

Drvo s tri arheološka nalazišta u Hrvatskoj i mogućnosti njegova istraživanja

Wood from three archaeological sites in Croatia and its research potential

Izvorni znanstveni rad • Original scientific paper

Prispjelo - received: 16. 3. 2006.

Prihvaćeno - accepted: 6. 7. 2006.

UDK: 630*814.7

SAŽETAK • Analizirali smo uzorke drva različitog stanja (ugljen, vlažno drvo, mokro ili vodom natopljeno drvo), s tri arheološka nalazišta u Hrvatskoj. Predstavljamo metode pripreme drva za identifikaciju i dendrokronološka mjerenja te rezultate identifikacije drva. Izradili smo 14 uzoraka jele (*Abies alba* Mill.), 4 uzorka bukve (*Fagus sylvatica* L.) i 10 uzoraka hrasta (*Quercus* sp.). Na 16 uzoraka koji su imali više od 45 godina izmjerili smo širine godova za dendrokronološko datiranje sa slovenskim referentnim kronologijama. Dendrokronološka datacija ni u jednom primjeru nije bila uspješna, jer je bilo premalo uzoraka s pojedinog nalazišta, imali su premalo godina ili su bili preslabo sačuvani. Datiranje malog broja slabo sačuvanih uzoraka malo je vjerojatno, osobito bez lokalnih kronologija koje za Hrvatsku još ne postoje. Dajemo upute kako uzimati uzorke, pripremati i spremati drvo iz arheoloških ili kulturno-povijesnih nalazišta za istraživanja da bismo što bolje iskoristili njihov istraživački potencijal.

Ključne riječi: arheološko drvo, anatomija drva, identifikacija drva, dendrokronologija, svojstva drva

ABSTRACT • We have analyzed wood from three archaeological sites in Croatia. The samples of wood were in various conditions (charcoal, wet wood, and waterlogged wood). This paper presents the preparation of archaeological wood for identification and dendrochronological analysis and the results of wood identification. We identified 14 samples of fir (*Abies alba* Mill.), 4 samples of beech (*Fagus sylvatica* L.) and 10 samples of oak (*Quercus* sp.). We analyzed dendrochronologically 16 samples that contained more than 45 tree-rings and attempted to date them with the Slovenian reference chronologies. Dendrochronological dating was not successful, because there were not enough samples from individual sites and the samples had not enough tree-rings or were not well preserved. Dating without local chronologies, which have not been developed for Croatia yet, is less probable, especially if a small number of badly preserved samples is analyzed. This paper also presents instructions as how to collect, prepare and store samples of wood from archaeological and cultural-historical sites so as to provide optimal use of their research potential.

Key words: archaeological wood, wood anatomy, wood identification, dendrochronology, wood properties

¹ Autorica je profesorica Drvnotehnoškog odjela Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani, Slovenija. ²Autorica je mlada istraživačica u Institutu za arheologiju ZRC SAZU u Ljubljani, Slovenija. ³Autorica je docentica Drvnotehnoškog odsjeka Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska.

¹ The author is a professor at the Department of Wood Science and Technology, Biotechnical Faculty, University of Ljubljana, Slovenia. ²The author is a young researcher at the Institute of Archaeology at ZRC SAZU in Ljubljana, Slovenia. ³ The author is an assistant professor at Wood Technology Department, Faculty of Forestry, University of Zagreb, Croatia.

1. UVOD

1 INTRODUCTION

Istraživanja drva u arheologiji i kulturnoj ostavštini već desetljećima privlače sve veću pozornost jer je drvo svojevrstan arhiv informacija o proteklim događanjima u okolišu i moguće ga je datirati. Informacije o okolišu uskladištene u građi drva treba dekodirati. Prvi korak je određivanje godine u kojoj je nastao pojedini god, što je područje dendrokronologije, koja se temelji na istraživanjima godova u drvu i omogućuje datiranje, tj. određivanje starosti drva. To je posebice važno ondje gdje je drvo jedini izvor podataka o starosti nalaza. Za datiranje drva treba istražiti više uzoraka iz istog objekta i na njima izmjeriti širine godova. Širine godova zatim se nacrtaju u obliku grafikona (nizova, tj. serija godova, kronologija), koje se onda međusobno uspoređuju i sinkroniziraju (sl. 2, 5). Ako želimo ustanoviti godinu nastanka godova, niz širina godova moramo datirati tako da graf širina godova vizualno i statistički usporedimo s odgovarajućom referentnom kronologijom. Referentnu kronologiju treba sastaviti za svaku vrstu drva, regiju i vremensko razdoblje.

U Sloveniji su se istraživanja drva i dendrokronologija u arheologiji i na području kulturne baštine uvriježila u posljednjem desetljeću. Tako je do sada u toj zemlji sastavljena 876 godina duga kronologija jele (*Abies alba* Mill.), za razdoblje od 1120. do 1995. g. (Čufar i Levanič, 1999). Kronologija ariša (*Larix decidua* Mill.) duga je 1242 godine i pokriva razdoblje od 756. do 1997. g. (Levanič et al., 2001), kronologija hrasta (*Quercus petraea* Liebl. i *Q. robur* L.) duga je 548 godina i pokriva razdoblje od 1456. do 2003. g. (Čufar, neobjavljeno), kronologija bukve (*Fagus sylvatica* L.) duga je 360 godina, za razdoblje od 1645. do 2004. g. (Čufar, neobjavljeno). Navedene su kronologije regionalne, tj. vrijede u Sloveniji. Zbog dobre telekonekcije (sličnosti kronologija iz različitih zemljopisnih područja) spomenute su kronologije u određenim uvjetima primjenjive i u Italiji, Austriji i Njemačkoj (Čufar i Levanič, 1999), a može se očekivati da će biti upotrebljive i u Hrvatskoj. Među najvažnijim vrstama drva samo se u smreki (*Picea abies* Karst.) pokazalo da nema dobre telekonekcije (Čufar i Levanič, 1998).

