

Ali imamo v Sloveniji na voljo naravno odporen les?

Is Naturally Durable Wood Available in Slovenia?

Ajda POGORELČNIK¹, Nejc THALER², Boštjan LESAR³, Davor KRŽIŠNIK⁴, Miha HUMAR⁵

Izvleček:

Pogorelčnik, A., Thaler, N., Lesar, B., Kržišnik, D., Humar, M.: Ali imamo v Sloveniji na voljo naravno odporen les?; *Gozdarski vestnik*, 75/2017, št. 7-8. V slovenščini s izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 11. Pregled angleškega besedila Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic.

V zadnjem obdobju se raba lesa veča, še posebno za gradbene namene. Na prostem je les izpostavljen delovanju biotskih in abiotskih dejavnikov razkroja. Teh procesov ne moremo preprečiti, s pravilnim načrtovanjem konstrukcij, izbiro ustreznih lesnih vrst ali biocidno zaščito pa jih lahko zelo omejimo. Pri izbiri lesa je eden od najpomembnejših podatkov njegova naravna odpornost. Letos je bil objavljen nov standard, ki na tem področju prinaša številne novosti. Najbolj izrazito je zmanjšanje odpornosti macesnovine in hrastovine, predvsem zaradi variabilnosti lesa, ki je v celoti ne znamo pojasniti. V tem prispevku so navedena najnovejša spoznanja in nekateri rezultati, ki se nanašajo na naravno odpornost in življenjsko dobo lesa.

Glavne besede: les, naravna odpornost, življenjska doba, razkroj, glive

Abstract:

Pogorelčnik, A., Thaler, N., Lesar, B., Kržišnik, D., Humar, M.: Is Naturally Durable Wood Available in Slovenia?; *Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry)*, 75/2017, vol 7-8. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 11. Proofreading of the English text Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The use of wood is increasing in the recent years, predominately in the building sector. Wood in outdoor applications is exposed to a variety of biotic and abiotic degradation factors. These processes cannot be completely prevented, but can be slowed down with proper construction, selection of wood species and/or application of biocides. One of the most important criteria that influences the selection of wood species is natural durability. There has been new EN standard published recently that brings new classification of wood species to durability classes. The most important decrease of durability has been assigned to larch and oak wood, predominately due to the huge variability that cannot be fully controlled. In the respective contribution, new aspects and data that are related to durability and service life of wood are presented.

Key words: wood, natural durability, service life, decay, fungi

1 UVOD

V zadnjem obdobju se raba lesa veča. Ena od neizkoriščenih možnosti za večjo rabo lesa je lesna gradnja, ki se ravno tako povečuje. Pri odločitvi za primarni gradbeni material pa se pogosto srečamo z vprašanjem, kolikšna je življenjska doba in kolikšni so stroški vzdrževanja določenega

elementa. Podatki so že na voljo za številne klasične materiale (jeklo, aluminijeve zlitine, polimere ...), za les pa jih še primanjkuje. Namen prispevka je predstaviti nova spoznanja na področju določanja odpornosti lesa proti glivam razkrojevalkam in opisati nov model, ki je temelj za določanje življenjske dobe lesa.

¹ A. P., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija, ajda.pogorelcnik@gmail.com

² Doc. dr. N. T., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija, nejc.thaler@bf.uni-lj.si

³ Doc. dr. B. L., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000

Ljubljana, Slovenija, bostjan.lesar@bf.uni-lj.si

⁴ D. K., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija, davor.krzisnik@bf.uni-lj.si

⁵ Prof. dr. M. H., Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija, miha.humar@bf.uni-lj.si

