

# DENDROKRONOLOŠKA METODA ZA DATIRANJE LESA V SLOVENIJI

V Sloveniji smo z uvajanjem dendrokronologije začeli leta 1993 in od takrat metodo redno uporabljamo tudi za datiranje lesenih predmetov kulturne dediščine. Uporaba dendrokronologije se je v zadnjem času uveljavila po vsem svetu, saj so različni laboratoriji sestavili veliko dolgih in kakovostnih referenčnih kronologij širin branik.<sup>1</sup>

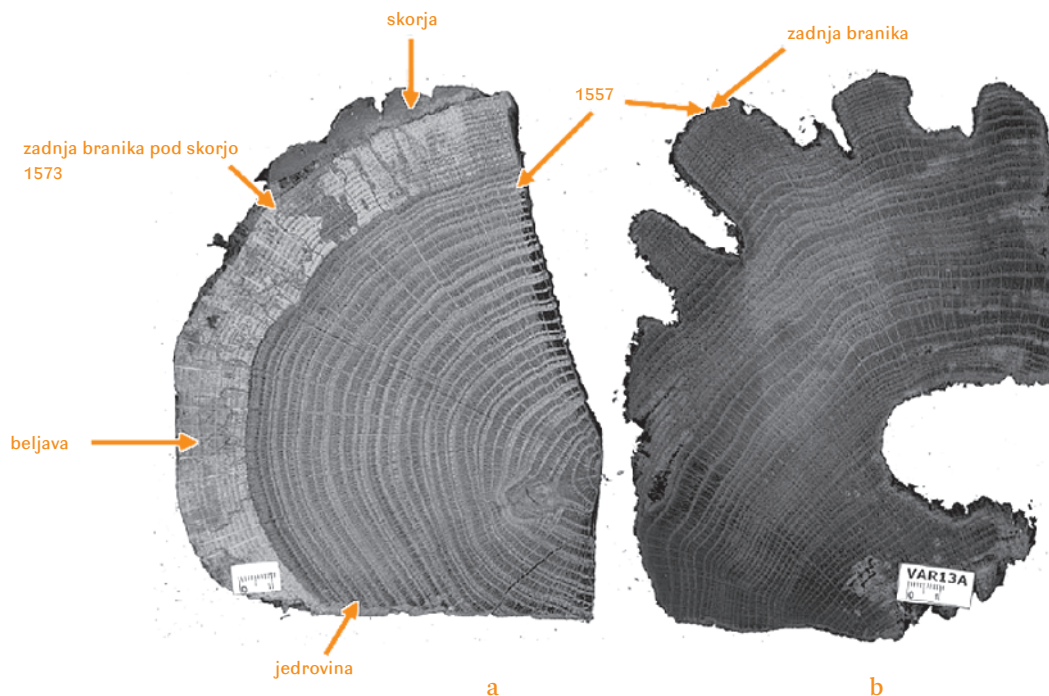
Dendrokronološka analiza navadno temelji na merjenju širin branik v lesu. Sledi datiranje branik. Ugotovimo, v katerem koledarskem letu je posamezna branika nastala. Pri raziskavi lesa predmetov kulturne dediščine rezultat datiranja navadno podamo z navedbo leta, v katerem je nastala najmlajša branika na preučnem predmetu. Datum zadnje branike po navadi še ne ustreza pravi starosti predmeta. Če je na predmetu ohranjena skorja in ugotovimo, kdaj je nastala branika pod njo, lahko natančno ugotovimo, kdaj je bilo drevo za uporabljeni les posekano. Za določitev starosti predmeta moramo oceniti še, koliko časa so potrebovali za prevoz, sušenje, obdelavo in vgradnjo lesa. Kadar na predmetu ni ohranjena skorja, moramo oceniti tudi, koliko branik manjka, ker so bile odstranjene zaradi obdelave, uporabe, obrabe ali poškodb (slika 1). Na splošno velja, da vsakega kosa lesa ne moremo datirati. Datiramo lahko les, ki ima veliko branik (vsaj 50) in je brez rastnih anomalij. Pripadati mora drevesni vrsti, za katero imamo ustrezno referenčno kronologijo, in to za obdobje in geografsko regijo, ki nas zanimata. Za uspešno datiranje in interpretacijo rezultatov navadno potrebujemo več vzorcev lesa istega predmeta. Za datiranje ostrejša, na primer, odzamemo 5–10 vzorcev lesa. Kadar predpostavljamo več gradbenih faz na isti konstrukciji, pa mora biti število vzorcev še večje.