Nabrojane kronologije iz Slovenije bilo bi korisno produljiti u prošlost jer postoje velike potrebe za datiranje drva iz rimskog doba i, osobito iz prapovijesnih naselja na Ljubljanskom barju, iz razdoblja 3700-2500. g. pr. Krista (Velušček i Čufar, 2002), iako do sada još nije prikupljeno drvo koje pokriva cijelo razdoblje od danas do 3700. g. pr. Krista.

Kada drvo ne možemo dendrokronološki datirati jer nemamo odgovarajućih referentnih kronologija, velika je pomoć datiranje pomoću radioaktivnog ugljika. U tome arheolozi često trebaju pomoć stručnjaka za drvo, ponajprije pri uzimanju uzoraka drva za analize i pri interpretaciji rezultata (usp. Čufar i Kromer, 2004). Ako je drvo dendrokronološki protokolirano, uz pomoć rezultata C^{14} mjerenja za uzorke iz različitih dijelova na istoj kronologiji primjenom metode *wiggle matching* možemo znatno poboljšati datiranje.

I u Hrvatskoj je potreba za istraživanjem drva na području arheologije i kulturne baštine velika (npr. Tkalčec, Sekelj Ivančan, osobna komunikacija), iako još nema sustavnih istraživanja za sastavljanje domaćih referentnih kronologija i za njihovu uporabu.

Cilj ovog istraživanja jest analiza uzoraka drva i ugljena iz arheoloških nalazišta *Plemički grad* (ZG1), *Gudovac* (ZG2) i *Torčec* (ZG3) u Hrvatskoj, koje su istraživale Tatjana Tkalčec i Tajana Sekelj Ivančan iz Instituta za arheologiju u Zagrebu.

2. MATERIJAL I METODE

2 MATERIAL AND METHODS

2.1. Arheološka nalazišta: *Plemički grad*, *Gudovac* i *Torčec* u Hrvatskoj

2.1 Archaeological sites: *Plemički grad*, *Gudovac* and *Torčec* in Croatia

2.1.1. *Plemički grad*

Arheološko nalazište Plemički grad Vrbovec u Klenovcu Humskom (Krapinsko-zagorska županija, općina Hum na Sutli, katastarska općina Lupinjak) nalazi se na strmome brijegu, u narodu zvanom Veliki Gradiš ili Veliko Gradišće, s kojega se pruža slikovit pogled na dolinu rijeke Sutle (Tomičić i Tkalčec, 2005). Ruševine burga, tj. pretpostavljenoga srednjovjekovnoga grada Vrbovca, poznatoga i iz povijesnih vrela od 1267. do 1497. g., nalaze se na vrhu spomenutoga brijega čija zaravan zauzima površinu od oko 650 m² (Tomičić i Tkalčec, 2005).

2.1.2. *Gudovac*

Gudovac-Gradina nizinsko je srednjovjekovno gradište indikativnog toponima, smješteno u sjevernom dijelu sela Gudovca, oko 7 km jugozapadno od Bjelovara (Bjelovarsko-bilogorska županija). Gradište je podignuto u močvarnom okolišu, oko 50 m zapadno od potoka Plavnice i oko 100 m istočnije od crkve sv. Petra (Tkalčec, 2005). Danas se prepoznaje kao gradište čije je središnje uzvišenje, promjera oko 50 m, utvrđeno širokim jarkom i zemljanim bedemom koji je najbolje očuvan na sjevernoj strani, a arheološkim istraživanjem dobiveni su rezultati na osnovi kojih pretpostavljamo da je izvorno lokalitet oblikom pripadao vrsti tzv. *dvojnih gradišta* (Tkalčec, 2005).

Starija faza gradišta prema nalazima je datirana u drugu polovicu ili na kraj 15. st., što potvrđuje i C^{14} analiza. Sredinom 16. st. gradište postaje jednom u nizu protuturskih utvrda te je doživjelo i određena graditeljska preoblikovanja, a podignut je i novi drveni obrambeni objekt čiji su ostaci pronađeni u najplićim arheološkim slojevima (Tkalčec, 2005).

2.1.3. *Torčec* – *Gradić*

Srednjovjekovno gradište *Gradić* ili *Turski brijeg* smješteno je sjeverno od mjesta Torčec pokraj Koprivnice (Koprivničko-križevačka županija), u blizini sutoka potoka Segovine i Glibokoga, odnosno Glibokoga i

Vratneca. Lokalitet je tipično nizinsko srednjovjekovno gradište s jasno uočljivim bedemom istaknutih uglova te opkopom koji se punio vodom. Gradić se u arheološkoj literaturi prvi put spominje 1970-ih godina (Kolar, 1976). Istodobno je bilo ustanovljeno da se na Gradiću nalaze drvene konstrukcije ili objekti izrađeni vjerojatno od hrastovine, čija je starost od 625 g. dobivena C^{14} metodom (prim. Januška, 2000). Tijekom 2002. g. na Gradiću su provedena sondažna arheološka istraživanja pod vodstvom dr. sc. Tajane Sekelj Ivančan, dok su nešto opsežnija istraživanja nastavljena iduće, 2003. g. (Tkalčec, 2003).

