups 100 (—), 300 (---) and 500 (...)

3.5 GOSTOTA LESA

3.5 WOOD DENSITY

V laboratorijskih pogojih ($T = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 50 \text{ \%}$) je nedavno posekana hrastovina (starostna skupina 100) imela $7,8 \text{ \%}$ ravnovesno vlažnost in povprečno gostoto 694 kg/m^3 ($KV\% = 12,0$). Večjo gostoto smo pričakovano zaznali pri preizkušancih s povprečno širšimi branikami, maksimalno 840 kg/m^3 pri $6,5 \text{ mm}$ širokih branikah ter pri $81 \text{ \%}$ deležu kasnega lesa (KL). Nasprotno smo pri povprečno ozkih branikah potrdili nizko gostoto ob velikem deležu ranega lesa v prirastnih plasteh ($\rho_{min} = 539 \text{ kg/m}^3$; $KL = 39,9 \text{ \%}$). Rezultati sovpadajo z drugimi študijami strukturnih in fizikalnih lastnosti hrastovega lesa (Badel et al., 2006; Gorišek, 1992; Wagenführ, 2007). Razlik v gostoti hrastovine glede na starost nismo potrdili.

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Vizualno temnejšo barvo hrastovine smo zaznali že pri vzorcih starih malo pod 300 let (starostna skupina 300). Tudi barvnometrično smo potrdili padanje svetlosti L^* hrastovine z naravnim staranjem, ter spremembo kromatičnosti barve proti rdečemu barvnemu tonu. Potrjeno je značilno povečevanje celotne spremembe barve (ΔE^*) hrastovine s staranjem. Higroskopsnost hrastovine se je s starostjo (skupine 300 in več) značilno zmanjšala, posledično pa se je značilno izboljšala dimenzijska stabilnost lesa, zlasti v tangencialni smeri, kot tudi prečna krčitev anizotropija. Ugotovili smo tudi, da je gostota lesa neodvisna od procesa naravnega staranja lesa. Raziskava je še pokazala, da na lastnosti starega lesa verjetno vpliva tudi mesto vgradnje oz. izpostavitve in s tem povezano nihanje in specifičnost klimatskih razmer.

6 POVZETEK

6 SUMMARY

We examined physical properties of oak (*Quercus* sp.) wood after ageing. The wood originated from the collection of samples of the Department of Wood Science and Technology. It was obtained from recently felled trees and from historical constructions in Slovenia. The aim of the study was to evaluate changes in colour, dimensional stability, sorption properties and density associated with the aging process.

The selected sections of wood were dendrochronologically dated to define or assess the year of formation of individual tree-rings and to define or assess the year of tree felling, depending on preservation of sapwood and bark. The time after felling (between 4 and 512 years) was considered the period of wood ageing (Table 1, Figure 1). Based on year of tree felling the samples were arranged in age groups 100-600 (Tables 1, 2). The age group 100 contained wood from the recently felled trees, while the samples from the age groups of 300-600 originated from historical structures: ABH originated from the outer walls of Ban's farm house in Artiče, SE Slovenia, where several reconstructions and renovations were detected (Čufar et al., 2013); STI samples originated from the timber construction of the belfry of the Stična Cistercian monastery church

(Vovk, 2003); and PIS samples were taken from the floor construction of the castle of Pišece, which is a complex structure with numerous building phases (Čufar et al., 2014). The sections of ABH, STI and PIS were taken during the renovations in 2004, 1999, and 2005, respectively. After collection in the field they were used to study their building history. Afterwards they were stored in containers at room temperature and protected from the light.

The colour of the wood was determined visually and with help of the standardized CIELab methodology on cubes with dimensions of 40 mm × 40 mm × 40 mm (Figure 2). Both the visual and CIELab determined colour parameters (L^* , a^* , b^* , C^* , ΔE^*) of heartwood showed that the wood became increasingly darker (the parameter L^* decreased), with increasing duration of service life. Changes were also detected in the case of parameter a^* , which indicated an increasing portion of red tone in older oak heartwood (all groups 300-600) whereas the colour on the yellow – blue axis (b^*) did not show any significant changes (Table 3).

The indicators of dimensional stability (q_T , q_R , h_T , h_R) and shrinkage anisotropy ($q_T - q_R$, q_T/q_R , $h_T - h_R$) of recently felled trees (age group 100) showed similar values as those reported for normal wood in the literature. Older samples, age groups 300-600, showed lower hygroscopicity and increased dimensional stability, especially in the tangential direction. Reduced transverse shrinkage anisotropy was also observed (Figure 3, Table 4).

The sorption coefficient was highest in the recently harvested oak of the age group 100 ($s = 0.144$ %/%) (Figure 4), and was comparable with the data from the literature. The sorption coefficients of aged wood (groups 300 - 600) were on average significantly lower (0.124 %/% and 0.127 %/%) (Figure 4). The results therefore showed that the aged oak is less hygroscopic than normal wood. This could be attributed to chemical changes during the ageing process, possibly leading to changes like a lower proportion of hemicelluloses and an increase in the proportion of cellulose crystallinity.

Average sorption isotherms for oak wood in the adsorption (A) and desorption (D) processes showed that the equilibrium moisture content (EMC) of desorption was in all cases higher than that seen with adsorption (Figure 5). The adsorption-desorption ratio of the EMC, which determines the size of

the hysteresis loop, did not show significant differences for wood from different age groups. The hysteresis size was the highest at 80% air humidity.

The density of oak wood did not change with age. It varied in agreement with tree-ring width and proportion of latewood, i.e. the density increased with increasing tree-ring width and proportion of latewood.

The results indicated that the location of wood during its service life and exposure to climate fluctuations seemed to influence the dimensional stability and hygroscopicity of historical oak.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek smo pripravili v okviru raziskav programske skupine P4-0015, ki jo financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, ARRS.

VIRI

REFERENCES

- Badel, E., Bakour, R., & Perre, P. (2006). Investigation of the relationship between anatomical pattern, density and local swelling of oak wood. *Iawa Journal*, 27(1), 55-71.
- Belec, A. (2017). Vpliv staranja na strukturne lastnosti hrasta (Diplomsko delo). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Bengtsson, C. (2001). Variation of moisture content induced movements in Norway spruce (*Picea abies*). *Annals of Forest Science*, 58(5), 569-581.
- Čufar, K., Bizjak, M., Kitek Kuzman, M., Merela, M., Grabner, M., & Brus, R. (2014). Castle Pišece, Slovenia - building history and wood economy revealed by dendrochronology, dendroprovenancing and historical sources. *Dendrochronologia*, 32, 357-363.
- Čufar, K., De Luis, M., Zupančič, M., & Eckstein, D. (2008). A 548-year long tree-ring chronology of oak (*Quercus spp.*) for SE Slovenia and its significance as dating tool and climate archive. *Tree-Ring Research*, 64(1), 3-15.
- Čufar, K., Strgar, D., Merela, M., & Brus, R. (2013). Les Banove hiše v Artičah kot zgodovinski arhiv: Wood in the Ban's house at Artiče, Slovenia, as a historical archive. *Acta Silvae et Ligni*, 101, 33-44.
- Dovč, A. (2013). Vpliv klimatskih pogojev na delovanje lesa (Diplomsko delo). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Dremelj, M. (2018). Izbrane fizikalne lastnosti starega hrastovega konstrukcijskega lesa (Magistrsko delo). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Fengel, D., & Wegener, G. (1989). *Wood Chemistry Ultrastructure Reactions*. Walter de Gruyter.
- Gawron, J., Szczesna, M., Zielenkiewicz, T., & Golofit, T. (2012). Cellulose crystallinity index examination in oak wood originated from antique woodwork. *Drewno*, 55(188), 109-114.
- Gorišek, Ž. (2009). Les: Zgradba in lastnosti - njegova variabilnost in heterogenost. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Gorišek, Ž. (1992). Vpliv prečne krčitvene anizotropije lesa na dimenzijsko stabilnost in sušenje lesa. Dok. dis. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, 120 str.
- Hudson McAulay, K. J. (2016). The structural and mechanical integrity of historic wood. (PhD PhD), University of Glasgow, Glasgow.
- Kohara, J., & Okamoto, H. (1955). Studies on permanence of wood. XI: The crystallized region of cellulose in old timbers. *Journal of Applied Physics*, 19(11), 491-506.
- Kollmann, F., & Cote, W. A. (1968). *Principles of Wood Science and Technology: Solid Wood* (Vol. 1). Berlin: Springer-Verlag.
- Kranitz, K. (2014). Effect of natural aging on wood. (PhD PhD), ETH, Zurich. (DISS. ETH No. 21661)
- Matsuo, M., Yokoyama, M., Umemura, K., Sugiyama, J., Kawai, S., Gril, J., ... Imamura, M. (2011). Aging of wood: Analysis of color changes during natural aging and heat treatment. *Holzforschung*, 65(3), 361-368.
- Nilsson, T., & Rowell, R. M. (2012). Historical wood: Structure and properties. *Journal of Cultural Heritage*, 13(3), 5-9.
- Rijsdijk, J. F., & Laming, P. B. (1994). *Physical and Related Properties of 145 Timbers*. Dordrecht: Springer.
- Vovk, K. (2003). Dendrokronološke raziskave lesa iz samostana v Stični (Diplomsko delo). Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Wagenführ, R. (2007). *Holzatlas*. Berlin: Hanser.
- Zobel, B. J., & van Buijtenen, J. P. (1989). *Wood variation: Its Causes and Control*. Berlin: Springer.

PRIMERJAVA LASTNOSTI OBLOŽENE CEMENTNO-IVERNE PLOŠČE IN POVRŠINSKO OBDELANE FURNIRNE PLOŠČE

COMPARISON OF PROPERTIES OF SURFACED CEMENT-BONDED PARTICLEBOARD AND SURFACE FINISHED PLYWOOD

Jure Žigon^{1*}, Primož Habjan¹

UDK 630*862.4:692.23-035.3

Izvleček / Abstract

Izvirni znanstveni članek / Original scientific article

Izvleček: V raziskavi smo izdelali dve vrsti oblog, namenjeni za zunanji sloj prezračevane fasade. Prvo fasadno oblogo je predstavljala cementno-iverna plošča, obložena z nizkotlačnim laminatom za oblaganje, drugo pa vlagoodporna furnirna plošča, premazana z lazurnim premaznim sistemom. Obe vrsti fasadnih oblog smo izpostavili postopku umetnega pospešenega staranja in temperaturnega obremenjevanja ter biotskim dejavnikom, s čimer smo simulirali pogoje realne uporabe. Spremembe klimatskih pogojev in ostali dejavniki opravljenih preskusov so vplivali bolj na obnašanje in lastnosti površinsko obdelane furnirne plošče. Obe vrsti kompozitov nista bili dovzetni za okužbo z glivami modrivkami in razkrojevalkami. Glede na rezultate raziskave sta tako obe vrsti oblog primerni za uporabo v gradbeništvu kot zunanji element prezračevane fasade.

Ključne besede: fasadna obloga, lesno-ploščni kompoziti, obstojnost, umetno pospešeno staranje

Abstract: In this study, we produced two types of claddings, representing the element of the ventilated façade. The first façade cladding was a cement-bonded particleboard, surfaced with a low-pressure laminate, while the second was a waterproof plywood board, coated with a stain-coating system. Both types of façade claddings were exposed to processes of artificial accelerated aging and temperature cycling tests, as well as to biotic factors, in order to simulate the conditions in real use. Changes in climatic conditions and other factors of the performed tests had a larger influence on the behaviour and properties of the surface finished plywood board. Both types of composites were not susceptible to infection with wood decay and blue-stain fungi. According to the results of the research, both types of claddings are suitable for the intended use as the outer element of a ventilated façade.

Keywords: façade covering, wood-based composites, durability, artificial accelerated weathering

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Razvoj novih tehnologij in ustreznih lepil je v drugi polovici 20. stoletja povzročil razmah proizvodnje furnirnih, ivernih in vlaknenih plošč. Sprva so jih uporabljali predvsem za izdelavo pohištva, kasneje pa so jih zaradi dobrih lastnosti začeli uporabljati tudi v gradbeništvu. Prednosti lesnih ploščnih kompozitov pred masivnim lesom so povezane predvsem z njihovo homogeno strukturo, dobrimi mehanskimi lastnostmi in dimenzijsko stabilnostjo (Medved, 2010).

Cementno-iverna plošča (CIP, angl.: *cement-bonded particleboard*, CBP) je produkt z visoko gostoto,

gladko površino in z dobrimi lastnostmi za uporabo na prostem in tam, kjer se zahteva odpornost proti gorenju. Proizvodnja teh plošč se je začela leta 1973 v Švici, do danes so postale pomemben del moderne arhitekture (Fan et al., 2006). Tovrstne plošče vsebujejo od 30 % do 65 % iveri in od 25 % do 60 % mineralnega veziva, ter 10 % vode in dodatkov (npr. pigmentov, pospeševalcev hidracije veziva itd.). Najpomembnejši vrsti lesa za izdelavo CIP sta topolovina in jelševina, vezivo visoke kakovosti pa je t. i. portlandski cement (Nazerian et al., 2011). CIP imajo zelo dobre zvočno izolativne lastnosti, visoko odpornost proti vpijanju vode, termitom, glivam in izkazujejo zelo dobro trajnost ob izpostavitvi v 2. do 4. razredu uporabe [znotraj ali pod streho (2.), mesto uporabe izdelka na prostem, nad zemljo, z (3.1) oz. brez ustrezne konstrukcijske zaščite in na prostem (3.2), v stiku s tlemi in/ali sladko vodo (4) (EN 335, 2013)]. CIP upo-

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

* e-pošta: jure.zigon@bf.uni-lj.si; telefon: 01-320-3612

rabljajo za kritino, za stenske in talne elemente ter kot elemente za absorpcijo zvoka (Fan et al., 2004a; Abdel-Aal, 2014). Nezdržljivost nekaterih vrst lesa (večinoma gre za listavce in tropske drevesne vrste) s cementom zaradi prisotnosti topnih komponent v lesu (hemiceluloz in ekstraktivnih snovi, kot so tanini, fenoli itd.), ki otežujejo hidracijo cementa, lahko omejuje praktično uporabnost nekaterih lesnih vrst v lesno-cementnih kompozitih (Fan et al., 2012; Na et al., 2014). Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na lastnosti CIP, so vrsta lesa in cementa ter velikost lesnih iveri. Velik vpliv na lastnosti plošč ima razmerje med lesom in cementom in njihova gostota (Fan et al., 2006; Nazerian et al., 2011; Abdel-Aal, 2014). Lastnosti so odvisne od premreženja lesnih iveri, cementa in deleža praznih prostorov, ki se pojavijo na stikih med osnovnimi materiali in nastanejo v času proizvodnega procesa (Fan et al., 2000; Nasser, 2014). Orientacija, velikost in oblika lesnih iveri po debelini in v prečnih smereh CIP se zelo razlikujejo. V spreminjajočih klimatskih pogojih se CIP izkaže za nestabilno, zaradi povratnih in nepovratnih sprememb mase in dimenzij (Fan et al., 2006). Dimenzijsko delovanje in obnašanje CIP je povezano z razporeditvijo njenih komponent (lesnih iveri in cementa), karbonacije (pretvorba Ca(OH)_2 v cementu v CaCO_3), kot tudi nesproščenih napetosti v kompozitu, ki nastanejo med njegovo proizvodnjo (Fan et al., 2004a; Fan et al., 2004b). Sorpcijske lastnosti in dimenzijske spremembe CIP so odvisne od relativne zračne vlažnosti (RZV). Spremembe dimenzij CIP v ciklično spreminjajoči RZV so veliko večje po debelini kot v dolžini, kar je povezano z orientacijo lesnih iveri v plošči (Fan et al., 2004c). Razvoj gliv bele in rjave trohnobe je na CIP oviran, zato so odporne proti glivnemu razkroju (Okino et al., 2005; Papadopoulos, 2008). Z namenom zaščite površine CIP pred karbonacijo te lahko premažemo s premazi (Fan et al., 2004a) ali pa jih obložimo z materiali za oblaganje.

Furnirne plošče (FP, angl.: *plywood*, PW) so plošče, zlepljene iz lihega števila slojev furnirnih listov. Najpogostejše so FP iz bukovega, brezovega ali topolovega luščenega furnirja. Usmerjenost vlaken vsakega sloja je pravokotna glede na sosednja sloja. S tem želimo zmanjšati vpliv dimenzijskih sprememb lesa zaradi spreminjanja vlažnosti lesa. Kljub usmerjanju furnirnih listov lahko pride do popuščanja lepilnih spojev zaradi pojava napetosti znotraj FP (Fan et al., 2009). Plošče delimo glede na lesno vrsto

furnirnih listov in njihovo debelino, število slojev ter uporabljeno lepilo. Različne kombinacije naštetega nam dajo FP z različnimi lastnostmi, ki določajo, za kakšen namen je posamezna plošča primerna. V gradbene namene se izmed vseh lesnih ploščnih kompozitov najdlje uporablja prav FP (Medved, 2010). Prvotno so FP uporabljali v pohištveni industriji. Predvsem s pojavom vodoodpornih lepil se je raba FP razširila na področja, ki zahtevajo odpornejše in trajnejše elemente. FP se danes uporabljajo marsikje, kjer so neposredno izpostavljene vremenskim dejavnikom, npr. v gradbeništvu, ladjedelništvu, transportu ipd. (Reinprecht et al., 2012). Dejavniki, ki predstavljajo izziv pri taki uporabi FP, so povišana vlažnost lesa, velike spremembe vlažnosti lesa in procesi staranja. Ti lahko privedejo do deformacij, površinskih razpok, delaminacije in razkroja (Van den Bulcke et al., 2009). Odpornost FP lahko izboljšamo z biocidno zaščito FP, uporabo modificirane furnirja, uporabo furnirja odpornejših lesnih vrst, z lepili, primernimi za zunanjo izpostavitve, s prilagojenimi načini stiskanja in s površinsko zaščito (Reinprecht et al., 2012; Mansouri et al., 2006).

V tej raziskavi smo primerjali nekatere lastnosti dveh vrst oblog, ki se uporabljata v gradbeništvu kot element prezračevane fasade. Tovrstna zasnova fasade objekta je v realni uporabi izpostavljena številnim dejavnikom, ki vplivajo na obnašanje in lastnosti materiala, iz katerega je narejena. Za raziskavo smo izdelali dve vrsti oblog. Osnovo prve je predstavljala komercialna CIP, na katere zunanji sloj smo dodali laminat za oblaganje. Druga obloga je bila FP višjega kakovostnega razreda, ki smo jo površinsko obdelali s komercialnim lazurnim premazom. Z namenom simulacije teh dveh oblog v realni uporabi smo vzorce obeh izpostavili abiotiskim in biotskim dejavnikom ter ocenili, kako ti vplivajo na njihove mehanske, fizikalne in odpornostne lastnosti.

2 MATERIALI IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

2.1 IZDELAVA FASADNIH OBLOG

2.1 MANUFACTURING OF FAÇADE CLADDINGS

Prvo fasadno oblogo sta sestavljala CIP in kontinuirano stiskan laminat (ang. Continuous Pressed Laminate, CPL) za oblaganje. Kot nosilno ploščo smo uporabili komercialno CIP proizvajalca Cetris® (pro-

dukt Basic) debeline 10 mm. Sestavljajo jo mešanica iveri iglavcev (63 %), portlandski cement (25 %), voda (10 %) in dodatki (2 %) (Cetris, 2017). Ploščo smo ob uporabi enokomponentnega poliuretan-skega lepila Mitopur E45 (Mitol d.d.) obojestransko obložili s CPL (Melaplast GmbH), debeline 0,8 mm, temnorjavega odtenka.

Za izdelavo površinsko obdelane FP smo izbrali komercialno brezovo FP (Sveza GmbH) debeline 9 mm iz sedmih slojev furnirja, zlepljenih s fenol-formaldehidnim lepilom. Najprej smo jo premazali z biocidnim pripravkom Silvanol-G-rjavi (Silvaprodukt, d.o.o.) v dveh nanosih. Nato smo nanесли še dva sloja vodnega lazurnega premaza Exterior (Belinka Belles, d.o.o.) v odtenku »oreh«.

Obe vrsti fasadnih oblog smo po koncu izdelave razžagali v vzorce, katerih dimenzije predpisujejo standardi oz. so potrebne za izvedbo izbranih preskusov.

2.1.1 Določevanje gostote

2.1.1 Determination of density

Za določitev gostote fasadnih oblog smo pripravili 5 vzorcev dimenzij 50 mm × 50 mm, ki smo jih klimatizirali v prostoru s temperaturo 23 °C in RZV 65 %. Gostoto kompozitov smo določili gravimetrično, po standardu SIST EN 323 (1996).

2.1.2 Določevanje sprememb dimenzije in mase, povezanih s spremembami relativne zračne vlažnosti (RZV)

2.1.2 Determination of dimensional changes and mass associated with changes in relative humidity (RH)

Spremembe dimenzij in mase fasadnih oblog, do katerih pride ob spremembi klimatskih pogojev, v katerih se nahajajo, smo določili po standardu SIST EN 318 (2004). Želene klimatske pogoje v komori smo vzpostavili z uporabo nasičenih vodnih raztopin soli (MgCl_2 – 35 %, NaNO_2 – 65 %, ZnSO_4 – 85 %). Del vzorcev velikosti 300 mm × 50 mm smo tako izpostavili klimatskim pogojem s temperaturo 20 °C, pri poviševanju RZV (30 %, 65 % in 85 %), drugi del vzorcev pa pri zniževanju RZV (85 %, 65 % in 35 %). Ko se masa vzorcev ni spremenila za več kot 0,1 % dnevno, smo predpostavili, da so se vzorci uravnovesili, in izmerili njihovo dolžino, širino in debelino ter spremenili klimatske pogoje v komori.

2.2 IZPOSTAVITEV VZORCEV UMETNEMU POSPEŠENEMU STARANJU IN CIKLIČNIM OBREMENITVAM S SPREMEMBO TEMPERATURE

2.2 EXPOSURE OF THE SAMPLES TO ARTIFICIAL ACCELERATED WEATHERING AND CYCLIC TEMPERATURE-CHANGE RESISTANCE

Vzorci velikosti 320 mm × 75 mm smo za 720 ur postavili v komoro za umetno pospešeno staranje (UPS, angl.: *Artificial accelerated weathering*, AAW) z enournimi cikli. Komora ima obliko zaprte kadi, z ločenima deloma, kjer so bili vzorci izpostavljeni simuliranim pogojem ob izpostavljenosti v zunanjo-sti, s fazami izmenjujočega razprševanja destilirane vode (22 min), mirovanja (9 min), UV in IR sevanja (3 min), UV sevanja (21 min), zopet UV in IR sevanja (3 min) ter mirovanja (2 min). Po zaključenem UPS smo vzorce prvotnih dimenzij razžagali v vzorce za nadaljnje poskuse.

Del vzorcev smo izpostavili tudi preskusu s cikličnim temperaturnim obremenjevanjem (CC, angl. »cold check«) (ASTM D1211, 1997). Vzorce obeh plošč (400 mm × 360 mm) smo izpostavili 20 ciklom izmenjujočih visokih in nizkih temperatur, ki so vključevali po 3 ure izpostavitve temperaturi – 15 °C, po 3 ure izpostavitve temperaturi 50 °C in klimatizaciji v normalnih pogojih (23 °C, 65 % RZV). Po preteku izpostavitve pri posamezni temperaturi smo na vsakem od vzorcev z mikrometrom in referenčno šablono na treh mestih opravili meritve izbočenosti oz. vbočenosti površine vzorca glede na šablono. S tovrstnim preskusom proučujemo dimenzijsko stabilnost materiala ob nenadnih spremembah temperatur, na katero močno vplivajo spremembe, ki se v času preskusa dogajajo tudi v površinskem sistemu. Tudi po zaključnem CC preskusu smo vzorce prvotnih dimenzij razžagali v vzorce za nadaljnje poskuse.

2.2.1 Ugotavljanje upogibne trdnosti

2.2.1 Determination of the bending strength

V raziskavi nas je zanimalo tudi, kako na mehanske lastnosti fasadnih oblog vplivajo spremembe njihove vlažnosti in temperature, ter kakšen je hkraten vpliv obeh dejavnikov. Del vzorcev smo tako obravnavali pred začetkom UPS in po njem oz. pred preskusom CC in po njem. Dodatne vzorce smo 24 ur namakali v vodi, 24 ur zamrzovali pri temperaturi – 15 °C oz. jih po 24 urah namakanja v vodi še 24 ur

zamrzovali. Upogibno trdnost tako pripravljenih vzorcev smo ugotovili na univerzalnem testirnem stroju Zwick 2005 po metodi 4-točkovnega upogiba, ki jo opisuje standard SIST EN 310 (1996).

2.2.2 Ugotavljanje sprememb lastnosti površinskih sistemov

2.2.2 Determination of changes of surface system properties

Spremembe barve na ploskvah vzorcev pred UPS in po njem so enostaven indikator različnih sprememb, ki so zaradi staranja nastale v materialu, kot npr. sprememb kemijske sestave, ipd. Barvni odtenek smo vrednotili po barvnem sistemu CIEL^{*}a^{*}b^{*}. Koordinate (L^{*}, a^{*} in b^{*}) pred UPS in po njem smo izmerili z optičnim bralnikom znamke Mustek. Spremembe barve površin vzorcev pred UPS in po njem smo izračunali po enačbi 1 (SIST EN ISO 11664-4, 2011):

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

kjer so ΔL^* , Δa^* , in Δb^* spremembe med začetnimi in končnimi vrednostmi L^{*}, a^{*}, oz. b^{*}.

Sijaj vzorcev pred UPS in po njem smo izmerili po standardu SIST EN 13722 (2004) na različnih mestih z instrumentom X-Rite AcuGloss TRI gloss, pri vpadnem kotu svetlobe 60°.

Spremembe omočljivosti ploskev in robov vzorcev pred UPS in po njem smo določili z metodo merjenja navideznega kontaktnega kota kapljic destilirane vode. Meritve smo izvedli z optičnim gonio- metrom Theta (Biolin Scientific Oy, Espoo, Finska). Kontaktno koto smo merili po analizi Young-Laplace, s pomočjo programske opreme (OneAttension verzija 2.4 (r4931), Biolin Scientific). Kapljice s prostornino 4 µL smo nanесли na 5 različnih mest glavne ploskve oz. roba posameznega vzorca. Kapljice na površinah smo opazovali 63 s (1,3 slike na minuto), z merjenjem kontaktnih kotov pa smo začeli, ko se je kapljica ločila od dozirnika, kar se je zgodilo približno 2 s po prvem kontaktu kapljice s površino vzorca.

Oprijem zaščitnega sloja laminata na obloženi CIP oz. premaznega sistema na FP smo pred UPS in po njem ter po CC obremenjevanju določili po metodi odtrgovanja pečatov, v skladu s standardom SIST EN ISO 4624 (2004).

2.3 UGOTAVLJANJE SEGREVANJA IN ODPORNOSTI PROTI VŽIGU (METODA Z GRELNO PLOŠČO)

2.3 DETERMINATION OF HEATING AND RESISTANCE AGAINST IGNITION («HOT PLATE» METHOD)

Toplotno prevodnost in odpornost fasadnih oblog proti vžigu smo določali s t.i. metodo grelne plošče (angl. »hot plate« - HP). Na segreto jekleno ploščo s temperaturo 350 °C smo postavili vzorec velikosti 100 mm × 100 mm za 10 minut. Prehajanje toplote skozi vzorec in njegovo segrevanje med meritvijo smo spremljali z infrardečo kamero Optris PI 160 (Optris GmbH). Kot indikator odpornosti proti vžigu smo vzorcem določili izgubo mase zaradi izpostavljenosti grelni plošči. Maso vzorcev smo tako izmerili pred začetkom preskusa, takoj po zaključku preskusa in po pretečenih 24 urah ohlajanja.

2.4 DOLOČANJE ODPORNOSTI FASADNIH OBLOG PROTI GLIVAM

2.4 DETERMINATION OF FAÇADE CLADDING RESISTANCE AGAINST FUNGI

2.4.1 Določanje odpornosti proti glivam modrivkam

2.4.1 Determination of the resistance against blue-stain fungi

Dovzetnost za okužbo z glivami modrivkami smo ugotavljali po modificirani standardni metodi (SIST EN 152, 2012), ki temelji na vizualnem ocenjevanju obarvanosti površine. Pripravili smo vzorce velikosti 50 mm × 40 mm, pri čemer v primeru obloge iz CIP tega nismo obložili z laminatom, saj prisotnost laminata na površini zagotovo ne bi predstavljala primerne podlage za razvoj gliv modrivk in prodor njihovih hif v notranjost. Vse razen ene od večjih ploskev vzorcev smo zatesnili z dvokomponentnim epoksidnim premaznim sistemom Epolor HB (Helios d.o.o., dva nanosa). Hranilni medij v gojišču za glivi *Aureobasidium pullulans* (de Barry) Arnaud [MB#101771] in *Sclerophoma pithyophila* (Corda) [MB#535309] je predstavljal koncentrirani sladni ekstrakt (Malt Extract), z dodatkom citronske kisline, NaOH in HCl. Glivi sta 7 dni preraščali v avtoklaviranih erlenmajericah (45 min; 120 °C; 1,5 bar). Po preraščanju smo raztopini prefiltrirali, zmešali skupaj in dobili suspenzijo spor testnih gliv. V avtoklavirane Kollejeve steklenice smo vstavili filtrirni papir, dolili 15 mL suspenzije spor gliv modrivk in vsta-

vili vzorec tako, da je bila nezatesnjena površina obrnjena navzdol. Vzorce smo za 6 tednov izpostavili glivam modrivkam. Po tem obdobju smo vzorce vzeli iz steklenic, jih prečno prežagali na pol in določili obseg obarvanja.

2.4.2 Določanje odpornosti proti glivam razkrojevalkam

2.4.2 Determination of resistance against wood-decay fungi

Za določanje odpornosti fasadnih oblog proti glivam razkrojevalkam smo pripravili vzorce velikosti 30 mm × 15 mm × debelina obloge, s čimer smo nekoliko odstopali od zahtev standarda SIST EN 113 (2006), ki sicer predpisuje vzorce velikosti 50 mm × 25 mm × 15 mm. Razmerje med stranicami vzorcev smo prilagodili omejujoči dimenziji – debelini obloge. Hranilni medij v gojišču za glive je predstavljal krompirjev glukozni agar (PDA – DIFCO). Kozarce, v katerih smo pripravili gojišče, in mrežice iz umetne mase, ki so služile kot opora vzorcev na hranilnem gojišču in preprečevale neposreden stik vzorcev s hranilnim medijem, smo predhodno sterilizirali v avtoklavu (45 min; 120 °C; 1,5 bar). Ko so se kozarci ohladili, smo hranilno gojišče inokulirali z izbranimi vrstami gliv in jih postavili v klimatizirano komoro (25 °C, 85 % RZV) za 7 dni. Tudi vzorce smo avtoklavirali, nakar smo jih v sterilnih pogojih vstavili v ko-

zarce in jih nato za 12 tednov izpostavili glivam razkrojevalkam lesa *Gloeophyllum trabeum* in *Trametes versicolor*. Po izpostavitvi glivam smo vzorce očistili, posušili v sušilniku ((103 ± 2) °C) in določili njihovo spremembo mase (Žlahtič Zupanc et al., 2017).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 MEHANSKE IN FIZIKALNE LASTNOSTI FASADNIH OBLOG

3.1 MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF FAÇADE CLADDINGS

3.1.1 Gostota fasadnih oblog

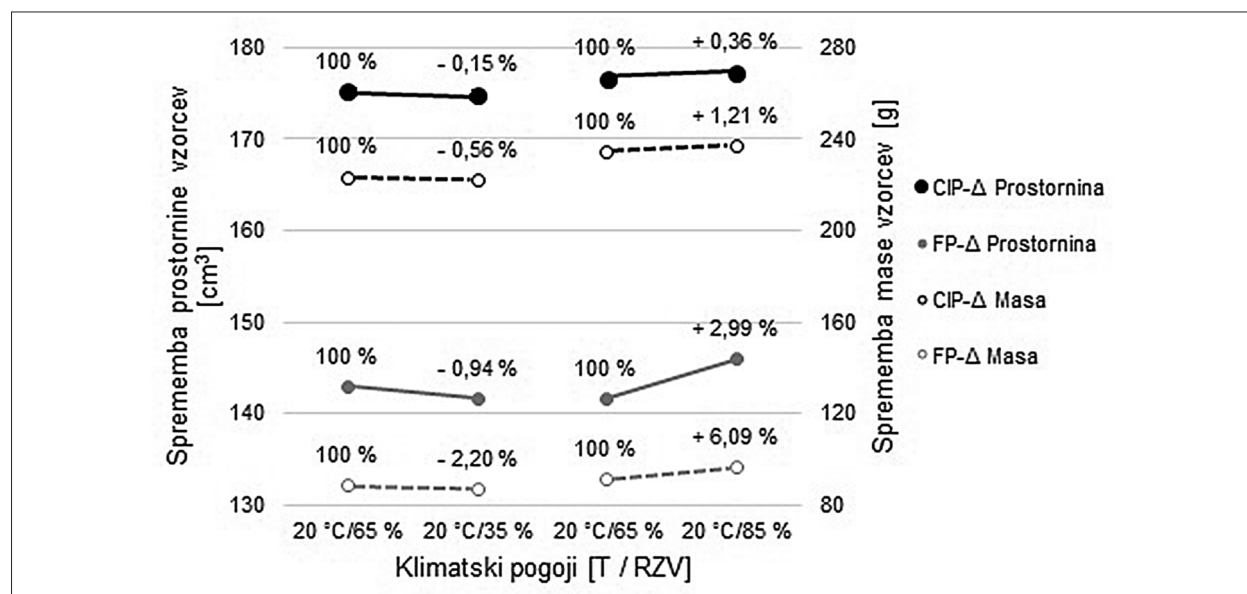
3.1.1 Density of façade claddings

Normalna gostota obložene CIP je znašala 1424 kg m⁻³, normalna gostota površinsko obdelane FP pa je znašala 676 kg m⁻³. Debelina vzorcev obložene CIP je bila v povprečju 11,76 mm, debelina vzorcev površinsko obdelane FP pa 9,39 mm.

