

MUZEUL NAȚIONAL DE ISTORIE A ROMÂNIEI

**CERCETĂRI
ARHEOLOGICE**

XXX

2

ISSN 0255-6812

**CERCETĂRI
ARHEOLOGICE**

XXX

2

BUCUREȘTI

2023

COLEGIUL DE REDACȚIE:

Sorin Ailincăi, Dan Aparaschivei, Mihai Bărbulescu, Nikolaus K.O. Boroffka, Adina Boroneanț, Dragoș Diaconescu, Stela Doncheva, Gabriel Fusek, Florin Gogâltan, Martin Husár, Sergiu Matveev, Dragoș Măndescu, Ioana A. Oltean, Ioan Carol Opriș, Liviu Petculescu, Constantin C. Petolescu, Zeno Karl Pinter, Stefan Pop-Lazić, Ivan Radman-Livaja, Tudor Sălăgean, Victor Spinei, Agnieszka Tomas, George Trohani, Boaz Zissu

COLECTIVUL DE REDACȚIE:

Silviu Oța – redactor-șef
Laurențiu Angheluță
Bianca Olteanu
Alexandru Rațiu
Andreea Ștefan
Maria-Magdalena Ștefan
Ovidiu Țentea

EDITORI:

Andreea Bîrzu
Katia Moldoveanu
Constantin Haită
Valentin Radu

Tehnoredactare și coperta: Petru Ureche

Ilustrația de pe copertile 1, 4: Podul lui Traian. Foto pila culee (pila C), dinspre SV, înainte de demararea lucrărilor din anul 1984 (anul 1983), fond nr. 854, inv. nr. 954, SJAN MH, dosar 11/1983-1984.

ISSN 0255-6812

www.cercetări-arheologice.ro

<https://doi.org/10.46535/ca.30.1>

<https://doi.org/10.46535/ca.30.2>

Volum editat de Muzeul Național de Istorie a României
Calea Victoriei 12, București, 030026, România

CUPRINS/CONTENTS

30/2

<i>IN MEMORIAM</i> Radian-Romus Andreescu (Editorii)	391
Radian-Romus Andreescu. Activitatea științifică (Editorii)	395
Sabin POPOVICI, Iulia RĂBÎNCĂ, Laurențiu COMĂNESCU, Valentin VOICILĂ, Gavrilă PĂLCĂU, Surface researches on the valley of the Frăsinet river (Frăsinetul de Pădure village, Dobrosloveni commune, Olt County). I	409
Camelia-Mirela VINTILĂ, Necropola de la Cernica. Brățări din inventarul funerar al mormintelor	433
Ana ILIE, Raluca KOGĂLNICEANU, Plastica antropomorfă de lut din așezarea gumelnițeană de la Iepurești (jud. Giurgiu)	457
Cristian-Eduard ȘTEFAN, Un vas antropomorf fragmentar de tip <i>Venus</i> din colecțiile Muzeului Național de Antichități	479
Roxana DOBRESCU, Constantin HAITĂ, Katia MOLDOVEANU, L'industrie lithique de l'habitation LI/1993 du site de Vitănești-Măgurice	491
Andreea BÎRZU, Katia MOLDOVEANU, Ion TORCICĂ, Pavel MIREA, Noi figurine antropomorfe recent descoperite în așezarea gumelnițeană de tip <i>tell</i> de la Vitănești „Măgurice”	527
Mihaela CULEA, Adina BORONEANȚ, A humerus varus deformity in a Eneolithic grave from Gumelnița (Călărași County, Romania)	541
Vasile DIACONU, Constantin APARASCHIVEI, Reevaluarea unor reprezentări antropomorfe și zoomorfe din situl eneolitic de la Petricani (com. Petricani, jud. Neamț)	553
Alin FRÎNCULEASA, Monica MĂRGĂRIT, Daniel GARVĂN, Adrian BĂLĂȘESCU, Industria materiilor dure animale din situl preistoric de la Șoimești – Merez (jud. Prahova)	567
Vasile IARMULSCHI, „Eine Pommersche Fibel“ aus Kamenez-Podolsk (Ukraine)	589
Boaz ZISSU, Nurit SHTOBER-ZISU, An Underground Rock-Cut Shrine near Amatsya, Judean Foothills, Israel	599
Remus Mihai FERARU, Zeii medicinei în coloniile milesiene de la Pontul Euxin: cult și reprezentare iconografică	627
Kateryna SAVELIEVA, Archaeological and epigraphic evidence about the religious life of the roman garrison in Tyras	639
Alexandru RAȚIU, Ioan Carol OPRIS, Samian Ware in Early Roman Contexts at Capidava	651
Alexandru RAȚIU, Mihaela SIMION, Laurențiu ANGHELUȚĂ, The Roman Sports Cavalry Helmet from Islaz (Teleorman County, Romania)	669
Eugen S. TEODOR, Emil DUMITRAȘCU, Săpături arheologice în zona centrală a castrului roman de la Băneasa (județul Teleorman)	691
Jozsef MATYAS, Fortificația romană de la Voislova	713

Corina Anca SIMION, Maria Loredana MARIN, Elena Alexandra ISPAS, Cristian MĂNĂILESCU, Alexandru Răzvan PETRE, Eugen S. TEODOR, Datarea radiocarbon a unor probe de lemn și derivați din lemn, ca urmare a unor tratamente termice. Un punct de vedere arheometric asupra unor eșantioane de la Măguricea Branului	725
Csaba SZABÓ, Miruna LIBIȚĂ-PARTICĂ, Ioan MUNTEAN, Mithras exhibited. Perspectives of sensory museology in Mithraic contexts	737
Ovidiu ȚENTEA, Florian MATEI-POPESCU, Călin TIMOC, Castele romane din sud-vestul Daciei. O trecere în revistă și o actualizare	763

CA

30/2

DATAREA RADIOCARBON A UNOR PROBE DE LEMN ȘI DERIVAȚI DIN LEMN, CA URMARE A UNOR TRATAMENTE TERMICE. UN PUNCT DE VEDERE ARHEOMETRIC ASUPRA UNOR EȘANTIOANE DE LA MĂGURICEA BRANULUI

CORINA ANCA SIMION, MARIA LOREDANA MARIN,
ELENA ALEXANDRA ISPAS, CRISTIAN MĂNĂILESCU,
ALEXANDRU RĂZVAN PETRE, EUGEN S. TEODOR

REZUMAT:

Datarea radiocarbon prin metoda spectrometriei de masă cu ioni accelerați AMS, folosită din 2012 la IFIN-HH Măgurele, a oferit recent cadrul științific pentru un studiu interdisciplinar, atât din punct de vedere arheologic cât și arheometric, aplicat unor materiale din lemn sau derivați ai lemnului. Primele rezultate radiocarbon calibrate obținute pe șase eșantioane prelevate la Măguricea Branului în 2021 au plasat majoritatea probelor într-un interval în jurul secolului al XIII-lea, unele diferențe putând fi explicate pe baza unor parametri ce sunt prezentați în acest articol. Cele patru probe similare suplimentare rezultate din campania 2022 au oferit date radiocarbon calibrate foarte diferite de estimări, dar și față de cele anterioare. Deși aceste probe au justificat dezvoltarea în laborator a unei metode noi de pre-tratare, pentru „lemn carbonificat”, unele rezultate nu au putut fi explicate din punct de vedere tehnic prin încadrarea în cei trei parametri: *terminus post quem*, *time-width*, *apparent ages*, aplicabili materialelor din lemn și derivați, și deci nu au putut oferi date relevante din punct de vedere arheologic. Lucrarea poate fi de interes pentru arheologii care folosesc probe de lemn pentru datarea AMS.