2.2. Uzimanje uzoraka drva

2.2 Wood sampling

2.2.1. Plemićki grad

Na dendrokronološku analizu bili su predani uzorci ostataka urušenih drvenih stropnih greda iz sloja SJ 017 (sjeveroistočna prostorija: U-45; sjeverna prostorija: U-79) odnosno iz istog sloja oznake SJ 039 u sjeverozapadnoj prostoriji: U-121, U-125, U-126, U-130, U-131.

Taj se sloj smatra urušenim stropnim gredama prizemnih prostorija. Budući da je burg bio građen u 13. st., pretpostavlja se da drvo potječe iz tog vremena ili iz kasnijega ako je drvena građa obnavljana (osobna komunikacija, Tkalčec).

2.2.2. Gudovac

Uzorci predani na analizu potječu od greda koso učvršćenih uz rubove središnjeg uzvišenja (U-C – F), zatim od drva iz SJ 072 (U-332; U-A; U-B), jednog od najnižih slojeva zapune obrambenog jarka te od drva iz SJ 096+073 (U-357), odnosno iz slojeva na dodiru padine središnjeg uzvišenja s obrambenim jarkom (sve na prosječnoj relativnoj dubini od 2,7 m).

Svi uzorci potječu iz najstarije faze podizanja gradišta: U-332, U-335, U-A, U-B od odbačenog drva (oblice i ostala građa) u obrambenom jarku iz vremena podizanja gradišta ili iz prvih faza funkcioniranja gradišta, a uzorci U-C – F od drva koje je služilo kao obrambeni i funkcionalno-građevni materijal pri podizanju gradišta (Tkalčec, 2005).

2.2.3. Torčec

U probnim istraživanjima 2002. g. bile su otvorene 2 sonde. Sandom 2 zahvaćen je dio unutarnjeg bedema s ugrađenim drvenim konstrukcijskim elementima te dio jarka. U kolovozu 2003. g. načinjen je presjek preko polovice gradišta na njegovoj istočnoj strani. Na taj je način istraživanjima obuhvaćeno središnje uzvišenje, zatim obrambeni jarak i vanjski, danas vidljiv bedem te su istraženi svi glavni graditeljski elementi gradišta. U fazi IIIa prokopan je jarak, podignut bedem i nasipavanjem oblikovano središnje uzvišenje. U fazi IIIb učvršćeno je relativno nisko središnje uzvišenje. Koso uz njegovu padinu postavljen je niz kvadratično obrađenih drvenih kosnika (širina stranica oko 7 cm) koji su svojim šiljastim dijelom na pravilnim razmaci-

ma bili ubodeni pod kutom od oko 45° duboko u zemlju. Kosnici su izrađeni od hrastova drva. Očuvani su u dužini od 81 do 111 cm. Pri gradnji na te je kosnike nanesena veća količina drva i namjerno zapaljena kako bi padina središnjeg uzvišenja bila čvršća. Ti konstrukcijski elementi pronađeni su *in situ* i dio su prve graditeljske faze i ljudske intervencije na tom lokalitetu, te su upravo oni uzeti za C^{14} analizu i pokušaj dendrokronološke analize (U-1 /ZG3-16/ i U-2 /ZG3-17/). Tijekom faze III, a svakako nakon faze IIIa, u već iskopanom širokom jarku podignut je unutrašnji zemljani bedem oblika otvorenog kruga, prekinut na istočnoj strani, gdje je nadomješten drvenom hrastovom ogradom. Građen je od zemlje i drva, a taj je sloj analizom uz pomoć radioaktivnog ugljika (C^{14}) datiran u razvijeni srednji vijek (druga polovica 12. do sredine 13. st.).

Ostaci drvenog mosta nalaze se tik uz položaj srednjovjekovnog naselja Dužine, iz kojega se razvilo današnje mjesto Torčec, a linija pretpostavljene ceste preko vodotoka protezala se prema sjeveru i rijeci Dravi te je prolazila istočno uz samu drveno-zemljanu utvrdu Gradić, uz mogućnost odvajanja jednog njezina kraka prema gradištu (Sekelj Ivančan i Tkalčec, 2004). Jedan evidentirani drveni trupac izvađen je 1999. godine iz potoka, a krajem 2004. g. dio njega (U-3 /ZG3-18/) predan je u dendrokronološku analizu kako bi se ustanovilo korespondira li drveni most s kasno-srednjovjekovnom utvrdom ili je iz mlađeg razdoblja.

2.3. Priprema i identifikacija drva

2.3 Preparation and identification of wood

Kad su uzorci dopremljeni na Odsjek za drvenu tehnologiju Biotehničkog fakulteta u Ljubljani, drvo smo pregledali, dodatno označili i obradili strojevima za drvo, tako da je dimenzija uzoraka u aksijalnom smjeru iznosila 5 – 10 cm. Obradene smo uzorke fotografirali. Slijedila je obrada drva za identifikaciju i mjerenje širine godova. Kako se drvo razlikovalo po kvaliteti i očuvanosti, s njime smo u nastavku istraživanja različito postupali. Arheološko drvo nalazilo se u obliku ugljena različite vlažnosti, vlažnog drva i vodom napojenog »mokrog« drva.