3.1.2 Spremembe dimenzij in mase, povezanih s spremembo RZV

3.1.2 Changes of dimensions associated with changes in RH

Spremembe dimenzij in mase vzorcev fasadnih oblog, ki so bili izpostavljeni atmosferi z različnimi RZV, so prikazane na sliki 1. Na levi strani grafikona



Slika 1. Sprememba prostornine in mase vzorcev kompozitov ob spremembi RZV.

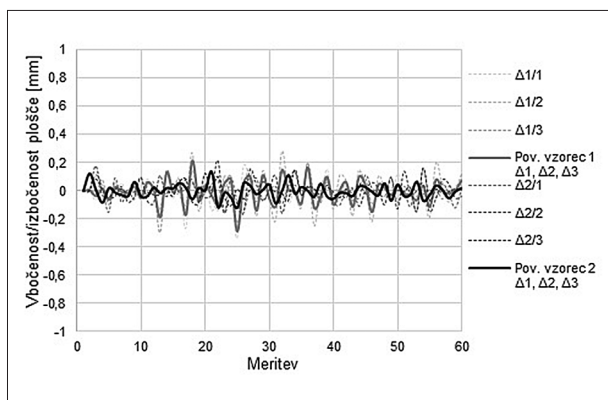
Figure 1. Changes of volume and mass of the composites associated with changes in RH.

so prikazane spremembe prostornine in mase vzorcev, ki smo jih prestavili iz prostora s srednjo RZV (65 %) v prostor z nižjo RZV (35 %), na desni strani grafikona pa spremembe prostornine in mase vzorcev, ki smo jih prestavili iz prostora s srednjo RZV (65 %) v prostor z višjo RZV (85 %). Iz naklona krivulj, kot tudi iz razlik med posameznimi meritvami, je razvidno, da so spremembe prostornine in mase zaradi spremembe klimatskih pogojev pri CIP manjše kot pri FP. Spremembe prostornine vzorcev, prikazane na sliki 1, so posledica sprememb dimenzij v vseh treh smereh (debelina, širina in dolžina). Naključna horizontalna razporejenost in usmerjenost gradnikov v CIP je razlog za to, da so bile spremembe v dolžini in širini vzorcev skoraj podobne, medtem ko so bile spremembe debeline veliko večje. Delci lesnih iveri/vlaken imajo sicer pri enakem volumnu večji vpliv na dimenzijske spremembe CIP kot cement (Fan et al., 2004a). Podoben pojav lahko opazimo pri FP, kjer k večjemu debelinskemu nabreku plošče prispeva sprememba debeline furnirne lista v plošči.

3.1.3 Vbočenost in izbočenost plošč med preskusom »cold check«

3.1.3 Downward and upward deflection of boards during »cold check« testing

Izbočenost oz. vbočenost vzorcev fasadnih oblog, izmerjena med preskusom CC na treh mestih površine posameznega vzorca glede na referenčno šablono, je prikazana na slikah 2 in 3. Rezultati so po-



Slika 2. Vbočenost in izbočenost plošč vzorcev obložene CIP med preskusom CC v različnih točkah merjenja.

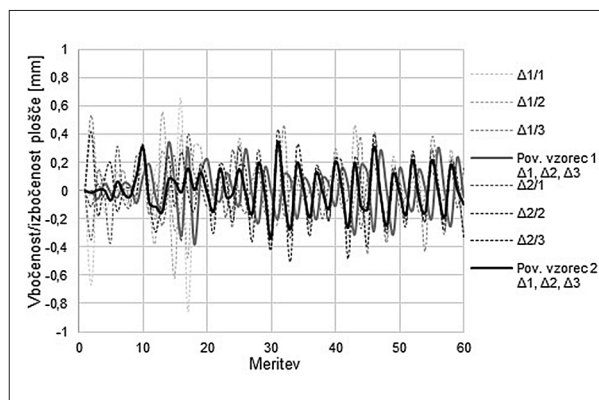
Figure 2. Downward and upward deflection of surfaced CBP during CC testing at different points of measurement.

kazali, da tudi temperatura vpliva na dimenzijske spremembe materiala. Izmerjene spremembe dimenzij, ki so se pojavile pri posamezni plošči zaradi spremembe temperature v okolici, so pokazale, da je obložena CIP bolj stabilna od površinsko obdelane FP. Razlog za to sta vrsta in velikost gradnikov, iz katerih sta plošči narejeni. Znano je, da imajo lesne iveri/vlakna manjši koeficient termičnega raztezka kot cement (Frangi & Fontana, 2003). V CIP cement predstavlja dovolj velik del kompozita, da lesna vlakna niso imela tako velikega vpliva na obnašanje vzorcev ob spremembah temperature okolice. Furnir, ki v večjem deležu tvori FP ploščo, pa je ob spremembi temperature povzročil njeno večje dimenzijsko delovanje.

3.1.4 Upogibna trdnost

3.1.4 Bending strength

V preglednici 1 in na sliki 4 so prikazane vrednosti elastičnega modula in upogibne trdnosti fasadnih oblog pred preskusom CC in po njegovem zaključku oz. pred UPS in po njem, 24 urnem namakanju v vodi, 24 urnem zamrzovanju in po 24 urnem namakanju v vodi z dodatnim 24 urnim zamrzovanjem. Ugotovili smo, da se je po 24 urah namakanja v vodi masa obložene CIP povečala za 11,53 %, masa površinsko obdelane FP pa za 10,43 %. Upogibna trdnost obložene CIP je bila nižja od upogibne trdnosti FP (Preglednica 1). Velik vpliv na upogibno trdnost kompozitov ima vrsta, velikost, razporejenost oz.



Slika 3. Vbočenost in izbočenost plošč vzorcev površinsko obdelane FP med preskusom CC v različnih točkah merjenja.

Figure 3. Downward and upward deflection of coated PW during CC testing at different points of measurement.

usmerjenost njihovih gradnikov. K upogibni trdnosti obložene CIP je največ prispeval laminat za oblaganje, ki se je nahajal na zunanji strani kompozita. Upogibna trdnost same nosilne CIP je v povprečju namreč znašala 11,97 MPa. K višji upogibni trdnosti FP je v veliki meri prispevala njena slojnata zgradba iz med seboj križno usmerjenih slojev furnirja in prisotnost fenol-formaldehidnega lepila v spojih med furnirji. Pri obeh kompozitih je po zaključenem CC preskusu in UPS prišlo do zmanjšanja upogibne trdnosti in modula elastičnosti pri upogibu. Izmenjevanje temperature med CC preskusom je bolj negativno vplivalo na upogibno trdnost obložene CIP (Preglednica 1). Postopek UPS, pri katerem pride do navlaževanja in sušenja vzorcev, je na oba kompozita vplival podobno. Namakanje obložene CIP v vodi ni povzročilo tolikšnega zmanjšanja upogibne trdnosti kot UPS, saj voda ni prodrla preko njenega celotnega preseka, kar je bilo opaziti na prečnem prerezu vzorcev po namakanju. Namakanje FP v vodi je bolj vplivalo na njeno upogibno trdnost, kar je verjetno posledica prodora vode in nabreka vzorcev na robovih. Vpliv zamrzovanja na upogibno trdnost kompo-

zitiv je bil manjši kot vpliv namakanja. Dodatno zamrzovanje namočenih vzorcev ni dodatno znižalo upogibne trdnosti obeh oblog.

3.1.5 Hitrost segrevanja in odpornost proti vžigu (metoda z grelno ploščo)

3.1.5 Rate of heating and resistance against ignition (»hot plate« method)

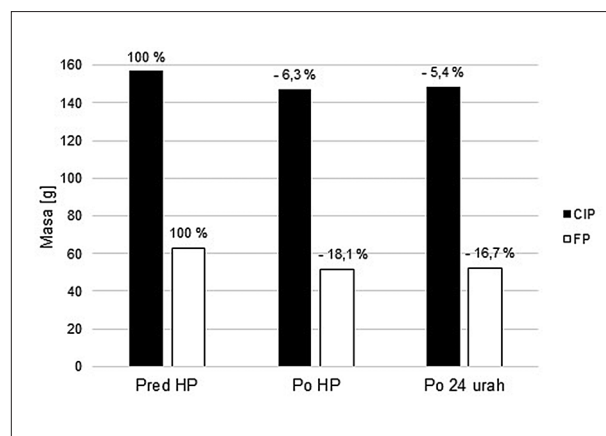
Slika 4 prikazuje spremembo mase vzorca CIP pred začetkom preskusa z metodo z grelno ploščo, takoj po zaključku preskusa in po dodatnih 24 urah ohlajanja. Ob postavitvi vzorca obložene CIP in površinsko obdelane FP na grelno ploščo je pri obeh prišlo do pojava tlenja materiala ob prisotnosti dima. Na strani obložene CIP, ki je bila v stiku z grelno ploščo, je laminat za oblaganje delno pooglenel, medtem ko je lepilni spoj PU lepila popolnoma razpadel. Vendar je bila izguba mase občutno nižja, kot pri površinsko obdelani FP. Pri tej je izpostavljeni sloj furnirja popolnoma pooglenel, kar je predstavljalo skoraj petino izgubljenе prvotne mase vzorca. Prehod toplote skozi obloženo CIP je bil nekoliko počasnejši, kot pri površinsko obdelani FP. Maksimalna temperatura ploskve, ki ni bila v stiku z grelno ploščo, je po 10 minutah segrevanja pri slednji znašala 143 °C, pri obloženi CIP pa 89,1 °C (preglednica 2). Zračni žepi, ki so se v laminatu za oblaganje pojavili med segrevanjem zaradi njegovega razslojevanja, so namreč nekoliko upočasnili prehod toplote po preseku tega kompozita.

Preglednica 1. Upogibna trdnost kompozitov pred izpostavitvijo različnim vplivom in po njej.

Table 1. Bending strength of the composites before and after exposure to different impacts.

Kompozit	Obdobje meritve	E modul [MPa]	Upogibna trdnost [MPa]
Obložena cementno-iverna plošča	Normalna klima	8660 (860,8)	48,92 (11,2)
	Po CC	7760 (100,2)	45,25 (1,3)
	Po UPS	6198 (586,8)	38,96 (5,5)
	24 ur v vodi	7818 (392,4)	44,73 (2,9)
	24 ur zamrzovanje	9054 (117,7)	50,07 (2,4)
	24 ur v vodi + 24 ur zamrzovanje	8166 (202,2)	47,12 (1,5)
Površinsko obdelana furnirna plošča	Normalna klima	10214 (228,0)	85,85 (1,3)
	Po CC	9766 (97,1)	84,65 (3,5)
	Po UPS	9656 (535,0)	67,21 (7,1)
	24 ur v vodi	7222 (433,1)	62,59 (6,6)
	24 ur zamrzovanje	9942 (587,5)	78,19 (10,2)
	24 ur v vodi + 24 ur zamrzovanje	7544 (537,9)	62,69 (2,9)

* V oklepajih so prikazane vrednosti standardnega odklona.

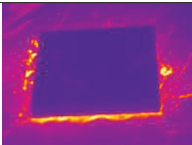
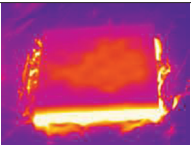
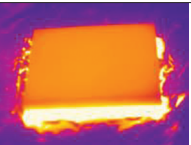
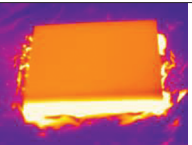
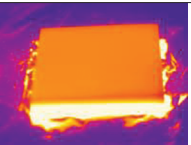


Slika 4. Izguba mase kompozitov takoj po izvedbi in 24 ur po preskusu z metodo grelne plošče (HP).

Figure 4. Mass loss of the composites immediately after and 24 hours after »hot plate« (HP) method testing was performed.

Preglednica 2. Segrevanje vzorcev kompozitov med preskusom z metodo grelne plošče (HP).

Table 2. Heating of the samples of the composites during the »hot plate« (HP) method test.

Vrsta kompozita	Čas posnetka, temperatura zgornje ploskve vzorca				
	0 s	150 s	300 s	450 s	600 s
Cementno-iverna plošča	 26 °C	 67 °C	 91 °C	 89 °C	 89 °C
Furnirna plošča	 31 °C	 68 °C	 99 °C	 113 °C	 143 °C

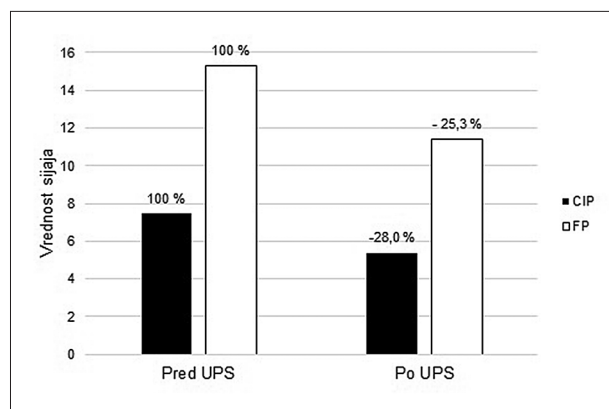
3.2 SPREMEMBE LASTNOSTI POVRŠINSKIH SISTEMOV

3.2 CHANGES OF SURFACE SYSTEM PROPERTIES

3.2.1 Barva in sijaj površine

3.2.1 Colour and gloss of the surface

Sprememba barve laminata za oblaganje s temnorjavim odtenkom, s katerim je bila obložena CIP, je v primerjavi z začetno vrednostjo komponent L^* , a^* in b^* po postopku UPS znašala $\Delta E = 1,94$, sprememba barve premaznega sistema na površini FP pa $\Delta E = 5,04$. S tem se je pokazalo, da je laminat za oblaganje veliko bolj barvno obstojen (nižji ΔE) kot površinski sistem, ki ga tvorijo lazure. Barvne spremembe, ki so se zgodile na površini oblog, so bile zaznavne tudi s človeškim očesom, saj je ΔE znašal ≥ 1 .



Slika 5. Vrednost sijaja površine kompozitov pred UPS in po njem.

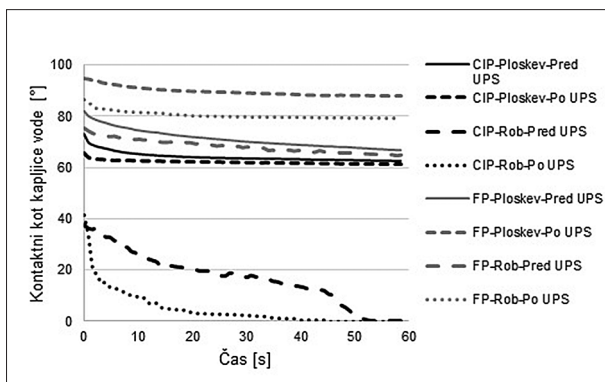
Figure 5. Gloss value of the surface of the composites before and after AAW testing.

Sijaj laminata pri obloženi CIP se je s postopkom UPS spremenil nekoliko bolj (za 28,0 %) kot sijaj premaznega sistema lazur na površini FP (za 25,3 %) (slika 5). Do sprememb barve in sijaja površin pri obeh kompozitih je prišlo zaradi vpliva UV svetlobe, IR sevanja, sprememb temperature in RZV med postopkom UPS. Ti dejavniki so vplivali na lastnosti polimerov zunanjih slojev laminata za oblaganje oz. utrjenega filma premaznega sistema na površini FP, s čimer se je spremenila tudi morfologija površin.

3.2.2 Kontaktni koti kapljice vode

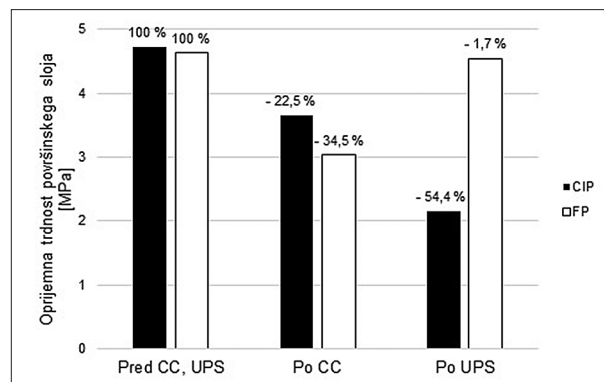
3.2.2 Water droplet contact angles

Sprememba morfologije oz. povečanje hrapavosti površin fasadnih oblog sta vplivala tudi na interakcije nanese kapljice destilirane vode oz. na kontaktni kot (slika 6). Nižji kontaktni kot pomeni večjo omočljivost površine. Na splošno se je premazni sistem na površinah FP izkazal za bolj hidrofobnega. Kontaktni kot kapljice vode, nanese na površino laminata pri obloženi CIP, je po postopku UPS upadel, kar je posledica spremembe morfologije zaščitnega sloja. Na robovih vzorcev CIP laminata ni bilo, zato je bil ta že pred postopkom UPS bolj dovzeten za vpijanje kapljice destilirane vode. Po postopku UPS se je njen kontaktni kot še zmanjšal. Pri površinsko zaščiteni FP se je kontaktni kot kapljic na premazanem robu in površini po postopku UPS zvišal. Predvidevamo, da je razlog za ta pojav povečana hrapavost površin, do katere je prišlo po izpostavitvi UPS (Custódio & Eusébio, 2006; Kúdela et al., 2017).



Slika 6. Časovni potek spreminjanja kontaktnega kota kapljice vode na robu in površini kompozitov pred CC in UPS ter po zaključku obeh preskusov.

Figure 6. Time lapse of water droplet contact angle on the edge and surface of the composites before and after CC or AAW testing, respectively.



Slika 7. Oprijemna trdnost površinskega sistema kompozitov pred in po zaključku CC oz. UPS preskusa.

Figure 7. Adhesion strength of the surface system of the composites before and after CC or AAW testing, respectively.

3.2.3 Oprijem površinskega sistema

3.2.3 Adhesion strength of the surface system

Oprijem zaščitnega sloja laminata pri obloženi CIP oz. površinskega sistema na FP je po preskusu CC in UPS upadel (preglednica 3 in slika 7). V primeru obložene CIP je na oprijem zunanjskega sloja laminata postopek UPS vplival bolj negativno kot postopek CC. Pri vseh meritvah je prišlo do porušitve

v območju med zaščitnim slojem laminata in utrjenim lepilnim spojem odstranjenega pečata. Postopek UPS je na oprijem površinskega sistema FP vplival veliko bolj negativno kot CC preskus. Pri vzorcih iz CC preskusa je do porušitve prišlo na stiku med podlago in utrjenim filmom temeljnega premaza (adhezijski lom), medtem ko je pri vzorcih iz preskusa UPS prišlo do medslojne porušitve med filmom temeljnega in končnega premaza.

Preglednica 3. Izmerjene vrednosti oprijema površinskega sistema na podlago pred CC oz. UPS in po obeh vrstah preskusa.

Table 3. Measured value of adhesion of the surface system on the substrate before and after CC or AAW testing, respectively.

Vzorec	Obložena CIP			Površinsko obdelana FP		
	Izmerjena napetost, oprijem [MPa]			Izmerjena napetost, oprijem [MPa]		
	Pred CC, UPS	Po CC	Po UPS	Pred CC, UPS	Po CC	Po UPS
1	4,52*	4,01*	2,17*	4,93	3,97*	2,81
2	4,89*	3,51*	2,79*	4,88	4,53*	2,81
3	4,82*	3,99*	2,42*	4,31	4,35*	2,86
4	4,65*	4,15*	3,01*	4,72	4,77*	2,68
5	4,71*	4,09*	2,81*	4,36	4,72*	3,45
6	4,52*	3,04*	1,70*	4,81	4,69*	3,06
7	4,51*	3,31*	1,03*	4,68	4,15*	3,51
8	4,71*	4,08*	1,64*	4,37	4,50*	3,10
9	4,83*	3,54*	2,19*	4,62	4,96*	3,10
10	4,96*	2,81*	1,73*	4,57	4,81*	2,92
Povprečje	4,71	3,65	2,15	4,63	4,55	3,03
St. odklon	0,15	0,46	0,60	0,21	0,30	0,26

* - Pojav kohezijskega loma.

3.3 ODPORNOST FASADNIH OBLOG PROTI GLIVAM

3.3 RESISTANCE OF FAÇADE CLADDINGS AGAINST FUNGI

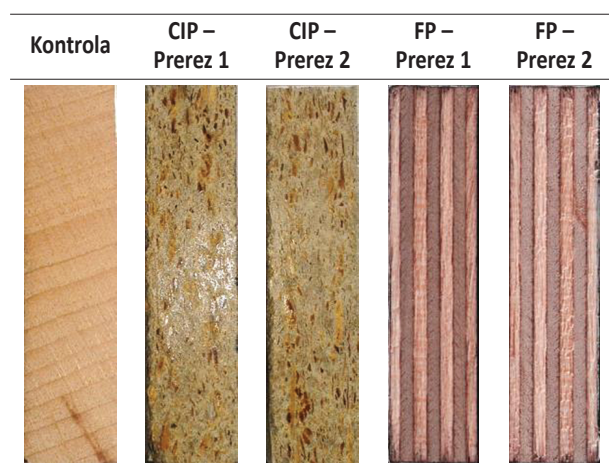
3.3.1 Odpornost proti glivam modrivkam

3.3.1 Resistance against blue-stain fungi

Preskus odpornosti oblog proti okužbi z glivami modrivkami je pokazal, da glive niso prodrle v notranjost kompozita (nosilne plošče) in jih posledično niso obarvale (preglednica 4). Rast gliv modrivk in prodor njihovih hif v CIP je najverjetneje onemogočen zaradi prisotnosti cementa, s katerim so povezane iveri lesa. Premazni sistem na površini FP pa je predstavljal zadostno bariero, ki je preprečevala prodor hif do lesa.

Preglednica 4. Prečni prerezi kontrolnega vzorca, vzorca obložene CIP in površinsko obdelane FP po preskusu odpornosti proti okužbi z glivami modrivkami.

Table 4. Cross cut of the control sample, sample of the surfaced CBP and surface-finished PW after testing of resistance against blue-stain fungi.



Slika 8. Sprememba mase kompozitov po izpostavitvi vzorcev glivam razkrojevalkam.

Figure 8. Mass changes of the composites after exposure of the specimens to wood-decay fungi.

prišlo do razkroja. V primeru obložene CIP je prišlo celo do porasta mase (v povprečju 3,6 %), kar so ugotovili tudi Okino et al. (2005) in Papadopoulos (2008). Vzorci površinsko obdelane FP so v povprečju izgubili 2,2 % mase. Ta vrednost nakazuje na relativno dobro odpornost FP, kar pa je tudi posledica uporabe biocidnega premaza.

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Glede na rezultate raziskave sta tako obložena CIP kot tudi površinsko obdelana FP primerni za uporabo v gradbeništvu kot element obloge prezračevane fasade, ki se nahaja v 2., 3.1. ali 3.2. razredu uporabe (EN 335, 2013). Z izpostavitvijo preskušanih oblog različnim abiotiskim in biotskim dejavnikom smo se želeli čim bolj približati pogojem realne uporabe. Test upogibne trdnosti je pokazal, da je upogibna trdnost FP (85,85 MPa) višja od upogibne trdnosti obložene CIP (48,92 MPa). Na drugi strani se je izkazalo, da se upogibna trdnost ob namakanju plošče (-27,1 %), zamrzovanju (-8,9 %) in kombinaciji obojega (-27,0 %) bolj zniža pri FP kot pri CIP (-8,6 %, 2,4 %, -3,7 %). Prav tako se je FP slabše odzvala na spremembe RZV, saj so se njene dimenzije in masa spreminjale bolj kot pri CIP. Obe vrsti fasadnih oblog se pri temperaturi preskušanja nista vneli, površinsko obdelana FP (-16,7 %) pa je izgubila nekoliko več mase kot obložena CIP (-5,4 %). Po postopku umetnega pospešenega staranja in temperaturnega obremenjevanja se je laminat za oblaganje na zunanjih ploskvah CIP ($\Delta E = 1,94$) izka-

3.3.2 Odpornost proti glivam razkrojevalkam

3.3.2 Resistance against wood-decay fungi

Obe vrsti fasadnih oblog sta se izkazali za odporni proti glivi bele (*Trametes versicolor*) in glivi rjave trohnobe (*Gloeophyllum trabeum*). Sprememba mase vzorcev po preteku poskusa je bila namreč zanemarljivo majhna (slika 8). Izgubo mase med razkrojem, ki je manjša od 3 %, standard SIST EN 113 obravnava kot zanemarljivo, saj ni jasno, ali je tako nizka izguba mase posledica izpiranja topnih sestavin, eksperimentalne napake ali je dejansko

zal za barvno obstojnejšega od premaznega sistema na površini FP ($\Delta E = 5,04$). Slednji se je izkazal tudi za bolj hidrofobnega, saj smo na njem izmerili večji kontaktni kot kapljice vode tako pred postopkom umetnega pospešenega staranja kot po njem. Oprijem premaznega sistema na FP se je po postopku UPS zmanjšal za 34,5 %, po preizkusu CC pa le za 0,4 %. Pri preizkusu oprijema laminata na CIP smo imeli težave, saj je bila že ob nanosu lepila njegova penetracija v podlago premajhna. Obe vrsti fasadnih oblog nista dovzetni za okužbo z glivami modrivkami (na prečnem prerezu ni bilo vidnega prodora hif v oblogo) in razkrojevankami (pri FP je bila izguba mase le 2,2 % oz. je pri CIP ni bilo).

5 POVZETEK

5 SUMMARY

Wood-based panels (WBP) have been used since the beginning of the 20th century due to improved dimensional stability, mechanical properties and service life in comparison with solid timber. With development of new types of wood composites, the means of use of WBP got numerous, including some where WBP are being exposed to outdoor conditions. In recent years, there is an evolving trend of using ventilated wooden façades in private as well as public building constructions. The aim of this study was to assess the functionality of two different types of WBP, used as claddings on ventilated façade system. The first panel was a cement-bonded particleboard (CBP), surfaced with a low-pressure laminate. The other panel was a moisture resistant plywood (PW), treated with boric acid biocide and coated with a stain-coating system. We exposed both WBP to artificial accelerated weathering (AAW), temperature cycling (CC) testing and biotic factors, in order to simulate the processes of real-world outdoor conditions. We conducted various experiments to test their resistance to weathering processes. Changes in relative humidity had a stronger influence on the dimensional stability of PW than CBP. Higher moisture content also affected the bending strength of PW more than that of CBP, although PW generally performed better in the bending tests. CBP proved to be more resilient to high temperatures. However, the polyurethane resin in the bondline and laminate did not withstand temperatures during the »hot plate« test, resulting in bondline degradation and laminate

delamination. The AAW and CC tests showed that CBP is less prone to colour and gloss change than PW. On the other hand, PW performed better in the water droplet contact angle and adhesion tests. Neither wood-decay fungi nor blue-stain fungi did not affect either of the composites. Overall, we believe both types of WBP tested are suitable for use as cladding in a ventilated façade system.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Izvedbo raziskave je omogočila Agencija za raziskovalno dejavnost RS (ARRS), s financiranjem programske skupine P4-0015 – Les in lignocelulozni kompoziti. Del raziskav je potekal tudi v okviru projektov Razvoj verig vrednosti v okviru razpisov Strategije pametne specializacije; TIGR4smart. Avtorja se za pomoč pri raziskavi in pripravi prispevka zahvaljujeta prof. dr. Mihi Humarju, prof. dr. Marku Petriču in izr. prof. dr. Sergeju Medvedu z Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete.

VIRI

REFERENCES

- Abdel-Aal (2014). Mechanical properties and dimensional stability of wood-cement particleboard from tree prunings residues of some wood species as affected by the panel density. *Alexandria Sci. Exch. J.*, 35, 3, 215-225.
- ASTM D1211 (1997). Standard test method for temperature-change resistance of clear nitrocellulose lacquer films applied to wood.
- Cetris (2017). Cetris® Basic. Dostopno na <http://www.cetris.cz/en/systems/hobby/cetris-basic-board/>
- Custódio, J. E. P., & Eusébio, M. I. (2006). Waterborne acrylic varnishes durability on wood surfaces for exterior exposure. *Prog. Org. Coat.*, 56, 59-67.
- Fan, Z. M., Bonfield, W. P., & Dinwoodie, M. J. (2000). Dimensional instability of cement bonded particleboard: SEM and image analysis. *Journal of materials science*, 35, 6213-6220.
- Fan, Z. M., Bonfield, W. P., Dinwoodie, J. M., Boxall, J., & Bresse, C. M. (2004a). Dimensional instability of cement-bonded particleboard: The effect of surface coating. *Cement and Concrete Research*, 34, 1189-1197.
- Fan, Z. M., Bonfield, W. P., Dinwoodie, J. M., & Bresse, C. M. (2004b). Dimensional instability of cement bonded particleboard: contributions to its occurrence. *Wood Sci. Technol.*, 38, 335-347.
- Fan, Z. M., Dinwoodie, M. J., Bonfield, W. P., & Bresse, C. M. (2004c). Dimensional instability of cement bonded particleboard. Part 2: Behaviour and its prediction under cyclic changes in RH. *Wood Sci. Technol.*, 38, 53-68.

- Fan, Z., Bonfield, P., & Dinwoodie, J. (2006). Nature and behaviour of cement bonded particleboard: structure, physical property and movement. *Journal of materials science*, 41, 5666-5678.
- Fan, M., Ohlmeyer, M., Irle, M., Haelvoet, W., Athanassiadou, E., & Rochester, I. (2009). Performance in use and new products of wood based composites. London: Brunel University Press.
- Fan, M., Ndikontar, M. K., Zhou, X. & Ngamveng, J. N. (2012). Cement-bonded composites made from tropical woods: Compatibility of wood and cement. *Constr. Build. Mater.*, 36, 135-140.
- Frangi, A., & Fontana, M. (2003). Thermal expansion of wood and timber-concrete composite members under ISO-fire exposure. *Fire Safety Science*, 7, 1111-1122.
- Kúdela, J., Štrbová, M., Jaš, F. (2017). Influence of accelerated ageing on morphology and wetting of wood surface treated with a modified water-based coating system. *Acta Facultatis Xylogiae Zvolen*, 59, 1, 27-39.
- Mansouri, H. R., Pizzi, A., & Leban, J. M. (2006). Improved water resistance of UF adhesives for plywood by small pMDI additions. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 64, 218-220.
- Medved, S. (2010). Lesni ploščni kompoziti v arhitekturi - uporaba vlaknenk, iverk in OSB plošč. V: Dujič, B., Kitek Kuzman, M. Nove tehnologije v gradnji z lesom, str. 42-49.
- Nazerian, M., Ghalehno, D. M., & Gozali, E. (2011). Effects of wood species, particle sizes and dimensions of residue obtained from trimming of wood-cement composites on physical and mechanical properties of cement-bonded particleboard. *Wood Mater. Sci. Eng.*, 6, 196-206.
- Na, B., Wang, Z., Wang, H., & Lu, X. (2014). Wood-cement compatibility review. *Wood research*, 59, 5, 813-826.
- Nasser, A. R. (2014). Influence of Board Density and Wood/Cement Ratio on the Properties of Wood-Cement Composite Panels Made from Date Palm Fronds and Tree Prunings of Buttonwood. *Alexandria Sci. Exch. J.*, 35, 2, 133-145.
- Okino, A. Y. E., De Souza, R. M., Santana, E. A. M., Alves, S. V. M., De Sousa, E. M., & Teixeira, E. D. (2005). Physico-mechanical properties and decay resistance of *Cupressus* spp. cement-bonded particleboards. *Cement and Concrete Composites*, 27, 3, 333-338.
- Papadopoulos, N. A. (2008). Mechanical Properties and Decay Resistance of Hornbeam Cement Bonded Particleboards. *Research Letters in Materials Science*, 4 str.
- Reinprecht, L., Kmetova, L., & Iždinsky, J. (2012). Fungal decay and bending properties of beech plywood overlaid with tropical veneers. *Journal of Tropical Forest Science*, 24, 4, 490-497.
- SIST EN 113 (2006). Wood preservatives - Test method for determining the protective effectiveness against wood-destroying basidiomycetes. Determination of toxic values. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium.
- SIST EN 152 (2012). Wood preservatives - Determination of the protective effectiveness of a preservative treatment against blue stain in wood in service - Laboratory method. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium.
- SIST EN 310 (1996). Wood-based panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- SIST EN 318 (2004). Wood based panels - Determination of dimensional changes associated with changes in relative humidity. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- SIST EN 323 (1996). Wood-based panels - Determination of density. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- SIST EN 335 (2013). Durability of wood and wood-based products - Use classes: definitions, application to solid wood and wood based panels. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- SIST EN 13722 (2004). Furniture - Assessment of the surface gloss. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- SIST EN ISO 4624 (2004). Paints and varnishes - Pull-off test for adhesion. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- SIST EN ISO 11664-4 (2011). Colorimetry - Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.
- Van den Bulcke, J., Van Acker, J., & De Smet, J. (2009). An experimental set-up for real-time continuous moisture measurements of plywood exposed to outdoor climate. *Building and Environment*, 44, 2368-2377.
- Žlahtič Zupanc, M., Pogorelčnik, A., Kržišnik, D., Lesar, B., Thaler, N., & Humar, M. (2017). Model za določanje življenjske dobe lesa listavcev. *Les/Wood*, 66, 1, 53-59.

