

Universitatea Babeș-Bolyai, Cluj-Napoca
Facultatea de Biologie și Geologie
Departamentul de Geologie

**Reconstituiri tehnologice și paleoclimatice pe bază de artefacte și
sedimente din situri arheologice localizate în peșteri din Carpații
Sudici**
(Rezumatul Tezei de Doctorat)

Coordonator:
Univ. Prof. Dr. Corina Ionescu

Student-dotorand:
Alexandra-Mihaela Enea-Giurgiu

Cluj-Napoca
2020

CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

MULȚUMIRI	1
CAPITOLUL 1 INTRODUCERE	6
1.1. Informații despre sedimentele din siturile arheologice.....	6
1.2. Informații despre artefactele ceramice.....	7
1.3. Situri arheologice din peșteri și adăposturi.....	8
1.4. Tematica cercetării.....	9
1.5. Obiective și metode	10
CAPITOLUL 2 CADRUL GEOLOGIC ȘI DESCRIEREA PEȘTERILOR.....	12
2.1. Geologia Carpaților Sudici	12
2.1.1. Caracteristici generale	12
2.1.2. Rocile din fundament.....	13
2.1.3. Pânzele cretacice.....	14
2.1.4. Geologia Munților Poiana Ruscă.....	15
2.1.5. Geologia zonei Hunedoara.....	17
2.2. Descrierea peșterilor	19
2.2.1. Peștera Mare de la Cerișor	19
2.2.2. Peștera Cauce	21
CAPITOLUL 3 ARHEOLOGIE	23
3.1. Stratigrafia Peșterii Mari de la Cerișor	23
3.2. Stratigrafia Peșterii Cauce	25
3.3. Cultura Turdaș	27
3.4. Grupul Foeni.....	28
3.2. Cultura Coțofeni	29
CAPITOLUL 4 RECONSTITUIREA PALEOCLIMATULUI	31
4.1. Introducere	31
4.2. De la vegetație la cărbune: diferențe ale valorii $\delta^{13}\text{C}$	32
4.2.1. Mecanisme fotosintetice	32
4.2.2. $\delta^{13}\text{C}$ în cărbune	36
4.3. Climatul și vegetația din prezent în zona Cerișor.....	36
4.3.1. Climatul	36

4.3.2. Vegetația	38
4.4. Probe și metode analitice	38
4.4.1. Probe	38
4.4.2. Metode analitice.....	41
4.5. Rezultate și discuții.....	43
4.5.1. Vârste pe bază de radiocarbon	43
4.5.2. Modele de vârstă–adâncime	50
4.5.3. $\delta^{13}\text{C}$ în cărbune	52
4.5.4. Schimbări de mediu identificate pe bază de $\delta^{13}\text{C}$	54
CAPITOLUL 5 CERAMICA.....	60
5.1. Introducere.....	60
5.2. Probe și metode analitice	61
5.2.1. Ceramica in Peștera Mare de la Cerișor.....	61
5.2.2. Metode analitice.....	70
5.3. Rezultate	73
5.3.1. Probe geologice	73
5.3.2. Ceramica Culturii Turdaș	76
5.3.3. Ceramica Grupului Foeni	82
5.3.4. Ceramica Culturii Coțofeni.....	94
5.4. Discuții.....	109
5.4.1. Materii prime	109
5.4.2. Condiții de ardere	114
5.4.3. Decorare.....	118
5.4.4. Comparatie între ceramicile Turdaș, Foeni și Coțofeni.....	120
CAPITOL 6 CONCLUZII GENERALE	124
BIBLIOGRAFIE	126
ANEXA 1.....	151
ANEXA 2.....	160
ANEXA 3.....	168
ANEXA 4.....	171
ANEXA 5.....	185
ANEXA 6.....	188
ANEXA 7.....	203

CUPRINSUL REZUMATULUI TEZEI DE DOCTORAT

INTRODUCERE.....	1
CADRUL GEOLOGIC ȘI DESCRIEREA PEȘTERILOR	3
ARHEOLOGIE.....	4
RECONSTITUIREA PALEOCLIMATULUI.....	6
Introducere	6
Climatul și vegetația din prezent în zona Cerișor.....	8
Probe și metode analitice.....	9
Rezultate și discuții	10
Schimbări de mediu identificate pe bază de $\delta^{13}\text{C}$	13
CERAMICA	15
Introducere	15
Probe și metode analitice.....	15
Rezultate.....	17
Discuții	23
CONCLUZII GENERALE	30
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ.....	32

Cuvinte cheie: ceramică veche, Arheometrie, paleohidroclimat, izotopi de carbon, Neolitic târziu, epoca cuprului, epoca bronzului, Cultura Turdaș, Grupul Foeni, Cultura Coțofeni, Peștera Mare de la Cerișor, Peștera Cauce

INTRODUCERE

Siturile arheologice furnizează materiale importante, cum sunt *artefactele* și *sedimentele*, care pot ajuta la descifrarea și la reconstituirea comportamentului oamenilor preistorici. Migrația, viața socială, cunoștințele tehnologice, interacțiunea dintre populații, posibile rute de desfășurare a comerțului, mediul și clima în care au trăit oamenii, cronologia, declinul sau înflorirea unei civilizații pot fi deduse pe baza studiului artefactelor și sedimentelor, utilizând metode adecvate.

Sedimentele sunt compuse din particule de diverse dimensiuni, care pot fi reprezentate de minerale, fragmente de roci, fosile, cărbune, guano și resturi de plante. Ele sunt larg utilizate pentru studiul paleoclimei, pentru determinarea activităților oamenilor vechi sau pentru cronologie (Hall et al., 2008; Masi et al., 2013; Kanthilatha, 2016). Cărbunele este un sediment obișnuit întâlnit în depozitele din lacuri, mlaștini sau în guano și este utilizat pentru reconstituirea caracteristicilor focurilor (Feurdean & Vasiliev, 2019; Florescu et al., 2019). De asemenea, se găsește bine conservat în situri arheologice. Când este recuperat din vetre, cărbunele utilizează deliberată a focului (Cohen-Ofri et al., 2006) și furnizează vârste absolute prin datarea cu radiocarbon (Scott & Damblon, 2010). Unele studii (Ferrio et al., 2006; Hall et al., 2008; Masi et al., 2012; Audiard et al., 2019) au demonstrat că semnalul paleoclimatic înregistrat în lemn este conservat în cărbune și că, în consecință, precipitațiile, umiditatea și temperatura din trecut pot fi reconstituite. Cu toate acestea, studiile pe bază de $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune sunt rare și nu au fost realizate pe cărbune arheologic din situri din România.

Din situri arheologice holocene, indiferent de locația lor (peșteri sau suprafață), cele mai abundente artefacte care sunt de obicei recuperate sunt cele realizate din material ceramic. Ceramica este cunoscută ca având o rezistență deosebită la alterare (inclusiv la îngropare pentru perioade lungi de timp) datorită unor caracteristici fizice și chimice speciale (Maritan, 2004; Ionescu & Hoeck, 2011; Hunt, 2017). Produsul ceramic este privit ca o ‘rocă artificială’ (Maggetti, 1982, 2001) formată prin pirometamorfism antropoc la temperaturi atmosferice

(Grapes, 2011). Un număr imens de cioburi au fost excavate de-a lungul timpului din situri de suprafață sau din peșteri din România, dar majoritatea nu au fost supuse unui studiu complex care să pună în evidență procesul tehnologic de realizare al ceramicii, compoziția pastei, proveniența materiilor prime și condițiile de ardere. Totuși, studiile existente au demonstrat varietatea proceselor de realizare a ceramicii. De asemenea, ele indică nevoia de a crește numărul acestui tip de studiu pentru a completa lacunele din domeniu.

Ținând cont de acestea, siturile arheologice localizate la suprafață sau în peșteri/adăposturi în roci sunt larg răspândite și conțin artefacte și sedimente cu importanță științifică. Siturile din peșteri sunt importante în mod particular deoarece pot indica o așezare permanentă sau temporară (Roman, 1976; Mentzer, 2017). Peșterile erau locuri în care oamenii depozitau sau produceau artefacte. Utilizarea temporară putea fi legată de diverse activități cum ar fi vânatul, culesul de plante, transhumanța sau retragerea din cauza unor pericole (Mavridis et al., 2013). Din punct de vedere arheologic, peșterile se comportă până la un punct ca un sistem închis, aceasta însemnând că ceea ce intră în peșteră va rămâne de obicei acolo, afectat doar de procesele postdepoziționale (Karkanas & Goldberg, 2019). În România, Boroneanț (2000) a descris peste 250 de peșteri cu descoperiri arheologice. Cu toate acestea, numărul real rămâne necunoscut și artefactele ceramice furnizate de siturile din peșteri rămân insuficient studiate din punct de vedere arheometric. De asemenea, cărbunele arheologic a fost de obicei utilizat pentru datare, dar este insuficient exploatat în ceea ce privește valorile $\delta^{13}\text{C}$ și rezultatele asociate (e.g. deducerea umidității) (a se consulta și Hall et al., 2008; Masi et al., 2012, 2013).

Studiul de față include două situri arheologice localizate în peșteri din Munții Poiana Ruscă (Carpații Sudici, România). Peșterile, Peștera Mare de la Cerișor (în continuare prescurtată GCC) și Peștera Cauce (în continuare prescurtată CC) sunt bogate în materiale arheologice cum sunt uneltele litice, podoabele și ceramica, precum și în cărbune rezultat din activități antropice (Roman et al., 2000; Luca et al., 2004, 2005). Cărbunele a fost prelevat din vetrele și sedimentele din ambele peșteri. De asemenea, fragmente de ceramică din Peștera Mare de la Cerișor au fost selectate pentru studiu. Din punct de vedere arheologic, ceramica este atribuită Culturii Turdaș din Neoliticul târziu (ca. 4,950–4,550 B.C.), Grupului Foeni din Eneolithic (ca. 4,700–4,450 B.C.) și Culturii Coțofeni de epoca cuprului (ca. 3,500 – 2,500 B.C.). Aceste populații au ocupat teritorii semnificative de pe teritoriul actual al României, de exemplu resturi Turdaș sunt cunoscute din 74 de situri, artefacte Foeni au fost recuperate din 28

de excavații, iar artefacte Coțofeni au fost descrise din peste 688 de situri (Ciugudean, 2000; Diaconescu, 2014; Bințișan & Gligor, 2016).

Primele rezultate obținute pe baza ceramicii (atribuite Grupului Foeni și Culturii Coțofeni) din Peștera Mare de la Cerișor au fost publicate de Giurgiu et al. (2017b, 2019) și studiul lor detaliat va fi prezentat în Capitolul 5 al tezei de doctorat. Datele prezentate la diverse conferințe (e.g. Enea-Giurgiu et al., 2018, 2019; Giurgiu et al., 2016ab), sunt de asemenea incluse în studiul de față.

CADRUL GEOLOGIC ȘI DESCRIEREA PEȘTERILOR

Geografic, ambele peșteri se găsesc în Munții Poiana Ruscă, în România (Fig. 1). Din punct de vedere geologic, zona este atribuită Domeniului Getic din Carpații Sudici, un lanț muntos de 300 km lungime alcătuit dintr-un fundament Paleozoic și Proterozoic, secvențe mezozoice, și cuvertură sedimentară cenozoică (Mureșan et al., 1980; Iancu et al., 2005a; Balintoni et al., 2011).

Evoluția tectonică polifazică a Carpaților Sudici a rezultat într-o structură complexă care a fost descrisă și discutată într-o multitudine de studii (e.g. Balintoni, 1997; Iancu et al., 2005ab; Balintoni et al., 2011). Trei complexe principale de pânze au fost separate: complexul Getic-Supragetic la partea superioară, pânzele de Severin în mijloc și fundamentul Danubian în bază. Cu excepția pânzei de Severin care au origine oceanică, restul pânzelor au origine continentală. Structura în pânze a fost definită în timpul Cretacicului, datorită a două evenimente majore și anume „faza austriacă” (Cretacic mediu) și „faza laramică” (Cretacic târziu) (Iancu et al., 2005a).

Peștera Mare de la Cerișor (coordonate: N45°45'7.74" E22°46'18.54"; 580 m a.s.l.) și Peștera Cauce (coordonate: N45°45'40.56" E22°45'6.48"; 670 m a.s.l.) se deschid în flancul sudic al Văii Runcului, în rocile formațiunii de *Hunedoara-Luncani* (Balintoni, 1997) care este o secvență carbonatică (calcare și dolomite) a Paleozoicului mediu .

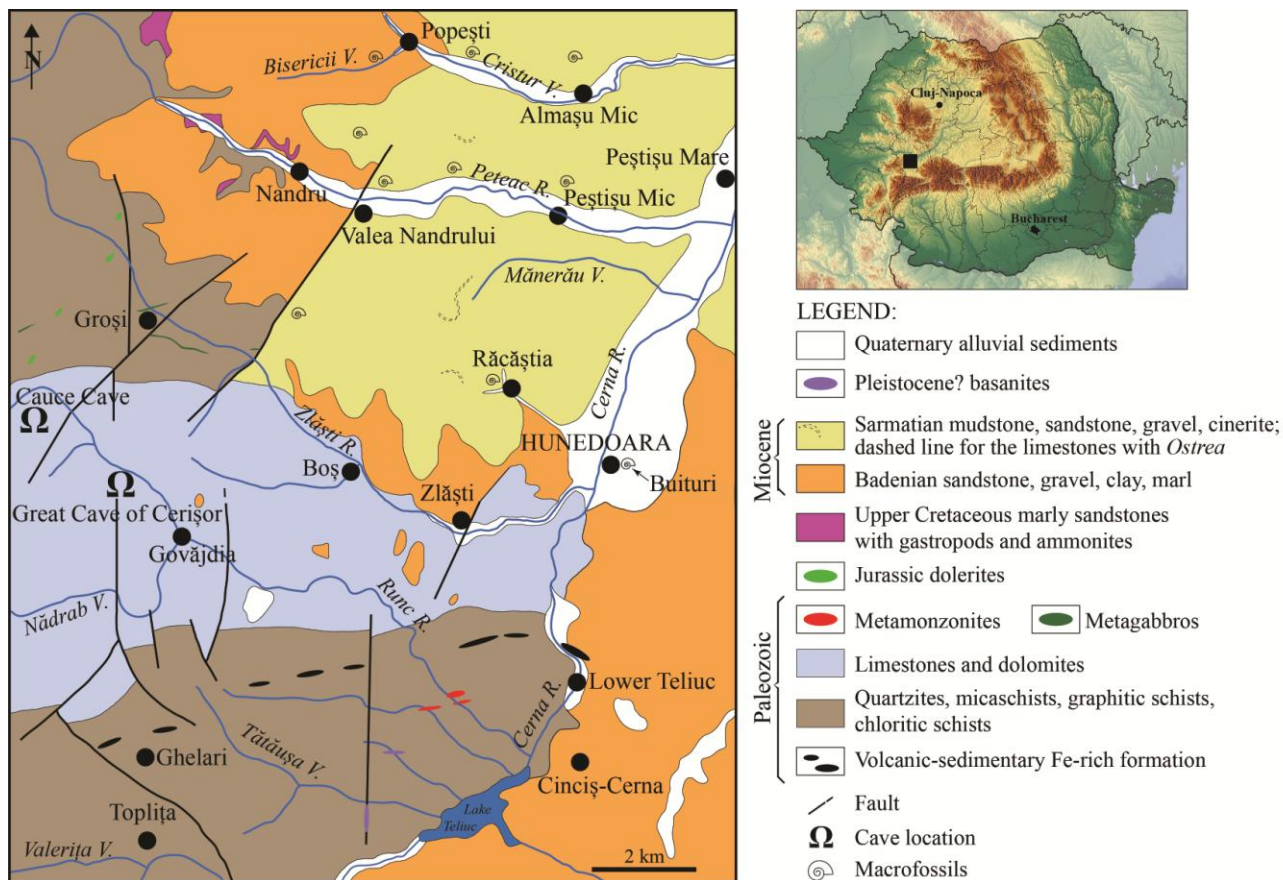


Fig. 1. Harta geologică modificată din Giurgiu et al. (2017b, 2019), pe baza lui Mureșan et al. (1980), cu localizarea Peșterii Mari de la Cerișor și a Peșterii Cauce în Munții Poiana Ruscă (Carpații Sudici).