Mokri ugljen (usp. sl. 1) obradili smo skalpelom tako da smo mu izravnali poprečnu površinu. Za identifikaciju smo uzeli manje komade ugljena i osušili ga. Suhi smo ugljen razlomili tako da smo dobili tri anatomske ravnine: poprečnu, radijalnu i tangencijalnu. Drvo smo pregledali mikroskopom i identificirali ga.

Na komadima vlažnog drva (usp. sl. 3, 6.a) skalpelom smo izravnali dio poprečne, radijalne i tangencijalne površine te ih pregledali pod stereomikroskopom i odredili vrstu drva. Ako makroskopska identifikacija nije bila moguća, odrezali smo još tanke preparate poprečnoga, radijalnoga i tangencijalnoga prereza za mikroskopsku identifikaciju. Zatim smo drvo pažljivo osušili i izbrusili mu poprečni presjek.

Mokro drvo (usp. sl. 4.a) duboko smo zamrznuli, skalpelom izravnali dio poprečne, radijalne i tangencijalne površine te ih pregledali stereomikroskopom.

Ako makroskopska identifikacija nije bila moguća, odrezali smo još tanke preparate poprečnoga, radijalnoga i tangencijalnoga prereza.

Identifikaciju drva obavili smo s pomoću ključa za identifikaciju drva četinjača i listača prema Schweingruberu (Schweingruber, 1978, 1990) i s pomoću interaktivnog računalnog ključa za identifikaciju drva listača INTKEY (Richter i Dallwitz, 2002).

2.4. Dendrokronološka analiza

2.4 Dendrochronological analysis

Na glatko obrađenim poprečnim površinama drva izbrojili smo godove. Širine godova mjerili smo na uzorcima koji su imali 45 ili više godova. Mjerenje smo obavili s pomoću mjernog stolića LINTAB, stereomikroskopa Olympus SZ 11 i programa TSAP/X.

Rezultate mjerenja grafički smo prikazali kao serije širina godova u ovisnosti o vremenu (usp. sl. 2, 5). Nizove širina godova (grafove) uzoraka iz istoga nalazišta međusobno smo usporedili, odnosno sinkronizirali. Sve nizove (serije) koji su pokazivali optičko i statističko podudaranje ujedinili smo u plivajuće nedatirane kronologije, zasebno za jelovinu (usp. sl. 2) i hrastovinu (usp. sl. 5). U sljedećem koraku obavili smo datiranje, odnosno usporedbu s raspoloživim referentnim kronologijama koje su sastavljene na Odsjeku za drvenu tehnologiju Biotehničkog fakulteta u Ljubljani ili su dobivene razmjenom s drugim laboratorijima.

3. REZULTATI

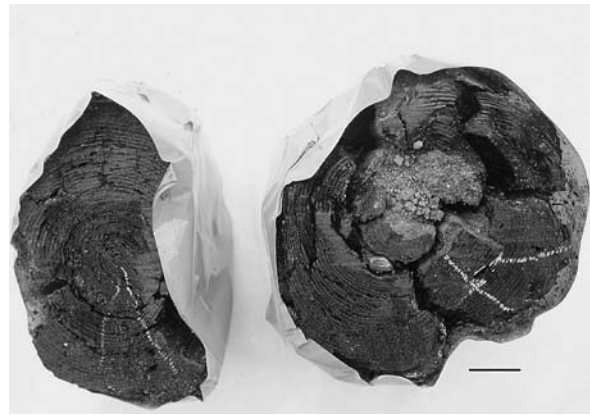
3 RESULTS

3.1. Uzorci s nalazišta Plemički grad

3.1 Samples from site Plemički grad

Drvo s lokacije *Plemički grad* (ZG1) bio je ugljen različite vlažnosti iz pougljenjenih ostataka gređa iz gorjele konstrukcije. Izgled uzoraka predložen je na slici 1.

Otkrili smo drvo jele (*Abies alba* Mill.) – 14 fragmenata, bukve (*Fagus sylvatica* L.) – jedan fragment i hrasta (*Quercus* sp.) – dva fragmenta. Za dendrokronološka istraživanja bilo je upotrebljivo devet fragmenata ugljena jele (usp. sl. 1). Nizove širina godova izmjerene na pojedinim fragmentima sastavili smo u veće krivulje



Slika 1. Primjer uzoraka ugljena jele s nalazišta *Plemički grad* (ZG1), crtica = 2 cm

Figure 1 An example of fir charcoal from the site *Plemički grad* (ZG1), scale bar = 2 cm

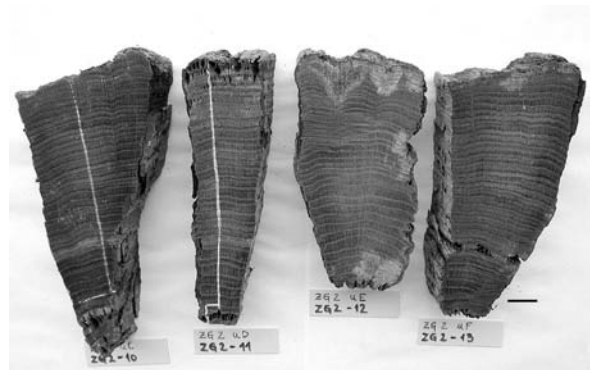
širina godova (sl. 2). Mjerenja su potvrdila da je riječ o drvu iz dvije različite grede. Rezultate smo usporedili sa slovenskom kronologijom jele. Datiranje, nažalost, nije bilo uspješno.