PALISANDRI IN SORODNIKI IZ RODU *DALBERGIA* NA SEZNAMU CITES

ROSEWOODS AND RELATED SPECIES OF THE GENUS *DALBERGIA* ON THE CITES LIST

Katarina Čufar¹, Ervin Žveplan¹, Denis Plavčak¹, Maks Merela^{1*}

UDK 630*176.1 *Dalbergia* spp.

Izvilleček / Abstract

Pregledni znanstveni članek / Review scientific article

Izvilleček: Les palisandro (angleško rosewood) iz botaničnega rodu *Dalbergia* je zaradi dekorativne obarvane jedrovine s temnimi progami, visoke gostote in ugodnih lastnosti lesa zelo cenjen. Tradicija uporabe palisandrov za prestižne izdelke in glasbene instrumente je že zelo dolga. Med palisandri sta najbolj znana rio palisander (*D. nigra*) iz Brazilije in vzhodnoindijski palisander (*D. latifolia*). Zaradi prekomernega izkoriščanja je rio palisander že od leta 1992 na seznamu CITES (Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi prosto živečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami) na dodatku I, kamor so uvrščene vrste, ki jim grozi izumrtje, komercialna mednarodna trgovina z njimi pa je prepovedana. Zaradi izsekavanja in ilegalne trgovine so z uredbo, ki velja od začetka leta 2017, zaščitili vse vrste iz rodu *Dalbergia*, ki jih je nad 250. Uvrščene so na dodatek II. Mednarodna trgovina z njimi je dovoljena, vendar strogo urejena. Zaradi omejitev s trgovanjem je zelo pomembno poznavanje najpomembnejših predstavnikov, pravilna identifikacija lesnih vrst in razlikovanje med vrstami znotraj rodu. V tem prispevku smo ob uporabi najpomembnejših identifikacijskih ključev predstavili 20 najpomembnejših vrst iz rodu *Dalbergia*. Predstavljamo njihove glavne anatomske znake ter možnost razlikovanja lesa različnih vrst znotraj rodu. Predstavljamo pomen palisandrov za izdelavo glasbenih instrumentov ter problematiko nadzorovanja in preprečevanja ilegalne trgovine s temi vrstami v Sloveniji.

Ključne besede: *Dalbergia* spp., palisander, CITES, anatomija lesa, mikroskopska identifikacija lesa, lesena glasbila

Abstract: The wood of rosewoods and palisanders from the botanical genus *Dalbergia* has a decorative coloured heartwood with dark streaks, high density and favourable wood properties, and thus is traditionally used and highly valued for prestige products and musical instruments. Among the most famous representatives of the genus are Brazilian rosewood (*D. nigra*) and Indian rosewood (*D. latifolia*). Due to its over-exploitation, Brazilian rosewood was put on the CITES list (Convention on International Trade and Endangered Species of Wild Fauna and Flora) in 1992 (Cites, 2018) as part of Appendix I, which lists the species threatened with extinction, and trade in these is generally prohibited. According to new CITES trade rules which came into effect at the beginning of 2017, the entire genus of *Dalbergia* (>250 species) has been put in Appendix II, which includes species not necessarily threatened with extinction, but in which trade must be controlled in order to avoid utilization incompatible with their survival. Due to these regulations, the correct identification of the wood is very important. Based on the use of relevant wood anatomical keys we present the 20 most important species of *Dalbergia*. We present and discuss the main wood anatomy features and questions related to identification of species belonging to the same genus. We present the importance of rosewoods for the production of musical instruments, as well as the problem of control and prevention of their illegal trade.

Keywords: *Dalbergia* spp., rosewood, CITES, wood anatomy, microscopic wood identification, wooden music instruments

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Z nazivom palisander poimenujemo več vrst, ki so botanično uvrščene v rod *Dalbergia* in družino Leguminosae-Papilionoideae. Izraz palisander smo prevzeli iz nemščine (Palisander), ta pa verjetno iz

španščine (palisandro oz. palo santo – sveti les), medtem ko angleška terminologija večino palisandrov poimenuje z izrazom »rosewood« (Torelli, 2001). Zaradi vpliva angleščine včasih tudi v Sloveniji zasledimo poimenovanje rožni les, kar pa s terminološkega vidika v splošnem ni priporočljivo (Torelli, 2001).

Najbolj znana in prepoznavna vrsta iz tega rodu je rio palisander (*Dalbergia nigra*) iz Brazilije. Ima dekorativno temno obarvano jedrovino z značilnimi progami (slika 1). Zaradi dekorativnega videza in

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

* e-pošta: maks.merela@bf.uni-lj.si

ugodnih lastnosti lesa, kot so visoka gostota, dobra dimenzijska stabilnost, odlične akustične lastnosti in odlična obdelavnost, je cenjen za vrsto prestižnih izdelkov in za glasbene inštrumente. Na evropskem tržišču je znan že več kot 300 let (Gasson et al.,

2010), v Sloveniji pa se pojavlja le izjemoma. Zaradi dolgotrajnega in prekomernega izkoriščanja je preživetje rio palisandra že dolgo ogroženo.

Zaradi ogroženosti je pridobivanje lesa rio palisandra omejeno, trgovina z njim pa je strogo ome-

Preglednica 1. Najpomembnejše vrste iz rodu Dalbergia, opisane v CITESwoodID (Richter et al., 2017): poimenovanje (latinsko, mednarodno trgovsko, slovensko, koda SIST EN 135556), geografsko območje uspevanja vrste. Slovenska imena je predlagal Torelli (2001), razen pri vrstah, označenih z (). Oznaka InsideWood (+) pomeni, da je vrsta opisana v tej bazi.*

Table 1. Most important species from the genus Dalbergia described in CITESwoodID (Richter et al., 2017): names (scientific, international commercial, Slovenian and code SIST EN 135556), geographical area of origin. The Slovenian names were suggested by Torelli (2001), except in the case of species marked with (). InsideWood (+) means that the species is described in this database.*

Latinsko ime / Scientific Name	Avtor / Author	Status 2017	Trgovsko ime / Commercial name	Slovensko ime / Slovene Name	Koda / Code DIN EN 13556	Območje / Area	Inside Wood	Intkey CITES	Status pred / before 2017
<i>Dalbergia bariensis</i>	Pierre	CITES II	Burmese rosewood, Burma blackwood	azijski palisander	/	Azija	/	+	
<i>Dalbergia baronii</i>	Baker	CITES II	Voambona, Madagascar rosewood	malgaški palisander*	/	Afrika	+	+	
<i>Dalbergia cearensis</i>	Ducke	CITES II	Kingwood	kraljevski les	DLCR	Latinska Amerika	+	+	
<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (<i>Dalbergia</i> spp.)	Pierre ex. Laness	CITES II	Burma rosewood	siamski palisander	/	Azija	+	+	
<i>Dalbergia congestiflora</i>	Pittier	CITES II	Camotillo, camotillo rosewood	camotillo palisander*	/	Latinska Amerika	/	+	
<i>Dalbergia cubilquitzensis</i> (<i>D. tucurensis</i> Donn. Sm.)	(Donn. Sm.) Pittier	CITES II	Guatemalan rosewood	gvatemalski palisander	DLTC	Latinska Amerika	/	+	
<i>Dalbergia decipularis</i>	Rizzini & Mattos	CITES II	Brazilian tulipwood, Bahia Rosenholz	rožni les	DLXX	Latinska Amerika	+	+	
<i>Dalbergia greveana</i> (<i>Dalbergia</i> spp.)	Baill.	CITES II	Manary		/	Afrika	+	+	
<i>Dalbergia latifolia</i>	Roxb.	CITES II	Indian rosewood, sonokeling	vzhodnoindijski palisander	DLIT	Azija	+	+	
<i>Dalbergia louvelii</i> (<i>D. maritima</i> R. Vig.)	R. Vig.	CITES II	Volombodipoana		/	Afrika	+	+	
<i>Dalbergia madagascariensis</i>	Vatke	CITES II	Hazovola		/	Afrika	+	+	
<i>Dalbergia melanoxylon</i>	Guill. & Perr.	CITES II	African blackwood, grenadill	afriški grenadil	DLML	Afrika	+	+	
<i>Dalbergia nigra</i>	Fr. All.	CITES I	Brazilian rosewood	rio palisander	DLNG	Latinska Amerika	+	+	CITES I
<i>Dalbergia odorifera</i>	T. C. Chen	CITES II	Huanghuali	kitajski palisander	/	Azija	/	+	
<i>Dalbergia oliveri</i>	Prain	CITES II	Burma rosewood	burmanski palisander	/	Azija	+	+	
<i>Dalbergia palo-escrito</i>	Rzed.	CITES II	palo escrito		/	Latinska Amerika	/	+	
<i>Dalbergia retusa</i> (<i>D. granadillo</i> Pittier)	Hemsl.	CITES II	Cocobolo	kokobolo, koralni palisander	DLRT	Latinska Amerika	+	+	CITES III
<i>Dalbergia sissoo</i>	DC.	CITES II	Indian rosewood, shisham	sissoo	/	Azija	+	+	
<i>Dalbergia spruceana</i>	Benth.	CITES II	Amazonas rosewood	amazonski palisander	/	Latinska Amerika	+	+	
<i>Dalbergia stevensonii</i>	Standl	CITES II	Hunduras rosewood	honduraški palisander	DLST	Latinska Amerika	+	+	CITES III

jena oz. prepovedana. Predelovalci zato iščejo na-domestne lesne vrste s podobnimi lastnostmi. Rod *Dalbergia*, obsega vsaj 250 vrst (Klitgaard & Lavin, 2005, Gasson et al., 2010), od tega je vsaj 20 komercialno pomembnih in znanih po dekorativnosti in visoki kakovosti lesa (Gasson et al., 2011). Pri nas je morda najbolj znan vzhodnoindijski palisander (*D. latifolia*), ki ima primerljivo zgradbo in lastnosti lesa kot rio palisander.

Trgovanje z ogroženimi rastlinskimi in živalskimi vrstami uravnava konvencija CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora = Konvencija o mednarodni trgovini z ogroženimi prosto živečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami), ki vrste glede na ogroženost razvršča v tri dodatke (CITES, 2018, Bolješič, 2002). Dodatek I (Appendix I) zajema vrste, ki jim grozi izumrtje; komercialna mednarodna trgovina s temi vrstami je prepovedana. Dodatek II zajema vrste, ki jim ne grozi izumrtje, vendar bi lahko postale tako ogrožene. Mednarodna trgovina z njimi je dovoljena, vendar strogo urejena. Dodatek III zajema vrste, ki so zavarovane vsaj v eni pogodbenici, ki je prek Sekretariata konvencije zaprosila druge pogodbenice za sodelova-

nje; mednarodna trgovina s predstavniki teh vrst je dovoljena, vendar nadzorovana (Bolješič, 2002).

Rio palisander (*D. nigra*) je bil na seznam CITES, dodatek I, uvrščen že leta 1992, nato pa sta se mu na seznamu zaščitene vrste, dodatek III, pridružila še srednje- oz. južnoameriška kokobolo (*D. retusa*) in honduraški palisander (*D. stevensonii*) (preglednica 1). Zaradi velikega povpraševanja po vsem svetu, še posebej pa na Kitajskem, se je prekomerno izsekavanje v zadnjih letih nadaljevalo in na tržišču so se začele pojavljati številne prej manj znane vrste iz rodu *Dalbergia*. Potrebo po njihovi zaščiti so uresničili z Uredbo komisije (EU) 2017/128 o spremembi Uredbe Sveta (ES) št. 338/97 o varstvu prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst z zakonsko ureditvijo trgovine z njimi (Uredba komisije EU, 2017). Posledično je bil na začetku leta 2017 na dodatek II konvencije CITES pripisan tudi celoten rod *Dalbergia*.

Zaščita po zakonodaji CITES zahteva zanesljivo prepoznavanje lesa zaščitene vrste in razlikovanje od tistih, ki niso zaščitene. Ker palisandri uspevajo v tropskem območju srednje in južne Amerike, Afrike in Azije, na naše območje prispejo kot les, furnir, plošče ali pa kot deli izdelkov, med katerimi so naj-



Slika 1. Videz izbranih vrst iz rodu *Dalbergia*. (a-e) zbirka furnirjev Palutan, (f-h) zbirka lesa na Oddelku za lesarstvo.

Figure 1. Selected species from the genus *Dalbergia*. (a-e) Collection of veneers Palutan, (f-h) Collection of wood from the Department of Wood Science and Technology.

pogostejši glasbeni instrumenti, skulpture, razni dekorativni predmeti in kosi pohištva. Z njimi se med prvimi srečajo carinske izpostave. Te morajo prepoznati zaščitene vrste, natančno identifikacijo lesa pa v zahtevnih primerih prepustijo specializiranim lesno anatomskim laboratorijem. Cilj tega prispevka je predstaviti (1) problematiko identifikacije lesa izbora najpomembnejših vrst iz rodu *Dalbergia*, (2) uporabo palisandrov ter (3) problem nadzora trgovanja z njihovim lesom.

2 PRIPRAVA VZORCEV IN IDENTIFIKACIJA LESA

2 SAMPLE PREPARATION AND WOOD IDENTIFICATION

Identifikacija lesnih vrst temelji na prepoznavanju lesnoanatomskih znakov. Prvi korak predstavlja makroskopska identifikacija, ki temelji na znakih, vidnih s prostim očesom ali lupo. V ta namen moramo les ustrezno pripraviti (priprava orientiranih anatomskih ravnin in priprava površin). Praviloma je bolj natančna mikroskopska identifikacija lesa, ki temelji na pregledu ustrezno pripravljenih preparatov pod mikroskopom. V ta namen moramo pripraviti tanke rezine vseh treh anatomskih prereзов (prečni, radialni in tangencialni) (Prislan et al., 2009). Videti in prepoznati moramo anatomske znake ter na osnovi nabora znakov s pomočjo identifikacijskih ključev ugotoviti lesno vrsto (Torelli, 1991, Čufar, 2006, Čufar & Merela, 2014).

V tej študiji smo za proučevanje lesa vrst iz rodu *Dalbergia* opravili pregled makroskopskih in mikroskopskih znakov najpomembnejših predstavnikov rodu. Pregledali smo sedem vzorcev furnirja (4 različne vrste) in lesa (3 vrste) iz zbirke Oddelka za lesarstvo, ki so pripadali rodu *Dalbergia*. Na vzorcih lesa smo gladko obdelali vse tri ksilotomske ravnine, tako da smo jih zbrusili z brusnimi papirji od granulacije P120 do P220. Nato smo vse tri površine še fino pobrusili do visokega leska z brusnimi papirji do granulacije P360. Teksture lesa smo posneli s skenerjem z ločljivostjo 1200 dpi. Za pregled makroskopskih znakov pri večjih povečavah smo les fotografirali z digitalnim fotoaparatom, povezanim s stereo mikroskopom.

Iz vzorcev lesa vzhodnoindijskega palisandra (*D. latifolia*) in honduraškega palisandra (*D. stevensonii*) smo naredili tudi mikroskopske preparate.

V ta namen smo izžagali orientirane vzorce velikosti približno 5 mm x 5 mm x 5 mm. Zračno suh les smo za en teden namočili v mešanico vode, glicerina in etanola. Nato smo s pomočjo drsnega mikrotoma narezali 18 µm debele rezine prečnega, radialnega in tangencialnega prereza. Obarvali smo jih z vodno raztopino barvila safranin in astra modro. Preparete smo dehidrirali in jih vklopili v euparal (Prislan et al., 2009).

Za potrebe študije smo opravili pregled lastnosti in anatomskih znakov za identifikacijo lesa. Uporabili smo: spletni ključ InsideWood (Wheeler, 2011), nabor znakov IAWA (IAWA committee, 1989), njihov prevod v slovenski jezik (Torelli, 1991) ter računalniški ključ oz. program za identifikacijo in opise lesa DELTA-INTKEY (Richter & Dallwitz, 2002, Koch et al., 2011) ter publikacijo »CITES identification guide – tropical woods« (Miller et al., 2002).

IAWA ključ za mikroskopsko identifikacijo lesa listavcev vsebuje standardni nabor 221 znakov. Sestavilo ga je več avtorjev v okviru mednarodnega društva lesnih anatomov (IAWA = International Association of Wood Anatomy) (IAWA Committee, 1989). Ključ smo uporabili za računalniško podprto identifikacijo preko spletne platforme InsideWood, ki trenutno zajema 7.327 opisov in nad 44.636 slik recentnih lesnih vrst listavcev in jo nenehno dopolnjujejo (InsideWood, 2018).

Za identifikacijo lesa in opise lesnih vrst smo uporabili tudi računalniški ključ oz. program za identifikacijo lesa DELTA-INTKEY (Richter & Dallwitz, 2002). Uporabili smo najnovejše razpoložljive verzije sistema DELTA-INTKEY: WoodID, macroHOLZdata in CITESwoodID. Na razpolago smo imeli verzijo ključa WoodID iz leta 2006 ter macroHOLZdata in CITESwoodID iz leta 2016 oz. 2017. WoodID je ključ za mikroskopsko identifikacijo lesa listavcev (Richter & Dallwitz, 2002), ki temelji na 188 anatomskih znakih, verzija 2006 pa vsebuje podatke o 367 vrstah lesa. Seznam znakov je preveden tudi v slovenski jezik (Čufar & Merela, 2014). MacroHOLZdata ključ za makroskopsko identifikacijo lesa listavcev temelji na 68 anatomskih znakih in vsebuje podatke o 109 vrstah lesa (Richter et al., 2016). CITESwoodID je namenjen identifikaciji vrst s seznama CITES, ki temelji na 45 anatomskih znakih in vsebuje podatke o 77 vrstah lesa (Koch et al., 2011, Richter et al., 2017); med njimi so zaščitene ter njim podobne nezaščitene vrste.

3 ANATOMIJA LESA IZBRANIH VRST IZ RODU *Dalbergia*

3 WOOD ANATOMY OF SELECTED SPECIES FROM THE GENUS *Dalbergia*

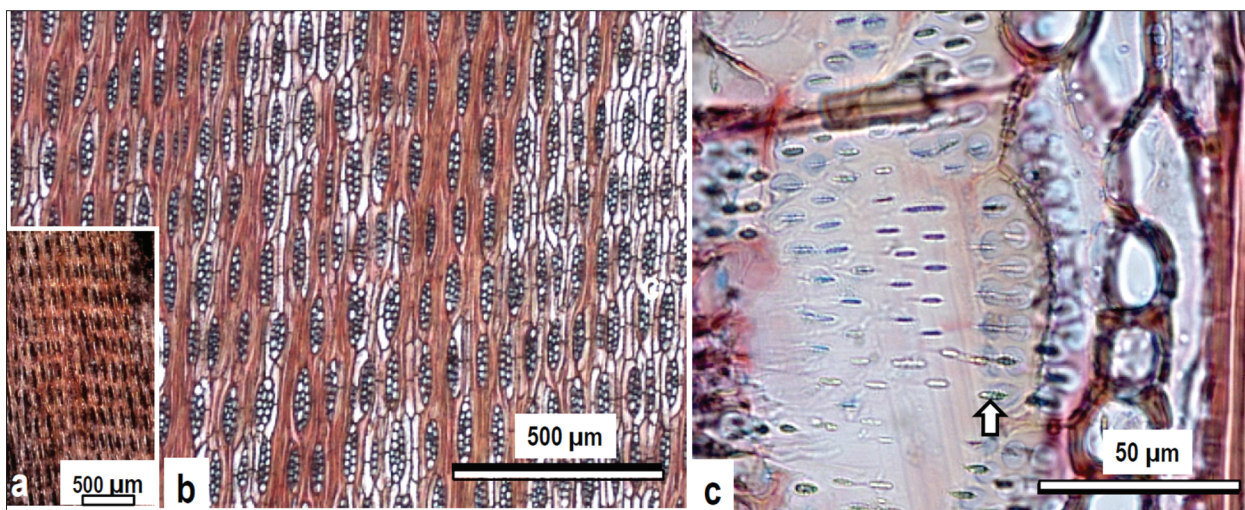
Za raziskavo smo izbrali 20 vrst iz rodu *Dalbergia*, ki so zajete v ključu INTKEY - CITESwoodID iz leta 2017 (preglednica 1). Od tega ima 16 vrst poleg latinškega imena tudi uveljavljeno trgovsko ime v angleščini ali enem od evropskih jezikov. Prevode v slovenščino je za 13 vrst predlagal že Torelli (2001), za 3 vrste pa podajamo predlog prevoda v navezavi na trgovska imena v evropskih jezikih. Za vrste, ki po nam znanih podatkih še nimajo uveljavljenih trgovskih imen, prevoda nismo predlagali. 9 vrst ima v angleškem trgovskem imenu besedo »rosewood«, v slovenščini pa se podobno kot v nemščini v kar 12 primerih v trgovskem imenu vrste pojavi izraz palisander. Med vrstami je tudi *D. decipularis*, za katero je Torelli (2001) izjemoma predlagal in utemeljil poimenovanje rožni les. Samo 8 od 20 vrst ima kodo oz. kratico v skladu s SIST EN 13556 (2004) (preglednica 1).

Rod *Dalbergia* uspeva v tropskem podnebnem pasu. Od 20 predstavljenih vrst jih 9 prihaja iz srednje ali južne Amerike, 6 iz jugovzhodne Azije ter 5 iz Afrike z otoki (preglednica 1). Natančnejše navedbe regij v skladu s ključem IAWA so prikazane v preglednici 2 in v literaturi (npr. Richter et al., 2017).

Baza InsideWood navaja kombinacije anatomskih znakov IAWA za 15 (od 20) vrst iz rodu *Dalbergia*, ki jih opisuje baza CITES Wood ID (preglednica 1, 2). Skupni znaki vseh (100 %) ali večine (>70 %) vrst kažejo, da so vse vrste drevesa in imajo komercialno pomemben les. So difuzno porozne in imajo traheje s tangencialnim premerom 100–200 μm , z enostavnimi perforiranimi ploščicami ter srednje velikimi izmeničnimi intervaskularnimi okrašenimi piknjami (premeri 7–10 μm). Piknje med trakovi in trahejami so podobne intervaskularnim piknjam, trakovi so homogeni in v etažah, tudi aksialni parenhim in trahejni elementi so urejeni v etažah. Vlakna so neseptirana z debelimi stenami in imajo vidne piknje. Les vsebuje prizmatične kristale v kamrastih celicah. Večina vrst ima temno obarvano jedrovino, večinoma s temnejšimi progami in visoko gostoto lesa (750 kg/m^3 ali več) (preglednica 2).

Med naštetimi znaki imajo največjo diagnostično vrednost za opredelitev rodu *Dalbergia* predvsem trakovi (in drugi aksialni elementi) v etažah (slika 2) ter okrašene intervaskularne piknje (poimenovane tudi piknje z izrastki) (slika 2c), ki jih praviloma lahko prepoznamo samo pri velikih povečavah pod mikroskopom na odlično pripravljenih preparatih.

Barva jedrovine je pri večini vrst rodu *Dalbergia* temna in rjavkasta, pojavljajo pa se tudi odtenki od



Slika 2. Anatomske znake, tipične za rod *Dalbergia*: (a) trakovi v etažah vidni s pomočjo lupe in mikroskopske slike (b) trakovi in aksialni parenhim v etažah, (c) intervaskularne piknje okrašene (z izrastki) (puščica).

Figure 2. Wood anatomy features characterizing the *Dalbergia* genus: (a) storied rays as observed with the help of a magnifying glass, and microscopic images showing (b) storied rays and axial parenchyma, as well as (c) intervessel pits vestured (arrow).

opečno rjavih do vijoličnih ter celo rožnatih in črne (slika 1). Podobna barva jedrovine in proge se pojavljajo tudi pri nekaterih vrstah, ki niso iz rodu *Dalbergia*. Na primer honduraškemu palisandru je na videz zelo podoben granadillo (*Platymiscium* spp.), ki pa se od palisandra razlikuje po obilnejšem krilastem aksialnem parenhimu. Rio palisandru pa je po barvi in progavosti podoben santos palisander (*Machaerium scleroxylon*), ki ima sicer manjše traheje in marginalni aksialni parenhim (Koch, 2017, Richter et al., 2017).

4 RAZLIKOVANJE VRST ZNOTRAJ RODU *Dalbergia*

4 DIFFERENTIATION OF SPECIES WITHIN THE GENUS *Dalbergia*

Za zaščitene vrste iz rodu *Dalbergia* zakonodaja zahteva natančno identifikacijo lesa, torej razlikovanje vrst znotraj rodu oz. opredelitev do nivoja vrste. Zaradi podobnosti vrst znotraj rodu pri identifikaciji običajno pogrešamo več stabilnih razlikovalnih znakov, ki bi omogočili zanesljivo določitev posamezne vrste.

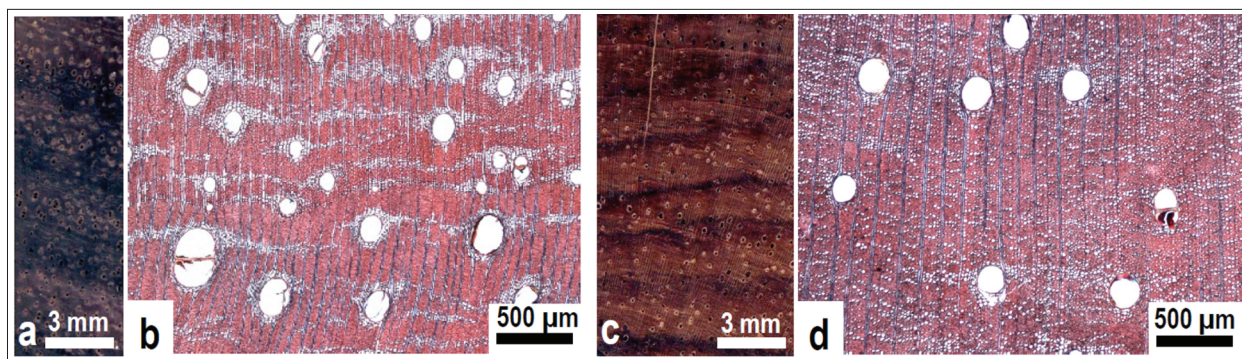
Laboratoriji, kot je Thünen Institut für Holzforschung v Hamburgu, se z identifikacijo vrst iz rodu *Dalbergia* redno srečujejo, zato imajo z njo veliko izkušenj. Na razpolago imajo tudi veliko zbirko lesa in mikroskopskih preparatov, ki jih pri zahtevnih identifikacijah uporabijo kot referenčni material (Koch, 2017). Razvili so tudi ključ CITESwoodID (Koch et al.,

2011), ki je nepogrešljiv pripomoček pri identifikaciji in opisu lesa. Kljub naštetemu pa samo anatomske znaki niso dovolj za razlikovanje vrst tega obsežnega rodu.

Kot dopolnitev standardnih anatomske metod se je kot obetavna izkazala uporaba kvantitativne anatomije in Bayesove klasifikacije (Gasson et al., 2010), ki temelji na dimenzijah elementov v lesu in njihovi pogostosti ter verjetnostni oceni, da določeni kvantitativni podatki veljajo samo za posamezne vrste. Avtorji so na primer pokazali, da je vrsti *D. cearensis* and *D. miscolobium* mogoče razlikovati od *D. nigra* na osnovi podatkov o pogostosti trahej in trakov.

Identifikacija je zelo olajšana, če se lahko zanesemo na geografski izvor lesa (Miller et al., 2002). Če poznamo natančen geografski izvor lesa, lahko zojimo nabor možnih lesnih vrst. Žal so tudi različne vrste iz istega območja lahko zelo podobne, kot so na primer pokazali Richter in sodelavci (1996) za vrste iz Mehike, kjer so razlikovanje na osnovi anatomske znakov dopolnili s podatki o kemijske lastnostih. Znaki etanolni ekstrakt fluorescenten, penilni test pozitiven, vonj izrazit, se pojavljajo le pri posameznih vrstah (preglednica 2). Tudi Miller in Wiemann (2006) sta uporabila fizikalne in fluorescenčne lastnosti za ločitev brazilskih vrst, *D. nigra*, in *D. spruceana*.

V pomoč pri identifikaciji vrst iz istega rodu so lahko tudi kemijske analize. Lancaster in Espinoza (2012) sta uspešno uporabila metode, ki temeljijo na masni spektrofotometriji, Espinoza in sodelavci



Slika 3. Vzhodnoindijski palisander (*Dalbergia latifolia*) (a, b) in honduraški palisander (c, d) (*Dalbergia stevensonii*): prečni prerezi kot jih vidimo z lupo (a, c) in pod mikroskopom, kjer so vidni različni razporedi aksialnega parenhima (b, d).

Figure 3. Indian rosewood (*Dalbergia latifolia*) (a, b) and Honduras rosewood (*Dalbergia stevensonii*) (c, d): cross-sections as observed with the help of a magnifying glass (a, c) and under a microscope, where different types of axial parenchyma are observed (b, d).

(2015) pa so metodo še nadgradili. Z uporabo neposredne analize v realnem času (Direct Analysis in Real Time - DART) in masne spektrometrije (Time-Of-Flight Mass Spectrometer - TOFMS) so na osnovi razlik v kemijski zgradbi ekstraktivnih snovi lahko razlikovali več vrst iz rodu *Dalbergia* (Espinoza et al., 2015).

Raziskave DNK (DNA barcoding) so v zadnjem času omogočile zanesljivo razlikovanje številnih rastlinskih vrst. Med drugim so jih uporabili tudi za razlikovanje ogroženih drevesnih vrst, npr. mahagonijev iz rodu *Swietenia* (Degen et al., 2013). V zadnjem času raziskave DNK profilov razvijajo tudi za razlikovanje vrst iz rodu *Dalbergia* (Hartvig et al., 2015; Has-sold et al., 2016). Nedavno so kitajski znanstveniki pokazali, da je mogoče sestaviti referenčno bazo DNA profilov in razlikovati vrste iz rodu *Dalbergia*, ki jih ni mogoče razlikovati z drugimi metodami (Yu et al., 2017).

Kljub uspehom novih podpornih metod pa večina raziskovalcev ugotavlja, da makroskopska in mikroskopska anatomsko identifikacija vedno predstavljata prvi korak za opredelitev vrste.

5 UPORABA PALISANDROV V SLOVENIJI

5 USE OF ROSEWOODS IN SLOVENIA

Les palisandrov se v Sloveniji pojavlja redko. V preteklosti in danes ga največ uporabljajo za izdelavo glasbil. Priljubljena je uporaba na inštrumentih kot so idiofoni (ksilofoni, bobni, ipd.), kordofoni (kitara, violina, ipd.) in tudi aerofoni (klarinet, saksofon, ipd.). Zaradi anatomskih, mehanskih in fizikalnih lastnosti les palisandrov slovi po dobrih akustičnih lastnostih. Slovenskim proizvajalcem glasbil sta najbolj poznana oz. dostopna vzhodnoindijski (*D. latifolia*) in honduraški palisander (*D. stevensonii*) (slika 1 c, f). Slednjega največ uporabljajo za izdelavo tipk pri ksilofonih (Brémaud et al., 2008), medtem ko vzhodnoindijski palisander največ uporabljajo za izdelavo ubiralk in kobilic kitar in za vijake godal (Bennett, 2016). Slovensko tržišče skoraj ne ponuja lesa tropskih vrst za izdelavo glasbil, zato so izdelovalci inštrumentov les palisandrov kupovali pri zanesljivih trgovcih predvsem v Nemčiji, Avstriji in Italiji.

