

Arheologija okoliša i paleoekologija : palinologija, arheobotanika, arheozoologija, geoarheologija

Andrič, Maja; Tolar, Tjaša; Radović, Siniša; Toškan, Borut; Gerometta, Katarina

Authored book / Autorska knjiga

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Publication year / Godina izdavanja: **2024**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:137:266184>

<https://doi.org/10.3986/9789533770512>

Rights / Prava: [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**



Repository / Repozitorij:

[Digital Repository Juraj Dobrila University of Pula](#)

Maja Andrič, Tjaša Tolar
Siniša Radović, Borut Toškan
Katarina Gerometta

ARHEOLOGIJA OKOLIŠA I PALEOEKOLOGIJA

Palinologija, arheobotanika,
arheozoologija, gearheologija



Arheologija okoliša i paleoekologija: palinologija, arheobotanika,
arheozoologija, geoarheologija

Maja Andrič, Tjaša Tolar, Siniša Radović, Borut Tožkan, Katarina Gerometta

Naslov **Arheologija okoliša i paleoekologija: palinologija, arheobotanika, arheozoologija, geoarheologija**

Izdavači Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Pula; ZRC SAZU, Ljubljana

Za izdavače Marinko Škare, Oto Luthar

Autori Maja Andrič, Tjaša Tolar, Siniša Radović, Borut Toškan i Katarina Gerometta

Urednica Katarina Gerometta

Crteži Tamara Korošec

Fotografije Drago Valoh, Marko Zaplatil, Maja Andrič, Tjaša Tolar, Katarina Gerometta, Giovanni Boschian

Oblikovanje tabli

Tamara Korošec, Katarina Gerometta

Naslov izvornika Okoljska arheologija in paleoekologija: palinologija, arheobotanika in arheozoologija
ISBN 978-961-254-872-8

Prijevod Marija Kefelja (palinologija, arheobotanika) Katarina Gerometta,
Siniša Radović (arheozoologija)

Lektura Ivan Baričević

Korektura Maja Andrič, Tjaša Tolar, Siniša Radović, Borut Toškan, Katarina Gerometta

Grafičko oblikovanje i prijelom

Andrej Glücks, Design UP

Recenzentice Tina Milavec, Rajna Šošić-Klindžić

Autor fotografije na naslovnici

Fabian Welc

Tisak Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Pula

Naklada 100

Godina izdanja 2024.

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Sveučilišne knjižnice u Puli,
pod brojem 160107087

ISBN 978-953-377-050-5 (tiskano izdanje)

ISBN 978-953-377-051-2 (PDF)

Znanstvena autorska knjiga objavljena je na temelju Odluke Odbora za izdavačku djelatnost Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli, KLASA: 611-04/24-01/14, URBROJ: 143-01-15-24-1 od 21. svibnja 2024. godine.

Digitalna verzija (pdf) je besplatno dostupna pod uvjetima licence CC BY-NC-ND 4.0:

<https://doi.org/10.3986/9789533770512>

Izdavanje monografije sufinancirali su

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske akademije znanosti in umetnosti
(ZRC SAZU, Inštitut za arheologijo)

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Filozofski fakultet u Puli

Javna agencija za raziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS)

Arheologija okoliša i paleoekologija: palinologija, arheobotanika, arheozoologija, geoarheologija

Maja Andrič, Tjaša Tolar, Siniša Radović,
Borut Toškan, Katarina Gerometta



Založba ZRC



Sveučilište Jurja Dobrile u Puli

Pula 2024.

SADRŽAJ

PREDGOVOR.....	9
----------------	---

I. dio OPĆENITO

1. PALINOLOGIJA (Maja Andrič)

1.1 Povijest istraživanja.....	15
1.2 Nastanak i građa peludnih zrnaca.....	17
1.3 Tafonomija – u kakvim će se uvjetima pelud očuvati i kako nastaje fosilni peludni zapis?.....	20
1.4 Uzorkovanje i pohrana uzoraka.....	24
1.5 Laboratorijska priprema uzoraka.....	30
1.6 Analiza uzoraka: identifikacija i kvantifikacija peluda, opis sedimenta, utvrđivanje koncentracije mikroskopskog ugljena i starosti sedimenta.....	37
1.7 Interpretacija palinoloških rezultata.....	43

2 ARHEOBOTANIKA (Tjaša Tolar)

2.1 Povijest istraživanja.....	54
2.2 Vrste biljnih makroostataka s arheoloških nalazišta.....	57
2.3 Tafonomija.....	67
2.4 Uzorkovanje i pohrana uzoraka.....	71
2.5 Laboratorijska priprema uzoraka.....	77
2.6 Analiza biljnih makroostataka: razvrstavanje, identifikacija, kvantifikacija.....	82
2.7 Intepretacija arheobotaničkih rezultata.....	88

3 ARHEOZOLOGIJA (Borut Toškan i Siniša Radović)

3.1 Povijest istraživanja.....	93
3.2 Vrste arheozooloških ostataka.....	97
3.3 Tafonomija.....	107
3.4 Uzorkovanje i pohrana uzoraka.....	112
3.5 Laboratorijska priprema uzoraka.....	118
3.6 Analiza arheozooloških ostataka: određivanje, opis i kvantifikacija.....	121
3.7 Interpretacija arheozooloških rezultata.....	138

4 GEOARHEOLOGIJA (Katarina Gerometta)

4.1 Povijest istraživanja.....	145
4.2 Arheološke taložine.....	148
4.3 Tlo.....	151
4.4 Arheološka stratigrafija.....	156
4.5 Uzorkovanje i pohrana uzoraka.....	158
4.6 Geoarheološka analiza: granulometrija i mikromorfologija.....	160
4.7 Interpretacija geoarheoloških rezultata.....	170

II. dio PRIMJERI PALEOOKOLIŠNIH ISTRAŽIVANJA

UVOD.....	181
Taksonomija biljaka i životinja.....	181
Vremenski slijed.....	183
1 ODABIR ODGOVARAJUĆIH OSNOVNIH METODA RADA	
1.1 Utjecaj broja uzoraka na kvalitetu palinološkog istraživanja (Palinologija)	189
1.2 Uzorkovanje za potrebe arheobotaničkih istraživanja (Arheobotanika).....	198
1.3 Odgovarajuće metode rada s uzorcima sedimenata natopljenih vodom (Arheobotanika).....	206
1.4 Važnost uzorkovanja mokrim prosijavanjem u arheozoologiji (Arheozoologija).....	208
1.5 Osnovne strategije uzorkovanja u geoarheologiji (Geoarheologija).....	215
2 NEKE SU BILJKE U FOSILNOM ZAPISU UOČLJIVIJE OD DRUGIH	
2.1 Ledenodobne srednjoeuropske šume (Palinologija).....	221
2.2 Mogućnosti i ograničenja palinoloških istraživanja vlažnih konteksta na arheološkim nalazištima (Palinologija).....	223
2.3 Raspon arheobotaničkih ostataka iz karboniziranih i vodom natopljenih sedimenata (Arheobotanika).....	229
2.4 Previsoka ili preniska zastupljenost nekih biljnih taksona (Arheobotanika).....	231
3 DIVLJE ILI UDOMAČENO/KULTIVIRANO?	
3.1 Koliko je pelud pouzdan pokazatelj početaka kultivacije žitarica? (Palinologija).....	238
3.2 Ampelomorfologija (Arheobotanika).....	241
3.3 Obični ili pravi lan (<i>Linum usitatissimum</i>) kultiviran kao uljarica ili kao tekstilna biljka? (Arheobotanika).....	245
3.4 Suvremeni pristupi istraživanju početaka pripitomljavanja životinja (Arheozoologija).....	246
4 NEKADAŠNJE GOSPODARSTVO: UTJECAJ I PRILAGODBA ČOVJEKA NA OKOLIŠ	
4.1 Nastanak neolitičkog i današnjeg kulturnog krajolika u Beloj krajini (Palinologija).....	253
4.2 Rana poljoprivreda tijekom postojanja alpskih sojeničkih naselja (Arheobotanika).....	262
4.3 Ranoneolitičko specijalizirano ovčarstvo na istočnom Jadranu (Arheozoologija).....	272
4.4 Špilje u prapovijesnom agropastoralnom sustavu (Geoarheologija).....	279
5 PALEOOKOLIŠ	
5.1 Kasno glacijalna i holocenska vegetacija u Ljubljanskom barju te utjecaj stanovnika sojeničkih naselja na nekadašnji okoliš (Palinologija).....	285
5.2 Vodom natopljeni arheobotanički makroostaci otkrivaju više (Arheobotanika).....	291

5.3 Mali sisavci kao alat za prepoznavanje promjena u paleookolišu (Arheozoologija)	295
5.4 Špiljski sedimenti, klimatski uvjeti i promjene u okolišu (Geoarheologija)	300
6 KLIMATSKE I EKONOMSKE PROMJENE U PROSTORU I VREMENU	
6.1 Utjecaj klime na vegetaciju (Palinologija)	307
6.2 Govedarstvo u jugoistočnim Alpama tijekom uspona i pada Rimskog Carstva (Arheozoologija)	320
7 INFORMATIVNA VRIJEDNOST PREMA PROCJENI PRIKUPLJENIH UZORAKA	
7.1 Fosilni izmet ili koproliti (Arheobotanika)	329
7.2 Materijal otkriven u predmetu izrađenom od nepotpuno pečene gline (Arheobotanika)	334
7.3 Ostaci tekstila, konopca ili niti (Arheobotanika)	336
8. ARHEOZOLOGIJA I ZOOARHEOLOGIJA	
8.1 O kultu špiljskoga medvjeda (Arheozoologija)	341
9 PRIMJERI ARHEOBOTANIČKIH I PALINOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOJ	
9.1 Arheobotanička istraživanja podmorskih nalazišta u Hrvatskoj: primjer s podvodnog rimskog arheološkog lokaliteta uvale Bijeca (Arheobotanika)	347
9.2 Palinološka istraživanja u Hrvatskoj: primjer Čepićkog polja (Palinologija)	352
LITERATURA	357
POJMOVNICI	
Pojmovnik stručnih izraza	439
Pojmovnik engleskih stručnih izraza	452
PRILOZI	454

Predgovor

Ova je knjiga nastala na prijedlog dviju autorica - Tjaše Tolar i Maje Andič - kao izmijenjeno i prošireno izdanje njihova djela na slovenskome jeziku *Okoljska arheologija in paleoekologija: palinologija, arheobotanika in arheozoologija* (Andrič i sur. 2016). Knjiga objedinjuje znanstvena istraživanja iz područja arheologije okoliša, prvenstveno ona koja su autori proveli na prostoru Slovenije i Hrvatske.

Istraživanje biljnih i životinjskih ostataka te sedimenata s arheoloških nalazišta ima u Hrvatskoj i Sloveniji dugu tradiciju čiji počeci sežu u drugu polovicu 19. stoljeća. Iako je većina lokalnih arheologa takve prirodoslovne analize desetljećima smatrala tek pukim zanimljivim dodacima te ih u interpretacijama istraženih nalazišta zapravo nije pretjerano uvažavala, od druge polovice 20. stoljeća i na tom se području vidi kontinuirani napredak. Jedan od prvih nagovještaja takvih promjena u Sloveniji predstavlja rad Ivana Turka (npr. Turk i Dirjec 1988-89; 1990; 1991; Turk i sur. 1992; 1993), dok su u Hrvatskoj to bila prvenstveno paleontološka i geološka istraživanja Mirka Maleza (npr. Malez i Rukavina 1975; Malez 1979a; Malez 1979b; Malez i sur. 1984).

Iako su interdisciplinarni članci i monografije koji uključuju prirodoslovne znanstvene analize sve brojniji, nažalost, u praksi se pokazalo da puka želja za ravnopravnijim uključivanjem prirodoslovlja u arheološka istraživanja često nije dovoljna zbog nedovoljnog poznavanja osnovne problematike kojima se palinologija, arheobotanika, arheozoologija i geoarheologija mogu baviti te zamki koje se skrivaju pri uzorkovanju arheobioloških i geoarheoloških nalaza.

Pripremajući knjigu, težili smo trima ciljevima. Kao prvo, željeli smo obogatiti vrlo skromnu ponudu znanstvenih knjiga na hrvatskome jeziku koje objedinjuju palinološku, arheobotaničku, arheozoološku i geoarheološku problematiku i time ujedno pridonijeti razvoju hrvatske stručne terminologije. Jedan od povoda za pripremu ove knjige jest i osnivanje studija arheologije na Sveučilištu Jurja Dobrile Puli i potreba za literaturom ove tematike na hrvatskom jeziku. Ova znanstvena knjiga tako može poslužiti kao sveučilišni udžbenik na prijediplomskom i diplomskom studiju arheologije

te se nadamo da će se njime uspješno koristiti i studenti drugih znanstvenih disciplina (npr. biologije, geologije, geografije, šumarstva, zaštite okoliša itd.).

No, djelo nikako nije namijenjeno samo studentima! Nadamo se da će pomoći i već aktivnim istraživačima te da će pridonijeti postupnom uklanjanju „šumova u komunikaciji” koji prečesto opterećuju odnos između (terenskih) arheologa te bio- i geoarheologa. Osim cjelovitog, ali jednostavnog predstavljanja teorijskih osnova palinologije, arheobotanike, arheozoologije i geoarheologije, njihovih glavnih metodoloških prednosti i ograničenja te brojnih konkretnih primjera istraživanja iz područja arheologije okoliša, nadamo se da će ova knjiga biti zanimljiva i istraživačima iz drugih područja znanosti, bilo kao poticaj za primjenu takvih studija u njihovu istraživačkom radu, ili jednostavno kao pomoć u širenju njihovih obzora.

Treća je ciljana publika nestručna zainteresirana javnost. Činjenica je da su zbog manjeg broja aktivnih istraživača na palinološkom, arheobotaničkom, arheozoološkom i geoarheološkom području kod nas rezultati takvih istraživanja široj javnosti slabije poznati. Većina je objava naime namijenjena drugim istraživačima te se javlja u obliku znanstvenih članaka i monografija. Do sada se pojavilo i nekoliko objava na području popularne znanosti (vidi npr. u Balen, Hršak, Šošić Klindžić [ur.] 2014; Janković, Komšo, Mihelić i Ahern [ur.] 2017), koju čita najšira publika. Ova bi knjiga trebala dodatno doprinijeti razumijevanju važnosti prirodoslovnih istraživanja u arheologiji.

Knjiga je u organizacijskom smislu podijeljena na dvije cjeline. Prvi, opći dio posvećen je teorijskom predstavljanju svake od četiriju znanstvenih disciplina. Predstavljene su osnovne vrste palinoloških, arheobotaničkih, arheozooloških i geoarheoloških nalaza, uvjeta u kojima se bioarheološki nalazi talože te očuvaju u sedimentu, a slijedi predstavljanje glavnih istraživačkih metoda i najvažnijih interpretacijskih okvira. Pri tome su pojedini naglasci koji su osobito važni za razumijevanje teksta, predstavljeni u nešto proširenu obliku, kao npr. tzv. uokvireni tekstovi (vidi npr. str. 38). U drugom dijelu knjige, koji nosi naslov *Primjeri paleookolišnih istraživanja*, kratko su prikazana istraživanja iz Slovenije, Hrvatske i iz drugih zemalja. Njima je opisana primjena arheologije okoliša u različitoj, za arheologiju važnoj problematici (npr. nekadašnje gospodarstvo, kultivacija biljaka i domestikacija životinja, paleookoliš), a ujedno i zorno potvrđuju već u prvom dijelu naglašenu važnost odabira odgovarajuće osnovne metode rada. Opisanoj strukturi knjige prati i korišten način citiranja pojedinih poglavlja, npr. I. dio/2.1 (tj. poglavlje 2.1 u prvom, općem dijelu knjige) ili II. dio/4.1 (tj. poglavlje 4.1 u drugom dijelu). Suprotno tome, pri citiranju uokvirena teksta naveden je odgovarajući broj stranice (npr. vidi uokvireni tekst na str. 89).