3.2. Uzorci s nalazišta Gudovac

3.2 Samples from site Gudovac

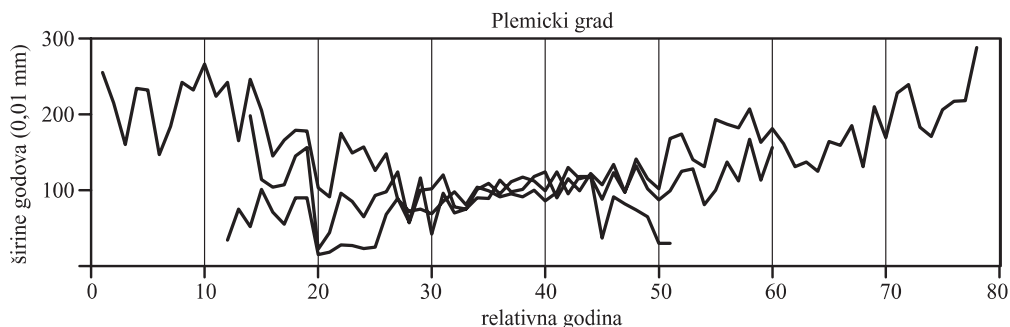
Na lokaciji *Gudovac* (ZG2) imali smo razmjerno dobro sačuvano vlažno drvo (sl. 3) i vodom napojeno »mokra« drvo (usp. sl. 4).

Mokro drvo bilo je drvo bukve (*Fagus sylvatica* L.) – 3 uzorka, koji zbog premalog broja godova nisu bili prikladni za dendrokronološku analizu. Vlažnom drvu hrasta (*Quercus* sp.) pripadalo je pet uzoraka, od



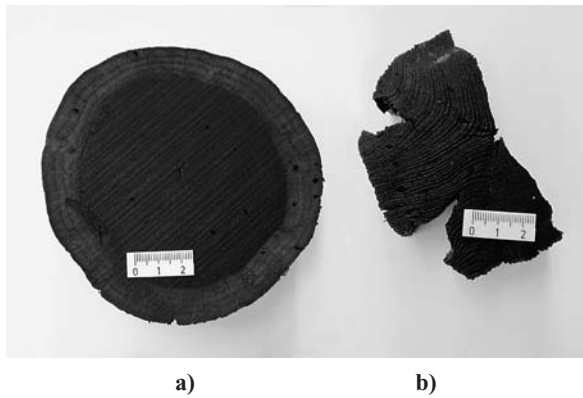
Slika 3. Uzorci hrasta s nalazišta *Gudovac* (ZG2), crtica = 2 cm

Figure 3 Oak samples from the site *Gudovac* (ZG2), scale bar = 2 cm



Slika 2. Sinkronizirani nizovi širina godova uzoraka ugljena jele iz nalazišta *Plemički grad* (ZG1)

Figure 2 Synchronized tree-ring sequences of the fir charcoal samples from the site *Plemički grad* (ZG1)



Slika 4. Kolut arheološke hrastovine (a) napojene vodom nakon uzimanja na terenu, (b) isti komad drva nakon mjesec dana sušenja na sobnoj temperaturi (foto: Martin Zupančić)
Figure 4 A piece of archaeological oak (a) waterlogged wood after collecting in the field, (b) the same piece of wood after one month exposure at room temperature (Photo: Martin Zupančić)

kojih su četiri bila prikladna za dendrokronološku analizu.

Vlažni hrastovi uzorci (sl. 3) tipični su cijepani uzorci iz većih debala. Tek nakon obrade površine pokazalo se da imaju relativno široke godove (3–5 mm) (usp. sl. 6.b), pa je broj godina bio malen. Nakon mjerenja širina godova sinkronizirali smo nizove širina godova (sl. 5). Ustanovili smo dobro podudaranje nizova širina godova triju uzoraka, što znači da su iz istog vremena. Jedan uzorak pak nismo mogli sinkronizirati s njima. Datiranje, nažalost, nije bilo uspješno.

3.3. Uzorci s nalazišta Torčec

3.3 Samples from site Torčec

Uzorci s lokacije *Torčec* (ZG3) bili su razmjerno dobro sačuvani vlažni uzorci hrasta (*Quercus* sp.).

Uzorci U2 (ZG3-17) i U3 (ZG3-18), približnog presjeka 8 x 8 cm, bili su dio konstrukcije gradišta odnosno refugija, koji prema ocjeni arheologa pripada drugoj polovici 12. st. odnosno prvoj polovici 13. st. Nakon obrade drva pokazalo se da dva uzorka imaju izuzetno uske godove reda veličine 1 mm, tako da su, usprkos malim dimenzijama, sadržavala više od 89 odnosno 100 godina (prim. sl. 6.c – uski godovi). Uzorke nismo mogli međusobno sinkronizirati iako bismo po tipologiji mogli lako zaključiti da je riječ o drvu iz istog

razdoblja. Drvo je bilo obrađeno tako da su iz većeg debela izrađene manje grede, pa su se na dva uzorka nalazili godovi iz različitih razdoblja (npr. jedan bliže središtu, a drugi bliže periferiji stabla).