ABSTRACT: RADIOCARBON DATING OF WOODEN SAMPLES OR WOODEN DERIVATES, FOLLOWING TERMAL TREATMENT. AN ARCHAEOMETRICAL POINT OF VIEW FOR SOME SAMPLES FROM MĂGURICEA BRANULUI

Radiocarbon dating by AMS accelerated ion mass spectrometry method, used from 2012 at IFIN-HH-Măgurele, offered recently the scientific frame for an interdisciplinary approach, from archaeological and archaeometric perspectives, applied to wood samples. The first AMS results, issued in 2021 on six samples from Măguricea Branului archaeological site, have suggested a chronology around the 13th century AD, the differences being explained on terms detailed in this paper. The latter four samples, collected in the next archaeological campaign, gave very different dates. The difficulties experienced with these four samples driven us to develop new lab treatment, aiming carbonization of wood. Even so, the samples from 2022 could not be dated in a helpful manner, with parameters as *terminus post quem*, *time-width*, *apparent ages*. The paper could be of interest to archaeologists taking wood samples for AMS dating.

CUVINTE CHEIE: datare radiocarbon, AMS, lemn semi-ars (*charcoal*), lemn carbonificat, situri arheologice împădurite.

KEYWORDS: radiocarbon dating, AMS, charcoal, carbonised wood, forested archaeological sites.

Introducere

Deși lemnul și speciile derivate urmare a unui tratament termic au fost considerate ca punct de start încă din anii '50 ai secolului XX, datarea lemnului carbonificat este un subiect de nișă pentru metoda radiocarbon.¹

În general, lemnul incomplet ars² este mai des găsit în excavații pentru că este mai rezistent în timp față de lemnul nears sau alte specii derivate rezultate prin degradare sau prin tratamente termice. El are însă neajunsul major că există foarte puține situații în care dendrocronologia ar putea decela poziția fragmentului descoperit pe trunchiul din care provine și, prin urmare, să poată fi folosită individual ca datare absolută. Cu alte cuvinte, dacă

¹ Există un singur articol dedicat publicat în revista Radiocarbon (Lee et al. 2013).

² „Charcoal” în literatura arheologică de expresie engleză.

nu știm poziția relativă a inelelor pe trunchiul inițial, fie nearse, fie arse sau supuse unui tratament termic care să conserve cel puțin parțial integritatea, atunci putem spune că momentul în care copacul a fost sacrificat este undeva după data radiocarbon calibrată (fie în interval, fie după intervalul calibrat, situația fiind numită *terminus post quem*). Al doilea reper, valabil mai ales în cazul lemnului, reprezintă intervalul de timp care acoperă creșterea totală și schimbul cu biosfera a unui organism animal sau vegetal (*time-width*)³. Dacă la plantele anuale valoarea incrementală este de un an, la cele multianuale – de câțiva ani, la vegetație în general, la animale și oameni fiind de până în 100 de ani, la arborii vii se poate întinde de la un an la sute și chiar mii de ani (caracteristică extrem de utilă în generarea curbelor de calibrare radiocarbon). Trunchiurile de copaci nu au structură internă omogenă. În secțiune orizontală, spre centru se află duramenul (eng. *heartwood*), iar spre exterior este alburnul (eng. *sapwood*); duramenul și-a încheiat ciclul fiziologic iar schimbul de substanțe (inclusiv carbonul) a încetat, dar tocmai de aceea este mai dur și este folosit în construcții. Din contră, alburnul, aflat între duramen și coajă, este „viu”, dar este moale, cu rezistență scăzută, motiv pentru care nu se folosește în construcții. Acesta este motivul pentru care o probă de lemn poate data decenii sau chiar secole înainte de utilizarea sa istorică; este ceea ce, în literatură, se numește *old wood effect*⁴. Pentru a decela în cazul unui fragment de lemn sau derivat cărei scale temporale îi aparține (corespunzând duramenului sau alburnului), ar trebui să avem un eșantion reprezentativ. Acest fapt se întâmplă rar, mai ales în cazul fragmentelor de lemn degradate sau supuse unui tratament termic. Din acest motiv, acestui tip de material i se asociază o a treia variabilă, și anume vârsta aparentă (*apparent ages*). Acest al treilea parametru atenționează asupra diferențelor de până la sute de ani între vechimea determinată prin metoda radiocarbon și vechimea reală datorată momentului sacrificării copacului. Excepție fac arborii tineri, probe care provin de lângă scoarță sau din crengi. Revenind la *terminus post quem*, el se aplică cu precădere la lemn sau obiecte din lemn, căci data radiocarbon, sau mai bine zis intervalul calibrat (sau sub-intervalele), chiar dacă nu este afectat de *apparent ages*, nu poate da informații asupra momentului efectiv când materialul a fost „antropizat”. În orice situație ne-am găsi, data radiocarbon (sau vechimea probei) se referă strict la momentul sacrificării lemnului viu și nu la momentul antropizării lui (folosire ca lemn de foc, pentru obținerea unor obiecte sau prelucrarea pentru utilizări în construcții). Sunt și situații când materialul lemnos suferă într-un timp de până la sute de ani utilizări și re-utilizări succesive în același scop sau în scopuri și contexte diferite față de cel inițial.

În consecință, datarea radiocarbon oferă un instrument util specialistului din domeniul istoriei, istoriei artei sau arheologiei, dar care trebuie înțeles și folosit corect în soluționarea problemei pentru care s-a apelat la această metodă arheometrică.

Cunoscând aceste limitări aplicabile lemnului și tuturor speciilor derivate, putem face o clasificare generală a acestui tip de material, și anume:

- (a) lemn crud, nears
- (b) lemn prelucrat, nears
- (c) lemn crud sau prelucrat, nears, material arheologic rezultat în urma excavațiilor
- (d) lemn crud sau prelucrat, carbonificat, material arheologic rezultat în urma excavațiilor
- (e) lemn crud sau prelucrat, semi-ars, material arheologic rezultat în urma excavațiilor
- (f) lemn crud sau prelucrat, ars complet, material arheologic rezultat în urma excavațiilor.

Primele două categorii de mai sus se referă la acele materiale conservate natural sau ca urmare a aplicării unor procedee de conservare, aici intrând cea mai mare parte a lemnului din construcții, mobile, părți componente ale unor opere de artă, etc., în general lemnul care nu provine din săpături arheologice.

Categoria (c) va conduce, mai ales în condițiile geo-climatice ale României, la dispariția în timp a structurii lemnoase, celuloza și compușii naturali înrudiți fiind complet distruși sau transformați în materii humice care se combină cu cele ale mediului în care sunt înglobate, deci vor fi extrem de greu de decelat de acestea, de caracterizat fizico-chimic ca având exclusiv carbon-14 endogen și, în final, de datat radiocarbon. Un caz particular rămâne cel al lemnului fosil și sub-fosil descoperit întâmplător sau dragat din albiile sau malurile râurilor mari sau Dunării.⁵ A apărut drept foarte probabil scenariul folosirii lemnului fosil (sub-fosil) ca sursă de foc, de construcții sau de formare a unor obiecte cu mii de ani în urmă⁶. Datarea radiocarbon în aceste situații pentru probe plasate în context arheologic clar este cel mai bun exemplu pentru înțelegerea limitării datelor radiocarbon oferite de lemn

³ Bowman 1990.

