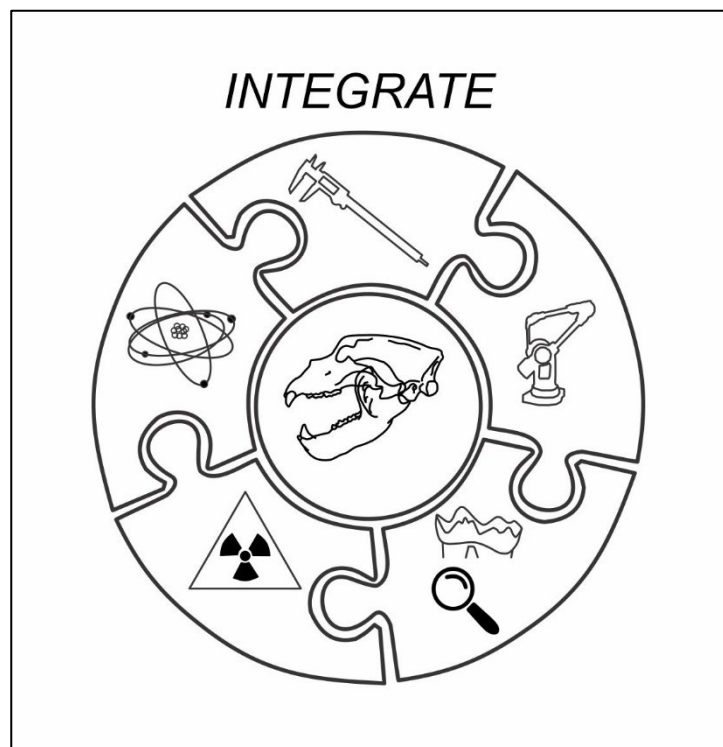


RAPORT ȘTIINȚIFIC FINAL

Paleoecologia și extincția mamiferelor mari din Stadiile Izotopice 3-1 din Carpații Românești: o abordare integrativă



ECHIPA PROIECTULUI

Dr. Marius Robu

Dr. Ionuț-Mirea Cornel

Dr. Luchiana-Maria Faur

Dr. Alexandru Petculescu

Dr. Marius Vlaicu

COLABORATORI

Dr. Florent Rivals (ES)

Dr. Nimrod Marom (IL)

Dr. Carlo Meloro (UK)

Dr. Meirav Meiri (IL)

Dr. Sébastien Olive (BE)

Dr. Jeremy E. Martin (FR)

Dr. Laura Tîrlă (RO) Dr. Ștefan Vasile (RO)

Dr. Vlad Codrea (RO)

Dr. Mateusz Baca (PL)

Dr. Adrian Doboș (RO)

Dr. Laurențiu Angheluță (RO)

Dr. Wei Chu (NL)

Cuprins:

1. Obiective/Rezultate prevăzute	3
2. Metodologia integrativă de documentare.....	3
2.1 Inventarul specimenelor analizate.....	3
2.2 Fotogrammetrie.....	3
2.3 Morfometrie geometrică	3
2.4 Numărul Minim de Indivizi (MNI).....	3
2.5 Rația sexelor	4
2.6 Stadiile de uzură dentară	4
2.7 Analiza micro-uzurii dentare.....	4
2.8 Biocronologia.....	4
2.9 Osteometrie	4
2.10 Prelevare probe os.....	5
3. Rezultate.....	5
3.1 Fotogrammetrie.....	5
3.2 Analiza micro-uzurii dentare	7
3.3 Izotopi stabili.....	11
3.3.1 Izotopi stabili clasici ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$)	11
3.3.2 Izotopi stabili ne-tradiționali ($\delta^{44/42}\text{Ca}$).....	14
3.4 Morfometrie geometrică.....	15
3.5 Osteometrie	15
3.6 Radiocarbon	16
4. Realizarea metodei integrative cercetare.....	17
5. Cercetări convergente (în marja INTEGRATE).....	20
5.1 Ecologie și poluare antropică în Holocen.....	20
5.2 Oscilații climatice	21
5.3 Analize <i>mtADN</i>	22
6. Impactul rezultatelor obținute.....	23
6.1 Publicații	23
6.2 Conferințe/Simpozioane	23
6.2 Publicații în curs de realizare (în cadrul INTEGRATE).....	24
7. Website INTEGRATE: https://www.eriis-integrate.com/	25

1. Obiective/Rezultate prevăzute

Obiectivele proiectului INTEGRATE au fost:

Obiectivul 1: Reconstrucția profilului de alimentare ale mamiferelor MIS 3-1 prin explorarea potențialului de combinare a sistemelor de izotopi stabili tradiționali și netradiționali, mezo/micr-uzură dentară, morfometrie geometrică și analize osteometrice. **Realizat ✓**

Obiectivul 2: Explorarea utilizării izotopilor stabili ai oxigenului (pe resturi faunistice), în reconstrucțiile paleoclimatice. **Realizat ✓**

Obiectivul 3: Evaluarea cadrului cronologic al paleopopulațiilor studiate și dispariția lor din Carpații României prin metoda radiocarbonului (AMS ^{14}C). **Realizat ✓**

Obiectivul 4: Elaborarea unei metodologii integrative pentru evaluarea paleoecologiei și paleoclimatologiei pentru paleopopulațiile studiate. **Realizat ✓**

Alte obiective, neprevăzute dar realizate sau în curs de realizare: 5) Realizarea și consolidarea unei rețele de cercetare europene, cu interes extins, extra-carpatic și 6) Îmbogățirea colecției paleontologice a ISER, cu probe de fosile de vârstă Pleistocen superior-Holocen, din țările vecine (Republica Moldova, Bulgaria, România), cu interes pentru extinderea acesteia, în viitor (Ungaria, Ucraina, Grecia și Croația).

2. Metodologia integrativă de documentare

Unul dintre aspectele inovatoare, asumate, al proiectului INTEGRATE, a fost acela de a realiza o metodologie și un protocol sistematic de lucru în vederea documentării și prelevării specimenelor fosile ce urmează a fi analizate. Această metodologie presupune trecerea graduală de la o documentare non-invazivă (e.g., scanare, fotografiere) către o prelevare invazivă (e.g., tăierea de probe de os pentru analize de izotopi stabili, radiocarbon sau ADN). Această metodologie a fost aplicată sau este în curs de aplicare pentru numeroase situri atât din România cât și din străinătate (Republica Moldova, Bulgaria și Serbia). Această metodologie a presupus parcurgerea următoarelor etape: inventarul specimenelor analizate, fotogrammetrie, morfometrie geometrică, MNI, rația sexelor, stadiile de uzură, biocronologie, micro-uzură dentară, osteometrie, prelevare probe os.

2.1 Inventarul specimenelor analizate. Acestea au fost caracterizate în baza următorilor parametri: Nr. Crt., Nr. Lab., Nr. Inventar, Nr. IPHES, Sit, Localitate, Sondaj/Săpătură, Nivel/Orizont stratigrafic, Tip specimen/os, Specie, Parte, Sex, Vârstă, Grad de uzură (dentară), Tafonomie, Probe prelevate (tăiate), Foto, Colecție, Observații.

2.2 Fotogrammetrie. Specimenele analizate/investigate, au fost integral documentate fotografic, la mare rezoluție, în vederea realizării modelelor tridimensionale. Tehnicile de scanare ale acestor specimene sunt foarte utile pentru conservarea, fie ea și digitală, a fosilelor. Până în momentul de față, au fost scanate circa 65 de mandibule complete de urs de peșteră (*U. spelaeus*), din colecția Institutului de Speologie "Emil Racoviță" al Academiei Române (ISER). Este cel mai mare număr de fosile de urs de peșteră scanate din istoria cercetării acestei specii.

2.3 Morfometrie geometrică. Această etapă a presupus fotografierea la mare rezoluție a suprafeței ocluzale a molarilor inferiori (m_1 - m_3), situați în ramusul mandibular al mamiferelor fosile analizate. Practic, fiecare mandibulă a fost fotografiată de trei ori, din trei unghiuri diferite, pentru a putea fi realizată o imagine tridimensională. Ulterior, imaginile au fost procesate într-un soft dedicat, morfologia de detaliu a suprafețelor de masticție fiind analizată în vederea obținerii de informații calitative și cantitative (privitor la paleodieta indivizilor investigați).

2.4 Numărul Minim de Indivizi (MNI). MNI reprezintă o metodă specifică tafonomiei, ce estimează dimensiunea numerică a unei populații pe baza cuantificării ocurenței numărului de specimene unice, din cadrul unui sistem scheletic (ex. caninul superior stânga). În măsura disponibilității colecțiilor investigate, am analizat atât caninii inferiori și superiori, cât și secvența dentară cuprinsă între premolarul 4 și molarul 3 (p_4 , m_1 , m_2 și m_3).

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

2.5 Rația sexelor. Această metodă tafonomică a determinat raportul sexelor (femele vs. masculi), pentru populațiile de urs de peșteră investigate, prin analiza caninilor (superiori și inferiori). Este cunoscut faptul că aceste specimene ale scheletului ursidelor prezintă un dimorfism sexual pronunțat și reprezintă un criteriu de diagnostic pentru diferențierea pe sexe (masculii prezintă dinemsiuni mai mari și o morfologie aparte comparativ cu femelele). Acest parametru este o sursă importantă de informație paleoecologică, având chiar implicații etologice la nivelul populației și chiar indivizilor.

2.6 Stadiile de uzură dentară. Stadiile Stinner reprezintă o metodă tafonomică de analiză a macro-uzurii suprafeței ocluzale pentru indivizii analizați. Există nouă trepte de uzură dentară a ursidelor (I – IX) care sunt corelate cu vârsta (grupele I-III: juvenili; IV-VII: adulți; VIII-IX: senili). În urma acestei analize au fost obținute rezultate privitor la curba mortalității populațiilor analizate și a grupelor de vârstă prezente în siturile investigate. Acolo unde a fost posibil au fost analizați molarii inferiori m_1 , m_2 și m_3 , de pe ambele părți (dreapta și stânga), generându-se șase grafice ale curbei de mortalitate pentru fiecare sit (populație). O altă reprezentare grafică foarte importantă pentru stabilirea categoriilor de vârstă și a tipologiei populațiilor de mamifere fosile analizate sunt graficele tripolare care au fost deasemenea utilizate în cadrul acestui studiu.

2.7 Analiza micro-uzurii dentare. Analizele de micro-uzură dentară furnizează informații despre paleodieta ursului de peșteră. Felul în care arată suprafața dinților (planul ocluzal), la nivel microscopic, este determinant pentru înțelegerea tipologiei alimentelor ingerate în ultimele luni de viață a animalului. Formele microscopice analizate sunt zgârieturile fine și grosiere de pe suprafața molarilor: caracteristici alungite și înguste, care pot fi clasificate fie ca fine (caracterizate prin urme înguste și superficiale), fie ca grosiere (distinge prin semne mai largi și mai adânci). Numărul de microdepresiuni mici și mari: forme circulare sau semicirculare cu lungime și lățime similare. Ele pot fi clasificate fie ca mici, care se caracterizează prin a fi superficiale și care apar ca puncte strălucitoare, strălucitoare, albe, sau mari, care sunt mai largi și mai adânci, reflectând mai puțină lumină. Scorul lățimii zgârieturilor (SWS), care a fost evaluat dând un scor de 0 suprafețelor de smalț cu zgârieturi predominant fine, un scor de 1 suprafețelor cu un amestec de zgârieturi grosiere și fine și un scor de 2 suprafețelor cu zgârieturi predominant grosiere. zgârieturi. De asemenea, am cuantificat numărul de urme de perforare (morfologie asemănătoare craterului foarte adânc și simetric, cu margini regulate) și numărul de crestături (în formă de crater, dar cu margini neregulate).

2.8 Biocronologia. Această metodă tafonomică aplicată speciilor analizate, în special speciei *U. spelaeus*, poate fi stabilită prin utilizarea mai multor tehnici. Ea vizează stabilirea, cu un grad destul de larg de precizie, a vârstei absolute a populației studiate și a gradului de evoluție morfologică. Cea mai răspândită tehnică/metodă biocronologică este Indexul morfodinamic al premolarului patru (p_4^4). Aceasta cuantifică gradul de molarizare a premolarului patru (superior și inferior) al urșilor de peșteră, exprimat sub forma unui indice care, standardizat cu populația de referință, ne indică de o manieră generală, gradul de evoluție morfologică a unei populații. Mai mult, rezultatul obținut, pus într-un context mai larg, cu alte situri/populații analizate, ne poate indica vârsta relativă pentru populația studiată. De obicei, aceste analize completează vârstele de radiocarbon obținute pentru speciile studiate. Mai mult, în funcție de disponibilitatea speciilor analizate, am completat informațiile livrate de utilizarea metodei indicelui morfodinamic la p_4 cu alți doi indici biocronologici aplicați pe metatarsienele ursidelor (Indicele K și Indicele de Robustețe).

2.9 Osteometrie. În cadrul acestei metode am efectuat măsurătorile osteometrice pe mandibulele de *Ursus spelaeus* și faună asociată. Peste 100 de mandibule, din colecția ISER, din peșterile Urșilor, Muierilor, Ponor Plopa, Onceasa, La Adam și Bisericuța, ce aparțin speciilor *U. spelaeus* și *U. arctos*, au fost măsurate din punct de vedere osteometric. Protocolul utilizat de noi este cel publicat de Tsoukala & Grandal-D'Anglade (2002), pentru speciile de urs fosil. Acest protocol prevede, pentru mandibulele analizate, un număr de circa 90 de măsurători (30 pentru mandibulă și 56 pentru dinți). Am utilizat șublere atât analogice, cât și electronice

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

(acuratețe de 0,02 mm). Demersul a vizat obținerea de informații privitoare la paleoecologia speciilor analizate. De asemenea, toate mandibulele complete, caninii și molarii din colecțiile vizitate (R. Moldova, Bulgaria și Serbia) au fost măsurate conform protocolului amintit și au fost integrate în baza de date a proiectului.