Važan dio knjige jest i bogat popis temeljne literature koja nudi produbljeni uvid u svaku od predstavljenih problematika. Na posljednjim stranicama nalazi se pojmovnik sa stručnim pojmovima koji su čitatelju možda nešto manje poznati (u tekstu su zapisani podebljanim slovima) i popis hrvatskih izraza prevedenih s engleskog jezika,

koji se na našem prostoru nisu još dovoljno afirmirali, a specifični su za svaku od predstavljenih znanstvenih disciplina.

Uz prijevod tekstova preuzetih iz slovenskog izdanja knjige *Okoljska arheologija in paleoekologija: palinologija, arheobotanika in arheozoologija* (Andrič i sur. 2016), autora Maje Andrič, Tjaše Tolar i Boruta Toškana, dodana su nova poglavlja – arheozoologiju je svojim istraživanjima nadopunio Siniša Radović koji je ujedno i terminološki uskladio sva arheozoološka poglavlja; geoarheološki dio knjige je napisala Katarina Gerometta, a Maja Andrič i Tjaša Tolar dodale su novo poglavlje o svojim palinološkim i arheobotaničkim istraživanjima u Hrvatskoj.

Na kraju kao autori želimo zahvaliti svim suradnicima koji su pomogli u nastanku ove knjige. To osobito vrijedi za dizajnere ilustracija Tamaru Korošec i Dragutina Valoha, prevoditeljicu Mariju Kefelja, lektora Ivana Baričevića. D. Valoh je uz Marka Zaplatila i autora knjige zaslužan za većinu fotografija, a Andrej Glucks je izradio prijelom knjige. U svim ostalim primjerima autori ilustracija navedeni su u opisu pojedine ilustracije. Posebnu zahvalu upućujemo recenzenticama Tini Milavec i Rajni Šošić Klindžić. Zahvaljujemo i izdavačima Sveučilištu Jurja Dobrile u Puli i Inštitutu za arheologiju ZRC SAZU, koji su prepoznali važnost arheologije okoliša u arheološkim istraživanjima.

I. dio
OPĆENITO

1 Palinologija

Palinologija je znanstvena disciplina koja se bavi analizom cvjetnog praha (peluda) i spora nekadašnjih i sadašnjih biljaka. Najveći broj palinologa proučava **fosilna** peludna zrnca (paleopalinologija), koja su se u prošlosti taložila u jezerima i močvarama, na temelju kojih možemo pretpostaviti tijek razvoja vegetacije. U suradnji s drugim znanstvenim disciplinama proučavamo i utjecaj čovjeka, klimatskih promjena i drugih okolišnih procesa na vegetaciju da bismo bolje razumjeli zašto i kako se mijenja(o) nekadašnji i sadašnji krajolik. Osim za proučavanje nekadašnje vegetacije što je predstavljeno u ovoj knjizi, palinološka istraživačka metoda može se primijeniti i na brojnim drugim područjima; spomenimo samo neka od njih: **aeropalinologija**, **taksonomija**, **genetika**, agronomija, pčelarstvo (**melisopalinologija**), geologija (**paleontologija**, naftna stratigrafija), ekologija i kriminalistika.

1.1 Povijest istraživanja

Palinologija je razmjerno mlada znanstvena disciplina, a njen razvoj povezan je s razvojem mikroskopije. Prvo mikroskopsko promatranje peludnih zrnaca seže u 19. stoljeće, a s prvim pravim palinološkim istraživanjima započelo se 1916. godine, kada je L. von Post na predavanju u Oslu predstavio prvi peludni dijagram (Faegri i Iversen 1989). Palinolozi su isprva proučavali cvjetni prah s cretova sjeverne Europe da bi spoznali nekadašnju vegetaciju i klimu. Zbog širenja istraživanja u druge dijelove Europe, gdje su prevladavala jezera i močvare sa **sedimentima** s nešto većim udjelom minerala, bilo je potrebno poboljšati palinološki laboratorijski postupak. Palinolozi su za uklanjanje silikata počeli upotrebljavati fluorovodičnu kiselinu (Assarson i Granlund 1924), a za uklanjanje celuloze acetolizu (Erdtman 1934). Nova je metoda, osim analize sedimenata s nešto većim udjelom minerala, omogućila i prebrojavanje većeg broja peludnih zrnaca u uzorku (Faegri i Iversen 1989).

S razvojem znanstvene discipline mijenjala su se i istraživačka pitanja. Dok je Von Post po osnovnoj izobrazbi bio geolog, koga su poglavito zanimali nekadašnja vegetacija, **stratigrafija** i klima, u tridesetim godinama 20. stoljeća palinologijom se počelo baviti sve više botaničara, koji su se posvetili novim istraživačkim temama, kao što su povijest razvoja šume, otvorenost krajolika (omjer između peluda stabala i drugih biljaka, Firbas 1934) i promjene u vegetaciji s prelaskom na zemljoradnju u neolitiku (Iversen 1941). Uvođenjem **radiokarbonskog datiranja** (Arnold i Libby 1951) i razvojem geokemijskih metoda (npr. analiza **stabilnih izotopa** kisika, Shackleton i Opdyke 1973) te multidisciplinarnih istraživačkih pristupa, stratigrafska palinologija počela je gubiti prvenstvo kod utvrđivanja starosti sedimenata i u paleoklimatološkim studijama.

U posljednjim desetljećima palinologija je doživjela razvoj na brojim područjima, npr. u primjeni matematičkih metoda za analizu palinoloških podataka (Birks i Gordon 1985; Birks i sur. [ur.] 2012) i uspoređivanju peluda s vegetacijom u okolišu (Bradshaw i Webb 1985), modeliranju širenja peluda (npr. Sugita 1994), proučavanju bioraznolikosti i očuvanja prirode (Willis i Birks 2006) te u genetici i biogeografiji (Petit i sur. 2003; Cheddadi i sur. 2006; Magri i sur. 2006). Također, sve su češći multidisciplinarni istraživački pristupi, unutar kojih palinolozi u suradnji s istraživačima iz drugih znanstvenih disciplina proučavaju uzroke (klima, utjecaj čovjeka ili drugi **ekološki** čimbenici) promjena u vegetaciji. Cilj palinologije stoga već duže vrijeme nije samo rekonstrukcija nekadašnje vegetacije već nastojim što bolje razumjeti procese u okolišu i međusobnu ovisnost čimbenika koji oblikuju nekadašnji, sadašnji i budući krajolik. Neki od primjera takvih istraživanja predstavljani su u drugom dijelu knjige.

Palinološka istraživanja u Sloveniji nisu osobito zaostajala za skandinavskim. Već 1923. godine prve je peludne analize u Sloveniji proveo F. Firbas (Firbas 1923). On je u Ljubljanskom barju, u slojevima treseta iznad jezerske krede (koju je smatrao ledenodobnom) analizirao peludni zapis kako bi proučio povijest razvoja **holocenske** šumske vegetacije (Šercelj 1996). Nakon Drugog svjetskog rata s peludnom analizom nastavila je A. Budnar-Tregubov, koja je proučila profil iz Nevelja kod Kamnika, močvare na Pokljuci i Pohorju te slojeve ugljena u Kanižarnici i Kočevju (Budnar-Lipoglavšek 1944; Budnar-Tregubov 1958; 1961).

Godine 1954. unutar Sekcije za arheologiju Slovenske akademije znanosti i umjetnosti (SAZU) ustanovljen je palinološki laboratorij, koji je vodio A. Šercelj. On se uvelike bavio postglacijalnim razvojem vegetacije u Sloveniji i proučavanjem šumskih faza južno od Alpa. Palinološka istraživanja i analize makroskopskog ugljena i drva s arheoloških nalazišta provodila su se u cijeloj Sloveniji (Šercelj 1996; Culiberg i Zupančič 2002). Najveći broj istraživanja **pleistocenskih** i holocenskih sedimenata provodio se u Ljubljanskom barju, gdje su između 1959. i 1962. godine bile izbušene dvije, po 105 i 117 metara duboke geološke bušotine, od kojih se za najstariju pretpostavlja da pripada razdoblju mindelskog stadijala (Šercelj 1965; 1966; Grimšičar

i Očepek 1967; Pohar i sur. 2022). U objema bušotinama izmjenjivali su se slojevi šljunka, pijeska i gline (s različitom količinom karbonata i organske tvari), brojni su sadržavali i pelud. Na temelju tih podataka Šercelj je rekonstruirao nekadašnji okoliš (vegetaciju, posredno i klimu) i tektonsku dinamiku Ljubljanskog barja (Šercelj 1965).

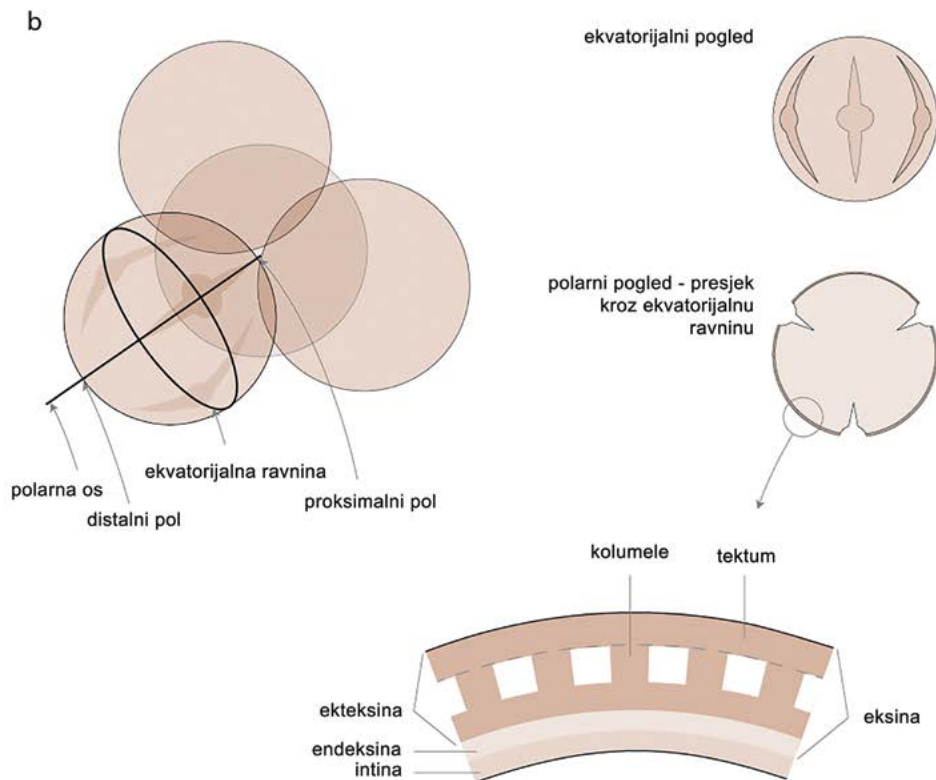
Važna su bila i istraživanja mnogo mlađih slojeva s arheoloških nalazišta koja su se, u bliskoj suradnji s arheolozima, nastavila i nakon 1979. godine, kada se palinološki laboratorij premjestio na Institut za biologiju SAZU-a (današnji Biološki institut Jovana Hadžija ZRC SAZU). U sedamdesetim godinama 20. stoljeća istraživanjima peluda, drva i ugljena s arheoloških nalazišta počela se baviti i M. Culiberg, koja je u Sloveniji uvela novu istraživačku metodu – analizu sjemenki i plodova s arheoloških nalazišta (npr. Culiberg 1988; 1991; Culiberg i Šercelj 1980; 1991; vidi I. dio/2.1.). Osobito bogati makroskopskim ostacima biljaka pokazali su se kulturni slojevi sojeničkih naselja u Ljubljanskom barju.

Godine 2003. na Institutu za arheologiju Znanstveno-istraživačkog centra Slovenske akademije znanosti i umjetnosti (SAZU) uspostavljen je palinološki laboratorij u kojem proučavamo **kasnoglacijalnu** i holocensku vegetaciju te utjecaj čovjeka na okoliš u različitim arheološkim razdobljima (internetska stranica: <http://iza2.zrcsazu.si/oddelek/9279#v>; <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelki/palinologija/>).

Najmlađe palinološke znanstvene discipline u Sloveniji jesu melisopalinologija i aeropalinologija. Od 1996. godine nadalje program praćenja i predviđanja opterećenosti zraka alergenim cvjetnim prahom te istraživanja na tom području provodi A. Kofol Seliger s Instituta za očuvanje zdravlja Republike Slovenije, dok se pak A. Kandolf iz Pčelarskog društva Slovenije bavi analizom cvjetnog praha u medu.

1.2 Nastanak i građa peludnih zrnaca

Peludna zrnca nastaju u prašnicama **cvjetnjača**, koji predstavljaju muški spolni organ cvijeta. U njima **mejotičkom diobom** majčinskih stanica sporogenog tkiva nastanu tetrade, koje se sastoje od četiriju **haploidnih** mikrospora (slika 1). Tetrade se razvijaju u četiri peludna zrnca koja sadrže nasljedni zapis biljke. Kada pelud sazrije, stijenke prašnika puknu, pelud se oslobodi i zrakom prenosi do ženskog dijela cvijeta (njuške cvjetnog tučka), gdje dolazi do oprašivanja nakon kojeg slijedi oplodnja (peludna jezgra sjedini se s jajašcem). Kod nekih se biljaka pelud do tučka prenosi vjetrom (anemofilne biljke), druge pak cvjetove oprašuju kukci (entomofilne biljke). Kod prenošenja vjetrom brojna peludna zrnca izgube se ne dospjevši do njuške, zbog čega anemofilne biljke moraju proizvesti veliku količinu peluda. U pojedinom cvijetu, npr. bukve (slika 1) može nastati oko 175.000 peludnih zrnaca, pojedinačna resica breze može pak proizvesti čak šest milijuna peludnih zrnaca (Moore i sur. 1991, 182). Čak i crveni bor (slika 2), koji spada među anemofilne biljke, stvara mnogo peluda, dok u prašniku djeteline, koja je entomofilna biljka, nastane tek oko 220 peludnih zrnaca (Moore i sur. 1991, 182).



Peludna zrnca prekrivena su ovojnicom koja **gametofit** štiti od ozljeda tijekom putovanja do njuške, a sprječava i isušivanje, što je osobito važno kod **spora** papratnjača i mahovina. Peludna ovojnica građena je od dvaju slojeva (slika 1). Vanjski sloj (eksina) sadrži **sporopolein** i manju količinu polisaharida (Brooks i Shaw 1968). Unutarnji sloj (intina), koji je po građi vrlo sličan staničnoj membrani, građen je od celuloze. Intina je osjetljivija od eksine i tijekom fosilizacije brzo propada, dok je eksina zbog svoje inertne kemijske građe vrlo postojana (može podnijeti kuhanje u kiselinama – vidi I. dio/1.5). U povoljnim uvjetima (odsutnost oksidacije i aerobnih bakterija) eksina može preživjeti čak i više milijuna godina (Faegri i Iversen 1989; Moore i sur. 1991).