Jedan uzorak U1 (ZG3-16) bio je balvan mosta koji bi, prema navodima arheologa, trebao biti iz neodređenog razdoblja nakon 1450. g. Usprkos promjeru većem od 30 cm, uzorak je imao samo 49 godina (usp. sl. 6.b – široki godovi). Ni to datiranje nije bilo moguće.

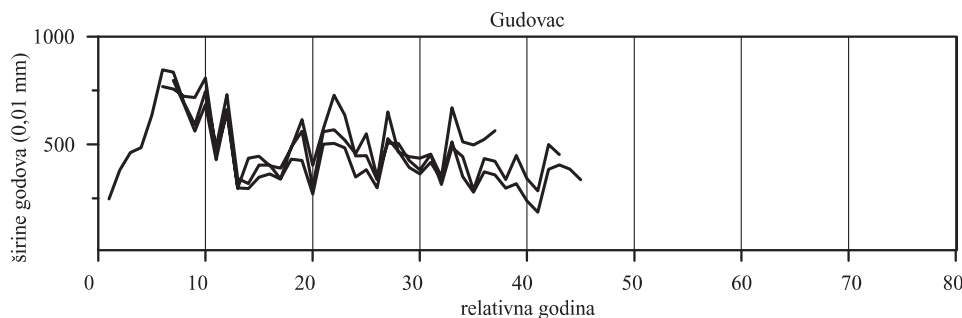
4. RASPRAVA

4 DISCUSSION

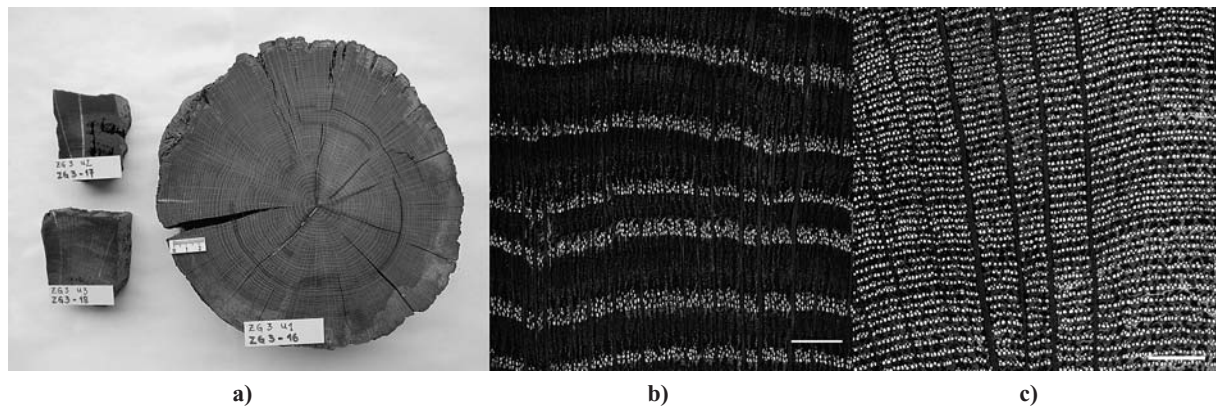
Uzorci s lokacije *Plemićki grad* pougljenjeni su ostaci greda izgorjele konstrukcije, prema ocjenama arheologa iz 13. do 15. st. Za datiranje konstrukcija obično se uzimaju uzorci drva 7 – 10 greda iz iste faze gradnje, jer veći broj uzoraka povećava vjerojatnost uspješnog datiranja. U ovom primjeru za istraživanje smo dobili uzorke ugljena iz dvije grede izgorjele krovne konstrukcije. Krivulje širine godova nijedne grede nismo uspjeli sinkronizirati. Mjerenje je napravljeno na ugljenu koji se drobio (usp. sl. 1), pa je postojala velika mogućnost pogreške pri mjerenju. Da smo na raspolaganju imali više uzoraka i da smo mogli lako isključiti moguće pogreške pri mjerenju, vjerojatnost uspješnog datiranja bila bi velika jer raspoložemo dobrom i dovoljno dugom jelovom kronologijom, koja bi zbog dobre telekonkcije jelovih kronologija bila primjerena za datiranje drva iz Hrvatske.

Uzorci ugljena općenito se čine obećavajućima za istraživanja. Uбудuće bismo pri uzimanju uzoraka morali paziti da u sličnim situacijama arheolog uzme što veći dio poprečnog presjeka drva odnosno ugljena. Ugljen treba zaštititi od drobljenja i raspadanja. Mokri ugljen treba spremirati tako da se ne osuši. Iako je za identifikaciju drva primjeren suhi ugljen, čini se da je priprema površina za mjerenje širine godova moguća samo ako je ugljen još u vlažnom stanju.

Glede približne preddatacije drva s nalazišta *Gudovac*, koje prema mišljenju arheologa potječe iz druge polovice 15. st., za datiranje je bilo opravdano primijeniti slovensku hrastovu kronologiju, pa smo usporedbe napravili također s hrastovom kronologijom iz Austrije, dugom 807 godina, za razdoblje od 1189. do 1995. g. (Wimmer i Grabner, 1998 / Grabner, osobna komunikacija). Glavni razlog neuspješnog datiranja jest to



Slika 5. Sinkronizirani nizovi širina godova hrastovih uoraka (ZG2 – U-C, U-D, U-F) s nalazišta *Gudovac* (ZG2)
Figure 5 Synchronized tree-ring sequences of the oak wood samples (ZG2 – U-C, U-D, U-F) from the site *Gudovac* (ZG2)



Slika 6. Uzorci hrasta s nalazišta *Torčec* (ZG3) (a). Pojednosti anatomske građe dva uzorka: b) široki godovi (uzorak U-1) i c) uski godovi (uzorak U-2 i U-3); b, c, crtica 5 mm
Figure 6 Oak samples from the site *Torčec* (ZG3) (a). The details of anatomical structure of two samples containing (b) wide tree-rings (samp. U-1) and (c) narrow tree-rings (samp. U-2 and U-3); b, c, scale bar 5 mm

što je plivajuća kronologija (presjek nizova širina godina triju uzoraka) sadržavala samo 45 godina. Tako kratke kronologije općenito je teško datirati, u najboljem slučaju to nam uspije uz dobre referentne kronologije iz istog područja.

