

OCENA STANJA LESENEGA KIPA JAPONSKI FESTIVAL TANAKE EISAKUJA

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF JAPANESE FESTIVAL, A WOODEN SCULPTURE BY TANAKA EISAKU

Miha HUMAR¹, Boštjan LESAR², Davor KRŽIŠNIK³

(1) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, miha.humar@bf.uni-lj.si

(2) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, bostjan.lesar@bf.uni-lj.si

(3) Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, davor.krzisnik@bf.uni-lj.si

IZVLEČEK

Les na prostem je izpostavljen delovanju raznolikih dejavnikov razkroja, še posebno glivam. Nekatere lesne vrste so bolj odporne na glivni razkroj kot druge. V Kostanjevici na Krki že 60 let deluje forma viva, kjer so razstavljeni kipi, izdelani pretežno iz hrastovega lesa. Tanaka Eisaku, japonski kipar, je izdelal najstarejši kip z naslovom Japonski festival na prvi kostanjeviški Formi vivi leta 1961. Po 60 letih zunanje izpostavitve smo kip vizualno pregledali in ocenili njegovo stanje z uporabo rezistografa in vlagomera. Iz kipa smo izolirali nekaj vzorcev, jih preiskali s FTIR in XRF spektroskopijo, vzorcem določili gostoto s piknometrom GeoPyc in jih analizirali z lasersko in digitalno mikroskopijo. Na kipu je opaziti znake glivnega razkroja, izletne odprtine insektov in poškodbe zaradi delovanja ptic. Ocena razkrojenosti z rezistografom je pokazala, da je les razkrojen predvsem na čelih in v sredici. Poleg tega je na nekaj mestih močno razkrojena tudi beljava. Les je bil v zadnjih letih obdelan s površinskim premazom, po drugi strani v lesu ni bilo mogoče zaznati ostankov biocidov. V primeru, da želimo kip ohraniti zanamcem, ga je treba ustrezno konzervirati.

Ključne besede: les, hrast, glive, razkroj lesa, Forma viva, leseni kipi, Tanaka Eisaku

ABSTRACT

Wood in outdoor applications is exposed to various decay factors, of which fungi are the most important. Some wood species are more resistant to fungal decay than others. Forma Viva in Kostanjevica has been exhibiting sculptures made mainly of oak wood for 60 years. The oldest sculpture is the work of Tanaka Eisaku entitled "Japanese Festival". After 60 years, the condition of the sculpture was examined with a resistograph and a moisture metre. Several samples were isolated from the sculpture and examined with FTIR and XRF spectroscopy. The density of the samples was determined with GeoPyc and analysed in detail with laser and digital microscopy. Signs of fungal attack, as well as insect and bird damage can also be seen on the sculpture. The resistograph analysis showed that the wood is mainly decayed in the axial planes and in the core. In addition, the sapwood is severely decayed in some areas. The wood has been surface-coated in recent years; however, there is no biocide residue in the wood. If the sculpture is to be preserved for posterity, it must be properly conserved.

Key words: wood, oak, fungi, wood decay, Forma Viva, wooden sculpture, Tanaka Eisaku

GDK 836.1+844/845(045)=163.6

DOI 10.20315/ASetL.127.1

Prispelo / Received: 11. 1. 2022

Sprejeto / Accepted: 21. 2. 2022



1 UVOD

1 INTRODUCTION

V Kostanjevici na Krki je svetovno znana Forma viva. Mednarodni kiparski simpozij Forma viva je bil prvič izveden leta 1961. Za kostanjeviško izvedbo simpozija je značilno, da so kipi izdelani iz hrastovine (*Quercus* sp.). Na prvem kiparskem simpoziju je sodeloval Tanaka Eisaku, ki je leta 1961 izdelal leseno plastiko z naslovom Japonski festival (slika 1). Ta kip je zaradi svoje monumentalnosti postal simbol parka v Kostanjevici (Butala, 2021). V kostanjeviški Formi vivi so bili vsaj v prvih desetletjih kipi izdelani iz hrastovega lesa iz Krakovskega gozda, kasneje so uporabili tudi hrastov les iz drugih gozdov. Krakovski gozd se razpro-

stira na poplavni ravnici v spodnjem toku reke Krke in je največji nižinski gozd v Sloveniji. Osrednji del preraščajo nižinski sestoji doba (*Quercus robur*), ki je bil odlična surovina za graditev mostov in kipe v kostanjeviški Formi vivi (Hudoklin in Frelih, 2001).

Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije iz leta 2019 hrast v slovenskih gozdovih sestavlja okoli 7% lesne zaloge (ZGS, 2021). Hrast je venčasto porozna lesna vrsta z obarvano jedrovino. Beljava je praviloma ozka. Za hrast so značilni venci velikih trahej v ranem lesu (premer nad 200 µm) in radialno orientirane skupine majhnih trahej v kasnem lesu (Wagenführ, 2014). Tradicionalno se uporablja za izdelavo lesenih konstrukcij, mostov, kretniških pragov, sodov in pohištva



Slika 1: Kip Japonski festival avtorja Tanaka Eisaku v času postavitve (foto: Galerija Božidar Jakac)

Fig. 1: Japanese Festival by Tanaka Eisaku at the time of installation (photo: Galerija Božidar Jakac)

(Dogu in sod., 2017). Za les hrasta je značilna velika variabilnost, zato hrastovino standard SIST EN 350 (CEN, 2016) uvršča v drugi (odporne lesne vrste) do četrti razred odpornosti (malo odporne lesne vrste). Razlog za razvrstitev hrastovine v nizke razrede odpornosti je povezan z veliko spremenljivostjo kemijske in anatomske zgradbe lesa. Del variabilnosti lahko povežemo s širino branik. Znano je, da je odpornost hrastovine z branikami, ki so ožje od 1 mm, primerljiva z odpornostjo bukovine. V ožjih branikah prevladujejo traheje z velikimi lumni, kar se kaže v večji dovzetnosti za navlaževanje in slabši odpornosti (Humar in sod., 2008).