Na Oddelku za lesarstvo smo že v prvih letih raziskav sestavili kronologije jelke in macesna za datiranje lesa iz zadnjega tisočletja.<sup>2</sup> S sestavo kronologij nadaljujemo in v zadnjih letih smo izboljšali in podaljšali omenjeni kronologiji ter sestavili več novih in jih uporabili za različne namene.<sup>3</sup> Jelovo kronologijo smo na primer izboljšali tako, da sedaj temelji na več zaporedjih širin branik. Z njo lahko datiramo tudi objekte, v katerih ima les malo branik ali za katere je za raziskave na voljo malo vzorcev. Smrekovino je še vedno težko datirati.

1 Avtorica je na svetovni dendrokronološki konferenci v Pekingu v vabljenem predavanju predstavila stanje dendrokronologije na področju kulturne dediščine v svetu. Prispevek je bil objavljen (Katarina Čufar, *Dendrochronology and past human activity: a review of advances since 2000*, *Tree-ring research*, 63/1, 2007, str. 47–60).

2 Dosežki dendrokronologije v Sloveniji do leta 2000 so med drugim povzeti v članku: Katarina Čufar, Tom Levanič, *Dendrokronologija kot metoda za datiranje lesa / Dendrochronology as a method for dating wood*, *RES., Dela, Papers*, 4/1999, 2000, str. 31–37.

3 Dendrokronologija je predstavljena na spletni strani <http://les.bf.uni-lj.si/?id=201>. Tam je v bibliografiji na voljo večina tukaj citiranih člankov. Navedene so tudi bližnjice do pomembnih dendrokronoloških spletnih strani.



Sl. 1 – Vzorca lesa dveh hrastovih tramov. (a) Les vsebuje beljavo in skorjo, datum zadnje branike pod skorjo je 1573; zadnja branika je popolna, drevo je bilo posekano v času od jeseni 1573 do pomladi 1574. (b) Vzorec ne vsebuje niti skorje niti beljave. Letnica zadnje branike je 1557. Ker manjka celotna beljava, lahko sklepamo, da je bilo drevo posekano vsaj 15 let po letu 1557

Čeprav je les smreke po videzu in lastnostih podoben lesu jelke, se v dendrokronološkem pogledu vrsti zelo razlikujeta. Pred kratkim smo sestavili 500 let dolgo kronologijo smreke z visokogorskih rastišč, njena uporabnost pa je bila potrjena predvsem pri delu na Gorenjskem, ki smo ga opravili v sodelovanju z ZVKDS OE Kranj.<sup>4</sup> Sestavili smo tudi več kot 300 let dolgo bukovo kronologijo. Pomembna je predvsem za datiranje objektov kmečke arhitekture na Dolenjskem.

Največ smo se ukvarjali s hrastovo kronologijo, saj je hrastovina najpomembnejši les v evropski arheologiji in kulturni dediščini. Tudi najdaljša kronologija širin branik na svetu je južnonemška hrastova kronologija. Njena dolžina presega 10.000 let.<sup>5</sup> V Sloveniji smo imeli še pred kratkim velike težave pri sestavi hrastove kronologije, saj je pri nas težko najti zelo stara hrastova drevesa, na primer starejša od 200 let. Z raziskavo hrastovih dreves smo najprej sestavili kronologijo, dolgo približno 150 let, v laboratoriju pa so se kopičile nedatirane (plavajoče) kronologije hrastovih objektov. Podaljšanje kronologije dreves s kronologijami objektov dolgo ni bilo uspešno. Šele obsežna raziskava kmečkih objektov z območja ZVKDS OE Novo mesto,<sup>6</sup> na njem smo do danes raziskali že več kot 50 objektov, je omogočila podaljšanje kronologije. Pred kratkim smo sestavili hrastovo kronologijo za jugovzhodni del Slovenije, dolgo 548 let. Obsega obdobje 1456–2003.<sup>7</sup> Primerjave te kronologije z izbranimi kronologijami iz južne Nemčije, s Češke, iz Avstrije, z Madžarske in iz Srema so presenetljivo

4 Od leta 2006 je bilo dendrokronološko datiranih več konstrukcij iz gradov; konservatorska dela je vodila mag. Nika Leben.

5 Najdaljša kronologija širin branik na svetu je predstavljena v več objavah, na primer v Michael Friedrich, Sabine Remmele, Bernd Kromer, Jutta Hofmann, Marko Spurk, Klaus Felix Kaiser, Christian Orzel, Manfred Küppers, The 12,460-year Hohenheim oak and pine tree-ring chronology from Central Europe – a unique annual record for radiocarbon calibration and paleoenvironment reconstructions, *Radiocarbon*, 46/3, 2004, str. 1111–1122.

6 Raziskave sta koordinirala konservatorja Dušan Strgar in Dušan Štepec. Pri nekaj raziskavah so sodelovali študentje, njihove diplomske naloge so na kratko predstavljene na spletni strani <http://les.bf.uni-lj.si/?id=20>.