⁴ Nu orice probă de lemn predează atât de mult utilizarea antropică. Este foarte puțin probabil ca stâlpii din structura unei palisade să fi fost curățați de coajă, având în vedere cantitățile mari necesare, cât și faptul că nu sunt elemente de rezistență. Din perspectivă arheologică, este foarte greu de precizat din care parte a trunchiului provin probele, mai ales dacă rămășițele de lemn prezervat au câțva grame (sau mai puțin), chiar dacă, de exemplu, se știe că provin dintr-o groapă de stâlp.

⁵ Patrut et al. 2013; Radoane et al. 2019.

⁶ Kozłowski 2015.

și derivate, în care noțiunile de *terminus post quem*, *time-width* și *apparent ages* devin determinante în plasarea corectă a rezultatelor arheometrice.

Ultimele trei categorii din lista de mai sus, de la (d) la (f), oferă cele mai mari șanse de datare, în condițiile limitărilor metodelor radiocarbon menționate mai sus, și constituie punctul de plecare al acestui studiu comparat. Dintre ele, categoria (f) are și ea un câmp restrictiv. O dată îndepărtate clasele de contaminanți din sol și cei rezultați ca urmare a degradărilor materialului lemnos, carbonul rezistent la procesele oxidative va fi cel care va oferi informația necesară⁷, cu condiția ca acest material, caracterizat mai degrabă de termenul „*microcharcoal*” să poată fi decelat de cel provenit din proximitatea probei investigate⁸.

Cărbunele ars parțial în timp scurt sau în cantitate insuficientă de oxigen (categoria e în lista de mai sus) este cunoscut în general prin termenul „*charcoal*” și rămâne unul dintre materialele cel mai mult folosite la datarea radiocarbon⁹. Spre deosebire de semințele (sau boabele semi-carbonizate), el prezintă avantaje și dezavantaje, dar în general atunci când semințele semi-carbonizate se găsesc în săpătură, ele prevalează¹⁰. Chiar și pentru aceste cazuri favorabile există excepții, studiile din literatură și ale laboratorului RoAMS punând în evidență motivele pentru care apar „*offset-uri*” acolo unde te aștepti mai puțin¹¹.

Cercetările recente ale laboratorului nostru vizează determinarea influenței situațiilor extreme de vreme sub care are loc evenimentul, dar, în general, pentru obținerea diferitelor stadii de transformare subsecvente unor tratamente termice există următoarele paliere, așa cum arată paragraful descriptiv preluat din literatură¹²:

1. de la 20 până la 110°C lemnul absoarbe căldură pe măsură ce este uscat, eliberând umiditatea sub formă de vapori de apă (abur). Temperatura rămâne la sau puțin peste 100°C până când lemnul este uscat.
2. de la 110 până la 270°C se degajă urme finale de apă și lemnul începe să se descompună, dând puțin monoxid de carbon, dioxid de carbon, acid acetic și metanol. Căldura este absorbită, fenomenul fiind endoterm.
3. de la 270 până la 290°C este intervalul în care începe descompunerea exotermă a lemnului. Se degajă căldură și descompunerea continuă spontan cu condiția ca lemnul să nu fie răcit brusc sub această temperatură de descompunere. Gazele și vaporii amestecați continuă să fie emise împreună cu primii produși de gudron.
4. de la 290 până la 400°C, pe măsură ce degradarea structurii lemnului continuă în toată masa lui, vaporii emanați cuprind gazele combustibile – monoxid de carbon, hidrogen și metan împreună cu dioxid de carbon gazos, vapori condensabili: apă, acid acetic, metanol, acetonă, etc. și gudroane de lemn care încep să predomine pe măsură ce temperatura crește.
5. de la 400 până la 500°C; la 400°C transformarea lemnului în cărbune este practic completă. Cărbunele la această temperatură conține încă cantități apreciabile de gudron, circa 30% din greutate, prins în structură. Acest cărbune ars moale are nevoie de încălzire suplimentară pentru a îndepărta mai mult gudron și astfel crește conținutul de carbon fix al cărbunelui la aproximativ 75%, ceea ce este un procent normal pentru cărbune comercial de bună calitate. Pentru a îndepărta acest gudron, cărbunele este supus unor aporturi suplimentare de căldură pentru a-și ridica temperatura la aproximativ 500°C, completând astfel etapa de carbonizare.

Ceea ce se remarcă studiind treptele de descompunere (1-5) este că până la stadiul de „*charcoal*” (-e- în lista anterioară) și de cărbune (-f- în lista anterioară), atunci când practic se elimină ultimii produși de descompunere termică, există stadiul de „lemn carbonificat” (-d- în lista anterioară), în care se păstrează parțial integritatea compușilor celulozici alături de produși de descompunere mai greu volatili și gudroane. Această stare este caracterizată de un regim termic de la 270 până la 400°C (treptele 3 și 4 în lista de mai sus). Prin carbonificarea la temperaturi relativ joase din acest interval apare o etapă de transformare a lemnului care îi conferă un grad sporit de conservare în timp¹³. Dacă acest fenomen apare spontan, prin natura condițiilor în care a avut loc, atunci crește atât rezistența mecanică în mediu de umiditate relativă normală (RH = 30 ± 80%)¹⁴, cât și cea la atacul microbian,

⁷ Evin, Gabasio and Lefèvre 1989, fiind vorba despre analiza unor depuneri organice prelevate de pe fragmente ceramice.

⁸ Gabasio et al. 1986; Hedges, Tiemei and Housley 1999; Mihara et al. 2004.

⁹ Head, Jacobsen and Tuniz 1996; Pessenda, Gouveia and Aravena 2001; Brock et al. 2010.

¹⁰ Datorită faptului că ciclul lor de viață este scurt, vezi Bruins and van der Plicht 1998; Braadbaart 2008; Park et al. 2013.

¹¹ Higham et al. 2010; Uccchesu et al. 2016; Simion et al (2023).

¹² FAO Forestry Paper, 63 (Industrial charcoal making), Rome 1985, Chapter 2: Wood carbonization and the product it yields (<https://www.fao.org/3/x5555e/x5555e00.htm#Contents>, accessed 02 March 2023).

¹³ Gosselink et al. 2004.

¹⁴ Experiența de teren de peste 30 de ani a produs, în cel puțin cinci rânduri, descoperirea unor rămășițe de lemn, complet sau aproape complet carbonificate, care însă au o consistență scăzută, untoasă. Diferența de proprietăți mecanice, între exemplele experimentale și aceste situații arheologice, este dată de împrejurarea că lemnul se poate carbonifica natural, fără intermedierea focului, sau cel puțin aceasta era sugestia stratigrafiei. Obișnuit, astfel de situații apar la adâncimi mari (în jur de 4 m), în soluri umide, practic neoxigenate, cu variații mici de temperatură. Condiții similare pot să apară și pe munte, la adâncimi mai mici,

calități ce asigură păstrarea integrității materialului arheologic în condițiile mediului ambiant, până la descoperire. În condițiile de laborator folosite la carbonificarea lemnului de pin la temperatură joasă a rezultat un produs omogen, cu un conținut de cca. 70% carbohidrați non-celulozici prin comparație cu lemnul crud inițial. În acest tip de material se mai detectează urme de hidrocarburi aromatice policiclice, compuși fenolici și furani. Carbonificarea la temperatură scăzută duce la un produs cu o durabilitate mult crescută, rezistența sa la factorii de mediu ambiant devine similară sau chiar mai bună față de cea a lemnului impregnat cu creozot. Aceste derivate vor fi îndepărtate fie în sol, fie la tratamentele din laborator, ceea ce rămâne fiind componenta de polimerizare hidrofobă, cu un alt conținut în carbon față de lemnul inițial (de regulă fiind 45 ÷ 50%) sau de „charcoal” / „microcharcoal” / cărbune (de regulă pe intervalul 65-95%), și care conferă o rezistență crescută la absorbția umidității din aer și la ciclurile îngheț-dezghet care afectează lemnul umed. În condiții de aer uscat (RH < 30%), rezistența mecanică este mai scăzută, iar în mediu umed (RH > 80%), cum ar fi albiile râurilor, mlaștinilor, lagunelor, fundul mărilor sau oceanelor, rezistența crește din nou datorită ambientului anaerob, cel mai bun mediu conservant pentru perioade lungi de timp. Aceste proprietăți, o dată constatate și înțelese, cu siguranță pot fi aplicate în mod controlat în antropizarea lemnului pentru a-i crește rezistența în construcții în zone cu umiditate crescută, extreme atmosferice și diferențe mari la ciclurile îngheț-dezghet succesive. Practic, „lemnul carbonificat” este un lemn nears în sensul general al termenului.