Les na prostem je izpostavljen biotskim in abiotским dejavnikom razkroja (Humar in sod., 2020). V naravi so ti procesi zaželeni in nujno potrebni, a kadar les uporabljamo v tehnične ali estetske namene, želimo te dejavnike čim bolj upočasniti. V ugodnih razmerah lahko les postane hrana za številne organizme, ki so sposobni eno ali več sestavin lesa razgraditi do stopnje, ki jo lahko presnovijo. Med biotskimi dejavniki razkroja največjo škodo povzročajo glive, nekoliko manj insekti (Lesar in sod., 2008). Hrastovino razkrajajo tako glive bele trohnobe (*Donkioporia expansa*, *Laetiporus sulphureus*, *Trametes versicolor*, *Stereum hirsutum*) kot tudi glive rjave trohnobe (*Daedalea quercina*, *Antrodia* sp., *Gloeophyllum* sp.) (Schmidt, 2006; Rogers in sod.,

2020). Zaradi spreminjajoče se klime se v zadnjem obdobju intenziteta razkroja povečuje. Les v primerljivih aplikacijah danes propade hitreje, kot je pred desetletji. Ta razlika je najbolj opazna v alpskih dolinah (Humar in sod., 2021). Med insekti velja v ospredje postaviti kapučnika (*Bostrychus capucinus*) in trdoglavca (*Anobium punctatum*). V zadnjem času so na lesu vedno pogostejše tudi mravlje (*Formica* sp.), na Primorskem tudi termiti (Isoptera).

V okviru predstavljene raziskave smo analizirali stanje najstarejšega kipa v kostanjeviški Formi vivi. Ti podatki so pomembni za pripravo konservatorskega načrta, po drugi strani so odlična študija primera delovanja biotskih in abiotskih dejavnikov na les na prostem.

2 MATERIALI IN METODE

2 MATERIALS AND METHODS

Kip Japonski festival je bil leta 1961 izdelan iz hrastovega lesa, natančneje dobovega lesa (*Quercus robur*). Les naj bi izviral iz Krakovskega gozda. Kip je visok 6,2 m, širok 3,5 m in globok približno 0,5 m. Kip je že več let postavljen na betonskem podstavku in ni v neposrednem stiku z zemljo. Kip sestavlja deset pokončnih tramov, ki so povezani z dvema horizontalnima elementoma. Premazan je z rjavim premazom z

Preglednica 1: Seznam izoliranih vzorcev iz kipa Japonski festival

Številka vzorca	Lokacija	Opis
1	Steber 6	Vzorec je bil izoliran 1 m od tal. Pod tem vzorcem je viden razkroj na beljavi.
2	Steber 3	Luska, ki se je držala površine 1,5 m od tal na severni strani
3	Steber 8	Rdeče obarvani poudarek na stebru 8
4	Steber 8	Del stebra 8, približno 0,3 m od tal

rdečimi poudarki. Vizualno smo ga pregledali in ocenili različne dejavnike razkroja.

Vlažnost lesa na kipu smo določali z električnim uporovnim merilnikom GANN (Gann GmbH, Gerlingen, Nemčija), ki omogoča natančno merjenje vlažnosti lesa med 6 % in 60 % (Otten in sod., 2017). Vlažnost lesa je določena tako, kot je običajno v lesni tehnologiji (razmerje med maso vode in maso lesa v absolutno suhem stanju, izraženo v %).

Razkrojenost lesa smo ocenili z napravo Resistograph IML PD500 (IML Instrumenta Mechanik Labor System GmbH, Wiesloch, Nemčija), ki temelji na beleženju upora pri vrtanju. Z drobnim svedom premera 2 mm v les vrtamo luknjico in pri tem beležimo upor materiala pri vrtanju. Metoda temelji na tem, da se za vrtanje luknje v razkrojen les uporabi manj ener-

Table 1: List of isolated samples from the sculpture *Japanese Festival*

gije kot za vrtanje v zdrav les. Če naprava ne zabeleži upora, pomeni, da je les močno razkrojen (Sharapov in sod., 2019). Prikaz opravljenih meritev je razviden s slike 2. Iz kipa smo na izbranih mestih izolirali štiri vzorce, in sicer vzorec stebra 3, 6 in dva vzorca stebra 8 (preglednica 1). Poleg tega smo iz dela rdečega poudarka izolirali kos, ki je bil prebarvan z rdečim pigmentom. Te vzorce smo podrobno preiskali v laboratoriju.

Mikroskopsko analizo smo napravili z digitalnim mikroskopom Olympus DSX1000 (Olympus, Tokio, Japonska). Analizirali smo površino izbranih vzorcev in prečni prerez. Pred mikroskopsko analizo smo prečno ksilotomsko ravnino poravnali z drsnim mikrotomom GSL 1 (Künten, Švica). Analizirali smo z mešano osvetlitvijo (svetlo in temno polje). Na vremenskim vplivom izpostavljeni površini smo opravili tudi morfolo-

**Slika 2:** Prikaz mest meritev razkrojenosti z rezistografom**Fig. 2:** Locations of resistograph decay measurements

ško analizo. Zanj smo uporabili laserski konfokalni mikroskop Olympus Lext OLS 5000 (Olympus, Tokio, Japonska). Na površini smo opravili meritve hrapavosti. Določili smo parameter S_a , ki je definiran kot aritmetična srednja vrednost absolutnih vrednosti razdalj y dejanskega profila od srednje ravnine (Kraut, 1987).

Gostoto lesa smo določili z napravo GeoPyc (Micro-metrics, Norcross, ZDA), ki omogoča natančno izmero volumna s suhim, sipkim medijem iz mešanice zelo majhnih delcev grafita in keramičnih mikrosfer. Vzorcem smo pred meritvijo določili maso. Meritve so potekale na absolutno suhem lesu, saj je sistem najbolj primeren za določanje gostote lesa v absolutno suhem stanju, kjer se vlažnost vzorca ne spreminja (Arnič in sod., 2021).

Na izoliranih vzorcih smo napravili tudi kvantitativno elementno analizo. Vsebnost anorganskih elementov v vzorcih smo določali z rentgenskim fluorescenčnim spektrometrom XRF TwinX proizvajalca Oxford Instruments (Abingdon, Združeno kraljestvo). Meritve so bile opravljene s PIN-detektorjem ($U = 26$ kV, $I = 112$ μ A, $t = 360$ s). Zatem smo napravili še FTIR-analizo s FTIR spektrometrom Spectrum Two, proizvajalca PerkinElmer (Waltham, ZDA), v območju od 4000 cm^{-1} do 650 cm^{-1} , pri ločljivosti 4 cm^{-1} . Analiza je potekala v tehniki ATR (atenuirana totalna refleksija).

