

VPLIV ŠIRINE BRANIK HRASTOVINE IN DELEŽA EKSTRAKTIVOV NA NARAVNO ODPORNOST PROTI GLIVAM RAZKROJEVALKAM LESA

Influence of xylem growth ring width and extractive content on
durability of oak heartwood

Izvleček: Hrastovina (Quercus spp.) velja za eno najbolj odpornih evropskih vrst lesa. Najpomembnejši dejavnik naravne odpornosti hrastovine je velik delež ekstraktivnih snovi. V pričujoči raziskavi smo želeli ugotoviti, ali obstaja povezanost med širino branik (gostoto) in odpornostjo hrastovega lesa proti glivam razkrojevalkam. S tem namenom smo vzorce jedrovine hrasta, z različnimi širinami branik, izpostavili petim vrstam gliv razkrojevalk lesa: Daedalea quercina, Antrodia vaillantii, Hypoxylon fragiforme, Stereum hirsutum in Trametes versicolor, v skladu s standardom SIST EN 113. Na vzporednih vzorcih smo določili še deleža ekstraktivov in dušika. Iz izgube mase in mikroskopske analize razkrojenih vzorcev je razvidno, da so vzorci jedrovine hrasta z najožjimi branilkami (0,65 mm - 0,84 mm), torej z nižjo gostoto, bolj dovzetni za glivni razkroj kot gostejši vzorci s širšimi branikami (3,1 mm - 4,2 mm). Odpornost jedrovine hrasta s širino branik 0,77 mm in gostoto okrog 500 kg/m³ proti glivam, uporabljenim v raziskavi, je primerljiva z neodporno bukovino.

Ključne besede: glive razkrojevalke, gostota lesa, izguba mase, FTIR, razkroj, Quercus spp., širina branik

Abstract: Oak (Quercus spp.) is considered as one of the most durable European wood species. The most important factor influencing oak durability is its extractive content. In our work, we were interested in the affect of ring width and related density on oak-wood durability. Therefore, oak heartwood specimens were made of boards with different ring widths exposed to five different fungal species Daedalea quercina, Antrodia vaillantii, Hypoxylon fragiforme, Stereum hirsutum and Trametes versicolor, according to the SIST EN 113 procedure. On parallel samples, extractives and nitrogen content were determined as well. From gravimetrically determined mass losses and a microscopical analysis of decayed specimens we concluded that oak heartwood specimens with the narrowest growth rings and consequently lower density are more susceptible to fungal decay than denser specimens made of wider growth rings. Durability of oak heartwood with rings of 0.77 mm and density around 550 kg/m³ is comparable to durability of common beech.

Keywords: wood decay fungi, wood density, mass-loss, FTIR, decay, Quercus spp., xylem growth ring width

UVOD

Pomen odpornih vrst lesa v Evropi v zadnjih desetletjih narašča predvsem zaradi vse večje okoljske ozaveščenosti. Evropski uporabniki se zaradi krčenja tropskih pragoz-

dov izogibajo tropskim lesovom, zaščiten les pa uporabljajo le, če ni na voljo odpornih drevesnih vrst. Evropski standard SIST EN 350-2 (1995) uvršča med odporne le tri evropske komercialne lesne vrste in sicer; les robinije (*Robinia pseudoacacia* Linne), les pravega kostanja (*Castanea sativa* Miller) in hrastovino (*Quercus* spp.). Hrastovina se je že tradicionalno uporabljala za izdelke v stiku z zemljo, na

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101,
SI - 1000, Ljubljana, Slovenija, e-pošta: bostjan.lesar@bf.uni-lj.si