Eksinu čine dva sloja, endeksina i ekteksina (slika 1). Donji sloj ekteksine pokriven je stupićima (kolumelama), koji su kod nekih peludnih zrnaca srasli u vanjski sloj, tektum. Peludna zrnca međusobno se razlikuju kako po građi ekteksine tako i obliku vanjske površine tektuma. Ona može biti glatka, pokrivena utorima, izrascima ili mrežastom strukturom. Također, velika većina peludnih zrnaca ima različiti broj brazda (*colpus*) i/ili pora (*porus*), koji su često raspoređeni simetrično oko polarne osi, i koje, osim po obliku površine, koristimo kao znakove raspoznavanja (slika 1 i 4). Peludno zrnce lijeske npr. ima tri pore i zato spada u skupinu triporatnih peludnih zrnaca, dok su peludna zrnca hrasta trikolpatna (tri brazde, pelud ima prepoznatljivu hrapavu površinu, slika 3b i 4). Peludna zrnca, za koje je karakteristična kombinacija brazde i pore, nazivamo kolporatnim. Pelud bukve, koji pripada skupini trikolporatnih peludnih zrnaca, ima tri brazde, na sredini svake brazde nalazi se pora (slika 1 i 4). Funkcija je pore dvostruka: nakon slijetanja peluda na njušci omogućava razmjenu tvari između peluda i okoline, pa nakon oprašivanja kroz taj otvor peludno zrnce spusti peludnu cjevčicu do jajne stanice (Faegri i Iversen 1989, 230).

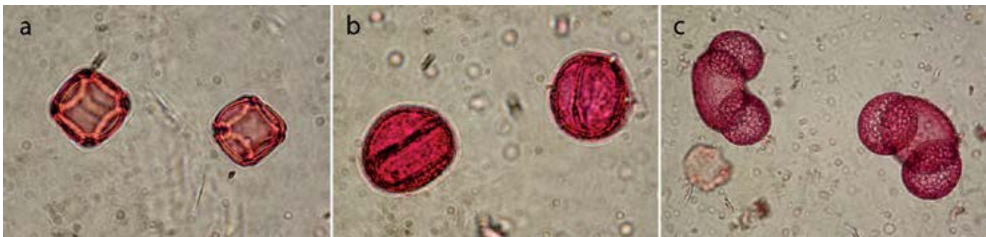
Po obliku i građi vanjske ovojnice (eksine) te broju pora i brazda, možemo utvrditi kojem rodu ili porodici (rjeđe vrsti) biljaka peludno zrnce pripada (slika 4). S obzirom na to kako su peludna zrnca različitih vrsta iz iste porodice često vrlo slična (npr. sve trave imaju okrugla, monoporatna peludna zrnca), točnu vrstu obično im ne možemo odrediti. Identifikacija peluda stabala lakša je od identifikacije peluda **zeljastih biljaka**, jer porodice i rodovi vrsta stabala tvore prilično raznolik pelud, koji se može prepoznati razmjerno lako. Peludno zrnce johe, na primjer, ima četiri do šest pora, peludno zrnce hrasta tri brazde, dok glavnu značajku peluda bora čine pak dva zračna mjehurića kojima peludno zrnce lakše putuje zrakom (slika 3).



Slika 1: U prašnicima cvjetnjača nastaju tetrade – skup četiriju peludnih zrnaca koja se kasnije kod većine biljaka odvoje. Zreli se prašnici otvore, pelud putuje do njuške, gdje dolazi do oprašivanja. Slika prikazuje cvat (a) i peludno zrnce (b) bukve (*Fagus sylvatica*). Građa peludne ovojnice prema predlošku: Faegri i Iversen 1989, 222, slika 11.4. i Moore i sur. 1991, 64, slika 5.2.



Slika 2: U samo jednom muškom cvijetu običnog ili bijelog bora (*Pinus sylvestris*) može nastati 160.000 peludnih zrnaca (Moore i sur. 1991).



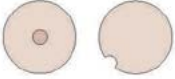

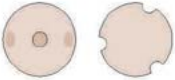
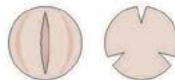
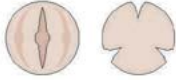
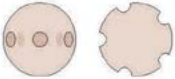
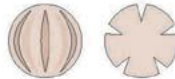


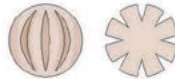


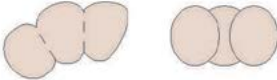
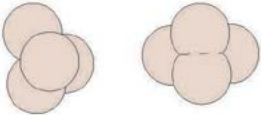


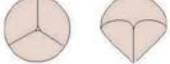
Slika 3: Fotografija peluda: a) crne johe (*Alnus glutinosa*), b) hrasta medunca (*Quercus pubescens*) i c) crnog bora (*Pinus nigra*). Svjetlosni mikroskop s povećanjem od 400 puta.

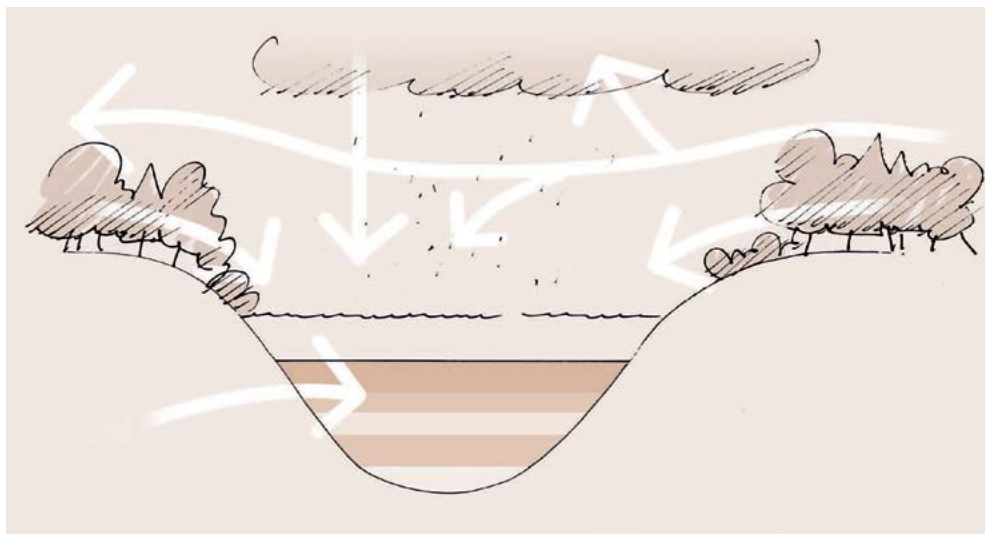
1.3 Tafonomija – u kakvim će se uvjetima pelud očuvati i kako nastaje fosilni peludni zapis?

Tijekom cvatnje pelud se širi zrakom i taloži u jezerima i močvarama. Vegetacija u okolici jezera mijenja se, a njome i sastav peluda koji se taloži u jezero. Na takav način u jezerskom sedimentu, od najstarijih, najdubljih slojeva do najmlađih slojeva iznad njih, nastaje zapis razvoja vegetacije kroz vrijeme (slika 5). S obzirom na to da je peludna ovojnica (eksina) vrlo otporna (vidi I. dio/1.2), u povoljnim se uvjetima, npr. uslijed nedostatka kisika u jezerima i močvarama, može očuvati najmanje stotinama ili tisućama godina.



Slika 4: Peludna zrnca međusobno se razlikuju po obliku i broju te ustroju pora i/ili brazda. Na prvoj slici predstavljene su osnovne vrste peluda prema broju pora i brazda, svaki od njih u ekvatorijalnom i polarnom pogledu. Na drugoj slici prikazana su peludna zrnca koja nemaju pore/brazde i ona koja i nakon sazrijevanja ostanu u tetradama. Prema predlošku: Faegri i Iversen 1989, 241 – 288 i Moore i sur. 1991, 68 – 69, slika 5.4.).

	PORATNA PELUDNA ZRNA	KOLPATNA PELUDNA ZRNA	KOLPORATNA PELUDNA ZRNA
MONO-	 <i>Poaceae</i> (trave)	 <i>Nuphar</i> (lokvanj)	
TRI-	 <i>Betula</i> (breza), <i>Corylus</i> (lijeska)	 <i>Quercus</i> (hrast)	 <i>Fagus</i> (bukva)
PENTA-	 <i>Alnus</i> (joha), <i>Ulmus</i> (brijest)	 <i>Rubiaceae</i> (bročine)	 <i>Viola</i> (ljubica)
POLI-	 <i>Chenopodiaceae</i> (lobode)	 <i>Lamiaceae</i> (usnače)	 <i>Symphytum</i> (gavez)
INAPERTURNA	 <i>Larix</i> (ariš)		
SAKATNA	 <i>Pinus</i> (bor)		
TETRADE	 <i>Ericaceae</i> (vrešnjače)	 <i>Typha</i> (rogoz)	
SPORE PAPRATI I MAHOVINA	 MONOLETNE <i>Polypodium</i> (oslad)	 TRILETNE <i>Sphagnum</i> (cretna mahovina)	



Slika 5: Taloženje peluda u jezerima.

Fosilni zapis kopnenih biljaka seže u paleozoik. Trenutno najstarije otkrivene spore paprati stare su oko 450 milijuna godina (ordovicij; Gray i sur. 1982), najstarija peludna zrnca **golosjemenjača** otkrivena su u 360 milijuna godina starim karbonatnim slojevima (Traverse 1988), dok se prvi pelud **kritosjemenjača** pojavio u kredi prije otprilike 140 milijuna godina (Hughes 1976; Willis i McElwain 2002).

Unatoč tome što se peludna zrnca mogu očuvati milijunima godina, pelud je ipak vrlo osjetljiv na djelovanje **aerobnih** mikroorganizama, osobito bakterija i gljivica, a u doticaju sa zrakom vrlo se brzo može raspasti zbog biološke ili kemijske oksidacije (Birks H. J. B. i Birks H. H. 1980, 188). Budući da se eksina najbolje očuva uz stalnu pokrivenost vodom, za palinološka istraživanja najprimjereniji su jezerski i močvarni sedimenti. Pelud će se dobro očuvati u manjim i dubokim jezerima, u kojima obično nisu prisutne izrazite hidrološke promjene, miješanje sedimenata i oksidacija, te u visokim cretovima, u kojima je pelud pred djelovanjem bakterija dodatno zaštićen niskim pH-om. Odabir **paleoekološkog nalazišta** uvelike ovisi o cilju istraživanja (vidi I. dio/1.7), stoga se palinološka istraživanja ne provode samo na nalazištima na kojima je očuvanost peluda optimalna. Pelud se može očuvati i u (vidi Bennet i Willis 2011 i ondje navedenu literaturu) snijegu i ledu (npr. Vareschi 1934; Bourgeois 1986), morskim (npr. Sánchez Goñi i sur. 1999) i špiljskim sedimentima (npr. Carrión i sur. 1999), praporu (npr. Fink i Kukla 1977; Sun i sur. 1997), **koprolitima** (npr. Moe 1983; Rasmussen 1993; Akeret i sur. 1999; Kelso i Solomon 2006) i gnijezdima glodavaca (Andreson i van Devender 1991).

Pelud se u rijetkim slučajevima može očuvati i u ekstremno suhim uvjetima (suhe špilje i aridna područja), slanom tlu i u blizini metalnih predmeta (metalni ioni

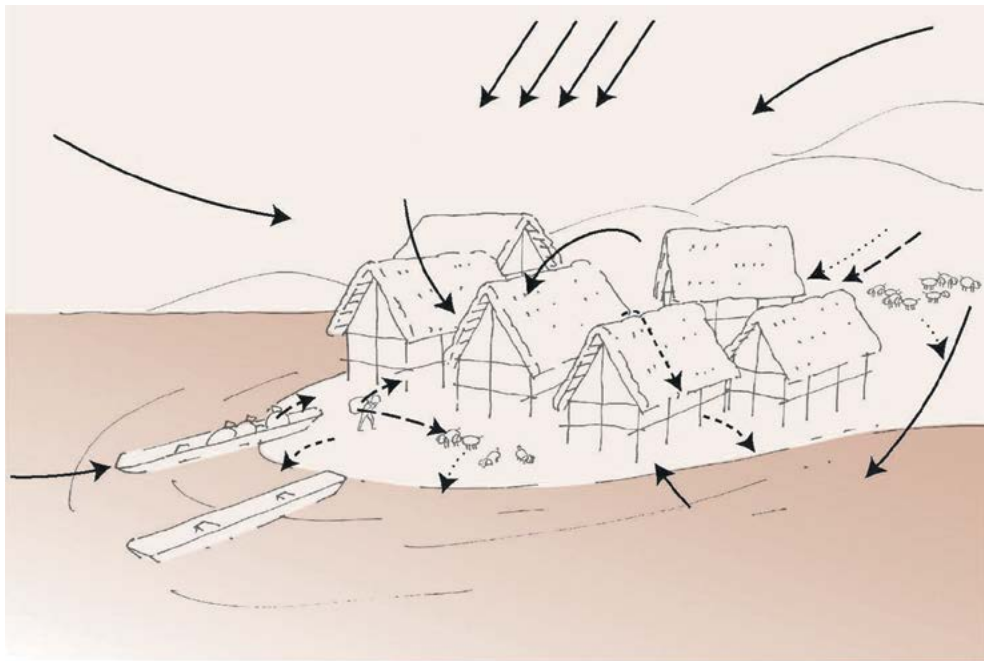
sprječavaju djelovanje mikroorganizama) ili na površini koju je iznenada prekrilo materijal spriječivši tako prodor zraka (npr. pod tumulom, nasipom ili vulkanskim pepelom; Dimbleby 1985). U svim navedenim primjerima planiranje istraživanja i interpretacija peludnog zapisa traži određenu dozu opreza i uvažavanje **tafonomskih** procesa na nalazištu.

Primjerice, u špiljama vjetar često taloži pelud samo u blizini njihova ulaza (do otprilike 10 m od ulaza, Leroi-Gourhan 1956), dok podzemna rijeka ili čak voda koja kaplje sa stropa može pojedina peludna zrnca s površine prenijeti dublje u špilju (McGarry i Caseldine 2004 i ondje navedena literatura). Iako taloženje sedimenata u špiljskom okolišu obično nije jednakomjerno, a pelud je slabije očuvan, mogućnosti za očuvanje manje količine peluda u sigama razmjerno su dobre. Sige su također vrlo dobar izvor paleoklimatskih podataka (npr. Niggemann i sur. 2003), iako vremenska razlučivost fosilnog peludnog zapisa zbog njihova sporog rasta može biti otežana (McGarry i Caseldine 2004). Pelud u špilju mogu nehوتيčno prenijeti i životinje (otkriven je bio npr. na krznu špiljskog medvjeda, arheološki lokalitet Divje babe; Turk i Kapun 2007; Culiberg 2007) ili može dospjeti sa životinjskim izmetom, osobito ako se špilja upotrebljavala kao zaklon za sitnu stoku ili su u njoj boravili šišmiši kukcojedi (Dimbleby 1985). Hranu i biljke rabljene za izradu prostirki u špilje su često donosili i ljudi (Dimbleby 1985, 125 – 129 i ondje navedena literatura; Coles i sur. 1989).