2 RAZKROJ IN ZAŠČITA LESA

Les na prostem je izpostavljen biotskim (glive, insekti, bakterije ...) in abiotskim (žarki UV, zmrzal, ogenj, kisli dež ...) dejavnikom razkroja. V naravi so ti procesi zaželeni, kadar pa les uporabljamo v gospodarske namene, jih želimo čim bolj upočasniti. Med biotskimi dejavniki razkroja v našem podnebni pasu les ogrožajo predvsem glive (Žlahtič Zupanc in Humar, 2017). Če les ni ustrezno vgrajen ali zaščiten, lahko zaradi delovanja gliv propade v kratkem času. Zato se strokovnjaki intenzivno ukvarjajo z zagotavljanjem ustrezne življenjske dobe lesa že od časov industrijske revolucije. Ravno razvoj zaščite lesa je omogočil širjenje telekomunikacijskega in železniškega omrežja v Evropi. Ob začetkih industrijske revolucije je bila odporna hrastovina namenjena le za vojaške namene, zato je niso smeli nameniti za izgradnjo infrastrukture (Walker in sod., 1993). Zaščita lesa je omogočila, da so za pragove lahko uporabili les neodporne bukovine. Na dvorišču impregnacijske postaje v Hočah je še vedno mogoče videti sto let stare železniške pragove brez slehernih znakov razkroja.

V zadnjih desetletjih je bilo področje zaščite lesa deležno velikih sprememb. Številni klasični biocidi so v Evropi prepovedani ali pa je njihova uporaba zelo omejena. V bivanjskem okolju rabo zaščitenega lesa zelo omejuje vedno večja okoljska zavest kupcev, ki se v veliki meri izogibajo biocidov in z biocidi zaščitenega lesa. Ena od alternativ zaščitenemu lesu je bila dolgo obdobje tudi les iz tropskih predelov Afrike in Južne Amerike. V tamkajšnjih tropskih predelih uspevajo lesne vrste z najboljšo naravno odpornostjo, ki jo lahko primerjamo z odpornostjo impregniranega lesa. Tropske lesne vrste so, predvsem zaradi vedno večje okoljske ozaveščenosti, vedno manj zaželeni. Zaradi opisanih razlogov se v Evropi večja povpraševanje po domačih lesnih vrstah, lesnih vrstah iz lokalnega okolja, lesu iz gozdov, kjer se gospodari na sonaraven način, lesu, ki ga ni treba transportirati čez pol sveta. Zato v Evropi domače lesne vrste pridobivajo na pomenu (Brischke in sod., 2013), kar je še posebno izrazito na področju lesne gradnje.

3 NARAVNA ODPORNOST LESA

Že stoletja je znano, da imajo različne lesne vrste les z različno naravno odpornostjo. Naravna odpornost

(ang. »natural durability«) je v najširšem pomenu definirana kot odpornost lesa proti delovanju fizikalnih (obrab, erozija ...) , kemijskih (kisli dež, kemikalije, sol ...) ali bioloških dejavnikov (glive, insekti, bakterije ...) (Dinwoodie, 2000). V našem podnebni pasu največ škode na lesu povzročajo biotski dejavniki razkroja in jih štejemo za najpomembnejše. Zato standard EN 350 (2017) definira naravno odpornost lesa kot lastnost, ki jo ima les v naravnem zdravem stanju in označuje odpornost proti lesnim škodljivcem v danem okolju. Izraz naravna odpornost se uporablja zgolj za nezaščiten les, medtem ko se za zaščiten ali modificiran les uporablja izraz odpornost (ang. Durability) lesa (Brischke in sod., 2006; Lesar in sod., 2010). Naravna odpornost je odvisna od anatomske zgradbe in kemijske sestave lesa.