În timp, crearea unei tehnologii artisanale a dus la obținerea unor proprietăți superioare lemnului inițial, dar și la crearea unei adevărate arte în a obține efecte spectaculoase ca textură și colorit, imposibil de atins prin alte tehnici de tratare a lemnului. Expresia cea mai înaltă a artei de carbonificare a lemnului a fost atinsă în Japonia, începând cu 300 de ani în urmă, actual ea fiind apreciată și căutată în toată lumea¹⁵. În termeni tehnici, acest tratament se numește „torefacție”. Torefacția elimină umezeala și unele substanțe volatile din lemn, temperatura de reacție trebuind să fie menținută sub un anumit punct (aproximativ 270°C) pentru a evita formarea și fragilizarea către „charcoal”, următoarea specie care rezultă urcând pe palierul de temperaturi¹⁶. Prin torefacție, produșii polimerizați hidrofobi împiedică pătrunderea umezelii și implicit atacul microbial în condițiile ambientale.

Fenomenul ar putea fi asociat și cu elemente de construcție sau cu artefacte din lemn care nu au avut contact direct cu focul, dar au suferit transformări în intervalul de temperaturi de până la 270-290°C. Acest aspect particular ar putea fi pus în evidență doar prin context arheologic clar. Tot contextul arheologic demonstrează existența unor fragmente de lemn carbonificat, la adâncimi mari, procesul instalându-se fără intermedierea focului, în condiții similare cu cele de pe fundul albiilor râurilor, etc., situație descrisă într-un paragraf anterior (revezi și nota 14).

Un set interesant de probe, urmare a unor sondaje de teren din 2021 și 2022 din zona Măguricea Branului, a oferit laboratorului RoAMS oportunitatea de a studia diferențele dintre unele materiale lemnoase. Datele radiocarbon oferite de laborator și-au găsit interpretarea într-un articol care este publicat separat de specialiști în acest număr al revistei¹⁷. Studiul de față se rezumă doar la interpretarea rezultatelor analizelor pe flux (inspecție vizuală ante- și post-procesare, analiză elementală la grafitizare și datele AMS și calibrate obținute), aducând un plus de cunoaștere în stabilirea nuanțelor necesare încadrării corecte a rezultatelor oferite arheologilor prin prisma parametrilor *terminus post quem*, *time-width* și *apparent ages*.

Materiale și Metode

Analiza ante-procesare

A implicat inspecția vizuală a probelor, în paralel cu analiza informațiilor din Fișele de caracterizare a probelor oferite la înscrierea și luarea în evidență a acestora la RoAMS¹⁸.

Din punctul de vedere al inspecției vizuale, cele zece probe au prezentat un aspect negru-marونی uniform, relativ comun întâlnit în laborator la pre-tratarea probelor de „charcoal”.

Nuanțarea în alegerea metodei optime de pre-tratare a apărut la analiza datelor din Fișe și mai ales a comentariilor și informațiilor suplimentare – punct opțional în document, dar care devine foarte important pentru investigator în determinarea strategiei corecte, personalizate, de analiză a fiecărei probe în parte.

Proba RoAMS 1939.35 (MAG 14) a fost descrisă de arheolog ca fiind „lemn carbonificat” de sub palisada fortificației de est, de masă cca. 1 g. Proba RoAMS 1940.35 (MAG 18) este un cui de lemn înnegrit, aproape

datorită umidității specifice și a temperaturilor mai scăzute. Din nefericire, astfel de situații nu pot fi replicate experimental, cazul nefiind studiat deocamdată în condiții de laborator (nota E.S. Teodor).

¹⁵ Pereira 2021.

¹⁶ Revezi lista de la pagina anterioară.

¹⁷ Teodor et al. 2023.

¹⁸ RoAMS este acronimul laboratorului de la IFIN care a procesat probele aici în discuție, respectiv Romanian Accelerator Mass Spectrometry, vezi <https://dfna.nipne.ro/radiocarbon>.

complet prezervat, de masă 3,18 g. Proba RoAMS 1941.35 (MAG 19) este „lemn carbonificat” din șanțul unei palisade (a fortificației de vest), de masă cca. 7 g. Proba 1942.35 (MAG 20) este un fragment de lemn înnegrit, de masă 0,50 g. Proba RoAMS 1943.35 (MAG 21) este un fragment de „lemn carbonificat” din șanțul palisadei fortificației de vest, de masă 0,56 g. Proba 1944.35 (MAG 28) este tot un fragment de „lemn carbonificat” din amenajarea drumului de rond, cetatea de vest, de masă 0,70 g.

Proba RoAMS 2225.35 (MAG 105) este o coajă de alună înnegrită care și-a păstrat integritatea structurală, de masă 0,62 g după curățare. Ca material a fost încadrată ca „alună”, fără a se specifica dacă a suferit un tratament termic. Proba RoAMS 2226.35 (MAG 118), cu masă 1,73 g, este un fragment încadrat prin termenul „*charcoal*”, lemn vechi nears, dar care prin discuții cu arheologul s-a dorit a fi încadrat la categoria „lemn carbonificat”. La fel a fost cazul și cu probele RoAMS 2227.35 (MAG 119, de masă 0,46 g) și RoAMS 2228.35 (MAG 120, masă 2,97 g).

Metodele de pre-tratare curente din laborator, validate prin intercomparea internațională SIRI¹⁹ din 2015, oferă soluții pentru lemn și „*charcoal*” (lemn semi-ars sub-fosil și nefosil), dar nu și pentru „lemn carbonificat” (*carbonified wood*)²⁰.

Trecerea de la pre-tratarea unei probe de tip „*charcoal*” la una de tip „lemn carbonificat” implică asemănări și deosebiri care au fost explorate cu ocazia pre-tratării probelor de mai sus încadrate inițial ca fiind „lemn carbonificat”.

Pentru RoAMS 2225.35, încadrarea la lemn și nu la rest vegetal, și aplicarea pre-tratării respective, a dus la obținerea unui material celulozic cu aspect și valori ale procentelor masice ale azotului (%N) și carbonului (%C) întâlnite uzual în laborator pe timpul pre-tratării și combustiei totale ulterioare la analizorul elementar model Elementar™ (EA) pentru holoceluloza din lemn. EA este parte integrantă a sistemului de grafitizare din laborator, compus din acest echipament și unitatea de grafitizare propriu-zisă, Automated Graphitisation Equipment model AGE 3™, și care oferă sistemului de măsurare prin spectrometrie de masă cu ioni accelerați (metoda AMS) ținta cu minim 1 mg carbon obținut în urma grafitizării²¹.