Odkar so vse vrste iz rodu *Dalbergia* zaščitene (CITES, dodatek II), mora biti les že ob vstopu v Evropsko unijo opremljen z ustrezno dokumentacijo o

izvoru materiala, ki je potrjen s strani organizacije CITES. Nadaljnje trgovanje z lesom in izdelki, narejenimi iz njega, je znotraj EU nemoteno, če les in izdelek spremlja ustrezna dokumentacija, na kateri je zabeležen podatek o vrsti lesa, količini in številki, ki ob morebitni kontroli pristojnim organom omogoča sledljivost materiala do njegovega izvora. Navadno so vsi ti podatki zabeleženi na računu, ki je hkrati tudi dokument, ki ga je potrebno shraniti. Če izdelovalec glasbil želi prodajati svoje izdelke zunaj EU, pa mora urediti potrebne dokumente, ki so povezani tudi s stroški (Taylor guitars, 2018). Pri nas je za CITES regulative pristojna Agencija republike Slovenije za okolje (ARSO).

6 PRIMER IZ PRAKSE – UVOZ IZDELKOV, KI DOMNEVNO VSEBUJEJO LES PALISANDRA

6 EXAMPLE FROM PRACTICE – IMPORT OF PRODUCTS WHICH PRESUMABLY CONTAIN ROSEWOOD

Pred novo sprejeto uredbo CITES (2017) se na Katedri za tehnologijo lesa Oddelka za lesarstvo skorajda nismo srečali s problematiko uvoza izdelkov, ki bi vsebovali les palisandra ali drugih vrst iz rodu *Dalbergia*. Z novo uredbo pa pričakujemo pogostejša vprašanja s strani Carinske uprave in agencije ARSO o preverjanju lesne vrste pri uvozu izdelkov, ki bi utegnili vsebovati les katerega od palisandrov.

Les v evropsko unijo v Slovenijo vstopa prek Luke Koper ali mednarodnega letališča. V skladu s tem smo bili pozvani za identifikacijo lesa ubiralk in kobilic na večji pošiljki kitar (ukulel), ki so bile predmet carinske obravnave pri uvozu iz Kitajske. Na dokumentaciji je bilo navedeno, da pošiljka ne vsebuje zaščitene lesnih vrst iz rodu *Dalbergia*. Sum, da to ne drži, pa se je pojavil, ker je proizvajalec pred uredbo (pred letom 2017) za isti tip inštrumentov uporabljal palisander (*rosewood*), kar je po uredbi še vedno oglašal na svoji spletni strani. V takem primeru je treba pregledati celotno pošiljko (Koch, 2017), kar se je zgodilo tudi v našem primeru (slika 4). Identifikacija je tako zelo zahtevna, prostora za napake pa ni, saj bi inštrumente, ki bi vsebovali les zaščitene predstavnikov rodu *Dalbergia*, morali uničiti. V primeru, ki ga omenjamo, se je dokumentacija izkazala za pristno, lesa palisandrov na izdelkih nismo zasledili. Proizvajalci so za izdelke uporabili ameriški oreh (*Juglans nigra*) (slika 5).

7 ZAKLJUČKI

7 CONCLUSIONS

Izbor pomembnih vrst iz rodu *Dalbergia* kaže, da je njihovo zgradbo mogoče dokaj natančno opisati z naborom anatomskih znakov kot so: difuzno porozen razpored trahej s tangencialnim premerom 100–200 µm, intervaskularne piknje so okrašene (z izrastki), trakovi so homogeni in v etažah, aksialni



Slika 4. Pregled inštrumentov na carini.

Figure 4. Inspection of instruments at customs.



Slika 5. Primerjava inštrumentov istega modela: (a) model, izdelan pred letom 2017, ima ubiralko iz lesa palisandra, (b) model, dobavljen po uredbi 2017, pa ima ubiralko iz lesa ameriškega oreha (*Juglans nigra*).

Figure 5. Comparison of instruments of the same model: (a) guitar made before 2017 has a fretboard made of rosewood, (b) a guitar supplied after the 2017 regulation has the fretboard made of black walnut (*Juglans nigra*).

parenhim in trahejni elementi so urejeni v etažah. Večina vrst ima temno obarvano jedrovino, s temnejšimi progami in visoko gostoto lesa (750 kg/m³ ali več).

Za razlikovanje vrst znotraj rodu je vedno smiselno najprej določiti nabor mikroskopskih anatomskih znakov. Ker to v zahtevnih primerih ne zadošča, specializirani laboratoriji, ki se veliko ukvarjajo s palisandri, anatomsko preiskavo po potrebi nadgradijo z uporabo kvantitativne anatomije, s kemijskimi analizami ekstraktivnih snovi ali z genskimi analizami.

Natančna identifikacija lesa je potrebna za zagotavljanje zaščite, kot jo narekuje konvencija CITES in Uredba komisije (EU) iz leta 2017 o varstvu prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst z zakonsko ureditvijo trgovine z njimi. V primeru suma ilegalne trgovine z zaščitenimi lesnimi vrstami se pristojne službe v Sloveniji običajno obrnejo na Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete in naročijo mikroskopsko identifikacijo lesa. V zelo zahtevnih primerih, ko mikroskopska identifikacija ne bi zadostovala, bi se za dodatne raziskave morali obrniti na enega od specializiranih laboratorijev v tujini, na primer Institute of Wood Technology and Wood Biology, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), Hamburg, Nemčija, s katerim sodelavci Oddelka za lesarstvo redno sodelujejo.

8 POVZETEK

8 SUMMARY

Rosewoods and palisanders of the botanical genus *Dalbergia*, family Leguminosae-Papilionoideae, have been traditionally used for prestige products and musical instruments. Their wood is characterized by decorative coloured heartwood with dark streaks, high density and favourable wood properties. Among the most famous representatives of the genus are Brazilian rosewood (*D. nigra*) and Indian rosewood (*D. latifolia*).

Due to high demand on the global market, rosewoods have been over-exploited and their survival is endangered. Brazilian rosewood was listed on the CITES list (Convention on International Trade and Endangered Species of Wild Fauna and Flora), Appendix I, in 1992. This Appendix lists species threatened with extinction, and thus trade in these is generally prohibited.

As over-exploitation and illegal logging have continued, new rules of the Commission Regulation (EU) 2017/128 amending Council Regulation (EC) No. 338/97 came into effect at the beginning of 2017, and all species of the *Dalbergia* genus (>250 species) have been listed on CITES, Appendix II. This includes species not necessarily threatened with extinction, but in which trade must be controlled in order to avoid utilization incompatible with their survival.

Due to these regulations, the correct identification of the wood is of crucial importance. In this paper we used the most important wood identification keys to present the microscopic wood anatomical features of the 20 most important species of *Dalbergia*.

We used the on-line platform InsideWood (Wheeler, 2011), IAWA list of microscopic features for hardwood identification (IAWA Committee, 1989), and the computer identification tool DELTA-INTKEY (Richter and Dallwitz, 2002, Koch et al., 2011) with the latest available versions of WoodID, macroHOLZdata and CITESwoodID. WoodID is a tool for microscopic identification of hardwoods (Richter & Dallwitz, 2002); CITESwoodID is a tool for identification of species from the CITES list. It contains data on wood species which are protected, as well as similar non-protected species (Koch et al., 2011, Richter et al., 2017). MacroHOLZdata is a tool for the macroscopic identification of hardwoods (Richter et al., 2016).

We examined the macroscopic and microscopic features of the available samples of wood and veneer from the collection of the Department of Wood Science and Technology. For macroscopic inspection we prepared oriented samples with smoothed transversal, radial and tangential planes. To achieve this they were polished by sanding with sandpapers with increasingly fine grits. The surfaces were photographed with a digital camera, a camera connected to a stereo microscope, or scanned at a resolution of 1200 dpi. To present the microscopic structure, we used the wood of the Indian rosewood (*D. latifolia*) and the Honduras rosewood (*D. stevensonii*). We softened previously air-dried wood and cut 18 µm thick slides (transverse, radial and tangential sections) using a sliding microtome. We stained them with a solution of safranin and astra blue. The sections were dehydrated and embedded in euparal (Prislan et al., 2009).

For 20 species from the genus *Dalbergia* included in the CITESwoodID data base 2017 we present their short descriptions, including their names and geographical area of origin (Table 1, Figure 1).

Furthermore, we present combinations of IAWA microscopic features for 15 *Dalbergia* species. The overview showed that the features with a high identification potential common to most of the species are: (5) wood diffuse-porous, (22) intervessel pits alternate, (29) intervessel pits vestured, (104) all ray cells procumbent, (118) all rays storied, (120) axial parenchyma and / or vessel elements storied, (121) fibres storied, (195) basic specific gravity high, ≥ 0.75 , (196) heartwood colour darker than sapwood colour, (197) heartwood basically brown or with shades of brown, and (201) heartwood with streaks (Table 2, Figures 1, 2, 3).

On the other hand, differentiation among species of the same genus is difficult. Examining the wood anatomy is generally the first and most crucial step in the identification process (Koch, 2017). Gasson et al. (2010) show that quantitative wood anatomy can help to differentiate selected *Dalbergia* species. Furthermore, IAWA features like (206) water extract basically colourless to brown or shades of brown, (210) ethanol extract fluorescent, (211) ethanol extract basically colourless to brown or shades of brown, (214) ethanol extract not as above, and (215) froth test positive, seem to be useful to differentiate species within the same genus (Richter et al., 1996, Miller & Wiemann, 2006). Using mass spectrometry (Lancaster & Espinoza, 2012) or analysis of wood using a Direct Analysis in Real Time (DART) and Time-Of-Flight Mass Spectrometer (TOFMS) can assist in making species determinations of *Dalbergia* (Espinoza et al. 2015). Moreover, DNA barcoding has also been recently and successfully used for differentiating endangered *Dalbergia* species (Yu et al., 2017).

Use of *Dalbergia* rosewoods is rare in Slovenia, and if used they are mainly applied for the production of musical instruments. Slovenian musical instrument producers mainly work with Indian (*D. latifolia*) and Honduras (*D. stevensonii*) rosewood purchased from trusted European traders equipped with proper documentation, which enables the competent authorities to trace the material to its source of origin.

Imported wood enters the European Union mainly through ports and airports. The customs au-

horities in Slovenia are therefore trained to recognize wood which might be protected according CITES. In case of doubt they contact a specialized wood anatomy laboratory for wood identification.

This paper was prepared in the framework of the program P4-0015, funded by the Slovenian Research Agency of the Republic of Slovenia (ARRS). We thank Dr. Gerald Koch from the Institute of Wood Technology and Wood Biology, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI) in Hamburg, Germany, for providing us with the computer programs used for wood identification WoodID, macroHOLZdata and CITESwoodID. We thank the team of the InsideWood database for maintaining this, which is indispensable for our wood anatomy research.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek smo pripravili v okviru raziskav programske skupine P4-0015, ki jo financira Javna agencija za raziskovalno dejavnost republike Slovenije (ARRS). Dela ne bi mogli izvesti brez uporabe baze InsideWood, ki je dostopna na spletu in računalniškega programa DELTA-INTKEY s ključi WoodID, macroHOLZdata and CITESwoodID, ki nam jih je prijazno posredoval dr. Gerald Koch, Institute of Wood Technology and Wood Biology, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries (vTI), Hamburg. Delo sta skrbno pregledala dva anonimna recenzenta in predlagala koristne dopolnitve za izboljšanje prvotne verzije rokopisa. Darja Vranjek in Paul Steed sta pregledala in uredila slovensko in angleško besedilo. Vsem lepa hvala!

VIRI

REFERENCES

- Bennett, B. C. (2016). The sound of trees: Wood selection in guitars and other chordophones. *Economic Botany*, 70, 1, 49–63.
- Bolješić, R. (ur) (2002). Vodnik za izvajanje konvencije o mednarodni trgovini z ogroženimi prosto živečimi živalskimi in rastlinskimi vrstami (CITES) = Guide for the implementation of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), Agencija Republike Slovenije za okolje, <http://www.arso.gov.si/narava/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Cites%20Vodnik%20-%20Guide.pdf> (16. 3. 2018).
- Brémaud, I., Cabrol, P., Minato, K., Gérard, J., & Thibaut, B. (2010). Vibrational properties of tropical woods with historical uses in musical instruments. In: International conference of COST Action IE0601 Wood Science for Preservation of Cultural Heritage: Mechanical and Biological Factors, 5-7 November 2008, Braga, Portugal, 17–23.
- CITES (2018). UNEP-WCMC Species Database. www.cites.org (16. 3. 2018).
- Taylor guitars, CITES: Rosewood Trade Regulations. <https://www.taylorguitars.com/cites> (16.4.2018)
- Čufar, K. (2006). Anatomija lesa. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, 185 str.
- Čufar, K., & Merela, M. (2014). Anatomija lesa – navodila za vaje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Degen, B., Ward, S. E., Lemes, M. R., Navarro, C., Cavers, S., & Sebbenn, A. M. (2013). Verifying the geographic origin of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) with DNA-fingerprints. *Forensic Science International - Genetics* 7, 1, 55–62.
- Espinoza, E. O.; Wiemann, M. C.; Barajas-Morales, J., Chavarria, G. D., & McClure, P. J. (2015). Forensic analysis of Cites-Protected *Dalbergia* timber from the Americas. *IAWA Journal*, 36, 3, 311–325.
- Gasson, P., Miller, R., Stekel, D. J., Whinder, F., & Ziemska, K. (2010). Wood identification of *Dalbergia nigra* (CITES Appendix I) using quantitative wood anatomy, principal components analysis and naive Bayes classification. *Annals of Botany*, 105, 45–56.
- Gasson, P. (2011). How precise can wood anatomy be? Wood anatomy's role in support of the legal timber trade, especially CITES. *IAWA J.* 32, 2, 137–154.
- Gasson, P., Baas, P., & Wheeler, E. (2011). Wood anatomy of CITES-listed tree species. *IAWA Journal*, 32, 2, 155–198.
- Hartvig, I., Czako, M., Kjaer, E. D., Nielsen, L. R., & Theilade, I. (2015). The use of DNA barcoding in identification and conservation of rosewood (*Dalbergia* spp.). *PLoS One* 10, 9, e0138231
- Hassold, S., Lowry, P. P., Bauert, M. R., Razafintsalama, A., Ramamonjisoa, L., & Widmer, A. (2016). DNA barcoding of malagasy rosewoods: towards a molecular identification of CITES-listed *Dalbergia* species. *PLoS One* 11, 6, e0157881 IAWA Committee (1989).
- IAWA list of microscopic features for hardwood identification, with an appendix on non-anatomical information. Wheeler, E. A., Baas, P., & Gasson, P. (eds), *IAWA Bulletin*, 10, 219–332.
- InsideWood. 2004 onwards. Published on the Internet. <http://insidewood.lib.ncsu.edu> (16.4.2018)
- Klitgaard, B. B., & Lavin, M. (2005). Tribe Dalbergieae. In: Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B., & Lock, M. (eds), *Legumes of the world*. Kew, Royal Botanic Gardens, Kew. 307–335.
- Koch, G., Richter, H. G., & Schmitt, U. (2011). Design and application of CITESwoodID – Computer-aided identification and description of CITES-protected timbers. *IAWA Journal*, 3, 2, 213–220.
- Koch, G., Haag, V., Heinz, I., Richter, H. G., & Schmitt, U. (2015). Control of Internationally Traded Timber - The Role of Macroscopic and Microscopic Wood Identification against Illegal Logging. *Journal of Forensic Research*, 6, 317–321.

- Koch, G. (2017). Handel von CITES-geschützten Hölzern - Anforderungen an die eindeutige Bestimmung der Hölzer und Dokumentationspflichten. <https://www.thuenen.de> (10. 4. 2018).
- Lancaster, C. & Espinoza, E. (2012). Analysis of select *Dalbergia* and trade timber using Direct Analysis in Real Time and Time-of-Flight mass spectrometry for CITES enforcement. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 26, 1147–1156.
- Miller, R. B., Wiedenhoeft, A., & Ribeyron, M. J. (2002). CITES identification guide – tropical woods. Toronto: Environment Canada.
- Prislan, P., Merela, M., Zupančič, M., Krže, L., & Čufar, K. (2009). Uporaba izbranih svetlobno mikroskopskih tehnik za raziskave lesa in skorje. *Les*, 61, 5, 222–229.
- Richter, H. G., & Dallwitz, M. J. (2002). Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval: computer program, version in English 2006.
- Richter, H. G., Krause, U. J. & Much, C. (1996). *Dalbergia congestiflora* Standl.: wood structure and physico-chemical properties compared with other Central American species of *Dalbergia*. *IAWA Journal*, 17, 327–341.
- Richter, H. G., Gembruch, K., & Koch, G. (2017). CITES Wood ID – Innovative medium for education, information and identification of CITES protected trade timbers. BN German Federal Agency for Nature Conservation and Thünen Institute, Germany, computer program, version in English 2017.
- Richter, H. G., Oelker, M., & Koch, G. (2016). Macro Holz Data – Innovative medium for education, information and consultation in wood identification for teachers and students as well as professionals in wood industry and trade. Thünen Institute, Germany, computer program, version in English 2016.
- SIST EN 13556 (2004). Okrogli in žagani les – Nomenklatura lesa, uporabljena v Evropi = Round and sawn timber - Nomenclature of timbers used in Europe.
- Torelli, N. (1991). Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa: ključi. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Torelli, N. (2001). Rožni les in palisander. *Les*, 53, 5, 159–162.
- Taylor guitars (2018). <https://www.taylorguitars.com/cites> (10. 4. 2018)
- Wheeler, E. A. (2011). InsideWood – A Web resource for hardwood anatomy. *IAWA Journal*, 32, 2, 199–211.
- Uredba komisije (EU) 2017/128 (2017). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/ELI/?eliuri=eli:reg:2017:128:oj> (10. 4. 2018)
- Yu, M., Jiao, L., Guo, J., Wiedenhoeft, A., He, T., Jiang, X., & Yin, Y. (2017). DNA barcoding of vouchered xylarium wood specimens of nine endangered *Dalbergia* species. *Planta*, 246, 6, 1165–1176.

Preglednica 2. Kombinacija znakov IAWA (IAWA committee, 1989) za izbrane vrste iz rodu Dalbergia, opisane v bazi InsideWood (prim. preglednica 1).

Table 2. IAWA features (IAWA committee, 1989) for selected species of the genus Dalbergia described in the InsideWood database (cf., Table 1).

Št.	Opis znaka IAWA	<i>D. baronii</i>	<i>D. cearensis</i>	<i>D. cochinchinensis</i>	<i>D. decipularis</i>	<i>D. greveana</i>	<i>D. latifolia</i>	<i>D. louvelii</i>	<i>D. madagascariensis</i>	<i>D. melanoxylon</i>	<i>D. nigra</i>	<i>D. oliveri</i>	<i>D. retusa</i>	<i>D. sissoo</i>	<i>D. spruceana</i>	<i>D. stevensonii</i>	Description of IAWA feature	No.
1	Meje med prirastnimi kolobarji razločne																Growth ring boundaries distinct	1
2	Meje med prirastnimi kolobarji nerazločne ali jih ni																Growth ring boundaries indistinct or absent	2
4	Les polvenčasto porozen																Wood semi-ring-porous	4
5	Les difuznoporozen																Wood diffuse-porous	5
13	Enostavne perforirane ploščice																Vessels with simple perforation plates	13
22	Intervaskularne piknje (IP) izmenične																Intervessel pits alternate	22
23	Oblika izmeničnih piknenj poligonalna																Shape of alternate pits polygonal	23
25	Intervaskularne piknje majhne - 4 do 7 µm																Intervessel pits small - 4 - 7 µm	25
26	Intervaskularne piknje srednje - 7 do 10 µm																Intervessel pits medium - 7 - 10 µm	26
27	Intervaskularne piknje velike - 10 µm ali več																Intervessel pits large - ≥ 10 µm	27
29	Intervaskularne piknje z izrastki																Intervessel pits vestured	29
30	Piknje med trahejami in trakovi podobne intervaskularnim																Vessel-ray pits with distinct borders similar to intervessel pits in size and shape throughout the ray cell	30
41	Tangencialni premer trahej 50 do 100 µm																Mean tangential diameter of vessel lumina 50 - 100 µm	41
42	Tangencialni premer trahej 100 do 200 µm																Mean tangential diameter of vessel lumina 100 - 200 µm	42
43	Tangencialni premer trahej 200 µm ali več																Mean tangential diameter of vessel lumina ≥ 200 µm	43
45	Traheje dveh različnih velikostnih razredov...																Vessels of two distinct diameter classes, wood not ring-porous	45
46	5 ali manj trahej na mm																≤ 5 vessels per square millimetre	46
47	5 do 20 trahej na mm																5 - 20 vessels per square millimetre	47
48	20 do 40 trahej na mm																20 - 40 vessels per square millimetre	48
52	350 µm ali manj																Mean vessel element length ≤ 350 µm	52
53	350 do 800 µm																Mean vessel element length 350 - 800 µm	53
58	Gume in drugi depoziti v trahejah jedrovine																Gums and other deposits in heartwood vessels	58
61	Vlakna z enostavnimi do nekoliko obokanimi piknjami																Fibres with simple to minutely bordered pits	61
66	Neseptirana vlakna prisotna																Non-septate fibres present	66

Št.	Opis znaka IAWA	<i>D. baronii</i>	<i>D. cearensis</i>	<i>D. cochinchinensis</i>	<i>D. decipularis</i>	<i>D. greveana</i>	<i>D. latifolia</i>	<i>D. louvelii</i>	<i>D. madagascariensis</i>	<i>D. melanoxylon</i>	<i>D. nigra</i>	<i>D. oliveri</i>	<i>D. retusa</i>	<i>D. sissoo</i>	<i>D. spruceana</i>	<i>D. stevensonii</i>	Description of IAWA feature	No.
69	Vlakna s tankimi do debelimi stenami																Fibres thin- to thick-walled	69
70	Vlakna z zelo debelimi stenami																Fibres very thick-walled	70
71	Dolžina vlaken 900 µm ali manj																Mean fibre lengths ≤ 900 µm	71
72	Dolžina vlaken 900 do 1600 µm																Mean fibre lengths 900-1600 µm	72
73	Dolžina vlaken 1600 µm ali več																Mean fibre lengths ≥ 1600 µm	73
76	Aksialni parenhim difuzen																Axial parenchyma diffuse	76
77	Aksialni parenhim difuzen v agregatih																Axial parenchyma diffuse-in-aggregates	77
78	Aksialni parenhim pičlo paratrahealen																Axial parenchyma scanty paratracheal	78
79	Aksialni parenhim vazicentričen																Axial parenchyma vasicentric	79
80	Aksialni parenhim krilast																Axial parenchyma aliform	80
81	Aksialni parenhim kratko krilast																Axial parenchyma lozenge-aliform	81
82	Aksialni parenhim dolgo krilast																Axial parenchyma winged-aliform	82
83	Aksialni parenhim konfluenten																Axial parenchyma confluent	83
84	Aksialni parenhim enostransko paratrahealen																Axial parenchyma unilateral paratracheal	84
85	Pasovi aksialnega parenhima širši od treh celic																Banded axial parenchyma, bands more than three cells wide	85
86	Aksialni parenhim v ozkih pasovih ali linijah...																Banded axial parenchyma in narrow bands or lines up to three cells wide	86
87	Aksialni parenhim mrežast																Axial parenchyma reticulate	87
89	Aksialni parenhim v marginalnih pasovih																Axial parenchyma in marginal or in seemingly marginal bands	89
90	Fuziformne (vretenaste) parenhimske celice																Fusiform parenchyma cells	90
91	2 celici v parenhimskem pramenu																Two cells per parenchyma strand	91
92	4 (3 do 4) celice v parenhimskem pramenu																Four (3-4) cells per parenchyma strand	92
93	8 (5 do 8) celic v parenhimskem pramenu																Eight (5-8) cells per parenchyma strand	93
96	Trakovi izključno enoredni																Rays exclusively uniseriate	96
97	Trakovi 1 do 3 celice široki																Ray width 1 to 3 cells	97
104	Vse trakovne celice ležeče																All ray cells procumbent	104
106	Celice osred. dela traku ležeče, 1 vrsta kvadratastih robnih c.																Body ray cells procumbent with one row of upright and / or square marginal cells	106
115	Število trakov 4-12 / mm																Rays per millimetre 4-12 / mm	115
116	Število trakov 12 ali več / mm																Rays per millimetre ≥ 12 /mm	116
118	Vsi trakovi v etažah																All rays storied	118
119	Nizki trakovi v etažah, visoki trakovi niso v etažah																Low rays storied, high rays non-storied.	119
120	Aksialni parenhim in/ali trahejni elementi v etažah																Axial parenchyma and / or vessel elements storied	120

Št.	Opis znaka IAWA	<i>D. baronii</i>	<i>D. cearensis</i>	<i>D. cochinchinensis</i>	<i>D. decipularis</i>	<i>D. greveana</i>	<i>D. latifolia</i>	<i>D. louvelii</i>	<i>D. madagascariensis</i>	<i>D. melanoxylon</i>	<i>D. nigra</i>	<i>D. oliveri</i>	<i>D. retusa</i>	<i>D. sissoo</i>	<i>D. spruceana</i>	<i>D. stevensonii</i>	Description of IAWA feature	No.
121	Vlakna v etažah																Fibres storied	121
122	Trakovi in/ali aksialni elementi nepravilno v etažah																Rays and / or axial elements irregularly storied	122
129	Aksialni kanali razporejeni difuzno																Axial canals diffuse	129
136	Prizmatični kristali prisotni																Prismatic crystals present	136
138	Prizmatični kristali v ležečih trakovnih celicah																Prismatic crystals in procumbent ray cells	138
142	Prizmatični kristali v predeljenih celicah aks. parenhima																Prismatic crystals in chambered axial parenchyma cells	142
168	Centralna Južna Azija																Central South Asia (Brazier and Franklin region 75)	168
169	Indija, Pakistan, Sri Lanka																India, Pakistan, Sri Lanka	169
170	Burma																Burma	170
171	Jugovzhodna Azija in Pacifik																Southeast Asia and Pacific (Brazier and Franklin region 76)	171
172	Tajska. Laos, Vietnam, Kambodža (Indokina)																Thailand, Laos, Vietnam, Cambodia (Indochina)	172
173	Indomalezijska: Indonezija, Filipini, Malezija, Brunei,...																Indomalesia: Indonesia, Philippines, Malaysia, Brunei, Papua, New Guinea, and Solomon Islands	173
178	Tropska celinska Afrika in sosednji otoki																Tropical mainland Africa and adjacent islands (Brazier and Franklin region 78)	178
179	Tropska Afrika																Tropical Africa	179
180	Madagaskar & Mavricij, Reunion in Komori																Madagascar & Mauritius, Réunion & Comores	180
183	Neotropik in zmerni pas Brazilije																Neotropics and temperate Brazil (Brazier and Franklin region 81)	183
184	Mehika in Centralna Amerika																Mexico and Central America	184
186	Tropska Južna Amerika																Tropical South America	186
189	Drevo																Tree	189
190	Grm																Shrub	190
192	Les s komercialnim pomenom																Wood of commercial importance	192
194	Osnovna relativna gostota srednja, 0,40 - 0,75																Basic specific gravity medium, 0.40 - 0.75	194
195	Osnovna relativna gostota visoka, 0,75 ali višja																Basic specific gravity high, ≥ 0.75	195
196	Barva jedrovine temnejša od barve beljave																Heartwood colour darker than sapwood colour	196
197	Barva jedrovine v osnovi rjava ali rjavkasta																Heartwood basically brown or shades of brown	197
198	Barva jedrovine v osnovi rdeča ali rdečkasta																Heartwood basically red or shades of red	198
200	Barva jedrovine v osnovi bela do siva																Heartwood basically white to grey	200
201	Jedrovina progasta																Heartwood with streaks	201

Št.	Opis znaka IAWA	<i>D. baronii</i>	<i>D. cearensis</i>	<i>D. coccinichinensis</i>	<i>D. decipularis</i>	<i>D. greveana</i>	<i>D. latifolia</i>	<i>D. louvelii</i>	<i>D. madagascariensis</i>	<i>D. melanoxylon</i>	<i>D. nigra</i>	<i>D. oliveri</i>	<i>D. retusa</i>	<i>D. sissoo</i>	<i>D. spruceana</i>	<i>D. stevensonii</i>	Description of IAWA feature	No.
202	Jedrovina drugačna kot pri 196 do 201																Heartwood not as above	202
203	Vonj izrazit																Distinct odour	203
206	Vodni ekstrakt v osnovi brezbarven do rjav ali rjavkast																Water extract basically colourless to brown or shades of brown	206
210	Etanolni ekstrakt fluorescenten																Ethanol extract fluorescent	210
211	Etanolni ekstrakt v osnovi brezbarven do rjav ali rjavkast																Ethanol extract basically colourless to brown or shades of brown	211
214	Etanolni ekstrakt drugačen kot pri 210 do 213																Ethanol extract not as above	214
215	Penilni test pozitiven																Froth test positive	215

Legenda / Legend

	Znak prisoten / Feature present
	Znak variabilen / Feature variable
	Znak morda prisoten / Feature maybe present
	Znak ni prisoten / Feature not present

LESNI SEKANCI - POMEMBNA OBLIKA BIOMASE V SLOVENIJI

WOOD CHIPS – AN IMPORTANT SOURCE OF BIOMASS IN SLOVENIA

Dominika Gornik Bučar^{1*}, Bojan Gospodarič¹

UDK 630*825.71:620.97

Izvilleček / Abstract

Pregledni znanstveni članek / Review scientific article

Izvilleček: Slovenija se je obvezala, da bo do leta 2020 v strukturi končne porabljene energije, delež energije, pridobljene iz obnovljivih virov, dosegel 25 %. Lesna biomasa poleg hidroenergije predstavlja najpomembnejši del obnovljivih virov energije v Sloveniji. Kljub temu, da je uporaba lesne biomase tradicionalna in da v zadnjih letih postaja vse pomembnejša, obstaja še vedno precej nejasnosti in nedoslednosti tako pri proizvodnji in prodaji, kot tudi pri nakupu različnih kategorij lesne biomase. Prispevek podaja informacije o spremenjenih kriterijih za lesne sekance različnih kakovosti, skladno z aktualnimi standardi. Preučili smo tudi različne načine trgovanja z lesnimi sekanci in prikazali prednosti in slabosti posameznega načina. Z izvedeno anketo smo želeli ugotoviti, na kakšen način trenutno nakupujejo lesne sekance večje kotlovnice v Sloveniji in v kakšnem obsegu se izvaja kontrola kakovosti lesnih sekancev. Ugotovili smo, da se z lesnimi sekanci večinoma trguje na osnovi volumna, ter da se kontrola lesnih sekancev ne izvaja sistematično.

Ključne besede: biomasa, lesni sekanci, kakovost lesnih sekancev, načini trgovanja

Abstract: Slovenia has committed to achieve a 25% share of energy from renewable sources in the structure of final energy consumption by 2020. Wood biomass, besides hydropower, is the most important part of renewable energy in Slovenia. Despite the fact that the use of wood biomass is traditional and has become increasingly important in recent years, there is still a lot of uncertainty about insufficient production in the sale as well as in the purchase of various categories of wood biomass. The article presents information on the changed criteria for wood chips of different quality, in accordance with the current standards. We also studied various ways of trading wood chips and pointed out the strengths and weaknesses of each. With a survey we wanted to find out the current trading pattern of wood chips and implementation of wood chip quality control in larger boiler plants in Slovenia. We have found that most-used trading method of wood chips is on the basis of volume, and that the quality control of wood chips is not systematically performed.

Keywords: biomass, wood chips, quality of wood chips, trading

1 UVOD

1 INTRODUCTION

Poraba energije se iz leta v leto povečuje, hkrati pa se povečuje tudi skrb za okolje in s tem raba obnovljivih virov energije. Izkoriščanje obnovljivih virov energije, med katerimi lesna biomasa poleg hidroenergije v Sloveniji predstavlja največji delež, bo v prihodnjih letih vse pomembnejše, kar navaja tudi strateški dokument »Energetski koncept Slovenije« (Energetski ..., 2017), ki določa strateške cilje vzdržnostne in konkurenčne oskrbe z energijo do leta 2030 in smernice do leta 2050. Omenjeni dokument ima ambiciozno zastavljene cilje in sicer

zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov, vezanih na rabo energije za vsaj 40 % do leta 2030 in za vsaj 80 % do leta 2050 glede na raven iz leta 1990. V letu 2016 so v Sloveniji obnovljivi viri energije v bruto porabljeni končni energiji predstavljali 21,29 %. Za doseganje ciljev, ki jih določa Direktiva 2009/28/ES za Slovenijo, moramo do leta 2020 doseči najmanj 25 % delež obnovljivih virov energije v rabi bruto končne energije, zato je nujno uporabiti vse razpoložljive obnovljive vire in usmeriti več pozornosti na učinkovitost rabe energije.