V strokovni literaturi je že zelo zgodaj mogoče najti različne podatke o tej tematiki. Prvi podatki o naravni odpornosti in predvideni življenjski dobi lesa v slovenskem jeziku so zapisani v Kmetiskih in rokodelskih novicah iz leta 1893 (Anon, 1893). Do nedavnega je večina delitev lesa v razrede odpornosti temeljila na podlagi strokovnih ocen in mnenj. Šele leta 2017 je bil sprejet prvi standard, ki je razdelil les v razrede odpornosti na podlagi poizkusov, ki so potekali v kontroliranih pogojih v laboratorijih in na terenskih poljih. Tako standard EN 350 (2017) les razvršča v pet razredov. V prvega sodijo najbolj odporne lesne vrste, v petega pa lesne vrste, ki so najbolj dovzetne za razkroj (preglednica 1). Med najbolj odporne komercialne lesne vrste sodi les kostanja in robinije. Ena od večjih sprememb, povezanih s tem standardom, je razvrstitev jedrovine macesna in hrasta. Macesnov les je uvrščen v tretji do četrti razred odpornosti, hrastov les pa v drugi do četrti. To pomeni, da je spekter uporabe lesa obeh lesnih vrst zelo zmanjšan. V skladu s tem standardom ne smemo uporabljati niti lesa hrasta niti lesa macesna v stiku z zemljo, za izgradnjo mostov ... Če les uporabimo v neprimernih aplikacijah, je projektant odgovoren za vso materialno škodo, ki nastane ob morebitni porušitvi neprimerno projektirane zgradbe. Razlog za razvrstitev hrastovine v nizke razrede je povezana z veliko variabilnostjo kemijske in anatomske zgradbe lesa. Del variabilnosti lahko povežemo s širino branik. Odpornost hrastovine z branikami, ki so ožje od 1 mm, je

na primer primerljiva z odpornostjo bukovine. V ožjih branikah prevladujejo traheje z velikimi lumni, ki ne zagotavljajo ustreznih mehanskih lastnosti. V laični in strokovni javnosti se pogosto navaja, da na odpornost lesa zelo vpliva tudi čas sečnje (Torelli, 2005; Špiler, 2015). Vendar doslej z laboratorijsko ali terensko raziskavo še nikomur ni uspelo dokazati vpliva časa sečnje ali luninih men na odpornost lesa. Ne nazadnje v jedrovini v času poseka ni živih parenhimskih celic niti drugih, ki bi se lahko odzvale na zunanje dražljaje.

Ena od prednosti novega standarda je, da omogoča razvrstitev lesa iz posameznih geografskih območij v višje razrede odpornosti. V zadnjem obdobju je veliko aktivnosti povezanih z boljšo razvrstitvijo macesna, ki uspeva na višjih nadmorskih višinah. To je tudi ideja projektnega predloga Gorski les, ki ga vzpostavljamo v Solčavi. V okviru projekta se osredotočamo predvsem na smrekovino in macesnovino, ki raste nad 800 m nad morjem. Znano je, da ima les iglavcev, ki raste počasneje, boljše mehanske in nekatere fizikalne lastnosti, kot les iglavcev, ki raste hitreje. Vzrok za to se skriva v večjem deležu kasnega lesa v lesu počasi rastočih dreves in bolj homogeni zgradbi. Drugo vprašanje, povezano s počasi rastočim drevsom, je, kako parametri vplivajo na odpornost oziroma življenjsko dobo lesa.

4 ŽIVLJENJSKA DOBA LESA

Življenjska doba lesa (ang. »service life of wood«) je obdobje (izraženo v letih), v katerem les ohrani trdnost in stabilnost, ki sta potrebni za določen proizvod. V preteklosti je bila osnova za določanje življenjske dobe lesa le odpornost lesa proti biološkemu škodljivcu. Ta odpornost je bila navadno rezultat biološko aktivnih ekstraktivov ali biocidov, ki smo jih vnesli v les z impregnacijo. Najnovejši rezultati pa kažejo, da na življenjsko dobo lesa izrazito vpliva tudi odpornost lesa proti navlaževanju (Meyer-Veltrup in sod., 2017). Les, ki med padavinskimi dogodki ostane suh oziroma se hitreje posuši, bo dosegel daljšo življenjsko dobo kot referenčne lesne vrste (beljava rdečega bora, bukovina). Zato sodobna zaščita lesa temelji tudi na hidrofobnih pripravkih. Na terenskih testiranjih, ki smo jih opravili na Oddelku za lesarstvo, so se še posebno dobro izkazali voski, ki na površini delujejo podobno kot membrana gore-tex. Voski delujejo hidrofobno, če pa se les navlaži, omogočajo difuzijo vodne pare (Žlahtič Zupanc in Humar, 2017).