primer za vinogradniške kole, ograje in drugo infrastrukturo, večinoma brez kakršnekoli kemične zaščite. Zaradi višje cene se hrastovina na prostem danes uporablja predvsem za izdelke z višjo dodano vrednostjo, na primer za vrtno pohištvo, opremo za otroška igrišča, zunanje talne obloge in drugo. Kot je značilno za vse naravne materiale tudi odpornost hrastovine zelo variira. Znano je, da je lahko življenjska doba izdelkov iz jedrovine hrasta, ki so v stiku z zemljo, nepredvidljiva. Znatno delež izdelkov dokaj hitro propade, medtem ko nekateri ostanejo nepoškodovani več desetletij (Aloui in sod., 2004; Rapp in sod., 2006). Razlog za to bi lahko bile razlike v odpornosti lesa različnih dreves hrasta (Guilley in sod., 2004), kar avtorji pojasnjujejo z razlikami v vsebnosti ekstraktivnih snovi (predvsem fenolov) (Aloui in sod., 2004). Čeprav je delež ekstraktivov relativno majhen, pomembno vplivajo na odpornost lesa proti lesnim škodljivcem. Hrastovina z manjšim deležem vodotopnih ekstraktivnih snovi je bila bolj dovzetna za glivni razkroj kot les hrasta z višjim deležem ekstraktivov. Kljub temu lahko samo določen del variabilnosti med drevesi pojasnimo z ekstraktivnimi snovmi (Guilley in sod., 2004), vpliv drugih lastnosti lesa k odpornosti hrastovine ostaja skromno raziskan. V tej raziskavi smo ugotavljali zvezo med širino branike in odpornostjo hrastovine, saj je v literaturi objavljenih le malo poročil o vplivu širine branik na naravno odpornost lesa, pa še te raziskave so bile večinoma posvečene lesu iglavcev (Viitanen in sod., 1997), medtem ko podatkov o vplivu širine branik (ali gostote kot parameter širine branik) na naravno odpornost lesa venčasto poroženih listavcev nismo zasledili. Predpostavljamo, da bo jedrovina hrasta s širšimi branikami odpornejša od hrastovine z ožjimi branikami in da bo tu delež koloniziranih celic večji kot pri hrastovini s širšimi branikami.

MATERIALI IN METODE

V raziskavi smo uporabili štiri različne radialne deske hrastovine z različnimi povprečnimi širinami branik (preglednica 1). Vse deske so bile iz Vipavske doline in so bile tri leta zračno sušene. Deskam s pomočjo makroskopskih in mikroskopskih dihotomnih ključev nismo mogli določiti, kateri vrsti hrasta pripadajo. Možni vrsti sta dob (*Quercus robur* L.) in graden (*Quercus petraea* Liebel.), ki ju prištevamo v skupino tako imenovanih belih hrastov. Orientirane vzorce (11R mm x 15T mm x 40L mm, 40 za vsako desko) smo izdelali iz perifernega dela jedrovine. Tako smo v eksperimentu uporabili samo adultni les. Zaradi pomanjkanja primerljivega materiala za pripravo večjih vzorcev so bili le-ti manjši kot predpisuje standard SIST EN 113 (1996). Širino branik smo merili na uravnovešenih (20 °C, 65 % RH) vzorcih z opremo za dendrokronološke raziskave (LINTAB mizica z ročnim pomikom, stereo mikroskop OLYMPUS

S2-11, video kamera SONY CDD/RGB, računalnik). Širine branik smo izmerili s pomočjo programa za zajem podatkov TSAPWin za vsak vzorec posebej z natančnostjo 0,01 mm. Zatem smo vzorce posušili pri temperaturi 103±2 °C in določili maso ter dimenzije absolutno suhih vzorcev ter izračunali gostoto lesa v absolutno suhem stanju (ρ)

Hranilna gojišča za glive smo pripravili v steklenih kozarcih s pokrovčkom z volumnom 350 mL. V aluminijaste pokrovčke smo predhodno izvrtali luknje in jih zatesnili z vato. Kot hranilni medij smo uporabili krompirjev glukozni agar (PDA- Potato Dextrose Agar- DIFCO Laboratories), priprava je sledila navodilom proizvajalca. V vsak kozarec smo vlili po 50 mL hranilnega gojišča, jih zaprli in avtoklavirali (45 min; 120 °C; 1,5 bar). V avtoklav smo vstavili še mrežice iz umetne mase, ki so v nadaljevanju služile za oporo vzorcem na hranilnem gojišču in preprečevale navlaževanje lesa. Ko so se kozarci ohladili, smo na hranilno gojišče v brezprašni komori inokulirali hranilno gojišče z izbranimi vrstami gliv. Nato smo kozarce postavili v klimatizirano komoro s konstantno temperaturo 25 °C in vlažnostjo zraka 85 %.