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3 RESULTS AND DISCUSSION

Vizualni ogled stanja, meritve vlažnosti in oceno razkrojenosti z rezistografom smo opravili v novembrskem dopoldnevu (5. november 2021). Teden pred tem



Slika 3: Lišaj (levo) in alge (desno) na površini vzorca 4

je bilo več padavinskih dni (ARSO, 2020). Kljub temu je bila vlažnost lesa relativno nizka in je nihala med 12,0 % in 18,7 %. Ta podatek potrjuje, da je les hrasta relativno dobro odporen proti navlaženju, kar ima izrazito pozitiven vpliv na njegovo življenjsko dobo (Humar in sod., 2019). Povprečna vlažnost je bila 15,7 %. Pri oceni vpliva lokacije na ogroženost lesa se zastavi vprašanje, kakšna je spodnja mejna vlažnost lesa, da pride do glivnega razkroja. To vprašanje je relativno zahtevno. V literaturi je mogoče zaslediti nasprotujoče si podatke. V klasični literaturi so mejne vlažnosti v največji meri odvisne le od vrste glive. Na primer Schmidt (2006) poroča, da je minimalna vlažnost za razkroj lesa z glivama *Fibroporia vaillantii* in *Gloeophyllum trabeum* 30 %, za glivi *Coniophora puteana* in *Serpula lacrymans* so te vrednosti nekoliko nižje (od 20 % do 25 %). V najnovejši literaturi zasledimo bistveno višji razpon vlažnosti lesa. Raziskovalci poročajo, da vlažnost ni odvisna le od vrste glive, temveč tudi od vrste lesa. Na primer, optimalne vlažnosti lesa nihajo med 16,3 % (*G. trabeum* na beljavi rdečega bora - *Pinus sylvestris*) in 52,3 % (*Donkioporia expansa* na lesu duglazije - *Pseudotsuga menziesii*) (Meyer in Brischke, 2015). V citirani raziskavi je treba upoštevati, da so imele glive v bližini vir vlage in so lahko premestile vlago. Pri vrednotenju meritev vlažnosti je treba upoštevati, da gre za enkratno meritev. Za natančnejšo oceno ogroženosti bi bilo treba izvesti dolgotrajnejše spremljanje vlažnosti lesa, podobno, kot že poteka na nekaj kulturnozgodovinskih objektih (Kržišnik in sod., 2018). V splošnem sicer velja, da je meja za razkroj nemodificiranega lesa 25 % (Humar in sod., 2019). Na podlagi tega lahko sklepa-

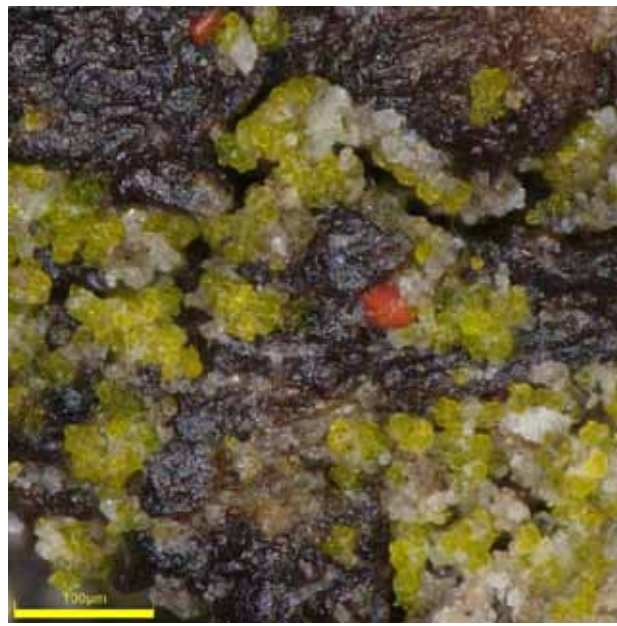


Fig. 3: Lichens (left) and algae (right) on the surface of sample 4

mo, da v času opravljenih meritev vlažnost lesa ni bila ugodna za glivni razkroj.

Na površini vzorcev se je razvil biofilm. Zanj je značilno, da ga sestavljajo zlepljeni mikroorganizmi, predvsem bakterije, črne kvasovke, glive modrivke, alge in drugi. Na površini preučevanega kipa smo zaznali lišaje, mahove, alge in glive modrivke (slika 3). Pri biofilmu se zastavlja vprašanje, ali ga odstraniti ali ne. Biofilm na prvi pogled lahko deluje estetsko. Kip zaznamuje z nekakšno patino. Po drugi strani biofilm zadržuje vodo in upočasnjuje odtekanje in sušenje. Zato je vpliv biofilma na življenjsko dobo lesa negativen (Meyer in sod., 2014).

Mikroskopska analiza je potrdila, da je kip izdelan iz lesa hrasta (*Quercus* sp.). Predvsem na vzorcih 1 in 2 so vidni značilni venci trahej in večredni trakovi, značilni za hrastov les (slika 4) (Wagenführ, 2014). Hrastov les je relativno dobro odporen. Ker je kip postavljen

na betonski podstavek, ga lahko uvrstimo v 3.2 razred uporabe (les na prostem, ki ni v neposrednem stiku z zemljo ali tekočo vodo) v skladu s standardom SIST EN 335 (CEN, 2013). Standard EN 460 (CEN, 1994) določa rabo lesa v posameznih razredih uporabe. Raba hrastovine je v razredu 3.2 ustrezna, če le ne gre za infrastrukturne objekte, ki zahtevajo veliko zanesljivost.

Povprečna gostota absolutno suhega lesa preiskovanih vzorcev je znašala 549 kg/m^3 in je nihala med 531 kg/m^3 in 569 kg/m^3 . Gostota preiskovanih vzorcev se ujema z literaturnimi podatki za dob (*Q. robur*) ($390\text{...}650\text{...}930 \text{ kg/m}^3$) (Humar in sod., 2008). Primerljiva gostota je značilna tudi za ameriški rdeči hrast (*Q. rubra*) ($480\text{...}660\text{...}879 \text{ kg/m}^3$) in cer (*Q. cerris*) (767 kg/m^3) (Wagenführ, 2014). Ta podatek nakazuje, da vsaj na izoliranih vzorcih ni prišlo do intenzivnega razkroja, sicer bi se to kazalo v padcu gostote lesa (Keržič in Humar, 2021).