Podatek o življenjski dobi lesa postaja vedno pomembnejši predvsem zaradi razvoja projektiranja BIM (Building Information Modeling - Informacijski model objekta). Pri pripravi kakovostnih projektov morajo projektanti že v fazi načrtovanja

	V vedni mokroti.	V menjajoči se mokroti in suši.		Na vedno suhem kraju.
		na zraku	če je zraku prístup za-branjen.	
Javor	20 let	10 let	5 let	1000 let
Breza	10 "	5 "	3 "	500 "
Bukev bela	750 "	30 "	30 "	1000 "
Bukev rudeča	10 "	25 "	5 "	800 "
Hrast	1000 "	120 "	200 "	1800 "
Jelša	800 "	5 "	2 "	400 "
Jesen	10 "	20 "	3 "	500 "
Smereka	6 "	45 "	20 "	900 "
Mecesen	800 "	90 "	150 "	1800 "
Bor	500 "	80 "	120 "	1000 "
Brest	20 "	100 "	180 "	1500 "
Cedra	1200 "	500 "	400 "	2000 "
Topol	10 "	3 "	1 "	500 "
Vrba	20 "	5 "	4 "	600 "

Slika 1: Prve ocene življenjske dobe lesa v odvisnosti od mesta uporabe je mogoče zaslediti v Kmetijskih in ro-kodskih novicah iz leta 1893.

predvideti stroške vzdrževanja in življenjsko dobo posameznih komponent stavbe. Večina metod za določanje življenjske dobe lesa, ki so bile na voljo doslej, je bila relativno grobih in nenatančnih in niso zagotavljale zanesljivega rezultata. Klasične rešitve so bile namenjene le določanju primernosti rabe lesa v določenih pogojih uporabe, niso pa dale nobene informacije, koliko časa bo les v določenih pogojih opravljal svojo funkcijo. V zadnjem obdobju smo skupaj s sodelavci z Univerze v Hannoveru in Inštituta NIBIO na Norveškem razvili in verificirali model (model Meyer-Veltrup) (Meyer-Veltrup in sod., 2017), ki omogoča, da na podlagi podatkov o odpornosti lesa proti lesnim glivam in odpornosti lesa proti navlaževanju izračunamo, kolikšna bo življenjska doba lesa v drugem oziroma tretjem razredu uporabe. Ta podatek se razlikuje glede na mikro in makro podnebne razmere. Terenska testiranja kažejo, da na 100 km zračne razdalje v Sloveniji življenjska doba lesa smreke niha od 4

do 15 let. Na to v največji meri vplivajo padavine (količina in pogostnost), temperatura, relativna zračna vlažnost, osončenost, hitrost vetra ...). Izhodišče za model je eksperimentalno dejstvo, da se na smrekovini razkroj pojavi po približno 325 dneh z optimalno vlažnostjo za glivni razkroj. Model je bil že preizkušen na številnih domačih lesnih vrstah in nakazuje uporabnost tudi za tuje-roodne in uvožene lesne vrste.

Da bi pridobili čim bolj zanesljive podatke o življenjski dobi in odpornosti lesa, imamo na terenskih poljih Oddelka za lesarstvo izpostavljenih nekaj tisoč kosov lesa, kjer spremljamo pojav razkroja daljše časovno obdobje. Ne terenskem polju preizkušamo odpornost večine komercialnih lesnih vrst, ki uspevajo v Sloveniji. Poleg tega imamo na realnih objektih in lesnih vzorcih nameščenih več kot petsto senzorjev, s katerimi dnevno spremljamo vlažnost lesa. Podatki lahko že v kratkem času nakažejo, katere drevesne vrste

Preglednica 1: Razvrstitev najpomembnejših komercialnih lesnih vrst v razrede odpornosti v skladu s standardom SIST EN 350 (2017)

Lesna vrsta	Razred odpornosti				
	1	2	3	4	5
Robinija					
Domači kostanj					
Tisa					
Dob, Graden					
Oreh					
Macesen					
Cer					
Rdeči bor					
Bela jelka					
Brest					
Navadna smreka					
Javor					
Breza					
Gaber					
Lipa					
Topol					
Bukev					

imajo odpornejši les, katere pa les, ki je bolj dovzeten za glivni razkroj. Taki podatki so podlaga za določanje življenjske dobe lesa v Sloveniji. Na podlagi eksperimentalnih podatkov smo tako verificirali model Meyer-Veltrup.