2.10 Prelevare probe os. În perioada proiectului au fost prelevate circa 600 de probe de os mandibular, aparținând atât urșilor de peșteră, cât și speciilor de mamifere asociate, din depozite carstice, din situri localizate în România, Republica Moldova, Bulgaria și Serbia. Prelevarea s-a făcut prin tăiere mecanică, cu un instrument de tip BOSCH DREMEL 3000, cu disc diamantat. Între fiecare probare, protocolul a prevăzut sterilizarea suprafețelor de tăiere, a discului diamantat, a dremelului și curățarea echipamentului de protecție. Aceste probe au fost selectate pentru diferite analize (radiocarbon, izotopi stabili, ADN), ca parte finală a protocolului integrat de documentare și probare a speciilor fosile. Pentru conservarea colagenului din probe, acestea au fost depozitate în frigider, la o temperatură de cuprinsă între 4–6°C.

Această metodologie de documentare și protocol sistematic de lucru vor fi subiectul unui studiu pe care dorim să îl publicăm într-un orizont realist de maxim doi ani.

3. Rezultate

3.1 Fotogrammetrie

În cercetările de paleoecologie, utilizarea metodelor precum analiza izotopilor stabili, datările cu radiocarbon sau analizele ADN necesită o anumită cantitate de țesut osos din speciile studiate. Modificarea unei probe pentru/prin prelevarea de țesut poate afecta potențialul de studiu ulterior. În ultimii ani, documentarea *la distanță* s-a dovedit a fi o metodă eficientă pentru a reduce riscul de deteriorare ireversibilă a speciilor (Lautenschlager, 2016). Prin intermediul paleontologiei virtuale, se pot crea reprezentări digitale ale formei și structurii fosilelor, păstrându-le starea și contextul original. Fotogrammetria și scanarea cu laser sunt printre cele mai utilizate metode pentru a obține modele digitale tridimensionale extrem de precise și detaliate ale fosilelor.

Proiectul INTEGRATE a fost conceput pentru a investiga paleoecologia și extincția mamiferelor mari din Stadiile Izotopice 3-1 din Carpații Românești. În cadrul proiectului au fost folosite o serie de metode, unele dintre ele non-invazive (cum ar fi morfologia, osteometria și analizele de microuzură dentară), dar și metode distructive (cum ar fi datările cu radiocarbon, analizele ADN sau izotopice) care au implicat tăierea probelor osoase ale hemi-mandibulelor.

Prin urmare, pentru a conserva și a crește valoarea științifică a fosilelor investigate, înainte de orice prelevare intruzivă, toate oasele au fost documentate prin fotogrammetrie la o rezoluție mare, rezultând o bază de date extinsă a mandibulelor de urs de peșteră.

Aproape 65 de hemi-mandibule de urs de peșteră din MIS 3 (57–29 ka), variind de la complet conservate la parțial conservate, au fost selectate pentru scanare (N=63) prin fotogrammetrie. Acestea au fost prelevate din mai multe situri-cheie din Carpații Românești: peștera Urșilor (N=30), Oase (N=18), Biserița (N=8) și Muierilor (N=7) în cadrul campaniilor anterioare de săpături paleontologice (Fig. 1).

Pentru digitalizarea 3D prin fotogrammetrie, achiziția datelor a implicat utilizarea unei platforme rotative automatizată, conectată la o camera Sony A7R3, echipată cu un sensor *full-frame* de 42 de megapixeli. Au fost de asemenea folosiți martori de culoare și de balans de alb, pentru redarea corectă a culorilor obiectelor și trei distanțe focale: 35 mm, 50 mm și 75 mm, cu adâncimea de câmp variind între 10 și 30 cm. Reconstrucția fotogrammetrică 3D a fost procesată folosind Agisoft Metashape 1.8 PRO. Fluxul de lucru a constat în mai multe etape: alinierea imaginii, scalarea și optimizarea, generarea mesh-ului pe baza hărților de adâncime, curățarea mesh-ului, decimarea și generarea texturii conform metodologiei descrise în Angheluta et al. (2022).

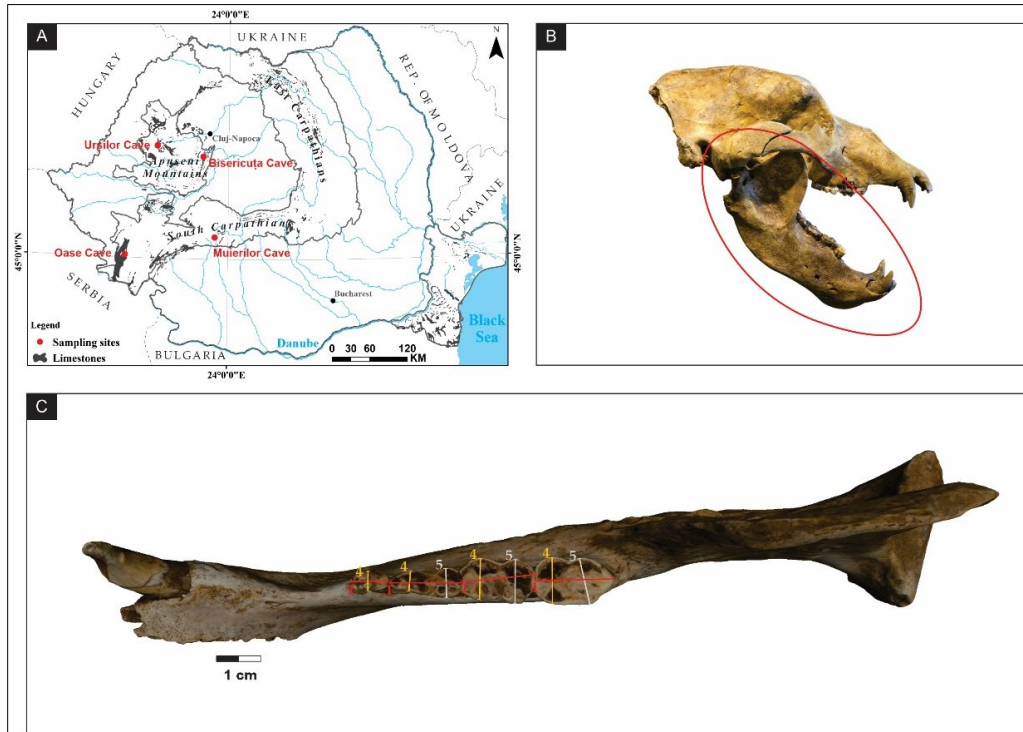


Figura 1. A: Localizarea siturilor; B: Hemimandibula în contextul scheletului de *Ursus Spelaeus*; C: Hemi-mandibula de *Ursus Spelaeus* cu măsurători osteometrice – 1 (lungime), 4 (lățime), 5 (lățime).

Pentru a valida reconstrucțiile 3D fotogrammetrice, au fost efectuate două seturi de măsurători osteometrice pentru mandibulele de urs de peșteră MIS 3 analizate. Primul set de măsurători a fost realizat folosind șublerul electronic de 150 mm (precizie de ± 0.01 mm), în timp ce al doilea set de date a fost generat prin măsurarea reconstrucțiilor 3D ale mandibulelor, folosind software-ul MeshLab, versiunea 2022.02 (Cignoni et al., 2008).

Circa 65 de mandibule de urs de peșteră (N=63) au fost reconstruite 3D, la rezoluție mare. Seturile de imagini au fost capturate în format RAW, rezultând o medie de 290 de fotografii pe obiect, realizate în șase seturi de 48 de cadre. În plus, au fost generate texturi la rezoluție înaltă, inclusiv harta de culoare (harta difuză) și harta normală (Fig. 2). Modelele 3D au fost exportate într-un format universal pentru a asigura compatibilitatea între diferite aplicații. Formatul ales a fost glTF 2.0 (Graphics Language Transmission Format), utilizând în mod specific extensia .glb, în scopuri de publicare și vizualizare online.

Analiza corelațiilor dintre măsurătorile realizate pe modele 3D și cele efectuate cu șublerul pentru dinții p_4 , m_1 , m_2 și m_3 (premolarul 4 – molarul trei) arată o corelație semnificativă. Corelația dintre cele două tipuri de măsurători indică o variabilitate mai mare în cazul p_4 , m_1 și m_2 , cu valori diferite ale indicilor de corelație în funcție de parametrul măsurat, lungime și lățime maximă (p_4 : 0.65 și 0.33; m_1 : 0.94; 0.58 și 0.58; m_2 : 0.57 și 0.72) spre deosebire de m_3 unde există o corelație puternică între cele două tipuri de măsurători pentru toți parametrii (m_3 : 0.87, 0.72 și 0.81).

Fotogrammetria este accesibilă din punct de vedere al costurilor și permite colectarea rapidă a unor cantități mari de date. Mai mult, facilitează expunerea colecțiilor fără riscul de deteriorare în timpul transportului și deschide noi oportunități pentru comunicarea științifică prin crearea de replici digitale precise care pot fi accesate și studiate de către publicul larg. În plus, posibilitatea de a utiliza vectorii în analizele de geometrie-morfometrie fără a manipula probele permite conservarea exemplarelor fragile sau rare.

În ceea ce privește datele obținute prin analiza modelelor 3D, există anumite limitări. Comparativ cu metodele tradiționale, utilizarea exemplarelor digitale pentru măsurători poate implica un grad mai mare de

eroare. Rezultatele sunt influențate de factori tehnici cum ar fi rezoluția camerei sau variațiile de lumină și reflexii, care afectează calitatea imaginilor și implicit a modelelor 3D.

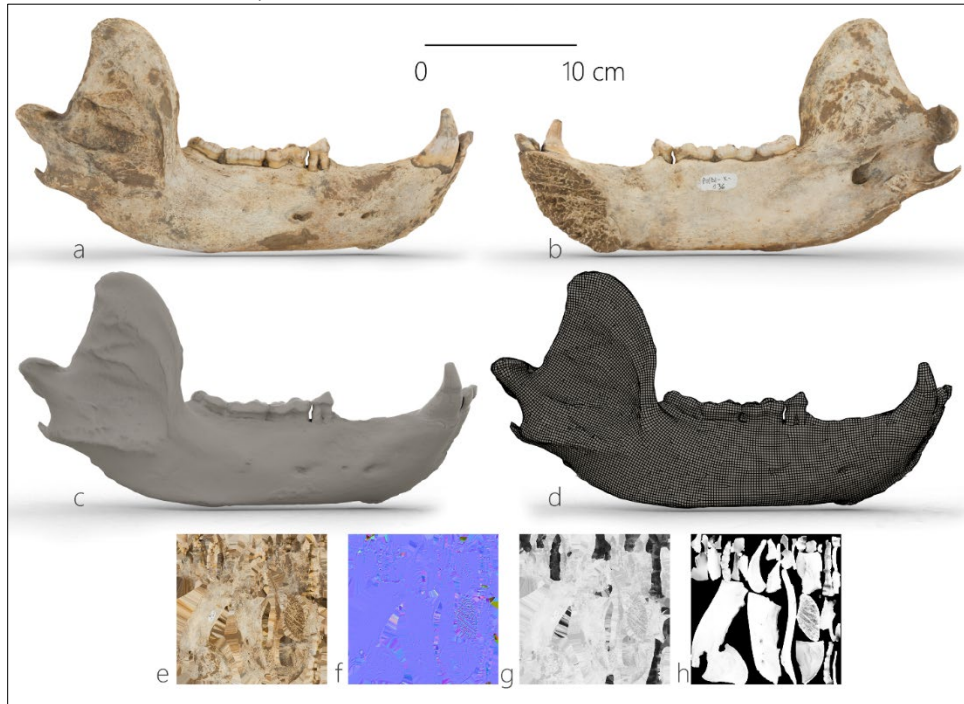


Figura 2. Mandibula PU-X-D1-036: a–b: mesh texturat color, c: suprafața; d: wireframe; e: hartă de culori difuză; f: hartă normală; g: harta rugozității; h: hartă de ocluzie ambientală.

Acest studiu este în curs de elaborare avansată și intenționăm publicarea lui la revista ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (P&RS; Q1): Marius Robu, Luchiana-Maria Faur, Andra Ilie, Laurențiu Angheluță. *Photogrammetry of MIS 3 cave bear mandibles – how to properly document fossils prior to destructive sampling.*

3.2 Analiza micro-uzurii dentare

Pe perioada proiectului, au fost efectuate deplasări în Bulgaria (127 specimene prelevate), Republica Moldova (117 specimene), Serbia (54 specimene) și România (289 specimene) pentru a realiza mulaje ale primului molar inferior, al urșilor de peșteră, în vederea analizei suprafeței ocluzale, ca proxy pentru paleo-dieta acestei specii. A fost probat un total de peste 600 indivizi (urși de peșteră și faună asociată, din regiunea carpatică și din împrejurimile acesteia), de vârstă Pleistocen superior. Este, de departe, cea mai consistentă populație de mamifere fosile analizată, din acest punct de vedere, din Europa. Probele au fost recoltate de echipa ISER iar analiza cantitativă și calitativă este realizată în colaborare cu colegii noștri de la Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social (IPHES).

Probele au fost pregătite urmând protocolul dezvoltat de Solounias și Semprebon (2002) și Semprebon și colab. (2004). Suprafața ocluzală a dinților a fost curățată folosind acetonă apoi etanol 96%. O matriță de mare rezoluție a suprafeței ocluzale a fost realizată folosind silicon polivinilsiloxan (Heraeus Provil novo, Light CD2) și un al doilea strat folosind chit silionic (Heraeus Provil novo, Putty). Formele pozitive au fost produse turnând rășină epoxidică transparentă de înaltă rezoluție (rășină CTS EPO150 + întăritor K151) în formele negative (Fig. 3).