Vzorce smo sterilizirali v avtoklavu (45 min; 120 °C; 1,5 bar). Nato smo jih v sterilnih pogojih vstavili v kozarce in jih nato za 16 tednov izpostavili petim različnim glivam razkrojevalkam lesa; dvema glivama rjave trohnobe (*Daedalea quercina* (L.) Pers. (Institut für Holzforschung, München Nemčija, *Antrodia vaillantii* (DC.: Fr.) Ryv. (ZIM L037) in trem glivam bele trohnobe (*Hypoxylon fragiforme* (Pers.) J. Kickx f. (Centraalbureau voor Schimmelcultures Baarn, Nizozemska), *Stereum hirsutum* (Willd.) Pers. (ZIM L047) in *Trametes versicolor* (L.:Fr.) Pilat. (ZIM L057)), kot zahteva standard SIST EN 113 (1996). Uporabljene glive razkrojevalke so bile izbrane, saj jih najdemo na lesu hrasta v naravi (Rayner in Boddy, 1995). Dva vzorca izdelana iz različnih desk hrastovine, sta bila naključno vstavljena v isti kozarec. Po izpostavitvi glivam smo vzorce očistili, posušili v sušilniku (103±2 °C) in jim izračunali spremembo mase. Za primerjavo smo uporabili vzorce bukovine (*Fagus sylvatica*), ki smo jih izpostavili istim sevom gliv. Poskus smo ponovili na osmih vzporednih vzorcih na glivo, oziroma na 40 vzorcih z enako povprečno širino branik za vse glive.

Na vzporednih vzorcih smo določili delež ekstraktivov (72 ur Soxhlet ekstrakcija, najprej z mešanico cikloheksana in etanola; nato samo z etanolom in nazadnje še z vodo (Tišler 1990)) in koncentracijo dušika. Za merjenje količine dušika smo odvzeli približno 1 g vzorcem, ki smo jih prehodno uporabili za pripravo anatomskih preparatov. Pred merjenjem količine dušika smo z električnim mlinčkom (IKA) vzorce lesa zmleli in homogenizirali na približno velikost delcev 0,2 mm. Približno 0,2 g absolutno suhega vzorca smo sežgali v kisikovi atmosferi pri 1350 °C v LECO

200-CNS analizatorju za določanje deleža ogljika in dušika, po protokolu Laboratorija za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije.

Z mikroskopsko analizo vzorcev smo določili tip in delež koloniziranih celic. V ta namen smo izbrali hrastovino z najožjimi in najširšimi branikami. Prečne preparate (debeline 30 μm) smo najprej obarvali s histološkim barvilom safranin (rdeče) in nato še z astra modrim. Preparate smo dehidrirali, jih položili na objektno steklo ter jih vklopili v evparal. Tako pripravljene trajne preparate smo opazovali in merili z mikroskopom Nikon Eclipse E800.

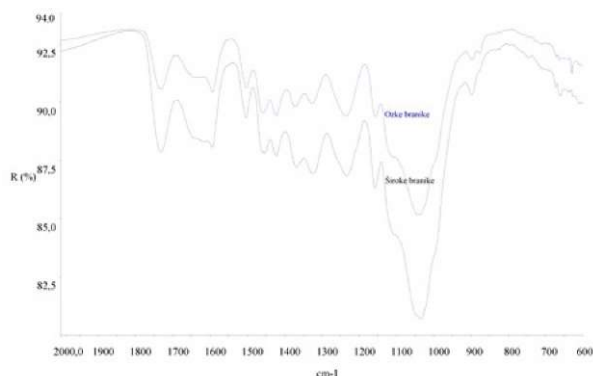
Z uporabo brusnih papirčkov Abrasive Pad 600 Grit-Coated, PK/100 (Perkin Elmer) smo posneli DRIFT (Diffuse Reflectance Infra-red Fourier Transform) spektre vzorcev lesa v območju med 4000 cm^{-1} in 450 cm^{-1} s spektrometrom Perkin Elmer FTIR (Fourier Transform Infra Red) Spectrum One. Dobljene spektralne vrhove smo primerjali s podatki za les (Michell, 1989).

