

IZBRANE LASTNOSTI STO LET STARE BUKOVINE

Selected properties of one hundred year old beech wood

Povzetek: V prispevku obravnavamo spremembe lesa zaradi staranja. V prispevku smo se osredotočili predvsem na biotske spremembe bukovine, ki so jih povzročile glive bele trohnobe in navadni trdoglavec. Rezultati mehanskih testov kažejo, da se mehanske lastnosti lesa bistveno poslabšajo, kar pa nima vpliva na kratkotrajen navzem vode v les. Naravna odpornost stare bukovine se še poslabša, zato je treba skrbeti za ustrezne pogoje, v katerih se nahaja les.

Ključne besede: star les, mehanske lastnosti, *Fagus sylvatica*, sorpcijske lastnosti

Abstract: Changes of wood due to ageing are elucidated in this respective article. Beech wood degraded by white rot fungi and furniture beetle was examined. The results of the mechanical tests showed considerable decrease that did not influence on the short term water uptake. Natural durability of old beech wood even decreased what lead us to conclusion that special consideration should be given to the use condition.

Keywords: old wood, mechanical properties, *Fagus sylvatica*, sorption properties

UVOD

Les je material za današnji čas; raste v gozdovih, ki jih imamo v Sloveniji v izobilju, nastaja v naravi ob porabi CO₂ iz zraka ter vode in mineralov iz gozdnih tal s fotosintezo, obdelava in predelava lesa zahteva od 5 do 10-krat manj energije kot proizvodnja konkurenčnih materialov (beton, jeklo), ob pravilni uporabi pa lahko predstavlja izjemno kakovostno, trajno in visokotehnološko dobrino za proizvodnjo cele palete različnih proizvodov (Rüter in sod., 2005).

Les je eden izmed najpomembnejših gradbenih materialov. V gradbene namene se uporablja že zelo dolgo. Med uporabo je les izpostavljen delovanju biotskih in abiotičnih dejavnikov razkroja, ki lahko nezaščiten les že v nekaj mesecih povsem razkrojijo (Thaler in sod., 2012a). Med biotske dejavnike prištevamo predvsem glive in insekte, ki lahko v relativno kratkem času povsem razgradijo les.

Tako razkrojen les ni več primeren za vse namene uporabe (Humar in sod., 2006).

V zadnjem obdobju postaja vedno pomembnejša raba lesa v kaskadah. Les ima namreč več življenjskih ciklov, najprej ga lahko uporabimo kot konstrukcijski les, ki ga po uporabi predelamo v lesne kompozite, na koncu pa odslužen les uporabimo za energijo. Z odsluženim lesom je povezanih nekaj vprašanj: od prisotnosti onesnažil, s katerimi smo onesnažili les med uporabo, do vprašanj, povezanih z mehanskimi in sorpcijskimi lastnostmi (Humar, 2010). Neustrezne mehanske lastnosti omejujejo nadaljnjo uporabo odsluženega lesa. Namen tega prispevka je osvetliti, kako se staranje odraža v spremembi mehanskih in sorpcijskih lastnosti. Ti podatki bodo podlaga za odločitve o možnih rabah odsluženega lesa.

MATERIALI IN METODE

Sto let staro bukovino smo pridobili iz pohodnih površin starega skednja z območja Dolenjske. Bukovina je bila deloma okužena z glivami bele trohnobe, na nekaterih bukovih vzorcih pa je bilo opaziti tudi znake delovanja navadnega trdoglavca (*Anobium punctatum*). Stare deske smo s krožnim žagalnim strojem razrezali na manjše vzorce, ki smo jih uporabili v nadaljnjih raziskavah. Velikost in

* univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Slovenija

** univ. dipl. inž., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Slovenija; e-pošta: nejc.thaler@bf.uni-lj.si

*** prof. dr., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, Ljubljana, Slovenija; e-pošta: miha.humar@bf.uni-lj.si

dimenzije vzorcev so skladne z metodologijo, ki so jo postavili Thaler in sod. (2013). To nam omogoča primerljivost rezultatov, pridobljenih v različnih okvirih. Za primerjavo smo uporabili sveže posekano, zračno sušeno bukovino, kot je opisano v Thaler in sod. (2013).

Za merjenje modula elastičnosti je pomembno, da so vsi vzorci uravnovešeni pri standardni klimi ($65 \% \pm 5 \%$ relativne zračne vlažnosti (RZV); $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) do konstantne mase. Vzorce velikosti $65\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ smo preizkušali na večnamenski napravi za preizkušanje mehanskih lastnosti Zwick-Roell Z005 s statičnim tritočkovnim upogibnim testom, kot je opisano v standardu SIST EN 310:1993 (CEN, 1993). V skladu s standardom ASTM D 1037-99 (ASTM, 1999) smo opravili preizkuse tlačne trdnosti. Pred testiranjem so bili vsi vzorci v standardni klimi do ravnotežne vlažnosti (pri $65 \% \pm 5 \%$ RZV; $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$) kot predvideva standard.