Modelele au fost analizate folosind un stereomicroscop cu lumină standard (Zeiss Stemi 2000C), la o mărire de $\times 35$ pentru a identifica și cuantifica micro-caracteristicile suprafeței ocluzale, folosind un reticul optic de $0,16 \text{ mm}^2$ (Solounias și Semprebon 2002; Semprebon și colab. 2004). Am examinat suprafețele de smalt

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

nefațetate și uzate ale molarilor, deoarece acestea oferă cea mai bună imagine a modurilor alimentație ale speciilor de urside, în comparație cu alte zone ale suprafeței dintelui (Ungar și Teaford 1996; Münzel și colab. 2014; Pappa 2016; Pappa et al. 2019; Ramírez-Pedraza et al. 2019, 2020, 2022).

Pentru a reconstrui paleodieta populațiilor fosile analizate, rezultatele obținute au fost comparate cu setul de date de referință (ale speciilor de urși actuali), stabilit de Pappa și colab. (2019). Colecția de referință ne-a permis să comparăm ursidele dispărute cu omologii lor actuali, strâns înrudiți, ursul brun (*U. arctos*), din diferite regiuni (Kamchatka, Grecia, Europa Centrală, Europa de Nord și America de Nord) și *U. americanus*, din America de Nord. Ambele specii, *U. spelaeus (sensu lato)* și *U. arctos*, prezintă o varietate de preferințe alimentare, inclusiv consumul de vertebrate și nevertebrate. Pentru a preveni orice eroare inter-observator, un observator unic (PDI) a efectuat analiza tuturor speciilor.

Graficele au fost generate folosind software-ul Past 4.02 (Hammer et al. 2001) și RStudio (versiunea 4.1.2) (RStudio Team, 2021). Fotomicrografiile au fost capturate folosind o cameră digitală Invenio 5SII, în modul de focalizare extinsă și software-ul Helicon Focus. Astfel, au fost combinate imaginile realizate la diferite planuri focale, pentru a crea o singură imagine cu adâncime de câmp crescută. Barele de scară au fost încorporate folosind software-ul ImageJ (Fig. 3).



Figura 3. De la stânga la dreapta: curățarea cu acetonă și etanol a suprafeței ocluzale; mularea suprafeței primilor molari inferiori cu silicon polivinilsiloxan; mularea cu chit siliconic; exemplu de suprafață ocluzală mărită la stereoscop pentru analiza micro-formelor generate de masticție.

În comparație cu populațiile de urside existente, cele mai numeroase exemplare de *U. spelaeus* din Ursilor, Oase și Bisericiuța afișează un număr mai mare de zgârieturi. În ceea ce privește micro-depresiunile, ursidele pleistocene prezintă un număr similar de micro-depresiuni mici (NSP) în comparație cu ursidele existente (*U. americanus* și *U. arctos*) din America de Nord. Mai mult, populațiile de urs de peșteră prezintă un număr mai mic de micro-depresiuni mari (NLP) în comparație cu populațiile existente. În ceea ce privește micro-șanțurile, populațiile fosile din Ursilor, Oase, și Bisericiuța prezintă valori mai mari în comparație cu alte populații de urși existente, cu excepția urșilor bruni din Europa Centrală și Grecia, care afișează un număr și mai mare. De asemenea, populațiile fosile din Ursilor, Oase și Bisericiuța prezintă o serie de punctii similare cu cele găsite la *U. americanus* și *U. arctos* în America de Nord și, respectiv, Europa de Nord (Tab. 1; Figs. 4-5).

Specie - Sit	N	NFS	NCS	NTS	SWS	NLP	NSP	NPP	NTP	NG
Extinct										
<i>U. spelaeus</i> (Urșilor)	28	12.66	10.27	22.93	1.04	3.39	17.65	2.23	23.28	0.86
<i>U. spelaeus</i> (Oase)	26	13.00	10.05	23.05	1.04	3.60	19.35	2.87	25.81	1.12
<i>U. spelaeus</i> (Bisericiuța)	5	14.27	9.10	23.37	0.80	2.80	19.03	2.50	24.33	0.60
<i>U. spelaeus</i> (Muiierilor)	3	7.00	10.00	17.00	1.67	0.67	19.39	1.67	21.72	1.67
<i>U. spelaeus</i> (Onceasa)	3	15.17	10.00	25.17	1.00	5.00	17.33	1.00	23.17	0.00

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

<i>U. spelaeus</i> (Adam)	2	16.00	4.00	20.00	0.50	2.00	25.00	2.00	29.00	0.00
<i>U. arctos</i> (ACCG)	2	10.50	14.75	25.25	1.50	5.50	14.25	1.50	21.25	1.00
<i>U. arctos</i> (Bisericuța)	1	6.00	21.00	27.00	2.00	27.00	9.00	2.00	38.00	1.00
<i>U. arctos</i> (Avenul Mățului)	1	4.00	20.00	24.00	2.00	10.00	20.00	3.00	33.00	0.00
Extant										
<i>U. americanus</i> (North America)	9	13.56	2.56	16.12	0.00	5.44	19.00	3.00	22.00	0.00
<i>U. arctos</i> (Greece)	4	13.00	7.00	20.00	0.5	9.25	8.50	2.25	20.00	2.00
<i>U. arctos</i> (Central Europe)	10	17.50	3.4	20.90	0.00	5.4	22.50	8.30	36.20	2.10
<i>U. arctos</i> (North America)	8	18.25	3.00	21.25	0.00	6.75	18.38	3.25	28.38	0.25
<i>U. arctos</i> (Kamchatka)	23	16.22	3.83	20.05	0.1	6.96	19.78	4.78	31.52	0.35
<i>U. arctos</i> (North Europe)	9	15.78	3.78	19.56	0.00	6.44	23.33	2.67	32.44	0.22

Tabel 1. Compararea rezultatelor microuzării dentare ale populațiilor fosile de *U. spelaeus* și *U. arctos* din Carpații României cu setul de date de referință ale speciilor de urși existente de *U. arctos* și *U. americanus* din diferite locații, stabilit de Pappa și colab. (2019). Abrevieri: N = numărul de specimene, NFS = numărul de zgârieturi fine, NCS = numărul de zgârieturi grosiere, NTS = numărul total de zgârieturi, SWS = scor lățimea zgârieturii, NLP = numărul de micro-depresiuni mari, NSP = numărul de micro-depresiuni mici, NPP = numărul de microdepresiuni de perforare, NTP = numărul de microdepresiuni totale, NG = numărul de microdepresiuni.

Dieta omnivoră a urșilor de peșteră din Carpații Românești, în perioada pre-hibernare, reprezintă un profil alimentar endemic în această regiune, care a servit drept refugiu al faunei și florei și în interiorul căruia urșii de peșteră au supraviețuit până la cel puțin 27.1 ka (aproape de momentul dispariției lor, ca specie). Datele obținute pentru micro-uzura molarilor analizați indică informații despre unicitatea Carpaților în contextul urșilor de peșteră europeni și sugerează posibilitatea de nișă ecologică “ereditară” cu urșii bruni (actuali) din această regiune. Se observă o variabilitate mare a dietei speciei *U. spelaeus* pe termen lung, folosind izotopi stabili, iar dieta pe termen scurt oferă perspective esențiale asupra unicității dietetice a urșilor din Carpați, în timpul perioadei de pre-hibernare și plasticitatea profilului lor alimentar. Această flexibilitate ar putea explica consumul de produse cu conținut ridicat de azot de către unii indivizi, eliminând complet posibilitatea unei diete pe bază de carne, pentru oricare dintre urșii de peșteră analizați. Aceste descoperiri pun în lumină adaptările ecologice ale urșilor de peșteră din regiunea Carpaților în timpul Pleistocenului târziu contribuind la o înțelegere mai profundă a obiceiurilor lor alimentare și livrând răspunsuri privitor la condițiile de mediu unice ale acestei regiuni.

Acest studiu a fost publicat în Revista *Palaeo3* (Q1) în regim *Open Access*, cooperare româno-spaniolă: Duñó-Iglesias, P., Ramírez-Pedraza, I., Rivals, F., Mirea, I.-C., Faur, L.-M., Constantin, S., Robu, M., 2024. Palaeodiet during the pre-dormancy period of MIS 3 Romanian cave bears as inferred from dental microwear analysis. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 636: 111988. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111988>. (Robu M. – autor corespondent, coordinator, autor cu drepturi egale).

Un amplu studiu, împreună cu cercetătorii de la IPHES (Trarragona, Spania), incluzând toate cele aproximativ 600 de probe recoltate în cadrul INTEGRATE, alături de probe din vestul și estul Europei, este în lucru. **Un alt studiu** care vizează paleoecologia ursidelor de la Peștera Copta Mare (România), din Pleistocenul superior – analize tafonomice, izotopice și de micro-uzură dentară – în colaborare cu Dr. Adrian Doboș (Institutul de Arheologie “Vasile Pârvan” al Academiei Române) și Dr. Chu Wei (Leiden University, Olanda), este într-un stadiu avansat de elaborare. Mai mult, **un alt studiu în curs de elaborare** vizează analiza complexă și integrată

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

a paleoecologiei de la Peștera Duruitoarea Veche din Republica Moldova, împreună cu colegii de la IPHES, Institutul de Zoologie (Chișinău) și Muzeul de Istorie Naturală din Paris.

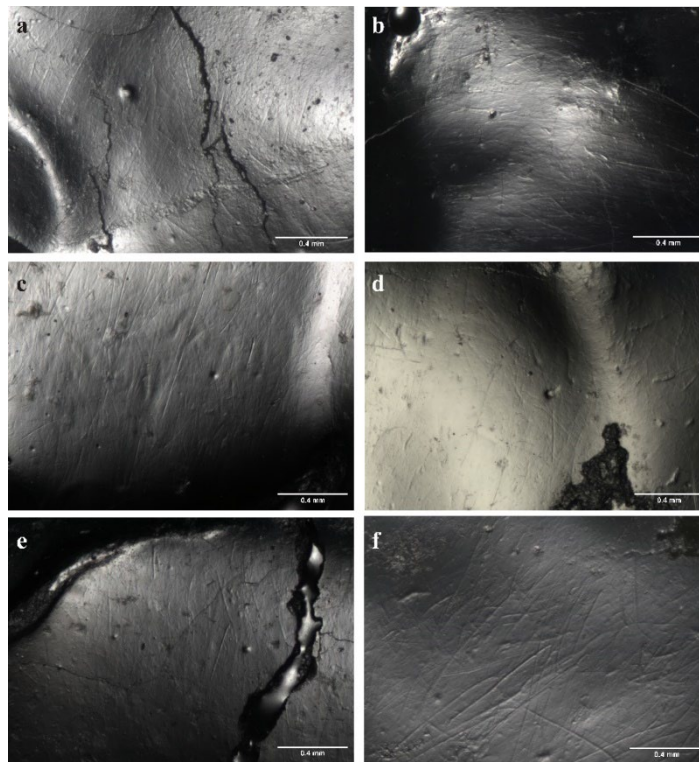


Figura 4. Fotografii la microscop (mărire de 35 de ori) a suprafețelor ocluzale non-fațetate ale smalțului, pentru indivizi de *U. spelaeus* din Carpații Românești. **A:** Urșilor (#PU/F); **B:** Urșilor (#PU/E2-III-1164); **C:** Oase (#O35.138); **D:** Bisericuța (#PB/C1-IX); **E:** Bisericuța: #PB/A1-I-II-1); **F:** Onceasa (#POc/016).

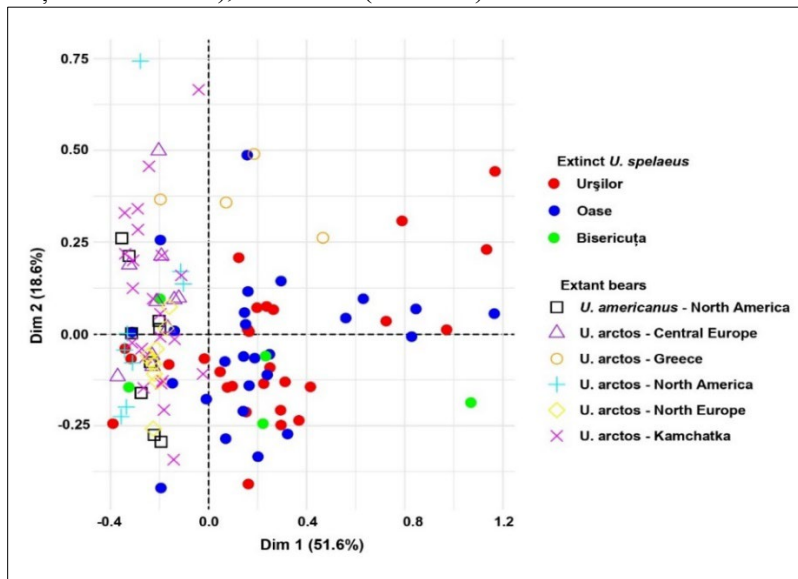


Figura 5. Analiza corespondenței (CA) bazată pe șapte variabile: numărul de zgârieturi fine și grosiere, gropi mici și mari, creștături, gropi de perforare și scorul lățimii zgârieturilor. Compararea populațiilor fosile de *U. spelaeus* din peșterile Urșilor, Oase și Bisericuța cu urșii moderni, actuali.