ARHEOLOGIE

Stratigrafia Peșterii Mari de la Cerișor. Pe baza artefactelor ceramice, câteva culturi și vârstele lor asociate au fost definite (Boroffka, 1995; Roman et al., 2000): Cultura Turdaș – Neolitic târziu, Grupul Foeni – Eneolitic timpuriu, Cultura Coțofeni – epoca cuprului și Cultura Wietenberg – epoca bronzului. La partea superioară a succesiunii, materiale amestecate din sec. VIII-IX, XI-XIII și post sec. XV au fost descoperite, dar piesele sunt izolate și nu există complexe sau nivele specifice care să demonstreze o locuire îndelungată în evului mediu (Roman et al., 2000). Cioburile Turdaș, Foeni și Coțofeni sunt incluse în studiul de față și particularitățile lor vor fi discutate în continuare. Un profil localizat în excavația S1 din GCC a fost investigat. Depozitul are 49 cm grosime și constă din strate subțiri de silt și argilă, cu fragmente carbonatice.

Stratigrafia Peșterii Cauce. La Peștera Cauce câteva nivele au fost descrise de Luca et al. (2004). Profilul începe cu Cultura Starčevo-Criș (Neolitic), urmată de un nivel al Culturii Turdaș (Neolitic târziu) care conține ceramică Foeni (Eneolitic timpuriu) și Petrești (Eneolitic) în partea superioară. Următorul nivel este reprezentat de sedimente cu artefacte ale Culturii Tiszapolgár care conține în partea superioară piese ale Culturii Hunyadháalom (epoca cuprului). Următoarele nivele conțin artefacte Coțofeni (epoca cuprului), Wietenberg (epoca bronzului) și la final piese medievale. Identificarea culturilor se bazează în principal pe caracteristicile pieselor arheologice. Succesiunea are 110 cm adâncime și constă preponderent din silt și argilă.

Cultura Turdaș. Siturile arheologice cu resturi ale acestei culturi sunt răspândite în vestul și sud-vestul bazinului Transilvaniei, precum și de-a lungul văii Mureșului, până în vestul României. Există 74 de situri cu artefacte Turdaș (Diaconescu, 2014) printre care și localitatea-tip din care această cultură a fost definită (Luca et al., 2004). Pe baza vârstelor absolute, cultura a existat din ~4,950 (în așa numita fază “Vinča-C2”) până în ~4,550 B.C. când populația grupului Foeni a sosit în Transilvania (Drașovean, 2013; Diaconescu, 2014).

Grupul Foeni. Populația Foeni din Eneoliticul timpuriu a apărut mai întâi în sud-vestul teritoriului actual al României (în Banat) și s-a răspândit ulterior în Transilvania. Vârstele absolute indică un interval de timp cuprins între ~4,700 și ~4,450 B.C. (Drașovean, 2013; Gligor, 2014). Această populație a contribuit semnificativ la geneza a două binecunoscute culturi din epoca cuprului din România, și anume culturile Cucuteni și Petrești (Luca et al., 2004; Drașovean, 2013; Gligor, 2014). Până în prezent, 28 de situri Foeni au fost investigate, cele mai importante fiind la Alba Iulia, Daia Romană, Mintia, Petrești și Peștera Cauce (Gligor, 2008; Bințișan & Gligor, 2016).

Cultura Coțofeni. În intervalul cuprins între ~3,500 și ~2,500 cal. B.C., această cultură a ocupat spații extinse în sud-vestul, vestul și centrul actualului teritoriu al României, *i.e.*, Banat, Oltenia, vestul Munteniei, Crișana și Transilvania (Forenbaher, 1993; Ciugudean, 2000; Lazarovici & Lazarovici, 2007; Boroffka, 2013). Urme ale acestei culturi s-au descoperit în nord-estul Serbiei și nord-vestul Bulgariei (Roman, 1976; Spasić, 2010). Ciugudean (2000)

menționează 688 de situri arheologice în Transilvania și Banat cu artefacte Coțofeni, dar consideră ca numărul real este mai mare.

RECONSTITUIREA PALEOCLIMATULUI

Introducere

Sedimentele care sunt produse sau afectate de activitățile oamenilor sunt definite drept “sedimente antropice”. În siturile arheologice, ele sunt în general reprezentate de cărbune, cenușă sau alte materiale organice aduse intenționat la sit. Cărbunele și cenușa sunt produsele rezultate în urma arderii lemnului și în siturile arheologice sunt în mod obișnuit găsite în asociație cu urmele de combustie, cum sunt vetrele¹ și zonele de vetre (urme ale focului mai puțin intacte) (Dibble et al., 2009). În general, cărbunele² este definit ca un material solid rezultat în urma procesului de piroliză (Cohen-Ofri et al., 2006; Bird & Ascough, 2012). Este o formă de material carbonizat produs prin arderea lemnului în focuri naturale sau antropice. Carbonul este elementul major care alcătuiește cărbunele și acest subiect va fi discutat în cele ce urmează.

Carbonul are trei izotopi³. Unul dintre aceștia este (¹⁴C) instabil (radioactiv), iar doi (¹²C și ¹³C) sunt stabili. Nuclidul instabil (¹⁴C) este utilizat pentru datări absolute, metoda fiind potrivită pentru probe cu vârste de până la ~50,000 ¹⁴C înainte de prezent (BP) (Bird & Ascough, 2012; Wagner et al., 2018).

Izotopii stabili (¹²C și ¹³C) sunt măsurați sub forma unui raport (¹³C/¹²C) și sunt exprimați sub forma notației delta ($\delta^{13}\text{C}$) raportat la un standard internațional cu o compoziție izotopică cunoscută, *e.g.* standardul Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB) și se exprimă în per mil (‰) (Coplen, 1996; Bird & Ascough, 2012; Tiwari et al., 2015; Wagner et al., 2018). Față de standardul VPDB, valorile $\delta^{13}\text{C}$ se exprimă conform relației: $\delta^{13}\text{C} = [(R_{\text{probă}}/R_{\text{standard}}) - 1] \times 1000$ (‰), unde R reprezintă raportul ¹³C/¹²C a probei și respectiv a standardului. Izotopii stabili sunt utilizați adesea pentru a reconstitui condițiile de paleomediu (Kohn, 2010; Kohn, 2016).

¹ Resturi ale unui foc domestic care sunt intacte sau conservă în mare parte elementele originale cum sunt materia organică și cenușa (Dibble et al., 2009).

² Cunoscut și sub denumirile de carbon pirogenic, „cărbune negru” sau tăciune (Bird & Ascough, 2012).

³ Izotopii sunt atomi ai unui element care au același număr de protoni dar număr diferit de neutroni, *i.e.*, au același număr atomic dar număr de masă diferit (Tiwari et al., 2015; Wagner et al., 2018).

Mecanisme fotosintetice. Pe baza mecanismului fotosintetic folosit pentru fixarea CO₂ din atmosferă, plantele sunt divizate în trei categorii: plante C₃ (care utilizează ciclul Calvin), plante C₄ (utilizează ciclul Hatch–Slack) și plante CAM (crasulacean acid metabolism). Plantele C₃ se dezvoltă bine în climat temperat, dar se găsesc și în cele mai calde deșerturi, precum și în cele mai reci medii arctice. Plantele C₄ (ca. 3% din plantele terestre) sunt abundente în zonele ierboase din mediile tropicale, subtropicale și temperate caracterizate de o intensitate mare a luminii, temperaturi mari și ploi în sezonul de vară. Plantele C₄ sunt rare sau lipsesc în mediile reci. Plantele CAM reprezintă 7% din totalul plantelor și cresc în medii cu stres ridicat (Bräutigam et al., 2017). Cactușii sunt plante CAM care se adaptează ușor unor condiții extreme de ariditate, dar au o capacitate fotosintetică scăzută. Plantele C₄ sunt adaptate la lumină puternică, dar și la medii aride și calde și au o capacitate fotosintetică mai mare decât plantele C₃.

Fractionare izotopică. Diferențele de biochimie și fiziologie ale mecanismelor fotosintetice C₃, C₄ și CAM determină o fracționare izotopică diferită a carbonului și se reflectă în valorile $\delta^{13}\text{C}$ ale plantelor. Pentru plantele terestre, în cazul carbonului, compoziția izotopică variază între -8‰ și -34‰. Cele mai importante diferențe apar ca rezultat al fracționării izotopice din timpul fotosintezei (Bird & Ascough, 2012). Astfel, în timpul fixării CO₂, fracționarea izotopilor de carbon determină însărăcirea izotopului greu ¹³C în plante (deoarece ¹³C reacționează mai lent decât ¹²C) (Brugnoli & Farquhar, 2000).

Plantele care folosesc calea C₄ au valori $\delta^{13}\text{C}$ mai mari (între -10 și -14‰), indicând o mai mică fracționare izotopică (O’Leary et al., 1992). Plantele CAM au un interval de valori ale $\delta^{13}\text{C}$ mai larg, intermediar între valorile plantelor C₃ și C₄ (Osmond et al., 1973). Plantele C₃ folosesc calea cea mai discriminatorie (*i.e.* are loc o fracționare mai mare, de aproximativ -18‰). Ele au valori $\delta^{13}\text{C}$ scăzute, care variază între -20 și -37‰ (Kohn, 2010), cu o medie de -27‰ (Van Klinken et al., 1994; Cerling et al., 1997). Variații ale procesului de fracționare izotopică în timpul fotosintezei apar în cazul plantelor C₃ și sunt influențate de diferențele în eficiența utilizării apei, utilizarea luminii, reciclarea CO₂ și alți factori. Concentrația de CO₂ din atmosferă și precipitațiile influențează eficiența utilizării apei (Silva & Horwath, 2013). Valorile $\delta^{13}\text{C}$ din plante depind și de media precipitațiilor anuale, pe când dependența de pCO₂ este

neglijabilă (Kohn, 2016). Vegetația din zona unde sunt localizate peșterile este predominant de tip C₃ și fracționarea izotopică asociată acestui mecanism va fi utilizată în studiul de față.

$\delta^{13}C$ în cărbune. Factorii care determină variația compoziției izotopice a cărbunelui sunt reprezentați de: (i) creșterea temperaturii de ardere și (ii) compoziția izotopică a lemnului original (Hall et al., 2008). Primul factor este temperatura de combustie. Studiile (Turney et al., 2006; Hall et al., 2008) au arătat că valorile $\delta^{13}C$ pentru cărbune sunt mai negative în comparație cu materialul sursă. Cărbunele obținut experimental este însărăcit în ¹³C, demonstrând că fracționarea crește cu temperaturi de până la 550 °C (Turney et al., 2006; Audiard et al., 2019) și variază între 1 și 1.3 ‰ (Turney et al., 2006). În condiții de piroliză indusă, Ferrio et al. (2006) au descris variații ale valorii $\delta^{13}C$ de până la 1‰ la o temperatură medie de 550 °C. Durata arderii lemnului la o temperatură anume nu influențează semnificativ compoziția izotopică, în cărbune aceasta devenind stabilă după 30 minute de ardere (Turney et al., 2006). Alte studii experimentale indică variații nesemnificative ale compoziției izotopice după echilibrare (Schleser et al., 1999; Krull et al., 2003) sau doar o creștere de 1–2‰ (Turekian et al., 1998; Poole et al., 2002). Indiferent de variația valorilor izotopice în cărbune, datele din literatură arată că semnalul de mediu înregistrat în tipul creșterii plantei este reținut și de cărbunele obținut din arderea plantei, putând fi utilizat pentru reconstituiri paleoclimatice cu o prelucrare adecvată (Ferrio et al., 2006).

Climatul și vegetația din prezent în zona Cerișor

Climatul Carpaților din România conform lui Micu et al. (2015) este umed moderat cu cele mai umede zone fiind reprezentate de Carpații Sudici și Munții Apuseni. Se menționează că la altitudini de până la 800 m media precipitațiilor anuale este de aproximativ 800 mm. Conform CarpatClim (<http://www.carpatclim-eu.org/>) zona studiată se încadrează în regiunile cu precipitații medii anuale de 700-800 mm (pe baza datelor procesate între anii 1962 și 2010). Pentru anul 2010 atlasul CarpatClim arată ca zona unde sunt localizate peșterile a avut o medie anuală a precipitațiilor de 800 mm.

Vegetația din apropierea regiunii unde sunt localizate peșterile (*i.e.* la ~22 km sud de peșteri) este reprezentată de păduri cu *Quercus petraea* și *Carpinus betulus* sau carpen amestecat cu *Fagus sylvatica*. Rar, se găsesc și zone cu *Abies alba* și *Picea abies*. *Quercus* se întâlnește de-

a lungul văii Runcului, în special în partea sudică a malului stâng. Arbuștii din zonă sunt reprezentați de *Corylus avellana*, *Cornus mas* și *Crataegus monogyna* (Rusu, 1998). Platoul Cerișor–Lelese este caracterizat de pajiști cu Poaceae (Chirică & Răceanu, 1976). Sunt comune și plantele precum Rosaceae și Ericaceae (Filipaș et al., 2013). Lângă intrările peșterilor, se găsesc din abundență mușchi (*Sphagnum*) și *Fagus* (determinate de Dr. I. Tanțău, Babeș-Bolyai University).

Probe și metode analitice

Peștera Mare de la Cerișor. Datarea absolută a fost realizată pe trei probe de cărbune (denumite PC3, PC8, PC38) prelevate din vetre și din nivele bogate în cărbune ale Neoliticului târziu, Eneoliticului și epocii bronzului. Pentru obținerea valorilor $\delta^{13}\text{C}$, opt probe de cărbune au fost colectate din secvența de 49 cm grosime.

Peștera Cauce. Pentru datarea cu radiocarbon, patru probe (denumite CAU1, CAU2, CAU3, CAU5) din nivelele Neoliticului târziu, Eneoliticului și epocii bronzului au fost prelevate. Pentru măsurarea $\delta^{13}\text{C}$, doisprezece probe de cărbune au fost recuperate din vetre și din sedimentele care formează succesiunea de 110 cm adâncime.

Datarea absolută. Datarea probelor din GCC a fost realizată la Poznań Radiocarbon Laboratory (Poland) prin metoda accelerator mass spectrometry (AMS). Cărbunii din CC au fost datați prin metoda AMS la laboratorul RoAMS Laboratory of the Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear Engineering (Măgurele, Romania). Pentru generarea modelelor depoziționale, s-a utilizat software-ul OxCal 4.3.2 (Bronk Ramsey, 2017; Bronk Ramsey & Lee, 2013). Calibrarea vârstelor obținute s-a făcut pe baza curbei de calibrare IntCal13 (Reimer et al., 2013).

Măsurarea izotopilor stabili. După prepararea probelor, s-a utilizat un modul de combustie de la Costech Analytical Technologies Inc. cuplat la un analizor Picarro Cavity Ring Down Spectroscopy G2121-i (Busch & Busch, 1999; Berden & Engeln, 2009) din cadrul Stable Isotope Laboratory al Universității Babeș-Bolyai (Cluj-Napoca, Romania). Valorile $\delta^{13}\text{C}$ sunt exprimate raportat la standardul VPDB.

Rezultate și discuții

Vârstele absolute. Pentru a verifica acuratețea vârstelor obținute, rezultatele datărilor probelor din GCC și CC au fost comparate cu vârstele absolute existente din alte situri arheologice (Tabelul 1). Stabilirea altor detalii (*e.g.* începutul/sfârșitul unei culturi/unui grup) nu a fost scopul acestui studiu și comparația intenționează strict să stabilească dacă vârstele obținute în studiul de față sunt utilizabile sau nu.

Tabel 1. Vârste absolute din alte studii folosite pentru comparație.