Za statistično analizo rezultatov smo uporabili ANOVA (Newman-Keuls range test $p = 0,95$).

REZULTATI IN RAZPRAVA

Povprečna širina branik na preiskovanih deskah je znašala med 0,77 in 3,69 mm (preglednica 1). Glede na širino branik je značilna ($p = 0,05$) tudi razlika v gostoti lesa; izmerjene vrednosti znašajo med 549 kg/m^3 in 748 kg/m^3 . Opazili smo tudi kvantitativne razlike v kemijski sestavi med različnimi tipi vzorcev jedrovine hrasta. Delež ekstraktivnih snovi je variiral med 2,3 % pri hrastovini z najožjimi branikami in 5,7 % pri hrastovih deskah s povprečno širino branik 1,72 mm (preglednica 1). Med širino branik in deležem ekstraktivnih snovi nismo ugotovili nobene povezave.

Razlike v kemijski sestavi potrjujejo FTIR spektri. Iz deleža ekstraktivnih snovi je razvidno, da ima jedrovina z višjim



Slika 1: FTIR spektri jedrovine hrasta s širokimi (hrast 3) in ozkimi branikami lesa (hrast 1).

Preglednica 1: Relevantne lastnosti vzorcev hrastovine (*Quercus* spp.), uporabljene v raziskavi. Statistično primerljive skupine po Newman-Keuls range testu ($p = 0,95$)¹ so navedene v oklepajih.

	Širina branik (mm)	Gostota (kg/m^3)	Delež ekstrak- tivnih snovi (%)	Delež dušika (%)
Hrast 1	0,77 (a)	549 (a)	2,3 (a)	0,053 (a)
Hrast 2	1,72 (b)	593 (ab)	5,7 (c)	0,071 (b)
Hrast 3	1,79 (b)	653 (b)	2,5 (ab)	0,052 (a)
Hrast 4	3,69 (c)	748 (c)	3,8 (b)	0,053 (a)

deležem ekstraktivov več lignina in vrhov povezanih z benzenovimi obroči (1660 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , 1230 cm^{-1}) ter manj povezanih s celulozo (1450 cm^{-1} , 1425 cm^{-1}) (slika 1). Lignin in ekstraktivne snovi imajo podobno kemijsko zgradbo in tako tudi podoben odziv na IR svetlobo, zato jih v FTIR spektru ne moremo razlikovati.

Trije vzorci jedrovine hrasta (hrast 1, 3 in 4) vsebujejo okrog 0,05 % dušika, medtem ko je bil pri lesu z najvišjim deležem ekstraktivnih snovi (hrast 2) delež dušika večji (0,07 %). Delež dušika v lesu je pomemben, ker glive razkrojevalke potrebujejo zadostne količine dušika za rast (Zabel in Morell, 1992). Dostopen dušik v lesu pospešuje rast gliv (ibidem), vendar delež dušika v naših vzorcih ni vplival na odpornost lesa, saj je bilo dovolj dostopnega dušika v PDA (Potato Dextrose Agar) hranilnem gojišču.

Izgube mase med izpostavitvijo glivam podajamo v relativnih in absolutnih vrednostih (preglednica 2). Iz rezultatov sklepamo, da sta širina branik in naravna odpornost povezani. Med izpostavitvijo glivam so vzorci izgubili med 0,9 % in 41,9 % mase. Vzorci z najožjimi branikami so bili bolj razkrojeni kot vzorci s povprečnimi ali najširšimi branikami ($p = 0,05$). Najvišjo izgubo mase so imeli vzorci z najožjimi branikami, izpostavljeni glivi *H. fragiforme* (41,9 %), ki povzroča belo trohnobo, sledila je gliva *D. quercina* (30,6 %), ki povzroča rjavo trohnobo in gliva, ki povzroča belo trohnobo *S. hirsutum* (10,4 %). Preostali dve glivi *A. vaillantii* in *T. versicolor* sta povzročili statistično značilno manjše izgube mase, in sicer 3,2 % ter 3,5 % (preglednica 2). Za primerjavo smo glivam izpostavili tudi vzorce bukovine, ki velja za eno najslabše odpornih vrst lesa v Evropi (SIST EN 350-2). *D. quercina* povzroča višjo, *H. fragiforme* pa povzroča primerljivo izgubo mase vzorcev hrastovine z najožjimi branikami, kot smo jo določili pri bukovini. Ti podatki nakazujejo, da je v nekaterih primerih odpornost hrastovine primerljiva z odpornostjo bukovine, kljub dejstvu, da je les hrasta v standardu SIST EN 350-2 uvrščen med odporne