Vzorec 1



Vzorec 2



Vzorec 3



Vzorec 4



Slika 4: Prečni prerezi vzorcev kipa Japonski festival

Fig. 4: Cross-sections of the samples from the sculpture Japanese Festival



Slika 5: Površina premazanega vzorca 1

Kip je bil v osemdesetih letih dvajsetega stoletja premazan z rjavim alkidnim premazom proizvajalca Belinka. Poleg tega so bili poudarki zaščiteni z debeloslojnim rdečim premazom. Kot je razvidno iz analize površine (slika 5), je premaz nanesen izrazito neenakomerno. Del premaza se je zaradi delovanja vremenskih vplivov s površine tudi odluščil. Primerno vzdrževani premazi ščitijo les pred kapljevami med padavinskimi dogodki. Ko premaz razpoka in se prične luščiti, je

Fig. 5: Surface of the coated sample 1

njegova vloga pogosto bolj negativna (MacKenzie in sod., 2007). Skozi razpoke v les prodre voda, ki zaradi premaza na površini ne more izhlapeti. Premaz je bil bolj ohranjen na manj izpostavljenih delih. Debelina premaza je razvidna iz prečnih prereзов vzorcev (slika 6). Kot je razvidno iz prečnega prereza vzorca 3, so bili rdeči poudarki nanesti bolj debelo in v več slojih, ki so bili morda nanesti v različnih časovnih intervalih. Med temi sloji zastaja voda in se razvija biofilm.



Slika 6: Prečna prereza vzorca 2 (levo) in vzorca 3 (desno)

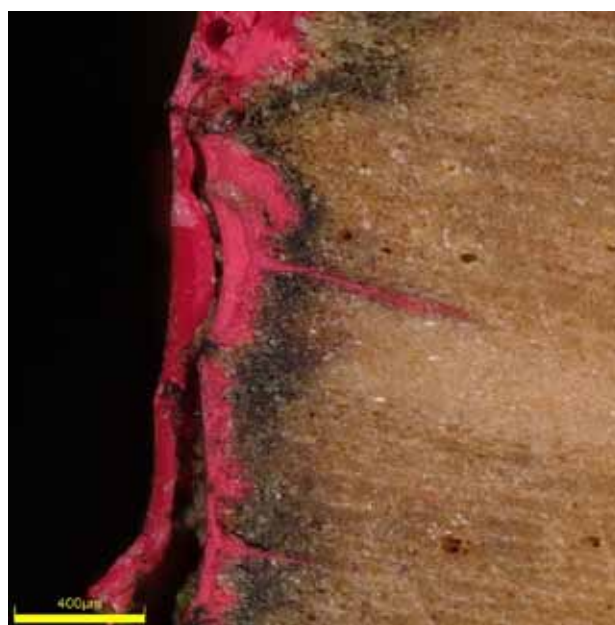
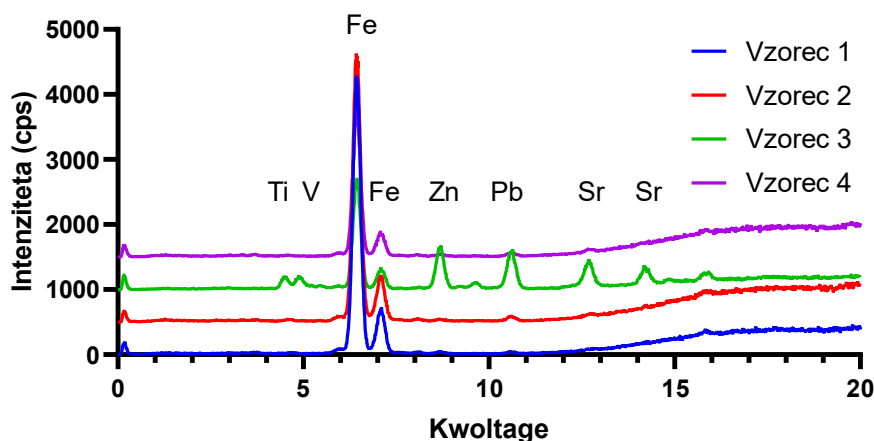


Fig. 6: Cross-sections of sample 2 (left) and sample 3 (right)



Slika 7: XRF-spektri vzorcev, izoliranih iz kipa Japonski festival

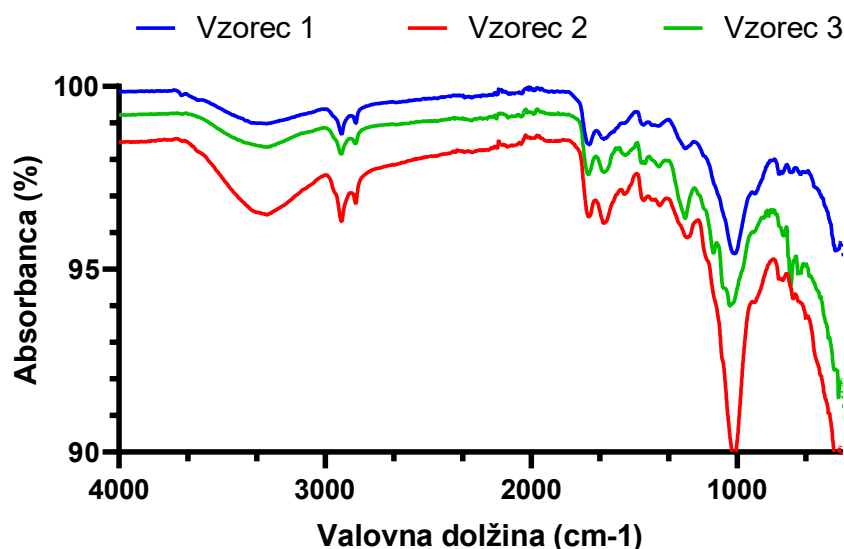
Zaradi majhne količine vzorcev ni bilo mogoče opraviti kvantitativne kemijske analize, temveč le kvalitativno analizo. Iz XRF-spektrov je mogoče razbrati, da vsi vzorci vsebujejo povišane koncentracije železa. Železo je kovina, ki se v lesu lahko pojavlja zaradi korozije jeklenih veznih elementov (žabljev, vijakov) (Lesar in sod., 2018). Po drugi strani je železov oksid tudi sestavina nekaterih rjavih pigmentov. Bistveno bolj pestro elementno sestavo smo zaznali v rdeče premazanem vzorcu 3. V tem vzorcu smo zaznali delce titana (Ti), vanadija (V), železa (Fe), cinka (Zn), svineca (Pb) in stroncija (Sr). Vsi ti elementi so se v preteklosti uporabljali v izdelavi premazov. Zato jih povezujemo s prisotnostjo rdečega premaza (slika 7).