Localitate	Cultură/Grup	Vârstă (BP)	Eroare	Cod de laborator	Sursă bibliografică
Orăștie	Turdaș	6070	70	Deb-5765	Luca (2001)
Orăștie		5825	60	Deb-5762	Luca (2001)
Orăștie		5790	55	Deb-5775	Luca (2001)
Cauce		5760	40	GrN-28994	Luca (2009)
Foeni	Foeni	5890	40	Poz-53356	Drașovean (2013)
Foeni		5855	85	Deb-5771	Drașovean (2004)
HD		5820	35	Poz-56766	Tincu (2015)
Alba Iulia <i>Lumea Nouă</i>		5770	40	Poz-19377	Gligor (2009)
Foeni		5750	40	Poz-53388	Drașovean (2013)
Hunedoara		5730	35	Poz-58370	Tincu (2015)
Barca Baloty	Hunyadihálom	5074	27	MAMS-14250	Brummack (2015)
Barca Baloty		5096	27	MAMS-14252	Brummack (2015)
Tiszalúc-Sarkad		5020	40	Poz-36362	Raczky-Siklósi (2013)
Tiszalúc-Sarkad		5050	40	Poz-36363	Raczky-Siklósi (2013)
Tiszalúc-Sarkad		5070	40	Poz-36361	Raczky-Siklósi (2013)
Silvașu de Jos	Coțofeni	4430	50	Poz-56674	Diaconescu & Tincu (2016)
Băile Herculane		4360	50	LJ-3534	Bojadžiev (1998)
Băile Herculane		4350	60	LJ-3535	Bojadžiev (1998)
Ostrovu Corbului		4400	60	LJ-3799	Ciugudean (2000)
Sebeș	Wietenberg	3495	40	AA-103619	Bălan et al. (2016)
Sebeș		3501	40	AA-103620	Bălan et al. (2016)
Sebeș		3555	41	AA-103615	Bălan et al. (2016)
Oarța de Sus		3507	37	Bln-5626	Kacsó (2004)

Neoliticul târziu. O datare prin metoda ^{14}C a Culturii Turdaș din Peștera Cauce a fost anterior efectuată pe o tibie de bovidu (Luca, 2009), dar acuratețea sa este sub semnul întrebării din cauza neclarităților legate de adâncimea de probare (Diaconescu, 2014). Vârsta rezultată este de $5,760 \pm 40$ B.P. (Luca, 2009) și este surprinzător de asemănătoare cu vârsta obținută în studiul de față pentru nivelul Turdaș din GCC (proba PC3: $5,740 \pm 40$ B.P.). Cu toate acestea, până la clarificarea nivelului din care proba datată de Luca (2009) a fost prelevată (*i.e.* stabilirea locației precise în cadrul profilului și determinarea proceselor postdepoziționale care ar fi putut afecta proba și/sau situl), se poate afirma că valoarea obținută se potrivește cu o locuire Turdaș doar din punct de vedere numeric, dar nu poate fi considerată fiabilă.

Proba din cel mai adânc nivel din GCC (*i.e.* proba PC3, din stratul cu ceramică Turdaș și Foeni) se potrivește bine cu vârstele obținute pentru Cultura Turdaș de la Orăștie (Luca, 2001, 2009). De asemenea, vârsta probei PC3 se potrivește cu vârstele Grupului Foeni obținute din satul Foeni, din situl de la Hunedoara și din Alba Iulia (Luca, 2001; Gligor, 2009; Drașovean, 2013; Tincu, 2015). Vârstele cărbunilor (CAU, CAU2) din stratul cu resturi Turdaș (și cu cioburi Foeni la partea superioară) din CC sunt mai vechi decât vârsta probei din stratul Turdaș al profilului din GCC. Totuși, ele se corelează cu vârstele Culturii Turdaș obținute pentru situl de la Orăștie și cu vârstele Grupului Foeni din situl arheologic de la Foeni.

În general, în comparație cu vârstele absolute din literatură și luând în considerare vârstele relative stabilite de arheologi, valorile obținute din probele PC3, CAU1 și CAU2 sunt veridice. Ele sunt similare cu vârstele Grupului Foeni ceea ce nu este surprinzător deoarece se cunoaște că aceste populații s-au suprapus pentru o perioadă de timp.

Epoca cuprului. Proba CAU3 ($5,034 \pm 30$ B.P.) a fost prelevată dintr-un nivel situat la 79 cm adâncime în profilul din CC. Acest nivel a fost atribuit Culturii Tiszapolgár. În plus, acest nivel are în partea superioară ceramica din cultura Bodrogkeresztúr III (“Toarte pastilate” sau ‘Hunyadihálom’) (Luca et al., 2004). Vârsta probei CAU3 ($5,897-5,710$ cal B.P., 2σ) se potrivește cel mai bine cu vârstele grupului ‘Lažňany–Hunyadihálom’ descris de Brummack & Diaconescu (2015). Autorii au propus o schema în care Cultura Tiszapolgár este urmată de Cultura Bodrogkeresztúr. În această cronologie, Grupul Hunyadihálom apare la urmă. Vârsta obținută marchează prezența populației Hunyadihálom în Peștera Cauce și se corelează cu date de la siturile Tiszalúc-Sarkad (Ungaria) și Barca Baloty (Slovacia) (Rackzy & Siklósi, 2013; Brummack & Diaconescu, 2015; Brummack, 2015).

Proba PC8 ($4,370 \pm 35$ B.P.) a fost prelevată din nivelul epocii cuprului din GCC care conține resturi ale Culturii Coțofeni. Cărbunele a fost prelevat de la adâncimea de 41 cm și a furnizat vârsta de $4,987-4,855$ cal B.P. (2σ), care se corelează cu vârstele Coțofeni din siturile de la Băile Herculane, Ostrovu Corbului și Silvașu de Jos (Roman, 1976; Forenbaher, 1993; Ciugudean, 2000; Diaconescu & Tincu, 2016).

Epoca bronzului. Ambele situri (GCC și CC) conțin nivele de această vârstă cu artefacte ale Culturii Wietenberg. Vârsta din GCC este de $3,856-3,686$ cal B.P. pentru proba PC38

(prelevată din mijlocul stratului de epoca bronzului), pe când CAU5 (probată din baza stratului epocii bronzului) din CC a furnizat o vârstă de 3,991–3,849 cal B.P. În general, rezultatele se potrivesc cu vârstele anterioare obținute din siturile de la Sebeș și Oarța de Sus pentru Cultura Wietenberg (Kacsó, 2015; Bălan et al., 2016).

Modele depoziționale. La GCC, cronologia intervalului cuprins între 17 cm și 46 cm este bazată pe vârstele a trei probe de cărbune care sunt în ordine stratigrafică. Vârstele acoperă un interval de timp de ~2,750 ani, între 6,440 cal B.P. și 3,686 cal B.P. În partea inferioară a succesiunii, între 6,440 cal B.P. (Neolitic târziu) și 4,855 cal B.P. (epoca cuprului), sedimentele s-au acumulat cu o rată scăzută, rezultând într-un strat de 5 cm grosime. La 4,855 cal B.P. s-a observat o creștere a ratei de depunere care s-a menținut până la 3,686 cal B.P. (epoca bronzului).

În Peștera Cauce, cronologia intervalului cuprins între 42 cm și 104.5 cm se bazează pe patru probe de cărbune care au furnizat vârste în ordine stratigrafică. Vârstele acoperă un interval de ~2,790 ani, între 6,658 cal B.P. și 3,850 cal B.P. Ca și în cazul GCC, un model depozițional a fost simulat pentru partea datată a profilului. În partea inferioară a profilului, probele CAU1 și CAU2 au vârste foarte apropiate (6,658 cal B.P. și respectiv 6,560 cal B.P.). Între acestea, se găsește un strat de 11.5 cm grosime care s-a acumulat rapid. De la 6,560 cal B.P. (proba CAU2, Neolitic târziu) până la ultima probă datată (epoca bronzului), rata de sedimentare a scăzut.

$\delta^{13}C$ în cărbune. Pentru GCC, valorile $\delta^{13}C$ din cărbune variază de la -27.63 la -21.76‰, cu o medie de -24.38 ‰. Valorile $\delta^{13}C$ indică o creștere la adâncimile de 28 cm și 36.5 cm, ajungând la valori de -22.17‰ și respectiv -21.76‰. Intervalul de vârstă care corespunde acestei variații este între 4,199 cal B.P. și 4,699 cal B.P. Cu excepția acestei variații, valorile $\delta^{13}C$ au un trend negativ, cu cea mai înșărăcită probă având valori de of -27.63‰. În CC, valorile $\delta^{13}C$ din cărbune variază de la -26‰ la -22.99‰, cu o medie de -24.48‰. Rezultatele indică trei momente, cu o creștere semnificativă a valorilor izotopice. Prima variație a fost înregistrată în cărbunii de la adâncimile de 50 cm și 54 cm și este reflectată de valori ridicate (-22.99‰ și respectiv -23.07‰). Intervalul de timp în care persistă această variație cuprins este 4,242 cal B.P. și 4,439 cal B.P., conform modelului depozițional. A doua variație spre valori izotopice mai este documentată de cărbunii de la adâncimile de 75 cm și 79 cm. Valorile $\delta^{13}C$ corespunzătoare acestor adâncimi sunt de -23.51‰ și respectiv -23.71‰, și au fost înregistrate

în intervalul de timp dintre 5,469 cal B.P. și 5,665 cal B.P. Ultima variație apare la adâncimea de 95 cm unde cărbunele a avut valoarea $\delta^{13}\text{C}$ de -23.73% (vârsta corespunzătoare din modelul vârstă–adâncime: 6,577 cal B.P.).

Schimbări de mediu identificate pe bază de $\delta^{13}\text{C}$

Multiple studii au folosit valori $\delta^{13}\text{C}$ ale plantelor pentru a descrie paleohidroclimatul unei regiuni, pe când alte studii au interpretat modificarea valorilor $\delta^{13}\text{C}$ ca indicatori ai unei variații între plantele C_3 și C_4 (Onac et al., 2014; Forray et al., 2015; Campbell et al., 2017; Cleary et al., 2019). În studii recente, valorile $\delta^{13}\text{C}$ din cărbunele fosil s-a demonstrat că reprezintă semnalul paleoclimatic și s-au utilizat pentru a descrie schimbările paleoclimatice (e.g., Ferrio et al., 2006; Hall et al., 2008; Aguilera et al., 2009, 2012; Masi et al., 2012, 2013; Baton et al., 2017; Audiard et al., 2019).

Datele $\delta^{13}\text{C}$ pentru GCC și CC se încadrează în intervalul -20 la -37% specific plantelor C_3 (Kohn, 2010), indicând un cărbune format din plante lemnoase care foloseau calea fotosintetică C_3 . Pentru a deduce schimbările paleohidroclimatice pentru intervalul de timp obținut prin datare, valorile $\delta^{13}\text{C}$ au fost comparate cu date din alte arhive.

În general, pentru intervalul dintre 6,658 cal B.P. și 3,642 cal B.P. obținut din datări, vegetația la altitudini ca și cele care caracterizează zona de studiu consta în principal din *Carpinus betulus*, *Corylus*, *Quercus*, *Tilia*, *Fraxinus* și *Picea*, cu o modificare la *Fagus sylvatica* spre finalul intervalului. Vegetație similară a fost descrisă din două secvențe de la Avrig (Tanțău et al., 2006). Prima variație apare la $\sim 6,500$ cal B.P. când datele izotopice din CC indică o perioadă mai umedă (i.e. valori $\delta^{13}\text{C}$ mai mici) în comparație cu perioada anterioară. Valorile din CC prezintă o creștere începând de la $\sim 6,500$ cal B.P. până la $\sim 5,500$ cal B.P. La 5,500 cal B.P., valorile $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune indică un eveniment uscat (i.e. valori $\delta^{13}\text{C}$ mai mari), care se corelează cu izotopii de oxigen din PU-2 și GISP2. Izotopii de oxigen din stalagmita PU-2 și din carotele de gheață sugerează un climat cald, dar de la $\sim 5,500$ cal B.P. temperaturile încep să se deterioreze (Onac et al., 2002). O întoarcere la condiții mai umede este indicată de valorile $\delta^{13}\text{C}$ la 4,750 cal B.P., dar fără corespondență în graficele PU-2 sau GISP2. Datele din Peștera Poleva pentru această perioadă indică condiții mai calde.

O schimbare dramatică ilustrată de valorile $\delta^{13}\text{C}$ are loc la 4,250 cal B.P. Creșterea abruptă a valorilor $\delta^{13}\text{C}$ din GCC și CC este vizibilă, indicând un eveniment uscat exact înainte

de locuirea din epoca bronzului. Izotopii de carbon din PU-2 cresc, indicând ariditate. Ariditatea din Peștera Cauce Cave se corelează (ușor decalat) cu tendințele indicate izotopii de oxigen din GISP2 și PU-2. Ariditatea indicată de $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune la 4,200 cal B.P. este confirmată de vegetația descrisă de la Iaz și Avrig (Tanțău et al., 2006, 2016). După evenimentul de la 4,200 cal B.P. climatul indicat de cărbunele din CC devine mai umed, corelându-se cu datele din PU-2. La Avrig, polenul de *Fagus* crește după 3,880 cal B.P., indicând o întoarcere la un mediu umed și rece confirmat și de vegetația (cu răspândirea fagului) descrisă de la Iaz (Tanțău et al., 2006, 2016).

Episoadele aride din GCC și CC se corelează cu $\delta^{13}\text{C}$ din resturi arheobotanice din alte situri din Europa. Astfel, în Turcia, Masi et al. (2013) au descris paleohidroclimatul pentru intervalul cuprins între ~5,300 și 3,950 cal B.P. utilizând $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune arheologic și datele indică ariditate în jurul anilor 5,300 cal B.P. și 4,250 cal B.P. Episoade similare de ariditate au fost descrise de Aguilera et al. (2012) pe bază de $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune arheologic și din cereale recuperate din Peninsula Iberică.

Pe glob, datele din alte arhive recunosc existența unui episod climatic rece în jurul anului 4,200 cal B.P. (așa-numitul “eveniment de la 4.2 ka”) care a fost preponderent uscat (Perry & Hsu, 2000; Margaritelli et al., 2016; Weiss, 2016; Schirrmacher et al., 2020). În 2018 a fost acceptat ca limită între ‘Meghalayan’ (Holocen târziu) și ‘Northgrippian’ (Holocen mediu).

Rezultatele din Peștera Mare de la Cerișor și Peștera Cauce se alătură studiilor anterioare care demonstrează posibilitatea utilizării cu succes a valorilor $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune arheologic pentru a descrie paleohidroclima unui areal. Abordarea prezentată furnizează un model de bază despre modalitatea în care cărbunele arheologic poate fi folosit pentru reconstituirea paleohidroclimatului, mai ales în zone în care alte arhive lipsesc. Studiul este unic în România, sugerând nevoia de a continua cercetările care utilizează valorile $\delta^{13}\text{C}$ din cărbune arheologic ca proxy.

CERAMICA

Introducere⁴

Ceramica constă într-o matrice (masă fundamentală) care înglobează claste de dimensiuni variate și faze rezultate în urma arderii (Magetti, 1982; Ionescu & Ghergari, 2007; Ionescu & Hoeck, 2017). Pe lângă claste, cioburile conțin pori. Suprafața poate fi acoperită de slip, pictură sau glazură. În timpul îngropării, minerale secundare se pot forma prin contaminarea din mediul înconjurător sau prin transformarea mineralelor inițiale. *Matricea* este un amestec neomogen de particule cu dimensiuni sub 15 μm (Maggetti, 1979) sau sub 20 μm (Ionescu & Ghergari, 2007) care sunt transformate termic. În funcție de temperatura de ardere, caracterul optic al matricei variază de la birefringent la izotrop. Un grad scăzut de cristalinitate corespunde unei temperaturi ridicate de ardere. *Clastele* sunt componenți aplastici care provin din temper (degresant) și mai puțin din argilă. Temperul este adăugat pentru controlul plasticității și are rol în conservarea formei obiectului după modelare. *Fabricul* este un termen care include structura și textura corpului ceramic. Primul termen se referă la finețe (granulometrie) și este descris utilizând scara Wentworth. Al doilea termen se referă la aranjamentul spațial al componentelor, în special al celor cu formă alungită cum sunt miclele și porii (Ionescu & Ghergari, 2007). Astfel, textura poate fi neorientată (lipsa aranjamentului elementelor elongate), orientată (aranjament preferențial paralel cu peretele ceramic) sau mixtă (o combinație între texturile orientată și neorientată).