Pelud se (za razliku od jezerskih i močvarnih sedimenata) također vrlo rijetko sačuva u tlu u kojem se odvijaju **pedološki** procesi. Moguće ga je otkriti samo u kiselom tlu (pH < 5,5), gdje će se zbog slabije mikrobiološke aktivnosti dobro očuvati, a manje je i životinja koje bi ga mogle vertikalno premještati. Peludni zapisi u profilima tla s višim pH-vrijednostima (pH > 5,5 – 6) zbog složenih su pedoloških procesa (npr. horizontalno premještanje i/ili miješanje sedimenata zbog prisutnosti kišnih glista) često nepouzdana, dok je očuvanost peluda vrlo loša (Bryant i Holloway 1983; Dimbleby 1985). Često dolazi i do selektivne degradacije peluda. Peludna zrnca biljaka s debljom ovojnicom, npr. iz porodice glavočike (Cichoriaceae), te peludna zrnca i spore koje sadrže više sporopoleina (npr. crvotočina [*Lycopodium*], oslad [*Polypodium*] i lipa [*Tilia*]), sačuvat će se, dok će se manja, nježnija peludna zrnca s tanjom ovojnicom (npr. javor [*Acer*] i brijest [*Ulmus*]) raspasti (Havinga 1964; Birks H. J. B. i Birks H. H. 1980, 187 – 188; Dimbleby 1985, 8 – 9). U uzorcima s većom mikrobiološkom aktivnošću peludna je koncentracija vrlo niska, a broj peludnih tipova manji no obično. Potrebno je uzeti u obzir i utjecaj životinja: pčele i bumbari koji se gnijezde u tlu mogu u svojim gnijezdima gomilati pelud glavočika i drugih biljaka.

Pelud se može očuvati i na nekim arheološkim nalazištima na vlažnom tlu, npr. u sojeničkim naseljima Ljubljanskog barja i drugdje u Europi gdje je zbog vlažnih uvjeta i visoke razine podzemne vode pelud dobro očuvan na cijelom nalazištu. Na sušim arheološkim nalazištima pelud će se očuvati samo u rijetkim slučajevima, u nekim

vlažnijim kontekstima (jarci, vodom ispunjene depresije i bunari), koji su se obično koristili tek kratko vrijeme. Slojevi ispod razine podzemne vode, koji se najčešće nalaze pod arheološkim kulturnim slojevima, mogu biti dobar izvor podataka o vegetaciji prije naseljavanja čovjeka. Za razliku od drugih paleoekoloških nalazišta, na tafonomski složenijim arheološkim nalazištima osim peluda okolišnih biljaka češće je prisutan i pelud kulturnih i drugih biljaka koje je u naselje donosio čovjek (hrana, građevinski materijal) ili su ga na nalazište donijele domaće životinje (Dimbleby 1985, 138 – 149 i ondje navedena literatura; Faegri i Iversen 1989, 175 – 199; Pearsall 2000, 270 – 279 i ondje navedena literatura, slika 6).



- nalet peluda biljaka iz okolice
- → pelud kulturnih i divljih biljaka, koje je na nalazište donio čovjek
- - - → građevinski materijal (strehe, tla, ležajevi...)
- ... → pelud biljaka, koji je na nalazište dospio sa životinjama ili čovjekom (odjeća, izmet domaćih životinja...)

Slika 6: Izvori i putovi prenošenja peluda na arheološkim nalazištima.

1.4 Uzorkovanje i pohrana uzoraka

Odabir nalazišta i način uzorkovanja prilagođavaju se ciljevima istraživanja i prirodnim obilježjima terena. U nastavku slijedi opis najčešće korištenih tehnika uzimanja palinoloških uzoraka. Svako uzorkovanje potrebno je provoditi uz prethodni

dogovor sa svima koji sudjeluju u istraživanju. Na arheološkim nalazištima osobito je važno da arheolog(inja) još prije samog početka iskopavanja sa svim prisutnima na istraživanju detaljno dogovori način uzorkovanja. Planiranje istraživanja i uzorkovanje na terenu mogu biti presudni: šteta uzrokovana nemarnim, nedostatnim ili nepravilnim uzimanjem i pohranom palinoloških uzoraka kasnije je (u laboratoriju, za mikroskopom ili radnim stolom) nepopravljiva!

Kod uzorkovanja za palinološko istraživanje važan je što dulji slijed nepromiješanog i nekontaminiranog sedimenta. Možemo upotrijebiti dva temeljna načina uzorkovanja: palinološko bušenje svrdlom ili uzorkovanje s otvorene površine.

Bušenje pomoću palinološke opreme za tu svrhu najčešći je način uzorkovanja jezerskih i močvarnih sedimenata. Dubina bušotine ograničena je dubinom matične stijene i tehničkim mogućnostima opreme za bušenje.

Prije odabira mjesta bušotine možemo si pomoći testnim bušenjem „Hiller” bušilicom (Fries i Hafsten 1965; slika 7a). Na kraju komore te bušilice nalazi se svrdlo koje olakšava bušenje nešto tvrđeg ili više vlaknastog sedimenta (npr. cretova). Buši se tako da u zemlju potisnemo zatvorenu cijev, unutrašnju komoru zavrtnimo u smjeru suprotno od kazaljke na satu i zahvatimo sediment. Cijev za bušenje izvučemo iz zemlje, vrteći otvorimo komoru i provjerimo sediment, a možemo i uzeti testne uzorke za analizu. Ta oprema za bušenje laka je i jednostavna za korištenje, no glavni je problem da tijekom bušenja, zbog djelovanja svrdla, može doći do **kontaminacije** i miješanja sedimenata čak 20 cm ispod razine uzorkovanja. Čišćenje uske komore za bušenje, u kojoj nema mjesta za dovoljnu količinu uzorka, zahtjevno je. Ukloniti iz komore za bušenje cijelu jezgru bez oštećenja također nije moguće, već možemo samo uzimati manje uzorke na pojedinim razinama dubine. Zbog toga se oprema za bušenje „Hiller” ne preporučuje za sustavna palinološka istraživanja, nego se upotrebljava samo za testiranje prikladnosti terena i kao pomoć pri odabiru mjesta za bušenje (Faegri i Iversen 1989, 60 – 62; Moore i sur. 1991, 31 – 32).

Za uzorkovanje cretova često služi „ruska” bušilica (Jowsey 1966; slika 7b). Zbog svog uskog vrha sediment oštećuje manje nego „Hiller”, a uzorak sedimenta, slično kao i kod „Hillera”, uklanjamo vrteći polukružnu komoru. Mogućnosti kontaminacije „ruskom” bušilicom mnogo su manje, jezgra se može lako ukloniti iz komore, a čišćenje opreme vrši se jednostavnije. Slično kao i kod opreme za bušenje „Hiller”, i „ruska” bušilica ima manju sposobnost uzimanja uzoraka, usto nije ni najprimjerenija za uzorkovanje vrlo čvrstih ili pak vrlo mekih, vodom natopljenih sedimenata (Moore i sur. 1991, 32 – 33).

Najčešće upotrebljavani tip palinološke opreme za bušenje jest klipni korer „Livingstone” (slika 7c, 1.9). Prvi je opremu za bušenje izradio D. A. Livingstone (1955), no danas se najčešće koristi Wrightova inačica (Wright 1967), s metalnom cijevi za bušenje (komorom) u kojoj se nalazi pomični klip na šipki kvadratnog presjeka. Promjer gumom obloženog klipa može se mijenjati, prilikom čega se snaga

brtvljenja prilagođava tvrdoći uzorkovanog sedimenta. Bušenje se provodi tako što u zemlju potisnemo komoru za bušenje (slika 8a). Na donjem kraju komore nalazi se klip koji zatvara cijev i sprječava uzimanje sedimenata sa stijenki bušotine tijekom spuštanja opreme. Kada dođemo do dubine na kojoj želimo započeti bušenje (u našem primjeru na slici 8 to je 1 m), oslobodimo mehanizam koji zadržava klip na donjem kraju cijevi. To možemo učiniti na dva načina: kod klasične, Wrightove inačice klipnog mehanizma „Livingstone” dignemo i okrenemo šipku, dok ćemo kod modificirane inačice „Stitz”, koja ima klip sa sferičnim mehanizmom, potezanjem čelične sajle kuglice povući prema unutra. Slijedi bušenje: cijev za bušenje, dužine 1 metra, ručno ili električnim čekićem (slika 8b, 9) pritisnemo nadolje, cijev će se napuniti sedimentom, klip će s napetom čeličnom sajlom ostati na mjestu. Kada opremu za bušenje povučemo iz zemlje, sediment će zbog nastalog vakuuma između sedimenta i klipa ostati u cijevi (slika 8c). Cijelu, nepromiješanu jezgru iz cijevi za bušenje potisnemo u napola prerezanu plastičnu cijev (slika 10) i pažljivo ovijemo prozirnom folijom za domaćinstvo, aluminijskom folijom i debelim polivinilom, kako bismo spriječili kontaminaciju današnjim peludom i isušivanje sedimenta. Na plastičnu cijev i svaki sloj ovoja napišemo ime nalazišta (bušotine) te označimo gornji i donji kraj i dubinu. Neki istraživači, umjesto ekstrakcije bušotine na terenu, u metalnu cijev stavljaju dodatnu plastičnu cijev, koju, punu sedimenta, otvaraju tek u laboratoriju. Uzorke je potrebno što prije pohraniti u hladnjači, u tami i na temperaturi od +4 °C. Naime, na sobnoj temperaturi sediment bi se osušio, dok bi pelud zbog napada bakterija i gljivica ubrzo propao.

Za palinološko bušenje najčešće se koristi cijev za bušenje promjera 6,5 ili 8,5 cm. Tanja komora za bušenje je lakša, no pomoću deblje cijevi moguće je skupiti više sedimenata i time izvesti veći broj različitih istraživanja na istoj bušotini. Opremom „Livingstone” obično bušimo do 10 ili 15 metara duboko, iznimno i s prilagođavanjem opreme čak i nekoliko desetaka metara duboko. Obično se buši u segmentima od jednog ili dva metra, no kako se može dogoditi da su određeni dijelovi bušaće jezgre prilikom vađenja iz zemlje nešto kraći od jednog odnosno dva metra, palinolozi na svakom nalazištu rade najmanje dvije usporedne bušotine. Prva pokriva segmente 0 – 1 m, 1 – 2 m itd., druga pak 0,5 – 1,5 m, 1,5 – 2,5 m itd. (slika 8d)

Bušenje na jezerima, koje je najzahtjevnije, obično se izvodi pomoću dobro usidrene platforme za bušenje (slika 11). Druga je mogućnost da na jezeru bušimo zimi, kada je ono prekriveno ledom. Takva bušenja osobito se rado izvode u sjevernoj Europi (Skandinaviji), nešto manje drugdje, na nižim geografskim širinama, gdje bi zbog tamošnjih toplijih zima takav postupak mogao bio opasan.

Uzorke za palinološko istraživanje možemo uzimati i s već otvorenih (okomitih) površina, npr. iz (profila) arheološke sonde, građevinskih jama ili erozijskih površina (Faesgri i Iversen 1989, 58 – 60; Pearsall 2000, 279 – 280). Prednost takvog uzorkovanja jest što su na profilu vidljivi najprimjereniji dijelovi za uzimanje uzoraka, dok je

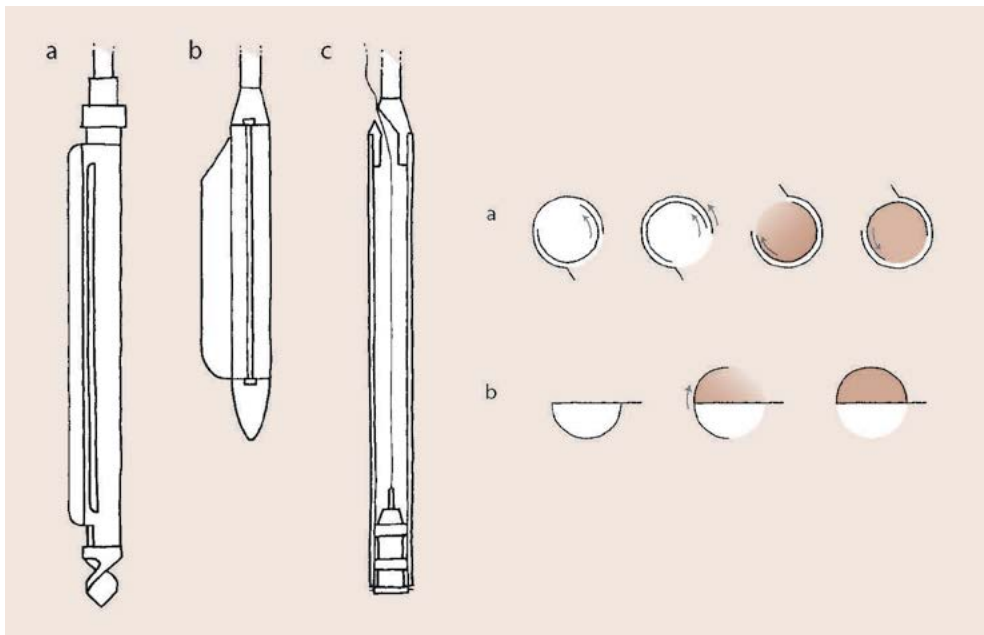
glavna mana da smo ograničeni dubinom iskopne površine. Uzorkovati možemo i iz profila na cretovima, kada nas zanima razvoj vegetacije tijekom posljednjih nekoliko stoljeća. Takvo uzorkovanje osobito je primjereno na nalazištima gdje, zbog guste ukorijenjenosti i brojnih slojeva drva, bušenje pomoću bušilice „Livingstone” u gornjem dijelu bušotine može biti otežano, dok bi kopanje rupe do dubine od otprilike 50 – 100 cm bilo jednostavnije i jeftinije od palinološkog bušenja.

Na arheološkim nalazištima uzorke za peludnu analizu uzimamo iz profila sonde pomoću metalnih kutija (slike 12 i 13). Prednost uzorkovanja s kutijama jest u tome što uzimamo cijeli profil nepromiješanog sedimenta, koji se taložio neposredno prije, tijekom i nakon postojanja arheološkog naselja. Takav način uzorkovanja omogućava nam da se za točnu gustoću uzorkovanja odlučimo tek kasnije, nakon obavljene prethodne peludne analize, dok je količina uzorka dovoljna i za radiokarbonsko datiranje. Prije uzorkovanja (slika 13) očistimo profil kako bismo uklonili cvjetni prah koji je na površinu došao iz zraka. Čistimo odozgo prema dolje, čistim oruđem, zidarskom žlicom, strugalicom (vodoravnim pokretom da ne pomiješamo starije i mlađe sedimente) ili nožem. Nakon toga u profil zabijemo metalne kutije. Preporučljivo je da su od nehrđajućeg čelika, debljine otprilike 1 – 2 mm (pretanke će se savijati, predebele je pak teško zabiti u profil), dužine 50 cm (mogu biti i kraće ako ćemo uzorke privremeno pohraniti u hladnjaku), širine najmanje oko 7 × 7 cm (mogu biti i veće), presjeka u obliku slova U, s jednom otvorenom stranicom koja je okrenuta prema profilu (vidi sliku 13). Na svakoj kutiji označimo gornji i donji kraj, dubinu i ime nalazišta. Potom pažljivo uklonimo zemlju oko kutije i nju, punu sedimenta, izvučemo iz profila. Preporučljivo je da se dubina kutija djelomično prekriva (npr. 0 – 50 cm, 40 – 90 cm), jer kod uzorkovanja prahovitog ili pjeskovitog sedimenta donji dio uzorka može ispasti iz kutije. Uzorke uvijemo prozirnom folijom za domaćinstvo, aluminijskom folijom i debelim polivinilom te spremimo u hladnjaču na temperaturu od +4 °C. Upute za uzorkovanje s kratkom snimkom uzorkovanja iz profila dostupne su i na internetskoj stranici Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a (<https://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/palinologija-kako-je-potrebno-vzeti-vzorke-za-peludno-analizo#v>).