Analiza FTIR je potrdila prejšnja opazovanja. Na površini je ostalo relativno malo premaza, zato na

Fig. 7: XRF spectra of samples isolated from the sculpture Japanese Festival

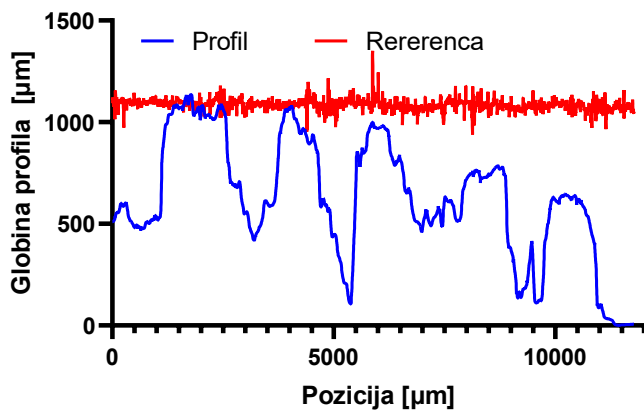
spektrih površine vzorcev prevladuje vpliv lesa. Zaradi vplivov fotodegradacije je opaziti spremembe predvsem pri trakovih, ki jih pripisujemo hemicelulozam (1730 cm^{-1}). Hemiceluloze so najbolj izpostavljene fotodegradaciji, zato je ta rezultat pričakovan (Hon in Shiraishi, 2000; Humar in sod., 2020).

Vpliv fotodegradacije na vzorce je zelo izrazit. Ne nazadnje je to videti tudi iz prečnega prereza vzorca 1 (sliki 4 in 9). Na izpostavljeni strani vzorca se lepo vidi, da je med izpostavitvijo na prostem najprej propadel rani les z velikimi trahejami, homogenejši kasni les je ostal bolj nepoškodovan. Velika hrapavost je značilna za les z velikimi razlikami v gostoti med kasnim in ranim lesom (Kropat in sod., 2020). V lesu s kipa so razpoke globoke do 1 mm. Povprečna hrapavost S_a znaša $222\text{ }\mu\text{m}$. Vrednost S_a neizpostavljenega lesa praviloma



Slika 8: FTIR-spektri vzorcev, izoliranih iz kipa Japonski festival

Fig. 8: FTIR spectra of samples isolated from the sculpture Japanese Festival



Slika 9: Profil vzorca 1 v polradialni ksilotomski ravnini in referenčnega, vremenskim vplivom neizpostavljenega vzorca

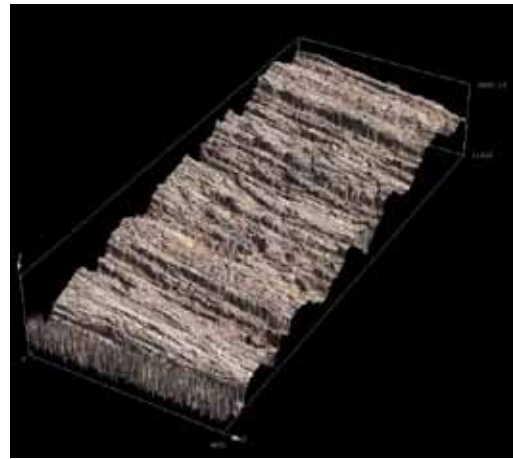
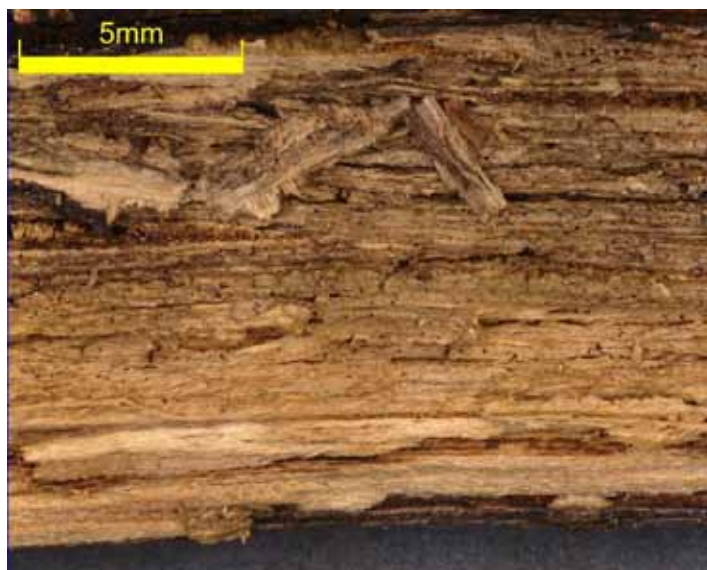