Probe și metode analitice

Probe ceramice. Două sute șaiszeci și patru de cioburi ceramice excavate din Peștera Mare de la Cerișor au fost studiate. Ele sunt atribuite Culturii Turdaș, Grupului Foeni Culturii Coțofeni.

Probele Turdaș din Neoliticul târziu includ douăzeci de cioburi ceramice fine și semifine. Șapte cioburi fine atribuite Grupului Foeni din Eneoliticul timpuriu (de către Dr. C. Roman și Dr. S. Tincu, prima dată menționate în Giurgiu et al. (2019)) au fost studiate. Probele Foeni au fost găsite în același nivel stratigrafic cu materialele Turdaș (Roman et al., 2000). Numărul de cioburi

⁴ Acest capitol urmărește cursul de Arheoceramică predat de C. Ionescu la Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, și în cadrul programului ERASMUS Chermat (Paris Marne-la-Valee).

aparținând Culturii Coțofeni din epoca cuprului este mult mai mare (237 de cioburi) în comparație cu cele ale Grupului Foeni și Culturii Turdaș. Macroscopic, granulometria este de la medie la grosieră.

Probe geologice. Pentru a compara cioburile ceramice cu potențialele materii prime din care au fost realizate, paisprezece probe (Tabelul 2) reprezentate de sedimente cuaternare din GCC precum și de argile și gresii miocene care afloră în zonă au fost analizate.

Tabel 2. Caracteristicile probelor geologice.

Afloriment	Locație/GPS	Probe		Adâncime (cm)	Litologia aflorimentului
		Denumire	Descriere		
GCC	Intrarea 2	CER-1	Argile nisipoase	0-10	Argile portocalii deschise cu fragmente carbonatice și nisip
		CER-2	Argile nisipoase	20	
Afloriment I	Valea Peteac 45°48'5.64"N, 22°49'55.38"E	CER-3	Argilă	0-10	Argile gri cu strate subțiri de nisip portocaliu
		CER-4	amestecată cu nisip	30	
Afloriment II	Valea Peteac 45°48'6.78"N, 22°50'9.36"E	CER-5	Marnă	0	Marnă crem cu fosile
		CER-6		123	
Afloriment III	Valea Peteac 45°48'4.44"N, 22°50'19.56"E	CER-7		130	Argile crem-gălbui în alternanță nivele de gresii portocalii
		CER-8		155	
		CER-9	Amestec de argile și nisip	190	
		CER-10		250	
		CER-11		270	
		CER-12		290	
CER-13	300				
Afloriment IV	Carieră, la sud de Hunedoara 45°44'29.2"N 22°54'14.9"E	CER-14	Amestec de gresii cu argile	53	Alternanță de gresii crem și nivele subțiri portocalii sau gri de argilă

Metode analitice. Două sute șaiszeci și patru de cioburi ceramice atribuite Culturii Turdaș, Grupului Foeni și Culturii Coțofeni au fost studiate prin microscopie optică în lumină polarizată (OM), difracție de raze X (XRPD), analiza cu ajutorul microsondei electronice (EMPA) și microscopie electronică de baleiaj (SEM), așa cum sunt prezentate în Tabelul 3. Probele geologice au fost analizate prin difracție de raze X (XRPD) pe materialul transformat în pudră prin mojarare

Tabel 3. Cioburile ceramice și tipul de analiză efectuată pentru fiecare cultură/grup.

Cultură/ Grup	Nr. total de cioburi	Numărul probelor	Metode analitice			
			OM	XRPD	EMPA	SEM
Foeni	7	de la CE-77 la CE-83	7 probe	7 probe	2 probe	3 probe
Turdaș	20	de la CE-67 la CE-76 de la CE-255 la CE-264	20 probe	20 probe	2 probe	-
Coșofeni	237	de la CE-1 la CE- 66 de la CE-84 la CE-254	237 probe	80 probe	4 probe	2 probe

Rezultate

Probele geologice. Argilele miocene din aflorimentul III au compoziție mineralogică similară (Tabel 4), cu predominanța cuarțului, a illit/muscovitului și a feldspaților. Peak-ul de la 14 Å poate fi produs de clorit sau smectit. Variația acestui peak de la 14 Å la 17 Å în proba glicolată (CER-11) dovedește prezența smectitului (probabil montmorillonit). Lipsa peak-ului de la 14 Å după glicolare indică absența cloritului.

Tabel 4. Mineralogia probelor geologice, obținută prin XRPD. Abrevieri: Dol – dolomit; Cal – calcit; Qz – cuarț; Fsp – feldspat; Illt/Ms – Illit/Muscovit; Chl – Clorit; Mnt – montmorillonit; Kln – caolinit.

Afloriment	Proba	Mineralogie
GCC	CER-1	Dol, Cal, Qz, Fsp, Illt/Ms
	CER-2	Qz, Fsp, Cal, Dol, Illt/Ms
Afloriment I	CER-3	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
	CER-4	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
Afloriment II	CER-5	Cal, Qz, Fsp, Illt/Ms, Chl/Mnt
	CER-6	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
	CER-7	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
Afloriment III	CER-8	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
	CER-9	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt
	CER-10	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
	CER-11	Qz, Illt/Ms, Fsp, Mnt, Cal
	CER-12	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt, Cal
	CER-13	Qz, Illt/Ms, Fsp, Chl/Mnt
Afloriment IV	CER-14	Qz, Illt/Ms, Fsp, Mnt, Kln

Ceramica Culturii Turdaș. Studiul prin microscopie optică arată o compoziție reprezentată de o matrice argiloasă care înglobează particule aplatice (claste). Matricea are o textură orientată, datorită aranjamentului mineralelor filosilicaticice. Cu polarizori în cruce, matricea este birefringentă în majoritatea probelor. Unele probe prezintă pe alocuri zone restrânse cu caracter izotrop. Clastele mai mari de 0.02 mm sunt în general muscovit și cuarț. Litoclastele sunt rare și includ fragmente de cuarțite, micașisturi, roci cuarțo-feldspatice și roci carbonaticeun fragment de bivalvă a fost identificat în proba CE-261. De asemenea, s-au identificat concrețiuni pedogenetice bogate în Fe. Mărimea clastelor variază de la ~20 μm la ~2 mm (cel mai mare ceramoclast) cu o medie de 45 μm. Conform scării Wentworth (1922), media mărimii clastelor se înscrie în categoria siltului grosier. Majoritatea cioburilor sunt semifine, doar patru probe (CE-76, CE-260, CE-262, and CE-263) fiind grosiere.

Difractogramele cioburilor Turdaș indică cuarțul, illit/muscovitul și feldspații ca faze minerale principale. Peak-urile de la 10 Å, 4.5 Å și 2.6 Å ale illit/muscovitului sunt vizibile în toate probele și au intensități variabile. Nu s-au identificat probe în care peak-ul illit/muscovitului de la 10 Å să lipsească. Peak-ul de la 14 Å poate fi atribuit cloritului sau smectitului (montmorillonit). Un peak slab de hematit (2.5 Å) apare în câteva probe. Probele cu peak-ul calcitului de la 3.03 Å prezintă o matrice puternic birefringentă la analiza prin microscopie optică.

Imaginile BSE a cioburilor Turdaș ilustrează un corp ceramic neomogen cu un conținut ridicat de filosilicați care apar sub formă de claste sau ca parte din matrice. lamelele sunt în general reprezentate de muscovit. În probele analizate, s-au identificat litoclaste de cuarțit. Concrețiuni pedogenetice au fost descrise din proba CE-75. Chimia matricii include SiO₂ (între 47.51 și 50.32 mass%) și Al₂O₃ (între 16.06 și 35.12 mass%). Conținutul de Al₂O₃ și SiO₂ este apropiat de cel al illitului (Deer et al., 1992) care are 51.25 mass% SiO₂ și 23.53 mass% Al₂O₃. Conținutul de P₂O₅ este sub 2 mass% și prezintă o corelare pozitivă cu CaO. Micele sunt reprezentate de muscovit, care are valori ale MgO de la 0.79 la 3.55 mass% și ale FeO_{TOT} de la 0.44 la 5.64 mass%. Concrețiunile pedogenetice conțin ~35 mass% FeO_{TOT}, ~6 mass% Al₂O₃, ~4.2 mass% P₂O₅, ~5.4 mass% CaO și ~21 mass% SiO₂. Feldspații potasici conțin K₂O între 13.2 și 16.3 mass%. Plagioclazii au CaO până la 12 mass% (An_{59.4} Ab_{39.6} Or_{1.1}).

Ceramica Grupului Foeni. O parte din rezultatele obținute prin microscopie optică, XRPD și EMPA au fost publicate anterior de Giurgiu et al. (2019). În secțiune subțire, cioburile prezintă un aranjament întâmplător al lamelor filossilicice, cu excepția probelor CE-80, CE-81 și CE-83 care au, local, textură orientată. Exceptând proba CE-79 care este semifină, restul probelor sunt fine. Cu polarizori în cruce, matricea este birefringentă în majoritatea probelor. Clastele nonplastice sunt reprezentate de cuarț, miche, plagioclazi, feldspați alcalini și minerale grele, precum și de litoclaste și concrețiuni bogate în Fe. Cuarțul prezintă forme angulare și subangulare și uneori este caracterizat de existența unei rețele de fisuri. Muscovitul formează lamele mici sau mari, pe când biotitul este proaspăt, sau parțial alterat la clorit asociat cu minerale opace. Plagioclazul maclat polisintetic este frecvent, pe când feldspații alcalini sunt mai rari și ușor alterați la muscovit fin (“sericit”). De asemenea, s-au identificat granule de epidot, clinozoisit, staurolit, amfibol, granat și apatit (Giurgiu et al., 2019). Litoclastele sunt rare și includ cuarțite, micașisturi, șisturi cu amfibol și roci cuarțo-feldspatice. Agregate de material opac, cu dimensiuni de 25–50 μm, sunt descrise ca pelete fieroase (așa-numitele ‘bohnerz’ conform lui Maggetti, 1979), concrețiuni pedogenetice bogate în Fe și lamele grafitice. Pelete de argilă au fost de asemenea descrise. Ceramoclastele se găsesc doar ocazional, în cioburile CE-82 și CE-83. Granulometric, doar proba CE-79 este semifină, celelalte fiind fine.

Difractogramele cioburilor Foeni indică o compoziție mineralogică similară pentru toate probele în care cuarțul, illit/muscovitul și feldspații sunt fazele minerale principale. Peak-ul de 10 Å peak este îngust și intens pentru probele cu matrice puternic birefringentă, demonstrând structura cristalină a illit/muscovitului. Peak-ul de la 14 Å poate fi reprezentat de clorit sau smectit (montmorillonit). Un peak slab de hematit (2.5 Å) se observă în câteva probe. Nu s-au identificat difractograme în care peak-urile illit/muscovitului lipsesc.

Imaginile BSE și spectrele EDS pentru cioburile Foeni arată un corp ceramic poros, neomogen chimic și mineralogic. Fragmentele de cuarț sunt predominante, feldspații, muscovitul și cloritul fiind comune. Mineralele grele includ apatit, epidot, clinozoisit, ilmenit și, mai rar, amfiboli. Ceramoclaste, șisturi cloritice, roci cuarțo-feldspatice, concrețiuni de sol și pelete de argilă au fost de asemenea identificate. Valorile pentru SiO₂ variază de la 43.40 la 58.41 mass%, și ale Al₂O₃ de la 18.59 la 29.30 mass%. Conținutul de K₂O prezintă o variabilitate largă, de la 1.25 la 7.87 mass%. Ca și în cazul ceramicii Turdaș, datele pentru matricea cioburilor Foeni, proiectate în diagrama K₂O-Na₂O-CaO, indică o tendință de creștere a CaO, în special pentru

proba CE-83. Diagrama Al_2O_3 vs. SiO_2 indică o compoziție illitică. Cu mai puțin de 3 mass% CaO, datele din matrice indică o argilă non-carbonatică utilizată ca argilă brută pentru prepararea pastei. Diagrama P_2O_5 vs CaO pentru matrice arată două grupuri. Primul (A) indică o matrice cu conținut mare de Ca și conținut crescător de P corelându-se cu datele obținute pentru o peletă de argilă și un ceramoclast. Al doilea grup (B) prezintă conținut scăzut de Ca și P. Micele sunt de obicei muscovit, mai puțin clorit. Muscovitul arată un conținut între 0.9 și 3.77 mass% MgO și între 1.27 și 10.18 mass% FeO. Granulele de cuarț sunt aproape pure, cu 99.14 mass% SiO_2 . Datele publicate de Giurgiu et al. (2019) au arătat că peletele cu Fe/concrețiunile pedogenetice conțin până la 20 mass% Fe_2O_3 , ~13 mass% Al_2O_3 , ~4.5 mass% P_2O_5 , ~4.2 mass% CaO, ~35 mass% SiO_2 și ~10 mass% TiO_2 . Feldspați alcalini sunt reprezentați de ortoză, cu mai puțin de 10% albit. Plagioclazii nu prezintă zonare compozițională, sunt acizi spre intermediari în compoziție și variază de la albit Ab_{92} la andezin $\text{Ab}_{67.9}$ (Giurgiu et al., 2019).

Imaginile obținute prin SEM au pus în evidență existența unui corp ceramic poros și sinterizat, care este similar cu ceramica obținută de Hein et al. (2008) la arderea unei argile cu 40% temper într-un interval larg de temperaturi, *i.e.* între 550 și 850 °C. Cel mai important aspect este cel referitor la tratamentul suprafeței (finisare). Studiul de față urmărește descrierea și clasificarea netezirii și lustruirii propusă de Ionescu et al. (2015, 2019) și de Ionescu & Hoeck (2020). Două stiluri principale de lustruire au fost identificate: linear (cu model) și cel simplu. Ele apar pe o suprafață netezită în prealabil, probabil cu mâna umedă sau cu o cârpă umedă (Ionescu & Hoeck, 2020). Caracteristicile corpului ceramic sub suprafața lustruită sunt similare. Suprafața lustruită prezintă un strat bine definit de 5 până la 10 μm grosime, care constă într-o masă de minerale argiloase compactate, fără claste mari. O asemenea structură sub suprafața lustruită a fost descrisă de Rutter (1975) și de Ionescu et al. (2015). Suprafața liniilor lustruite este marcată de striuri fine longitudinale. Zona lustruită din proba CE-77 prezintă fisuri fine și neregularități. Proba CE-82 conține zone lustruite care sunt plane și compacte. Fisuri fine și cu orientare întâmplătoare întrerup continuitatea lustruirii. Direcția mișcării uneltei în timpul lustruirii este indicată de striurile fine.

Ceramica Culturii Coțofeni. O parte din rezultatele obținute prin microscopie optică, XRPD și prin analiza cu microsonda electronică au fost publicate de Giurgiu et al. (2017b) și prezentate la diverse conferințe (*e.g.* Giurgiu et al., 2016a, 2017a).

Studiul microscopic arată o matrice argiloasă înglobând diverse claste. Cu un polarizor, matricea este translucidă spre opacă, de culoare portocalie spre brun închis. Textura este neorientată. Pe baza caracteristicilor optice, cioburile au fost împărțite în trei grupuri. Primul grup include cioburi cu matrice puternic birefringentă care constă în minerale argiloase ușor transformate din punct de vedere termic. Al doilea grup include cioburi cu matrice izotropă. Al treilea grup conține cioburi cu un amestec de matrice cu birefringență scăzută și zone izotrope. Granulele roșii, distribuite neuniform în matrice, sunt izotrope sau ușor anizotrope.

Clastele aplastice sunt de obicei cuarț, feldspat potasic, muscovit și mai rar plagioclaz. Cuarțul formează claste angulare și subangulare care sunt adesea puternic fisurate sau au margini erodate. Alte minerale descrise sunt biotitul, biotitul cloritizat, mineralele din grupul epidotului (denumite aici epidot), amfibolii, staurolitul, apatitul, granații, titanitul, zirconul și piroxenii. Litoclastele sunt în general fragmente de roci metamorfice cum sunt cuarțitul, cuarțit cu muscovit, micașisturi, gnaisele, posibil șist grafitic și amfibolit. Claste de roci cristaline carbonatice se găsesc în numeroase probe ceramice. Fragmente de siderit și minereu alterat de Fe sunt de asemenea prezente. Singurele litoclaste de roci magmatice includ un bazalt și o rocă de tip granodioritic. Litoclastele sedimentare sunt reprezentate de gresii.