vrste lesa. Z dobljenimi rezultati lahko delno pojasnimo primere nepričakovano kratke življenjske dobe nekatere hrastovine v stiku z zemljo.

Večina vzorcev hrastovine kaže boljšo odpornost proti glivam razkrojevalkam, z izjemo jedrovine hrasta s srednje širokimi branikami (hrast 3). Ta vzorec jedrovine hrasta je imel primerljivo širino branik z vzorci hrasta 2, vendar je bil znatno odpornejši na glivi *D. quercina* in *H. fragiforme* kot vzorci hrasta 3. Na osnovi teh rezultatov sklepamo, da vseh razlik v odpornosti ne moremo pojasniti s širinami branik, temveč na odpornost lesa vplivajo še drugi faktorji. Nekateri avtorji poročajo, da je delež ekstraktivov najpomembnejši parameter lesa, povezan z njegovo odpornostjo proti glivam (Aloui in sod., 2004; Guilley in sod., 2004). Z analizo ekstraktivov na istih štirih vzorcih hrastovine smo potrdili predhodne ugotovitve. Hrast 2, ki je bil bolj odporen proti glivam razkrojevalkam, je vseboval višji delež ekstraktivov (5,7 %) kot hrast 3 (2,5 %) (preglednica 2). Poleg tega so se vzorci hrasta 2 izmed vseh vzorcev izkazali za najbolj odporne.

Velik vpliv na določanje naravne odpornosti hrastovine z različno širino branik pa ima tudi uporabljena testna gliva. Vzorci hrastovine z najširšimi branikami, izpostavljeni *D. quercina*, so v povprečju izgubili 9,5 % mase, medtem ko je bila izguba mase pri ostalih glivah zanemarljiva. Vzorci s srednjo širino branik (1,72 mm) in najvišjim deležem ekstraktivov, izdelani iz hrasta 2, so v povprečju izgubili manj kot 2 % svoje mase po 16 tednih izpostavitve glivam (preglednica 2). Ta rezultat potrjuje navedbe v literaturi (Aloui in sod., 2004; Guilley in sod., 2004), da je delež ekstraktivov ključen parameter, ki določa odpornost hrastovine. Vzorci hrastovine z najširšimi branikami imajo statistično značilno manjši delež ekstraktivov kot vzorci hrasta 2. Poleg tega pa statistično značilno večji delež kot vzorci hrasta 3 vzorci z najožjimi branikami (hrast 1).

Mikroskopska analiza micelija gliv v lesu je razkrila, da nobena od testnih gliv ni s hifami prodrla v trakovne parenhimske celice, saj le-te vsebujejo najvišji delež ekstraktivnih snovi. Najbolj so bile kolonizirane traheje, ki so najširše celice v hrastovini in predstavljajo nekakšno avtocesto za glive. *T. versicolor* je kolonizirala najmanjši delež celic lesa hrasta, medtem ko je vrsta *H. fragiforme* najbolj kolonizirala hrastovino in jo tudi razkrojila (Slika 2). Kot smo pričakovali, je bil les z najožjimi branikami bolj koloniziran kot les z najširšimi branikami. Še več, v večini primerov so bile vse uporabljene glive, z