1.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

1.1 RENEWABLE ENERGY

Definicija pojma obnovljivi viri energije, ki jo navaja Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in povzema Agencija za energijo RS, ki je nacionalni energetski regulativni organ Republike Slovenije za

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

* e-pošta: dominika.gornik@bf.uni-lj.si; telefon: 01-320-3622

usmerjanje in nadziranje izvajalcev energetske dejavnosti na področju elektrike in zemeljskega plina, je takšna:

»Obnovljivi viri energije so obnovljivi nefosilni viri energije (veter, sonce, aerotermalna, hidrotermalna in geotermalna energija, energija oceanov, vodna energija, biomasa, plin, pridobljen iz odpadkov, plin iz naprav za čiščenje odpadkov in bioplin).«

Omenjena definicija vpeljuje oz. dodatno pojasnjuje posamezne obnovljive vire in sicer:

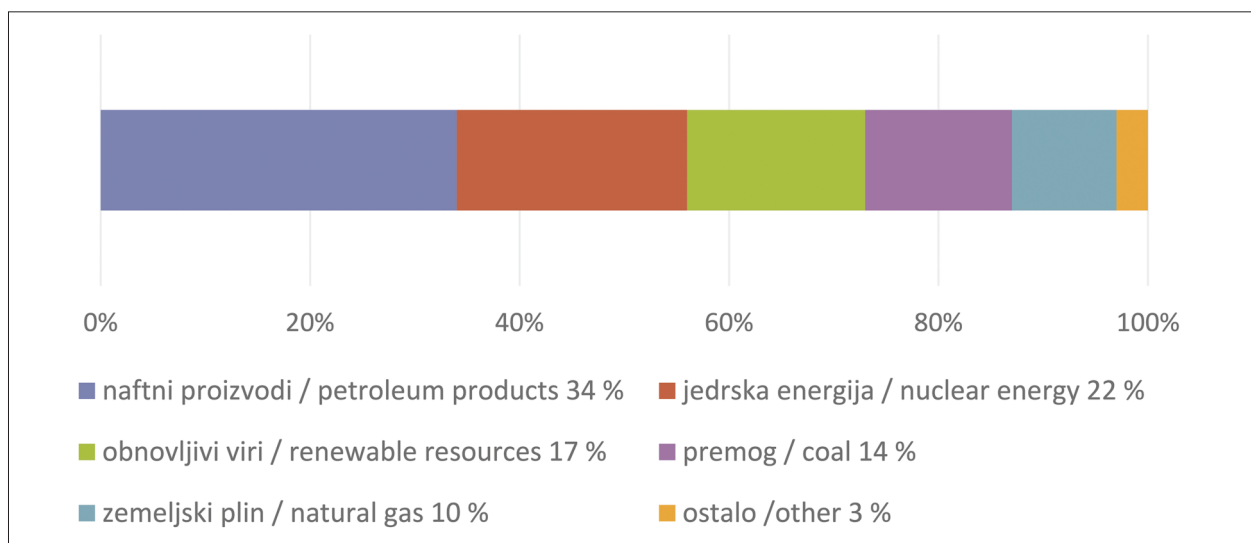
- aerotermalno energijo kot energijo, ki je shranjena v obliki toplote v zraku iz okoljskega zraka;
- geotermalno energijo kot energijo, ki je shranjena v obliki toplote pod trdnim zemeljskim površjem;
- hidrotermalno energijo kot energijo, ki je shranjena v obliki toplote v površinski vodi; in
- biomasa kot biološko razgradljive dele proizvodov, odpadkov in ostankov biološkega izvora iz kmetijstva (vključno s snovmi rastlinskega in živalskega izvora), gozdarstva in z njima povezanih proizvodnih dejavnosti, vključno z ribištvom in ribogojstvom, ter biološko razgradljive dele industrijskih in komunalnih odpadkov.

Ko govorimo o obnovljivih virih energije, lahko srečamo tudi termina »novi obnovljivi viri energije« in »alternativni (obnovljivi) viri energije«. Klemenc (2015) navaja, da v slovenskem kontekstu med nove obnovljive vire oz. tehnologije za izrabo teh virov so-

dijo foto-napetostne elektrarne; naprave na bioplin iz biomase; biološko razgradljivi odpadki in deponijski plin iz blata čistilnih naprav odpadnih voda; naprave, ki proizvajajo električno energijo in/ali toploto s sežigom odpadkov; vetrne elektrarne; geotermalne elektrarne; napredne elektrarne oz. naprave za SPTE (soproizvodnjo toplotne in električne energije) na lesno biomaso. Globalno med nove obnovljive vire energije spadajo tudi elektrarne na biobavico in morske valove, napredni geotermalni sistemi, goriva iz alg, etanol iz celuloze, umetna fotosinteza, eksperimentalna raba sončne energije (Klemenc, 2015).

Ko govorimo o »alternativnih (obnovljivih) virih energije«, pa imamo v mislih predvsem vire, katerih izkoriščanje je trenutno še v fazah raziskav, razvoja in preskušanja, njihovo izkoriščanje pa še ni optimalno. Ti viri so najrazličnejši, od pridobivanja energije (goriv) iz bakterij, izkoriščanja fenomena piezoelektrične energije, energije osmoze (Achilli et al., 2009), energije izparevanja (Cavusoglu et al., 2017), umetne fotosinteze (Purchase et al., 2015), do uporabe odpadne toplote iz cestnih predorov (Žumbar & Hozjan, 2018) in oddane toplote človeškega telesa.

Nekatere obnovljive vire energije se že dolgo izkorišča (npr. vodna energija, vetrna energija, energija biomase ...) in posamezne rabe so že relativno dobro poznane, njihovo izkoriščanje pa je gospodarno. Lahko rečemo, da so obnovljivi viri energije sicer sorazmerno enakomerno razporejeni, vendar



Slika 1. Primarni viri za oskrbo Slovenije z energijo v letu 2016 (Vir: SURS)

Figure 1. Primary source of energy supply in Slovenia in 2016 (Data source: SURS)

je učinkovitost in rentabilnost izrabe energije, kljub različnim podporam, pri določenih načinih še nezadostna. Večje pomanjkljivosti obnovljivih virov energije so nizka gostota moči, časovna spremenljivost moči in energije virov ter nezmožnost shranjevanja z naravnimi sistemi (razen v obliki biomase in toplote oceanov), ki bi omogočili rabo energije takrat, ko jo potrebujemo (Medved, 2000). Za shranjevanje energije obnovljivih virov v obliki notranje, kemične, kinetične ali potencialne energije uporabljamo različne naprave, ki zmanjšujejo učinkovitost pretvorbe in rentabilnost izkoriščanja (Medved, 2000). Najnovejše raziskave o izrabi obnovljivih virov energije so osredotočene na povečanje učinkovitosti izrabe in pretvorbe ter na iskanje novih »alternativnih« obnovljivih virov.

Evropska unija je na področju razvoja tehnologij za izrabo obnovljivih virov energije vodilna. Ima 40-odstotni svetovni delež pri patentih s področja energije iz obnovljivih virov (Klemenc, 2015), kar je tudi razumljivo, saj ne razpolaga s strateškimi viri fosilne energije in nima strateškega nadzora nad temi zalogi v svetu.

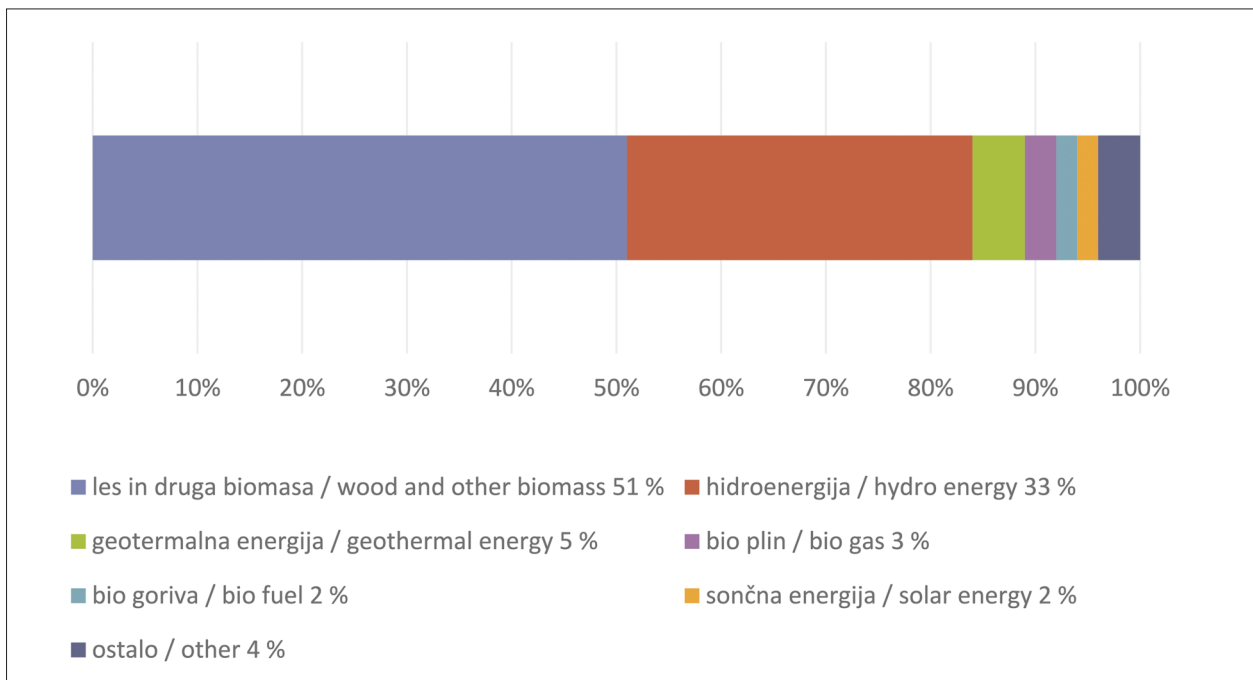
Za zadovoljitev svojih energetske potreb Slovenija nima dovolj lastnih energetske virov, zato jih uvažamo. V letu 2016 smo, po poročanju SURS,

iz lastnih virov pokrili 53 % potreb (jedrska energija 22 %, obnovljivi viri 17 % in premog 14 %), med uvoženimi (47 %) pa sta prevladovala zemeljski plin (10 %) in naftni proizvodi (34 %) (Slika 1).

V strukturi primarnih virov energetske oskrbe v letu 2016 je po podatkih Statističnega urada Slovenije (SURS, 2018) med obnovljivimi viri bila najpomembnejša lesna in druga biomasa (51 %) in pa hidroenergija (33 %) (Slika 2). Energijo, pridobljeno iz obnovljivih virov v Sloveniji, večinoma porabljamo neposredno za ogrevanje in hlajenje, pri čemer prevladuje lesna biomasa, ter za pridobivanje električne energije (hidroelektrarne), medtem ko je za potrebe transporta (tekoča biogoriva v prometu) ta vir energije trenutno še zelo slabo izkoriščen.

Kljub dejstvu, da je lesna biomasa le del možne biomase, ki se uporablja kot obnovljiv vir energije, v nacionalni shemi oskrbovanja z energijo iz obnovljivih virov predstavlja zelo pomemben vir energije. Poraba lesne biomase kot tradicionalnega vira za pridobivanje toplotne energije v gospodinjstvih je v Sloveniji v letu 2016 znašala dobrih štirideset odstotkov (42 %), pri čemer se uporabljajo vse oblike trdih kuriv, torej polena, lesni ostanki, peleti in briketi.

V strateškem dokumentu »Energetski koncept Slovenije« (Energetski ..., 2017) je predvidena večja



Slika 2. Obnovljivi viri za oskrbo Slovenije z energijo v letu 2016 (Vir: SURS)

Figure 2. Renewable source of energy supply in Slovenia in 2016 (Data source: SURS)

izraba vseh obnovljivih virov, od vodne (dokončanje velikih hidroelektrarn na spodnji Savi in gradnja na srednji Savi, spodbujanje gradenj malih hidroelektrarn ...) sončne (predvsem foto-napetostne), vetrne (na potencialnih območjih), biomase (vključujoč so-proizvodnjo) kot tudi geotermalne in proizvodnjo biogoriv ter bioplina. Pri tem bo potrebno vzpostaviti in zagotoviti jasna pravila o prevladi javne koristi in določiti ravnotežje med energetske-podnebnimi, okoljskimi, ekonomskimi in drugimi politikami.

1.2 POTENCIAL IN RABA LESNE BIOMASE

1.2 POTENTIAL AND USE OF WOOD BIOMASS

Lauri et al. (2014) navaja, da je z biofizikalne perspektive potencial lesne biomase dovolj velik, da bi v letu 2050 pokril 18 % svetovne porabe primarne energije, pri čemer je mišljena tako lesna biomasa iz gozdov kot tudi plantaž. Podobno navaja Klemenc (2015), saj pravi, da bi s pretvorbo vsega letnega prirasta lesa v Sloveniji v energijo lahko zadostili vsem energetskim potrebam v državi, vendar bi kršili tudi z vidika trajnostnega razvoja pomembno načelo, da ima snovna izraba lesa prednost pred energetsko. To načelo pa ima opraviti tudi z ekonomiko rabe lesne biomase v energetske namene – ta je praviloma konkurenčna, v kolikor je ostanek od snovne predelave lesa. Pri tem Klemenc (2015) poudarja, da je napačen pogled, da je gozd »slovenska nafta« - saj ima gozd v Sloveniji v prvi vrsti druge funkcije in zgolj večji posek lesa ne bi pomenil tudi večje količine ostankov, namenjenih energetski rabi. Z vpeljavo ustreznih ukrepov za vzpodbujanje primarne predelave lesa v Sloveniji, ki je pomemben vir ostankov lesne biomase, pa bi se lahko približali trajnostni in ekonomsko bolj učinkoviti celostni izrabi lesne biomase. Na nezadostno delovanje gozdno-lesne verige, pri čemer je zagotovo pomemben (šibek) člen obseg primarne predelave lesa, opozarjata tudi Kropivšek in Gornik Bučar (2017), ki poudarjata pomen koncepta mejne kakovosti vhodne surovine (angl: marginal log), kjer namen uporabe hlodovine določa njena kakovost (Ringe & Hoover, 1987), s tem, da razpoložljivo hlodovino maksimalno izkoristimo za proizvodnjo izdelkov z visoko dodano vrednostjo, in hkrati, glede na njihov potencial, tudi maksimalno izkoristimo lesne ostanke, ki se pojavljajo v celotni verigi. Klemenc (2015) je

glavne izzive pri energetske izrabi lesne biomase v Sloveniji strnil v tri točke:

- povečanje poseka prirasta lesa ter njegove v prvi vrsti snovne in posledično energetske izrabe z ukrepi politike gospodarjenja in upravljanja z gozdom, industrijske in regionalno-razvojne politike;
- nadaljnje in hitrejše spodbujanje zamenjave zastarelih peči in kotlov na lesno biomaso s sodobnimi, ki ustrezajo najnovejšim standardom zagotavljanja kakovosti zunanega zraka, tako z uporabo spodbud (subvencije pri nakupu novih naprav, ki ustrezajo zadnjim standardom) kot z uporabo sankcij (kazni za onesnaževanje s prekomernimi emisijami onesnaževal zraka);
- obsežnejše vključevanje v raziskave in razvoj na področju novih generacij tehnologij za proizvodnjo goriv in električne energije na osnovi lesne biomase ter vključevanje slovenskih podjetij v industrijske grozde na teh področjih.

O vse večjih zahtevah po uporabi lesa kot pomembnega obnovljivega vira poroča tudi Taskhiri (2016) in poudarja prednost kaskadne rabe lesa in izrabo lesnih ostankov kot so-proizvodov. Na osnovi izdelanega modela logistične mreže toka lesa v različnih proizvodnjah (proizvodnja ivernih plošč, kompozitov, papirja, kemične uporabe lesa in lesa za energetske izrabo) je primerjal stroške in ugotovil, da kaskadna raba lesa znatno ne poveča skupnih stroškov rabe v primerjavi z direktno rabo okroglega lesa iz gozda, ima pa kaskadna raba zelo pozitiven vpliv na zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. Eliasson et al. (2017) poudarja, da je za uspešno in dobičkonosno proizvodnjo lesnih sekancev iz manjvrednega lesa v gozdu nujno potrebno optimizirati stroške transporta in energije za izdelavo sekancev, ki sta najpomembnejša v strukturi stroškov.

Lesno biomaso glede na obliko in postopek obdelave oz. priprave delimo na drva, sekance, brikete, pelete in oglje (Zenetti, 2017). V primerjavi s peleti ali briketi so sekanci in drva minimalno obdelano gorivo in ima njihova proizvodna veriga manjši negativen vpliv na okolje kot pri ostalih gorivih, pri čemer je vpliv na okolje odvisen od sistema pridobivanja surovine (vključno z lokacijo) in produktivnosti strojev (postrojenj) za izdelavo goriva. Kljub dejstvu, da se lesni sekanci pojmujejo kot minimalno obdelano gorivo (Zenetti, 2017) in da je proizvodna veriga

lahko relativno kratka, je pomembno, da je standardizirano, saj to predstavlja prednosti tako za proizvajalce kot za uporabnike, ne glede na to ali gre za neindustrijsko ali industrijsko uporabo.

1.3 LESNI SEKANCI

1.3 WOOD CHIPS

Lesni sekanci so kosi lesne biomase različnih velikosti in oblik, pridobljeni z mehansko obdelavo z ostrimi orodji (noži). Po dimenzijah sekance razvrstimo v velikostne razrede (glede na mejne velikosti delcev glavne frakcije), za vse pa je značilno, da je debelina sekancev manjša od ostalih dimenzij. Lesne sekance izdelujemo iz hlodovine slabe kakovosti, deblovine, lesa, pridobljenega iz redčenj, vejevine, lesnih ostankov, nastalih pri predelavi lesa in iz odsluženega lesa. Kakovost in velikost sekancev sta odvisni od kakovosti vhodne surovine in tehnologije sekanja oziroma drobljenja (Papler, 2013). Zahtevana kakovost sekancev je močno odvisna od pogojev izrabe (kurišča) in kot navajata Kuptz & Hartmann (2015) je za manjša oz. srednja kurišča (moči do 1MW) zahtevana višja kakovost sekancev, kot za velika kurišča. Kuptz & Hartmann (2015) ugotavljata, da je najvišja kakovost sekancev, če so ti izdelani iz energijskega okroglega lesa (hlodovine), medtem ko so sekanci, izdelani iz gozdnih ostankov, bolj primerni za uporabo v srednjih in velikih kuriščih.

Kakovost lesnih sekancev opredeljuje SIST EN ISO 17225-4:2014, ki sodi v serijo SIST EN ISO 17225 standardov, ki obravnavajo biogoriva za neindustrij-

sko in industrijsko uporabo, in podajajo jasna in nedvoumna navodila glede klasifikacije biogoriv. Poleg lesnih sekancev so v seriji SIST EN ISO 17225 podane zahteve tudi za ostale oblike trdih goriv:

- SIST EN ISO 17225-2:2014 Trda goriva - Specifikacije goriv in razredi – 2. del: Razvrščeni lesni peleti
- SIST EN ISO 17225-3:2014 Trda goriva - Specifikacije goriv in razredi - 3. del: Razvrščeni lesni briketi
- SIST EN ISO 17225-5:2014 Trda goriva - Specifikacije goriv in razredi - 5. del: Razvrščena drva
- SIST EN ISO 17225-6:2014 Trda goriva - Specifikacije goriv in razredi – 6. del: Razvrščeni nelesni peleti
- SIST EN ISO 17225-7:2014 Trda goriva - Specifikacije goriv in razredi - 7. del: Razvrščeni nelesni briketi.

Standard SIST EN ISO 17225-4:2014 določa kakovost lesnih sekancev na podlagi mejnih vrednosti določenih značilnosti, kot so: poreklo in izvor (preglednica 1), vlažnost, dimenzije oz. mejne velikosti delcev, vsebnost pepela, vsebnost onesnažil (npr. žveplo, klor, krom, svinec, živo srebro, arzen ...), nasipna gostota in kurilna vrednost. Z uveljavitvijo ISO standardov, ki so nadomestili EN standarde in različne nacionalne standarde (npr. ÖNORM, DIN, DINPlus, CTI), so se vzpostavili pogoji za enotno klasifikacijo trdih goriv in s tem tudi pogoji za lažje in učinkovitejše delovanje trga lesnih in nelesnih biogoriv, tako na nivoju posameznih držav in regij, kot tudi globalno.

Na nacionalnih in regijskih nivojih se skušajo uvesti dodane certifikacijske sheme, ki ob upošteva-

Preglednica 1. Kakovost lesnih sekancev glede na izvor in poreklo surovine (SIST EN ISO 17225-4:2014)

Table 1. Wood chip quality class according to origin and source of raw material (SIST EN ISO 17225-4:2014)

Kakovostni razred lesnih sekancev glede na izvor / Wood chip quality class according to origin and source							
A1		A2		B1		B2	
1.1.1	Cela drevesa brez korenin	1.1.1	Cela drevesa brez korenin	1.1	Les iz gozda, nasadov in drug neobdelan les	1.1	Les iz gozda, nasadov in drug neobdelan les
1.1.3	Deblovina	1.1.3	Deblovina	1.2.1	Kemično neobdelani lesni ostanki	1.2	Stranski proizvodi in ostanki iz lesnopredelovalne industrije
1.1.4	Sečni ostanki	1.1.4	Sečni ostanki			1.3.1	Kemično neobdelan rabljen les
1.2.1	Kemično neobdelani lesni ostanki	1.2.1	Kemično neobdelani lesni ostanki				

nju veljavnih ISO standardov uvajajo dodatne zahteve npr. A+ razred kot »Biomassplus« za najvišjo kakovost lesnih goriv, kot tudi različne sisteme znakov kakovosti npr. BIOmasud Plus, (Prislan, 2018), vse z namenom poenotiti in vzpostaviti okvire in regulative, znotraj katerih bi delovala celotna veriga lesnih (kot tudi nelesnih) biogoriv od proizvajalcev goriv in strojne opreme, preko trgovcev do uporabnikov.

2 MATERIALI IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

Analizirali smo trenutno veljavni standard SIST EN ISO 17225-4:20 za razvrščanje lesnih sekancev v kakovostne razrede s ciljem predstaviti razlike od predhodno veljavnega standarda.

Pregledali in analizirali smo možne načine in kriterije pri trgovanju z lesnimi sekanci. S primerjavo smo ugotavljali prednosti in slabosti posameznega načina trgovanja. Namen primerjave je pomoč pri strateških odločitvah poslovanja podjetja, ki proizvaja, trguje ali kupuje lesne sekance.

Za ugotavljanje trenutnega stanja smo izdelali anketni vprašalnik in izvedli anketo (Deu, 2016) o načinu trgovanja (nabave) z lesnimi sekanci v Sloveniji. Anketa je bila poslana osemnajstim večjim kotlovnici v Sloveniji. Pri tem smo želeli dobiti podatke o moči kotlovnice in letne porabe lesne biomase, načinu nakupa in dobave lesnih sekancev, preverjanju kvalitete dobavljene surovine, skladiščenju in vrsti lesne biomase. Anketni vprašalnik so sestavljali trije sklopi:

- splošni del - informacije o kotlovnici (število in moč kotlov), način porabe energije (ogrevanje, so-proizvodnja), čas obratovanja kotlovnice;
- nabava lesne biomase – način nakupa lesnih sekancev, način transporta, kontrola kakovosti les-

nih sekancev (velikost delcev, vlažnost, delež finih delcev), interval dobave, število dobaviteljev;

- skladiščenje in poraba lesne biomase – povprečna poraba lesne biomase, velikost skladiščnih površin, maksimalni čas skladiščenja.

Podrobni rezultati ankete so prikazani drugje (Deu, 2016). Pri analizi odgovorov ankete smo se v članku osredotočili predvsem na informacije o načinu trgovanja z lesnimi sekanci (po volumnu, masi ali količini energije) in načinu izvajanja kontrole lesnih sekancev. Anketo smo ponovili v letu 2018, s ciljem ugotoviti morebitna odstopanja.

3 REZULTATI Z RAZPRAVO IN ZAKLJUČKI

3 RESULTS WITH DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Standard SIST EN ISO 17225-4:2014, ki je nadomestil od leta 2011 veljavni standard SIST EN 14961-4:2011, deli lesne sekance po kakovosti v štiri kakovostne razrede (A1, A2, B1 in B2), pri čemer so v najvišji kakovostni razred A1 razvrščeni sekanci z najnižjo vsebnostjo vlage in pepela. Podobno kot predhodni EN standard tudi ISO standard klasificira lesne sekance glede na poreklo in izvor surovine (preglednica 1), mejne velikosti delcev, vlažnosti, vsebnosti pepela, gostote nasutja, vsebnosti elementov (N, S, Cl, As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn), podana pa mora biti tudi minimalna kalorična vrednost sekancev. Od predhodnega standarda se veljavni standard razlikuje predvsem v porazdelitvi velikosti delcev, pri čemer veljavni SIST EN ISO 17225-4:2014 standard razlikuje tri velikostne razrede delcev (preglednica 2) (P16S, P31S in P45S), medtem ko je predhodni standard imel štiri velikostne razrede (P16, P45, P63, P100). Veljavni standard je tudi manj

Preglednica 2. Meje velikosti delcev po standardu SIST EN ISO 17225-4:2014

Table 2. Particle size thresholds according to standard SIST EN ISO 17225-4:2014

	Glavna frakcija / Main fraction (min. 60 %)	Delež finih delcev / Fine particles fraction (< 3,15 mm)	Delež grobih delcev (dolžina delca) / Coarse particles fraction (length of particle)	Največja dolžina delca / Max. length of particles	Največji prečni presek / Maximum cross section area
P16S	3,15 mm < P < 16 mm	≤ 15%	≤ 6% (> 31,5 mm)	≤ 45 mm	≤ 2 cm ²
P31S	3,15 mm < P < 31,5 mm	≤ 10%	≤ 6% (> 45 mm)	≤ 150 mm	≤ 4 cm ²
P45S	3,15 mm < P < 45 mm	≤ 10%	≤ 10% (> 63 mm)	≤ 200 mm	≤ 6 cm ²

rigorozen glede deleža fine frakcije (delci manjši od 3,15 mm) (preglednica 2), zahteva navajanje minimalne kurilne vrednosti, medtem ko se v ostalih mejnih vrednostih od predhodnega standarda ne razlikuje.

Pri analizi načinov trgovanja z lesno biomaso smo ugotovili, da je le-to odvisno od letnih kupljenih količin, tehničnih sredstev, ki jih imamo na razpolago, pogostosti dobav, razpoložljivega kadra in nabavne strategije podjetja. V praksi so najpogostejše uporabljeni načini:

- plačilo lesnih sekancev po volumnu (m^3 nasutih sekancev);
- nakup lesne biomase po masi (atro-tona);

- nakup lesne biomase po proizvedeni toplotni energiji (kWh).

Način trgovanja po volumnu je najbolj enostaven in preprost, saj naročnik (prevzemnik) nima nobenih stroškov z ureditvijo infrastrukture in opreme za prevzem lesnih sekancev oz. biomase (preglednica 3). Način odkupa po masi zahteva opremo, ki omogoča tehtanje kamionov in merilno opremo za meritev vsebnosti vode v lesni biomasi (preglednica 4). Kupec oziroma prevzemnik ima zaradi tega dodatne stroške, saj mora zagotoviti merilno opremo in jo letno tudi umerjati in vzdrževati. Tak način odkupa zagotavlja, da plačujemo samo delež suhe snovi. Tudi dobavitelji pri tem načinu odkupa pos-

Preglednica 3. Prednosti in slabosti trgovanja z lesnimi sekanci po volumnu (m^3 nasutih sekancev)

Table 3. Strengths and weaknesses of wood chip trading based on volume (stacked m^3)

Prednosti / Strengths	Slabosti / Weaknesses
• enostavna meritev volumna tovarnega prostora in izračun pripeljane količine, • hitro raztovarjanje, • možnost različnih dobaviteljev, • takojšen podpis dobavnice in obračun, • enostavno vodenje evidence, • razpoložljivost podatkov o trenutni zalogi, • enostaven postopek ugotavljanja volumna v primeru dobave s standardnimi prikolicami, ki so ob vsaki dobavi polne (brez meritev).	• ni izvajanja meritev vlažnosti, • ni tehtanja, • ni kontrole kakovosti, • napake pri izvajanju meritve – človeški faktor, • nevarnost poškodbe delavca pri izvajanju meritev, • slaba kakovost lesnih sekancev, • prisotnost nečistoč, • prekoračitev dogovorjene maksimalne vlažnosti lesnih sekancev.

Preglednica 4. Prednosti in slabosti trgovanja z lesnimi sekanci po masi (atro teži)

Table 4. Strengths and weaknesses of wood chips trading based on mass (atro tone)

Prednosti / Strengths	Slabosti / Weaknesses
• spremljanje kakovosti lesne biomase (meritev gostote nasutja in vsebnosti vode), • lahko imamo več dobaviteljev, • obračun na osnovi deleža suhe snovi, • interes dobaviteljev, da pripeljejo čim bolj kakovostno lesno biomaso, • natančnost informacij o trenutni zalogi, avtomatizacija procesa prevzema, • avtomatizacija obdelave podatkov tehtanja, • avtomatizacija meritev vsebnosti vlage, • avtomatska izdelava poročila.	• daljši čas raztovarjanja, (potrebno tehtanje, meritev vsebnosti vode), • strošek začetne investicije, (tehtnica, merilnik za merjenje vlažnosti), • napačno vzorčenje, • zahtevnejši prevzem, • zahtevnejše vodenje evidenc, • zahtevnejša izdelava obračuna dobavljene količine, • napake pri izvajanju meritev – človeški faktor, • nevarnost poškodbe delavca pri izvajanju meritev, • slaba kakovost lesnih sekancev, • prisotnost nečistoč.

večajo veliko pozornosti kakovosti oziroma vlažnosti lesne biomase. Pri načinu trgovanja po količini proizvedene toplotne energije (preglednica 5) se ne plačuje dobavljena količina lesne biomase, ampak proizvedena toplotna energija, pridobljena iz te lesne biomase in se odčita iz merilnika toplotne energije. Merilnik toplotne energije mora biti nameščen na povratku vode v kotel. Če je kotlov več, mora vsak imeti svoj merilnik toplotne energije. Sistem odkupa po proizvedeni toplotni energiji pride v poštev, če imamo samo enega dobavitelja lesne biomase in nimamo svoje proizvodnje. Pri večjem številu dobaviteljev in lastni proizvodnji moramo proizvajati toplotno energijo neko obdobje samo z dobavljeno surovino enega dobavitelja, drugo obdobje s surovino drugega dobavitelja, kar pa je lahko v določenih primerih tehnično zelo zahtevno ali celo neizvedljivo.

Kljub dejstvu, da je najenostavnejši in pri nas najpogostejši način trgovanja z lesnimi sekanci na osnovi volumna (m^3 nasutih sekancev), pa je posamezen način trgovanja odvisen od številnih dejavnikov, zato smo naredili podrobno analizo posameznih načinov.

Iz primerjave prednosti in slabosti različnih načinov trgovanja, pogovora z dobavitelji, kupci in lastnih izkušenj lahko sklenemo, da je najbolj pošten način trgovanja z lesnimi sekanci, tako za proizvajalce kot dobavitelje, način plačevanja po atro toni (Deu, 2016). Pri tem načinu odkupa ima kupec

vedno podatke o vsebnosti vlage in tudi dobavitelju je v interesu, da pripelje čim bolj kvalitetne lesne sekance. Ta način odkupa je primeren za večje porabnike lesnih sekancev oziroma za večje energetske objekte.

Način odkupa po volumnu (m^3 nasutih sekancev) je primeren za manjše energetske objekte. Tem objektom v večini primerov predstavljata velik strošek postavitve in nakup tehtnice. Veliko objektov nima prostorske možnosti postaviti tehtnice oziroma tehtalne ploščadi. Smiselno je, da se tudi pri tem načinu odkupa izvaja redna ali vsaj občasna meritev vsebnosti vode.

Tudi način odkupa po količini toplotne energije (MWh) je primeren za manjše kotlovnice, s to razliko, da imamo lahko samo enega dobavitelja v enem časovnem obdobju. Tudi pri tem načinu odkupa je v interesu dobavitelja, da dobavlja čim bolj kakovostne lesne sekance.

Na osnovi analize izvedene ankete (Deu, 2016) smo ugotovili, da se v Sloveniji najpogosteje trguje z lesnimi sekanci na osnovi volumna (m^3 nasutih sekancev), trguje pa se tudi na osnovi mase (atro tone), v manjšem obsegu pa po količini dobavljene toplotne energije (kWh). Kotlovnice v Sloveniji praviloma še nimajo vzpostavljenega sistema za ugotavljanje kakovosti lesnih sekancev in večinoma kupujejo sekance prosto na trgu. Pri kontroli kakovosti pozornost posvečajo predvsem velikosti delcev in vlažnosti in še to v nekaterih kotlovnica samo

Preglednica 5. Prednosti in slabosti trgovanja z lesnimi sekanci po količini proizvedene toplote (MWh)

Table 5. Strengths and weaknesses of wood chip trading based on heat energy (MWh)

Prednosti / Strengths	Slabosti / Weaknesses
• hitro raztovarjanje (ni tehtanja, merjenja vlažnosti, izračunov), • plačilo po količini proizvedene toplote, • enostaven prevzem, • avtomatsko beleženje podatkov iz števca toplotne energije in izračun proizvedene energije glede na porabljeno lesno biomaso.	• potreben merilnik toplote za vsak kotel • ni takojšnjega obračuna (obračun se izvaja tedensko ali mesečno), • ni informacij o trenutni zalogi, možnost napake pri izvajanju meritev – človeški faktor, • imamo lahko samo enega dobavitelja, • možnost okvare merilnika toplotne energije, zato je v takem primeru potrebno predvideti drugačen način obračuna (npr. po volumnu), • slaba kakovost lesnih sekancev, • prisotnost nečistoč, • prekoračitev dogovorjene maksimalne vsebnosti vode v lesnih sekancih.

občasno. Predvidevamo, da je glavni razlog za neredno in nezadostno izvajanje analiz prvenstveno v kadrovske podhranjenosti na področju energetike oziroma vodenja kotlovnice in relativno velikih stroških opreme za izvajanje analiz. Analiza rezultatov ankete, ki je bila izvedena v letu 2018, potrjuje rezultate predhodne analize, s to razliko, da je opazen trend naraščanja nakupa lesnih sekancev po količini dobavljene energije. Tudi kakovosti sekancev se posveča več pozornosti, vendar praviloma kontrola kakovosti še ni sistematična.