Ceramoclastele sunt întâlnite în mod obișnuit și au compoziție și textură diferită față de corpul ceramic gazdă. De asemenea, concrețiuni de sol și mici pelete de argilă au fost identificate. Probele CE-55 și CE-108 conțin resturi fosile, și anume un ?gastropod și respectiv briozoare.

Principalele peak-uri obținute prin XRPD peaks sunt cele ale illit/muscovitului, ale cuarțului și ale feldspaților. Peak-ul de 2.69 Å al hematitului, de 3.03 Å al calcitului sau peakul slab de dolomit de 2.88 Å se observă în câteva probe. Peak-ul de 14 Å peak poate fi al cloritului sau smectitului. Peak-ul de 2.96 Å din proba CE-33 poate fi atribuit clinopiroxenului. Un peak de talc (9.35 Å) apare doar în proba CE-31. Probele cu o matrice birefringentă prezintă un peak îngust care corespunde illitului și muscovitului care încă prezintă structură cristalină. Probele cu un amestec de matrice birefringentă și și zone izotrope prezintă peak-uri diminuate de illit/muscovit datorită distrugerii parțiale a structurii cristaline. Probele cu matrice izotropă nu prezintă peak-ul de 10 Å, ci doar o mică proeminență între 20 și 45° 2θ – caracteristică pentru o fază amorfă; celelalte peak-uri de illit/muscovit sunt încă vizibile.

Un corp ceramic neomogen este vizibil în imaginile BSE. Matricea conține fragmente de diverse dimensiuni de cuarț, feldspat potasic, muscovit, plagioclaz, biotit cloritizat și clorit. Mineralele grele includ rutil, apatit, epidot, monazit, ilmenit, titanit și zircon. Litoclastele sunt cuarțite, micașisturi, gnaise, roci granodioritice și gresii. Toate probele conțin pelete de argilă și concrețiuni de sol precum și tipuri variate de ceramoclaste, cele din urmă având de obicei pori de contracție în jur.

În matrice, conținutul de SiO_2 variază de la 45.02 la 55.32 mass%, K_2O de la 1.51 la 5.33 mass% și FeO_{TOT} de la 3.26 până la 14.07 mass%. CaO variază între 0.92 și 2.32 mass%, cu valori mai mari, până la 6.5 mass%, fiind măsurate doar în proba CE-170. Proba CE-39 nu conține CaO . P_2O_5 este în general sub limita de detecție, exceptând în proba CE-170 unde variază de la 0.07 la 3.70 mass%.

Matricea este în principal illitică. Diagrama K_2O versus Al_2O_3 indică o variație mare a chimismului matricii. În unele zone, puncte gri închis sunt vizibile în imaginile BSE. Aici, matricea conține până la 60 mass% SiO_2 . Matricea este caracterizată de un conținut scăzut de P_2O_5 .

Peletele de argilă și matricea au chimism similar, cu Si, Al și K ca elemente principale. De asemenea, acestea conțin cantități scăzute de Mg, Fe, Ca, Ti, Na și chiar și P. Concrețiunile de sol sunt dominate de Si, Al și Fe, alături de cantități reduse de K, P, Mg și Ti.

Matricea unor ceramoclaste a fost de asemenea analizată. În diagrama ternară K_2O - Na_2O - CaO și în diagrama Al_2O_3 vs. SiO_2 datele se proiectează în vecinătatea illitului. Diagrama K_2O versus Al_2O_3 ilustrează variația chimismului matricii din ceramoclaste. P_2O_5 se corelează cu CaO , excepție făcând câteva puncte analizate în ceramoclastele din probele CE-39 și CE-235 care nu conțin P_2O_5 .

Micele sunt în general muscovit, mai rar biotit și biotit cloritizat. Muscovitul apare sub forma unor lamele mari, de până la 300-400 μm lungime, sau ca relicve mici, parțial topite, în matrice. Din punct de vedere chimic, muscovitul formează un grup omogen, cu conținut de Al_2O_3 și K_2O în intervalul considerat normal sau ușor sub acesta. Cantitatea semnificativă de MgO și FeO, corelată cu un surplus de SiO_2 în majoritatea muscovitului analizat, demonstrează caracterul phengitic al acestuia.

Feldspatii formează mici granule în matrice sau cristale mari, care ajung la 300 μm . Toți feldspatii potasici sunt aproape puri compozițional, cu un conținut de Na_2O de obicei sub 1

mass%, ajungând la 2 mass% în câteva granule, rezultând într-un conținut în albit de 10 până la 20 mol%. Albitul nu a fost identificat în probe.

Studiul prin microscopie electronică de baleiaj a avut în vedere atât tratamentul suprafeței și decorațiunile cât și microstructura internă a ceramicii. Proba CE-58 reprezintă un corp ceramic fisurat care înglobează claste cu habitus lamelar. Suprafața probei CE-58 este decorată cu *incizii* în formă de “U”. Striații longitudinale foarte fine prezente pe suprafața canalelor oferă un indiciu despre direcția mișcării din timpul procesului de incizare. Resturi ale unor suprafețe lustruite (compacte, plane și fără cristale vizibile) se află între liniile incizate demonstrând că înainte de incizare vasul a fost lustruit. În proba CE-91 continuitatea suprafeței lustruite este întreruptă de fisuri fine neorientate sau de neregularități de relief.

Discuții

Argilele brute. Difracția de raze X realizată pe întregul corp ceramic datele pentru matrice obținute prin EPMA pentru cioburile Turdaș, Foeni și Coțofeni indică o argilă bogată în Fe, illitică folosită ca materie primă pentru prepararea pastei. Proiecția datelor în diagrama K_2O-Na_2O-CaO demonstrează însărăcire în K_2O și îmbogățire în CaO față de illitul natural (Deer et al., 1992). Valoarea mai scăzută a K_2O se datorează pierderii a K^+ după începutul dehidroxilării illit-muscotivului (Guggenheim et al., 1987; Rodriguez-Navarro et al., 2003; Gualtieri & Ferrari, 2006). Tendința de a încorpora calciu în structura de tip illit a fost anterior descrisă de Ionescu & Hoeck (2011) în matricea dintr-o ceramică de epoca cuprului din România. În afară de calciul legat de masa illitică, conținutul ridicat de CaO se datorează probabil existenței unei cantități mici de montmorillonit (Giurgiu et al., 2019). Montmorillonitul a fost identificat în probele geologice miocene prelevate de pe Valea Peteac care ar fi putut servi drept sursă pentru argilele brute. Umplutura peșterii (CER-1 and CER-2) conține, după cum s-a arătat, o cantitate ridicată de dolomit și calcit. Această compoziție nu este compatibilă cu cea a cioburilor celor trei populații (Turdaș, Foeni și Coțofeni). Cel mai probabil vasele au fost produse departe de zonele unde există roci carbonatice cristaline. Prezența fragmentelor de roci carbonatice cristaline din cioburile Coțofeni poate fi interpretată drept accidentală. În general, se consideră că P_2O_5 din ceramică se datorează apatitului fin granular și concrețiunilor pedogenetice prezente în materia primă (Ionescu et al., 2011) sau este un produs datorat îngropării (Freestone et al., 1994; Maritan et al., 2009). În matricea ceramicii *Turdaș*, analiza EMPA a arătat un conținut de P_2O_5 sub 2

mass% care se corelează pozitiv cu CaO (0.98 coeficient de corelare). Aceasta indică apatitul ca sursă pentru P. Diagrama CaO vs. P₂O₅ pentru matricea cioburilor *Foeni* indică două grupuri de date, un grup cu conținut mai mare de Ca și P (A) și alt grup cu cantități mai mici de Ca și P (B). În cazul grupului A există o corelare pozitivă (~0.8) între P₂O₅ și CaO care indică apatitul ca sursă a fosforului pentru o parte din matrice (a se consulta de asemenea și Ionescu et al., 2011; Ionescu & Hoeck, 2017). Pe de altă parte, fosforul poate fi rezultatul îngropării (Freestone et al., 1994; Maritan et al., 2009) în cazul părților de matrice care au furnizat datele care alcătuiesc grupul B (Giurgiu et al., 2019). În contrast cu cioburile Turdaș și Foeni care conțin fosfor, cantitatea de P₂O₃ în matricea din ceramica Coțofeni este foarte scăzută (și adesea zero) indicând o argilă săracă în P sau nicio contaminare în timpul îngropării.

Datele obținute prin EMPA pentru matricea din ceramoclastele ceramicii Foeni (proba CE-83) se proiectează în aceleași zone ca și datele pentru matricea ceramicii gazdă. Acest aspect indică utilizarea aceluiași tip de argilă (*i.e.* illitică) și aceeași sursă pentru producerea vaselor mai vechi din care provin ceramoclastele. Dacă materia primă este de bună calitate, continuitatea exploatării aceleiași surse/aceluiași afloriment nu este surprinzătoare.

În cazul cioburilor Coțofeni, au fost comparate datele obținute pentru matricea ceramoclastelor și cele pentru matricea corpului ceramic gazdă. Per ansamblu, valorile în cazul ambelor matrici se proiectează în același câmp. Diferențe notabile se observă în cazul P₂O₅ care prezintă valori mai ridicate în matricea ceramoclastelor față de corpul ceramic gazdă și se corelează cu conținutul de CaO.

Material degresant. Datele obținute din ceramica celor trei populații indică existența a două tipuri de degresant: unul natural, *i.e.* un material siltic-nisipos (deja prezent în argila brută și unul artificial, intenționat adăugat de olar în cantități mici pentru a controla plasticitatea (Maggetti, 1979).

În ceramica Turdaș, degresantul natural predomină. Acesta a fost reprezentat de un material nisipos/siltic format predominant din cuarț și muscovit. Cioburile semifine au un corp ceramic relativ omogen cu o distribuție uniformă a degresantului în masa întregului ciob, indicând o amestecare bună a materialelor prime. Majoritatea probelor conțin cuarț și muscovit. Se pare că olarii turdășeni au folosit o categorie restrânsă de materiale pentru prepararea pastei

ceramicii semifine și acestea se reduceau la argilă amestecată cu degresant bogat în cuarț și muscovit.

Datele pentru ceramica *Foeni* și *Coțofeni* indică o compoziție mineralogică formată din cuarț, feldspați, mice, minerale grele și fragmente de roci (în special micașturi, cuarțite, șisturi cu amfiboli și roci cuarțo-feldspatice) pentru materialul siltic nisipos utilizat ca degresant. Concrețiunile de sol și peletele de argilă sunt în mod obișnuit prezente în ceramica *Foeni* și *Coțofeni* și probabil derivă din argila originală. Prezența acestora sugerează o omogenizare slabă a pastei (Medeghini & Nigro, 2017) sau utilizarea argilei neumezită (Maritan, 2004). Degresantul artificial este reprezentat de ceramoclaste. Acestea sunt rare în cioburile *Foeni* pe când în ceramica *Coțofeni* sunt frecvente și prezintă o largă varietate compozițională.

Fosile. Fosilele sunt buni indicatori în studiile de proveniență (Quinn & Day, 2007; Fabbri et al., 2014). Ele au fost identificate în ceramica *Turdaș* precum și în cea *Coțofeni*, dar în număr redus. Un fragment de bivalvă a fost descris din proba *Turdaș* CE- 261 și fosilele din cioburile *Coțofeni* au fost identificate în probele CE-55 și CE-108 (briozoare și, respectiv, un ?gastropod).

Proba geologică CER-5 (din aflorimentul II) conține fosile mari – bivalve și gastropode (posibil *Actaeonella* sp.). Aflorimentul II este localizat pe Valea Peteac, aproape de aflorimentul III, de unde probele geologice (de la CER-6 la CER-13) care se potrivesc cu compoziția cioburilor au fost prelevate. Depozitele cretacic superioare din vecinătatea localității *Nandru* conțin bivalve și gastropode fosile (Forray, 1994). De asemenea, o faună bogată în gastropode și bivalve este cunoscută din depozitele sarmațiene dintre *Răcăștia* și *Nandru* (Gheorghiu, 1954; Zágoršek et al., 2008) unde aflorează roci precum cele din Valea Peteac. Briozoare au fost descrise din depozitele miocenului mediu în apropiere de *Răcăștia* unde gastropodele sunt abundente (Zágoršek et al., 2008).

În cazul populației *Coțofeni*, un alt indiciu despre zonele explorate în căutarea de materii prime provine din Peștera Cauce. În nivelul *Coțofeni* al acestei peșteri s-a descoperit o amuletă perforată realizată din cochilia fosilei *Conus fuscocingulatus* (Sztancs et al., 2005). Specia apare menționată la *Buituri* (Hunedoara) – un sit paleontologic cunoscut, precum și în localitatea *Popești*, la nord de Valea Peteac (Marincaș et al., 1969; Mureșan et al., 1980; Hladilová et al.,

2004). Aceste aspecte sugerează că populația Coțofeni ar fi putut cunoaște argila existentă în zona Buituri.

Raritatea fosilelor în ceramica Turdaș și Coțofeni poate fi explicată prin excluderea intenționată a carbonatului/fosilelor or sau prin utilizarea de argile cu o compoziție similară cu cea descrisă din probele prelevate din aflorimentele I, II and III de pe Valea Peteac. Este foarte probabil ca olarii să fi produs vasele ceramice undeva între zona cuprinsă între Răcăștia, Buituri și Valea Peteac. Toate acestea sugerează un centru de producție în apropierea văii Cernei sau spre vest unde depozitele miocene au mai mult sau mai puțin aceeași compoziție. Se cunoaște faptul că olarii preferau să utilizeze materii prime (argile și degresant) localizate de obicei la o distanță de <10 km față de centrul de producție (Arnold, 1988) și aria sursă conturată îndeplinește acest criteriu. Nu s-au identificat până acum urmele unor structuri de ardere Turdaș, Foeni sau Coțofeni și nici reziduuri ceramice nu au fost găsite în peșteră sau în vecinătatea acesteia. Vasele nu au fost produse la peșteră, ci într-un loc cu acces facil la materii prime, *i.e.* argile siltice, nisipuri aluviale și silturi (Giurgiu et al., 2017b). Ceramica probabil a fost transportată la peșteră, care era utilizată de către păstori ca așezare temporară.

Condiții de ardere. Principalul indiciu despre atmosfera de ardere este culoarea ceramicii și variația ei în peretele vasului. Peretele ceramic al probelor Turdaș este omogen, indicând ardere în condiții redox constante (Shepard 1956; Murad & Wagner 1996; Molera et al. 1998). Aceleași condiții caracterizează cioburile Foeni. Probele Foeni care au culori brun roșiatică conțin hematit și au fost arse în condiții oxidante. Majoritatea probelor Coțofeni sau culoare brun închis și gri închis, indicând o pastă bogată în Fe arsă predominant în condiții reducătoare (Shepard, 1956; Kreimeyer, 1987; Murad & Wagner 1996; Molera et al., 1998). Totuși, culoarea portocalie a unor cioburi și prezența hematitului sugerează că puțin oxigen era prezent în cuptor.

Structura bizonală a probei CE-26 din Cultura Turdaș cu miez roșu și margini gri indică o atmosferă de ardere variabilă: oxidantă la început și reducătoare spre finalul arderii. Vasele Coțofeni cu o zonare a culorii în cadrul peretelui ceramic *i.e.* bizonală sau de tip sandwich, au fost, de asemenea, arse probabil în atmosferă variabilă (Molera et al., 1998; Nodari et al., 2007).