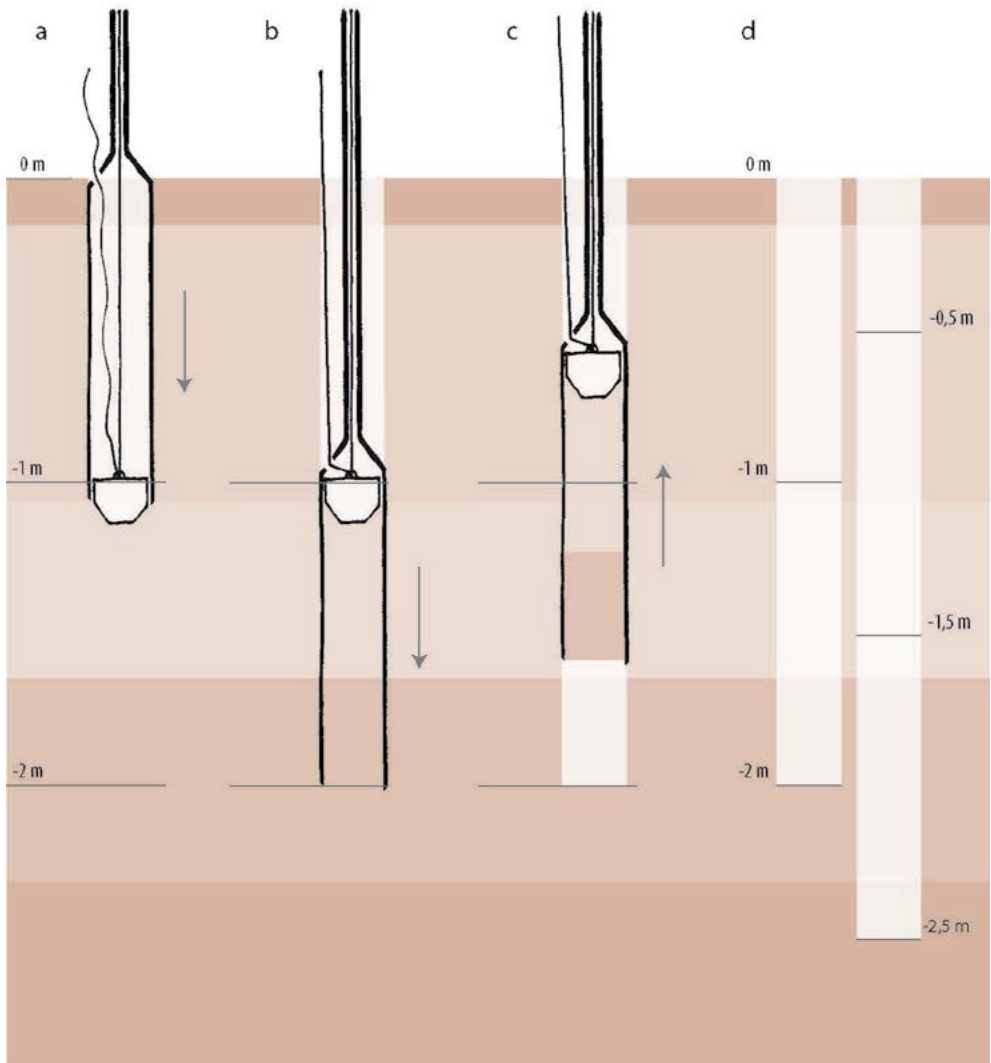
Osim uzorkovanja okomitog stratigrafskog stupca iz arheološkog profila, palinološke uzorke možemo uzimati i tijekom samih arheoloških iskopavanja, sa svježe očišćene površine, po pojedinim kvadratima ili kontekstima. U kombinaciji s analizom biljnih makrofosila (vidi I. dio/2.4), arheozoološkim (vidi I. dio/3.4) i arheološkim istraživanjima, takvo uzorkovanje može nam pružiti informacije o ekonomskim aktivnostima u naselju (Pearsall 2000, 270 – 279; Maier i Harwath 2011). Uzorke sedimenta, uvijek veličine šake, pohranjujemo u čiste, dobro zatvorene vrećice. Te uzorke također je potrebno pohraniti u hladnjači na +4 °C. Na udaljenim terenima, na kojima uzorke u hladnjaču nije moguće prenijeti odmah, privremeno ih možemo pohraniti i u hladnjaku. Pribor za uzimanje uzoraka nakon svakog uzorkovanja dobro

očistimo; preporučljivo je čišćenje destiliranom vodom. Pribor se ne smije čistiti u obližnjem potoku ili mlaci vode u kojima se, osobito u proljetnim i ljetnim mjesecima, nalazi mnogo peluda! Potrebno je upozoriti i na to da palinološko uzorkovanje, zbog opasnosti kontaminacije peludom iz zraka, ne smijemo izvoditi po kiši.

Neka arheološka nalazišta presuha su i stoga neprikladna za peludnu analizu. Ipak, i unutar njih možemo pronaći vlažnija područja, npr. jarke, vodom ispunjene depresije ili bunare, na kojima se možda sačuvao pelud. U tim slučajevima uzorke sakupimo pomoću metalnih kutija ili, ako se radi o plićim stratigrafskim jedinicama, sa svježje očišćene površine te ih pohranimo u vrećice, kao što je opisano gore. Ponekad palinološko uzorkovanje kutijama otežavaju pjeskovitost slojeva i kamenje u profilu. U tim slučajevima umjesto metalnim kutijama možemo koristiti vrećice (slika 14).



Slika 7: Najčešće vrste palinološke opreme za bušenje: a) bušilica tipa „Hiller“, b) „ruska“ bušilica, c) klipni koror „Livingstone“. Prema predlošku: Faegri i Iversen 1989, slika 4.5. i Moore i sur. 1991, slika 3.2).



Slika 8: Način djelovanja klipnog korera „Livingstone“: a) „zatvorenu“ opremu za bušenje potisnemo nadalje do dubine na kojoj želimo početi ili nastaviti bušenje. Na slici je prikazano uzimanje sedimenta s dubine 1 – 2 m. Klip, pričvršćen na kraju cijevi za bušenje, sprječava da tijekom spuštanja opreme za bušenje sa stijenka bušotine uzimamo kontaminirani sediment. Kod verzije „Stizt“ klipnog korera „Livingstone“ povučemo čeličnu sajlu, čime oslobodimo klip. Kod klasične verzije „Livingstone“, bez klipa sa sferičnim mehanizmom, kvadratnu palicu potegnemo gore te ju pričvrstimo. b) Slijedi bušenje: komoru za bušenje gurnemo nadalje, cijev se napuni sedimentom, klip ostane na mjestu. c) Tijekom dizanja jezgre uzorak sedimenta ostane u cijevi zbog nastalog podtlaka između klipa i sedimenta. d) Palinolozi na svakom nalazištu načine najmanje dvije bušotine na preklapajućim dubinama (1 – 2 m, 2 – 3 m itd. i 0.5 – 1.5 m, 1.5 – 2.5 m itd.).



Slika 9: Palinološko bušenje na Covnikovu barju (Solčava). Na Institutu za arheologiju ZRC-a SAZU-a upotrebljavamo „Stitz” verziju „Livingstone” opreme za bušenje koja je povezana udarnom bušilicom „Makita” i prijenosnim generatorom.



Slika 10: Ekstrakcija palinološke bušotine na terenu; močvarno stanište Griblje, Bela krajina, ekipa Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a.

1.5 Laboratorijska priprema uzoraka

Uzorke pripremimo u palinološkom laboratoriju tako da sedimente kemijski obradimo radi uklanjanja organskih i anorganskih tvari koje bi mogle ometati promatranje peludnih zrnaca. Svaki palinološki laboratorij mora imati **digestor** s dobrom ventilacijom, a zrak koji dovodimo u laboratorij mora biti pročišćen. Time ćemo izbjegnuti kontaminaciju peludom današnjih biljaka, kojeg je u zraku mnogo, osobito u proljetnim i ljetnim mjesecima.

Na početku svake pripreme palinoloških uzoraka bušaću jezgru iz hladnjače prenesemo u laboratorij i odmotamo. S površine lopaticom očistimo otprilike 2 – 3 mm sedimenta gornjeg sloja da uklonimo potencijalnu kontaminaciju do koje je moglo doći tijekom bušenja ili umotavanja i odmotavanja uzoraka. S odabranih dubina s jezgre uzimamo manje uzorke (1 cm³) sedimenta (slika 15). Sediment otresemo u epruvete i dodamo tablete koje sadržavaju poznati broj spora crvotočine (*Lycopodium*



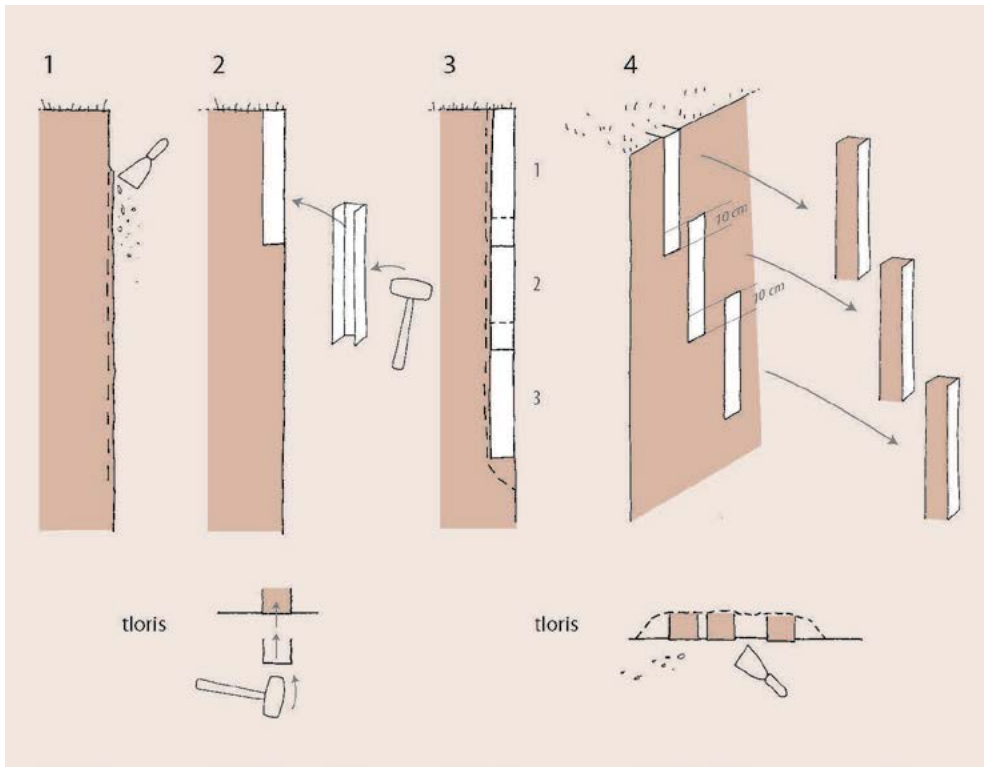
Slika 11: Bušenje sedimenta na Bledskom jezeru, ekipa Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE, Francuska) i Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a.



Slika 12: Palinološko uzorkovanje iz profila arheološke sonde, Stare gmajne (Ljubljansko barje); foto: D. Veranič.

clavatum) ili dodamo otopinu s poznatom koncentracijom peludnih zrnaca eukaliptusa (*Eucalyptus*). Pridodana zrnca kasnije ćemo, tijekom peludne analize, prebrojavati zajedno s fosilnim peludom i izračunati peludnu koncentraciju (broj peludnih zrnaca u kubičnom centimetru sedimenta). Za peludnu analizu obično je dovoljan 1 cm³ sedimenta, koji može sadržavati više tisuća ili čak više desetaka tisuća peludnih zrnca. Ako je peludna koncentracija u uzorku niska, za analizu su potrebna dva ili više kubičnih centimetra sedimenta.

Priprema pojedine serije uzoraka (8 ili 16 uzoraka istovremeno) traje od tri do šest dana, ovisno o vrsti sedimenta. Uzorcima u epruvetama dodajemo kemikalije, grijemo ih u vodenim kupkama kako bismo pospješili reakciju i centrifugiramo. Tijekom centrifuge pelud će se taložiti na dno epruvete, dok tekuće produkte reakcije svaki

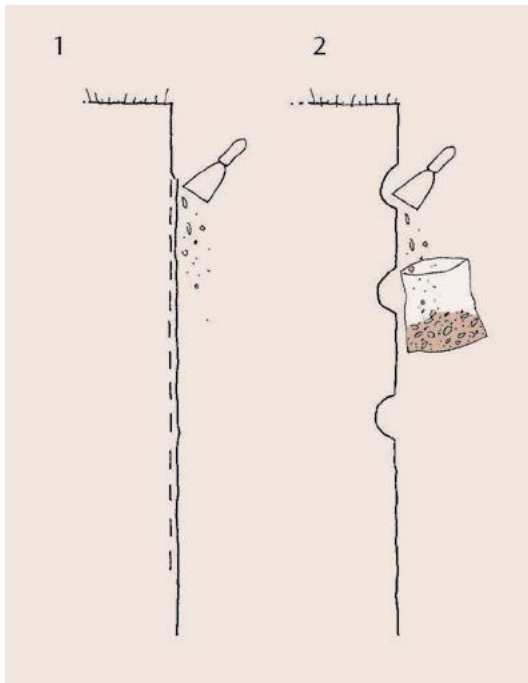


Slika 13: Palinološko uzorkovanje iz profila: 1) čišćenje profila: kako bismo izbjegli miješanje slojeva i onečišćenje starijih slojeva sedimenta mlađim peludom, profil čistimo odozgo prema dolje; 2) zabijanje metalnih kutija; 3) uklanjanje zemlje oko kutija; 4) na kraju kutiju punu sedimenta oprezno izdvojimo iz profila. Uzorke ovijemo i pohranimo u hladnjaču.

puta odlijemo. Na kraju laboratorijskog postupka u epruveti ostane samo nekoliko kapljica uzorka, koji osim peluda može sadržavati i ostake drugih (organskih) tvari i mikroskopski ugljen. Laboratorijski postupak u većoj je mjeri standardiziran, s manjim razlikama od laboratorija do laboratorija. S obzirom na to kako se tijekom postupka upotrebljavaju neke vrlo opasne kemikalije, prvu pripremu palinoloških uzoraka nikada nemojte izvoditi sami! Obuka za laboratorijski rad mora se provoditi uz prisutnost iskusnog palinologa.

Najčešće se provodi sljedeći palinološki laboratorijski postupak (prema Bennett i Willis 2001, vidi sliku 16):

1. Uzorcima u 50-mililitarskim epruvetama pažljivo i polagano (karbonatni uzorak može burno reagirati) dodamo 7-postotnu klorovodičnu kiselinu (HCl) i dvije tablete spore *Lycopodium*. Kada reakcija završi, epruvete 30 – 45 minuta grijemo u vodenoj



Slika 14: Palinološko uzorkovanje iz profila; 1) čišćenje profila; 2) pohrana uzoraka u vrećice.

kupki na približno 90 °C. Vodena kupka neka stoji u digestoru. Reakciju možemo pospješiti povremenim miješanjem štapićem za miješanje. Taj dio laboratorijskog postupka uklanja karbonate.