Datiranje uzoraka s nalazišta *Torčec*, U2 (ZG3-17) i U3 (ZG3-18), slovenskom hrastovom kronologijom nije bilo uspješno, što pokazuje da su vjerojatno stariji od 1450. g., dokle seže naša kronologija. Nažalost, uzorke nije bilo moguće datirati ni s već spomenutom kronologijom iz Austrije. Razlog za to je velika udaljenost referentne kronologije (više od 400 km) i činjenica da smo istražili samo dva uzorka. Uzorak U1 (ZG3-16) iz *Torčeca* bio je iz balvana mosta. Za nj datiranje nije bilo moguće ponajprije zato što smo raspolagali jednim jedinim uzorkom sa samo 49 godina. Prema navodima arheologa, pri iskopavanju na *Torčecu* bilo je uzeto više uzoraka drva. Trebalo bi dendrokronološki analizirati sve njih, jer bi tada vjerojatnost datiranja narasla.

Suradnja arheologa i drvnih tehnologa zahtijeva mnogo učenja. Drvo je osjetljivi prirodni materijal, a drvo iz arheoloških nalazišta često je već dijelom razgrađeno, pa nakon uzimanja na arheološkom nalazištu s njim treba pažljivo postupati da ga sačuvamo takvoga kakvo je bilo u trenutku nalaženja. Najosjetljivije je vodom napojeno drvo iz vlažnog okoliša, koje na prvi pogled izgleda prilično dobro sačuvano, iako se nakon iznošenja na zrak brzo osuši, utegne, izobličiti i raspadne (prim. sl. 4.b). Da bismo to spriječili, najbolje je da drvo previše napojeno vodom odmah nakon uzimanja na terenu hermetički zatvorimo u polietilenske vrećice, tako da ostane napojeno vodom. Vlažno drvo, kao i ugljen, treba sačuvati u stanju kakvo je bilo u trenutku uzimanja na terenu.

Za dendrokronološka istraživanja drvo mora imati što veći broj godina (usp. sl. 6.c). U dosadašnjim se istraživanjima pokazalo da je potrebno najmanje 45 godina. Za datiranje je važno da drvo uzmemo tako da ima što je moguće više perifernih godina, jer su oni najbliži godini sječe stabla, pa su zato i najvažniji za ocjenu starosti drvenog objekta. Također je vrlo važno da broj uzoraka iz iste lokacije, tj. s istog objekta i iste gra-

diteljske faze, bude što veći, jer je veći broj uzoraka (7–10 po graditeljskoj fazi) obično uvjet za uspješno datiranje. To je posebice važno ako za datiranje raspoložemo samo referentnim kronologijama iz udaljenih područja.

Poznato je da uzorkovanje ovisi i o tome kakvo se drvo uopće sačuvalo. Pritom općenito vrijedi pravilo da s terena treba pokupiti sve drvo. Često se, naime, pokazuje da na terenu nije moguće ocijeniti koji je uzorak drva pogodan za analizu, tj. ima li dovoljno godina za dendrokronološko datiranje. Na više uzoraka pouzdanije se može ocijeniti pogodnost drva za analizu u laboratoriju, jer brojanjem godina određujemo uzorke na kojima ima smisla raditi skupe i spore dendrokronološke analize.

Sve rezultate dendrokronoloških mjerenja spremamo, pa se s vremenom, s poboljšanjem referentnih kronologija povećava vjerojatnost njihova datiranja.

Kada dendrokronološko datiranje nije moguće, tj. kada je neuspješno, drvo ima smisla poslati na datiranje pomoću radioaktivnog ugljika. Ako su uzorci najprije bili dendrokronološki istraženi, znamo koji uzorci potječu iz istog razdoblja i kakvo je njihovo relativno datiranje. Uzorci za analize radioaktivnog ugljika trebaju imati dovoljno veliku masu (prema dogovoru s laboratorijem za analize radioaktivnog ugljika) i što manje godina, najbolje perifernih, tj. najmlađih godina. Tako će se datum dobiven analizom radioaktivnog ugljika odnositi na uski izbor godina iz vremena neposredno prije sječe stabla. Najbolje rezultate datiranja pomoću radioaktivnog ugljika moguće je dobiti metodom *wiggle-matching*, koja se temelji na više uzoraka datiranih pomoću radioaktivnog ugljika, koji su prethodno bili relativno datirani uz pomoć dendrokronologije.