Probele Foeni CE-79, CE-80 și CE-81 prezintă un efect cromatic black-topped și au fost arse intenționat așa încât să se obțină acest aspect estetic. Experimentele de ardere în aer liber sau în cuptoare au demonstrat că efectul black-topped se obține prin aranjarea vaselor cu gura în

jos pe un substrat acoperit cu pleavă, rumeguș, lemn de stejar sau un amestec de cărbune și cenușă (Hendrickx et al., 2000; Baba & Saito, 2004; Bințișan, 2013; Bințișan & Gligor, 2016). Pentru a obține acest efect, temperaturile de ardere necesare sunt sub 900°-950° C (Dufournier, 1986).

Condițiile de ardere a ceramicii sunt reflectate de datele obținute prin microscopie optică, EMPA și XRPD. Caracteristicile optice ale matricii indică schimbările în structura cristalină a mineralelor argiloase rezultate în urma arderii (Maggetti, 1982). De asemenea, peak-urile de illit/muscovit sunt buni indicatori ai transformărilor suferite de structura cristalină a mineralelor argiloase în timpul arderii (Mercader et al., 2000; Broekmans et al., 2004; Ionescu et al., 2007).

Ceramica Turdaș este caracterizată de o matrice puternic birefringentă (Giurgiu et al., 2016b). Zone limitate cu birefrință scăzută a matricii sunt prezente în câteva cioburi indicând distrugerea avansată a filosilicaților. Sticla nu este prezentă deoarece temperaturile de ardere nu au fost suficient de ridicate pentru producerea unui astfel de material. În imaginile BSE, muscovitul apare sub formă de lamele cu linii fine de clivaj, demonstrând o temperatură de ardere scăzută. De asemenea, carbonații sunt buni indicatori ai temperaturii de ardere. Cochilia de bivalvă este birefringentă și indică schimbări ușoare în timpul arderii, cu temperaturi care pot fi estimate la sub 800 °C (a se consulta *e.g.*, Fabbri et al., 2014). La ~850 °C, calcitul ar începe să se descompună și să formeze wollastonit, gehlenit sau/și clinopiroxen (Rodriguez-Navarro et al., 2009).

În mod similar, studiul de microscopie optică a ceramicii Foeni arată în general o matrice puternic birefringentă compusă din filosilicați sinterizați. Totuși, lamelele individuale pot fi recunoscute și structura cristalină a mineralelor argiloase nu este semnificativ afectată de temperatură. Nu s-a format sticlă, temperaturile fiind prea scăzute pentru a topi materialul (Giurgiu et al., 2019).

Se cunoaște faptul că peak-urile de pe difractograme ale illit-muscovitului sunt încă prezente în materialul ars la temperaturi de 800°C (Mercader et al., 2000) și că distrugerea illitului începe la temperatura de 820°C (Heimann, 2017). Nu există difractograme ale cioburilor Turdaș și Foeni cu peak-ul illit/muscovitului absent, astfel că, temperatura de ardere estimată este de sub 900 °C pentru toate probele peak-urile de illit/muscovit pentru majoritatea cioburilor Turdaș și Foeni sunt foarte intense, sugerând temperaturi de ardere de aproximativ 800 °C (a se consulta și *e.g.*, Mercader et al., 2000). Probele (*e.g.* CE-69, CE-72, CE-75 și CE-262 pentru

Turdaș și CE-77 și CE-79 pentru Foeni) care prezintă diminuări ale peak-ului de illit/muscovit datorită distrugerii parțiale a structurii cristaline, indică o temperatură de ardere de 850 °C (Broekmans et al., 2004; Ionescu et al., 2007). Aceste valori se află în intervalul normal de temperaturi înregistrate în arderi în aer liber sau în cuptoare deschise de suprafață (Velde & Druc, 1999) și sunt suficient de mari pentru a produce un material ceramic sinterizat.

Dehidroxilarea muscovitului are loc într-un interval larg, între 700 și 1000 °C (Mazzucato et al., 1999), pe când cea a illitului începe la 875 °C și se încheie la 1070 °C (Gualtieri & Ferrari, 2006). Valorile mai scăzute ale K₂O obținute prin EMPA pentru matricea din ceramica Turdaș, Foeni și Coțofeni se datorează pierderii K⁺ după începutul dehidroxilării illitului și muscovitului (Guggenheim et al., 1987; Rodriguez-Navarro et al., 2003; Gualtieri & Ferrari, 2006). Aceste reacții sugerează o temperatură de ardere care a atins 850 °C în probele Turdaș, dar doar pentru un interval scurt de timp. Creșterea conținutului de CaO se explică prin încorporarea acestuia după arderea la 850°C (Ionescu & Hoeck, 2011).

În cazul ceramici Coțofeni, rezultatele indică existența a trei grupuri în ceea ce privește temperatura de ardere: un grup ars la temperatură scăzută, un alt grup ars la temperatură medie și un grup ars la temperatură înaltă. Cu toate acestea, există o tranziție continuă între aceste grupuri, fără limite clare între ele (Giurgiu et al., 2017b). Ceramica Coțofeni arsă la temperaturi scăzute se identifică cu ușurință datorită matricii puternic birefringente și a clastelor carbonatice netransformate (*e.g.* CE-183). În probele CE-170 și CE-235, mineralele argiloase din matrice sunt sinterizate. Lamele individuale sunt încă prezente. Aceste probe au cele mai intense peak-uri de illit/muscovit pe difractograme. Caracteristicile sugerează o temperatură de ardere de ~800 °C (a se consulta și Meldau & Robertson, 1953; Cultrone et al., 2001; Grifa et al., 2009; Trindade et al., 2009; Maggetti et al., 2011; Rat'ko et al., 2011). Cioburile arse la temperaturi înalte indică o matrice omogenă cu pori rotunjiți. Birefringența este scăzută și uneori sunt prezente zone izotrope ca rezultat la distrugerii structurii cristaline a mineralelor argiloase. Unele claste carbonatice sunt parțial transformate (structură coronitică?). Unele probe nu prezintă peak-ul de 10 Å al illit/muscovitului. În ansamblu, aceste caracteristici indică o temperatură de ardere de ~900 °C (Murad & Wagner 1998; Cultrone et al., 2001; Bertolino & Fabra, 2003; Trindade et al., 2009). Absența vitrificării extinse demonstrează temperaturi de ardere sub 950 °C. Cioburile arse la temperaturi medii au matricea formată din zone cu birefringență scăzută și zone izotrope (*e.g.* CE-3). Unele granule de cuarț au marginile erodate și miclele prezintă semne de topire.

Peak-urile de illit/muscovit sunt diminuate, dar nu absente (e.g., CE-1 and CE-31). Aceste transformări indică temperaturi de ~850 °C (Giurgiu et al., 2017b).

Structuri de ardere. Lipsa unor structuri de ardere în locurile unde materiile prime afloarează sugerează utilizarea unor dispozitive temporare de ardere de către olarii Turdaș, Foeni și Coțofeni. Ceramica a fost arsă în structuri de suprafață care constau într-o depresiune în care vasele erau aranjate și acoperite cu combustibil și ulterior arse. Identificarea acestor structuri de ardere este dificilă și dacă erau utilizate sezonier, reconstruirea lor era mai avantajoasă (Thér, 2004). Temperaturile de ardere se încadrează în intervalul normal înregistrat în astfel de structuri (Velde & Druc, 1999) și sunt suficient de mari ca să producă un corp ceramic. Datele din Livingstone Smith (2001) arată că temperaturile de ardere atinse în gropi sunt de obicei de 800-850 °C, dar pot depăși >900 °C, valorile fiind în concordanță cu temperaturile descrise pentru cioburile celor trei populații din studiul de față.

Absența urmelor unor structuri de ardere și succesul producerii experimentale a ceramicii cu efect black topped nu doar în cuptoare bicamerale, ci și în aer liber (Hendrickx et al., 2000; Baba & Saito, 2004; Bințișan, 2013; Bințișan & Gligor, 2016) sugerează utilizarea unor structuri temporare de ardere în cazul cioburilor Foeni.

Intervalul larg de temperaturi pentru ceramica Coțofeni se datorează probabil condițiilor de ardere, desfășurate în aer liber sau cuptoare primitive. În aceste structuri este dificilă obținerea unor temperaturi omogene (Thér, 2014). Cea mai mică diferență de temperatură între două termocupluri obținută de Thér (2004) a fost într-un cuptor vertical bicameral cu cămin ași a avut valoarea de 40 °C. Același autor a măsurat o diferență de 248 °C în cuptoare deschise în timpul unei arderi și a menționat că temperatura este puternic instabilă în aceste tipuri de structuri de ardere. De asemenea, variația temperaturii în cadrul unui vas este normală și diferențe de până la 390 °C pot să existe între două părți ale vasului (Magetti et al., 2011). În consecință, este plauzibil ca cele trei grupuri de cioburi Coțofeni să fi fost parte din același lot și să fi fost arse împreună.

Decorațiuni. Șase probe Turdaș prezintă lustruire simplă la exteriorul vasului sau pe ambele părți. De asemenea, lustruirea este o caracteristică a ceramicii Foeni (Gligor, 2008) care prezintă și lustruire cu modele.

Mișcarea caracteristică pentru a produce lustruirea este una de fricțiune față – spate și procesul se face cu ajutorul unei unelte care poate fi reprezentată de galeți, pistil litic, silex sau agat (Ionescu et al., 2015; Ionescu & Hoeck, 2020). Lustruirea produce un film subțire de filosilicați aliniați, paraleli cu suprafața, sigilând găurile și reducând semnificativ asperitățile (Ionescu et al., 2015, 2019; Ionescu & Hoeck, 2020). Aspectul obținut este unul lucios, strălucitor.

Studiul SEM al ceramicii Foeni arată mici creste care separă liniile lustruite de restul suprafeței. Prin presarea uneltei de lustruit pe suprafața vasului, depresiunile lustruite care rezultă au un profil curbat. Acesta caracteristici sugerează utilizarea unei unelte cu formă rotunjită. Un galet ar fi putut fi unealta folosită la lustruire, galeții fiind la îndemână în zonele în care se găsesc materiile prime.

Pentru probele Coțofeni, suprafețele vaselor sunt decorate cu zone lustruite localizate între inciziile sub formă de “U”. Acestea din urmă sunt definite ca o decorație produsă cu mâna liberă prin presarea sau tăierea de linii în pastă (Shepard, 1956). Combinația de incizii și lustruire permite identificarea ordinii în care vasele au fost decorate. De obicei, ceramica a fost incizată după ce a fost lustruită. La fel se explică decorațiile probei CE-58 care are incizii fără proeminente la margini (Shepard, 1956). Incizia a fost probabil realizată când pasta era încă plastică utilizând o unealtă ascuțită ținută ca un creion și care a avut un vârf rotunjit, producând o incizie curbată și simetrică cum este cea din proba CE-58. Un proces similar a fost probabil implementat în cazul celorlalte cioburi incizate, majoritatea având aceleași caracteristici ca și proba CE-58.

CONCLUZII GENERALE

Vârstele absolute obținute din Peștera Mare de la Cerișor și din Peștera Cauce sunt în ordine cronologică, cu cea mai veche valoare indicând Neoliticul târziu în ambele peșteri. Din Peștera Mare de la Cerișor, cărbunele datat a furnizat următoarele valori: $5,740 \pm 40$ B.P. (Neolitic târziu, Cultura Turdaș), $4,370 \pm 35$ B.P. (epoca cuprului, Cultura Coțofeni) și $3,490 \pm 35$ B.P. (epoca bronzului, Cultura Wietenberg). Pentru Peștera Cauce vârstele sunt $5,880 \pm 35$ B.P. și $5,867 \pm 34$ B.P. (Neolitic târziu, Cultura Turdaș), $5,034 \pm 30$ B.P. (epoca cuprului, Cultura

Hunyadihálom) și $3,626 \pm 30$ B.P. (epoca bronzului, Cultura Wietenberg). Rezultatele se corelează cu culturile/grupurile stabilite anterior de arheologi pe baza artefactelor. Vârstele absolute se corelează și cu alte valori din literatură. Informația despre paleohidroclimat a fost stabilită pe baza valorilor $\delta^{13}\text{C}$ din cărbunele arheologic. Paleohidroclimatul din intervalul cuprins între Neoliticul târziu și epoca bronzului a fost caracterizat de două episoade aride la $\sim 5,500$ cal B.P. și la $\sim 4,200$ cal B.P. și se corelează cu datele din alte arhive. La 4.2 ka Meghalayanul a început și este clar marcat în înregistrările din Peștera Mare de la Cerișor și din Peștera Cauce. Abordarea este nouă în România și este pretabilă pentru situri arheologice bogate în cărbune.

În ceea ce privește ceramica, olarii culturii *Turdaș* produceau vase semifine și grosiere decorate prin lustruire simplă. Populația prefera culori roșiatice pentru vase la arderea se desfășura în condiții oxidante. Populația *Foeni*, în ciuda cuptoarelor primitive, a produs cu succes ceramică cu efect blacked-topped, demonstrând o preocupare în ceea ce privește estetica vaselor și un oarecare control al atmosferei în structura de ardere. De asemenea, olarii erau experimentați în lustruirea vaselor, producând ceramică lustruită simplu sau cu model pentru un aspect mai atrăgător, dar și pentru că probabil cunoșteau rezistența sporită a vaselor lustruite. Cioburile *Coțofeni* formează un grup omogen, având aceeași compoziție și caracteristici tehnologice. Cioburile sunt decorate cu diverse motive utilizând tehnici precum lustruirea, incizarea și impresiunea realizate cu galeți, oase și/sau bețe specializate din lemn. Argila brută era bogată în Fe, illitică și săracă în K. Majoritatea cioburilor *Turdaș* au un degresant constând dintr-un material nisipos care apare în mod natural în argilă sau a fost adăugat intenționat. Olarii *Foeni* adăugau ocazional ceramoclaste pentru o mai bună plasticitate, dar degresantul era de obicei natural, fiind reprezentat de un material nisipos. În cazul populației *Coțofeni*, corpul ceramic este grosier și conține o cantitate mare de degresant reprezentat de nisip derivat dintr-un hinterland metamorfic. În contrast cu ceramica *Turdaș* și *Foeni*, ceramoclastele sunt abundente, demonstrând că reutilizarea vaselor ceramice vechi era o practică uzuală. Matricea ceramoclastelor arată o compoziție aproape identică cu cea a matricii ceramicii gazdă, indicând continuitatea folosirii aceleiași surse de argilă pentru o perioadă întinsă de timp.

Temperatura de ardere pentru ceramica *Turdaș* este sub 850 °C, cea a ceramicii *Foeni* este în jur de 850 °C și cea a ceramicii *Coțofeni* variază între ~ 800 și ~ 900 °C. Distribuția

neomogenă a temperaturii în structuri de ardere primitive și în cadrul peretelui ceramic sunt responsabile pentru existența acestei variații.

Ținând cont de compoziția cioburilor celor trei populații (cu rare fragmente carbonatice), se poate afirma că centrul de producție nu s-a aflat la peșteră, ci într-un loc unde materiile prime erau la îndemână. De asemenea, materiile prime determinate indică o continuitate a exploatarea unei surse pe o perioadă îndelungată de timp. În ceea ce privește centrul de producție, datorită lipsei urmelor unor structuri de ardere, se poate afirma că arderea s-a desfășurat în aer liber sau în cuptoare deschise care erau reconstruite în fiecare sezon.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ

- Aguilera M., Espinar C., Ferrio J.P., Pérez G., Voltas J. (2009): A map of autumn precipitation for the third millennium BP in the Eastern Iberian Peninsula from charcoal carbon isotopes. *Journal of Geochemical Exploration*, **102**, 157–165.
- Aguilera M., Ferrio J.P., Pérez G., Araus J.L., Voltas J. (2012): Holocene changes in precipitation seasonality in the western Mediterranean Basin: a multi-species approach using $\delta^{13}\text{C}$ of archaeobotanical remains. *Journal of Quaternary Science*, **27** (2), 192–202.
- Arnold D.E. (1988): Ceramic theory and cultural processes. Cambridge University Press, 279 p.
- Audiard B., They-Parisot I., Blasco T., Mogni C., Texier P.-J., Battipaglia G. (2019): Crossing taxonomic and isotopic approaches in charcoal analyses to reveal past climates. New perspectives in Paleobotany from the Paleolithic Neanderthal dwelling-site of La Combette (Vaucluse, France). *Review of Palaeobotany and Palynology*, **266**, 52–60.
- Baba M., Saito M. (2004): Experimental studies on the firing methods of black topped pottery in Predynastic Egypt. In: *Egypt at its origins: Studies in memory of Barbara Adams: Proceedings of the International Conference, 'Origin of the state: Predynastic and Early Dynastic Egypt', Kraków, 28th August–1st September 2002* (S. Hendrickx, R.F. Friedman, K.M. Ciałowicz, M. Chłodnicki, editors), pp. 575–589. *Orientalia Lovaniensia Analecta* 138, Peeters Publishing Leuven.
- Balintoni I. (1997): Geotectonics of the metamorphic terrains from Romania. Ed. Carpatica, Cluj-Napoca, 176 pp. (in Romanian).
- Balintoni I., Balica C., Ducea M.N., Stremțan C. (2011): Peri-Amazonian, Avalonian-type and Ganderian-type terranes in the South Carpathians, Romania: The Danubian domain basement. *Gondwana Research*, **19**, 945–957.
- Baton F., Nguyen Tu T.T., Derenne S., Delorme A., Delarue F., Dufraisse, A. (2017): Tree-ring $\delta^{13}\text{C}$ of archeological charcoals as indicator of past climatic seasonality. A case study from the Neolithic settlements of Lake Chalain (Jura, France). *Quaternary International*, **457**, 50–59.
- Bălan G., Quinn C.P., Hodgins G. (2016): The Wietenberg culture: periodization and chronology. *Dacia N.S.*, LX, 67-92.