Preglednica 2: Leta, potrebna, da se na lesu, izpostavljenem nad zemljo, razvijejo prva znamenja trohnobe. Od prvih znamenj trohnobe do popolnega propada navadno mine več let. Les je bil izpostavljen na terenskem polju Odelka za lesarstvo.

Lesna vrsta	Leta, potrebna za razvoj prvih znakov trohnenja
Beljava rdečega bora	1
Bukev	1
Lipa	1
Topol	1
Jesen	1,5
Smreka	1,5
Macesen	4
Hrast	5
Jedrovina rdečega bora	5
Domači kostanj	6

5 ZAKLJUČEK

Napovedovanje in načrtovanje življenjske dobe lesa je zahteven in dolgotrajen proces, kar bo zaradi vedno večje rabe lesa in podnebnih sprememb postalo še pomembnejše. V prihodnje želimo s tem modelom določiti tudi odpornost lesa lubadark, najpomembnejših invazivnih in tujerodnih lesnih vrst, ki uspevajo v Sloveniji. Podatki bodo pomembni za razvoj gozdno-lesne verige v Sloveniji in bodo prispevali k širši in odgovornejši rabi lesa, ki bo vodila v skupno zadovoljstvo arhitektov, projektantov, gradbincev in v največji meri uporabnikov.

6 ZAHVALA

Prispevek je rezultat več projektov, povezanih med seboj, ki jih je sofinancirala Agencija za raziskovalno dejavnost RS: L4-7547 – Obnašanje lesa in lignoceluloznih kompozitov v zunanjih razmerah, P4-0015 – Programska skupina les in

lignocelulozni kompoziti, 0481-09 Infrastrukturni center za pripravo, staranje in terensko testiranje lesa ter lignoceluloznih materialov (IC LES PST). Del raziskav je potekal tudi v okviru projekta FORESDA (Forest-Based, Cross-Sectoral Value Chains Fostering Innovation And Competitiveness In The Danube Region) projektov razvoj verig vrednosti v okviru razpisov Strategije pametne specializacije; TIGR4smart.

7 VIRI

- Anon, 1893. Terpežnost stavbenega lesa. Kmetijske in rokodelske novice.
- Brischke C., Bayerbach R., Rapp A. O. 2006. Decay-influencing factors: A basis for service life prediction of wood and wood-based products. *Wood Material Science and Engineering*, 1(3-4): 91–107.
- Brischke C., Meyer L., Alfredsen G., Humar M., Flate P. O., Larsson P., Francis L. 2013. Natural durability of timber exposed above ground : a survey. *Drvena industrija*, 64(2): 113–129.
- Dinwoodie J. 2000. *Timber: Its nature and behaviour*. E & FN Spon, London: 257 str.
- EN 350. Durability of wood and wood-based products - Testing and classification of the resistance to biological agents, the permeability to water and the performance of wood and wood-based materials. 2017: 57 str.
- Lesar B., Humar M. 2010. Vrednotenje življenjske dobe lesa, zaščitene z emulzijami voskov in baker etanolaminskimi pripravki v tretjem razredu izpostavitve. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 93: 23–36.
- Meyer-Veltrup L., Brischke C., Alfredsen G., Humar M., Flate P.O., Isaksson T., Larsson P., Westin M., Jermer J. 2017. The combined effect of wetting ability and durability on outdoor performance of wood: development and verification of a new prediction approach. *Wood Science and Technology*, 51(3): 615–637.
- Špillar R. 2015. 4 zlata pravila za trajnostno pripravo lesa. <http://obilje.si/4-zlata-pravila-trajnosti-lesa/> (6. 8. 2017).
- Torelli N. 2005. Lunarni les – mit ali resničnost. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, 76:71–101.
- Walker J. C. F., Butterfiel B. G., Harris J. M., Langrish T. A. G., Uprichard J.M. 1993. *Primary wood Processing; Principles and practice*, Chapman & Hall, London, 121–151.
- Žlahtič Zupanc M., Humar M. 2017. Influence of artificial and natural weathering on the moisture dynamic of wood. *Bioresources*, 12(1):117–142.