3.3 Izotopi stabili

3.3.1 Izotopi stabili clasici ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$)

În ultimele decenii, analiza izotopilor stabili de C și N a fost utilizată pe scară largă pentru reconstrucția paleodietei faunei MIS 3 din Carpații României. Ansamblurile faunistice din majoritatea siturilor de peșteri bine-cunoscute din această regiune sunt dominate de urși, lăsând astfel mai puține oportunități pentru analize izotopice stabile asupra altor taxoni. Peștera Muierilor (Carpații Meridionali), totuși, este o excepție și are depozite sedimentare care au produs o paleofaună din Pleistocenul târziu bogată din punct de vedere taxonomic, inclusiv cerbi, urși de peșteră, lei de peșteră, lupi și hiene. Valorile $\delta^{15}\text{N}$ și $\delta^{13}\text{C}$ derivate din colagenul a 40 de mamifere din această peșteră au indicat o delimitare clară a comportamentelor alimentare în rândul faunelor studiate. În plus, erbivorele și carnivorele din aceleași ansambluri osoase prezintă valori $\delta^{15}\text{N}$ și $\delta^{13}\text{C}$ similare cu cele ale populațiilor MIS 3 din Europa Centrală și de Vest. Bogăția faunei mari de mamifere și dimensiunea mare a eșantionului au permis o mai bună înțelegere a relațiilor paleoecologice dintre aceste specii. Acest studiu demonstrează utilitatea analizei $\delta^{15}\text{N}$ și $\delta^{13}\text{C}$ în situri cu un context faunistic fosil complex și arată un acord bun între datele nou obținute și cele raportate pentru alte mamifere mari din Pleistocenul târziu european.

Datele nou generate despre paleofauna MIS 3 din Muierilor (N= 0 de adulți) constau din colagen osos extras din dinți, mandibule și metapodii de cerb (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758; N=6), urși de peșteră (*Ursus spelaeus* Rosenmüller, 1794; N=25), lei de peșteră (*Panthera leo spelaea* Goldfuss, 1810; N=2), lupi (*Canis lupus* Linnaeus, 1758; N=5) și hiene de peșteră (*Crocuta crocuta spelaea* Goldfuss, 1823; N=3). În plus, alte date din Peștera Muierilor (Doboș *et al.*, 2009, 2010) au fost reunite și analizate împreună cu noile noastre date.

Pentru comparația alimentară între diverse paleo-populații, au fost adăugate date deja publicate (Richards și colab. 2008; Doboș și colab., 2010; Trinkaus și Richards, 2013; Robu și colab., 2013, 2017) și din alte situri-cheie din România: Oase (N=72), Urșilor (N=41), Cioclovina (N=32) și Muierilor (N=8). Datele non-urside ale MIS 3 românești reprezentate aici, din alte situri decât Muierilor, constau din lei de peșteră (N=5), hiene de peșteră (N=5), lupi (N=5), cerb (N=2).

Pentru a oferi un cadru mai larg pentru mamiferele mari MIS 3 din Carpați, datele izotopice de la mamiferele MIS 3 au fost analizate împreună cu alte situri din Europa centrală și de vest. Aceste mostre comparative, publicate de Bocherens (2015) și Krajcarz *et al.* (2016), includ date pentru *Cervus elaphus* (N=22), *Ursus spelaeus* (N=211), *Panthera leo spelaea* (N=22), *Canis lupus* (N=21) și *Crocuta crocuta spelaea* (N=32).

Vârstele radiometrice obținute pentru depozitele cu urs de peșteră din Peștera Muierilor (Doboș *et al.*, 2010; Robu, 2015; Mirea *et al.*, 2021), Urșilor (Constantin *et al.*, 2014; Robu, 2015), Cioclovina (Soficaru *et al.*, 2015), *al.*, 2007; Petrea, 2009) și Oase (Higham și Wild, 2013) sunt aproape contemporane și indică o ocupație MIS 3 (N=77). Prin urmare, aceste populații au fost analizate și reprezentate grafic împreună (Fig. 6). Am reprezentat grafic doar rezultatele cu un randament minim de colagen de 0,8%. Toate vârstele au fost calibrate folosind programul OxCal 4.4 (Bronk Ramsey, 2021) și curba de calibrare IntCal20 (Reimer *et al.*, 2020; Fig.7).

Abundența carnivorelor tipice (hiene de peșteră, lei de peșteră și în special lupi) și competiția alimentară în ecosistemul zonei Muierilor ar fi putut îngusta nișa ecologică a urșilor de peșteră, influențând și inducând o alimentație preponderent erbivoră. Deși sunt puternic prădați de speciile carnivore tipice în MIS 3 (cel puțin între 45-31 ka), urșii de peșteră par să supraviețuiască până la sfârșitul LGM în regiunea studiată. După ca. 31 ka, leul de peșteră urmat de populațiile de hiene din peșteră s-au diminuat și au dispărut, ca peste tot în Europa, în timp ce populațiile de lupi și cerbi s-au adaptat mediului provocator și au prosperat până în zilele noastre.

Numărul mare de lupi găsiți în săpătura paleontologică și de-a lungul întregului sistem carstic, împreună cu vârstele radiometrice și datele izotopilor stabili sugerează o populație de lup specializată în vânatoarea de urși de peșteră, una dintre cele mai mari documentate într-un carst asezat din Eurasia.

Peștera Muierilor rezează unul dintre cele mai complexe situri pentru studii paleoecologice ale mamiferelor mari din Europa și un punct fierbinte în înțelegerea plasticității hrănirii celui mai emblematic mamifer cuaternar, ursul de peșteră.

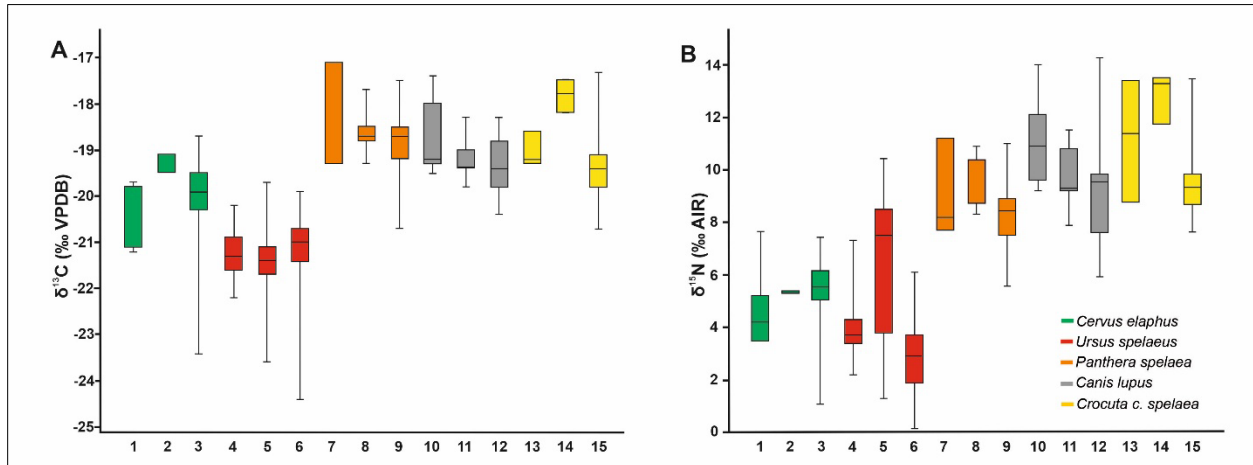


Figura 6. Boxplot-uri ale colagenului extras din os $\delta^{13}\text{C}$ (A) și $\delta^{15}\text{N}$ (B) (‰ în raport cu VPDB și, respectiv, AIR) pentru asociația faunistică cu urs de peșteră, din Pleistocenul târziu, din Peștera Muierilor, România (excluzând Muierilor) și Europa: 1 (N=6), 4 (N=32), 7 (N=4), 10 (N=8), 13 (N=3) – Muierilor; 2 (N=2), 5 (N=138), 8 (N=5), 11 (N=5), 14 (N=4) – România; 3 (N=22), 6 (N=211), 9 (N=22), 12 (N=21), 15 (N=32) – Europa.

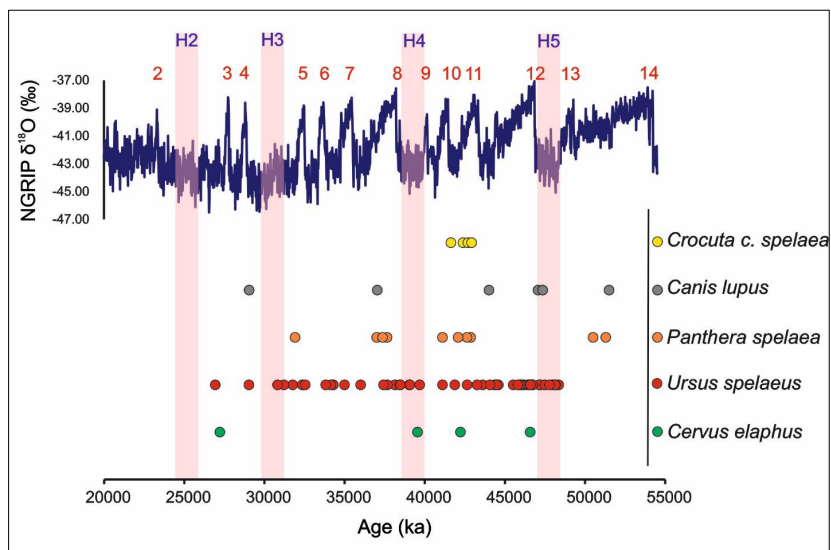


Figura 7. Vârstele de radiocarbon calibrate ale paleofaunei MIS 3 din Carpații României (date din Soficaru et al., 2007; Doboș et al., 2009; Stuart & Lister, 2011; Trinkaus & Richards, 2013; Constantin Doboș et al., 2014; Webb et al., 2011; Robu, 2015 Fortes et al., 2016; Mirea et al., 2021). *Ursus spelaeus* (N=77); *Cervus elaphus* (N=4), *Panthera leo spelaea* (N=10); (N=6), *Crocuta crocuta spelaea* (N=4). **H2-5** = evenimente Heinrich. **2-14**: evenimente Dansgaard-Oeschger.

Acest studiu a fost trimis spre publicare la Revista Palaeo3 (Q1) dar a fost respins în urma review-ului: (PALAEO-D-23-00197): **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea, Alexandru Petculescu, Marius Kenez, Luchiana Faur, William Pestle, Peter K. Swartf and Silviu Constantin, 2023. Palaeodiet and palaeoecology of a complex Late Pleistocene mammal association in the Romanian Carpathians.** Între timp, am aplicat toate observațiile/sugestiile făcute de revieweri urmând a retrimite la publicare materialul.

Mai mult, un număr de 282 de probe de os fosil provenind de la mamifere de vârstă Pleistocen superior din depozite carstice din România, Republica Moldova, Bulgaria și Serbia sunt în curs de analizare la laboratorul Terra Analitica, din Alba-Iulia. Previzionăm, cel puțin un articol științific, cu datele rezultate din aceste analize.

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

Şase (N=6) secţiuni de canini, de urs de peşteră au fost trimise pentru analiza serială a izotopilor de carbon ($\delta^{13}\text{C}$) şi oxigen ($\delta^{18}\text{O}$). Anterior, în 2019, aceşti canini au fost dataţi şi probele au fost prelevate macroscopic (micro-Dremmel), pentru analiza aceluiaşi parametri ($\delta^{13}\text{C}$ şi $\delta^{18}\text{O}$; Robu *et al.*, 2019) din carbonatul dentinei. De această dată, însă, analiza carbonului şi oxigenului s-a realizat din fosfatul stratelor dentinei, prin ablaţie laser. Avantajul ablaţiei laser constă în faptul că oferă o rezoluţie net superioară prelevării macroscopice (ca. 5-7 probe vs. 10-30 probe, respectiv). Sunt previzionate ca. 180 de măsurători pentru fiecare dintre cei doi parametri. În momentul de faţă, am primit rezultatele parţiale pentru carbon (e.g., Figs. 8-9), urmând ca datele finale pentru oxigen să fie livrate în cursul acestui an. Deasemenea, datele de $\delta^{13}\text{C}$ şi $\delta^{18}\text{O}$ ce provin din măsurătorile a 100 de probe de os mandibular, de *U. spelaeus*, urmează a fi livrate în cursul acestui an. Din considerente obiective (probleme tehnice ale spectrometrului de la laboratorul Terra Analitica), termenul de livrare a datelor a fost depăşit. Ca atare, rezultatele, deşi promiţătoare, nu pot fi raportate în totalitate. Previzionăm un articol ştiinţific cu datele rezultate din aceste analize.

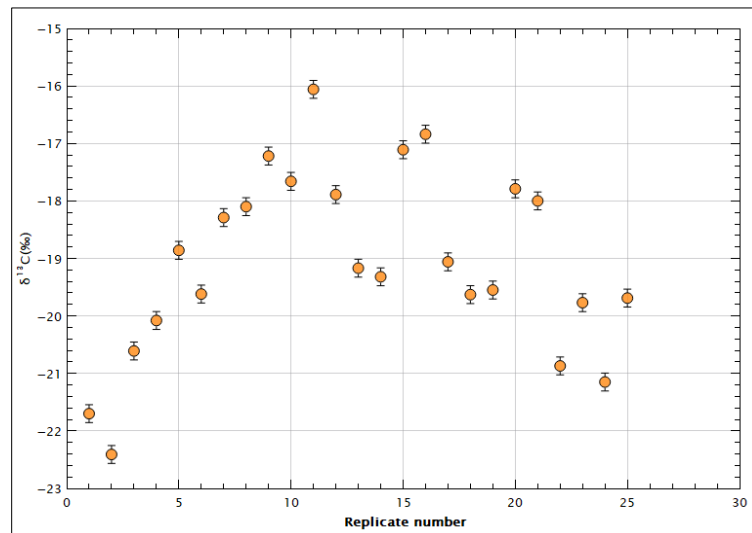


Fig. 8. Variaţia $\delta^{13}\text{C}$ în fosfatul dentine unui canin de *U. spelaeus* (PU/069). Secţiune transversală a caninului: 0→30 (adult→neonat).