7 Katarina Čufar, Martin De Luis, Martin Zupančič, Dieter Eckstein, 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, 2008, str. 3–15.

pokazale, da kljub geografski oddaljenosti med njimi obstaja dendrokronološka podobnost, verjetno posledica skupnega klimatskega dejavnika. Pokazalo se je, da na podobnost, ki smo jo potrdili s statističnimi kazalniki, pomembno vplivajo kakovost, pokritost<sup>8</sup> in dolžina kronologije. Pokazalo se je tudi, da omenjenih tujih referenčnih kronologij kljub podobnosti v večini primerov ne bi mogli uporabiti za datiranje hrastovega lesa iz slovenskih objektov.

Pred kratkim smo kronologijo še izboljšali in nekoliko podaljšali ter jo uspešno uporabili za datiranje hrastovega lesa po vsej Sloveniji in tudi na Hrvaškem,<sup>9</sup> ter celo v Bosni in Hercegovini, zato bi v prihodnje kronologija lahko pripomogla k razvoju tamkajšnje dendrokronologije. Kronologijo smo uporabili tudi za rekonstrukcijo klime za junij v preteklih 500 letih.<sup>10</sup> To prikazuje eno od možnih uporab, ki presega samo datiranje. Rekonstrukcijo klime smo preverili in potrdili s podatki iz arhivskih virov.

Hrastovo kronologijo želimo podaljšati v preteklost, vendar za zdaj kaže, da v Sloveniji ne bo lahko sestaviti sklenjene kronologije, dolge več tisoč let. Poleg lesa iz konstrukcij, ki je redko starejši od 500 let,<sup>11</sup> smo raziskovali tudi les iz rimske dobe in iz koliščarskih naselbin.

Lesi iz rimske dobe ne raziskujemo sistematično. Doslej smo sodelovali le pri nekaj raziskavah rimskodobnih najdišč. Med novjšimi naj omenimo izkopavanja pri Vrhniku v letih 2005 in 2006<sup>12</sup> in v Ljubljani v letih 2008 in 2009.<sup>13</sup> V obeh primerih smo raziskali predvsem vodne konstrukcije (vodnjake in zbiralnik za vodo), arheološka obdelava materiala pa še ni končana. Na Vrhniku smo najprej s pomočjo telekonekcije (primerjave s kronologijami iz drugih evropskih regij) datirali jelov les in sestavili lokalno kronologijo za obdobje od 122 pr. n. št. do 4 n. št. To kronologijo smo nato podaljšali in jo sedaj uspešno uporabljamo, podaljšujemo in izboljšujemo.

V drugi skupini so kronologije koliščarskih naselbin na Ljubljanskem barju. Tu smo začeli sistematične raziskave, ki jih vodi Inštitut za arheologijo ZRC SAZU pod vodstvom dr. Antona Veluščka, že leta 1995.<sup>14</sup> Od takrat so vsako leto potekala izkopavanja in zbranih in raziskanih je bilo že več kot 5500 vzorcev lesa. Na vseh koliščih so bile sestavljene hrastove in jesenove kronologije. Več hrastovih kronologij smo med seboj primerjali in nekatere združili. Vse kronologije smo datirali s pomočjo radiometričnih raziskav in metode »wiggle matching«. Natančnost najboljših datacij znaša  $\pm 10$  let.<sup>15</sup> Koliščarske hrastove kronologije v grobem obsegajo obdobje 3800–2400 pr. n. št. Kronologije so prekinjene v tretji četrtini 4. tisočletja, na prehodu iz 4. v 3. tisočletje in v prvi polovici 3. tisočletja pr. n. št. Če je pomanjkanje koliščarskega lesa posledica poselitvenega hiatusa, je malo verjetno, da bi vrzeli premostili z materialom z Ljubljanskega barja. Kljub temu je pomembno vztrajno pridobivanje novega arheološkega lesa za izboljšavo in podaljšanje kronologij, saj nam doslej še nobene koliščarske kronologije ni uspelo datirati s pomočjo telekonekcije z nemškimi kronologijami. Z izboljšavo naših kronologij bi bila verjetnost telekonekcije večja.<sup>16</sup>

8 Pokritost pove, koliko vzorcev različnih dreves je vključenih v kronologijo. V objavljeno slovensko kronologijo je bilo vključenih 183 dreves.

9 Katarina Čufar, Marina Šimek, Dendrochronological investigation of wood from Varaždin old castle / Dendrokronološka istraživanja drva iz staroga grada u Varaždinu, *Podravina (Samobor)*, 7/13, 2008, str. 22–29; Katarina Čufar, Tajana Sekelj Ivančan, Michael Grabner, The dendrochronological dating of wood from the site of Torčec – Gradić in northern Croatia / Dendrokronološko datiranje drva s lokaliteta Torčec – Gradić u sjevernoj Hrvatskoj, *Podravina (Samobor)*, 7/13, 2008, str. 30–40.