- Berden G., Engeln R. (2009): Cavity Ring-down Spectroscopy: Techniques and Applications. Wiley, p. 344.
- Bertolino S.R., Fabra M. (2003): Provenance and ceramic technology of pot sherds from ancient Andean cultures at the Ambato valley, Argentina. *Applied Clay Science*, **24**, 21–34.
- Bințișan A. (2013): Arheologie experimentală. Arderea controlată în aer liber – o posibilă modalitate de obținere a efectului cromatic black-topped. *Buletinul Cercurilor Științifice Studențești*, **19**, 7–19.
- Bințișan A., Gligor M. (2016): Pottery kiln: A technological approach to Early Eneolithic black-topped production in Transylvania. *Studia Antiqua et Archaeologica*, **22**(1): 5–18.
- Bird M.I., Ascough P.L. (2012): Isotopes in pyrogenic carbon: A review. *Organic Geochemistry*, **42** (12), 1529–1539.
- Bojadžiev J. (1998): Radiocarbon dating from Southeastern Europe. In *James Harvey Gaul. In Memoriam* (Stefanovich M., Todorova H., Hauptmann H., eds.), vol. I, The James Harvey Gaul Foundation, Sofia, pp. 349-370.
- Boroffka N. (1995) Cultura Wietenberg/The Wietenberg Culture. In *Comori ale epocii bronzului din România/Treasures of the Bronze Age in Romania* (Stoica C., Rotea M., Boroffka N., eds.), București, pp. 274-276 (in Romanian)/pp. 280–281 (in English).
- Boroffka N. (2013) Romania, Moldova and Bulgaria. In: *The Oxford handbook of the European Bronze Age* (Harding A., ed.), Fokkens H. Oxford University Press, pp. 877–897.
- Boroneanț V. (2000): The archaeology of caves and mines from Romania (in Romanian). cIMeC, București, 325 p.
- Bräutigam A., Schlüter U., Eisenhut M., Gowik U. (2017): On the Evolutionary Origin of CAM Photosynthesis. *Plant Physiology*, **174** (2), 473–477.
- Broekmans T., Adriaens A. & Pantos E. (2004): Analytical investigations of cooking pottery from Tell Beydar (NE-Syria). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, **226**, 92–97.
- Bronk Ramsey C. (2017): Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets. *Radiocarbon*, **59**(6), 1809–1833.
- Bronk Ramsey C., Lee S. (2013): Recent and planned developments of the program OxCal. *Radiocarbon*, **55**(2-3), 720–730.
- Brugnoli E., Farquhar G.D., (2000): Photosynthetic fractionation of carbon isotopes. In *Photosynthesis: Physiology and Metabolism* (R.C. Leegood, T.D. Sharkey, S. von Caemmerer eds), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 399–434.
- Brummack S. (2015): New Radiocarbon Dates from Eastern Slovakia The Cases of Malé Raškovce and Barca Baloty. In *Neolithic and Copper Age between the Carpathians and the Aegean Sea: Chronologies and Technologies from the 6th to the 4th Millennium BCE: International Workshop Budapest 2012 (Volume 31 of Archäologie in Eurasien)* (Hansen S., Raczky P., Anders A., Reingruber A., eds.). Habelt Verlag, Bonn, pp. 1–19.
- Brummack S., Diaconescu D. (2015): A Bayesian Approach of the AMS data from the Great Hungarian Plain's Copper Age (in Romanian). *Analele Banatului, S.N., Arheologie – Istorie*, **XXIII**, 101–118.
- Busch K.W., Busch M.A. (1999): Cavity-ringdown Spectroscopy: an Ultratraceabsorption Measurement Technique. American Chemical Society, Washington, p. 269.
- Campbell J.W., Waters M.N., Rich F. (2017): Guano core evidence of palaeoenvironmental change and Woodland Indian inhabitation in Fern Cave, Alabama, USA, from the mid-Holocene to present. *Boreas*, **46** (3): 462–469.

- Cerling T.E., Harris J.M., MacFadden B.J., Leakey M.G., Quade J., Eisenmann V., Ehleringer J.R. (1997): Global vegetation change through the Miocene/Pliocene boundary. *Nature*, **389**, 153–158.
- Chirică N., Rănceanu V. (1976): Sub cerul purpuriu al Hunedoarei. Hunedoara, 224 p.
- Ciugudean H. (2000): The Late Eneolithic in Transilvania and Banat: the Coțofeni culture. Ed. Mirton, Bibliotheca Historica et Archaeologica Banatica Timișoara, 124 pp.
- Cleary D.M., Feurdean A., Tanțău I., Forray F.L. (2019): Pollen, $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{13}\text{C}$ guano-derived record of late Holocene vegetation and climate in the southern Carpathians, Romania. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **265**, 62–75.
- Cohen-Ofri I., Weiner L., Boaretto E., Mintz G., Weiner S. (2006): Modern and fossil charcoal: aspects of structure and diagenesis. *Journal of Archaeological Science*, **33**, 428–439.
- Constantin, S., Bojar, A.-V., Lauritzen, S.-E., Lundberg, J. (2007): Holocene and Late Pleistocene climate in the sub-Mediterranean continental environment: A speleothem record from Poleva Cave (Southern Carpathians, Romania). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **243**, 322–338.
- Coplen, T.B., 2011. Guidelines and recommended terms for expression of stable isotope-ratio and gas-ratio measurement results. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, **25**, 2538–2560.
- Cultrone G., Rodriguez-Navarro C., Sebastian E., Cazalla O., De la Torre M.J. (2001): Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing. *European Journal of Mineralogy*, **13**, 621–634.
- Deer W.A., Howie R.A., Zussman J. (1992): An Introduction to the Rock-Forming Minerals, 2nd edn. Pearson Prentice Hall, London, UK, 696 pp.
- Diaconescu D. (2014): About Turdaș Culture and its chronological position. *Analele Banatului, S.N., Arheologie-Istorie*, XXII, 69–90 (in Romanian).
- Diaconescu D., Tincu S. (2016): Considerații arheologice privind necropola tumulară de la Silvașu de Jos – „Dealul Țapului” (oraș Hațeg, jud. Hunedoara). *Analele Banatului, S.N., Arheologie – Istorie*, XXIV, 107–141.
- Dibble H.L., Berna F., Goldberg P., McPherron S.P., Mentzer S., Niven L., Richter D., Sandgathe D., Théry-Parisot I., Turq A. (2009): A Preliminary Report on Pech de l’Azé IV, Layer 8 (Middle Paleolithic, France). *PaleoAnthropology*, 2009, 182–219.
- Drașovean F. (2013): About some synchronisms from the late Neolithic and Early Eneolithic in Banat and Transilvania. A Bayesian approach of some absolute data previously published. *Analele Banatului, Arheologie – Istorie*, XXI, 11–34 (in Romanian).
- Drașovean F. (2004): Transilvania and the Banat in the Late Neolithic. The origins of the Petrești Culture. *Antaeus*, 27, 27–36
- Dufournier D. (1986): Analyse de la céramique, premiers résultats. In: *Saï 1 La nécropole Kerma* (B. Gratien, ed.), Éditions du CNRS, Paris, France, pp. 444–446.
- Enea-Giurgiu A., Ionescu C., Hoeck V., Tămaș T., Roman C. (2018): Eneolithic pottery from Southern Carpathians (Romania): An archaeometric study. XXI International Congress of the Carpathian Balkan Geological Association (CBGA), September 10–13, 2018, Salzburg (Austria). *Geologica Balcanica, Abstracts* (Neubauer F., Brendel U., Friedl G., eds.), p. 371.
- Enea-Giurgiu A., Ionescu C., Hoeck V., Tămaș T., Roman C. (2019): Overview of the ceramic technology from Late Neolithic to Copper Age in the Southern Carpathians, Romania.

- Presented at the 16th European Meeting on Ancient Ceramics, Barcelona. *Conference programme and abstracts*, p. 176.
- Fabbri B., Gualtieri S., Shoval S. (2014): The presence of calcite in archeological ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, **34**, 1899–1911.
- Farquhar G.D., Ehleringer J.R., Hubick K.T. (1989): Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **40**, 503–37.
- Farquhar G.D., Schulze E.-D., Koppers M. (1980): Responses to humidity by stomata of *Nicotiana glauca* L. and *Corylus avellana* L. are consistent with the optimization of carbon dioxide uptake with respect to water loss. *Australian Journal of Plant Physiology*, **7**, 315–327.
- Ferrio J.P., Alosno N., Lopez J.B., Araus J.L., Voltas J. (2006): Carbon isotope composition of fossil charcoal reveals aridity changes in the NW Mediterranean Basin. *Global Change Biology*, **12** (7), 1253–1266.
- Feurdean A., Vasiliev I. (2019): The contribution of fire to the late Miocene spread of grasslands in eastern Eurasia (Black Sea region). *Scientific Reports*, **9**, Article number 6750.
- Filipaș L., Bărbos M., Coldea Gh. (2013): A new syntaxon of fir forests (*Abies alba*) from South-Eastern Carpathians (Romania). *Contribuții Botanice*, **XLVIII**, 69–73.
- Florescu G., Brown K.J., Carter V.A., Kuneš P., Veski S., Feurdean A. (2019): Holocene rapid climate changes and ice-rafting debris events reflected in high-resolution European charcoal records. *Quaternary Science Reviews*, **222**, 105877.
- Forenbaher S. (1993) Radiocarbon dates and absolute chronology of the Central European Early Bronze Age. *Antiquity*, **67**, 218–256.
- Forray F. (1994): Formațiuni mezozoice din regiunea Nandru-Cherghes, Cluj-Napoca. Diplomă thesis, unpublished (in Romanian). Babes-Bolyai University Cluj-Napoca.
- Forray F.L., Onac B.P., Tanțau I., Wynn J.G., Tămaș T., Coroiu I., Giurgiu A.M. (2015): A Late Holocene environmental history of a bat guano deposit from Romania: an isotopic, pollen and microcharcoal study. *Quaternary Science Reviews*, **127**, 141–154.
- Freestone I.C., Middleton A.P., Meeks N.D. (1994): Significance of phosphate in ceramic bodies: discussion of paper by Bollong et al., *Journal of Archaeological Science*, **21**, 425–426.
- Hladilová Š., Zágöršek K., Ziegler V. (2004): Middle Miocene gastropod shell with epifauna from the locality Buituri (Transylvanian Basin, Romania). *Fragmenta Palaeontologica Hungarica*, **22**, 99–105.
- Gheorghiu C. (1954): Geological study of the Mureșului Valley between Deva and Dobra. *Anuarul Comitetului Geologic*, **27**, 78-174.
- Giurgiu, A., Ionescu, C., Hoeck, V. (2016a): Grog-tempered Copper Age pottery in Southern Carpathians (Romania): technological choice or just a happening? Book of Abstracts, 8-Mid European Clay Conference, 4-8 July 2016, Košice, Slovakia, p. 189, ISBN 978-80-972288-0-4.
- Giurgiu A., Ionescu C., Hoeck V., Tămaș T., Roman C. (2016b): Technological constraints for Late Neolithic pottery found in the Southern Carpathians (Romania). Book of abstracts, 2nd European Mineralogical Conference, 11-15 September 2016, Rimini, Italy, p. 709.
- Giurgiu A., Ionescu C., Tămaș T., Hoeck V., Roman C. (2017a): Copper Age ceramics from the Cerișor Cave (Southern Carpathians, Romania). *Proceedings of the 17th International*

- Congress of Speleology, vol. 1 (Ed. 2) (K. Moore, S. White, eds.), p. 15, ISBN 978-0-9588857-0-6.*
- Giurgiu A., Ionescu C., Hoeck V., Tămaş T., Roman C., Crandell O. (2017b): Insights into the raw materials and technology used to produce Copper Age ceramics in the Southern Carpathians (Romania). *Archaeological and Anthropological Sciences*, **9** (6), 1259–1273.
- Giurgiu A., Ionescu C., Hoeck V., Tămaş T., Roman C. (2019): An archaeometric study of early Copper Age pottery from a cave in Romania. *Clay Minerals*, **54** (3), 255–268.
- Gligor M. (2008): Contributions to the repertory of the discovered belonging to Foeni group of Romania. *Patrimonium Apulense*, **VII-VIII**, 11–18.
- Gligor M. (2009): The Neolithic and Eneolithic settlement from Alba Iulia – Lumea Nouă in the focus of recent research. *Ed. Mega, Cluj-Napoca*, 487 pp. (in Romanian).
- Gligor M. (2014): The beginnings of the Early Eneolithic in Transylvania: a Bayesian approach. *Analele Banatului*, **XXII**, 91–105 (in Romanian).
- Grapes R. (2011): Pyrometamorphism, 2nd edn. *Springer, Berlin-Heidelberg*, 365 p.
- Grifa C., Cultrone G., Langella A., Mercurio M., De Bonis A., Sebastián E., Morra V. (2009): Ceramic replicas of archaeological artefacts in Benevento area (Italy): petrophysical changes induced by different proportions of clays and temper. *Applied Clay Science*, **46**, 231–240.
- Grootes P.M, Stuiver M. (1997): Oxygen 18/16 variability in Greenland snow and ice with 10-3 to 10-5-year time resolution. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, **102**(C12), 26455–26470.
- Gualtieri A.F., Ferrari S. (2006): Kinetics of illite dehydroxylation. *Physics and Chemistry of Minerals*, **33**, 490–501.
- Guggenheim S., Chang Y.H., van Gross K.A.F. (1987): Muscovite dehydroxylation: high-temperature studies. *American Mineralogist*, **72**, 537–550.
- Hall G., Woodborne S., Scholes M. (2008): Stable carbon isotope ratios from archaeological charcoal as palaeoenvironmental indicators. *Chemical Geology*, **247**, 384–400.
- Heimann R. (2017): X-Ray Powder Diffraction (XRPD). In: *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (Hunt A. ed.), Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 327–341.
- Hendrickx S., Friedman R., Loyens F. (2000): Experimental archaeology concerning black-topped pottery from Ancient Egypt and the Sudan. *Cahiers de le Céramique Egyptienne*, **6**, 171–187.
- Hunt A.M. (2017): Introduction to the Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis. In: *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (Hunt. A, ed), Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 3-6.
- Iancu V., Berza T., Seghedi A., Gheuca I., Hann H.P. (2005a): Alpine polyphase tectono-metamorphic evolution of the South Carpathians: A new overview. *Tectonophysics*, **410**, 337–365.
- Iancu V., Berza T., Seghedi A., Mărunţiu M. (2005b): Palaeozoic rock assemblages incorporated in the South Carpathian alpine thrust belt (Romania and Serbia): A review. *Geologica Belgica*, **8** (4), 48–68.
- Ionescu C., Ghergari L. (2007): Caracteristici mineralogice si petrografice ale ceramicii romane din Napoca. In *Ceramica romană din Napoca* (V. Rusu-Bolindeţ, ed.). Editura Mega Cluj-Napoca, *Biblioteca Mvsei Napocensis*, **XXV**, 434–462.