Navlaževanje lesa (navzem kapilarne vode) smo preizkušali z gravimetričnim določanjem navzema destilirane vode skozi prečni prerez vzorcev v 200 sekundah namakanja izpostavljenih čel (Pavlič, 2009).

Lesne vzorce ($25\text{ mm} \times 25\text{ mm} \times 8\text{ mm}$) smo izpostavili trem glivam bele trohnobe (*Hypoxylon fragiforme*, *Pleurotus ostreatus* in *Trametes versicolor*) in dvema glivama, povzročiteljicama rjave trohnobe (*Gloeophyllum trabeum* in *Antrodia vaillantii*) v skladu z modificiranim testom SIST EN 113 (2004) za 12 tednov. Vzorce smo vstavili v petrijevke s teden dni starim, z glivami preraslim hranilnim gojiščem. Vzorce smo polagali na HDPE mrežo, ki je preprečila pretirano navlaževanje vzorcev. Po 12 tednih inkubacije (25 °C , RH = 85 %) smo vzorce izolirali, jih posušili ($103\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$; 24 h) in gravimetrično določili izgubo mase.

REZULTATI IN RAZPRAVA

Mehanske lastnosti bukovine so prikazane v preglednici 1. Iz predstavljenih vrednosti je jasno razvidno poslabšanje vseh izpostavljenih mehanskih lastnosti. Modul elastičnosti se je znižal za skoraj 50 %, tlačna trdnost za 60 %, upogibna trdnost pa kar za 68 %. Vzrok za takšno poslabšanje mehanskih lastnosti se skriva v dejstvu, da je bil les med uporabo okužen z glivami bele trohnobe ter mehansko poškodovan zaradi delovanja navadnega trdoglavca (*Anobium punctatum*). Navadni trdoglavec sodi med najpogostejše lesne škodljivce, ki se pojavljajo na starem lesu listavcev v uporabi (Unger in sod., 2001). Glede na veliko stopnjo poškodovanosti so preostale mehanske lastnosti še relativno dobre. Ta podatek kaže na dejstvo, da tudi

Preglednica 1: Modul elastičnosti (MoE), upogibna trdnost (MoR) in tlačna trdnost (F_m) bukovine. Standardni odkloni so podani v oklepajih.

Kontrola			Star les		
MoE [N/mm ²]	MoR [N/mm ²]	F_m [N/mm ²]	MoE [N/mm ²]	MoR [N/mm ²]	F_m [N/mm ²]
8222 (468)	116,6 (2,8)	49,3 (1,6)	4268 (855)	37,6 (11,4)	19,4 (3,4)

mehansko zelo poškodovane konstrukcije lahko prenesejo tako velike obremenitve. Po drugi strani je primerjava teh rezultatov z literaturnimi pokazala (Thaler in Humar, 2013), da staranje v suhem pokritem prostoru ne vpliva na mehanske lastnosti smrekovine. Do podobnih zaključkov so prišli tudi Kránitz in sodelavci (2010).

S tenziometrom lahko enostavno ocenimo hitrost kratkotrajnega navlaževanja. Ta podatek je zelo indikativen, saj osvetli, kako hitro se navlaži les v primeru kratkotrajnih padavin. Hitreje kot se les navlaži, bolj je dovzeten za glivni razkroj. Po drugi strani je tudi znano, da se permeabilnost lesa, izpostavljenega delovanju gliv, v prvih stopnjah razkroja povečuje. Na zvečanje permeabilnosti še posebej vplivajo glive bele trohnobe (Thaler in sod. 2012b). Iz podatkov, predstavljenih v preglednici 2, je razvidno, da se kratkotrajni navzem vode v star les rahlo poveča, vendar razlike niso statistično značilne. Za star les je opazna izrazito velika variabilnost, ki jo v največji meri pripisujemo ne-enakomernemu razkroju ter prisotnosti poškodb, ki jih je povzročil navadni trdoglavec.

Preglednica 2: Kratkotrajni navzem vode v svež in star les bukve, določen s tenziometrom. Standardni odkloni so podani v oklepajih.

Kontrola	Star les
Navzem [g/cm ²]	Navzem [g/cm ²]
0,1456 (0,0244)	0,1486 (0,0771)

Preglednica 3: Izgube mase svežega in starega lesa bukve po 12-ih tednih izpostavitve petim lesnim glivam. Standardni odkloni so podani v oklepajih.