Fig. 9: Profile of sample 1 and a non-weathered reference sample



Slika 10: Prikaz vlaknaste trohnobe na hrbtni strani vzorca 1

Fig. 10: Display of fibrous rot on the back side of the sample 1

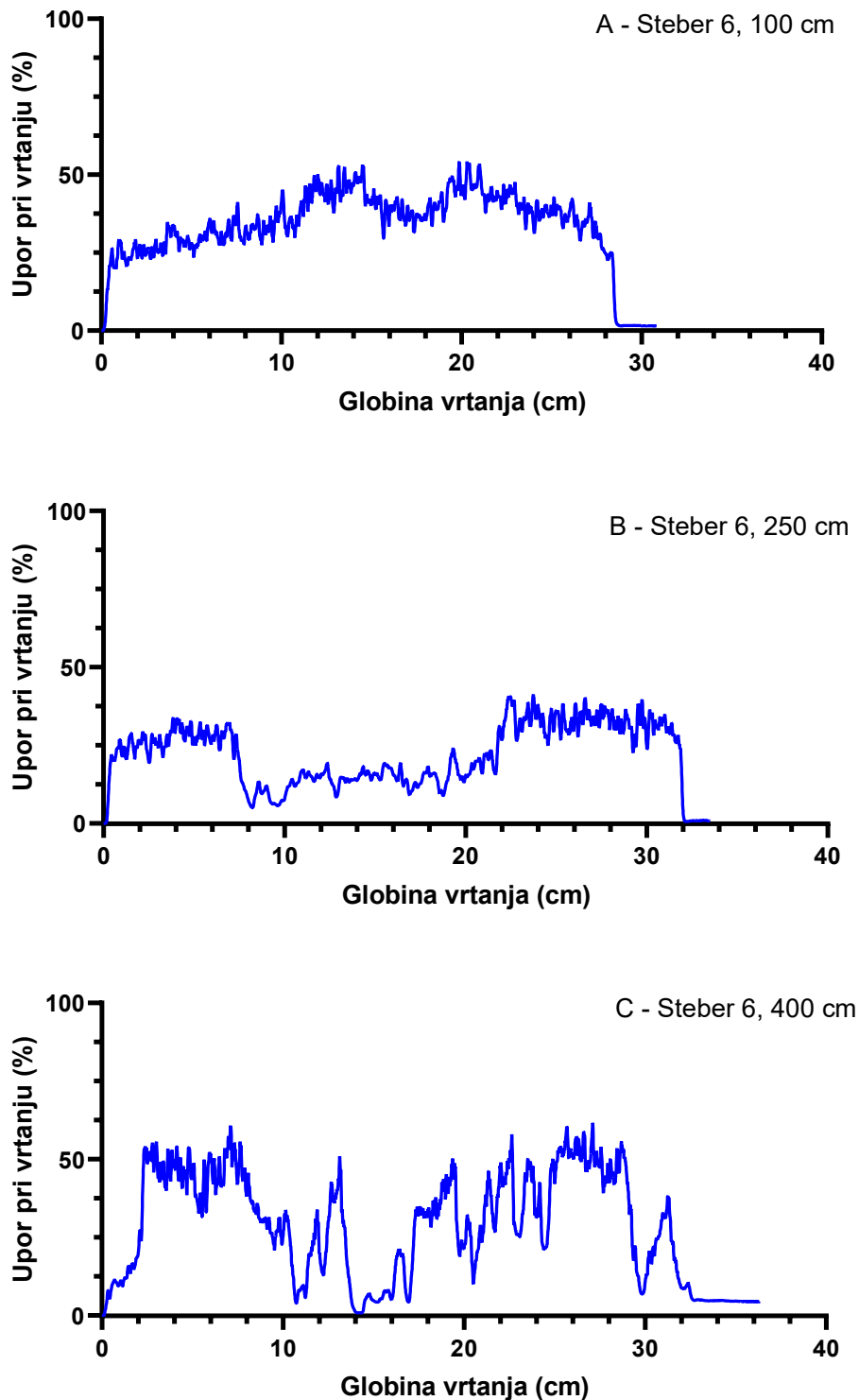


Slika 11: Izletne odprtine lesnih insektov in razpoke na površini kipa

Fig. 11: Exit holes of wood inhabiting insects and cracks on the surface of the wood

niha med 20 in 30 μm . Povečanje hrapavosti je ena izmed posledic delovanja vremenskih vplivov (Kerzič in sod., 2021). Glede na to, da je premaz nanesen na izrazito valovito površino, je to posreden dokaz, da je bil premaz nanesen na les po tem, ko je bil že dlje časa izpostavljen vremenskim vplivom. Poleg tega smo na

več mestih opazili intenzivne znake trohnenja. V največji meri se je na hrastovini pojavljala rjava, ponekod tudi bela trohnoba. Razkrojen les se cepi po letnicah, v obliki različno velikih prizem, in se lušči v obliki vlaken. Na površinah, ki so izpostavljene svetlobi, površinskega micelija ni videti. Tako razkroja dolgo ne



Slika 12: Prikaz meritev upora pri vrtanju na različnih višinah od tal na stebru 6

Fig. 12: Demonstration of drilling resistance at different heights above the ground on column 6

opazimo, saj glive pustijo zunanjo plast nerazkrojeno (Humar in sod., 2006). V največji meri se je razkroj pojavil na beljavi (zunanji obod stebrov), na vrhu stebrov in v okolici poškodb, ki so jih povzročile ptice. Les je bistveno bolj prevoden za vodo v aksialni smeri. Zato na aksialnih površinah oziroma čelih zastaja voda, kar se kaže v višjih vlažnostih in ugodnejših razmerah za glivni razkroj. S tem pojasnimo izrazitejši pojav glivnega razkroja na čelih. Podobno se dogaja tudi v okolici razpok in ptičjih gnezd. Ker ptice v gnezda vnašajo organski material, ki še dodatno zadržuje vodo, se dinamika razkroja še poveča. Pojav poškodb ptic je povezan z insekti in/ali trohno. Ptice, ki se hranijo z ličinkami insektov, poškodujejo površino, na teh mestih se kasneje pojavi trohnoba, ki še olajša dolbenje dupel. Poleg tega

Preglednica 2: Povzetek meritev z rezistografom na kipu Japonski festival. Lokacija meritev je razvidna s slike 2.

se bela trohnoba pojavlja tudi na površini stebrov. Na površini je pogosteje opaziti beljavo, razkroj pospešuje tudi fotodegradacija. Površinski razkroj je videti na prerezu vzorca 4, kjer je omejen predvsem na rani les. Tudi na razkrojenem lesu se dlje zadržuje voda, kar še dodatno pospeši spiralo razkroja.

Zato predlagamo, da se čela stebrov v čim večji meri zaprejo z ustreznimi bakrenimi ali jeklenimi kapami. Te morajo biti od lesa odmaknjene vsaj 1 cm, da se prepreči morebitna kondenzacija. Še posebej se priporoča uporaba bakra, kajti bakrovi ioni, ki se izpirajo s kape, še dodatno preprečujejo razkroj lesa (Unger in sod., 2001). Na kipu je opaziti tudi izletne odprtine insektov. Ker v okolici izletnih odprtini ni videti larvine, sklepamo, da gre za izletne odprtine, ki so nastale v preteklo-

Table 2: Summary of the resistograph measurements taken on the sculpture Japanese Festival. The location of the measurements can be seen in Figure 2.

Št. meritev	Globina vrtanja (cm)	Razkrojen presek (cm)	Opis poškodbe
1			neustrezna meritev
2	13	1	površina degradirana
3			neustrezna meritev
4	38	18	prvih 18 cm izrazito razkrojenih
5	26	ni razkroja	
6	28	ni razkroja	
7	19	ni razkroja	
8	32	15	trhla sredica
9	32	15	trhla sredica
10			neustrezna meritev
11	32	8	trhli predeli v sredini
12	20	12	trhla sredica
13			neustrezna meritev
14			neustrezna meritev
15	23	12	trhla sredica in površina
16	25	4	razpoke/razkroj v sredini
17	20	9	trhla sredina
18	29	3	razpoke/razkroj v sredini
19	9	ni razkroja	
20	9		neustrezna meritev
21	30	3	razpoke/razkroj v sredini
22	26	2	razpoke/razkroj v sredini
23	17	2	razpoke/razkroj v sredini
24	8	ni razkroja	
25	9	ni razkroja	
26	28	2	razpoke/razkroj v sredini
27	18	2	razpoke/razkroj v sredini
28	18		neustrezna meritev
29	29	5	razpoke/razkroj v sredini
30	26	3	razpoke/razkroj v sredini

sti. Glede na obliko izletnih odprtih sklepamo, da so jih povzročili insekti, ki sodijo v skupino kozličkov in kapučnikov. Na podlagi starih izletnih odprtih je zelo težko sklepati na vrsto insekta, ki je povzročila poškodbo.