- Ionescu C., Fischer C., Hoeck V., Lüttge A. (2019): Discrimination of ceramic surface finishing by vertical scanning interferometry. *Archaeometry*, **61** (1), 31–42.
- Ionescu C., Hoeck V. (2011): Firing-induced transformations in Copper Age ceramics from NE Romania. *European Journal of Mineralogy*, **23**(6), 937–958.
- Ionescu C., Hoeck V. (2017): Electron Microprobe Analysis (EMPA). In: *The Oxford Handbook of Archaeological Ceramic Analysis* (Hunt A., ed.), Oxford University Press, pp. 288–304.
- Ionescu C., Hoeck V. (2020): Ceramic technology. How to investigate ceramic surface finishing. In Gliozzo E. (ed), *Ceramics: Research questions and answers. Archaeological and Anthropological Sciences* <https://doi.org/10.1007/s12520-020-01144-9>.
- Ionescu C., Hoeck V., Crandell O.N., Šaric K. (2015): Burnishing versus smoothing in ceramic surface finishing: A SEM study. *Archaeometry*, **57** (1), 18–26.
- Ionescu C., Hoeck V., Ghergari L. (2011): Electron microprobe analysis of ancient ceramics: A case study from Romania. *Applied Clay Science*, **53** (3), 466–475.
- Kacsó C (2004): *Mărturiile arheologice*, Ed. Nereamia Napocae, Baia Mare, 211 p.
- Kacsó C. (2015): Repertoriul arheologic al județului Maramureș, Volumul I, 2nd ed., Ed. Ethnologica, 653 p.
- Kanthilatha N. (2016): Sediments as artefacts: geoarchaeological study of prehistoric sediments in Northwest Thailand. *PhD Thesis*, Southern Cross University, Lismore, NSW, 325 p.
- Karkanis P., Goldberg P. (2019): Reconstructing archaeological sites. Understanding the geoarchaeological matrix. John Wiley & Sons, 279 p.
- Kohn M.J. (2010): Carbon isotope compositions of terrestrial C₃ plants as indicators of (paleo)ecology and (paleo)climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **107**, no. 46, 19691–19695.
- Kohn M.J. (2016): Carbon isotope discrimination in C₃ land plants is independent of natural variations in pCO₂. *Geochemical Perspectives Letters*, **2**, 35–43.
- Krull E.S., Skjemstad J.O., Graetz D., Grice K., Dunning W., Cook G., Parr J. F. (2003): ¹³C-depleted charcoal from C₄ grasses and the role of occluded carbon in phytoliths. *Organic Geochemistry*, **34** (9), 1337–1352.
- Lazarovici C.M., Lazarovici G. (2007): The architecture of the Neolithic and Copper Age period in Romania. The Copper Age period, Trinitas, Iași, pp. 399–482.
- Livingstone Smith A. (2001): Bonfire II: The Return of Pottery Firing Temperatures. *Journal of Archaeological Science*, **28**, 991–1003.
- Luca S.A. (2001): Așezări neolitice pe valea Mureșului (II). Noi cercetări arheologice la Turdaș-Luncă. *Campaniile anilor 1992-1995*. În: BMA 17. București, 210 p.
- Luca S.A. (2009): Issues in defining the Foeni-Mintia Cultural-Group in Transylvania. In *Itinera Praehistorica. Studia in honorem magistri Nicolae Ursulescu quinto et sexagesimo anno* (V. Cotiugă, F.A. Tencariu, G. Bodi, eds.), Ed. Universității “A. I. Cuza” Iași, pp. 199–210.
- Luca S.A., Roman C., Diaconescu D. (2004): Archaeological research in Cauce Cave, vol. I., Ed. Economică, 288 pp. (in Romanian).
- Maggetti M. (1982): Phase analysis and its significance for technology and origin. In *Archaeological ceramics* (Olin JS, Franklin AD eds). Smithsonian Institute Press, Washington D.C., pp. 121–133.
- Maggetti M. (2001): Chemical analyses of ancient ceramics: What for?, *Chimia*, **55**, 923–930.
- Maggetti M., Neururer C., Ramseyer D. (2011): Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing. *Applied Clay Science*, **53**, 500–508.

- Manzoni S., Vico G., Katul G., Fay P.A., Polley W., Palmroth S., Porporato A. (2011): Optimizing stomatal conductance for maximum carbon gain under water stress: a meta-analysis across plant functional types and climates. *Functional Ecology*, **25**, 456–467.
- Margaritelli G., Vallefucio M., Di Rita F., Capotondi L., Bellucci L.G., Insinga D.D., Petrosin, P., Bonomo S., Cacho I., Cascella A., Ferraro L., Florindo F., Lubritto C., Lurcock P.C., Magri D., Pelosi N., Rettori R., Lirer F. (2016): Marine response to climate changes during the last five millennia in the central Mediterranean Sea. *Global Planetary Change*, **142**, 53–72
- Marincaș V., Nuțu A., Gheorghită C. (1969): Moluște tortoniene de la Popești-Hunedoara, în colecția Muzeului Județean Deva. *Sargetia*, **VI**, 213–221.
- Maritan L. (2004): Archaeometric study of Etruscan–Padan type pottery from the Veneto region: petrographic, mineralogical and geochemical-physical characterization. *European Journal of Mineralogy*, **16**, 297–307.
- Maritan L., Angelini I., Artioli G., Mazzoli C., Saracino M. (2009): Secondary phosphates in the ceramic materials from Frattesina (Rovigo, north-eastern Italy). *Journal of Cultural Heritage*, **10**, 144–151.
- Masi A., Sadori L., Baneschi I., Siani A.M., Zanchetta G. (2012): Stable isotope analysis of archaeological oak charcoal from eastern Anatolia as a marker of mid-Holocene climate change. *Plant Biology*, **15**, 83–92.
- Masi A., Sadori L., Baneschi I., Siani A.M., Zanchetta G. (2013): Stable isotope analysis of archaeological oak charcoal from eastern Anatolia as a marker of mid-Holocene climate change. *Plant Biology*, **15**, 83–92.
- Mavridis F., Jensen J. T., Kormazopoulou L. (2013): Introduction. Stable spaces and changing perception: cave archaeology in Greece. In *Stable Places and Changing Perceptions: Cave Archaeology in Greece* (Mavridis F., Jensen J.T. eds.), British Archaeological Reports International, pp. 1–16.
- Mazzucato E., Artioli G., Gualtieri A. (1999): High temperature dehydroxylation of muscovite-2M₁: a kinetic study by in situ XRPD. *Physics and Chemistry of Minerals*, **26**, 375–381.
- Medeghini L., Nigro L. (2017): Khirbet al-Batrawy ceramics: a systematic mineralogical and petrographic study for investigating the material culture. *Periodico di Mineralogia*, **86**, 19–35.
- Meldau R., Robertson H.S. (1953): Thermal decomposition of dolomite. *Nature*, **172**, 998–999.
- Mentzer S.M. (2017): Rockshelter settings. In: *Encyclopedia of Geoarchaeology* (Gilbers A. ed). Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht, pp. 725–743.
- Mercader J., Garcia-Heras M., Gonzalez-Alvarez I. (2000): Ceramic tradition in the African forest: characterisation analysis of ancient and modern pottery from Ituri, D.R. Congo. *Journal of Archaeological Science*, **27**, 163–182.
- Micu D.M., Dumitrescu A., Cheval S., Birasn M.-V. (2015): Conclusions. In: *Climate of the Romanian Carpathians*. Springer Atmospheric Sciences. Springer, Cham, pp. 207–210.
- Molera J., Pradell T., Vendrell-Saz M. (1998): The colours of Ca-rich ceramic pastes: origin and characterization. *Applied Clay Science*, **13**, 187–202.
- Murad E., Wagner U. (1996): The thermal behavior of an Fe-rich illite. *Clay Minerals*, **31**, 45–52.
- Mureșan M., Mureșan G., Kräutner H.G. (1980): *Geological map of Romania, 1:50000, Hunedoara Sheet*. Geological and Geophysical Institute, Bucharest.

- Nemes D.F. (1888): Ujabb adatok a bujturi mediterrán rétegek faunájának ismeretéhez. *Orv. terta. tud. Értesítő.*, **XIII**, 19–32.
- Nodari L., Marcuz E., Maritan L., Mazzoli C., Russo U. (2007): Hematite nucleation and growth in the firing of carbonate-rich clay for pottery production. *Journal of the European Ceramic Society*, **27**, 4665–4673.
- O’Leary M.H., Madhavan S., Paneth P. (1992): Physical and chemical basis of carbon isotope fractionation in plants. *Plant, Celt and Environment*, **15**, 1099–1104.
- Onac B.P., Constantin S., Lundberg J., Lauritzen S.-E. (2002): Isotopic climate record in a Holocene stalagmite from Urşilor Cave (Romania). *Journal of Quaternary Science*, **17**(4), 319–327.
- Onac B.P., Forray F.L., Wynn J.G., Giurgiu A.M. (2014): Guano-derived $\delta^{13}\text{C}$ -based paleohydroclimate record from Gaura cu Muscă Cave, SW Romania. *Environmental Earth Sciences*, **71**, 4061–4069.
- Osmond C.B., Allaway W.G., Sutton B.G., Troughton J.H., Queiroz O., Liittge U., Winter K. (1973): Carbon isotope discrimination in photosynthesis of CAM plants. *Nature*, **246**, 41–42.
- Perry C.A., Hsu, K.J. (2000): Geophysical, archaeological, and historical evidence support a solar-output model for climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **97**(23), 12433–12438.
- Poole I., Braadbaart, F., Boon J.J., van Bergen P.F. (2002): Stable carbon isotope changes during artificial charring of propagules. *Organic Geochemistry*, **33**, 1675–1681.
- Quinn P., Day P.M. (2007): Ceramic micropalaeontology: the analysis of microfossils in ancient ceramics. *Journal of Micropalaeontology*, **26**, 159–168.
- Raczky P., Siklósi Z. (2013): Reconsideration of the Copper Age chronology of the eastern Carpathian Basin: a Bayesian approach. *Antiquity*, **87**, 555–573.
- Rat’ko A.I., Ivanets A.I., Kulak A.I., Morozov E.A., Sakhar I.O. (2011): Thermal decomposition of natural dolomite. *Inorganic Materials*, **47**(12), 1372–1377.
- Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Hafliðason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T.J., Hoffmann D.L., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Staff R.A., Turney C.S.M., van der Plicht J. (2013): IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55** (4), 1869–1887.
- Roman P. (1976): The Coţofeni culture. *Biblioteca de Arheologie*, **XXVI**, Editura Academiei Bucharest, 215 pp.
- Roman C., Diaconescu D., Luca S.A. (2000): Archaeological research in Cerişor Cave No. 1 (Great Cave) (Leleşe village, Hunedoara County). *Acta Musei Corvinensis*, **6**, 7–59 (in Romanian).
- Rodriguez-Navarro A., Cultrone G., Sanchez-Navas A., Sebastian E. (2003): TEM study of mullite growth after muscovite breakdown. *American Mineralogist*, **88**, 713–724.
- Rusu A. (1998): Marcus Statius Priscus la Germisara. *Sargetia*, **XXI-XXIV** (1988–1991), 653–656.
- Rutter J.B. (1975): Ceramic evidence for northern intruders in Southern Greece at the beginning of the Late Helladic IIIC Period. *American Journal of Archaeology*, **79**(1), 17–32. <https://doi.org/10.2307/503336>

- Schirrmacher J., Kneisel J., Knitter D., Hamer W., Hinz M., Schneider R.R., Weinelt M. (2020): Spatial patterns of temperature, precipitation, and settlement dynamics on the Iberian Peninsula during the Chalcolithic and the Bronze Age. *Quaternary Science Reviews*, **233**, 106220.
- Scott A.C., Damblon F. (2010): Charcoal: Taphonomy and significance in geology, botany and archaeology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **291**, 1–10.
- Shepard A.O. (1956): *Ceramics for the Archaeologist*. Carnegie Institute, Washington, DC, USA, 414 pp.
- Silva L.C., Horwath W.R. (2013): Explaining global increases in water use efficiency: why have we overestimated responses to rising atmospheric CO₂ in natural forest ecosystems? *PLoS ONE*, **8** (1), e53089.
- Spasić M. (2010): Coțofeni communities at their southwestern frontier and their relationship with Kostolac population in Serbia. *Dacia N.S.*, **54**, 157–175.
- Sztanacs D.M., Beldiman C., Ciută M.M. (2005): Podoabe din materii dure animale aparținând culturii Coțofeni descoperite recent în Transilvania. *Revista Bistriței*, **XIX**, 31–49.
- Tanțău I., Reille M., de Beaulieu J.-L., Fărcaș S. (2006): Late Glacial and Holocene vegetation history in the southern part of Transylvania (Romania): pollen analysis of two sequences from Avrîg. *Journal of Quaternary Science*, **21**, 49–61.
- Tanțău I., Grindean R., Panit A., Diaconu A., Fărcaș S. (2016): Paleoenvironmental reconstructions since 5000 BC. In *Landscape Archaeology on the Northern Frontier of the Roman Empire at Porolissum* (Opresanu C.H., Lăzărescu V.-A., eds.). pp. 153–164.
- Thér R. (2004): Experimental pottery firing in closed firing devices from the Neolithic – Hallstatt period in Central Europe. *EuroREA*, **1**, 35–82.
- Thér R. (2014): Identification of pottery firing structures using the thermal characteristics of firing. *Archaeometry*, **56**, 78–99.
- Tincu S. (2015): The archaeological researches from Hunedoara. Considerations regarding cultural and chronological framing of the discoveries (in Romanian). *Analele Banatului, S.N., Arheologie – Istorie*, **XXIII**, 63–87.
- Tiwari M., Singh A.K., Sinha D.K. (2015): Stable Isotopes: Tools for understanding past climatic conditions and their applications in chemostratigraphy. In *Chemostratigraphy, Concepts, Techniques, and Applications* (Ramkumar M., ed.), Elsevier, pp. 65–92.
- Trindade M.J., Dias M.I., Coroado J., Rocha F. (2009): Mineralogical transformations of calcareous rich clays with firing: a comparative study between calcite and dolomite rich clays from Algarve, Portugal. *Applied Clay Science*, **42**, 345–355.
- Turekian V.C., Macko S., Ballentine D., Swap R.J., Garstang M. (1998): Causes of bulk carbon and nitrogen isotopic fractionations in the products of vegetation burns: laboratory studies. *Chemical Geology*, **152**, 181–192.
- Turney C.S.M., Wheeler D., Chivas A.R. (2006): Carbon isotope fractionation in wood during carbonization. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **70**, 960–964.
- Van Klinken G.J., Van Der Plicht H., Hedges R.E.M. (1994): Bond ¹³C/¹²C ratios reflect (palaeo-)climatic variations. *Geophysical Research Letters*, **21** (6), 445–448.
- Velde B., Druc C.I. (1999): *Archaeological Ceramic Materials. Origin and Utilization*. Springer, Berlin, Germany, 299 pp.
- Wagner T., Magill C.R., Herrle J.O. (2018): Carbon Isotopes. In: *Encyclopedia of Geochemistry* (W.M. White ed.), Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham, pp. 194–204.

- Weiss H. (2016): Global megadrought, societal collapse and resilience at 4.2-3.9 ka BP across the Mediterranean and west Asia. *Pages Magazine*, **24** (2), 62–63.
- Wentworth C.K. (1922): A scale of grade and class terms for clastic sediments. *The Journal of Geology*, **30** (5), 377–392.
- Zágoršek K., Silye L., Szabó B. (2008): New Bryozoa from the Sarmatian (Middle Miocene deposits of the Cerna-Strei Depression, Romania). *Studia Universitatis Babeș-Bolyai, Geologia*, **53** (1), 25–29.

Websites:

www.carpatclim-eu.org