4. ZAKLJUČAK 4 CONCLUSION

Svi analizirani uzorci drva stigli su u laboratorij Odsjeka za drvenu tehnologiju Biotehničkog fakulteta u Ljubljani u dobrom stanju tako da smo lako i uspješno identificirali vrstu drva. Ustanovili smo tri različite vrste drva i ugljena: jele – *Abies alba* Mill. (14 uzora-

ka), bukve – *Fagus sylvatica* L. (četiri uzorka) i hrasta – *Quercus* sp. (deset uzoraka).

Na 16 uzoraka, tj. na onima koji su imali više od 45 godina, izmjerili smo širinu godova. Dendrokronološka datacija ni u jednom slučaju nije bila uspješna, iako su rezultati pokazali da bi, s obzirom na izbor vrste drva, sačuvanost, pretpostavljenu starost i zemljopisnu širinu mogli biti datirani uz pomoć slovenskih referentnih kronologija.

Glavne prepreke za uspješnu dataciju bile su premalen broj godina na pojedinim uzorcima, premalen broj uzoraka iz pojedinih nalazišta i preslaba sačuvanost uzoraka (npr. zdrobljeni ugljen). Na broj godina u drvu nismo mogli utjecati, kao ni na količinu sačuvanog drva na arheološkom nalazištu. Uzorkovanje bismo mogli poboljšati tako da na arheološkom nalazištu dosljedno skupimo sve drvo.

Važno je drvom rukovati tako da se sačuva u stanju u kakvom je nađeno. Prije svega, treba spriječiti isušivanje mokrog drva. Drvo pronađeno pod vodom ili u mokroj zemlji treba odmah nakon uzimanja zatvoriti u nepropusne polietilenske vreće.

Sredstva za istraživanja obično su ograničena, pa je nakon uzimanja uzoraka na terenu potreban razuman odabir drva za dendrokronološke analize. Pri tome treba poštovati činjenicu da je glavni čimbenik uspješnog datiranja broj godina, a ne veličina uzorka.

5. LITERATURA 5 REFERENCES

1. Čufar, K.; Kromer, B. 2004: Radiokarbonsko datiranje kronologij širin branik s Hočevarice. Hočevarica : eneolitsko kolišće na Ljubljanskem barju. Ljubljana: Opera Instituti archaeologici Sloveniae, 8 (str. 281-285, graf. prikazi).
2. Čufar, K.; Levanič, T. 1998: Referenčne kronologije za dendrokronološko datiranje v Sloveniji – stanje 1997. Arheološki vestnik, 49: 63-73.
3. Čufar, K.; Levanič, T. 1999: Dendrokronologija kot metoda za datiranje lesa. Les v restavatorstvu. Ljubljana: Restavratski center RS (str. 31-37).
4. Januška, B. 2000: Gradište kod Torčeca. Povijest Torčeca: 60-65.
5. Kolar, S. 1976: Arheološki lokaliteti u općini Koprivnica. Podravski zbornik 1976: 103-116.
6. Levanič, T.; Pignatelli, O.; Čufar, K. 2001: A regional larch chronology of trees and historical buildings from Slovenia and Northern Italy. Dendrochronologia, 19: 221-229.
7. Richter, H. G.; Dallwitz, M. J. 2002: Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification and information retrieval: Računalniški program.
8. Schweingruber, F. H. 1978: Mikroskopische Wood Anatomy. Birmensdorf: Swiss Federal Institute of Forestry Research.
9. Schweingruber, F. H. 1990: Mikroskopische Holz-anatomie. Birmensdorf: Swiss Federal Institute of Forestry Research.
10. Sekelj Ivančan, T.; Tkalčec, T. 2004: Arheološko nalazište Torčec-Gradič. Časopis za multidisciplinarna istraživanja, vol. III, br. 6: 71-106.
11. Tkalčec, T. 2005: Gudovac-Gradina 2004. Annales Instituti Archaeologici, I-2005: 50-55.
12. Tkalčec, T. 2003: Nastavak istraživanja srednjovjekovnog gradišta Torčec-Gradič u 2003. g. Obavijesti HAD-a, 35/3: 117-121.
13. Tomičić, Ž.; Tkalčec, T. 2005: Plemički grad Vrbovec kraj Klenovca Humskog – arheološko-konzervatorska istraživanja 2004. Annales Instituti Archaeologici, I-2005: 67-72.
14. Velušček, A.; Čufar, K. 2002: Dendrokronološke raziskave kolišč na Ljubljanskem barju-stanje 2001. Arheološki vestnik, 53: 59-67.
15. Wimmer, R.; Grabner, M. 1998: Standardchronologien in Österreich als Basis für die dendrochronologische Datierung. Archäologie Österreichs, 9/2: 79-85.

Zahvala - Acknowledgments

Istraživanja drva obavljena su u sklopu projektne skupine Lesarstvo i projekta J6-6348-0618-04 Instituta za arheologiju ZRC SAZU. Arheološko su drvo za istraživanja pripremile dr. sc. Tatjana Tkalčec i dr. sc. Tajana Sekelj Ivančan s Instituta za arheologiju u Zagrebu. Zahvaljujemo stručnom suradniku Martinu Zupančiču, dipl. ing. drv. ind. i tehničkom suradniku Petru Cundru, ing. drv. ind., na svestranoj pomoći u pripremi drva za analize.

Corresponding address:

Professor KATARINA ČUFAR, PhD

Department of Wood Science and Technology
Biotechnical Faculty, University of Ljubljana
Rožna dolina, Cesta VIII/34, p. p. 2995
SI-1001 Ljubljana
SLOVENIA
e-mail: katarina.cufar@bf.uni-lj.si