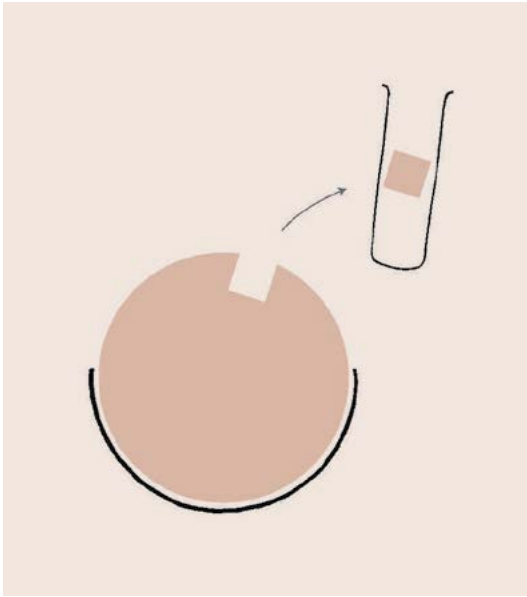
2. Uzorke svaki put centrifugiramo najmanje tri minute na barem 3000 obrtaja u minuti, preporučujem postavke: 3200 obrtaja i 5 minuta. Nakon centrifugiranja pelud ostaje na dnu epruvete, a otopinu HCl s produktima reakcije odlijemo. Uzorcima, koji sadržavaju puno karbonata, moramo dodati svježi 7-postotni HCl i postupak ponavljati. Osobito zahtjevni jesu uzorci zbijene ilovače na dolomitskoj podlozi koji sadržavaju magnezijev karbonat. Oni se tijekom kuhanja u HCl oboje u živahnu žutu boju. Kod takvih uzoraka kuhanje u 7-postotnoj HCl

i centrifugiranje potrebno je ponoviti više puta. U tom dijelu postupka važno je ukloniti sve karbonate jer će u suprotnom kasnije, u 7. fazi laboratorijskog postupka kalcij reagirati s fluorovodičnom kiselinom (HF) dajući bijeli talog, kalcijev fluorit (CaF_2).

3. Uzorcima dodamo destiliranu vodu i metanol (smanjuje specifičnu gustoću tekućine, zato se pelud ljepše taloži na dno epruvete), promiješamo štapićem za miješanje, centrifugiramo (3200 obrtaja u minuti, 5 min) i odlijemo. U daljnjem opisu laboratorijskog postupka tu fazu nazivam „spiranje vodom”.

4. Uzorcima dodamo oko 10 ml 10-postotne natrijeve baze (NaOH) te ih na 5 – 10 minuta ostavimo u vodenoj kupki. Uzorke u vodenoj kupki nemojte ostavljati duže jer to može uništiti pelud! Još vruće uzorke prelijemo kroz metalna sita (s 180-mikrometarskom mrežicom), destiliranom vodom speremo ih u drugu seriju epruveta, na kraju dodamo još metanol, odmah centrifugiramo i odlijemo. Ako se na sitima nalaze bilo kakvi ostaci biljnih makrofosila, pohranimo ih. Metalna sita prije upotrebe uvijek je potrebno očistiti sagorijevanjem iznad Bunsenova plamenika.

5. Ponovimo korak 3.: uzorke više puta (najmanje pet puta) speremo vodom. Spiranje ponavljamo toliko dugo dok odlivena tekućina nije potpuna čista. Nakon



Sl. 15: Priprema 1 cm³ uzorka sedimenta na početku laboratorijskog postupka.

nekoliko spiranja uzorak je manje slijepljen i možemo umjesto štapića za miješanje upotrijebiti tresilicu za epruvete. Kuhanjem u NaOH i spiranjem vodom uklonit ćemo huminske kiseline i komadiće gline.

6. Dodamo 7-postotni HCl, centrifugiramo i odlijemo. Time ćemo ukloniti karbonate koji bi mogli ostati u uzorku i kasnije reagirati s HF.

7. Uzorcima dodamo 40-postotni HF i položimo ih u vodenu kupku na otprilike 30 (treset) do 90 minuta (praškoviti sediment). Nakon kuhanja uzorcima dodamo metanol, epruvete zatvorimo, centrifugiramo i odlijemo. Ako su uzorci jako pjeskoviti, može se upotrijebiti i 60-postotni HF ili postupak

s 40-postotnim HF još jednom ponovimo. Tijekom rada cijelo vrijeme koristimo osobnu zaštitnu opremu (rukavice, pregaču, zaštitu za lice, duge hlače i zatvorene cipele, slika 17), ventilaciju je strogo zabranjeno gasiti, a u digestoru uvijek imamo pripremljen prašak i otopinu natrijeva karbonata (Na₂CO₃) za neutralizaciju HF. Na vrata laboratorija stavimo sigurnosni znak, preporučljivo je također da tijekom duljeg kuhanja u fluorovodičnoj kiselini napustimo laboratorij. S obzirom na to da fluorovodična kiselina rastapa staklo, sav laboratorijski pribor koji će doći u dodir s HF (npr. štapiće za miješanje, epruvete, posuda za pohranu HF) mora biti izrađen od plastike, otporne na vruću fluorovodičnu kiselinu. Ako nemamo uređene odvode za rad s HF, otpadnu kiselinu skupljamo u plastičnim posudama. HF iz uzoraka uklanja silikate, što je osobito važno kod uzoraka s nešto većim udjelom minerala.

8. Odmah nakon tretiranja fluorovodičnom kiselinom, uzorcima dodamo 7-postotni HCl i kuhamo u vodenoj kupki. Kuhanje mora trajati najmanje jednako dugo koliko i kuhanje u HF. Uzorke centrifugiramo, odlijemo. Time smo uklonili produkte nastale tijekom kuhanja uzoraka u HF. Sada je u epruveti ostalo još nešto malo sedimenta i, kako postoji opasnost da bi kod svakog ponovnog odlijevanja gubili pelud, uzorke premjestimo u manje, 15-mililitarske epruvete. Uzorke speremo vodom i metanolom, centrifugiramo i odlijemo. Pazimo da nakon odlijevanja u uzorcima nije ostalo previše vode.

9. Dodamo koncentriranu octenu kiselinu (CH_3COOH), centrifugiramo, odlijemo. Spiranjem octenom kiselinom iz uzorka smo uklonili vodu.

10. Slijedi acetoliza, kod koje se preporučuje korištenje osobnom zaštitnom opremom. Naime, acetolizna mješavina u dodiru s vodom postaje eksplozivna, reakcija je slična kao kada vrućem ulju dodajemo kapljice vode. Pripremimo acetoliznu mješavinu: u mjerni cilindar devetom udjelu acetanhidrida ($[\text{CH}_3\text{CO}]_2\text{O}$) vrlo polako, kapljicama dodamo jedan udio koncentrirane sumporne kiseline (H_2SO_4), npr. 54 ml acetanhidrida + 6 ml konc. H_2SO_4 (mješavine mora biti dovoljno za svih 16 uzoraka). Uzorcima vrlo polako i pažljivo dodamo otprilike 3 – 5 ml acetolizne mješavine i na 3 minute ih stavimo u vodenu kupku. Cilj acetolize, tijekom koje se peludna ovojnica blago oboji, jest uklanjanje celuloze. Kod predugog postupka acetolize pelud vrlo brzo propada, stoga kuhanje u acetoliznoj mješavini može samo iznimno biti duže od tri minute (do najviše 10 – 15 minuta ako je pelud dobro očuvan i uzorak npr. sadržava puno celuloze koje se želimo riješiti). Uzorke uzmemo iz vodene kupke, dodamo octenu kiselinu, centrifugiramo, odlijemo i još jednom speremo hladnom octenom kiselinom.

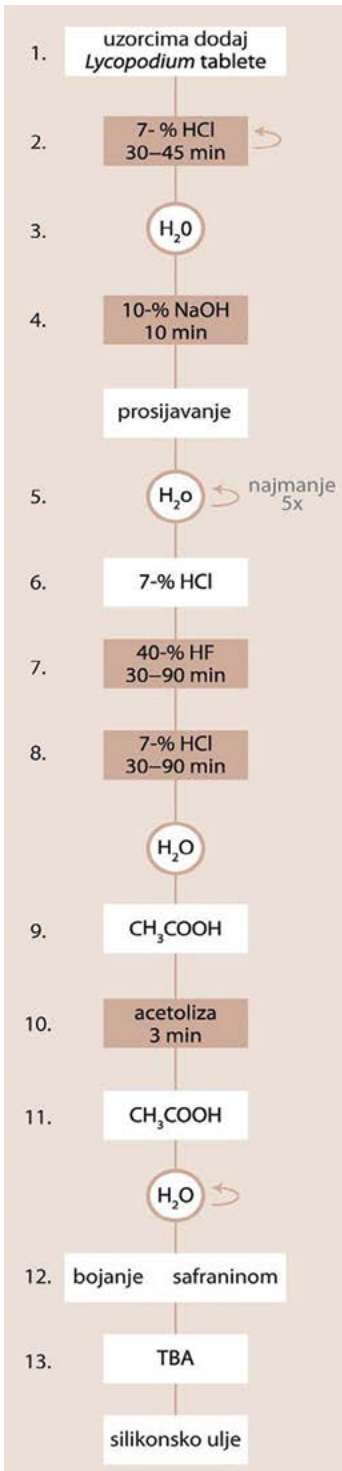
11. Sada kada smo uklonili sve produkte acetolize, uzorke tri puta speremo destiliranom vodom. Neutralni pH potreban je za bolju obojenost peluda.

12. Uzorcima dodamo dvije kapljice 0,2-postotnog safranina, promiješamo i speremo vodom. Eksina će se obojiti u crveno, njena struktura bit će vidljivija, što će olakšati identifikaciju peludnih zrnaca.

13. Uzorcima dodamo tercijarni butilalkohol (TBA = 2-metil-2-propanol, $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$, zimi, kada su temperature nešto niže, nalazi se u tvrdom agregatnom stanju i potrebno ga je prije upotrebe zagrijati), centrifugiramo, odlijemo, potom uzorke iz 15-mililitarskih epruveta preselimo u staklene ili plastične epruvetice s pokrovom, još jednom centrifugiramo i odlijemo. TBA iz uzoraka uklanja vodu. Na kraju uzorcima čačalicom dodamo još nekoliko kapljica silikonskog ulja viskoznosti 2000 cs. Kod nas su u slobodnoj prodaji dostupni silikonsko ulje DC 200 viskoznosti 30000 mPa's i 1000 mPa's, koje miješamo u omjeru 1/5 : 4/5. Epruvetice u zatvorenu ormaru ili ladici (kako bi izbjegli kontaminaciju peludom iz zraka) ostavimo otvorene na sobnoj temperaturi na nekoliko dana (svakih nekoliko sati uzorke promiješamo) kako bi sav TBA ishlapio. Možemo ih također posušiti na 50 °C. Sada su uzorci spremni za prebrojavanje peluda (slika 18).

Nakon završene pripreme uzoraka sav laboratorijski pribor potrebno je temeljito očistiti: epruvete, štapiće za miješanje, poklopce i drugu sitnu opremu ostavimo preko noći natopljene u vodi, kojoj smo dodali deterđent za čišćenje laboratorijskog pribora. Sljedeći dan pažljivo ih operemo, isperemo vodom te isplahnemo destiliranom vodom.

Laboratorijski postupak možemo prekinuti svaki put kada uzorke spiremo vodom. Ako ćemo laboratorijski postupak prekinuti na dulje vrijeme (npr. krajem tjedna),



preporučljivo je uzorke pohraniti u hladnjaku ili hladnjači. Laboratorijski postupak ne smijemo prekinuti tijekom izvođenja faza 4 – 5 (odmah nakon prosijavanja uzorke je potrebno još barem tri puta sprati vodom), 7 – 8, 9 – 11 i 13.

KAKVU OPREMU MORA IMATI PALINOLOŠKI LABORATORIJ?

Za palinološki laboratorij najvažnije je da u prostoru ograničimo potencijalnu kontaminaciju današnjim peludom, a mjere zaštite na radu moraju biti optimalne. Prostor mora imati digestor s dobrom ventilacijom i filtre koji će zadržati pelud. Držanje cvijeća u laboratoriju ili u susjednoj prostoriji u kojoj se provodi prebrojavanje peluda strogo je zabranjeno! U laboratoriju treba nam još destilirana voda (ili deionizirana voda s filtrom na cijevi); voda iz vodovoda može naime sadržavati pelud. Ako nemamo posebno uređene odvode za odlijevanje i neutraliziranje fluorovodične kiseline (HF) i drugih kemikalija, otpadne tvari potrebno je sakupljati i odvoziti. Oprema palinološkog laboratorija ne razlikuje se previše od opreme prosječnog laboratorija. Osim digestora s dobrom ventilacijom, potrebna nam je još centrifuga koja može primiti najmanje šesnaest 50-mililitarskih (i šestnaest 15-mililitarskih) epruveta i podnijeti najmanje 3000 obrtaja u minuti, te vodena kupka za spomenute epruvete, koju stavimo u digestor. Uz sitnu laboratorijsku opremu (štapići za miješanje, lijevci, 180 – 200-mikrometarska sita, tresilica za epruvete itd.), potrebna nam je još plinska instalacija (koju možemo nadomjestiti bocom plina propan-butan i Bunsenovim plamenikom) i oprema za osobnu zaštitu za rad s HF. Za prebrojavanje peluda potreban nam je svjetlosni mikroskop, koji se treba nalaziti u susjednoj prostoriji jer hlapljenje fluorovodične kiseline nagriza staklene dijelove mikroskopa (a pluća palinologa da i ne spominjemo!).

Slika 16: Shema palinološkog laboratorijskog postupka.

Kod pojedinih istraživača laboratorijski je postupak nešto drugačiji: umjesto NaOH upotrebljavaju kalijevu bazu (KOH) ili pak glinu uklanjaju natrijevim pirofosfatom ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). Ako uzorci sadrže mnogo nečistoća koje su nešto manje od peludnih zrnaca (kao što je, npr. kod morskih sedimenata), možemo za prosijavanje uzoraka upotrijebiti i fina sita s 10-mikrometarskom najlonskom mrežicom (koju čistimo ultrazvukom) i u tom slučaju peludna zrnca ostaju na mrežici. Umjesto fluorovodične kiseline, kod većih količina vrlo pjeskovitog (npr. špiljskog) sedimenta, možemo upotrijebiti flotaciju u teškoj tekućini (npr. u cinkovu kloridu, ZnCl_2 , sa specifičnom gustoćom 1,96): pelud je lakši i isplivat će na površinu, teži sediment će potonuti. Peludna zrnca možemo obojiti i bojom fuksin, umjesto silikonskog ulja može se upotrijebiti i glicerol (u tom slučaju peludna zrnca blago nabubre, što je potrebno uvažiti kod identifikacije peludnih zrnca).