10 Katarina Čufar, Martin De Luis, Dieter Eckstein, Lučka Kajfež-Bogataj, Reconstructing dry and wet summers in SE Slovenia from oak tree-ring series, *International Journal of Biometeorology*, 52/7, 2008, str. 607–615.

11 Raziskali smo številne gradove in cerkve, dokazano starejše od 1000 let, a les v konstrukcijah navadno ni bil starejši od 500 let.

12 Izkopavanja je vodila dr. Jana Horvat iz Inštituta za arheologijo ZRC SAZU.

13 Izkopavanja je izvajal Arhej d.o.o.

14 Zadnji pregled stanja je bil objavljen v: Anton Velušček, Katarina Čufar, Dendrokronološke raziskave kolišč na Ljubljanskem barju – stanje 2001, *Arheološki vestnik*, 53, 2002, str. 59–67. Katarina Čufar, Anton Velušček, Hočevarica: absolutno datiranje / Hočevarica: absolute dating, *Hočevarica: eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju / an eneolithic pile dwelling in the Ljubljansko barje* (ur. Anton Velušček), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana 2004, str. 263–273.

15 Radiokarbonske datacije so opravili na Institut für Umweltp Physik, Heidelberger Akademie der Wissenschaften, Heidelberg, Nemčija, vodja dr. Bernd Kromer. V tisku je članek Katarina Čufar, Bernd Kromer, Tjaša Tolar, Anton Velušček, Dating of 4<sup>th</sup> millennium BC pile-dwellings on Ljubljansko barje, Slovenia, *Journal of Archaeological Science*, 2010.

16 Problematika je med drugim predstavljena v preglednem članku: Kristof Haneca, Katarina Čufar, Hans Beekman, Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe, *Journal of Archaeological Science*, 36/1, 2009, str. 1–11.

Na Oddelku za lesarstvo se ukvarjamo z lesom od nastanka v drevesu, predelave in obdelave do uporabe. Dendrokronološko metodo uporabljamo za različne namene. Pri raziskavah arheološkega lesa in lesa slovenske kulturne dediščine se je pokazalo, da imajo različna obdobja in območja v Sloveniji svoje posebnosti, zato za delo potrebujemo več kronologij. Te so kot »živi organizmi«, zato jih nenehno dopolnjujemo in izboljšujemo. Prihodnost dendrokronologije v Sloveniji bo odvisna od potreb in interesov stroke in služb, ki se ukvarjajo z lesenimi predmeti kulturne dediščine. Kaže, da dendrokronologije še ne uporabljajo povsod, kjer bi to bilo možno, količine arheološkega lesa se zdijo omejene, zato pa so omejene tudi možnosti, da bi zapolnili vrzeli v obstoječih kronologijah. Institucije in strokovnjaki, ki v svoje delo redno vključujejo dendrokronologijo, že dobro poznajo njene potenciale in omejitve. Uporaba dendrokronologije izboljša predpostavljene datacije. Hkrati se pojavljajo tudi »nepričakovani« rezultati, ki sprva sicer odprejo nova in nepredvidena vprašanja, ta pa pozneje pripeljejo do novih spoznanj. Slovenska dendrokronologija je dobro sprejeta v mednarodnem prostoru, saj velja za povezovalni člen med različnimi regijami.

## THE DENDROCHRONOLOGICAL METHOD FOR DATING WOOD IN SLOVENIA

### SUMMARY

*Katarina Čufar, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty*

The article describes the latest achievements of dendrochronology at the Department of Wood Science and Technology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, in cooperation with several institutions that are engaged in the study of wood as part of the cultural heritage. Dendrochronological dating usually tells us in which year the last ring on a wooden object was formed, but other known data have to be considered to interpret the results. In recent years we have worked on extending and improving the tree-ring chronologies that are necessary for dating. This resulted in the conclusion that for different parts of Slovenia and different periods we require chronologies of different tree species. The dendrochronological method enables us to date fir, larch, spruce, oak, and beech wood from the past millennium. Wood used in buildings (roofs, multi-floor structures, etc.) is usually preserved up to 500

years, older wood normally only under water or in wet soil (e.g. the foundation piles of buildings). Today, we are able to date wood from the Roman era. The dendrochronological analysis of wood from the pile dwellings at the Ljubljansko barje (Ljubljana Marsh) made it possible to create several chronologies from the period between 3800 and 2400 BC, which were later dated with an accuracy of  $\pm 10$  years with radiometric analysis.