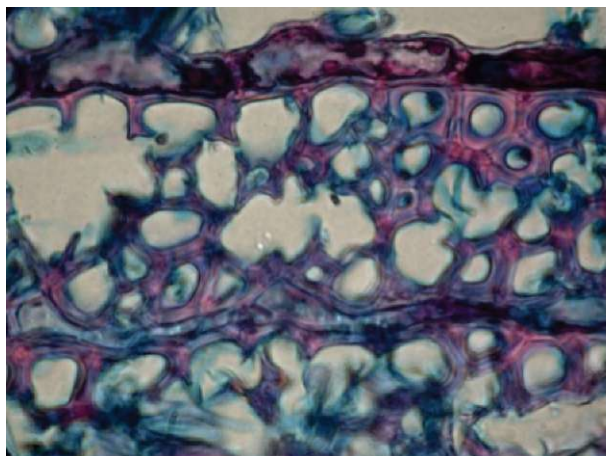
Preglednica 2: Širina branik ter absolutna in relativna izguba mase vzorcev hrastovine (*Quercus* sp.) in primerjalno bukve (*F. sylvatica*) po 16 tednih izpostavitve glivam razkrojevalkam. Statistično primerljive skupine so v navedene v oklepajih.

Gliva	les	Širina branik (mm)	Absolutna izguba mase (g)	Relativna izguba mase (%)
<i>Daedalea quercina</i>	Hrast 1	0,7	1,23 (d)	30,6 (d)
	Hrast 2	1,6	0,12 (a)	2,7 (a)
	Hrast 3	1,8	0,63 (b)	13,1 (b)
	Hrast 4	3,5	0,51 (b)	9,5 (b)
	Bukev	/	0,93 (c)	22,1 (c)
<i>Antrodia vaillantii</i>	Hrast 1	0,9	0,13 (b)	3,2 (b)
	Hrast 2	1,9	0,05 (a)	0,9 (a)
	Hrast 3	1,8	0,02 (a)	0,4 (a)
	Hrast 4	4,2	0,04 (a)	0,8 (a)
	Bukev	/	0,72 (c)	17,6 (c)
<i>Hypoxyylon fragiforme</i>	Hrast 1	0,7	1,69 (c)	41,9 (c)
	Hrast 2	1,5	0,05 (a)	1,2 (a)
	Hrast 3	1,9	0,52 (b)	10,8 (b)
	Hrast 4	3,2	0,08 (a)	1,6 (a)
	Bukev	/	1,92 (c)	44,7 (c)
<i>Stereum hirsutum</i>	Hrast 1	0,7	0,41 (c)	10,4 (b)
	Hrast 2	1,7	0,05 (a)	1,3 (a)
	Hrast 3	1,6	0,10 (b)	2,1 (a)
	Hrast 4	3,4	0,09 (b)	1,7 (a)
	Bukev	/	1,44 (d)	34,3 (c)
<i>Trametes versicolor</i>	Hrast 1	0,9	0,13 (b)	3,5 (b)
	Hrast 2	1,9	0,05 (a)	1,2 (a)
	Hrast 3	1,8	0,07 (a)	1,5 (a)
	Hrast 4	4,2	0,09 (a)	1,6 (a)
	Bukev	/	1,80 (c)	42,2 (c)

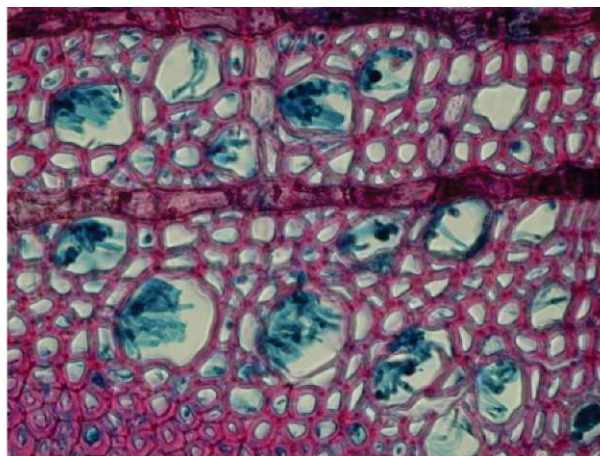
izjemo *T. versicolor*, sposobne kolonizirati les, vendar ga večina ni bila sposobna razgraditi kot na primer *A. Vaillantii* (Preglednici 2 in 3) (Slika 3).