Pre-tratarea probelor

Probele considerate ca fiind lemn înnegrit, respectiv RoAMS 1940.35 (MAG 18), RoAMS 1942.35 (MAG 20) și RoAMS 2225.35 (MAG 105) au fost supuse unui tratament în trepte folosind o etapă de mercerizare a fibrei lemnoase (tratament bazic), urmată de o etapă de eliminare a contaminanților exogeni solubili în mediu acid (care conțin compuși cu carbon cu un nivel de carbon-14, C-14, diferit de al probei), apoi una de tratament bazic pentru îndepărtarea compușilor solubili în mediu bazic, urmând o neutralizare a urmelor de bază și de eliminare a dioxidului de carbon trapat de bază din atmosferă pe timpul tratamentelor anterioare, folosind mediul acid. În final îndepărtarea constituenților lemnului nespecifici sau care ar putea influența calculul datei radiocarbon se face prin „albire” cu soluție de clorit de sodiu în mediu acid, obținându-se la final holoceluloza cu procente totale ale carbonului de cca. 45-50% obținute la Elementar în etapa următoare. De-a lungul întregului proces s-au folosit ca bază hidroxidul de sodiu, ca acid acidul clorhidric, iar la formarea soluțiilor și spălare – apa ultrapură tip MilliQ8™.²²

Probele considerate ca fiind „lemn carbonificat”, respectiv RoAMS 1939.35 (MAG 14), RoAMS 1941.35 (MAG 19), RoAMS 1943.35 (MAG 21), RoAMS 1944.35 (MAG 28), RoAMS 2226.35 (MAG 118), RoAMS 2227.35 (MAG 119) și RoAMS 2228.35 (MAG 120) au fost inițial tratate drept „lemn”, apoi drept „*charcoal*” pentru ca în final să se aplice o procedură specifică, descrisă în literatură²³. Această procedură implică o combinație a procedurii pentru lemn cu a celui pentru „*charcoal*”, și anume: s-a aplicat tratamentul cu acid-bază-acid pentru îndepărtarea carbonaților și materiilor humice exogene și endogene nespecifice. Apoi a urmat un tratament cu clorit asemănător pre-tratării lemnului, dar în mediu neutru, pentru ca la final să se mai aplice tratamentul suplimentar cu acid pentru îndepărtarea urmelor de dioxid de carbon trapate pe fibra celulozică.

Dintre cele zece probe, singura ce a dus prin procedeul pentru „lemn” la un material alb-strălucitor a fost proba RoAMS 2225.35 (MAG 105). Dintre celelalte nouă, prin iterații succesive, opt probe au fost în final tratate drept „*charcoal*” și au condus la materiale negru-strălucitor cu randamente de purificare de 50-60%. Proba RoAMS 2227.35 (MAG 119) a fost în final tratată ca „lemn carbonificat” și a prezentat un aspect apropiat compușilor

¹⁹ SIRI = Sixth International Radiocarbon Inter-comparison, 2015; testarea tuturor laboratoarelor din lume prin raportarea rezultatelor și compararea lor ulterioară cu valorile declarate oficial de organizația Radiocarbon.

²⁰ Sava et al. 2019.

²¹ Stan-Sion et al. 2015.

²² Southon and Magana 2010; Adolphy et al. 2013; Sava et al. 2019.

²³ Lee et al. 2013.

derivați celulozici izolați din lemn la carbonificare, conform procedurii de pre-tratare nou implementate, cu un randament global de proces scăzut, de circa 20-30%.

Diferențele privind randamentele globale de purificare între grupe nu trebuie luate ca semn al descompunerii diferite a materialului inițial. Unele probe erau individualizate ca provenind din fragmente de lemn, altele prezentau depuneri de sol argilos-nisipos.

În toate cazurile, înainte de grafitizare, probele au fost uscate la etuva de vid.

Chiar dacă analiza ante-procesare a indicat încadrarea unor materiale inițiale în altă grupă, respectiv unele probe de lemn înnegrit la „*charcoal*” și unele probe de „lemn carbonificat” tot drept „*charcoal*”, pre-tratarea finală folosind și alte etape în afară de acid-bază-acid (specifice „*charcoal*”) nu a dăunat decontaminării, din contră a ajutat printr-un tratament bazic mai îndelungat sau prin „albire”.

Analiza post-procesare

Proba decontaminată obținută din alună, RoAMS 2225.35 (MAG 105) a prezentat la inspecția vizuală o textură și culoare alb-strălucitor, specifice holocelulozei obținute din lemn.

Celelalte probe de lemn înnegrit și de „lemn carbonificat” care au suferit sau nu diverse tratamente termice, controlate sau întâmplătoare, au prezentat aspecte ușor diferențiate între ele.

Proba 2227.35 (MAG 119) care a dus la derivați ai celulozei ca urmare a carbonificării prezenta un aspect „caramelizat”, spre deosebire de celelalte opt probe, respectiv cu un aspect negru-strălucitor și o textură apropiată de a cărbunelui.

Aceste observații au fost întărite de rezultatele obținute la combustia totală a probelor pe Elementar™.

Procentele masice au fost:

RoAMS 2225.35 (MAG 105): 0,59 %N și 50,76 %C (în limitele erorilor experimentale de măsurare proba este încadrată la holoceluloză din lemn corect decontaminată); RoAMS 2227.35 (MAG 119): 1,08 %N și 53,51 %C (dată fiind abaterea față de valorile pentru lemn și „*charcoal*”, valorile obținute întăresc stagiul de „lemn carbonificat” decontaminat); RoAMS 1939.35 (MAG 14): 0,50 %N și 68,45 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 1940.35 (MAG 18): 0,57 %N și 69,87 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 1941.35 (MAG 19): 0,50 %N și 70,68 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 1942.35 (MAG 20): 0,65 %N și 69,43 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 1943.35 (MAG 21): 0,60 %N și 70,75 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 1944.35 (MAG 28): 0,94 %N și 75,38 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 2226.35 (MAG 118): 0,90 %N și 73,68 %C (încadrat final la „*charcoal*”); RoAMS 2228.35 (MAG 120): 0,63 %N și 74,82 %C (încadrat final la „*charcoal*”).

Datarea radiocarbon și analiza rezultatelor

După grafitizare, proces de transformare a dioxidului de carbon rezultat din combustie în carbon depus intim pe catalizatorul din fier, au urmat închiderea în ținte, optimizarea acceleratorului și măsurarea acestor ținte împreună cu unele obținute similar prin grafitizarea unor materiale considerate de vârstă infinită („blank”-uri de proces) și a unor standarde secundare moderne (acid oxalic, HOx II). În final s-a ajuns la obținerea datelor de mașină raportate drept Vârsta Convențională Radiocarbon (data radiocarbon obținută prin metoda AMS) împreună cu calibrarea în ani calendaristici a acesteia, folosind programul Online oferit de Unitatea de Radiocarbon Oxford, ORAU.

Rezultatele de mașină obținute în mod automat de soft-ul acceleratorului de 1 MV de tip Cockcroft-Walton Tandetron HVEE™, construit în Olanda, au fost corectate și transformate în Vârsta Convențională Radiocarbon amendată cu o incertitudine standard combinată a procesului de datare, $CRA \pm SD$, ani BP, cu ajutorul programului Bats 4.0, adaptat de laboratorul de datare radiocarbon de la Zürich, ETHZ, oferit la achiziționarea de către IFIN-HH a sistemului de grafitizare.

Astfel, menținerea în optim a acceleratorului și urmărirea cu strictețe a protocoalelor de lucru conduc către o dată calibrată care rezultă practic din aplicarea succesivă, cu corecțiile necesare, a unor soft-uri recunoscute internațional.