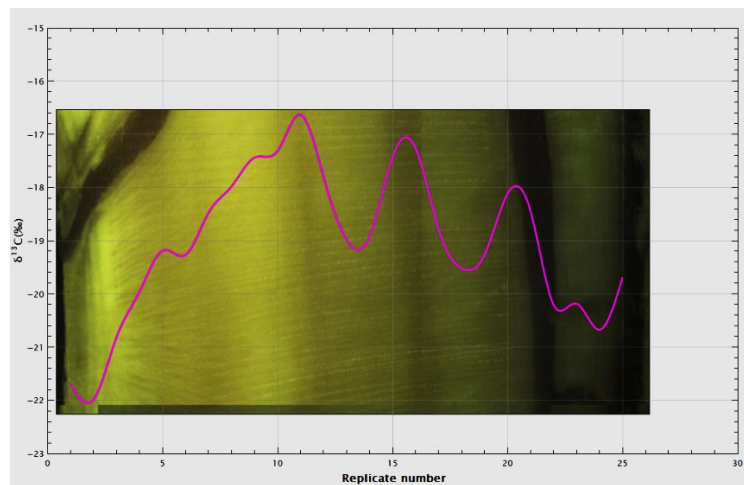


Fig. 9. Variaţia $\delta^{13}\text{C}$ în fosfatul dentine unui canin de *U. spelaeus* (PU/069). Secţiune transversală a caninului: 0→30 (adult→neonat).

3.3.2 Izotopi stabili ne-tradiționali ($\delta^{44/42}\text{Ca}$)

Utilizat împreună cu alți proxy, izotopii de calciu pot oferi informații despre dieta taxonilor analizați. Relevantă pentru noi este evaluarea paleo-dietei speciilor *Ursus arctos* și *Ursus spelaeus*, care rămâne un subiect de dezbatere (Robu et al., 2013). Cu toate că la Peștera Sclayn, *U. arctos* este reprezentat de un singur individ în setul nostru de date, nu găsim o diferență semnificativă între valoarea sa de izotopi de calciu și cea a *U. spelaeus* (Martin et al., 2017).

88 probe de os din fauna de mamifere mari, din Stadiile Izotopice 3-1 din Munții Carpați, cuprinzând *U. spelaeus*, *U. arctos*, *P. spelaea*, *C. c. hyena* și *C. lupus* au fost prelucrate și analizate la Lgl-Tpe (Laboratoire de Géologie de Lyon), la Ecole Normale Supérieure de Lyon și Ghent Universiteit.

Din motive obiective (spectrometrul *Neptune* al ENSL a avut defecțiuni tehnice) livrarea datelor de calciu, pentru fauna analizată întârzie dar am găsit soluții pentru continuarea aceluiași analize la Universitatea din Ghent (Belgia). Primele 22 de probe au livrat rezultate, urmând ca restul de date să ne parvină în lunile următoare. Valorile izotopilor de $\delta^{44/42}\text{Ca}$, obținute pentru fauna de vârstă Pleistocen superior, de la peșterile Oase și Urșilor, sunt primele date de acest fel din Carpații Românești și reprezintă o noutate absolută pentru întreaga regiune. Pentru specia *U. spelaeus*, valorile obținute indică o variabilitate a dietei, cuprinsă între -0.75 și -1.11‰ (Fig. 10), ceea ce confirmă datele deja obținute prin intermediul izotopilor de azot (Fig. 11). Astfel, izotopii de calciu, nou-utilizați în reconstrucțiile de paleo-dietă își confirmă valoarea și utilitatea ca proxy, alături de analizele izotopilor clasici și micro-uzură dentară.

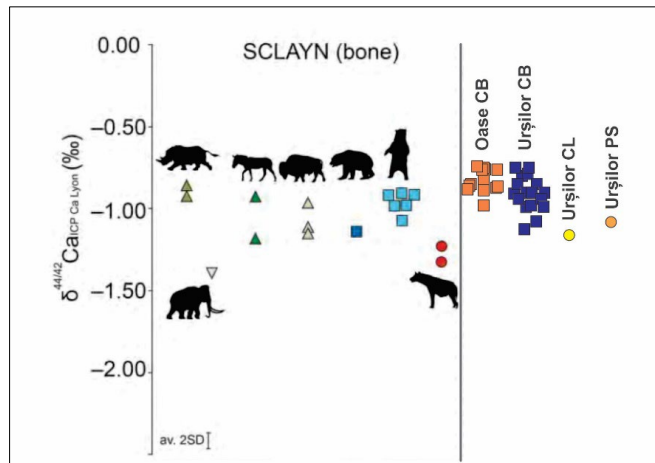


Figura 10. Valorile de $\delta^{44/42}\text{Ca}$ obținute pentru fauna de vârstă Pleistocen superior, din Carpații Românești (peșterile Oase și Urșilor) comparativ cu datele obținute pentru fauna din Peștera Scladina (Belgia). CB: urs de peșteră; CL: lup; PS: leu de peșteră. Toate probele reprezentate sunt țesut osos.

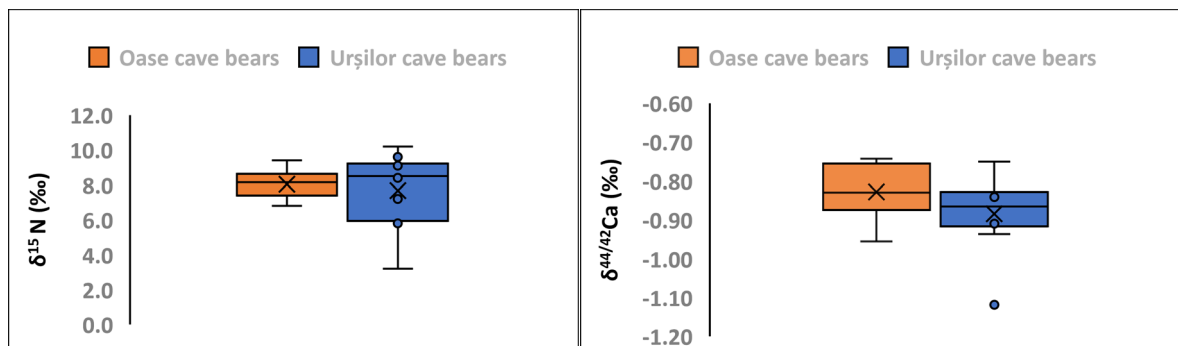


Figura 11. Analiza comparativă a rezultatelor obținute pentru aceleași specimene de *U. spelaeus* din peșterile Oase și Urșilor. Stânga: $\delta^{15}\text{N}$ (‰). Dreapta: $\delta^{44/42}\text{Ca}$ (‰).

3.4 Morfometrie geometrică

Circa 100 de hemi-mandibule aparținând speciei *U. spelaeus*, din colecția ISER, sunt în analiză la Universitatea Liverpool John Moores. Rezultatele parțiale, pentru un număr de 15 indivizi, urși de peșteră și urși bruni (fosili și actuali), pentru analiza molarilor m1, m2 și m3 (Fig. 12) ne indică un comportament alimentar variabil, similar cu cel furnizat de rezultatele izotopilor stabili (azot, calciu) și ale microuzării dentare. Din cauza unor motive obiective livrarea datelor finale întârzie dar acestea vor fi obținute în următoarele luni.

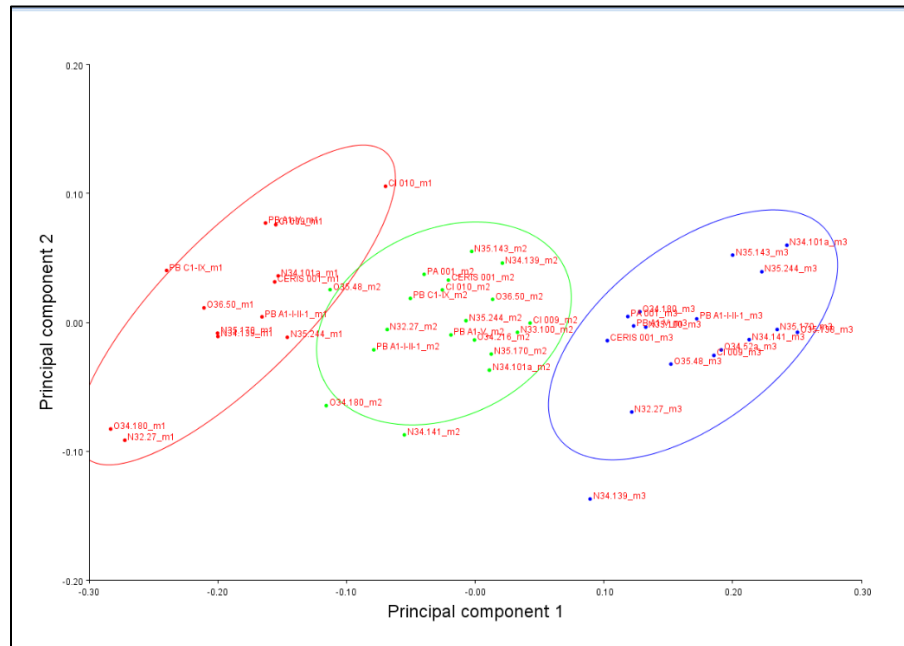


Figura 12. Analiza componentelor principale pentru urside actuale și fosile din peșterile Urșilor, Oase și Bisericiuța.

3.5 Osteometrie

Scopul studiilor osteometrice este de a evalua variația dimensională a scheletului speciilor de vertebrate, dintr-o anumită perioadă. Pentru urșii de peșteră, ale căror resturi fosile sunt cele mai des întâlnite dintre toate fosilele mamiferelor găsite în depozitele speleale - comparațiile osteometrice între populații din diferite situri (fie contemporane sau cu vârste diferite) pot oferi indirect informații despre paleobiologia acestei specii și schimbările climatice ale ecosistemelor în care au trăit. Pe lângă datele obținute pentru Peștera Urșilor (Chișcău), un alt sit românesc cu urși de peșteră, Peștera cu Oase (Pacher și Quilès, 2013) și două situri central-europene (Munții Alpi), peșterile Potočka Zijalka și Gamssulzen (Pacher, 2004), au fost adăugate la comparațiile osteometrice inter-situri (Fig. 13). Scopul acestei comparații osteometrice a fost de a detecta posibile modificări ale dimensiunilor scheletului ursului de peșteră în funcție de timp și spațiu. Atât pentru

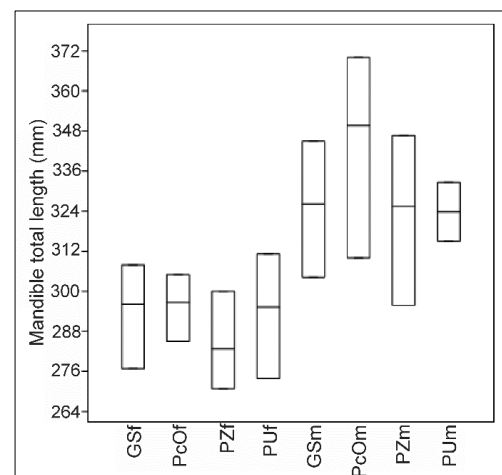


Figura 13. Boxploturi a lungimii totale a mandibulei. Urșilor (femele: N=22; masculi: N=2), Oase (femele: N=3; masculi: N=7), Potočka zijalka (femele: N=5; masculi: N=26) and Gamssulzen (femele: N=12; masculi: N=6).

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

Urșilor, cât și pentru Peștera cu Oase, locuirea urșilor de peșteră a fost documentată între ca. 50 și 40.000 de ani cal BP (Constantin et al., 2014; Higham și Wild, 2013), în timp ce pentru cele două situri alpine, perioada de locuire s-a extins de la ca. 38.000 de ani cal BP până la data de extincției recunoscută în prezent pentru această specie (ca. 27.500 de ani cal BP; Pacher și Stuart, 2009).

Pentru analiza osteometrică a urșilor din Peștera Urșilor, elementele scheletice investigate au fost: craniile (N=24), mandibulele (N=24), cele mai relevante elemente ale dentiției (canini inferiori: N=74; canini superiori: N=109; P4: N=81; M1: N=101), oasele membrilor (humerus: N=29; = 29; femur: N=29; tibia: N=32), iar metapodiile (Mc1: N=66; Mc2: N=65; Mc3: N=64; Mc4: N=69; Mc5: N=74; Mt1: N=43; N=55; Mt4: N=49). Pentru comparațiile osteometrice, datele obținute pentru Peștera cu Oase (Pacher și Quilès, 2013), Peșterile Potočka Zijalka și Gammsulzen (Pacher, 2004a, b; Rabeder, 2004; Withalm, 2004) au fost adăugate analizei noastre. Studiul de față a luat în considerare doar speciile adulte de urs de peșteră. Mai mult, s-a calculat și comparat Indexul de Robustețe (Index of Plumpness, I_p ; Fig.14) între siturile analizate.

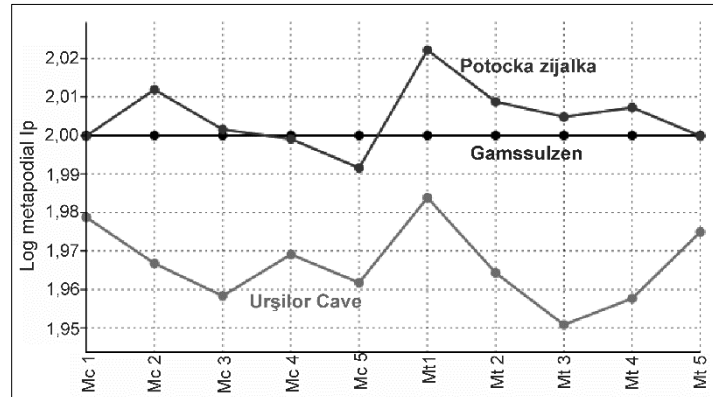


Figura 14. Diagrama rațiilor pentru Indicele de Robustețe (I_p) pentru metapodiile urșilor de peșteră din peșterile Urșilor, Gammsulzen și Potočka zijalka.