SKLEPI

Jedrovina hrasta z najožjimi branikami je bila bolj dovzetna za glivni razkroj kot vzorci izdelani iz gostejšega lesa in s povprečno širšimi branikami. Naravna odpornost jedrovine hrasta s povprečno širino branik 0,77 mm in gostoto 549 kg/m³ je primerljiva z



Slika 2: Kolonizirane pore in razkrojene celične stene traheid ter nerazkrojene parenhimske celice trakov po 16 tednih izpostavitve hrastovine z ozkimi branikami glivi *H. fragifome*. Hife so modro obarvane.



Slika 3: Kolonizirane pore, traheide in libriformska vlakna, vendar nerazkrojene celične stene po 16 tednih izpostavitve hrastovine z ozkimi branikami glivi *A. vaillantii*. Hife so modro obarvane.

Preglednica 3: Mikroskopska analiza kolonizacije jedrovine hrasta. znak +++ pomeni, da smo hife opazili v vseh celicah; ++ najmanj polovica celic je bila koloniziranih; + nekaj celic je bilo koloniziranih, - celice niso bile kolonizirane.

Gliva	Širina branik/ vzorec	Pore	Traheide	Libriformska vlakna	trakovne parenhimske celice
<i>Daedalea quercina</i>	ozke / Hrast 1	+++	+	+++	-
	široke / Hrast 4	++	+	-	-
<i>Antrodia vaillantii</i>	ozke / Hrast 1	+++	+++	++	-
	široke / Hrast 4	++	+	-	-
<i>Hypoxylon fragiforme</i>	ozke / Hrast 1	+++	+++	+++	-
	široke / Hrast 4	+++	++	+	-
<i>Stereum hirsutum</i>	ozke / Hrast 1	+++	+++	++	-
	široke / Hrast 4	++	+	+	-
<i>Trametes versicolor</i>	ozke / Hrast 1	++	+	-	-
	široke / Hrast 4	+	-	-	-

odpornostjo bukovine. Poleg širine branik na odpornost hrastovine vplivajo še druge lastnosti, predvsem ekstraktivne snovi.

ZAHVALE

Avtorji se zahvaljujemo Javni agenciji za raziskovalno dejavnost republike Slovenije za finančno podporo programske skupine P4-0015-0481. Za tehnično podporo se zahvaljujemo diplomantu Blažu Fabčiču.

LITERATURA

1. **Aloui F., Ayadi N., Charrier F., Charrier B. (2004)** Durability of European oak (*Quercus petraea* and *Quercus robur*) against white rot fungi (*Coriolus versicolor*): relations with phenol extractives. Holz Als Roh-Und Werkstoff, 62, 4: 286-290
2. **European Committee for Standardization (1995)** Durability of wood and wood-based products - Natural durability of solid wood - Part 2: Guide to natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe, SIST EN 350-2, Brussels
3. **European Committee for Standardization (1996)** Wood preservatives; Determination of the toxic values against wood destroying basidiomycetes cultured on agar medium. SIST EN 113, Brussels
4. **Guilley E., Charpentier J. P., Ayadi N., Snakkers G., Nepveu G., Charrier B. (2004)** Decay resistance against *Coriolus versicolor* in Sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.): analysis of the between-tree variability and correlations with extractives, tree growth and other basic wood properties. Wood Science and Technology, 38, 7: 539-554
5. **Michell A. J. (1989)** Second derivate FTIR spectra of woods. V: Wood and Cellulosic Chemistry. Hon D.N.S. in Shiraishi N. (Ur.), Marcel Dekker, New York,
6. **Rapp A., Augusta U., Brandt K. (2006)** The natural durability of wood in different use classes: Part II. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 10598
7. **Rayner A. D. M., Boddy L. (1995)** Fungal Decomposition of Wood. Its Biology And Ecology. John Wiley & Sons, New York,
8. **tišler v. (1990)** Kemijska analiza lesa (Za interno uporabo). Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta oddelek za lesarstvo, 47 str.
9. **viitanen H., Paajanen L., Saranpaa P., viitaniemi P. (1997)** Durability of larch (*Larix spp*) Wood against brown-rot fungi. International Research Group on Wood Preservation, IRG/WP 97-10228
10. **zabel R. A., Morell J. J. (1992)** Wood Microbiology, Decay and its Prevention. Academic press, San Diego