Lesna gliva	Kontrola	Star les
	Izguba mase (%)	
<i>G. trabeum</i>	30,6 (6,8)	51,2 (7,5)
<i>H. fragiforme</i>	43,4 (8,8)	24,6 (6,6)
<i>P. ostreatus</i>	25,7 (8,9)	19,6 (2,8)
<i>A. vaillantii</i>	11,2 (2,3)	19,0 (2,7)
<i>T. versicolor</i>	31,8 (9,8)	31,2 (6,5)

V literaturi je dostopnih relativno veliko podatkov o odpornosti bukovine na lesne glive. Bukovina sodi med lesne vrste z najslabšo naravno odpornostjo. To je razvidno tudi iz izgub mase, ki so jih povzročile lesne glive (Preglednica 3). Najvišjo izgubo mase kontrolnih vzorcev je povzročila gliva *H. fragiforme* (43,4 %), najmanj pa gliva rjave trohnobe *A. vaillantii* (11,2 %). Ta podatek je pričakovan, saj je za glive rjave trohnobe znano, da ne razkrajajo lesa listavcev v takšni meri kot glive bele trohnobe. Če primerjamo izgube mase starega in sveže posekanega lesa, opazimo, da je izguba mase starega lesa, izpostavljenega glivam rjave trohnobe, večja od izgube mase kontrolne bukovine. Izrazito je upadla izguba mase stare bukovine, izpostavljene glivama *P. ostreatus* in *H. fragiforme*. Možnih razlogov za to razliko je več. Glavni je verjetno povezan z dejstvom, da je bilo na stari bukovini opaziti posledice delovanja gliv bele trohnobe. Tako je bilo glivam bele trohnobe na voljo manj hranljivih snovi, možno pa je, da so razvoj gliv zavirali preostali razgradni produkti v lesu.

ZAKLJUČKI

Mehanske lastnosti starega lesa so bistveno slabše kot mehanske lastnosti sveže posekanega lesa. Mehanske lastnosti se poslabšajo za 50 % do 68 %, kar pripisujemo delovanju gliv bele trohnobe in napadu navadnega trdoglavca. Naravna odpornost starega lesa se še poslabša, še posebej se zniža odpornost proti glivam rjave trohnobe.

ZAHVALA

Avtorji se zahvaljujemo Agenciji za Raziskovalno dejavnost Republike Slovenije za finančno podporo v okviru projekta L4 5517 in programa P4-0015. Za tehnično pomoč se zahvaljujemo Mihi Adamiču in Matevžu Bregarju.

LITERATURA

1. **ASTM D 1037-99 (1999)** Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle. ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 31.
2. **CEN. (2004)** EN 113 – Wood preservatives - Test method for determining the protective effectiveness against wood-destroying basidiomycetes. Determination of toxic values. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium
3. **CEN. (1993)** EN 310 – Wood Based Panels - Determination of modulus of elasticity in bending and of bending strength. European Committee for Standardisation, Brussels, Belgium
4. **Humar M. (2010)** Inorganic pollutants in recovered wood from Slovenia and boards made of disintegrated wood. The open environmental engineering journal, 3: 1-6.
5. **Humar M., Bučar B., Pohleven F. (2006)** Brown-rot decay of copper-impregnated wood. Int. biodeterior. biodegrad. 58 (1): 9-14.
6. **Kránítz K., Deublein M., Niemz P. (2010)** Strength estimation of aged wood by means of ultrasonic devices. The Future of Quality Control for Wood & Wood Products. Edinburgh, 10 p.
7. **Pavlič M. (2009)** Lastnosti površinskih premazov v odvisnosti od njihovih interakcij s termično modificiranim lesom.

8. **Rüter S., Humar M., Fruehwald A. (2005)** Treatment of recovered wood : preliminary results from inquiry to delegates of COST action E31. Management of recovered wood : strategies towards a higher technical, economical and environmental standard in Europe : proceedings, Bordeaux, Thessaloniki: University studio press, 52-74.
9. **Thaler N. and Humar M. (2013)** Mechanical and fungicidal properties of approximately 100 years old oak, beech and spruce wood beams. Shatis 13, 10 p.
10. **Thaler N., Lesar B., Humar M. (2012a)** Življenjska doba lesa, impregniranega s komercialnim baker-etanolaminskim pripravkom, v stiku z zemljo. Les, 64 (11/12): 327-332.
11. **Thaler N., Lesar B., Kariž M., Humar M. (2012b)** Bioincising of Norway spruce wood using wood inhabiting fungi. Int. biodeterior. biodegrad. 68 (1): 51-55.
12. **Unger A., Schniewind A.P., Unger W. (2001)** Conservation of wood Artifacts. Berlin, Springer.