Ne glede na način trgovanja pa je vsekakor potrebno vzpostaviti večji nadzor kakovosti lesnih sekancev, neodvisno od velikosti odjemalcev, saj na osnovi ankete ugotavljamo, da se le-ta pri nekaterih primerih trgovanja sploh ne izvaja. Ravno tako je med uporabniki (še) relativno slabo poznana standardizacija področja kakovosti in kontrole kakovosti kuriv, kljub večletnim prizadevanjem strokovnjakov, da poskrbijo za ustrezno strokovno podporo, ki se nanaša tako na način pridobivanja (Krajnc, 2009), predelavo (Strnad, 2011, Prislán, 2014, Krajnc, 2014), trgovanja (Deu, 2016) in rabo lesne biomase (Kamšek, 2012). Za učinkovitejše izkoriščanje potenciala lesne biomase bi si morali prizadevati vsi deležniki v celotni gozdno-lesni verigi, kajti le tako bi lahko vzpostavili pogoje za učinkovito, zanesljivo delovanje trga z lesno biomaso in bi ta potencial izkoristili odgovorno in organizirano. Vsekakor je pri izrabi potenciala lesne biomase nujno upoštevati tako koncept kaskadne rabe kot tudi mejne kakovosti surovine, ker je le v teh okvirih izraba tega potenciala vzdržnostna, okolju prijazna, rentabilna in gospodarna.

4 POVZETEK

4 SUMMARY

The European Union has set a target that by the year 2020 20% of the energy produced within the group should be from renewable sources. Each state has its own specific target value, and Slovenia aims to produce 25% of its energy from renewable sources by this date.

Slovenia does not have enough energy resources to meet its own needs. According to a SURS report, in 2016 Slovenia covered 53% of its primary energy needs from its own sources (nuclear power accounting for 22%, renewable sources 17%, and coal 14%),

while the main imported primary energy sources were petroleum products (34%) and natural gas (10%) (Fig. 1). The most promising renewable energy sources in Slovenia are hydropower and biomass. Electricity from hydropower plants provided one third (33%) of electricity produced in Slovenia in 2016, and biomass, with a share of 51%, is the most important renewable energy source for heat production (Fig. 2). The strategic document "The Energy Concept of Slovenia" (Energetski ..., 2017) emphasises the importance of the increased use of all renewable sources, from water (as seen with the proposed completion of large hydropower plants on the lower Sava and construction in the middle Sava, the incentive to build small hydropower plants, and so on) solar (especially photovoltaic), wind (in favorable areas), biomass (including cogeneration), as well as geothermal, biofuel and biogas. In this context it has to be stated that it is necessary to establish and ensure clear rules on the overriding public benefit of this approach, and to strike a balance between energy-climate, environmental, economic and other policies. Moreover, "new" renewable energy sources (Klemenc, 2015) and "alternative (renewable) energy sources", whose exploitation is currently in the stages of research, development and testing, and thus remains sub-optimal and not commercially viable, need to be considered. These sources include such diverse ones as the production of energy (fuels) from bacteria, the exploitation of the phenomenon of piezoelectric energy, osmotic power, evaporation power (Cavusoglu et al., 2017), artificial photosynthesis (Purchase et al, 2015), the use of heat from road tunnels (Žumbar & Hozjan, 2018), and heat generated by the human body.

Since wood biomass is the most important renewable resource in Slovenia for heat production (and in cogeneration plants for electricity production), we investigated some aspects of trading wood chips.

The quality of wood chips is defined in the current standard SIST EN ISO 17225-4:2014, and this defines the limit values of certain characteristics, such as: origin and source (Table 1), moisture, particle size thresholds (Table 2), ash content and calorific value. Since 2014 the field of solid biofuels for non-industrial use has made use of the applicable reference international ISO standards (which replaced the European EN standards that were in force

since 2011). Implementing these ISO standards established the conditions for a uniform classification of biofuels, and thus for easier and more efficient operation of the biofuel market, both at the level of individual countries and regions, as well as globally.

We reviewed and analysed the possible ways and criteria for trading wood chips and presented the most basic characteristics. In Slovenia, trading is carried out according to volume quantity of wood chips (stacked m³), according to weight quantity (atro tone), and according to the heat energy produced (MWh).

We also determined the strengths and weaknesses of the most commonly used wood chips trading methods in Slovenia (Tables 3-6). The purpose of this analysis is to help with the strategic decisions of companies that produce, trade or buy wood chips.

In order to determine the current situation of the wood chip market, we prepared a survey questionnaire and then conducted a survey of the trading practices with wood chips in Slovenia in the years 2016 and 2018. In the survey performed in 2016 we obtained data on the power of the boiler room and the annual consumption of wood biomass, the methods of purchasing and supplying wood chips, checking the quality of the raw materials supplied, the type of storage and the type of wood biomass. The survey was sent to eighteen heating plants in Slovenia, and the detailed results are shown elsewhere (Deu, 2016). The survey performed in 2016 confirmed that the minor consumer systems trade wood chips according to the volume quantity (stacked m³) of wood chips and heat energy produced. In contrast, larger systems trade wood chips with regard to the weight (atro tone), and rarely on the basis of energy produced (MWh). The 2016 survey also showed that inspection of wood chip quality was not implemented continuously by all users, or was only partially performed, although awareness of the importance of monitoring and quality analyses of the wood chips was increasing.

Based on this first survey, a similar one was performed in 2018 focused on wood chip control protocols and trading methods, since these were the most important parts in the earlier work. The results did not differ by a large degree, although they did show a noticeable trend of more wood chip purchases carried out according to the quantity of energy supplied. However, even though more attention is

now being paid to the quality of wood chips, quality control processes are still partly inconsistent.

LITERATURA IN VIRI LITERATURE

- Achilli, A., Cath, T. Y., & Childress, A. E. (2009). Power generation with pressure retarded osmosis: A experimental and teoretical investigation. *Journal of Membrane Science*, 343, 42-52.
- Cavusoglu, A-H., Chen, X., Gentine, P., & Sahin, O. (2017). Potential for natur evaporation as a reliable renewable energy resource. *Nature communications*, 8, 617.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-017-00581-w>.
- Deu, I. (2016). Kriteriji nakupa lesnih sekancev. Diplomsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Eliasson, L., Eriksson, A., & Mohtashami, S. (2017). Analysis of factors affecting productivity and costs for a high-performance chip supply system. *Applied Energy*, 185, 497-505.
- Energetski koncept Slovenije (2017). Ministrstvo za infrastrukturo. Retrieved from: http://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/eks/razgrnitev_op_feb_2018/eks_ob_jr_feb_2018.pdf (mar. 2018).
- Kamšek, M. (2012). Analiza lastnosti lesnih sekancev za kurjenje. Diplomsko delo. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Klemenc, A. (2015). Obnovljivi viri energije - kratek pregled potencialov, stanja, politik in izzivov. Regionalni center za okolje, Slovenija.
- Kuptz, D., & Hartmann, H. (2015). The effect of raw material and machine setting on chipping performance and fuel quality – a German case study. *International Journal of Forest Engineering*, 26 (1), 60-70.
DOI: <https://doi.org/10.1080/14942119.2015.1021529>.
- Krajnc, M. (2014). Odločitveni model najustreznejših parametrov izdelave lesnih sekancev. Doktorska disertacija. Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo.
- Krajnc, N., Piškur, M., Klun, J., Premrl, T., Piškur, B., Robek, R., Mihelič, M., & Sinjur, I. (2009). Lesna goriva - Drva in lesni sekanci - Proizvodnja, standardi kakovosti in trgovanje. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica.
- 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>
- Lauri, P., Havalík, P., Kindermann, G., Forsell, N., Böttcher H., & Obersteiner, M. (2014). Woody biomass energy potential in 2050. *Energy Policy*, 66, 19-31.
- Medved, S., & Novak, P. (2000). Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.
- Papler, D. (2013). Osnove uporabe lesne biomase. Ljubljana: Energetika Marketing d. o. o., 416 str.
- Prislan, P., Krajnc, N., Martin, G., Handlos, M., & Christian, M. (2014). Priročnik za pridobivanje, predelavo in trženje lesne bio-

- mase - Sistemi zagotavljanja kakovosti in ukrepi preverjanja kakovosti. (slovenska izdaja)
Retrieved from: www.biomassradecentrall.eu
- Prislan, P., Krajnc, N., & Triplet, M. (2018). Znak kakovosti domačih lesnih kuriv. Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 23. 1. 2018
- Purchase, R., de Vriend, H., & de Groot, H. (2015). Artificial photosynthesis For the conversion of sunlight into fuel. Leiden University. Netherlands.
- 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.
- Strnad, M. (2011). Poraba energije pri izdelavi lesnih sekancev. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- SURS (2018). Retrieved from: <https://www.i-energija.si/ienergija/energetika-v-sloveniji-in-svetu-statistika>
- Taskhiri, M. S., Garbs, M., & Geldermann, J. (2016). Sustainable logistics network for wood flow considering cascade utilisation. *Journal of Cleaner Production*, 110, 25-39.
- Zenetti, M., Costa, C., Greco, R., Grigolato, S., Aalmo, G. O., & Cavalli, R. (2017). How wood fuels' quality relates to the standards: A class-modelling approach. *Energies*, 10, 1455.
- Žumbar, A., & Hozjan, V. (2018). Alternativni viri energije: Ne le biomasa, tudi oljčni ostanki in odpadna toplota iz cestnih predorov. *Energetika net*. Retrieved from: <http://www.peg-online.net/alternativni-viri-energije> (mar. 2018).

LESENI WANDELBAHNI EVROPSKIH TERMALNIH ZDRAVILIŠČ

WOODEN WANDELBAHNS IN EUROPEAN THERMAL SPAS

Vito Hazler^{1*}

UDK 72:625.712.32

Izvleček / Abstract

Pregledni znanstveni članek / Review scientific article

Izvleček: V gradbeništvu in še zlasti v stavbarstvu je les zastopan kot osnovno ali dopolnilno gradivo, pa tudi kot konstrukcijska opora in kot dopolnilo drugim materialom. Kot gradivo se je globoko začrtal v prepoznavnost tradicionalne gradnje tako na Slovenskem kot v večini evropskih in številnih kulturnih območjih po svetu. S svojo pogosto rabo je zaznamoval številne kmetijske, industrijske, trgovinske, obrtniške in tudi turistične ter kulturne dejavnosti po svetu, saj so ga marsikje znali uporabljati na takšen mojstrski način, da tako grajene lesene ali delno lesene stavbe še vedno zbujajo pozornost in začudenje. Les je opazno prisoten tudi v evropski kulturi termalnih zdravilišč, kamor so ga graditelji neizmernih domislic vključevali kot prekrito konstrukcijsko ali kot razgaljeno oziroma povsem samostojno gradivo. Sodeč po nam dostopnih virih so les v zdraviliški arhitekturi najpogosteje uporabljali pri postavljanju različnih paviljonov, nadstreškov, prodajnih in drugih lop ter hišic, pa tudi pri gradnji posebnih zdraviliških stavb, ki jih največkrat prepoznamo pod imenom wandelbahn, wandelhalle ali njima po zasnovi in namembnosti sorodnimi stavbami. Prav te stavbe sodijo med najbolj vidne prepoznavnosti zdravilišč, saj so pomembno gibalno njihovega družabnega, kulturnega, izobraževalnega, tržnega in še kakšnega življenja.

Ključne besede: kulturna dediščina, les, lesena gradnja, pokrito sprehajališče, Wandelbahn

Abstract: In construction, and even more so in architecture, wood has the status of a primary and secondary material, a construction support and supplement to other materials. As a material, wood has become deeply rooted in traditional construction both in Slovenia and the majority of European and a number of other cultures across the world. The use of wood has had a strong impact on farm, industrial, commercial, craft as well as tourist and cultural activities all across the globe; the masters of their craft used wood in such an astonishing way that the wooden or partly wooden buildings they made still draw attention and leave people in awe. Wood is also notably present in the culture of European thermal spas, in which the immensely creative architects used wood as an undercover structural material or as an uncovered independent construction material. According to the sources available to us, wood in thermal spa architecture was most commonly used in different types of pavilions, jutting roofs, house-like market stalls and other sheds and small wooden houses, as well as in the construction of special spa buildings, most commonly known as wandelbahns or wandelhalle, or for any type of building with a similar construction and purpose. These buildings are one of the most prominent spa features, for they present an important element of thermal spas' social, cultural, educational, commercial and other aspects of life.

Keywords: Cultural heritage, wood, wooden built, covered promenade, Wandelbahn

1. UVOD

1. INTRODUCTION

Trditve znanstvenikov o tesnem genskem sorodstvu ljudi in nekaterih vrst opic se izkažejo verjetne tudi ob primerjanju navad, razvad in želji po ugodju enih in drugih. Da ljudje obožujejo tople kopeli, so v termah množično dokazovali Rimljani, moč termalnih vrelcev so v novem veku poleg patricijev vse pogosteje spoznavali tudi plebejci in začetek 19.

stoletja velja za prepoved evropskega termalnega ugodja, ki so ga (bog ve kdaj) prepoznale tudi opice makaki v Parku opic z imenom Jigokudani blizu Nagana na japonskem otoku Honšu. Tam se privilegirani makaki po njihovem strogem hierarhičnem redu vdajajo užitkom tople vode, tisti z dna »makakijske družbene lestvice« pa tudi v najhujšem mrazu in do kosti segajočih vetrovih ostajajo na bregu.

Omenjeni vzorec socialnih razmerij ljudem najbolj sorodnih živih bitij nas spomni na podobna socialna razmerja med ljudmi, ko so moč termalnih vrelcev na območju današnje Rogaške Slatine spo-

¹ Na Vovčne 47, 1354 Horjul, SLO

* e-pošta: vito.hazler@gmail.com

znali Rimljani in ga do popolnosti užili družbeni privilegiranci vse do konca druge svetovne vojne. Tam mesta za večinsko prebivalstvo še dolgo ni bilo. Raje so se zatekali v bolj »plebejske« Atomske toplice pri Podčetrtku, kjer so se kopalci obeh spolov skozi vse leto grel in gnetli v malem lesenem bazenu z blagodejno termalno vodo. Sedaj so Atomske toplice povsem modernizirane, imajo vrsto hotelov in depandans in tudi ime so si spremenile v Terme Olimia, očitno pa ne bodo nikoli imele takšnega pokritega sprehajališča oziroma *wandelbahna*, kakršnega so imele v nekoč nadvse gosposki Rogaški Slatini. In prav *wandelbahnom* in njim po zasnovi in namembnosti sorodnih stavbah je namenjeno tokrat naše razmišljanje, ki pa ne bo predstavilo vseh 102 nam znanih pokritih sprehajališč v evropskih termalnih zdraviliščih, ampak le lesene ali vsaj deloma zgrajene iz lesa. Takšen je bil na primer tudi *wandelbahn* v Rogaški Slatini, nad čimer so se močno zmrdovali lokalni poznavalci kulture, dediščine, prava, poslovnosti, urejanja prostora in drugih veččin in slogovno ter gradbeniško nadlogo sredi evropsko mondenega zdravilišča vsem v poduk podrli **30. aprila 1982**. Nadomestil ga je kup umetelno oblikovanega armirane betona.

Morda je nesmiselno, da po več kot 35 letih obujamo spomin na (namenoma) podrti *wandelbahn* oziroma pokrito sprehajališče v Rogaški Slatini. Razlogov za to je več. Eden je zagotovo še vedno živi spomin med Slatinčani na to imenitno klasicistično stavbo, katere podrtje je umetnostni zgodovinar in konservator Ivan Stopar označil za enega največjih izgub kulturne dediščine na našem ozemlju. Uničile je niso naravne ujme, temveč nerazsodnost pregrelih glav vodstva zdravilišča in njim vdanih občinskih uradnikov, ki jim je danes zaradi nečastnega dejanja vendarle malce nerodno.

2. EVROPSKA TERMALNA ZDRAVILIŠČA IN WANDELBAHNI

2. EUROPEAN THERMAL SPAS AND "WANDELBAHNS"

Termalna zdravilišča slovijo kot okolja, kjer se je mogoče ustrezno spočiti od napornih delovnih vsakdanjnikov, si pridobiti novih delovnih moči, si okrepiti zdravje ali bistveno omiliti zdravstvene težave. So pa tudi okolja, kjer se je mogoče sproščeno zabavati, uživati v kulinarični ponudbi in se razvijati v

izboru enološkega razkošja. Zdravilišča so tudi pomembno središče ponekod prav vrhunskih kulturnih prireditev, med katerimi izstopajo predvsem koncertni, gledališki, likovni, izobraževalni in drugi dogodki, ki lahko prispevajo k prepoznavnosti in uveljavljanju posameznega termalnega zdravilišča ali celo zdraviliške pokrajine. Takšnih zdraviliških območij je v Evropi veliko. Izpostavimo naj samo nekatere na obeh območjih slovenske in avstrijske Štajerske, v nemških deželah Bad Virtemberg (Baden-Württemberg), Porenje Pfalško, Hessen, Bavarsko, v češkem Karlovarskem okraju, v poljski Spodnji Šleziji, v italijanski deželi Trentino (nem. Trento), v belgijskih regijah Flamsko in Valonsko in drugod.

Po številu v Evropi daleč prednjači Nemčija z 243 termalnimi zdravilišči (Alle Thermen in Deutschland ..., 2018), sledi ji Romunija s 50 (Thermal Spas in Romania - TripAdvisor ..., 2018), na Poljskem jih imajo 44 (Spa & Wellness - Poland ..., 2018), v Avstriji 39 (Alle Thermen in Österreich ..., 2018), v Sloveniji 23 (Seznam toplic v Sloveniji – Wikipedija ..., 2018), v Belgiji 33 (The 10 Best Spas & Wellness Centers in Belgium ..., 2018), na Češkem 20 (Spa towns in the Czech Republic - Wikipedia ..., 2018), na Hrvaškem 19 (Katalog projekata zdraviliškega turizma ..., 2018), v Bosni in Hercegovini 15 (banjski - BH Turizam, 2018) in v Italiji vsaj 22 oziroma celo več kot 100. Podatek ni povsem zanesljiv, ker iz dosegljivih virov ni bilo mogoče pridobiti popolnega ali vsaj približnega podatka o številu italijanskih termalnih zdravilišč, zato so navedene številke zgolj ocene, povzete iz različnih spletnih virov.

Zato ni mogoče trditi, da so navedeni podatki popolni, saj so bile avtorju pričujočega besedila na voljo predvsem spletne strani evropskih termalnih zdravilišč in nekaj dosegljive literature z območja nekdanje Jugoslavije ter promocijsko gradivo Sloveniji bližnjih termalnih zdravilišč kot so npr. avstrijski Bad Gastein, Bad Tatzmannsdorf, Bad Gleichenberg in Bad Radkersburg, hrvaški Lipik in bosansko-hercegovska Banja Ilidža.

Doslej je avtor obravnavano problematiko predstavil v dveh člankih z naslovom V Rogaški Slatini so imeli *wandelbahn* (Hazler, 2017) in O *wandelbahnu* iz Rogaške Slatine in drugih sorodnih stavbah evropskih termalnih zdravilišč (Hazler, 2017). Poleg pričujočega besedila pa bo v kratkem objavljen še članek v šestem zborniku simpozija slovenskih in hrvaških etnologov konservatorjev, kjer je poudarek na prepo-

znavanju in vrednotenju kulturne dediščine ter možnosti aktivnega raziskovanja etnologov-konservatorjev izven okvirov njim (za vekomaj ?) dodeljene etnološke dediščine alias ljudskega stavbarstva. Problematika pokritih sprehajališč je namreč tako obsežna in raznovrstna, da vabi k ponovni in večkratni etnološki obravnavi ter ponovno tudi k obravnavi drugih strok, kjer so nekateri raziskovalci s področja umetnostne zgodovine, krajinske arhitekture in arhitekture (Vardjan, 2015) že odmevno predstavili to problematiko. Ivan Stopar je že leta 1967 javnosti prvič predstavil pomen in likovne vrednosti *wandelbahna* v Rogaški Slatini v besedilu z naslovom Rogaška Slatina v luči spomeniškega varstva. Leta 1973 je isti avtor kot 40. zvezek v zbirki vodnikov po kulturnih spomenikih objavil knjižico z naslovom Rogaška Slatina. Leta 1996 pa je Stopar sodeloval pri izdaji Enciklopedije Slovenije 10 in na str. 254 pod geslom Rogaška Slatina obravnaval tamkajšnje umetnostne spomenike in med drugim strnjeno predstavil takrat že podrti *wandelbahn*. Zadnji odziv, kjer je Stopar kritično ocenil izgubo slatinskega pokritega sprehajališča, pa je objavil Franci Lazarini v intervjuju s Stoparjem z naslovom Ne poznam države, kjer bi se do ključnih grajskih arhitektur obnašali tako neodgovorno, objavljen leta 2007 v Umetnostni kroniki 17.

Za seznanjanje z *wandelbahni* v evropskih termalnih zdraviliščih se je avtor oprl predvsem na dosegljive spletne vire, saj mu druge oblike pridobivanja podatkov niso bile na voljo zaradi prostorske razpršenosti obravnavanih lokacij in s tem povezanih velikih stroškov komuniciranja. Kljub tem omejitvam je bilo nekaj virov vendarle dosegljivih, med njimi članek krajinskega arhitekta Dina Hadžidervišagića, ki je v sarajevski reviji *Naša šuma* leta 2014 objavil članek z naslovom *Analiza historijskega razvoja banjskega parka Ilidža – Sarajevo*.

Pripoved o pokritih sprehajališčih, *wandelbahnih* in njim po zasnovi in namembnostih sorodnih stavbah, je bilo torej mogoče uspešno graditi le ob uporabi spletnih virov. Na podlagi tako zbranih podatkov je bilo možno izpostaviti tudi nekaj vprašanj o številu zgrajenih in ohranjenih pokritih sprehajališč, pa tudi o načinu njihove gradnje, še posebej iz lesa, ki je osrednja tema tega članka. Še prej pa nekaj besed o razširjenosti obravnavanih termalno-zdraviliških stavb.

V desetih evropskih državah smo s pomočjo različnih elektronskih virov in predvsem večkratnega

primerjanja ter preverjanja virov uspeli dokazano potrditi obstoj 123 pokritih sprehajališč v 102 evropskih termalnih zdraviliščih, kjer je danes ohranjenih in v polnem pogonu delujočih 70 tovrstnih stavb oziroma *wandelbahnov*. Po dosegljivih podatkih so do sedaj največ *wandelbahnov* zgradili v Nemčiji (v 65 krajih 80 *wandelbahnov* (v nadaljevanju WDN), ohranjenih 45), sledijo pa Češka (v 12 krajih 16 WDB, ohranjenih 10), Avstrija (v 9 krajih 9 WDB, ohranjenih 5), Poljska (v 7 krajih 8 WDB, ohranjenih 5), Belgija (v 2 krajih 2 WDB, ohranjena 2), Hrvaška (v 2 krajih 2 WDB, ohranjen 1), Italija (v 2 krajih 2 WDB, ohranjen 1) in Romunija (v 1 kraju 1 WDB, ohranjen 1) ter Bosna in Hercegovina (v 1 kraju 1 WDB, ni ohranjen) in Slovenija (v 1 kraju 1 WDB, ni ohranjen), kjer v Rogaški Slatini ostaja le še odmaknjen spomin na to veliko znamenitost termalnega zdravilišča. Naj dodamo še to, da je avtor pričujočega članka imel 24. oktobra 2017 v Knjižnici Rogaška Slatina predavanje z naslovom **Kultura pokritih sprehajališč v evropskih termalnih zdraviliščih, o wandelbahnih in njim po obliki, zasnovi in namembnosti sorodnih stavbah**. Izkazalo se je, da je kljub 35 letom po podrtju *wandelbahna* spomin nanj še vedno zelo živ, saj je poslušalstvo z zanimivimi pripovedmi dopolnjevalo predavanje.

3. LESENI WANDELBAHNI EVROPSKIH TERMALNIH ZDRAVILIŠČ

3. THE WOODEN WANDELBAHNS IN EUROPEAN THERMAL SPAS

Pri gradnji *wandelbahnov* in njim po zasnovi in namembnosti sorodnih stavb so uporabljali kamen, opeko, apneno malto, les, steklo, lito železo in druge vrste kovin, ki so na splošno v rabi v gradbeništvu. Zanimiva je zlasti uporaba lesa, kar sicer ni bila izraziteje razširjena praksa, so pa les uporabljali pri lahkotnejših in enostavnejših konstrukcijah (npr. *wandelbahn* v avstrijskem zdravilišču Bad Gleichenberg), kot tudi pri zahtevnejših gradnjah s predalčastimi stenami, ki so pogostejše zlasti na Nemškem (npr. *wandelhalle* v nemškem zdravilišču Bad Salzungen). V veliki meri pa so les uporabili pri gradnji pokritih sprehajališč na Češkem (npr. *wandelbahn* v zdravilišču Karlova Studánka / Bad Karlsbrunn in *trška kolonada* v zdravilišču Karlovy Vary) in Poljskem (npr. *elisenhalle* v zdravilišču Szczawno-Zdrój / Bad Salzbrunn in *wandelhalle* v zdravilišču Świeradów-Zdrój / Bad Flinsberg),

v Romuniji (*kolonada* v zdravilišču Buziaș), v Bosni in Hercegovini (*wandelbahn* v zdravilišču Banja Iliđa) pa tudi v Avstriji (npr. *wandelbahn* v zdravilišču Bad Tatzmannsdorf) in Nemčiji (npr. stari *wandelbahn* v zdravilišču Bad Tölz).

Po nam dostopnih podatkih so v desetih evropskih državah in tamkajšnjih 102 termalnih zdraviliščih zgradili 123 pokritih sprehajališč, največkrat le po enega, redkeje po dva zapovrstjo (npr. v Avstriji Bad Gleichenberg, na Češkem Karlovy Vary, v Nemčiji Bad Homburg, Bad Kissingen, Bad Meinberg, Bad Mergentheim, Bad Nauheim, Bad Oeynhausen, Bad Reichenhall, Bad Salzflen, Bad Steben, Bad Tölz, Bad Wildbad, Badenweiler, na Poljskem Kudowa-Zdrój/Bad Kudowa, Szczawno-Zdrój/Bad Salzbrunn) in v enem primeru štiri zapovrstjo (na Češkem *wandelbahn, kolonada* v zdravilišču Teplice, Teplice-Šanov/Teplitz Schöna). Od 123 zgrajenih pokritih sprehajališč je bilo lesenih oziroma večinoma z lesom grajenih 35. Danes jih je ohranjenih le še 14 in vsa so dobro vzdrževana in funkcionalna. Pri 35 lesenih pokritih sprehajališčih, obravnavanih z likovnega zornega kota, je tudi zanje mogoče ugotoviti željo tako naročnikov kot projektantov po iskanju atraktivnih gradbeniških rešitev ter navezovanje na arhitekturne prvine starejših slogovnih obdobj, zlasti na renesanso, antično grško arhitekturo in tudi na dosežke arhitekturnih prvin daljnega vzhoda. V iskanju izvirnosti in atraktivnosti so sodelovali že uveljavljeni projektanti, ki so bili zdraviliškim upravam jamstvo, da bodo dobili vsečno in funkcionalno vsestransko ustrezno stavbo. Zato so v večini primerov arhitekti sledili le osnovnemu vzorcu in želji po dolgi ter povsem ali vsaj deloma odprti stavbi, pokriti z večinoma dvokapnimi strehami in videzu stavbe prilagojenimi kritinami. V izpolnjevanju teh zahtev so projektanti dejansko izpolnili pričakovanja naročnikov, saj so si pokrita sprehajališča le redko med seboj podobna. Tudi pri na videz podobno zasnovanih in grajenih pokritih sprehajališčih, kakršna sta na primer povsem lesena *elisenhalle* v zdravilišču Szczawno-Zdrój (nem. Bad Salzbrunn) in *wandelhalle* v zdravilišču Świeradów-Zdrój (nem. Bad Flinsberg) na poljskem Spodnjem Saškem so v številnih gradbenotehničnih izvedbah in likovni opreči opazne razlike, ki dodajajo vsaki stavbi značilno prepoznavnost.

Ob upoštevanju omenjenih pričakovanj naročnikov se je od 20. let 19. stoletja bistveno izpopolnila

urbanistična zasnova in arhitekturna podoba evropskih termalnih zdravilišč, saj je okolje pridobivalo vpadljive arhitekture, zasnovane po večinoma znanih in za okus klientele privlačnih likovnih vzorcih. Obenem pa so načrtovalci teh stavb v zdraviliški in tudi širši likovni prostor uvedli vrsto inovativnih prvin, kakršna je bila na primer načrtovana uporaba lesa kot osnovnega gradiva pa tudi občutek projektantov za sledenje drugim sodobnim konstrukcijskim rešitvam, kakršne je omogočala zlasti uporaba litega železa.

4. ČAS NASTANKA PRVIH WANDELBAHN OV IN ČAS UVAJANJA LESENIH WANDELBAHN OV

4. THE ORIGIN OF THE FIRST WANDELBAHNS AND THE INTRODUCTION OF THE WOODEN WANDELBAHNS

Pregled dosegljivega pisnega, slikovnega, fotografskega in (tudi nekaj) tehničnega gradiva je omogočil analizo kronologije posameznih pokritih sprehajališč in na podlagi primerjanja virov tudi dovolj zanesljivo razvrstitev posameznih objektov po časovni lestvici. Dokaj zanesljive podatke je bilo mogoče zbrati vsaj za dobro polovico od 123 eviden-tiranih stavb in tudi za približno polovico lesenih *wandelbahnov*. Drugo polovico je bilo možno časovno datirati predvsem po slogovnih in gradbenotehničnih prvinah ter po njihovi pojavnosti na slikovnih (risbe, oljne slike, fotografije) in grafičnih upodobitvah ter po poimenovanju stavb zlasti na dosegljivih razglednicah in raznovrstnem promocijskem gradivu, ki so bili tudi sicer poglobitveni vir analize.

Po omenjeni analizi izbranih 35 znanih in od teh 14 ohranjenih lesenih *wandelbahnov* in njim po zasnovi in namembnosti sorodnih stavb je bilo mogoče ugotoviti, da so prvi tovrstni lesen objekt, obenem pa tudi najstarejše sprehajališče nasploh v termalnem zdravilišču zgradili leta 1823 in sicer *wandelhalle* v nemškem zdravilišču Bad Boll. Sledi mu med letoma 1843 in 1844 zgrajeni *wandelhalle* v nemškem Bad Rehburgu, nato pa se je lesena gradnja za nekaj let ustavila, dokler niso za časa ogrske monarhije v današnjem romunskem zdravilišču Buziaș leta 1875 postavili povsem leseno *kolonado*. Naj dodamo še to, da se termalno zdravilišče Buziaș nahaja v jugozahodni Romuniji, v pokrajini Timiș, v bližini

meje s Srbijo. Do leta 1918 je spadalo pod Ogrsko oziroma pod Avstro-Ogrsko (1878-1918). Leta 1808 je mesto imelo 6091 prebivalcev, od tega 40,5 % Romunov, 10 % Madžarov in kar 42,3 % Nemcev. Leta 1956 je bilo prebivalcev 7203, od tega 54,5 % Romunov, 8,1 % Madžarov in 34,4 % Nemcev. Leta 2002 je demografska slika močno spremenjena, saj je med 12772 prebivalci kar 87,4 % Romunov, 4,1 % Madžarov in samo še 3,6 % Nemcev (Buziaș - Wikipedia, 2017). Tamkajšnja *kolonada*, ki je postavljena v parku ob zdraviliškem središču, je povsem lesena in izvirna po zasnovi. Zelo kakovostno je oblikovano leseno okrasje zlasti osrednjega lesenega paviljona, ki preči *kolonado*.