Celosten vpogled v ohranjenost lesenega kipa nam daje rezistograf. Z njim lahko ocenimo stanje lesa pod površino. V primeru, da med analizo naletimo na grčo, žebelj ali drug trši del, se sveder zaustavi. V večini primerov so meritve z rezistografom potrdile prejšnja opazovanja. Glivni razkroj v največji meri poteka v sredici in na površini. Površinski razkroj lahko v največji meri pripišemo beljavi.

Iz meritev z rezistografom je videti, da je večina elementov kipa vsaj deloma poškodovana. Večina razkroja je v osrednjem delu in na robu, kjer se pojavlja beljava. Meritev, na katerih ni bilo zaznati razkroja, je bilo le 6 od 23 ustreznih izvedenih meritev. V okviru sanacije je zato smiselno ojačati elemente kipa in tako izboljšati statične lastnosti. Pojav razkroja na 60 let starem kipu je pričakovano. V skladu s podnebjem in odpornostjo je pričakovati, da se bo razkroj na hrastovem lesu pojavil po 25 do 35 letih izpostavitve (Brischke in sod., 2008).

Kip je glede na stanje treba dobro očistiti vseh ostankov razkroja, ostankov listja in ustrezno konsolidirati, po potrebi zaščititi z biocidi in ga ustrezno konstrukcijsko zaščititi. Kip mora biti vsaj 10 cm odmaknjen od tal. Dupline, ki so jih izdolble ptice, je treba zapreti s fizičnimi ovirami tako, da se pticam prepreči gnezdenje, pri tem pa ne smemo ustvarjati novih vodnih pasti. Poleg tega je smiselno z mehansko pregrado zatesniti tudi čela.

4 ZAKLJUČKI

4 CONCLUSIONS

Kip Japonski festival, ki ga je leta 1961 izdelal japonski kipar Tanaka Eisaku, je izdelan iz hrastovine. Na površini kipa je kasneje nanoseni premaz že bolj ali manj propadel. Nastale so razpoke, zaznati je luščenje premaza. To povzroča zastajanje vode pod premazom. Na površini lesa se je razvil biofilm iz lišajev, gliv modrivk, alg in mahu. Biofilm upočasnjuje odtekanje vode in sušenje. Na kipu je opaziti nekaj izletnih odprtih insektov, sicer ni opaziti izrazite dejavnosti lesnih insektov. Po drugi strani je moč opaziti precej poškodb zaradi delovanja ptic. Ptice so izdolble dupline, v katerih gnezdi. Predvsem na preostali beljavi in v sredici tramov se je pojavil intenziven razkroj, ki ga v prvi vrsti povzročajo glive rjave trohnohe. Ker ni trosnjakov, ni mogoče ugotoviti glavnih povzročiteljic. Trohnenje je treba nujno ustaviti in s tem preprečiti nadaljnje propadanje kipa. Kip je treba ustrezno konsolidirati, po potrebi zaščititi z biocidi in ga ustrezno konstrukcijsko zaščititi.

5 POVZETEK

5 SUMMARY

Exterior wood is exposed to various decay factors, of which fungi are the most important. Due to Slovenia's mild climate, it is necessary to pay more attention to appropriate protective measures against wood decay here than in other regions. Some types of wood are more resistant to fungal decay than others. The durability of oak wood is characterised by great variability. In EN 350, for example, oak wood is classified in durability classes from 2 (durable) to 4 (slightly durable). Forma Viva in Kostanjevica has been active for 60 years. The sculptures exhibited there are mostly made of oak wood from the surrounding forests. The oldest sculpture is the work of Tanaka Eisaku entitled "Japanese Festival". After 60 years, the condition of the sculpture was examined with a resistograph and a moisture metre. Thirty measurements were taken with the resistograph and 20 measurements of moisture content were taken with the moisture metre. Several samples were isolated from the sculpture and examined with FTIR and XRF spectroscopy to determine the possible influence of weathering on the chemical composition of the surface and to carry out an elemental analysis. The density of the samples was determined with GeoPyc and analysed in detail with digital and confocal laser scanning microscopy. The surface roughness was also determined. Signs of fungal decay, boreholes from insects and damage from birds can also be seen on the sculpture. The resistograph analysis showed that the wood was severely decayed, especially in the axial planes and in the core. Only six out of 23 successful resistograph measurements did not indicate decay. In addition, the sapwood was heavily decayed in some areas, which was to be expected as the sapwood of all species is highly susceptible to fungal decay. Brown rot is the most common type of decay on the sculpture. As no fruiting bodies were visible, we could not identify the fungi. The wood has been surface-coated in recent years; however, there is no biocide residue in the wood. The surface coating was heavily cracked and there was a strong biofilm present. This has a negative effect on water performance as the cracked coating allows water to penetrate through the cracks, while the remaining film also prevents drying. The biofilm prevents water drainage and acts like a sponge. In addition, the sculpture has been badly damaged by birds. Birds have hollowed out holes where they also nest. These nests act like water traps and promote fungal growth. If the sculpture is to be preserved for posterity, it must be properly conserved. Various measures must be taken, from consolidation to biocidal and non-biocidal protection. Special attention must be paid to protection through structural measures.

ZAHVALA

ACKNOWLEDGEMENTS

Prispevek je rezultat več med seboj povezanih projektov, ki jih je sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS: V4-2017 - Izboljšanje konkurenčnosti slovenske gozdno-lesne verige v kontekstu podnebnih sprememb in prehoda v nizkoogljično družbo; P4-0015 - Programska skupina les in lignocelulozni kompoziti in Infrastrukturni center za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST 0481-09). Za pomoč pri opravljanju meritev se zahvaljujemo Alji Fir iz Galerije Božidarja Jakca v Kostanjevici na Krki.