Toate măsurătorile efectuate asupra materialului fosil studiat au fost efectuate conform metodologiei propuse de Tsoukala și Grandal D'Anglade (2002). Craniile, mandibulele și oasele membrilor au fost măsurate cu un MicroScribe G2X (precizie $\pm 0,009$ mm), în timp ce dentiția și metapodiale au fost măsurate cu un șubler electronic de 150 mm (precizie $\pm 0,01$ mm).

Studiul osteometric al tanatocenozei ursului de cavernă de la Urșilor contribuie la cunoașterea paleobiologiei și variabilității dimensionale a acestei specii, în perioada Pleistocenului superior, în Carpați. Analiza Indicelui de Robustețe a indicat o configurație mai zveltă a metapodiilor urșilor Carpați în comparativ cu cele ale ursidelor alpine. Comparațiile osteometrice inter-situri ar trebui să ia în considerare doar elementele scheletice adulte, având sexul determinat, derivate din populații cu proporții de sex similare. Rezultatele comparațiilor osteometrice între siturile de urs de cavernă analizate indică o diferență semnificativă de mărime între populația carpatică și cea alpină, deși, în prezent, este incert dacă aceasta este o reflexie a variabilității intra-specifice sau dacă este o consecință a diferitelor resurse alimentare.

3.6 Radiocarbon

În cadrul INTEGRATE, au fost datate cu radiocarbon 41 de probe de urs de peșteră, din care 27 au livrat vârste acceptabile (din punctul de vedere a acurateței procesului de datare, conținutului de colagen și al raportului C:N) și publicabile. Vârstele obținute, pentru fauna analizată, sunt cuprinse între ca. 50 și 27.1 ka și se înscriu cronologic în Stadiile Izotopice Marine 3-2 (57–11.7 ka). Urșii de peșteră datați care au furnizat vârste sigure (N=27) se adaugă datărilor anterioare (N=77), totalizând un număr de 104 vârste pentru specia *Ursus spelaeus* din Carpații Românești.

În cadrul INTEGRATE s-a obținut cea mai tânără vârstă pentru specia ursului de peșteră, la nivel mondial, 27.1 ka. Anterior, în cadrul unui amplu studiu (Pacher și Stuart, 2009), a fost stabilită ca limită aproximativă a extincției pentru specia analizată vârsta de 27.8 ka. Importanța rezultatului obținut, în cadrul proiectului nostru rezidă din faptul că ca urșii de peșteră ar fi rezistat mai mult față de celelalte populații din alte zone. Astfel, se

conturează posibilitatea ca întreaga regiune carpatică să fi reprezentat un refugiu – în perioada Ultimului Maxim Glaciar, pentru speciile de mamifere – care a prelungit cu câteva sute-mii de ani extincția de la finele Cuaternarului.

Hienele de peșteră au supraviețuit în Balcani până la ca. 32–31 cal ka BP [corespunzând aproximativ cu Greenland Stadial (GS) 5: ca. 32 ka (Andersen et al., 2006)], în timp ce lei de peșteră până la ca. 35 ka (Greenland Interstadial (GI) 7 (Stuart și Lister, 2011; 2014; Fig. 15). Având în vedere eșantionul redus de vârste radiometrice pentru lei de peșteră și hiene, interpretăm rezultatele obținute ca vârste minime. Pe de altă parte, urșii de peșteră au supraviețuit cel puțin până la ca. 27,1 ka (Duñó-Iglesias et al., 2024), în zona Munților Apuseni, ceea ce este interpretată de asemenea ca o vârstă minimă. Este plauzibil ca dispariția timpurie a hienelor și a leilor de peșteră, cuplată cu o reprezentare generală scăzută a acestor specii în regiunea carpatică să fi putut deschide noi nișe ecologice pentru lupi (de exemplu, vânatoarea de urs de peșteră). Altă specie care dispare din Munții Carpați este *Capra Ibex*, în perioada Ultimului Maxim Glaciar (21–20 ka). Din păcate, și în acest caz, eșantioanele disponibile pentru datarea cu radiocarbon au fost extrem de reduse.

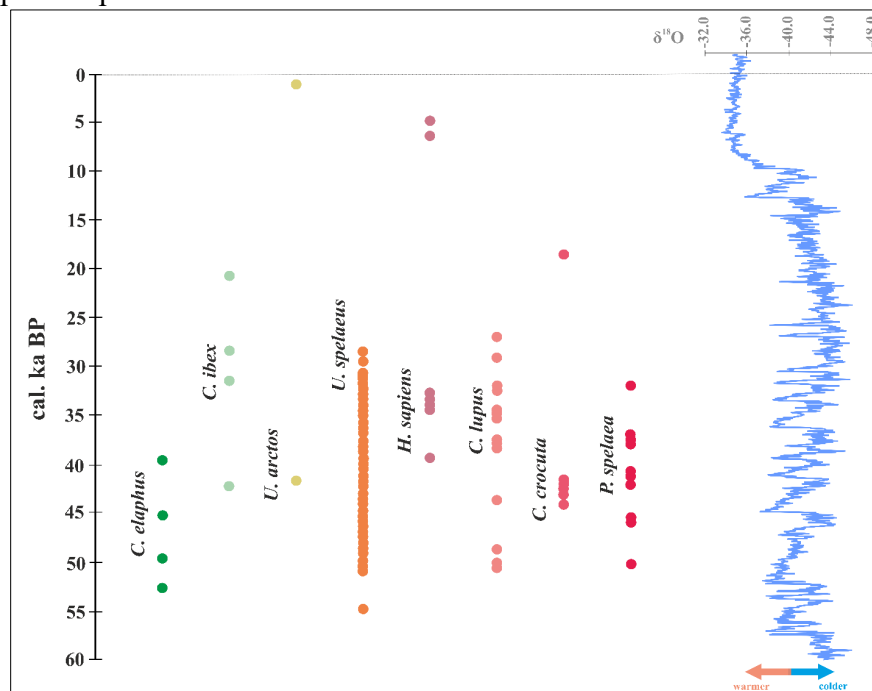


Figura 15. Distribuția temporală a tuturor datărilor cu radiocarbon acceptabile (conținut colagen $\geq 0.8\%$) pentru principalele mamifere ale căror fosile au fost descoperite în depozitele speleale din Carpații Românești: *C. elaphus* (N=4); *Capra Ibex* (N=4); *Ursus arctos* (N=2); *Ursus spelaeus* (N=104); curba NGRIP $\delta^{18}\text{O}$ (‰).

4. Realizarea metodei integrative cercetare

În cele ce urmează redăm un rezumat al unui exemplu de aplicare a metodologiei integrative, asumate în cadrul proiectului INTEGRATE. Acest studiu a fost publicat în revista *Quaternary Science Reviews* (Q1), o cooperare româno-israeliană: Robu M., Marom, N., Mirea, I.-C., Faur L.-M., Petculescu A., Keneszi, M., Shafir, R., Égüez, N., Constantin S., 2024 *Intraguild interactions among carnivorans of the last glacial: The case of wolves and bears from Muierilor Cave, Romania*. *Quaternary Science Reviews*, 334:108720. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108720>

Perioada Stadiului Izotopic Marin 3 (MIS 3) din Eurasia, cu aproximativ 57–29 de mii de ani în urmă, a fost marcată de extincția unei mari părți a megafaunei mamiferelor terestre, de tranziția de la *Homo neanderthalensis*

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

spre *Homo sapiens* și de apogeul Ultimului Maxim Glaciar (LGM), cu circa 21 de mii de ani în urmă. În această epocă, Eurasia a găzduit unul dintre cele mai bogate ecosisteme terestre de pe Pământ, susținând o comunitate diversă de mamifere, inclusiv mamuți, cai, reni, căprioare, rinoceri, urși de peșteră, lei de peșteră, hiene etc.

Cu toate acestea, în Pleistocenul superior au avut loc schimbări semnificative, ducând la dispariția multor specii emblematiche, în timp ce altele au rezistat formând fundația comunității de mamifere paleartice din Holocen. Perioada MIS 3 este caracterizată de interacțiuni trofice complicate între mamiferele mari, modelând granițele de nișă ecologică și zonele de competiție.

Recenta descoperire a unor fosile de lup și urs de peșteră din perioada MIS 3 în Peștera Muierilor (România) a oferit o oportunitate excepțională pentru studiul interacțiunii dintre aceste două specii. Lupii sunt considerați una dintre cele mai de succes carnivore din Pleistocenul superior, care au supraviețuit în timpul extincțiilor megafaunei și au devenit cel mai de succes prădător din Eurasia. Adaptabilitatea și strategiile versatile de vânatoare au contribuit la reușita și reziliența acestei specii, în spațiu și timp.

Urșii de peșteră, mamifere mari, omnivore, ale căror fosile au fost descoperite în sistemele carstice eurasiatice, erau un taxon omniprezent. Cu toate acestea, au dispărut înainte de instalarea LGM din cauza diferiților factori precum concurența și atacurile altor mamifere, schimbările climatice și scăderea diversității genetice.

Studiul efectuat în Peștera Muierilor investighează interacțiunea dintre lupi și urșii de peșteră folosind date contextuale, tafonomice, izotopice și analize de radiocarbon (ca parte a metodei de cercetare integrative asumată în cadrul INTEGRATE). Sunt abordate două întrebări fundamentale: în primul rând, dacă urșii de peșteră au fost consumați de lupi, iar în caz afirmativ, dacă aceasta a fost o practică sistematică sau rezultatul unor întâlniri întâmplătoare. Pentru a răspunde la prima întrebare, au fost folosite metode tafonomice pentru a distinge urmele de impact pe oasele de urs și analize ale compoziției izotopice pentru reconstituirea dietei lupilor.

A doua întrebare este abordată prin analiza datelor de radiocarbon în scopul evaluării probabilității coabitării sau ocupării succesive a peșterii de către lupi și urși.

Acest studiu a investigat fauna fosilă din două contexte distincte stratigrafice din Peștera Muierilor (context tafonomic *in situ* și context mixt, remaniat), furnizând perspective unice asupra interacțiunilor dintre lupi și urșii de peșteră. Scopul final al cercetării a fost acela de a înțelege dinamica paleoecologică dintre aceste două specii în timpul perioadei MIS 3 utilizând o metodă care să integreze datele cu caracter paleoecologic obținute în cadrul INTEGRATE.

Peștera Muierilor, situată în Carpații Meridionali ai României, reprezintă un sistem carstic extins, cu o lungime aproximativă de 8000 de metri și cu cinci niveluri distincte. Peștera conține atât pasaje accesibile publicului, cât și zone rezervate scopurilor științifice. De la începutul secolului XX, au fost demarate investigații multidisciplinare, axate în special pe depozitul de fosile de vârstă Pleistocen superior. Săpăturile arheo-paleontologice efectuate în Galeria Urșilor au dezvăluit o varietate de resturi paleofaunistice, inclusiv specii variate de mamifere mari și micromamifere. Deosebit de semnificativă este descoperirea unei tanatocenoze secundare, provenite din nivelurile superioare ale peșterii și acumulată în diferite etape ale perioadei de deglaciere, cuprinsă între 22.500 și 14.700 de ani în urmă. Pe de altă parte, în Galeria Hades, parte a rezervației științifice, există o tanatocenoză primară, nederanjată, caracterizată prin prezența unor vestigii paleontologice rare, cum ar fi cuiburi de urs de peșteră și de lup, schelete în conexiune anatomică și coprolite.

Obiectivul principal al studiului a constat în examinarea fosilelor de urs de peșteră și de lup, identificați în săpăturile paleontologice, estimările sugerând un minim de 82 de indivizi pentru urși și 25 pentru lupi. Fragmentele osoase mandibulare ale lupilor au fost datate cu radiocarbon pentru a stabili vârsta precisă a acestora. Pentru analiza tafonomică au fost examinate patruzeci și unu de specimene osoase de urs de peșteră care prezentau perforații.

Măsurătorile au fost ulterior comparate cu observațiile făcute pe hiene recente, hiene din Pleistocen și urși bruni. Analiza izotopilor stabili s-a concentrat pe specimene cu >5% colagen și raportul C:N între 2,9 și 3,6.

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

Datele au inclus izotopii $\delta^{15}\text{N}$ și $\delta^{13}\text{C}$ pentru ursul de peșteră, cerbul carpatin, lupul, hiena și leul de peșteră. Factorii de îmbogățire trofică au fost aplicați, iar un model de analiză Bayesian a determinat proporția de urs în dieta lupului.

Rezultatele sugerează suprapunerea vârstelor radiometrice, cu dispariția ursului de peșteră în jurul a 36–34 cal ka și prezența lupilor până cel puțin la 29.4–28.7 ka. Comparația datelor calibrate de radiocarbon pentru urși și lupi a arătat o deosebire semnificativă în distribuțiile lor, susținând modelul de evitare. Cu toate acestea, întâlniri și atacuri sporadice între specii ar fi putut avea loc. În plus, s-a observat o sincronicitate crescută a evenimentelor lupului și ursului în jurul a 35 cal ka, după care urșii dispar din înregistrare (Fig. 16).