Po izgradnji kolonade v zdravilišču Buziaș sledi nekajletno zatišje in nato v 80. in 90. letih 19. stoletja dokaj pogosta gradnja lesenih pokritih sprehajališč. Med njimi je med najbolj poznanimi sprehajališči trška kolonada v Karlovih Varih, zgrajena med leti 1882 in 1883. Leta 1890 so v nemškem zdravilišču Bad Salzungen zgradili edini poznani *wandelhalle* v gradbeni tehniki predalčastih sten, leta 1891 pa *wandelbahn* v enem najbolj znanih italijanskih zdraviliških, turističnih in vinogradniških središč v deželi Trento. Časovni okvir časovno določenih pokritih sprehajališč zamejuje *elisenhalle* v poljskem obmejnem zdravilišču Szczawno-Zdrój (nem. Bad Salzbrunn) v Spodnji Šleziji. V vmesnem obdobju med leti 1880 in 1899 pa so zgradili še nekaj podobnih lesenih stavb in sicer *wandelbahn* (okrog 1880, imenovan *kolonada*) v češkem termalnem zdravilišču Lázně Libverda (nem. Bad Lidwerda). V približno istem času naj bi zgradili *wandelhalle* v nemškem zdravilišču Bad Salzhausen (okrog 1880), nato pa mu sledita *wandelbahna* v avstrijskih zdraviliščih Bad Tatzmannsdorf (okrog 1880) in Bad Gleichenberg (okrog 1890). Iz približno tega časovnega obdobja sta tudi dva *wandelhalla* v nemških termalnih zdraviliščih Bad Sulza in Bad Sulzungen ter eden likovno ter tehnično najbolj dovršenih lesenih *wandelhallov* v poljskem zdraviliškem mestu Świeradów-Zdrój (nem. Bad Flinsberg) v Spodnji Šleziji. Okrog leta 1895 so zgradili tudi doslej edini znani *wandelbahn* v današnji Bosni in Hercegovini in sicer v zdravilišču Banja Ilidža v bližini Sarajeva, ko je to ozemlje med leti 1878 in 1918 pripadalo Avstro-Ogrski monarhiji.

5 RAZNOLIKE ZASNOVE, OBLIKE IN NAMEMBNOСТИ LESENIH WANDELBAHNNOV

5 THE DIFFERENT DESIGNS, FORMS AND PURPOSES OF THE WOODEN WANDELBAHNS

Pokrita sprehajališča v evropskih termalnih zdraviliščih so posebnost zaradi raznolike zasnove, oblike in namembnosti. Dosegljivi podatki o 123 znanih sprehajališčih izkazujejo predvsem željo graditeljev po izvirnosti in drugačnosti od sosednjih, saj je primerjava zbranega gradiva potrdila, da niti dve sprehajališči nista zgrajeni po istem načrtu, temveč so načrtovalci kot naročniki vedno stremeli k izvirnosti in atraktivnosti. S tem so tudi z arhitekturnega zornega kota izkazovali posebnosti svojega zdravilišča in tako so *wandelbahni* poleg osrednjih zdraviliških domov (nem. Kurhaus, Kursalon, pol. Dom zdrojowy), razglednih paviljonov (npr. v Lipiku na Hrvaškem ...), paviljonov z izviri mineralnih vod sodili med osrednje prepoznavnosti evropskih termalnih zdravilišč. Posedovala so jih predvsem najstarejša, najuglednejša in najbolj obiskana zdravilišča, kjer so si prizadevali ustreči željam ter pričakovanjem tudi najzahtevnejših petičnih gostov.

Wandelbahni in njim po zasnovi ter namembnosti sorodne stavbe so bile sprva zasnovani kot dolge, z vseh strani odprte ali vsaj z ene strani zaprte stavbe, grajene z žgano opeko, kamnom, apneno malto, lesom, železom, steklom in morda še s kakšnim gradivom. Sčasoma so *wandelbahni* izgubili svojo prvobitno podolgovatost ter so s pridobivanjem novih in novih namembnosti postajali bolj centralni, večinoma s čelnih strani zastekljeni in s tem uporabni za vse letne čase ter vremenska stanja. S tem se je les kot prevladujoče gradivo uporabljalo vse redkeje, dokler se v prelomu 19. in 20. stoletja ni ohranjal le še kot gradivo stavbnega pohištva, pa še tam so ga v 70. letih 20. stoletja, t. j. ob upadu gradnje *wandelbahnno*v in njim po zasnovi ter namembnosti sorodnih stavb povsem izpodrinile kovine in plastika.

Pri lesenih in večinoma iz lesa grajenih *wandelbahnih* je bilo mogoče prepoznati nekatere izstopajoče značilnosti glede njihove velikosti, oblik in konstrukcijskih posebnosti. Z vrednotenjem po teh navzven najbolj prepoznavnih značilnosti je bilo možno obravnavane stavbe razvrstiti v tri značilne

skupine in sicer *wandelbahne* **enostavnejših, likovno bolj izrazitih** ter *wandelbahne* **likovno atraktivnih oblik** in tehnične dovršenosti.

V prvo skupino je uvrščenih 16 pokritih sprehajališč, od katerih sta ohranjeni le še 2, kar je mogoče pojasniti z vidika njihove enostavnejše izvedbe in likovno manj prepričljivih dodatkov. Očitno so lastniki in uporabniki to skupino *wandelbahnov* razumevali zgolj skozi funkcionalnost, ki pa se je sčasoma iztrošila predvsem zaradi zmanjšanih možnosti raznovrstne rabe in razširitve potreb po večnamenskih tovrstnih termalno-zdraviliških stavbah. Večina *wandelbahnov* te skupine je nastala v 80. in 90. letih 19. stoletja ter se je po dobrih dveh ali treh desetletjih, večinoma pa ob koncu 1. svetovne vojne in sredi 30. let 20. stoletja poslovila iz termalno-zdraviliškega prostora. Zaradi njihove dokaj enostavne in pogosto poudarjene podolgovate zasnove so ti *wandelbahni* bili dejansko sinonim pokritega sprehajališča, saj so bili drugi funkcionalni dodatki dokaj redki. Poudarjena izraba na sprehajanju zdraviliških gostov se izraža tudi v njihovem poimenovanju, saj se je od 16 tovrstnih stavb 10 imenovalo *wandelbahn*, 2 vedno le *wandelhalle*, tri izmenično *wandelbahn* in nato *wandelhalle* ter 1 najprej *wandelbahn* in nato *kolonade*. Že iz poimenovanja je mogoče razbrati prvobitno namembnost tovrstnih stavb kot pokritih sprehajališč, v postopoma spreminjajočem se poimenovanju pa tudi razširitev namembnosti.



Slika 1. V avstrijskem termalnem zdravilišču Bad Gleichenberg je ohranjen *wandelbahn* iz okrog leta 1890 (Bad Gleichenberg, *wandelbahn*, 2017).

Figure 1. A *wandelbahn* dating back to approximately 1890 is preserved in the Austrian thermal spa Bad Gleichenberg (Bad Gleichenberg, *wandelbahn*, 2017).

Seznam šestnajstih pokritih sprehajališč v evropskih termalnih zdraviliščih je naslednji: Bad Aibling (1890 B - 1918 B, *wandelhalle*, Bavarska, D), Bad Bertrich (1880 B - 1940 B, *wandelbahn*, Porenje Pfalško, D), Bad Dürkheim (1925 B - 1970, *wandelhalle*, Porenje Pfalško, D), Bad Gleichenberg (1890 B - ŠE STOJI, *wandelbahn*, Štajerska, A), Bad Münster (1880 B - 1920 B, *wandelbahn*, Porenje Pfalško, D), Bad Nauheim (1880 B - 1920 B, *wandelbahn*, Hessen, D), Bad Neuenahr (1880 B - 1918 B, *wandelbahn*, *wandelhalle*, Porenje Pfalško, D), Bad Orb (1880 B - 1920 B, *wandelbahn*, *wandelhalle*, Hessen, D), Bad Reichenhall (1870 B - 1920 B, *wandelbahn*, Bavarska, D), Banja Iliđa - Sarajevo (1895 B - 1920 B, *wandelbahn*, Sarajevo okolica, BiH), Jaworze (nem. Bad Ernsdorf; 1880 B - 1910 B, *wandelbahn*, Spodnja Šlezija, P), Jedlina-Zdrój (nem. Bad Charlottenbrunn; 1890 B - 1920 B, *wandelbahn*, *wandelhalle*, Spodnja Šlezija, P), Lázně Fořt (nem. Forstbad; 1890 B - 1925 B, *wandelbahn*, Královéhradecký okraj, ČŠ), Lázně Libverda (nem. Bad Lidwerda; 1880 B - ŠE STOJI, *wandelbahn*, kolonada, Lidereški okraj, ČŠ), Teplice, Teplice-Šanov (nem. Teplitz Schöna; 1822 B - 1880 B, *wandelbahn*, Usteški okraj, ČŠ), Tobelbad, Hazel-Tobelbad (1880 B - 1915 B, *wandelbahn*, Štajerska, A). Leto izgradnje in



Slika 2. Lázně Libverda (nem. Bad Lidwerda) je priljubljeno češko termalno zdravilišče z ohranjenim *wandelbahnom* oziroma kolonado, zgrajeno okrog leta 1880 (Lázně Libverda, kolonada, 2016).

Figure 2. Lázně Libverda (German: Bad Lidwerda) is a popular Czech thermal spa with a preserved *wandelbahn*, or the so-called kolonada, built around 1880 (Lázně Libverda, kolonada, 2016).

leto podrtja navedenih stavb je praviloma ocenjeno (avtor), saj ni bilo mogoče pridobiti natančnih podatkov, kar med drugim nakazuje tudi na vrednostni položaj takšnih in podobnih likovno manj atraktivnih stavb v zdraviliškem okolju.

V Avstriji so imeli 2 takšni leseni pokriti sprehajališči, v Bosni in Hercegovini 1, v Nemčiji 8, na Češkem 3 in na Poljskem 2. Ohranjeni sta le še pokriti sprehajališči v zdravilišču Bad Gleichenberg (slika 1) na avstrijskem Štajerskem in v zdravilišču Lázně Libverda (slika 2) v češkem Lidereškem okraju.

Drugo skupino lesenih pokritih sprehajališč sestavljajo likovno bolj izpopolnjene stavbe. Vanjo smo sicer uvrstili le 8 stavb, 2 *wandelbahna*, 5 *wandelhallov* in 1 *kolonado*, seznam teh osmih pokritih sprehajališč v evropskih termalnih zdraviliščih pa je naslednji: Bad Boll (1823 - ŠE STOJI, *wandelhalle*, Bad Virtemberg, D), Bad Rehburg (1843-1844, ŠE STOJI, *wandelhalle*, Spodnje Saško. D), Bad Salzhausen (1880 B – ŠE STOJI, *wandelhalle*, Hessen, D), Bad Sulza (1890 B – ŠE STOJI, *wandelhalle*, Turingija, D; slika 3), Buziaș (1875- ŠE STOJI, *kolonada*, Timiș, Ro), Göggingen (1860 B - 1920 B, *wandelbahn*, Bad Virtemberg, D), Kudowa-Zdrój (nem. Bad Kudowa; 1850 B - 1920 B, *wandelbahn*, Spodnja Šlezija, P), Lüneburg (1890 B - 1945 B, *wandelhalle*, Spodnja Šlezija, D).

Občutno nižje je število ohranjenih, le 5, kar dokazuje, da so stavbe bolj uporabne za več različnih



Slika 3. V nemškem termalnem zdravilišču Bad Sulza so okrog leta 1890 zgradili večinoma lesen in okrog 50 m dolg *wandelhalle*, ki je še danes znamenitost kraja (Bad Sulza, *wandelhalle*, 2016).

*Figure 3. In the German thermal spa Bad Sulza, a predominantly wooden and 50 m long *wandelhalle*, which has remained a well-known local site to this day, was built around 1890 (Bad Sulza, *wandelhalle*, 2016).*

dejavnosti in tudi likovno dovolj všečne, da so se ohranile bistveno daljše časovno obdobje, saj je v to skupino uvrščen tudi nasploh najstarejši datirani *wandelhalle* termalnega zdravilišča Bad Boll (slika 4) iz nemške zvezne dežele Bad Virtemberg, ki je v celoti lesen, le streha je opečna. Tudi med leti 1843 in 1844 zgrajeni *wandelhalle* v termalnem zdravilišču Bad Rehburg (slika 5) v nemški zvezni deželi Spodnje Saško sodi med najstarejša ohranjena pokrita sprehajališča v Evropi. Visoke starosti je še *kolonada* v



Slika 4. Med najstarejša ohranjena evropska pokrita sprehajališča sodi leseni *wandelhalle* v nemškem termalnem Bad Boll (Bad Boll, *wandelhalle*, 2017).

*Figure 4. The *wandelhalle* in the German thermal spa Bad Boll is one of the oldest preserved European covered promenades (Bad Boll, *wandelhalle*, 2017).*



Slika 5. Bad Rehburg je termalno zdravilišče na Spodnjem Saškem v Nemčiji. Tamkajšnji *wandelhalle* so zgradili med letoma 1843 in 1844 in ostaja znamenitost kraja (Bad Rehburg, *wandelhalle*, 2016).

*Figure 5. Bad Rehburg is a thermal spa in Germany's Lower Saxony. The *wandelhalle* in the spa was built between 1843 and 1844, and remains a popular local site to this day (Bad Rehburg, *wandelhalle*, 2016).*

romunskem termalnem zdravilišču Buziaș (slika 6) v deželi Timiș, ki so jo zgradili leta 1875 in jo po več letih propadanja končno sistematično obnavljajo. Med ohranjenimi je tudi *wandelhalle* v nemškem termalnem zdravilišču Bad Salzhausen (slika 7) v zve-



Slika 6. Leseno pokrito sprehajališče z imenom kolonada iz leta 1875 je znamenitost romunskega termalnega zdravilišča Buziaș v pokrajini Timiș (Buziaș, kolonada, 2017).

Figure 6. The wooden covered promenade, called kolonada, dating back to 1875 is a characteristic of the Romanian thermal spa Buziaș in the Timiș region (Buziaș, kolonada, 2017).



Slika 7. V nemškem termalnem zdravilišču Bad Salzhausen stoji delno lesen wandelhalle iz okrog leta 1880, ki je povezan z lesenim paviljonom z vrelcem mineralne vode (Bad Salzhausen, wandelhalle, 2016).

Figure 7. Standing in the German thermal spa Bad Salzhausen is a partially wooden wandelhalle dating back to 1880. The wandelhalle is connected to the wooden pavilion by a thermal spring (Bad Salzhausen, wandelhalle, 2016).

zni deželi Hessen, ki so ga postavili okrog leta 1880 in je zaradi svoje značilne gradnje v lesu in konstrukciji predalčastih sten velika zdraviliška atrakcija, ki kljub pritlični zasnovi ni nikomur tako zelo napoti, da bi jo dal podreti. Žal se takim ukrepom niso odrekli v nemških zdraviliščih Bad Salzhausen, Kudowa-Zdrój in Lüneburg, kjer so podrli tri *wandelhalle*, ki so jih zgradili v letih od srede do 90. let 19. stoletja.

Tretjo skupino lesenih pokritih sprehajališč sestavlja 10 arhitekturno najbolj popolnih in likovno reprezentativnih *wandelbahnov*, ki so nastajali od 40. pa do srede 90. let 19. stoletja. Med njimi so 4 z imenom *wandelbahn*, 3 z imenom *wandelhalle* in po 1 z imenom *elisenhalle*, *kursalon* in *trška kolonada*. Seznam desetih pokritih sprehajališč v evropskih termalnih zdraviliščih je naslednji: Bad Imnau (1890 B – ŠE STOJI, *kursalon*, Bad Virtemberg, D; slika 8), Bad Rothenfelde (1840 B - 1890 B, *wandelhalle*, Spodnje Saško, D; slika 9), Bad Salzungen (1890 B – ŠE STOJI, *wandelhalle*, Turingija, D), Bad Tatzmannsdorf (1880 B - 1925 B, *wandelbahn*, Gradšćansko, A), Bad Tölz, Bad Toelz (1880 B - 1918 B, *wandelbahn*, Bavarska, D), Karlova Studánka (nem. Bad Karlsbrunn; 1880 B – ŠE STOJI, *wandelbahn*, Šlezija, ČŠ), Karlovy Vary (nem. Karlsbad, 1882 – 1883



Slika 8. V nemškem termalnem zdravilišču Bad Imnau stoji lesena stavba z imenom kursalon iz okrog leta 1890, ki ima vse arhitekturne značilnosti pokritega sprehajališča (Bad Imnau, kursalon, 2016).

Figure 8. In the German thermal spa Bad Imnau there is a wooden building called kursalon, which dates back to approximately 1890, and has all the architectural characteristics of a covered promenade (Bad Imnau, kursalon, 2016).

– ŠE STOJI, *trška kolonada*, Karlovarski okraj, ČŠ), Merano, Meran (1891 – ŠE STOJI, *wandelbahn*, Trento, Trentino, I; slika 10), Szczawno-Zdrój (nem. Bad Salzbrunn; 1893 – ŠE STOJI, *elisanhalle*, Spodnja Šlezija, P), Świeradów-Zdrój (nem. Bad Flinsberg; 1899 – ŠE STOJI, *wandelhalle*, dom zdrojowy, Spodnja Šlezija, P).



Slika 9. V nemškem termalnem zdravilišču Bad Rothenfelde so leseni *wandelhalle* zgradili okrog leta 1840, podrli pa po 1. svetovni vojni (Bad Rothenfelde, *wandelhalle*, 2016).

Figure 9. The wooden *wandelhalle* built around 1840 in the German thermal spa Bad Rothenfelde was demolished after World War I (Bad Rothenfelde, *wandelhalle*, 2016).



Slika 10. Italijansko termalno zdravilišče Merano (nem. Meran) v deželi Trentino (nem. Trento) ima leseni *wandelbahn* iz leta 1891 (Merano, Meran, *wandelbahn*, 2016).

Figure 10. The Italian thermal spa Merano (German: Meran) in Trentino (German: Trento) has a wooden *wandelbahn* dating back to 1891 (Merano, Meran, *wandelbahn*, 2016).

Danes jih je ohranjenih še 7, kar med drugim dokazuje, da gre dejansko za zelo reprezentativne stavbe, ki so že desetletja znamenitost termalnih zdravilišč. Zato nikomur več ne pade na um, da bi jih odstranil iz zdraviliškega okolja, kakor se je na primer pripetilo z *wandelhallom* v nemškem termalnem zdravilišču Bad Rothenfelde na Spodnjem Saškem. Povsem leseni *wandelhalle*, ki so ga po naših ocenah zgradili okrog leta 1840 in podrli okrog 1890, je bil posebej zaradi svoje trikotne tlorisne zasnove. Po notranji strani traktov so bile razvrščene prodajalne z galanterijo, različne obrtniške delavnice, manjši gostinski lokali in verjetno še kaj. Razlogi njegovega zgodnjega slovesa so nam neznani. Domnevamo, da je bil razlog požar, saj na njegovi lokaciji pozneje niso zgradili nobenega drugega objekta, stavbe. Stavba je stala tik ob veliki solni napravi z imenom *gredierwerke* (slo. solovarska kreda), ki še danes opravlja svojo solinarsko dejavnost.

Podobno nam neznana je tudi usoda lesenega *wandelbahna* v avstrijskem termalnem zdravilišču Bad Tatzmannsdorf (slika 11) na Gradiščanskem. Sodeč po dosegljivih slikovnih virih so ga zgradili okoli leta 1880, podrli pa okrog 1925.

Podobno neznana je tudi življenjska pot *wandelbahna* v nemškem termalnem zdravilišču Bad Tölz oziroma Bad Toelz na Bavarskem, kjer je (sodeč po slikovnih virih) *wandelbahn* obstajal v obdobju



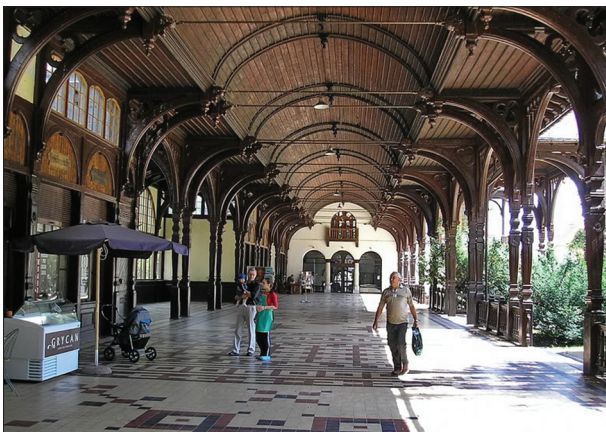
Slika 11. V avstrijskem termalnem zdravilišču Bad Tatzmannsdorf na Gradiščanskem so povsem leseni *wandelbahn* zgradili okrog 1880, podrli pa okrog 1925 (Bad Tatzmannsdorf, *wandelbahn*, 2016).

Figure 11. The entirely wooden *wandelbahn* in the Austrian thermal spa Bad Tatzmannsdorf in Burgenland was built in the 1880s and demolished in approximately 1925 (Bad Tatzmannsdorf, *wandelbahn*, 2016).



Slika 12. V češkem termalnem zdravilišču Karlovy Vary (nem. Karlsbad) v Karlovarskem okraju je ohranjeno leseno pokrito sprehajališče z imenom tržka kolonada, zgrajeno med leti 1882 in 1883 (Karlovy Vary, Karlsbad, tržní kolonáda, 2016).

Figure 12. In the Czech thermal spa Karlovy Vary (German: Karlsbad) in the Karlovar district, a wooden covered promenade called tržka kolonada, built between 1882 and 1883, has been preserved to this day (Karlovy Vary, Karlsbad, tržní kolonáda, 2016).



Slika 13. Znamenitost poljskega termalnega zdravilišča Szczawno-Zdrój (nem. Bad Salzbrunn) v Spodnji Šleziji je leseni wandelbahn oziroma elisenhalle iz leta 1893 (Szczawno-Zdrój, Bad Salzbrunn, wandelbahn, elisenhalle, 2016).

Figure 13. One of the sites of the Polish thermal spa Szczawno-Zdrój (German: Bad Salzbrunn) in Lower Silesia is a wooden wandelbahn or elisenhalle from 1893 (Szczawno-Zdrój, Bad Salzbrunn, wandelbahn, elisenhalle, 2016).

med okrog 1880 in vsaj do 1918. Tudi v tem primeru nam razlogi njegove odstranitve niso znani, ga je pa okrog leta 1930 nadomestil zidani *wandelhalle*, ki je v uporabi še danes.

Ostalih sedem lesenih pokritih sprehajališč sodi med največje prepoznavnosti svojega termalno zdraviliškega okolja in nekatere med temi stavbami so znane po vsem svetu. Takšna je na primer *tržka kolonada* (slika 12) iz let 1882 in 1883 v češkem termalnem zdravilišču Karlovy Vary (nem. Karlsbad) v Karlovarskem okraju. Povsem lesena belo pople-skana stavba je popolnoma ohranila prvotno podobo in množico v lesu izrezljanih detajlov.

Med konstrukcijsko najbolj domiselne in po velikosti največje lesene stavbe evropskih termalnih zdravilišč po nam dosegljivih podatkih sodita dve pokriti sprehajališči v poljski Spodnji Šleziji ob meji s Češko in sicer *elisenhalle* (slika 13) iz leta 1893 v zdravilišču Szczawno-Zdrój (nem. Bad Salzbrunn) in *wandelhalle* (slika 14) oziroma *dom zdrojowy* iz leta 1899 v zdravilišču Świeradów-Zdrój (nem. Bad Flinsberg). Oba kraja sodita med najvišje ležeča evropska



Slika 14. Znamenitost poljskega termalnega zdravilišča Świeradów-Zdrój (nem. Bad Flinsberg) v Spodnji Šleziji je ohranjen leseni wandelhalle oziroma dom zdrojowy iz leta 1899, ki je nadomestil v požaru leta 1895 uničeni wandelhalle (Świeradów-Zdrój, Bad Flinsberg, wandelhalle, dom zdrojowy, 2016).

Figure 14. One of the sites of the Polish thermal spa Świeradów-Zdrój (German: Bad Flinsberg) is the wooden wandelhalle or dom zdrojowy in Lower Silesia dating back to 1899, which replaced the wandelhalle that was destroyed in a fire in 1895 (Świeradów-Zdrój, Bad Flinsberg, wandelhalle, dom zdrojowy, 2016).



Slika 15. V češkem termalnem zdravilišču Karlova Studánka (nem. Bad Karlsbrunn) v Šleziji so povsem leseni in še danes ohranjeni *wandelbahn* zgradili okrog leta 1880 (Karlova Studánka, *wandelbahn*, 2016).

Figure 15. In the Czech thermal spa Karlova Studánka (German: Bad Karlsbrunn) in Slesia, the wooden *wandelbahn* built around the 1880 has been preserved to this day (Karlova Studánka, *wandelbahn*, 2016).



Slika 16. V Rogaški Slatini (nem. Rohitsch Sauerbrunn) so deloma leseni *wandelbahn* zgradili med leti 1842 in 1843. Na obarvani razglednici iz leta 1912 so vidne prvotne vitrine malih prodajaln (Rogaška Slatina, zdravilišča, *wandelbahn*, 2017).

Figure 16. The partially wooden *wandelbahn* was built in Rogaška Slatina (German: Rohitsch Sauerbrunn) between 1842 and 1843. In the coloured postcard from 1912 the showcases of the small shops are clearly visible (Rogaška Slatina, thermal spas, *wandelbahn*, 2017).

termalna zdravilišča, saj se Szczawno-Zdrój razteza na višini med 400 in 430 m, Świeradów-Zdrój pa kar med 450 in 710 m nad morjem. Nad 400 m ležijo še nekatera druga evropska termalna zdravilišča, npr. Bad Gastein (1002 m) v Avstriji, Bad Aibling (492 m) na Bavarskem v Nemčiji, Bad Boll (427 m) v Bad Virtembergu v Nemčiji, Bad Reichenhall (473 m) na Bavarskem v Nemčiji, Bad Tölz (658 m) na Bavarskem v Nemčiji, Banja Iliđa (490 m) pri Sarajevu v Bosni in Hercegovini, Göggingen (488 m) v deželi Bad Virtemberg na Nemškem, Karlova Studánka / Bad Karlsbrunn (775 m) v Šleziji na Češkem (slika 15), Karlovy Vary (447 m) v Karlovarskem okraju na Češkem idr. In tudi v teh krajih so poleg *wandelbahnov* pogoste tudi druge lesene stavbe.

V preteklosti je bilo na tem območju lesenih ali vsaj delno lesenih stavb s predalčastimi stenami bistveno več kot danes, ko se tudi tam na splošno uveljavlja zidana gradnja.

Med petintrideset lesenih ali iz lesa zgrajenih pokritih sprehajališč sodi tudi *wandelbahn* (slika 16) iz Zdravilišča Rogaška Slatina, ki so ga lastniki in zdra-



Slika 17. V 30. letih 20. stoletja je *wandelbahn* v Rogaški Slatini dobil nekoliko spremenjeno podobo vitrin in vhodov v prodajalne. Nekaj let pozneje so vitrine zaščitili s kovinskimi roloji, ki so se obdržali do podrtja stavbe 30. aprila 1982 (Rogaška Slatina, zdravilišča, *wandelbahn*, 2017).

Figure 17. In the 1930s, the *wandelbahn* in Rogaška Slatina saw a slight modification in the shape and image of the showcases and entrances to the shops. A few years later, the showcases were protected with metal roller blinds that were preserved until the demolition of the building on 30 April 1982 (Rogaška Slatina, thermal spas, *wandelbahn*, 2017).

vilški upravniki v uporabo javnosti predali leta 1843, podrli pa 30. aprila 1982 bistveno manj empatični voditelji zdravilišča in lokalne politike, ki niso doumeli, kakšen arhitekturni dragulj imajo v svojem evropsko pomembnem zdravilišču. S strokovnjaki spomeniškega varstva so se raje pričkali o načinu gradnje *wandelbahna*, ki da je (za čuda) več ali manj lesen in ometan, kar se nikakor ne more šteti za arhitekturo, ki jo je v Slatini potrebno ohraniti. In tako je naše najpomembnejše in najstarejše termalno zdravilišče za vedno izgubilo eno svojih arhitekturnih identitet (slika17).

6 ZAKLJUČKI

6 CONCLUSION

Les je bil v preteklosti v uporabi tudi v okolju evropskih termalnih zdravilišč. Po nam dostopnih podatkih so z njim pokrita sprehajališča gradili v Avstriji, na Češkem in Poljskem, v Bosni in Hercegovini, v Nemčiji, Romuniji in tudi v Sloveniji v Rogaški Slatini. Z lesom so od leta 1823 pa do konca 19. stoletja zgradili 35 pokritih sprehajališč oziroma *wandelbahnov* ter njim po zasnovi in namembnosti sorodnih stavb. Čeprav je to le slaba tretjina (28,43 %) od 123 doslej poznanih sprehajališč, je vendarle mogoče ugotoviti pomembnost lesa kot gradiva pri nastajanju in razvoju evropske termalno-zdraviliške arhitekture ter opreme, saj lesa niso uporabljali le za gradnjo najpomembnejših zdraviliških stavb, ampak tudi za različne paviljone, ki so pokrivali mineralne vrelce (npr. pred leti obnovljen paviljon nad vrelcem mineralne vode v Spodnji Kostrivnici zahodno od Rogaške Slatine), vremenske in prodajne hišice, ograje, klopi, smetnjake, brvi ter mostove. Z lesom so nekoč ograjevali tudi zunanje kopalne baze. Zato lahko les štejemo za pomembno gradivo tudi v termalno zdraviliškem okolju.

7 POVZETEK

7 SUMMARY

The oldest and at the same time most important European thermal spas have been developing for centuries. However, most of them obtained their core images and structures at the beginning of the 19th century, when thermal spa administrations and their owners started constructing other important buildings alongside the central thermal spa build-

ings and the so-called assembly rooms at health resorts (Kurhaus, Kursalon, etc.), namely the covered promenades or buildings with different names such as *wandelbahn*, *wandelhalle*, *kolonade*, *elisenhalle*, *galerie*, *koncertrotunde*, *kurpromenade*, *kursalon*, *orangerie*, *pokriveno šetališče* and *trinkhalle*. Even though they had different names and were designed for as much as sixteen different uses and activities, these buildings shared a unified purpose. They were all promenade venues or gathering places, or, in short, places where the health spa guests spent their leisure time. Spare time was one thing that the guests had plenty of, so the health spa administrations invested in different activities to help their guests fight off boredom and lure them to the covered promenades by organizing different activities which enabled them to have fun and, of course, spend more money.

Wandelbahns and buildings similar in construction and purpose were built with stone, brick, lime mortar, wood, glass, cast-iron and a number of other types of metals, which are used in construction in general. The use of wood is especially interesting, even though it was not a widely-spread practice. Nonetheless, wood was used for lighter and simpler constructions (e.g. the *wandelbahn* in the Austrian health spa Bad Gleichenberg), as well as for more challenging ones with the post-and-beam walls, that are most common in Germany (e.g. the *wandelhalle* in the German thermal spa Bad Salungen).

According to the data available to us, 123 covered promenades were built across Europe in 102 different thermal spas. Usually only one promenade was built in a thermal spa, rarely two, and in only one case four. Out of the 123 covered promenades 35 of them were completely or partially made of wood. Up to the present day only 14 wooden covered promenades were preserved, but they are still well maintained and in full use.

When looking at these 35 wooden covered promenades from a fine arts point of view, the desire of the clients to look for attractive construction solutions can easily be seen as a reference to the architectural elements of the earlier periods, which were dictated by the principles of originality and appeal. In trying to meet these requirements the designers conceived buildings which rarely looked alike, and a number of striking design features can

be detected, such as the completely wooden *elisen-hallu* in the Szczawno-Zdrój thermal spa (German: Bad Salzbrunn) and the wooden *wandelhallu* in the Świeradów-Zdrój thermal spa (German: Bad Flinsberg) in the Spodnje Saško spa in Poland.

Despite the belief that wood is not the most durable material, the European covered promenades have proved that they can easily compete with brick-built covered promenades. According to the data available to us, the oldest and best-preserved European covered promenade is made of wood; that is the *wandelhalle* in the German thermal spa Bad Boll built in 1823. This is followed by the wooden *wandelhalle* in the German Bad Reiburg built between 1843 and 1844, after which the practice of wood construction stopped for a number of years. A completely wooden *kolonada* was built as late as in 1875 in the Romanian thermal spa Buziaș, and is now being systematically renovated. This period was followed by years of inactivity, up until the 1880s and 1890s, when the construction of wooden covered promenades became more common, especially in higher placed areas with plenty of wood, such as those that are today part of the Czech Republic, Poland, and Austria. Around 1895, the only known wooden *wandelbahn* was constructed in what is now Bosnia and Herzegovina, in the Banja Iliđa thermal spa near Sarajevo, although this was then removed from this location after 1920 for an unknown reason.

At present, there are only 14 wooden covered promenades in European thermal spas. Unfortunately, these do not include the covered promenade or *wandelbahn* from Rogaška Slatina, which was built mainly using wood between 1842 and 1943, and which, alongside the assembly rooms at the health resort, was considered to be the most representative building of modern Austrian and later of Yugoslavian thermal spas. The uninformed owners of the spa demolished the *wandelbahn* on 30 April 1982, just one day before the labour day celebration. Today a concrete platform stands in its place, with a large concrete hotel towering behind it.