VIRI

REFERENCES

- Arnič D., Humar M., Kržišnik D., Krajnc L., Prisljan P. 2021. Gostota lesa - metode določanja in pomen pri razvoju gozdno lesnega biogospodarstva. *Acta Silvae et Ligni*, 124: 1–11. doi 10.20315/asetl.124.1
- ARSO. 2020. Agencija Republike Slovenije za okolje. <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (17. 1. 2021).
- Brischke C., Rapp A. O., Bayerbach R., Morsing N., Fynholm P., Welzbacher C. R. 2008. Monitoring the „material climate“ of wood to predict the potential for decay: results from in situ measurements on buildings. *Building and Environment*, 43, 10: 1575–1582. doi 10.1016/j.buildenv.2007.10.001
- Butala G. 2021. Dokumentarna razstava Re/Forma viva v kostanjeviški Galeriji Božidarja Jakca: bogata zgodovina živih oblik. *Dnevnik*, 20. 7. 2021. <https://www.dnevnik.si/1042959440/kultura/vizualna-umetnost/dokumentarna-razstava-reformaviva-v-kostanjeviski-galeriji-bozidarja-jakca-bogata-zgodovina-zivih-oblik> (12. 11. 2021)
- CEN. 1994. EN 460 - Durability of wood and wood-based products. Natural durability of solid wood. Guide to the durability requirements for wood to be used in hazard classes. Brussels, European Committee for Standardization
- CEN. 2013. European standard EN 335, Durability of wood and wood-based products - use classes: definitions, application to solid wood and wood-based products. Brussels, European Committee for Standardization
- CEN. 2016. European Standard EN 350 - Durability of wood and wood-based products. Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials. Brussels, European Committee for Standardization
- Dogu D., Yilgor N., Mantanis G., Tuncer F. D. 2017. Structural evaluation of a timber construction element originating from the great metéoron monastery in Greece. *BioResources*, 12, 2: 2433–2451.
- Hon D. N. S., Shiraishi N. 2000. Weathering and photochemistry of wood. V: Wood and cellulosic chemistry, revised, and expanded, CRC press: 523–556.
- Hudoklin A., Frelih A. 2001. Krakovski gozd. Ljubljana, Društvo za opazovanje in proučevanje ptic Slovenije - DOPPS.
- Humar M., Bučar B., Pohleven F. 2006. Brown-rot decay of copper-impregnated wood. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 58, 1: 9–14. doi 10.1016/j.ibiod.2006.03.003
- Humar M., Fabčič B., Zupančič M., Pohleven F., Oven P. 2008. Influence of xylem growth ring width and wood density on durability of oak heartwood. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 62, 4: 368–371. doi 10.1016/j.ibiod.2008.03.010
- Humar M., Kržišnik D., Lesar B., Brischke C. 2019. The performance of wood decking after five years of exposure: Verification of the combined effect of wetting ability and durability. *Forests*, 10, 10. doi 10.3390/f10100903
- Humar M., Lesar B., Kržišnik D. 2020. Tehnična in estetska življenjska doba lesa. *Acta Silvae et Ligni*, 121: 33–48. doi 10.20315/asetl.121.3
- Humar M., Lesar B., Kržišnik D. 2021. Vpliv podnebnih sprememb na dinamiko glivnega razkroja lesa v Sloveniji. *Acta Silvae et Ligni*, 125: 53–59. doi 10.20315/asetl.125.5
- Keržič E., Humar M. 2021. Studies on the material resistance and moisture dynamics of wood after artificial and natural weathering. *Wood Material Science and Engineering*. doi 10.1080/17480272.2021.1902388
- Keržič E., Lesar B., Humar M. 2021. Influence of weathering on surface roughness of thermally modified wood. *BioResources*, 16, 3: 4575–4692. doi 10.15376/biores.16.3.4675-4692
- Kraut B. 1987. Strojniški priručnik. 8. izd. Zagreb, Tehnička knjiga.
- Kropat M., Hubbe A. M., Laleicke F. 2020. Natural, Accelerated, and Simulated Weathering of Wood: A Review. *BioResources*, 15, 4: 9998–1062. doi 10.15376/biores.15.4.kropat
- Kržišnik D., Lesar B., Thaler N., Humar M. 2018. Micro and material climate monitoring in wooden buildings in sub-Alpine environments. *Construction and Building Materials*, 166: 188–195. doi 10.1016/j.conbuildmat.2018.01.118
- Lesar B., Humar M., Hora G. 2018. Quality assessment of recycled wood with and without non-wooden materials from selected recycling companies in Europe. *Waste Management*, 79: 362–373. doi 10.1016/j.wasman.2018.08.002
- Lesar B., Humar M., Oven P. 2008. Dejavniki naravne odpornosti lesa in njegova trajnost. *Les*, 11/12, 60: 408–414.
- MacKenzie C., Wang C.H., Leicester R.H., Foliente G.C., Nguyen M.N. 2007. Timber service life design guide: design guide for durability. *Forest and Wood Products Australia*.
- Meyer L., Brischke C. 2015. Fungal decay at different moisture levels of selected European-grown wood species. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 103: 23–29. doi 10.1016/j.ibiod.2015.04.009
- Meyer L., Brischke C., Melcher E., Brandt K., Lenz M. T., Soetbeer A. 2014. Durability of English oak (*Quercus robur* L.) - comparison of decay progress and resistance under various laboratory and field conditions. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 86: 79–85. doi 10.1016/j.ibiod.2013.06.025
- Otten K. A., Brischke C., Meyer C. 2017. Material moisture content of wood and cement mortars – Electrical resistance-based measurements in the high ohmic range. *Construction and Building Materials*, 153: 640–646. doi 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.090
- Rogers L., Cappellazzi J., Morrell J. J. 2020. Effect of distance above-ground on fungal colonization of blackgum and red oak ties during air-seasoning. *International Wood Products Journal*, 11, 3: 1–8. doi 10.1080/20426445.2020.1774851
- Schmidt O. 2006. Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use. Springer: 348 str.
- Sharapov E., Brischke C., Militz H., Smirnova E. 2019. Prediction of modulus of elasticity in static bending and density of wood at different moisture contents and feed rates by drilling resistance measurements. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77, 5: 833–842. doi 10.1080/20426445.2020.1774851
- Unger A., Schniewind A. P., Unger W. 2001. Conservation of wood artifacts : a handbook. Springer: 595 str.
- Wagenführ R. 2007. Holzatlas. 4th ed. Leipzig, Germany: Fachbuchverlag. 816 str.
- ZGS. 2021. Vrstna sestava gozdov. <https://www.gozd-les.com/slovenski-gozdovi/statistika-gozdov/vrstna-sestava> (13. 11. 2021)