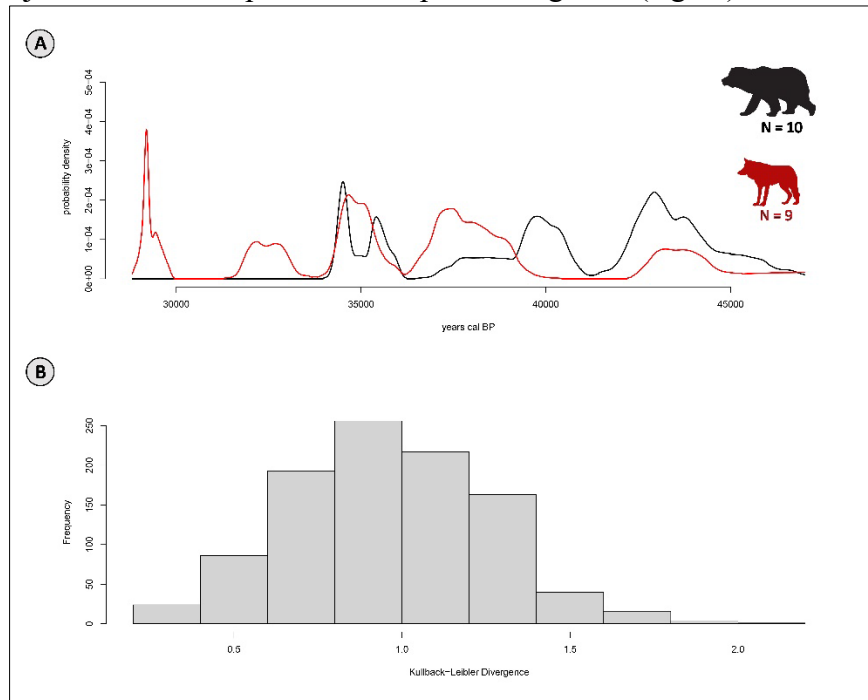


Figura 16. (A) Diagrame de densitate a probabilității însumate pentru datele cu radiocarbon pentru ursul de peșteră și lup. (B) Distribuția valorilor divergenței KLD obținute prin reșantionarea aleatorie a 1.000 de SPD-uri care simulează datele radiocarbonului lupului. Distanța dintre SPD-urile urșilor și lupilor este marcată de o linie roșie.

Analiza tafonomică a implicat măsurarea a 143 de perforații, majoritatea localizate în țesutul spongios, sau în țesutul cortical al oaselor de urs de peșteră. Cele mai multe urme de mușcături au fost identificate pe oasele membrilor urmate de vertebre, coaste și oase pelvine. Rezultatele indică prezența a cel puțin două specii de carnivore responsabile pentru modificările oaselor; *C. lupus* și *C. c. spelaea*, dar nu este exclus și leul de peșteră, *P. spelaea*, chiar dacă nu în aceeași măsură intensivă ca speciile anterioare. Pentru lei de peșteră (N=4), cât și pentru hienă (N=3), MNI este destul de scăzut în comparație cu lupii (MNI=25). Acest fapt, împreună cu numărul mare de perforații de dimensiuni medii pe oasele lungi ale urșilor de peșteră, sugerează că lupul a fost principalul prădător.

Rezultatele analizelor izotopice relevă o distribuție trofică distinctă, hienele și lupii evidențiind cele mai înalte valori medii pentru $\delta^{15}\text{N}$, în timp ce lei de peșteră ocupă o poziție intermediară (Fig. 17). Urșii de peșteră prezintă o variație restrânsă a valorilor pentru $\delta^{15}\text{N}$ și $\delta^{13}\text{C}$, contrastând cu cerbii. Anumite specimene de cerbi au înregistrat valori crescute ale $\delta^{15}\text{N}$, sugestive pentru schimbări în vegetație. Lupii și hienile manifestă comportamente trofice similare, incluzând consumul mixt de pradă, inclusiv cerbi și urși. Analiza LDA conturează diferențe evidente între grupurile de mamifere, în timp ce modelul Bayesian indică faptul că unii urși au fost incluși în dieta lupilor (95% CI: 0.018–0.240).

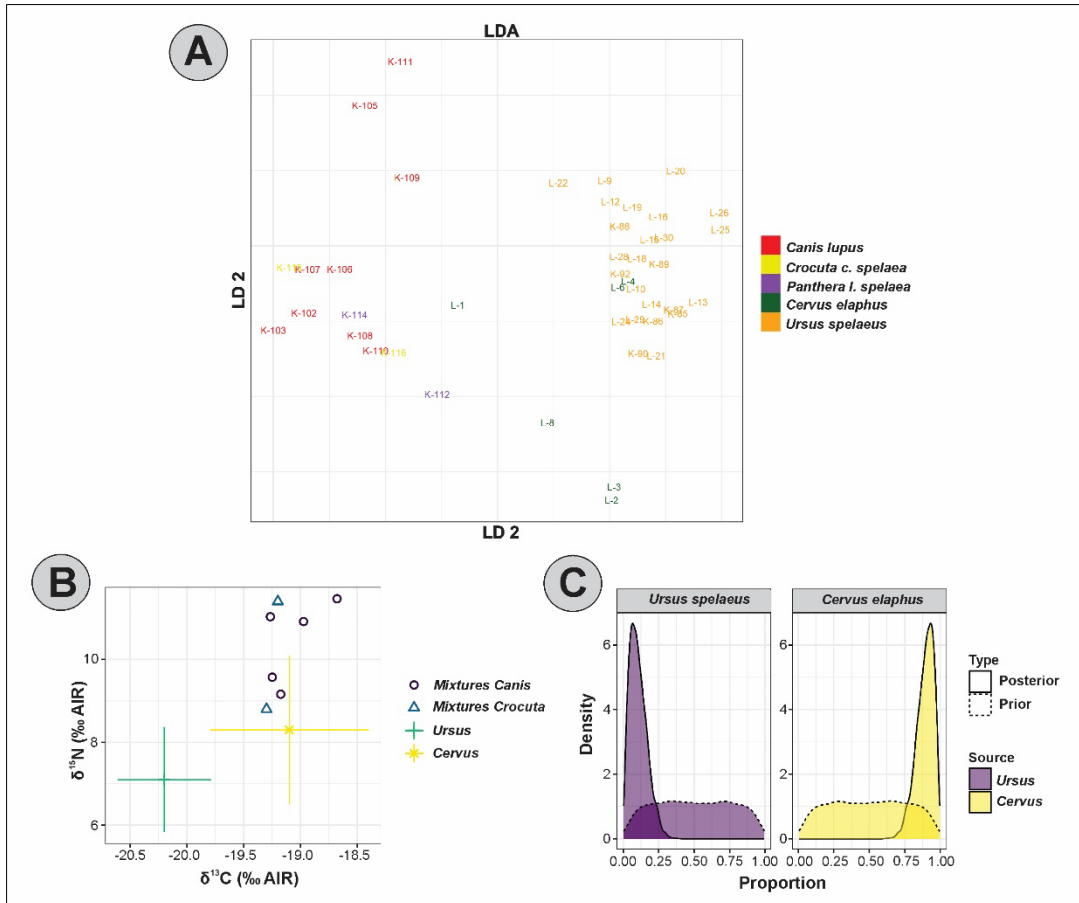


Figura 17. (A) Analiza liniară discriminantă. Biplot care indică o covarianță clară între clasele de lup și urși; (B) Diagrama tracers-plot care afișează numai specimene de înaltă calitate și corectate pentru TEF; (C) valorile anterioare (Dirichlet implicit) și posteroare ale modelului de amestec bayesian pentru sursele de hrană pentru lup (consumatori primari).

Analiza izotopilor stabili cât și evidențele tafonomice respectiv MNI-ul lupilor/urșilor, urmele de mușcătură pe oasele lungi ale ursilor de peșteră și reprezentarea scăzută a altor mari carnivore (din săpătura PMP1), alături de datele radiometrice din Galeria Hades subliniază o relație special, antagonică între aceste specii.

În intervalul 45–34 ka populația de urs de peșteră a suferit o scădere semnificativă numeric, în regiunea studiată, probabil din cauza prădării masive de către speciile carnivore tipice, alături de factori precum schimbările climatice, pierderea diversității genetice și impactul uman.

Rezultatele analizelor tafonomice și de radiocarbon se completează reciproc, oferind o înțelegere mai profundă a distincției dintre thanatocoenoza primară și secundară. Investigarea mediilor nederanjate (paleosuprafețe intacte) cât și analiza integrate a datelor cu caracter crono-paleoecologic a adus contribuții importante pentru obținerea unei perspective mai detaliate asupra paleobiologiei speciilor analizate.

5. Cercetări convergente (în marja INTEGRATE)

5.1 Ecologie și poluare antropică în Holocen

Raportăm primele dovezi ale poluării antropice cu metale grele la un urs brun vechi de 1000 de ani BP din Carpații României, o zonă cunoscută istoric pentru activități metalurgice. Valorile de fond, precum și nivelurile nenaturale ridicate de plumb (Pb), litiu (Li) și zinc (Zn) la un mascul de urs brun în vârstă de aproximativ 5-6 ani sunt detectate folosind hărți de oligo-elemente în dentiția sa funcțională (Fig. 18-dreapta). Transectele elementare

de înaltă rezoluție și secțiunile histologice dezvăluie amploarea sezonieră a variației plumbului, care a avut loc în timpul a cinci veri înregistrate, adică atunci când animalul căuta în mod activ hrana (Fig. 18-stânga). Studiul nostru subliniază impactul activităților industriale timpurii la un omnivor terestru mare, demonstrând că amenințările antropice asupra vieții sălbatice nu au fost determinate exclusiv de vânătoare sau de modificarea peisajului.

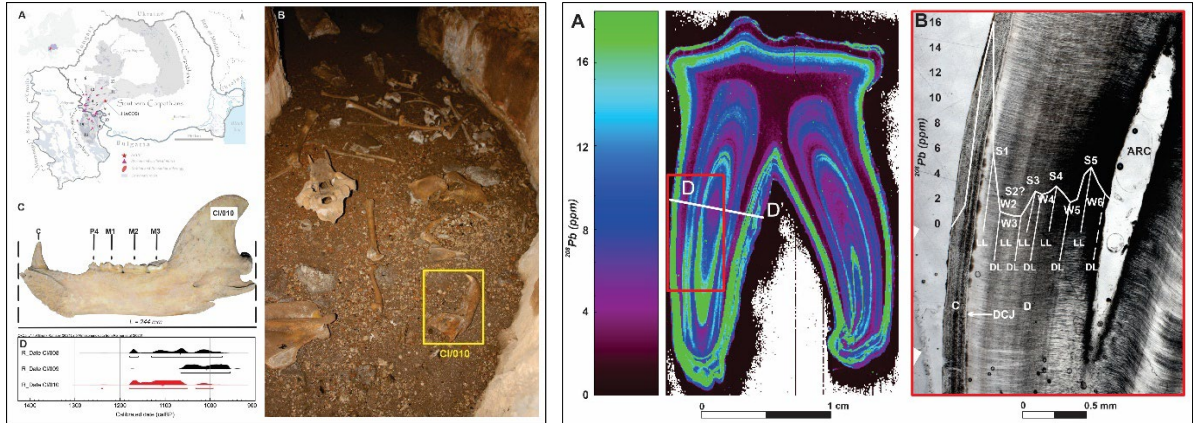


Figura 18. Stânga: Situl studiat, contextul tafonomic și vârsta de radiocarbon obținută pentru specimenul analizat. Dreapta: valorile ne-naturale ale ^{208}Pb obținute pentru dentina premolarului patru, corelate cu sezoanele de activitate biologică și hibernare.

Acest studiu a fost inițial submis la revista *Science* (adq0766) dar a fost respins. Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea, Daniel Vereș, Sebastien Olive, Marius Vlaicu, Philippe Telouk, Jeremy E. Martin. *Earliest evidence for heavy metal poisoning of wildlife in Middle Age Europe*. Între timp, am aplicat toate observațiile/sugestiile făcute de revieweri urmând a retrimite la publicare materialul.

5.2 Oscilații climatice

Sedimentele speleale sunt înregistrări continentale valoroase ale schimbărilor climatice din Cuaternar. Două situri carpatice, Ursilor și Muierilor, care conțin depozite indicative pentru succesiunea evenimentelor Dansgaard-Oeschger (D-O)/Heinrich. Pe baza rezultatelor sedimentologice, geocronologice și paleontologice noi și publicate anterior, am reconstruit activitatea paleohidrologică a două sisteme fluviale din diferite regiuni ale Carpaților Români în timpul Stadiilor Izotopilor Marini (MIS) 3–2. Datele integrate sugerează că atât peșterile, cât și zonele de captare înconjurătoare au suferit inundații severe legate de schimbările climatice din Pleistocenul târziu, în special în timpul MIS 3 și după Ultimul Maxim Glaciar (LGM).

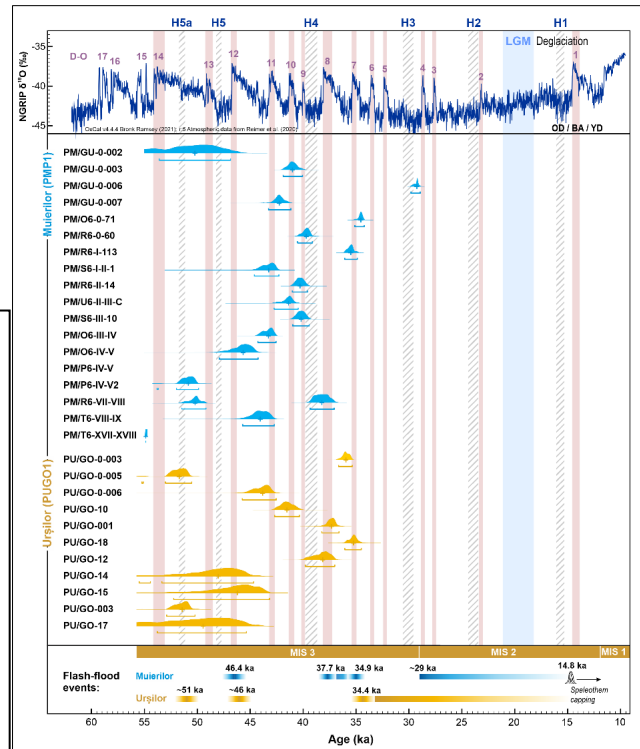
Analiza mărimii și forme sedimentelor din peșteră și vârstele AMS ^{14}C ale resturilor fosile încorporate arată că astfel de inundații masive legate de aceste evenimente au avut loc periodic în Carpați. În Peștera Urșilor: 1) ~ 51 ka; 2) după ~46 ka; 3) după ~34,4 ka; 4) după evenimentul de ~34,4 ka, în timp ce pentru Peștera Muierilor cinci evenimente majore: 1) după ~46,4 ka; 2) după ~37,7 ka; 3) eveniment post~37,7 ka și înainte de eveniment ~34,9 ka; 4) după 34,9 ka și 5) după 29 ka. Aceste strate de sedimente care prezintă faciesuri similare în cele două peșteri au fost cauzate de evenimente bruște de încălzire sau răcire.