În cazul particular al celor zece probe implicate în acest studiu tehnic, s-a făcut o analiză primară a rezultatelor pornind de la vârstele istorice așteptate de arheologi. Selectarea probelor relevante din punct de vedere arheologic a fost făcută ulterior, după criteriile de specialitate, și este prezentată în altă lucrare²⁴.

²⁴ Teodor et al. 2023, publicată în fascicula anterioară a aceleiași reviste.

Conform Fișei, proba RoAMS 2225.35 (MAG 105) provine dintr-o poziție stratigrafică relevantă sub un strat de abandon, strat care definea separația între folosirea zonei drept carieră și reutilizarea ulterioară ca fortificație. Ea a fost considerată o probă de lemn înnegrit, încadrare corectă. Perioada estimată a fost asociată celei de a doua jumătăți a secolului XIII AD. Data radiocarbon a oferit o vârstă modernă, post 1950 AD (considerat „anul zero” radiocarbon datorită deceniilor care au venit împreună cu activitățile nucleare cu impact planetar). În acest caz, fiind vorba despre o probă încadrată la categoria vechimii de un an de la data încetării schimbului de carbon cu mediul ambiant, explicația diferenței între vârsta așteptată și cea calibrată nu poate fi dată pe baza celor trei criterii luate în considerare în acest studiu.

Următoarele probe, cu excepția RoAMS 2227.35 (MAG 119), au fost încadrate inițial drept „lemn carbonificat”, dar s-au dovedit în final a fi probe de tip „charcoal”.

Proba RoAMS 1939.35 (MAG 14) provine de sub palisada fortificației de est. Data radiocarbon calibrată oferă o încadrare în secolul XIV AD²⁵, rezultatul fiind considerat util pentru arheolog.

Proba RoAMS 1940.35 (MAG 18) este un cui din lemn foarte bine conservat estimat ca aparținând secolului XIII AD. Rezultatul radiocarbon confirmă și întărește încadrarea arheologică.

Proba RoAMS 1941.35 (MAG 19) este un eșantion provenit din șanțul unei palisade a fortificației centrale, estimat ca aparținând secolului XIII AD. Intervalele calibrate se întind de la secolul XI la secolul XIII AD inclusiv. Sub-intervalul dominant este plasat în secolul XII-XIII AD, deci poate fi judecat pe baza celor trei criterii ca fiind acceptabil pentru a fi încadrat din punct de vedere istoric în secolul XIII AD.

Proba RoAMS 1942.35 (MAG 20) reprezintă un fragment lemnos din șanțul palisadei externe a fortificației centrale, și este un *outlier* plasat în secolele XV-XVII AD, fără legătură cu criteriile *terminus post quem*, *time-width* și *apparent ages*. Practic nu oferă o dată radiocarbon sustenabilă pentru secolul XIII AD; a se vedea mai jos.

Proba RoAMS 1943.35 (MAG 21) este un fragment din șanțul palisadei fortificației centrale, a cărui dată radiocarbon se suprapune peste estimarea de secol XIII AD²⁶.

Proba RoAMS 1944.35 (MAG 28) provine din amenajarea zonei centrale a cetății centrale, posibil un drum de rond în spatele palisadei interioare. Încadrată radiocarbon în intervalul secol IX-XII AD față de estimarea pentru secol XIII AD, proba intră sub cele trei criterii și poate fi acceptată ca putând aparține secolului XIII AD.

Proba RoAMS 2226.35 (MAG 118) provine dintr-o palisadă care apăra accesul spre intrarea în fortificațiile de vest și centrală, vârsta așteptată fiind prima jumătate a secolului XIII AD. Data radiocarbon calibrată a fost încadrată cu trei sub-intervale între secolul IX și VI BC. Fiind o probă cu caracteristici de „charcoal” și integritate demonstrată pe fluxul de analize, diferența vizibilă între vârsta așteptată și cea calibrată exclude încadrarea pe baza celor trei criterii, explicația depășind nivelul de competență al personalului tehnic, și revenind specialiștilor în domeniu.

Proba RoAMS 2227.35 (MAG 119) provine de pe palisada exterioară a fortificației de vest, de la exteriorul palisadei, vârsta radiocarbon calibrată fiind plasată în intervalul secolul XV – secolul XVII AD. Față de vârsta așteptată, și anume prima jumătate secol XIII AD, diferența de cel puțin trei secole nu poate nici de această dată a fi interpretată prin prisma celor trei parametri. Se remarcă în schimb o foarte bună apropiere de rezultatul pentru proba RoAMS 1942.35 (MAG 20).

Proba RoAMS 2228.35 (MAG 120) provine de pe latura de vest a palisadei, dintr-o gaură de par. Data radiocarbon calibrată implică ultimul secol BC sau primul secol AD, din nou mult prea departe de prima jumătate a secolului XIII AD.

Pentru coaja de alună, explicația poate fi simplă, prin apariția fenomenului de bioturbare.

Probele RoAMS 1940.35 (MAG 18), RoAMS 1943.35 (MAG 21) se încadrează în secolul XIII AD.

Probele RoAMS 1941.35 (MAG 19), RoAMS 1944.35 (MAG 28) pot fi încadrate pe baza celor trei criterii *terminus post quem*, *time-width* și *apparent ages* ca aparținând secolului XIII AD.

Proba RoAMS 1939.35 (MAG 14) se încadrează în secolul XIV și se asociază cu faza cea mai târzie de construcție pe sit.

Probele RoAMS 2226.35 (MAG 118), RoAMS 2228.35 (MAG 120) nu pot fi asociate cu secolul XIII AD, ci mai degrabă cu epoci mai timpurii, conform unor estimări inițiale.

Probele RoAMS 1942.35 (MAG 20), RoAMS 2227.35 (MAG 119) furnizează date radiocarbon care se suprapun perfect. Deși indică apartenența la secolele XV-XVII AD, fiind *outlier*-e față de grupul principal de valori.

²⁵ Notațiile BC (eng. *Before Christ*) și AD (lat. *Anno Domini*) sunt uzuale în articolele pentru datarea radiocarbon. Deși în limba română există expresii corespondente, am preferat să păstrăm notația colegilor de la IFIN.

²⁶ Interesant de observat, probele MAG 20 și MAG 21 au avut o poziție stratigrafică aproape identică, deși datarea AMS este diferită. Chestiunea va fi abordată în concluziile lucrării.