1.6 Analiza uzoraka: identifikacija i kvantifikacija peluda, opis sedimenta, utvrđivanje koncentracije mikroskopskog ugljena i starosti sedimenta

Palinološke mikroskopske preparate pripremimo tako da na predmetno stakalce stavimo kapljicu uzorka, prekrijemo ga pokrovnim stakalcem, a rubove zalijepimo prozirnim lakom za nokte. Preparat promatramo pod svjetlosnim mikroskopom (slika 19) s povećanjem od 400 puta: nad stakalcem pomičemo se okomito ili vertikalno i to tako da nikada dva puta ne prijedemo istim vidnim poljem, brojeći pritom sva peludna zrnca koja vidimo. Spomenuto je povećanje dovoljno za rutinsku identifikaciju peludnih zrnaca, dok se u zahtjevnijim slučajevima možemo koristiti i povećanjem od 600 ili 1000 puta, imerzijskim uljem



Slika 17: Osobna zaštitna oprema pri radu s fluorovodičnom kiselinom. Palinološki laboratorij Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a. Foto: T. Nagel.



Slika 18: Na kraju laboratorijskog postupka u epruveticama ostane tek nešto kapljica uzorka koji sadrži pelud.

ZAŠTITA NA RADU

Iako za pripremu palinoloških uzoraka vrijede slične mjere zaštite kao i u radu u bilo kojem drugom laboratoriju, palinološki laboratorijski postupak uključuje nekoliko specifičnih faza rada kod kojih je oprez osobito nužan. Naročito su opasne dvije faze laboratorijskog postupka: acetoliza i rad s fluorovodičnom kiselinom (HF). Potonja je bezbojna tekućina, bez izrazitog mirisa, koja uzrokuje jake opekline na koži i dišnim putovima, a kada uđe u krvni sustav, postane otrovnom. Zato je u radu nužan dobar sustav prozračivanja i uporaba osobnih zaštitnih sredstava (rukavice, laboratorijska kuta i zaštita za lice), izrađenih od materijala otpornog za HF. Za rad s vrućom HF preporučujem korištenje epruveta od materijala polipropilen kopolimera (polypropylene copolymer, PPCO), proizvođača Nalgene. Fluorovodičnu kiselinu ne smijemo držati u staklenim posudama ili epruvetama (HF nagrize staklo!), a tijekom rada uvijek moraju biti na raspolaganju prah i otopina natrijeva karbonata (Na_2CO_3), koji se koriste za neutralizaciju mogućeg manjeg izlivanja kiseline u digestoru. Rad s HF neka se odvija samo tijekom službenog radnog vremena, a na vratima laboratorija mora se nalaziti sigurnosni znak. Ako dođe do nesreće – izlivanja veće količine fluorovodične kiseline – prostorije je potrebno isprazniti, dok spasioци koji će ući u laboratorij da bi neutralizirali kiselinu moraju nositi maske za disanje. Čuvanje većih količina fluorovodične kiseline u laboratoriju nije preporučljivo (u laboratoriju, u istom trenutku, nikada ne držimo više od otprilike 3 – 4 litre HF). Ako laboratorij nema odvod u kojem bi se otpadna HF sigurno neutralizirala, potrebno ju je sakupljati u plastičnim posudama koje odvoze za to specijalizirane tvrtke. Usto je potrebno naglasiti da u Sloveniji takve tvrtke često nisu dovoljno dobro opremljene osobnim zaštitnim sredstvima i ne posjeduju dostatno znanje o intervencijama u slučaju nesreće. Jednako tako je važno da su u znanstvenoj ustanovi u kojoj se nalazi laboratorij svi djelatnici upoznati s postupcima u slučaju nesreće na radu, jer se zdravstvene ustanove s takvim slučajevima susreću tek rijetko. Ozlijeđena osoba koja se polila fluorovodičnom kiselinom mora primiti injekciju kalcijeva glukonata, dok u laboratoriju uvijek mora biti nadohvat ruke balzam za ozljede uzrokovane opeklinama fluorovodičnom kiselinom. Na našem tržištu takav balzam još nije u slobodnoj prodaji, no može se naručiti kod liječnika opće prakse prema sljedećem receptu: 200 g magnezijeva sulfata, 60 g magnezijeva oksida, 180 g glicerola, 12 g prokainskog klorida i destilirana voda (dr. Zoran Mazej, Institut „Jožef Štefan“ i dr. Martin Možina, Klinički centar Ljubljana, osobna informacija 2002). Možda se takve stroge mjere zaštite za razmjerno mali palinološki laboratorij čine pretjeranima, no svi palinolozi još se živo sjećaju nesreće u kojoj je, prije nekoliko godina, zbog manjih opekline uzrokovanih fluorovodičnom kiselinom, preminuo australski palinolog.

i faznim kontrastom. Pri identifikaciji peludnih zrnaca uvažavamo oblik zrnaca, broj pora i brazda te građu ovojnice (slika 4), pri čemu si pomažemo identifikacijskim ključevima i atlasima s fotografijama peluda (Faegri i Iversen 1989, 237 – 239; Moore i sur. 1991, 86 – 166; Reille 1992; Reille 1995; Beug 2004) te palinološkom referentnom



Slika 19: Za prebrojavanje peluda koristimo svjetlosni mikroskop Nikon Eclipse E400 s povećanjem od četiristo puta.

zbirkom. Biljke istog roda ili porodice tvore vrlo slična peludna zrnca, stoga im često precizno možemo odrediti samo porodicu (npr. trave, ružovke) ili rod (većina drveća), dok je utvrđivanje vrste vrlo rijetko (npr. uskolisni trputac [*Plantago lanceolata*]).

Prebrojavanje peluda najdugotrajniji je dio palinološkog istraživanja. Iz statističkih razloga u svakom je uzorku potrebno prebrojiti najmanje 300 peludnih zrnaca (Maher 1972). Na paleoekološkim nalazištima, na kojima je peludna koncentracija dovoljno visoka, a pelud razmjerno dobro očuvan, preporučljivo je prebrojiti nešto više (500 ili čak 1000) peludnih zrnaca po uzorku, osobito ako nas zanima prisutnost rjeđih taksona (npr. kulturnih biljaka i poljskog korova).

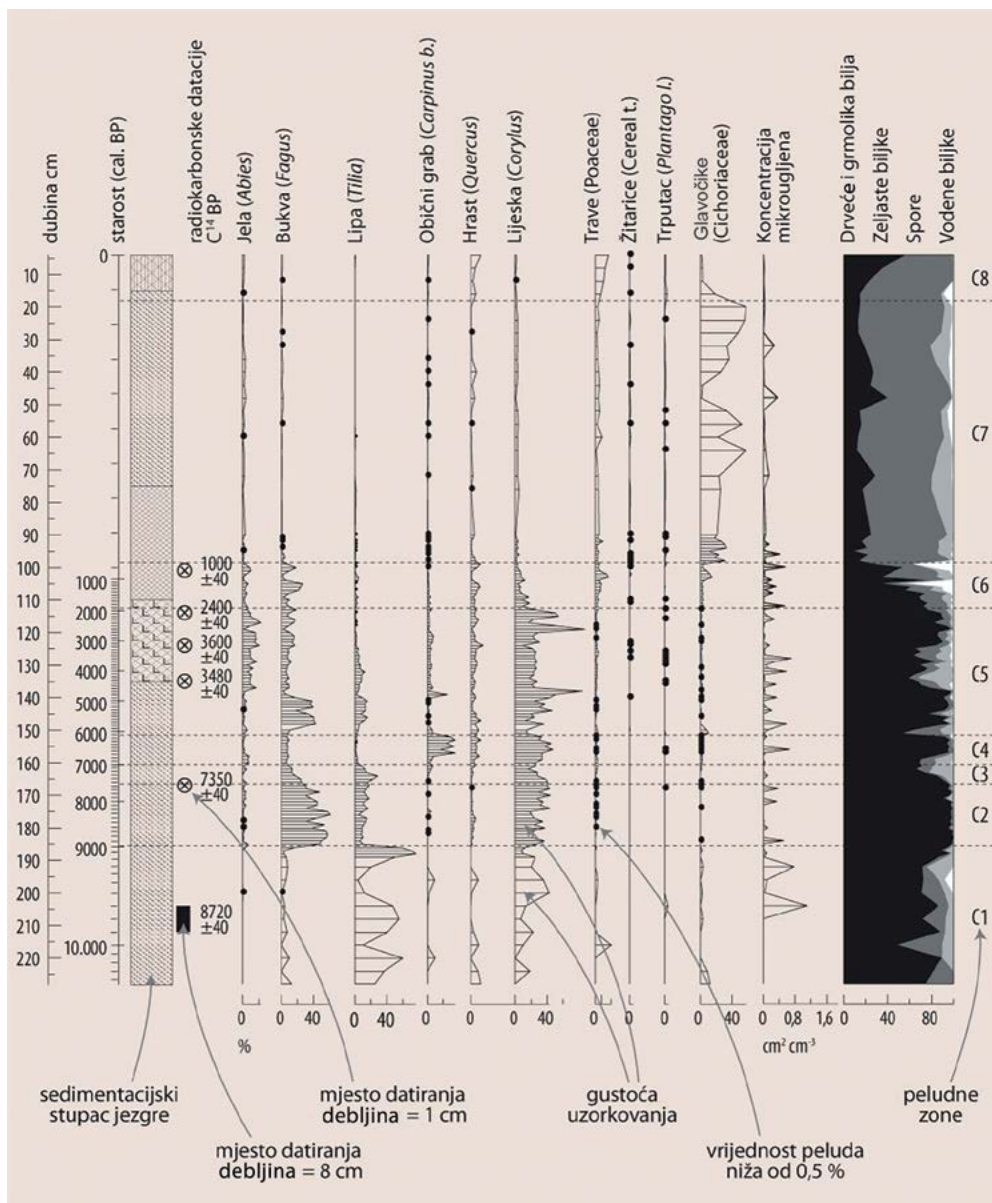
Nakon prebrojavanja peluda slijedi matematička analiza rezultata. Postotke pojedinačnih taksona u uzorku izračunamo

prema zbroju peluda i spora kopnenih biljaka (Bennett i Willis 2001). Vodene i močvarne biljke, koje su vjerojatno uspijevale lokalno, obično su isključene iz peludnog zbroja jer velike oscilacije u količini peluda koji proizvode mogu bitno utjecati na postotak udjela drugih biljaka (Moore i sur. 1991, 170 – 171). Zbog međusobne povezanosti postotnih udjela pojedinih taksona i utjecaja lokalnih biljaka, preporučljivo je da se za svaki uzorak (i takson) izračunaju još i peludna koncentracija i brzina taloženja peluda (Stockmarr 1972; Faegri i Iversen 1989, 83 – 94; Bennett i Willis 2001; vidi I. dio/1.5). Te dvije vrijednosti za svaki su takson „apsolutne” i ne ovise o količini peluda koji proizvode drugi taksoni.

Peludna koncentracija (= broj peludnih zrnaca u 1 cm³ sedimenta) izračunava se formulom:

peludna koncentracija = (broj dodanih spora *Lycopodium* × broj prebrojanih fosilnih peludnih zrnaca) / (broj prebrojanih spora *Lycopodium* × volumen sedimenta [cm³])

Kada nam je brzina sedimentacije poznata (možemo je odrediti radiokarbonskim ili bilo kojim drugim datiranjem), možemo matematički ocijeniti brzinu taloženja peluda (eng. *PAR = pollen accumulaton rates*):



Slika 20: Peludni dijagram s nalazišta Mlaka, Bela krajina.

$PAR = \text{peludna koncentracija (broj peludnih zrnaca na } 1 \text{ cm}^3) / \text{brzina sedimentacije (cm na godinu)}$

Rezultate palinoloških istraživanja prikazujemo na peludnim dijagramima, koje crtamo u računalnim programima. Najčešće se koriste programi *Tilia* (Grimm 2003) i *Psimpoll* (Bennett 1998). Na slici 20 prikazan je primjer peludnog dijagrama koji je bio

nacrtnan u programu *Psimpoll*. Na lijevoj strani dijagrama prikazani su dubina bušotine u centimetrima i procijenjena starost sedimenta. Procijenjena starost sedimenta u kalendarskim godinama prije sadašnjosti (cal. BP) temelji se na radiokarbonskim datacijama čiji su položaj i izmjerene vrijednosti na peludnom dijagramu prikazane desno od stratigrafskog stupca gdje je Troels-Smithovim (1955a) simbolima označen sastav sedimenta. Starost sloja između dvaju **apsolutno** (npr. radiokarbonski) **datiranih** uzoraka možemo ocijeniti **linearnom interpolacijom** (kod koje pretpostavljamo da je brzina sedimentacije između dvaju uzoraka bila jednakomjerna) ili nekim drugim matematičkim modeliranjem, koji je obično sastavni dio programa za crtanje peludnih dijagrama (npr. *Psimpoll*) ili kalibriranje radiokarbonskih datacija (npr. *OxCal*). Slijedi prikaz postotnog udjela za pojedine (odabrane) taksone. Obično je najprije prikazan pelud drveća i grmolikog, a potom zeljastog bilja. Svaka vodoravna crta prikazuje postotni udio taksona u uzorku. Na primjer, uzorak na dubini 180 cm, čija je starost ocijenjena na otprilike 8600 godina, sadrži oko 40 % peluda bukve. U našoj je bušotini u donjem i gornjem dijelu stupca jezgre gustoća uzorkovanja iznosila 4 cm, dok je u srednjem dijelu stupca bio analiziran svaki centimetar sedimenta. Predzadnja krivulja pokazuje koncentraciju mikroskopskog ugljena, a na kraju je prikazan udio drveća i grmolikog bilja (crno), zeljastog bilja (tamnosivo), spora (svijetlosivo) i vodenih biljaka (bijelo). S udjelom drveća, grmolikog i zeljastog bilja je prikazana pošumljenost krajolika. Peludni dijagram završava peludnim zonama (C-1 do C-8), koje označavaju dijelove bušotine sa sličnim sastavom peludnog zapisa i koje se rabe za lakši opis peludnih dijagrama. Prije nekoliko desetljeća, kada su se dijagrami crtali ručno, palinolozi su granice između zona označavali subjektivno, dok danas računalni programi za crtanje peludnih dijagrama matematički analiziraju podatke i određuju broj statistički relevantnih zona (Bennett 1996 i ondje navedena literatura).

Primjer peludnog dijagrama (slika 20), uz peludne podatke, prikazuje i rezultate drugih analiza. Palinolozi obično izrade jednostavan opis stratigrafije prema Troels-Smithu (Troels-Smith 1955a; Aaby i Berglund 1986), kojim vrlo grubo ocijene količinu i vrstu organskog i anorganskog sastava sedimenta, koji su na dijagramu prikazani standardiziranim, međunarodno dogovorenim simbolima. Tako npr. simboli u obliku slova *L* (slika 20, 110 – 230 cm i 13 – 75 cm) u stratigrafskom stupcu označavaju mineralne komadiće manje od 0,002 mm (glinena frakcija), a kosa mreža (0 – 13 i 75 – 135 cm) razgrađene ostatke biljaka manje od otprilike 0,1 mm. Munsellovim sustavom boja možemo opisati boju sedimenta. Osim opisa prema Troels-Smithu (1955a), palinolozi količinu organskih i anorganskih tvari u sedimentu često određuju i gubitkom nastalim žarenjem (eng. *loss-on-ignition analysis*; Bengtsson i Enell 1986). Suhi sediment najprije izvažemo, potom ga spaljujemo na 550 °C da izgore organske tvari. Uzorak ponovno izvažemo i spaljujemo na 950 °C (na toj temperaturi raspadaju se karbonati) i izvažemo. Na temelju gubitka mase uslijed spaljivanja odredimo postotni udio organskih tvari, karbonata i preostalih anorganskih tvari u sedimentu.