VIRI

REFERENCES

- Alle Thermen in Deutschland (243)-Thermencheckhttps. Retrieved from: <http://www.thermencheck.com/thermen/deutschland-12/> (24.1.2018).
- Alle Thermen in Österreich - Wellness Gutscheine Therme | Thermen.at. Retrieved from: <http://www.thermen.at/> (24.1.2018).
- Banjski - BH Turizam. Retrieved from: http://www.visitmycountry.net/bosnia_herzegovina/bh/index.php/turizam/banjski (25.1.2018).
- Buziaș - Wikipedia. Retrieved from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Buziaș>, prevzeto (27.12.2017).
- Gerhart Hauptmann - Wikipedija, prosta enciklopedija. Retrieved from: https://sl.wikipedia.org/wiki/Gerhart_Hauptmann (8.2.2018).
- Hadžidervišagić, D. (2014). Analiza historijskog razvoja banjaskog parka Iliđa – Sarajevo. Naše šume, 13(36-37) 38–44. Retrieved from: <http://www.usitfbih.ba/dokumenti/casopis/nase-sume36-37.pdf>, prevzeto (10.12.2017).
- Hazler, V. (1999). Podreti ali obnoviti. Zgodovinski razvoj, analiza in model etnološkega konservatorstva na Slovenskem. Založba Rokus. Ljubljana.
- Hazler, V. (2017). V Rogaški Slatini so imeli *wandelbahn*. Glasnik SED, 57 (1-2), 108–114.
- Hazler, V. (2017). O *wandelbahnu* iz Rogaške Slatine in drugih sorodnih stavbah evropskih termalnih zdravilišč. Kronika, 65 (2), 233-250.
- Katalog projekata zdraviliškog turizma / catalogu. Retrieved from: <https://zdravlje.gov.hr/UserDocsImages/dokumenti/Planovi,%20izvije%C5%A1%C4%87a%20i%20odluke/Katalog%20projekata%20zdravstvenog%20turizma.pdf> (25.1.2018).
- Lazarini, F. (2007). Ne poznam države, kjer bi se do ključnih grajskih arhitektur obnašali tako neodgovorno. Pogovor z dr. Ivanom Stoparjem. Umetnostna kronika, 17, 17–20.
- Sapač, I. & Lazarini, F. (2015). Arhitektura 19. stoletja na Slovenskem. Muzej za arhitekturo in oblikovanje, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana.
- Seznam toplic v Sloveniji - Wikipedija, prosta enciklopedija. Retrieved from: https://sl.wikipedia.org/wiki/Seznam_toplic_v_Sloveniji (24.1.2018).
- Spa towns in the Czech Republic - Wikipedia. Retrieved from: https://en.wikipedia.org/wiki/Spa_towns_in_the_Czech_Republic (25.1.2018).
- Spa & Wellness - Poland. Retrieved from: <https://www.poland.travel/en-gb/spa--wellness> (24.1.2018).
- Stopar, I. (1967). Rogaška Slatina v luči spomeniškega varstva / Rogaška Slatina sous l'angle de la conservation des monuments. Zavod za spomeniško varstvo SRS, 55–66.
- Stopar, I. (1973). Rogaška Slatina. 40. zvezek Zbirke vodnikov Kulturni in naravni spomeniki Slovenije. Zavod za spomeniško varstvo SRS, Ljubljana.
- Stopar, I. (1996). Umetnostni spomeniki (Rogaška Slatina). Enciklopedija Slovenije 10, Mladinska knjiga, 254.

Thermal Spas in Romania - TripAdvisor. Retrieved from:
<https://www.tripadvisor.it/Attractions-g294457-Activities-c40-t255-oa20-Romania.html> (25.1.2018).

The 10 Best Spas & Wellness Centers in Belgium - TripAdvisor. Retrieved from: <https://www.tripadvisor.com/Attractions-g188634-Activities-c40-Belgium.html> (25.1.2018).

Vardjan, F. (2004). Rogaška Slatina. Sprehod skozi čas. Njene zgradbe in parki. Društvo prijateljev, Rogaška Slatina.

FORESDA – Na gozdu temelječe medsektorske vrednostne verige za pospeševanje inovacij in konkurenčnosti v Podonavju

Erika Valentinčič, Lesarski grozd

Gozdno-lesna industrija v Podonavski regiji ima velik potencial postati gonilna sila trajnostnega in konkurenčnega bio-gospodarstva. Vendar pa je na makro-regionalni ravni konkurenčnost gozdno-lesarskega sektorja precej oslABLJENA, saj primanjkuje znanja, oslABLJENA je zaradi nizke stopnje internacionalizacije malih in srednjih podjetij, nezadostnega čezmejnega usklajevanja med grozdi in institucijami ter zaradi težav pri trženju raziskovalnih rezultatov in pomanjkanja kulture inovativnosti, kar je značilno zlasti za jugovzhodne regije. Poleg tega je gozdno-lesni sektor prizadet in oslABLJEN tudi zaradi podnebnih sprememb, tekmovanja za lesne vire, spreminjajočih se življenjskih potreb, vse večje zahtevnosti proizvodnih procesov in pomanjkanja prenovljene kvalificirane delovne sile. Osnovni cilj projekta FORESDA je podpreti preoblikovanje klasične gozdno-lesne industrije v trajnostno proizvodnjo z inovativnim transnacionalnim in medsektorskim pristopom.

Do sedaj so oblikovani transnacionalna strategija razvoja sektorja ter akcijski načrti posameznih partnerjev projekta. Vzpostavljajo se omrežja za sodelovanje na prioritarnih razvojnih področjih, poteka mentoriranje med partnerji ter vzpostavljanje

pilotnih inovacijskih okolij. Glavni namen slovenskega pilotnega inovacijskega okolja je oblikovanje in preizkušanje inovativnih lesenih izdelkov za zunanjo uporabo, saj se le-ta v zadnjih letih povečuje, življenjska doba teh izdelkov pa je relativno kratka. Področje zagotavljanja trajnosti lesa v zunanji uporabi je sicer eno pomembnejših na področju zagotavljanja kvalitetne lesene gradnje. V tem kontekstu je bila 14. februarja organizirana v prostorih BF odlično obiskana delavnica za arhitekte »Zaščita, vgradnja in uporaba lesa na prostem«. Rezultati projekta dajejo dragocene podatke in informacije za oblikovalce politike tako na regionalni, nacionalni kot tudi na evropski ravni.

V naslednjih mesecih bodo projektni partnerji pričeli z oblikovanjem inovativnih projektnih predlogov, kjer bo zaznan interes podjetij.

Projekt FORESDA poteka v okviru Podonavskega transnacionalnega programa Evropske komisije. Projekt se je pričel januarja 2017 in se bo zaključil junija 2019. Slovenska partnerja na projektu sta Gozdarski inštitut Slovenije in Lesarski grozd, vključen pa je tudi Oddelek za lesarstvo, UNI LJ, BF. Vabljeni, da sledite delu na projektu tudi preko družbenih omrežij Twitter, Facebook in LinkedIn!



Foresda – sestanek konzorcija v Kuchlu, Avstrija, februar 2018

In memoriam: prof. dr. Mirko Tratnik (1938 – 2018)

prof. dr. Leon Oblak
Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo

Mirko Tratnik je bil rojen 16. 11. 1938 v Celju. Po maturi na prvi celjski gimnaziji se je vpisal na Fakulteto za agronomijo, gozdarstvo in veterinarstvo v Ljubljani, predhodnico Biotehniške fakultete, in sicer na gozdarski oddelek, kjer je leta 1963 diplomiral. Po diplomi je do začetka služenja vojaškega roka delal tri mesece na Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo v Ljubljani, po odsluženju vojaščini pa se je leta 1964 zaposlil v lesnoindustrijskem podjetju LIN (kasnejši GLIN) v Nazarjah. V lesni industriji si je nabral več kot trinajst let delovnih izkušenj. Leta 1976 je na Biotehniški fakulteti, VTOZD za lesarstvo zaprosil za izvolitev v naziv univerzitetnega učitelja za študijski predmet Ekonomika lesarstva in bil leta 1977 izvoljen v naziv docenta. Leta 1983 je doktoriral, naslov njegove disertacije pa je bil Ekonomika optimizacije proizvodnje ivernih plošč glede na debelino ivernih plošč in vrste uporabljenega lesa. Leto kasneje je bil izvoljen v naziv izrednega profesorja za področje Organizacije in ekonomike lesarstva.

V letih službovanja je poleg strokovnega, pedagoškega in raziskovalnega dela opravljal še številne naloge na Oddelku za lesarstvo in Biotehniški fakulteti. Bil je:

- predstojnik Oddelka za lesarstvo in več mandatov tudi namestnik predstojnika,
- vodja Raziskovalnega inštituta za lesarske raziskave na Oddelku za lesarstvo,
- predsednik Univerzitetne komisije za kadrovska vprašanja,
- član Sveta Biotehniške fakultete,
- predsednik skupščine PORS za gozdarstvo, lesarstvo, papirništvo in grafiko,
- član stalne strokovne komisije za obravnavanje gozdno-gospodarskih načrtov pri Republiškem sekretariatu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano,



- član Komiteja za lesna tvoriva pri FAO,
- član Odbora za razvoj pri splošnem združenju lesarstva pri GZS,
- predsednik Zveze inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije,
- vodja Strateške panožne skupine za primarno in finalno predelavo lesa pri Ministrstvu za gospodarske dejavnosti,
- član uredniškega odbora strokovne revije Les idr.

Z izkušnjami in prizadevnim delom je oblikoval bogato in raznovrstno bibliografijo, ki obsega več kot 350 del. Je avtor številnih znanstvenih in strokovnih člankov, raziskovalnih in strokovnih poročil ter prispevkov na znanstvenih in strokovnih konferencah, s katerimi se je predstavil tako doma kot v tujini. Svoje raziskovalne izsledke je skrbno prenašal v prakso.

Zgledno pedagoško delo prof. dr. Mirka Tratnika je bilo prepoznavno po praktičnem reševanju problemov in nazornih primerih iz gospodarstva. Pestra problematika organizacije in ekonomike lesarstva ter intenzivno delo s študenti se izkazuje v obsežnem številu seminarskih in diplomskih nalog. V svoji karieri je prof. Tratnik poučeval več kot 2000 študentov, do katerih je bil vedno zelo spoštljiv. Imel je globok pedagoški čut. Kot mentor ali recenzent je sodeloval pri več kot 200 diplomskih nalogah, bil pa je tudi mentor trem doktorjem znanosti in dvema magistroma znanosti.

Prof. dr. Mirko Tratnik je bil več let vodja Katedre za organizacijo in ekonomiko lesarstva. Izjemno skrb je namenjal razvoju katedre, zaposlenim na katedri in stalni povezavi katedre z gospodarstvom. Vztrajno delo in preučevanje problemov lesnopredelovalne industrije z vidika organizacije in ekonomike je pripomoglo, da to problematiko danes lesna industrija sprejema in se zanima za njene izsledke. Bil je predsednik organizacijskega odbora pri orga-

nizaciji mednarodnega znanstvenega simpozija »Ways for improving woodworking industry for transitional economics« v Preddvoru leta 2001, na katerem so strokovnjaki iz številnih držav predstavili svoje raziskovalne dosežke. S sodelavci na katedri je v okviru Ljubljanskega pohištvenega sejma leta 2004 organiziral odmevno posvetovanje na temo »Process management in proizvodnih podjetjih«, ki so se ga udeležili vodstveni delavci mnogih lesnoindustrijskih podjetij. Na posvetovanju so gospodarstveniki takrat izkazali velik interes za sodelovanje z Oddelkom za lesarstvo, posebej pri reševanju organizacijskih in ekonomskih problemov v njihovih podjetjih.

V letu 2004 je bil prof. dr. Mirko Tratnik namestnik prodekana na Oddelku za lesarstvo. Zadolžen je bil za pedagoško dejavnost in imenovan za predsednika komisije za prenovo študija lesarstva v skladu z bolonjskim procesom in nacionalno visokošolsko strategijo. Komisija, ki jo je vodil, je izdelala elaborat, v katerem so bila predstavljena metodološka izhodišča, oblikovanje študijskega programa lesarstva s planiranjem in presojo študijske obremenitve študenta, ter predlaganim predmetnikom z natančno

razdelanimi predmetnimi vsebinami. Pionirski pristop k temu zahtevnemu projektu je bila osnova tudi za delo na drugih oddelkih Biotehniške fakultete. Njegovo delo, njegove organizacijske pa tudi človeške vrednote, predvsem pa izjemna aktivnost na področju prenove študija lesarstva v skladu z Bolonjsko deklaracijo, so bili glavni razlogi, da je prof. Tratnik prejel priznanje Biotehniške fakultete za leto 2004.

Upokojil se je leta 2006, vendar pa je v vseh kasnejših letih obdržal tesen stik s stroko, predvsem pa s svojimi sodelavci. Od prof. dr. Mirka Tratnika smo se veliko naučili, posebej radi se bomo spominjali njegovih življenjskih modrosti. Bil je vedrega duha, izjemno prijeten sogovornik, ki se je vedno rad pošalil. Tudi ob naših zadnjih srečanjih je izžareval posebno življenjsko energijo, zato nas je vest o njegovi nenadni smrti 22.1.2018 še toliko bolj prizadela. Čutimo bolečo izgubo, hkrati pa nas preveva tudi občutek hvaležnosti, da je bil toliko let med nami, naš kolega in prijatelj. Ohranili ga bomo v najlepšem spominu.

V imenu sodelavcev Oddelka za lesarstvo žalujóči družini še enkrat izrekam iskreno sožalje.

O prednostih in pasteh lesene gradnje na delavnici Zaščita, vgradnja in uporaba lesa na prostem

Tina Drolc, zunanja sodelavka za področje komunikacije z mediji
Biotehniška fakulteta

V sredo, 14. februarja 2018, je na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani potekala delavnica Zaščita, vgradnja in uporaba lesa na prostem, ki se jo je udeležilo več kot 200 arhitektov, urbanistov, proizvajalcev in potencialnih kupcev lesenih hiš. Raziskovalci in strokovnjaki s področja lesenih gradenj so z željo, da se ohrani pozitivni trend rasti lesenih gradenj, udeležencem predstavili zadnje raziskave, povezane s staranjem in zaščito lesa ter primere dobrih in slabih praks obnove zaščitenih objektov oziroma lesenih novogradenj. Lenka Kavčič je uvodoma poudarila funkcionalne prednosti bivanja v lesenih stavbah, Miha Humar je predstavil primere zaščite lesa v preteklosti in danes, pomen uporabe ustreznih lesnih vrst in ustreznega zaščitnega sredstva ter ugotovitve raziskav pri spremljanju vpliva klime na les v Sloveniji, Boštjan Lesar je predstavil različne, predvsem naravne načine zaščite lesa proti procesom razgradnje z glivami, Samo Jereb je predstavil pomen in storitev kontrole kakovosti lesa ter kontrole kakovosti postopkov zaščite lesa, Renata Pamič je predstavila primere dobrih in slabih praks obnove spomeniško zaščitenih ali starejših lesenih objektov, Alojz Grabner je predstavil zakonodajo in izpostavil zahtevo EU po registraciji uporabljenih kemikalij za zaščito lesa, Davor Kržišnik je predstavil zadnje raziskave, povezane s trajnostjo in z barvnimi spremembami lesa, izpostavljenega na prostem, Gregor Rep pa sodobna zaščitna sredstva, ki jih z razvojem nenehno izboljšujejo in prilagajajo trendom na tem področju.

V uvodnem nagovoru je **Maja Mehlin izpostavila prednosti lesenih gradenj, ki niso povezane le s trajnostnim načinom gradnje, ampak tudi s hitrostjo gradnje, kakovostjo bivanja, energetske učinkovitostjo, potresno varnostjo** in med drugim poudarila: *»Izkušnje kažejo, da pri načrtovanju pogosto preveč razmišljamo o umestitvi, oblikah in barvni usklajenosti izdelka oziroma objekta, premalo pa se poglobimo v detajle in lastnosti izbranih materialov ter s tem povezano funkcionalnost objekta skozi daljše časovno obdobje. Naročniki vse preradi in prepogosto izbirajo izdelke in objekte na podlagi renderjev oziroma fotografij objektov na dan vselitve. Torej takrat, ko je les v barvah, za katere vemo, da ne bodo trajale. Tako se na svojih zvedavih poteh po domačih krajih srečujemo tudi s prizori neenakomerno temno, skoraj črno obarvanega lesa, s prizori deformiranega in popokanega lesa, s prizori prehitro propadlih objektov.«*

Lenka Kavčič, arhitekta, ki je s svojim projektom Odprte hiše Slovenije zaznamovala pojem funkcionalne gradnje v Sloveniji, je predstavila pomen in vpliv bivalnih prostorov na razmišljanje in življenje: *»Bivalni prostori nas in naš način življenja opredeljujejo bolj, kot smo pripravljeni priznati. Le-*

sena gradnja nas ljudi ponovno povezuje z naravo, od katere smo se oddaljili.«

Miha Humar, dekan Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, je svojo predstavitev izkoristil tudi za pozdrav in vsem udeležencem pojasnil: *»Na Biotehniški fakulteti močno podpiramo raziskovanje družbeno relevantnih področij. Eno izmed njih je prav gotovo les in lesena gradnja. Skupaj s podjetji smo razvili rešitve za nove načine zaščite, ki jih sedaj skupaj s študenti testiramo na različnih lesnih materialih.«* V nadaljevanju se je Miha Humar, predavatelj Oddelka za lesarstvo, osredotočil na **predstavitev preteklih praks zaščite lesa in pojasnil, zakaj jih danes ne uporabljamo** (prepovedane zaradi negativnega vpliva na okolje ali neprimerne za zaščito pri gradnji z lesom). Glavni poudarek predavanja je bil na **predstavitvi vremenskih vplivov na les**: *»V Sloveniji, še posebej v Ljubljanski kotlini, so raziskave pokazale, da vremenske razmere močno pospešujejo barvne spremembe in razkroj lesa, kar pomeni, da moramo biti še posebej pozorni na zaščito lesa. Izbrati moramo ne samo pravi način, ampak tudi ustrezno sredstvo za zaščito, npr. največ oken uničijo lesne glive, zato okna in druge izdelke zaščitimo s sredstvi, ki preprečujejo njihov razvoj.«*



Prof. dr. Miha Humar, dekan Biotehniške fakultete

Sledilo je predavanje **Boštjana Lesarja**, predavatelja Oddelka za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, ki je podrobno predstavil rezultate raziskave o možnih načinih in sredstvih za naravno, nebiocidno zaščito lesa: *»Lesene objekte je potrebno zaščititi na način in s sredstvi, ki bodo omogočali podaljšanje njihove življenjske dobe oziroma bodo na čim bolj naraven način upočasnili staranje lesa. Na oddelku smo v sodelovanju z drugimi raziskovalnimi institucijami doma in v tujini ter z gospodarstvom razvili nova znanja in rešitve, ki jih sedaj testiramo v praksi.«* Sledila je njihova predstavitev, ki je vsebovala tudi nazorno predstavitev detajlov in razlago procesov razgradnje lesa s glivami, biocidne zaščite in postopkov modifikacije lesa.

Samo Jereb iz podjetja Bureau Veritas d.o.o. je predstavil postopek ter pomen kontrole kakovosti

lesa in kontrole kakovosti izvedenih postopkov zaščite. V podjetju tako izvajajo pregled žaganega lesa, hlodovine, lesenih palet, pelet in biomase, otroških igral in drugih lesenih izdelkov. Izpostavil je, da je pri leseni gradnji pomembna vlažnost lesa, ne samo na površini, ampak predvsem v notranjosti: *»Vlažnost vpliva ne samo na gradnjo oziroma pripravo za gradnjo, ampak tudi na življenjsko dobo objekta.«*

Renata Pamić z Zavoda za varstvo kulturne dediščine Slovenije je predstavila primere obnove in novogradnje lesenih predvsem kulturnozgodovinskih objektov. Poudarila je, da so v ospredju načrtovalcev obnove ali novogradnje lesenih objektov prav gotovo prikaz funkcionalnosti, zanimiva umestitev v prostor, manj pa lastnosti lesa. Na praktičnih primerih slabih in dobrih praks je razložila pomen uporabe nezaščitenega materiala in spoštovanje njegovih značilnosti, saj se zaradi nepoznavanja lastnosti lesa in njegove zaščite veliko načrtovalcev pri obnovi objektov raje odloči za druge materiale, ki pa povsem spremenijo kulturnozgodovinski pomen objekta.

Alojz Grabnar, direktor Urada RS za kemikalije, je izpostavil, da je poleg ustreznosti zaščitnega sredstva in načina zaščite pomembna tudi **zakonska podlaga, ki ureja biocidne proizvode**. Evropska unija je namreč za zmanjšanje tveganja za okolje in človeka spremenila oziroma poenotila področje nadzora nad kemikalijami. Pri svetovanju in uporabi biocidnih proizvodov je potrebno v sistemu Urada RS za kemikalije preveriti, koliko časa in za kateri način uporabe je biocidni proizvod registriran. Za vsa strokovna vprašanja je ponudil tudi pomoč strokovnjakov na uradu.

Davor Kržišnik, mladi raziskovalec z Oddelka za lesarstvo, je predstavil, zakaj so zadnje raziskave na oddelku poleg funkcionalnosti materialov usmerjene tudi v preučevanje zaščite lesa za upočasnitev staranja in za zagotavljanje zelenega estetskega videza lesa. Opozoril je, da je poleg energetske in drugih vrednosti lesene gradnje v ospredju vse bolj estetska funkcija, ki pa jo moramo skrbno načrtovati: *»Na oddelku že dalj časa raziskujemo tudi estetske spremembe različnih vrst lesa, ki so nezaščitene ali zaščitene na različne načine in z različnimi sredstvi, vse pa so na prostem izpostavljene vremenskim dejavnikom.«*

Strokovni del predavanj je zaključil Gregor Rep, raziskovalec v podjetju Silvaproduct d.o.o., ki je predstavil zadnje raziskave s poudarkom na zna-

nju in rešitvah, ki jih ponujajo. Tako se tudi zaščitna sredstva razvijajo skladno z vse bolj strogimi družbenimi zahtevami po varni in naravi prijazni uporabi biocidov. V postopku registracije so nova zaščitna sredstva, ki omogočajo naravi in človeku bolj prijazno uporabo ter učinkovito upočasnjujejo staranje in propadanje lesa. **Predstavil je tudi dve novi, nebiocidni metodi za zaščito lesa: termično modifikacijo lesa in zaščito lesa z vodno emulzijo naravnega voska, ki ščiti izpostavljen les pred prekomernim navlaževanjem.** S tem zagotavljajo daljšo življenjsko dobo lesenih zgradb in izdelkov ter hkrati na naravi prijazen način ohranjajo njihovo estetsko vrednost.

V zaključku so udeleženci čestitali organizatorjem za vsebinsko dobro delavnico ter se priporočili za naslednjo, predvsem so si želeli več primerov dobrih praks in konkretnih rešitev za zagate pri načrtovanju lesenih gradenj.

Delavnica je bila organizirana v okviru projekta FORESDA, v katerem kot partnerja sodelujeta Gozdarski inštitut Slovenije in Lesarski grozd. Pri organizaciji in promociji delavnice pa so sodelovali še Oddelek za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Društvo lesarjev Slovenije, Silva-produkt d.o.o., Bureau Veritas d.o.o. in Odprte hiše Slovenije.

KOCles 2.0 - Kompetenčni center za razvoj kadrov v lesarstvu se kmalu izteče

Erika Valentinčič, Lesarski grozd

Kompetenčni center za razvoj kadrov v lesarstvu 2.0 (www.kocles.si) je dve leti trajajoč projekt, ki se v naslednjih mesecih izteče. Projekt je podprl Direktorat za lesarstvo in mu v ta namen zagotovil 560.000 EUR sredstev. V projektu sodeluje 35 partnerjev, od tega 27 podjetij s področja lesarske panoge in 8 drugih organizacij. Projekt je za razliko od ostalih kompetenčnih centrov ciljno usmerjen, saj želimo, da vsako podjetje naredi oz. doseže vsaj eno spremembo v svojem poslovnem procesu, storitvi

ali razvoju produkta ter s tem okrepi svojo konkurenčnost.

Glavna fokusna področja usposabljanj so: dizajn management in znamčenje, vodenje ter uvajanje sprememb ter poslovnih izboljšav v podjetje, trženje, prodaja in komunikacija. V okviru teh fokusnih področij je bilo v zadnjem letu in pol izvedenih prek 480 usposabljanj z več kot 3.770 udeleženci. Med drugim so bili izvedeni tudi študijsko-poslovni obiski v Italiji, Nemčiji ter ZDA. V teku so tudi notranja usposabljanja, ki jih za podjetja partnerje izvajajo izobraževalne organizacije - partnerji projekta KOCles 2.0. Glavni namen teh usposabljanj je reševanje konkretnih problemov, s katerimi se podjetja srečujejo v proizvodnem procesu. Z usposabljanji so partnerji že uspeli doseči konkretne in merljive učinke v praksi, kar tudi pomeni, da KOCles 2.0 dosega želene cilje.

Pred nami je še zaključno obdobje, ko bodo partnerji zaključili z načrtovanimi usposabljanji ter se posvetili doseganju poslovnih učinkov na tej osnovi ter poročanju o rezultatih.

Vsekakor menimo, da je projekt dosegel in celo presegel načrtane cilje, ter bi nadaljevanje tovrstne podpore podjetjem v panogi tudi v prihodnje bilo treba ne samo ohraniti temveč tudi nadalje razvijati.



Hrvaško lesarsko izrazoslovje v javno dostopni terminološki bazi STRUNA (<http://struna.ihjj.hr/>)

Prof. dr. Vlatka Jirouš-Rajković

Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zavod za namještaj i drvne proizvode

Sodelavci iz ustanove »Drvnotehnoški odsjek Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu« so zaključili delo na projektu »Izgradnja hrvatskoga drvnotehnološkog nazivlja (DRVNA)« ki je bil financiran v okviru programa »Izgradnja hrvatskoga strokovnog nazivlja«. Projekt DRVNA je imel dva osnovna cilja, sistematično zbiranje in pregled strokovnega izrazoslovja na področju lesarstva in njegovo popularizacijo. Osnovna naloga projekta DRVNA je bila sestaviti bazo podatkov s pojmi iz lesarske stroke, njihove definicije in nazive v hrvaškem jeziku ter prevodi v angleški in nemški jezik. Zbrano izrazoslovje se nahaja v elektronski bazi e-Struna, kjer je dodatno klasificirano na priporočene, dopustne in nepriporočene ter na narečne in zastarele izraze (arhaizme).

Projekt je vodila prof. dr. sc. Vlatka Jirouš-Rajković (Drvnotehnoški odsjek Šumarskoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu), na njem pa je sodelovalo 29 sodelavcev iz stroke ter dva pridružena terminologa in svetnika z institucije »Institut za hrvatski jezik i je-

zikoslovje«. Projekt je tekel od 1. oktobra 2016. do 30. oktobra 2017. Z delom na projektu so obdelali in dodali v bazo Struna 1445 priporočenih hrvaških izrazov, poleg tega pa so dodali še 930 hrvaških sopomenk, razporejenih v za to predvidena polja (dopustni, nepriporočeni ter zastareli in narečni izrazi). Nastali pojmovnik je trojezični, saj hrvaške izraze spremlja še 1886 ekvivalentov v angleškem in 1770 v nemškem jeziku.

Lesarski izrazi so javno dostopni v terminološki bazi Struna (<http://struna.ihjj.hr/>) od sredine januarja 2018. Abecedno urejen seznam izrazov pa je dostopen preko povezave <http://struna.ihjj.hr/browse/?pid=45>

Podrobnejše informacije o projektu DRVNA in aktualne novice so na razpolago na spletni strani projekta <http://drvna.weebly.com/>.

Upamo, da bo predstavljena baza lesarskega izrazoslovja v dragoceno pomoč študentom, predavateljem in strokovnjakom lesarske stroke ter da bo zanimiva tudi izven stroke in mednarodno. ●

Strateška razvojno - inovacijska partnerstva kot vzvod za implementacijo strategije pametne specializacije Slovenije

Erika Valentinčič, Lesarski grozd

Država je leta 2016 je okviru Strategije pametne specializacije¹ spodbudila nastanek Strateško Razvojno Inovacijskih Partnerstev (SRIP) kot nove oblike grozdov oz. čez-sektorskega povezovanja podjetij in RR institucij, za doseganje razvojnega preboja Slovenije. SRIP-i so partner in sogovornik državi pri vode-

nju razvojne politike, prav tako pa je država partner deležnikom v SRIP-ih.

SRIP-i so tako nastali na 9 ključnih področjih pametne specializacije, med njimi tudi na področju Pametne stavbe in dom z lesno verigo, kamor v glavnem gravitira tudi gozdno-lesna veriga². SRIP Pametne stavbe in dom z lesno verigo (SRIP PsiDL) ima opredeljena fokusna razvojna področja:

- Pametne naprave in sistemi
- Les in lesna veriga
- Napredni nebiogeni gradbeni proizvodi
- Aktivno upravljanje stavb

¹ www.svrk.gov.si/si/delovna_podrocja/strategija_pametne_spezializacije

² www.svrk.gov.si/si/delovna_podrocja/strategija_pametne_spezializacije/strateska_razvojno_inovacijska_partnerstva_srip/

V SRIP PSDL je vključeno 54 podjetij in 14 RR institucij, od tega v fokusno področje Les in lesna veriga 19 podjetij in 7 RR institucij. Operativno gledano je SRIP PSDL organiziran v treh stebrih:

- Pametne naprave in sistemi ter upravljanje stavb (vodi TECES, ki je tudi vodja celotnega SRIPa)
- Les in lesna veriga (vodi GZS – ZLPI)
- Napredni nebiogeni gradbeni proizvodi (vodi Zavod TIGR)

V SRIP PSDL govorimo o trajnostni gradnji, o integraciji pametnega in inteligentnega, torej aktivnega in pasivnega pristopa k oblikovanju, konstruiranju, gradnji, upravljanju ter delovanju stavb in bivanju v le-teh, vključno s pametnimi napravami ter sistemi, in predvsem kakovostnega notranjega okolja v stavbah, energetske učinkovitosti ter skrbi za okolje. Očitno je torej, da se koncept **trajnostne gradnje** in koncept **pametnega doma** dopolnjujeta in prepletata. Samo skozi sinergijo obeh konceptov bo dosežena nova čez-sektorska veriga vrednosti z višjo dodano vrednostjo. Poseben poudarek je dan **uporabi na lesu temelječih tehnologij** za doseganje tega cilja. Prizadevamo si, da bi spremenili paradigmo pristopa k stavbi ter da namesto posameznih naprav, stavb, sistemov itd. pričnemo razvijati, promovirati in prodajati kakovostno in napredno notranje bivanjsko okolje, seveda na način, da hkrati prodajamo posamezne segmente ter večjo zgodbo vključenosti teh segmentov (naprav in sistemov, stavb, stavbnih elementov) v celovito idejo.

Steber les in lesna veriga (Steber LES)

Zaradi pomanjkanja uporabnih površin v mestih je vedno bolj prisotna težnja gradnje stavb v višino, kar velja tudi za gradnjo z lesom. Slovenski proizvajalci pretežno lesenih stavb so mednarodno konkurenčni na področju nižjih stavb, za gradnjo v višino



pa so potrebne še številne raziskovalne in razvojne dejavnosti in preverjanja rešitev na demonstracijskih objektih. Vedno več novozgrajenih stavb se uvršča med pametne in tudi na tem področju je potrebnih še ogromno interdisciplinarnih razvojnih in trženjskih dejavnosti, da bi Slovenija postala prepoznana tudi po gradnji **večnadstropnih, pametnih, pretežno lesenih stavb**. Ta tržna niša je izjemno perspektivna, njen potencial pa bo z leti le še naraščal. Podjetja, raziskovalne in druge organizacije s področja lesarstva, so s tem namenom oblikovala Steber LES, da bi uspešno iskali ustrezne rešitve najprej znotraj Stebra. Potrebno bo namreč še bolj povezati znanja proizvajalcev lesenih stavb, stavbnega pohištva, pohištva in novih lesnih materialov, ter vse to povezati s primarno predelavo lesa in z gojenjem gozda. Le tako bomo namreč **okrepili gozdno-lesno verigo v celoti in v smeri razvoja gradnje večnadstropnih, pretežno lesenih, pametnih stavb s pametnim pohištvom**. To bo omogočalo predelavo hlodovine do končnega izdelka, kar je osnova za dvig dodane vrednosti izdelkov, kreiranje novih delovnih mest in dvig deleža izvoza.

V prihodnjih mesecih bomo na SRIP PSDL osredotočeni predvsem na pripravo koncepta testirno-demonstracijskega objekta, imenovanega DREVO, oblikovanje interesnih skupin na posameznih produkcijskih področjih Stebra LES, pripravo usposabljanj za implementacijo BIM rešitev ter iskanje povezav z Bavarsko glede gradnje z lesom.

SRIP PSDL je odprt za vstop novih članov, zato vabljeni vsi, ki kot razvojno naravnano podjetje iščete možnosti povezovanja na razvojnem in trženjskem področju.