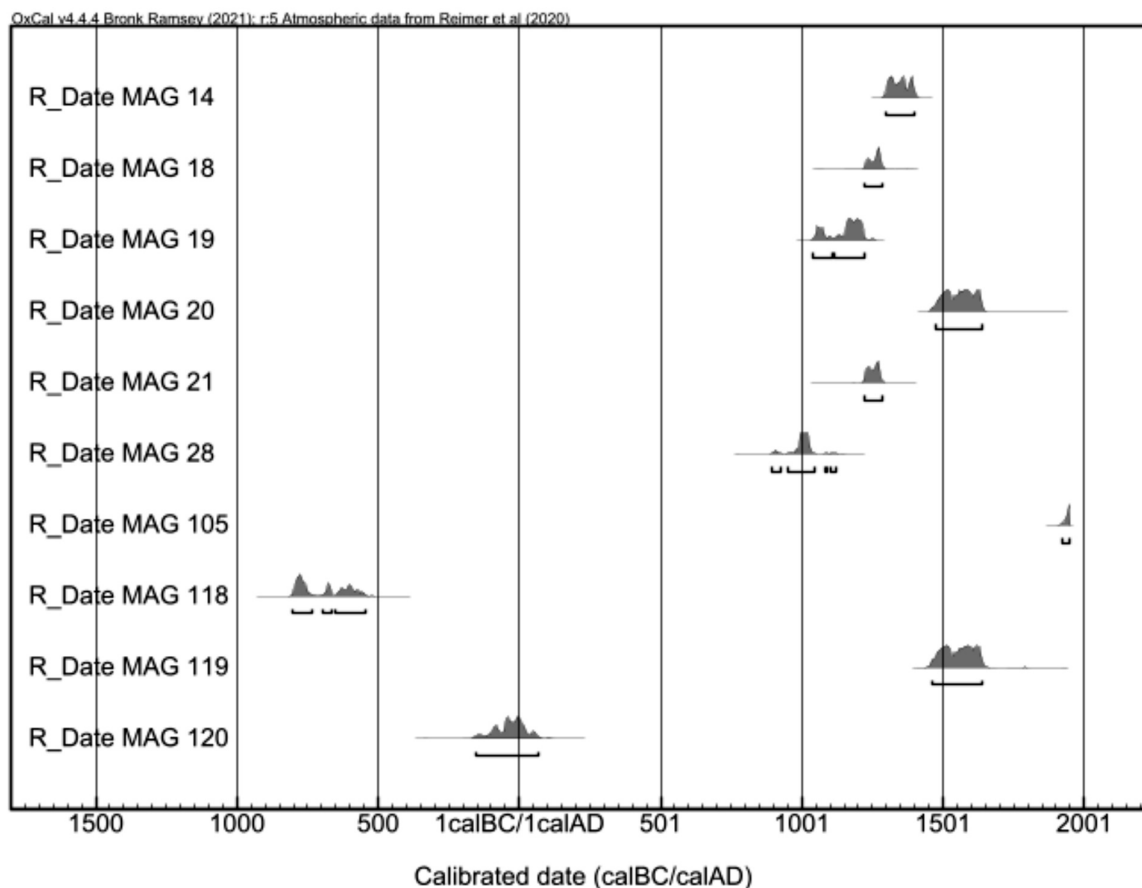


Figura 1. Grafic multiplot al probelor radiocarbon de la Măguricea Branului.

Rezultatele obținute, cu valorile calibrate pe intervale sau sub-intervale, și interpretarea lor de către arheologi nu fac obiectul acestui studiu, ele fiind reprezentate prin diagrama multiplot din figura 1.

La o primă aproximare, de interes arheologic pentru estimarea unei construcții realizate în secolul XIII AD, rămân probele care se încadrează în linii mari în intervalul 1000-1500 AD, respectiv: RoAMS 1939.35 (MAG 14), RoAMS 1940.35 (MAG 18), RoAMS 1941.35 (MAG 19), RoAMS 1943.35 (MAG 21), RoAMS 1944.35 (MAG 28).

Pentru prima estimare a epocii fierului, eventual epocii geto-dacice, probele RoAMS 2226.35 (MAG 118) și RoAMS 2228.35 (MAG 120) pot avea importanță.

Singura probă ieșită din context arheologic, aparținând epocii contemporane, plasată în jurul anului 1950 AD, este proba de alună, respectiv RoAMS 2225.35 (MAG 35).

Concluzii

La începutul anului 2022 au fost analizate șase probe de la Măguricea Branului, înscrise la programul anual de datare din fonduri pentru instalații mari de interes național PAC 2021/2022, listă care include și acceleratorul de 1 MV de la RoAMS. Rezultatele promițătoare care încadrau probele prelevate în 2021 în intervalul istoric secolele IX-XV AD, cele mai multe fiind plasate în secolul XIII AD, au condus la ideea unui studiu mai aprofundat în laborator a tipurilor de materiale derivate din lemn și a interpretării valorilor obținute prin prisma parametrilor *terminus post quem*, *time-width* și *apparent ages*, definiți în capitolul introductiv al acestui articol. O singură probă, RoAMS 1942.35 (MAG 20) este un *outlier* plasat în intervalul secolelor XV-XVII AD.

Reluarea datărilor radiocarbon la finele anului 2022 cu încă patru probe a adus: un plus de cunoaștere în laboratorul RoAMS privind metodele de pre-tratare folosite; un plus de cunoaștere și interpretare prin prisma arheometrică a rezultatelor; o fațetă nouă a plasării datelor radiocarbon calibrate care de această dată nu s-au încadrat în perioada secolelor IX-XV AD și nici nu au putut fi explicate prin cei trei parametri care ar fi putut găsi o asociere obiectivă între datele radiocarbon și estimările arheologice, foarte diferite.

Din acest al doilea lot, o singură probă, RoAMS 2227.35 (MAG 119), din punctul de vedere al laboratorului, ar putea fi încadrată ca „lemn carbonificat” dintre toate zece, și ar merita re-analizată. Însă trebuie luat în considerare

raționamentul de pe fluxul tehnologic și faptul că intervalul calibrat se plasează foarte aproape de cel al probei anterioare RoAMS 1942.35 (MAG 20), încadrată în final drept „charcoal”. Ambele sunt definite prin intervalul istoric începând cu a doua jumătate a secolului XV - prima jumătate a secolului XVII AD. Practic, rezultatele se suprapun aproape perfect. Doar că această coincidență este o întâmplare... O fortificație aflată la doar un kilometru de cetatea de la Bran nu ar fi putut scăpa observației documentelor, într-o epocă atât de târzie. Iar fortificațiile de înălțime de la Măguricea Branului nu sunt atestate documentar.

Este interesant de observat că rezultatele din prima campanie (2021) au sugerat, cu suficientă claritate, că epoca începerii construcției fortificațiilor trebuie căutată la începutul sec. XIII, deși la acel moment arheologii nu aveau indicii clare asupra acestui fapt; nu există, deci, nici o componentă subiectivă a datării. Invers, rezultatele din campania 2022 nu au produs nimic util cercetării de teren, deși datarea sitului deja era clară. Din nefericire, au lipsit resursele mai bune de datare (de exemplu resturi osteologice).

Am scris acest articol pentru a sublinia riscurile folosirii lemnului ca probă de datare 14C. Riscurile sunt intrinseci (vezi detaliile despre *old wood*), dar și conjuncturale, precum cazul de la Măguricea Branului, un sit acoperit de păduri istorice. Evident, rădăcinile copacilor nu țin cont de stratigrafie, traversând vîguros metri întregi, până la stîncă; doar că rădăcinile vechi nu mai au aspect de rădăcină. Resturile lemnoase găsite în săpătură sunt arareori expresive (cum a fost cuiul de lemn, bine conservat și corect datat); doar amatorii își imaginează, citind un raport arheologic, că „stîlpul palisadei” era un lemn cu diametrul de 30 de cm; în realitate, se găsesc niște fibre de lemn parțial carbonificate, dacă se găsesc și acelea, „stîlpul” fiind stratigrafic.

Un al doilea avertisment este cel legat de bioturbare. Galeriile de rozătoare sunt uzuale, mai ales pe terenurile agricole, care le asigură resurse de hrană consistente. Iată însă că depozite alimentare se pot găsi și sub un metru de dărâmături de piatră²⁷, la peste 1000 de metri altitudine; iar într-o asemenea depunere bolovănoasă, galeriile rozătoarelor nu pot fi identificate stratigrafic.

În fine, a rămas nesoluționată disputa (veche) dintre „charcoal” și „lemn carbonificat”, pentru că pentru în al doilea caz nu există studii experimentale, deci nu există referințe.