Cele mai multe inundații par să fie legate de schimbările climatice rapide, cum ar fi ciclurile D-O, adică de perioadele de lungă durată de precipitații și/sau dezghețarea gheții legate de încălzirea bruscă. Cu toate acestea, în cazul Peșterii Urșilor, se pare că unele inundații au fost mai degrabă legate de interacțiunea dintre oscilațiile bruște reci și calde (de exemplu, evenimentele Heinrich și ciclurile D-O) în timpul MIS 3-2. Au fost înregistrate trei evenimente corespondente documentate în ambele situri: a, b, c. O evaluare atentă a înregistrării sedimentare și a datelor radiocarbonului a fost crucială pentru interpretarea corectă a contextului paleoambiental în care au evoluat peșterile în perioada studiată.

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

Acest studiu este într-un stadiu avansat de elaborare și va fi trimis spre publicare la revista *Sedimentology* (Q1). Marius Robu, Maria-Laura Tîrlă, Ionuț-Cornel Mirea, Luchiana-Maria Faur, Daniel Vereș, Alexandru Petculescu, Marius Vlaicu, Marius Kenesz, Silviu Constantin. *Warm versus cold climate oscillations: evidence of MIS 3-2 flash flood events in the Carpathian karst.*

Figura 19. Calibrarea vârstelor de radiocarbon a resturilor fosile din peșterile Muierilor (albastru; N=18) și Urșilor (galben; N=11) folosind curba de calibrare Intcal20 (Reimer et al., 2020) și Oxcal v.4.4, funcția R_date (Bronk Ramsey, 2009; Panoul superior: date NGRIP de la Lisiecki și Raymo (2005). Cronologia evenimentelor Heinrich este din Bond și Lotti (1995), Rashid și colab. (2003) și Hemming (2004), iar din ciclurile D-O este de la Anderson (2013) și Rasmussen și colab. (2014). Panoul inferior: momentul estimat al producerii inundațiilor în Muierilor și Urșilor.



5.3 Analize mtADN

Scopul principal al acestor analize a fost acela de a identifica taxonomic probe de os, de *U. spelaeus*, de la peșterile Urșilor și Muierilor, pe baza analizei ADN-ului mitocondrial (*mtDNA*). Analizele au fost realizate de colaboratorii noștri, de la Laboratorul de Paleogenetică și Genetica Conservării a Universității din Varșovia. Extracția ADN-ului a fost efectuată urmând protocolul lui Rohland *et al.* (2018). Bibliotecile monocatenare dublu indexate au fost generate urmând protocolul lui Gansauge *et al.* (2020). Această abordare face ca deteriorarea ADN-ului caracteristică pentru ADN-ul vechi să fie limitată la nucleotidele terminale ale moleculelor de ADN. S-a folosit captura de hibridizare (Horn, 2012) pentru a îmbogăți bibliotecile de secvențiere în moleculele de ADN mitocondrial al ursului (*mtDNA*).

Secvențierea a fost efectuată atât cu platformele NovaSeq, cât și cu NextSeq. Citirea secvențierii brute a fost realizată prin filtrarea cu ajutorul AdapterRemoval2 (Schubert *et al.*, 2016). Am utilizat Burrows-Wheeler Aligner (Li & Durbin, 2009) pentru a cartă citirile filtrate la fiecare probă de urs de peșteră (NC_011112) sau urs brun (NC_003427), genomi de referință *mtADN*. Două eşantioane cu cea mai mare acoperire (CB001 și CB007) au fost selectate pentru a genera un arbore filogenetic folosind un set de date inclus în Gratzinger *et al.* (2019). Două specimene modern, identificate ca *Ursus arctos* au fost adăugate ca un grup extern (ID-uri GenBank: HQ685948.1. Secvențele au fost aliniată folosind alinierea MAFFT (Katoh *et al.*, 2002). Probabilitatea Maximă a Filogeniei a fost reconstruită folosind IQtree-2 (Minh *et al.*, 2020). Suportul nodului a fost evaluat folosind un bootstrap ultra-rapid. Topologia arborelui este în concordanță cu rezultatele publicate de Gratzinger *et al.* (2019) cu cele două haplogrupuri majore de *mtADN* desemnate anterior taxonomic ca *Ursus ingressus* și *Ursus spelaeus* (inclusiv *U. s. eremus*, *U. s. ladanicus* și *U. s. spelaeus*) și trei filiații ale *U. ingressus* (grupul Europei de Vest, Central și Sud-Est). Secvențele au fost aliniată folosind alinierea MAFFT (Katoh *et al.*, 2002). Probabilitatea Maximă a Filogeniei a fost reconstruită folosind IQtree-2 (Minh *et al.*, 2020). Suportul nodului a fost evaluat folosind un bootstrap ultra-rapid. Topologia arborelui este în concordanță cu rezultatele publicate de Gratzinger *et al.* (2019) cu cele două haplogrupuri majore de *mtADN* desemnate anterior taxonomic

ca *Ursus ingressus* și *Ursus spelaeus* (inclusiv *U. s. eremus*, *U. s. ladinicus* și *U. s. spelaeus*) și trei filiații ale *U. ingressus* (grupul Europei de Vest, Central și Sud-Est)

Acest studiu este în curs de elaborare avansată și intenționăm publicarea lui la revista Acta Palaeontologica Polonica (Q1/Q2): Cătălina Haidău, Mateusz Bacad, Alicja Kaźmierkiewicz, Barbara Bujalska, Danijela Popović, Marius Robu, 2024-2025. *Genetic analyses of the MIS 3 cave bears from two famous sites from the Romanian Carpathians: Urșilor and Muierilor caves.*

Figura 20. Probabilitate maximă de filogenie a urșilor de peșteră eurasiatici, bazată pe genomi mtDNA. Secvențele din setul nostru de date sunt marcate cu o săgeată.



6. Impactul rezultatelor obținute.

6.1 Publicații (cele mai importante rezultate obținute până în momentul de față):

1. **Robu M.**, Marom, N., **Mirea, I.-C.**, **Faur L.-M.**, **Petculescu A.**, Kenesz, M., Shafir, R., Égüez, N., Constantin S., 2024 *Intraguild interactions among carnivorans of the last glacial: The case of wolves and bears from Muierilor Cave, Romania.* Quaternary Science Reviews, 334:108720. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2024.108720>. (**Robu M.** – autor corespondent, coordinator, autor cu drepturi egale).

2. Duñó-Iglesias, P., Ramírez-Pedraza, I., Rivals, F., **Mirea, I.-C.**, **Faur, L.-M.**, Constantin, S., **Robu, M.**, 2024. *Palaeodiet during the pre-dormancy period of MIS 3 Romanian cave bears as inferred from dental microwear analysis.* Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 636: 111988. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2023.111988>. (**Robu M.** – autor corespondent, coordinator, autor cu drepturi egale).

6.2 Conferințe/Simpozioane

1. **Ionuț-Cornel Mirea, Marius Robu, Alexandru Petculescu, Luchiana-Maria Faur,** Laura Tirlă, Silviu Constantin. *Late Pleistocene climate variability in the Southern Carpathians: Insights from Muierilor Cave (Romania).* Geographical Perspectives on Global Changes, 18-19 Noiembrie 2022, București, Romania.

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

2. **Ionuț-Cornel Mirea, Marius Robu, Alexandru Petculescu**, Marius Kenezs, **Luchiana-Maria Faur**, Răzvan Arghir, Vlad Codrea, Silviu Constantin. *Reconstructing the evolution of Muierilor cave system (Romanian Carpathians) during the last ~120 ka*. Interdisciplinary Archaeology: Methods, Studies, Results, 15-17 August 2022, Orheiul Vechi, Republica Moldova.
3. **Ionuț-Cornel Mirea, Marius Robu, Alexandru Petculescu, Luchiana-Maria Faur**, Silviu Constantin. *Deciphering climate variability by studying Late Pleistocene cave infillings. Case study: Muierilor Cave, Romania*. XXI INQUA Congress 2023, 14-20 Iulie 2023, Sapienza University of Rome, Italia.
4. **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea**, Theodor Obadă, Vitalie Burlacu. *The taphonomy of the MIS 3 cave bear bone assemblages from several key sites of the Republic of Moldova*. Conferința Științifică - Istorie - Arheologie - Muzeologie - a Muzeului Național De Istorie a Moldovei (ediția a XXXIII-a) 26-27 octombrie 2023, Chișinău (Republica Moldova).
5. Ștefan Vasile, **Alexandru Petculescu**, Valentin Dumitrașcu, **Marius Robu**, Marian Cosac, George Murătoareanu, Daniel Vereș. *Asociațiile de vertebrate fosile din siturile paleolitice din Cheile Vârghișului (Carpații Orientali, România) – stadiul actual al cunoștințelor*. Simpozionul Național „Grigore Cobălcescu”, 28 octombrie 2023, Iași.
6. Daniel Vereș, Marian Cosac, George Murătoareanu, Ștefan Vasile, **Alexandru Petculescu**, Valentin Dumitrașcu, **Marius Robu**, Loredana Niță. *Middle Palaeolithic cave sequences in Eastern Transylvania, Romania*. Wokshop Karsthives 2, 20-21 Aprilie 2023, Chișcău (Bihor).
7. **Ionuț-Cornel Mirea, Marius Robu, Alexandru Petculescu**, Marius Kenezs, **Luchiana-Maria Faur**, Răzvan Arghir, Silviu Constantin. *Late Pleistocene climate evolution in the Southern Carpathians recorded by cave deposits from Muierilor cave system (Romania)*. Wokshop Karsthives 2, 20-21 Aprilie 2023, Chișcău (Bihor).
8. **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea, Alexandru Petculescu**, Marius Kenezs, **Luchiana-Maria Faur**, William Pestle, Peter K. Swart, Silviu Constantin. *Palaeodiet and palaeoecology of a complex Late Pleistocene mammal association in the Romanian Carpathians*. Wokshop Karsthives 2, 20-21 Aprilie 2023, Chișcău (Bihor).
9. **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea, Alexandru Petculescu**, Marius Kenezs, **Luchiana-Maria Faur**, Laura Tîrlă, Oana-Teodora Moldovan, Silviu Constantin. *Cave bear of Romania – A comprehensive view*. Wokshop Karsthives 2, 20-21 Aprilie 2023, Chișcău (Bihor).
10. Paulo Duñó-Iglesias, Iván Ramírez-Pedraza, Florent Rivals, **Ionuț-Cornel Mirea, Luchiana-Maria Faur**, Silviu Constantin, **Marius Robu**. *The similar omnivorous diet of MIS 3 cave bears and extant brown bears in the Carpathians: Implications for a broadleaf-forest bear glacial refugia*. 65th Annual Meeting, 2–6 Aprilie, 2024 in Weimar, Germania.

6.2 Publicații în curs de realizare (în cadrul INTEGRATE)

1. **Marius Robu, Luchiana-Maria Faur, Andra Ilie**, Laurențiu Angheluță. *Photogrammetry of MIS 3 cave bear mandibles – how to properly document fossils prior to destructive sampling* [85% grad de realizare; jurnal vizat: ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing (P&RS; Q1)].
2. Cătălina Haidău, Mateusz Baca, Alicja Kaźmierkiewicz, Barbara Bujalska, Danijela Popović, **Marius Robu**, 2024-2025. *Genetic analyses of the MIS 3 cave bears from two famous sites from the Romanian Carpathians: Urșilor and Muierilor caves* [75% grad de realizare; jurnal vizat: *Acta Palaeontologica Polonica* (Q1/Q2)].

PN-III-P1-1.1-TE-2021-0187

3. **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea, Alexandru Petculescu**, Marius Kenesz, **Luchiana Faur**, William Pestle, Peter K. Swarf and Silviu Constantin. *Palaeodiet and palaeoecology of a complex Late Pleistocene mammal association in the Romanian Carpathians* [95% grad de realizare; jurnale vizate: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* sau *Palaeontology* (Q1)].

4. **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea**, Daniel Vereș, Sebastien Olive, **Marius Vlaicu**, Philippe Telouk, Jeremy E. Martin. *Earliest evidence for heavy metal poisoning of wildlife in Middle Age Europe* [95% grad de realizare; jurnal vizat: *Proceedings Royal Society B* (Q1)].

5. **Marius Robu**, Maria-Laura Tîrlă, **Ionuț-Cornel Mirea, Luchiana-Maria Faur**, Daniel Vereș, **Alexandru Petculescu, Marius Vlaicu**, Marius Kenesz, Silviu Constantin. *Warm versus cold climate oscillations: evidence of MIS 3-2 flash flood events in the Carpathian karst* [95% grad de realizare; jurnal vizat: *Sedimentology* (Q1)].

6. **Marius Robu, Ionuț-Cornel Mirea**, Florent Rivals, Roman Croitor, Paulo Duñó-Iglesias, Iván Ramírez-Pedraza, Laëtitia Demay, **Marius Vlaicu**, Theodor Obadă, Vitalie Burlacu. *The paleoecology of the late Pleistocene large mammals from Grotta Duruitoarea Veche, Republic of Moldova* [35% grad de realizare; jurnal vizat: *Quaternary international* (Q2)].

7. Website INTEGRATE: <https://www.eris-integrate.com/>

Director Proiect,

Dr. Marius Robu