Mulțumiri

Datarea radiocarbon a celor patru probe, supliment al celor zece probe înscrise la PAC 2021/2022, a fost finanțată din fonduri acordate anual de către Guvernul României pentru susținerea cercetării-dezvoltării care necesită instalații mari de interes național, conform listei IOSIN publicată în HG 786/2014, actualizată în 27.11.2018.

BIBLIOGRAFIE

Adolphi, F., Güttler, D., Wacker, L., Skog, G. and Muscheler, R. 2013. Intercomparison of ¹⁴C dating of wood samples at Lund University and ETH-Zürich AMS facilities: extraction, graphitization, and measurement, Proceedings of the 21st International Radiocarbon Conference edited by A.J.T. Jull and C. Hatté. *Radiocarbon* 55, 2-3: 391-400.

Bowman, S. 1990. *Radiocarbon Dating: Interpreting the Past*. London: British Museum.

Braadbaart, F. 2008. Carbonisation and morphological changes in modern dehusked and husked *Triticum dicoccum* and *Triticum aestivum* grains. *Vegetation History and Archaeobotany* 17: 155-166.

Brock, F., Higham, T., Ditchfield, P. and Bronk Ramsey, C. 2010. Current pretreatment methods for AMS radiocarbon dating at the Oxford Radiocarbon Accelerator Unit (ORAU). *Radiocarbon* 52, 1: 103-112.

Bruins, H.J. and van der Plicht, J. 1998. Early Bronze Jericho: high-precision ¹⁴C dates of short-lived palaeobotanic remains. *Radiocarbon* 40, 2: 621-628.

Evin, J., Gabasio, M., Lefèvre, J.C. 1989. Preparation techniques for radiocarbon dating of potsherds. *Radiocarbon* 31, 3: 276-283.

Gabasio, M., Evin, J., Arnal, G.B. and Andrieux, P. 1986. Origins of carbon in potsherds. *Radiocarbon*, 28, 2A: 711-718.

Gosselink, R.J.A., Krosse, A.M.A., van der Putten, J.C., van der Kolk, J.C. and van Dam, J.E.G. 2004. Wood preservation by low-temperature carbonisation. *Industrial Crops and Products* 19, 1: 3-12.

²⁷ Vezi Teodor et al. 2023, Fig. 20, în dreapta ilustrației.

- Head, M.J., Jacobsen, G. and Tuniz, C. 1996. Assessment of the AAA pretreatment technique for charcoal and other organic materials used for ^{14}C AMS studies. 7th International AMS Conference. *Radiocarbon* 38, 1: 46.
- Hedges, R.E.M., Tiemei, C. and Housley, R.A. 1999. Results and methods in the radiocarbon dating of pottery. *Radiocarbon* 34, 3: 906-915.
- Higham, T., Warren, R., Belinskij, A., Härke, H. and Wood, R., 2010. Radiocarbon dating, stable isotope analysis, and diet-derived offsets in ^{14}C ages from the Klin-Yar site, Russian North Caucasus. *Radiocarbon* 52, 2-3: 653-670.
- Lee, J.H., Choe, K., Kang, J., Song, S., Song, Y.M., Yun, M.H. and Kim, J.C. 2013. A puzzling ^{14}C result obtained for a carbonized wood sample embedded in volcanic lava. *Radiocarbon* 55, 2-3: 426-435.
- Kozłowski, J.K., Goslar, T., Suci, C.I. and Mirea, P. 2015. Radiocarbon dating of the Early Neolithic wooden objects from Southern Romania. *Eurasian Prehistory* 12, 1-2: 117-128.
- Mihara, S., Miyamoto, K., Ogawa, H., Kurosaka, T., Nakamura, T. and Koike, H. 2004. AMS ^{14}C dating using black pottery and fiber pottery. *Radiocarbon* 46, 1: 407-412.
- Park, J.H., Hong, W., Park, G. and Sung, K.S. 2013. $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ variations of samples exposed in air according to carbon structure and air temperature. *Radiocarbon* 55, 2-3: 593-598.
- Patrut, A., von Reden, K.F., Lowy, D.A., Patrut, R.T., Vaida, D.I. and Margineanu, D. 2013. Old ages of two historical Romanian trees assessed by AMS radiocarbon dating. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B - Beam Interactions with Materials and Atoms* 294: 616-621.
- Pereira, M., 2021. Madeira carbonizada: a técnica tradicional japonesa cada vez mais popular no mundo. *ArchDaily.com*, publicat 27 iulie 2021, accesat la 2 martie 2023.
- Pessenda, L.C.R., Gouveia, S.E.M. and Aravena, R. 2001. Radiocarbon dating of total soil organic matter and humin fraction, and its comparison with ^{14}C ages of fossil charcoal. *Radiocarbon* 43, 2B: 595-601.
- Radoane, M., Chiriloaei, F., Sava, T., Nechita, C., Radoane, N. and Gaza, O. 2019. Holocene fluvial history of Romanian Carpathian rivers. *Quaternary International* 527: 113-129.
- Sava, T.B., Simion, C.A., Gâza, O., Stanciu, I.M., Păceșilă, D.G., Sava, G.O., Wacker, L., Ștefan, B., Moșu, V.D., Ghiță, D.G. and Vasiliu, A. 2019. Status report on the sample preparation laboratory for radiocarbon dating at the new Bucharest RoAMS Center. *Radiocarbon* 61, 2: 649-658.
- Simion, C.A., Enachescu, M., Stan-Sion, C., Sava, T.B., Gaza, O., Pacesila, D.G., Stanciu, I.M., Ștefan, B.M., Petre, A.R., Calinescu, C.I., Florea, N.M. and Ghita, D.G. 2023. Archaeological charred seeds. An introduction for better understanding offsets, *edited for publication*.
- Stan-Sion, C., Enachescu, M., Petre, A.R., Simion, C.A., Calinescu, C.I. and Ghita, D.G. 2015. A new and compact system at the AMS laboratory in Bucharest. *Nuclear Instruments & Methods in Physics Research Section B - Beam Interactions with Materials and Atoms* 361: 105-109.
- Southon, J.R. and Magana, A.L. 2010. A comparison of cellulose extraction and ABA pretreatment methods for AMS ^{14}C dating of ancient wood. *Radiocarbon* 52, 2-3: 1371-1379.
- Teodor, E.S., Sófalvi, A., Ștefan, D. and Bolba, R. 2023. A Teutonic Stronghold in the Carpathian Mountains. *Cercetări Arheologice* 30, 1: 285-332.
- Ucchesu, U., Orrù, M., Grillo, O., Venora, G., Paglietti, G., Ardu, A. and Bacchetta, G. 2016. Predictive method for correct identification of archaeological charred grape seeds: Support for advances in knowledge of grape domestication process. *PLoS ONE* 11, 2. DOI:10.1371/journal.pone.0149814.

List of illustrations

Figure 1. Multiplot graph of the radiocarbon samples from Măguricea Branului.

CORINA ANCA SIMION
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”,
simion_corina_anca@yahoo.com

MARIA LOREDANA MARIN
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”,
marinmarialoredana@yahoo.com

ELENA ALEXANDRA ISPAS
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”,
elena_ispas_07@yahoo.com

CRISTIAN MĂNĂILESCU
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”,
cristian.manailescu@nipne.ro

ALEXANDRU RĂZVAN PETRE
Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară „Horia Hulubei”,
IFIN-HH Măgurele Ilfov
alexpetre@nipne.ro

EUGEN S. TEODOR
Muzeul Național de Istorie a României, București
esteo60@yahoo.co.uk