Promjene u značajkama sedimenta, koje se često podudaraju s promjenom u brzini taloženja materijala, mogu biti posljedica promjena u okolišu, npr. prijelaza jezera u močvaru ili pak erozije tla i povećanog unosa mineralnih tvari zbog krčenja šume. Međutim, u rekonstrukciji okoliša na temelju sedimentoloških podataka treba biti oprezan. Preporučljivo je da se za bolje razumijevanje nekadašnjih promjena u okolišu, osim opisa sedimenta prema Troels-Smithu i utvrđivanja gubitka nastalog žarenjem, izvedu dodatna sedimentološka (npr. granulometrijska, geokemijska) istraživanja i/ili analize nekih drugih biljnih i životinjskih mikrofosila (npr. dijatomeja, **ostrakoda**).

Osim peluda, u palinološkim uzorcima očuvat će se i ostaci drugih mikroorganizama, neke alge (npr. *Pediastrum*) ili spore gljiva (npr. pokazatelji izmeta biljojeda) te mikroskopski dijelovi ugljena (slika 21). Analiza mikrougljena standardni je, rutinski dio palinološkog istraživanja. Za određivanje količine ugljena možemo upotrijebiti više različitih metoda (Whitlock i Larsen 2001). Istovremeno s peludom prebrojavamo i sve komadiće ugljena ($< 40 \mu\text{m}$ i $> 40 \mu\text{m}$) ili za prebrojavanje ugljena nasumično odaberemo tek nekoliko vidnih polja (Clark 1982). Ostaci mikroskopskog ugljena pomažu nam u rekonstrukciji nekadašnjih požarnih režima u okolišu, koji su ovisili o klimi, ljudskoj aktivnosti (krčenje šume za potrebe zemljoradnje) i sastavu vrste vegetacije (npr. Tinner i sur. 1999; 2000; Andrić 2007; Daniau i sur. 2012).

Palinolozi za utvrđivanje starosti **paleoekološkog** zapisa obično upotrebljavaju radiokarbonsko datiranje. U bušotini potražimo fosilne makroskopske biljne ostatke, koje šaljemo u radiokarbonski laboratorij, gdje se na temelju odnosa između radioaktivnog i stabilnog ugljika ($^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$) utvrđuje njihova starost. Tom metodom možemo odrediti starost organskih, npr. biljnih ostataka koji nisu stariji od oko 50.000 godina. Vodene biljke nisu prikladne za radiokarbonsko datiranje. Naime, tijekom fotosinteze iz vode primaju ugljični dioksid (CO_2) s ugljikom koji može izvirati iz stijena u podlozi, zbog čega su njihove radiokarbonske datacije „prestaré” (tzv. eng. *hard water effect* = utjecaj tvrde vode, Björck i Wohlfarth 2001). Ako sediment ne sadrži makroskopske biljne ostatke, uzorak sedimenta možemo poslati u radiokarbonski laboratorij u kojem će iz njega izdvojiti organski ugljik te ga datirati. Te datacije obično su nešto starije od radiokarbonskih datacija biljnih makrofosila (Barnekow i sur. 1998; Björck i Wohlfarth 2001), vjerojatno zbog „utjecaja tvrde vode”, erozije tla ili jednostavno zato što je od smrti biljke do njene razgradnje i taloženja u jezeru prošlo više desetljeća. Osim biljnih makrofosila, za radiokarbonsko datiranje možemo upotrijebiti i životinjske ostatke (npr. kukaca), pelud i **fitolite**, no takvo je datiranje rijetko. Naime, spomenuti fosilni ostaci nisu na svim nalazištima prisutni u dovoljno velikim količinama, fitoliti često ne sadrže organski ugljik, a peludne je pak uzorke prije radiokarbonskog datiranja teško očistiti od neželjenog organskog materijala.

Osim radiokarbonskog datiranja, našu kronologiju mogu poboljšati i **tefrokronološka** istraživanja. Tefrokronolozi u slijedu sedimenata traže slojeve vulkanskog praha te na

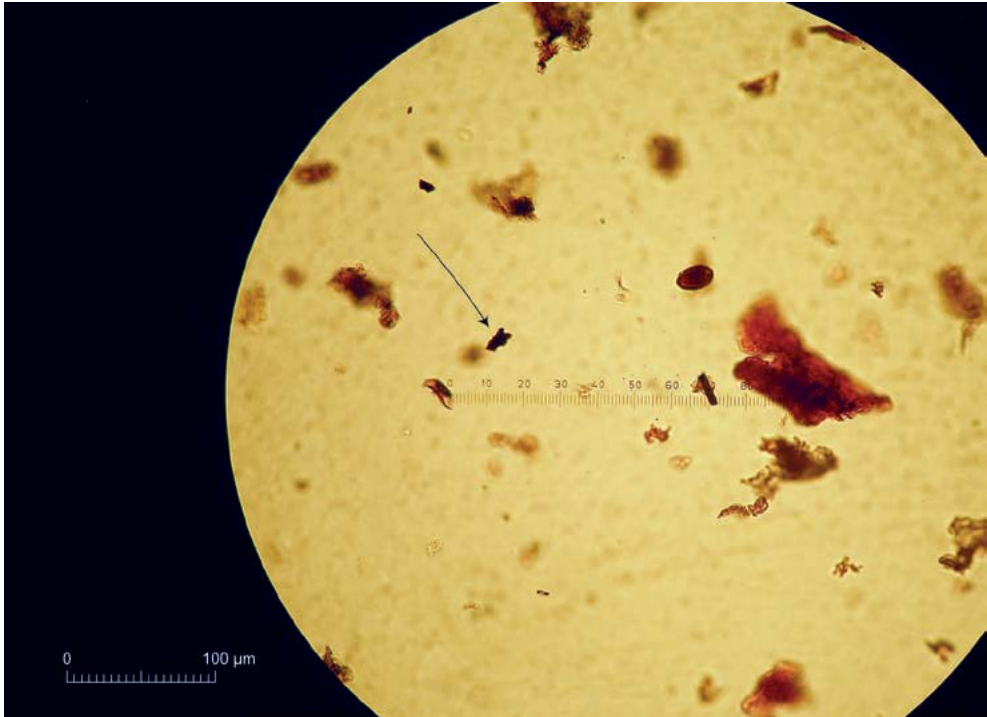
temelju oblika i kemijskog sastava ulomaka donose zaključke o izvoru pepela i trenutku erupcije vulkana (Turney i Lowe 2001). Metoda se temelji na činjenici da se vulkanski pepeo zrakom prenosi na velike udaljenosti i to tako da se tijekom svake erupcije pepeo jednakog sastava odlaže na vrlo prostranu području. U dubokim jezerima s laminiranim sedimentima, za određivanje starosti sedimenta možemo brojati i varve (godišnje slojeve, vrpce), slično kao i u dendrokronologiji (Lamoreux 2001; vidi I. dio/2.6.1.). Za utvrđivanje starosti slojeva mlađih od 1950. godine naše ere možemo koristiti i izotop olova ^{210}Pb (Appleby 2001).

RADIOKARBONSKO (C_{14} -) DATIRANJE

Zemljina atmosfera osim stabilnog ugljika (^{12}C) sadrži i radioaktivni izotop ugljika (^{14}C), koji nastaje u gornjem dijelu atmosfere uslijed djelovanja kozmičkih zraka na atome dušika. Količina pojedinačnih ugljičnih izotopa u atmosferskom CO_2 s vremenom se blago mijenja te ovisi o Sunčevu zračenju, Zemljinu magnetskom polju, kruženju ugljika i vulkanizmu. Oba izotopa disanjem se ugrađuju u žive organizme, a kada umru, nestabilni radioaktivni ugljik (^{14}C) počinje se raspadati na dušik (^{14}N). U 5568 godina (= vrijeme raspadanja) raspadne se polovica i na temelju preostale količine ^{14}C u uzorku možemo utvrditi njegovu starost (Libby i sur. 1949; Libby 1955). Radiokarbonski laboratoriji izmjerenu starost prikazuju u godinama prije sadašnjosti (BP = eng. *before present*), tj. prije 1950. godine, kada omjer između izotopa, zbog nuklearnih pokusa, još nije bio toliko narušen. No kako se omjer količine pojedinih izotopa u atmosferi s vremenom mijenjao, te radiokarbonske datacije ne smijemo izjednačavati s kalendarskim godinama. Za pretvorbu u kalendarske godine koristi se krivulja umjeravanja (kalibracijska krivulja) „INTCAL 20”, koja se temelji na apsolutno datiranim godovima drveća (irske i njemačke dendrokronološke hrastove i borove krivulje), u kombinaciji s laminiranim morskim sedimentima i $^{14}\text{C}/\text{U}$ -Th datiranim koraljima (Stuvier i sur. 1998; Reimer i sur. 2009; Reimer i sur. 2020). Krivulja umjeravanja nedavno je bila dopunjena analizom laminiranog sedimenta iz jezera Suigecu u Japanu, što ju je za razdoblje između oko 12.500. i 50.000. cal. BP veoma poboljšalo (Ramsey i sur. 2012). Računalni programi za umjeravanje radiokarbonskih datacija slobodno su dostupni na internetu (*OxCal 4.4.*: <https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html> i *CALIB 8.2.*: <http://calib.org/calib/>). Ipak, zbog statističke nepouzdanosti mjerenja i radijacije u pozadini, starost uzorka ne možemo odrediti točno u (kalendarsku) godinu. Obično se navodi vremenski raspon (2σ) s 95-postotnom vjerojatnošću da se radi o „pravo” starosti analiziranog uzorka.

1.7 Interpretacija palinoloških rezultata

U ovom poglavlju kratko ćemo predstaviti glavne interpretacijske mogućnosti i ograničenja palinološke istraživačke metode: taksonomsku točnost, prostornu i vremensku reprezentativnost, rekonstrukciju nekadašnjeg okoliša i utjecaja čovjeka na vegetaciju te povezivanje palinologije s drugim znanstvenim disciplinama u potrazi za uzrocima promjene okoliša i vegetacije.



Slika 21: Peludni preparat s ostacima mikroskopskog ugljena.

Glavna prednost palinološkog istraživanja jest velika količina peluda koji proizvode sve **cvjetnjače** i kojem uglavnom možemo identificirati porodicu ili rod (rjeđe vrstu) biljke. S obzirom na to da većina drveća koja raste u našim šumama pripada različitim rodovima, palinološkim istraživanjem možemo vrlo dobro rekonstruirati izgled nekadašnje šume. Pelud zeljastih biljaka najčešće utvrđujemo s manjom taksonomskom točnošću. Iako biljke iz iste porodice (npr. trave, ružovke), koje uspijevaju u ekološki vrlo različitim uvjetima, mogu tvoriti vrlo sličan pelud, ipak je moguće identificirati većinu tzv. „antropogenih pokazatelja” (Behre 1981), tj. biljaka povezanih s utjecajem čovjeka na okoliš. Zbog ograničene taksonomske, pa i kvantitativne i prostorne preciznosti, o kojima ćemo govoriti u nastavku, palinološkim istraživanjem ne možemo (do potankosti) rekonstruirati nekadašnje biljne zajednice.

U interpretaciji peludnog zapisa važne su razlike u nastanku i širenju peluda. Anemofilne biljke proizvode više peluda od entomofilnih. U pojedinom prašniku velike ili obične kiselice (*Rumex acetosa*), koja je anemofilna biljka, nastane čak 30.000 peludnih zrnaca, dok ih livadna djetelina (*Trifolium pratense*), koja je entomofilna

biljka, proizvede „tek” 220 (Erdtman 1969). Slične razlike javljaju se i kod drveća: naime, obična smreka (*Picea abies*) proizvede 600.000 peludnih zrnaca po cvijetu, a entomofilni mliječ javor (*Acer platanoides*) „tek” 8000 (Moore i sur. 1991, 182). Prvu kvantitativnu analizu odnosa između postotka peluda i broja biljaka u okolišu izvela je M. B. Davis (1963), a u Europi pak danski palinolog Andersen (1970), koji je pelud, nakupljen na šumskoj mahovini, usporedio s brojem pojedinih vrsta drveća u okolici. Na taj je način utvrdio koje su vrste/rodovi drveća u peludnom zapisu, u odnosu na okolišnu vegetaciju, bili „previše” (npr. bor i breza) ili „premalo” (npr. lipa i javor) zastupljeni. Andersonovi brožčani omjeri između pojedinih taksona nisu bili šire prihvaćeni jer su primjereni samo za tip vegetacije i geografsko područje koje je istraživao, unatoč tome što je slične omjere između pojedenih taksona, ali s lokalnim razlikama, za jugoistočnu Veliku Britaniju prepoznao Bradshaw (1981). Naime, na nastanak i širenje peluda također utječu područje uzgoja i klima, tip vegetacije (npr. otvorenost okoliša) i veličina paleoekološkog nalazišta te veličina peludnih zrnaca. Biljke podrasta proizvode manje peluda od onih koje rastu u bolje osvijetljenim uvjetima, a važni su i klimatski uvjeti – u hladnoj klimi u prašnicima nastaje manje peluda (Hicks 1985), dok neke biljke čak mogu prijeći na **vegetativno razmnožavanje** (Brubaker 1986). Neka peludna zrnca vrlo su mala i imaju tanku ovojniciu, koja brzo propada, zbog čega su u peludnom zapisu slabije zastupljena. Topola (*Populus*) i tisa (*Taxus*), na primjer, proizvedu dovoljno peluda, koji ipak na peludnim dijagramima pronalazimo tek rijetko. Ukratko, na temelju peludnog zapisa ne možemo točno utvrditi broj biljaka koje su uspjevale na nekom području. Primjerice, 15 % peluda bora na peludnom dijagramu ne znači da je u okolišu 15 % drveća činio bor. Jednako tako, ne možemo znati gdje je raslo spomenuto stablo.

Posljednjih su godina pojedini palinolozi analizirali i modelirali širenje peluda u današnjem okolišu kako bi bolje razumjeli vezu između peludnog zapisa i vegetacije koja ga je stvorila, a rezultate su upotrijebili za rekonstrukciju nekadašnje vegetacije. Jacobson i Bradshaw (1981) ustanovili su da veličina močvare ili jezera u kojem se provodi palinološko istraživanje bitno utječe na prostornu reprezentativnost peludnog zapisa u sedimentu (slika 22). U manjim jezerima, promjera do 30 m, prevladava pelud lokalne vegetacije (73 %), a peluda koji u jezero dolazi iz udaljenosti veće od nekoliko desetaka metara znatno je manje. U srednje velikim jezerima (30 – 300 m) udio peluda lokalne vegetacije opada, a povećava se udio peluda biljaka koje su od jezera bile udaljenije. U velikim jezerima, promjera 300 m i više, prevladava pelud regionalne (= nekoliko kilometara od ruba bazena) vegetacije. Veća jezera (> 300 m) stoga su primjerenija za proučavanje promjena u cijeloj regiji, dok je peludni zapis u manjim jezerima i močvarama (< 30 m) osjetljiviji na promjene vegetacije u njihovoj neposrednoj blizini (kao npr. lokalna sječa manjih površina šuma u neolitiku, vidi II. dio/4.1., slika 23).

Pelud različitih vrsta može putovati na različite udaljenosti (Bradshaw i Webb 1985). Posljednih desetak godina palinolozi su se bavili i pitanjem o izvornom području peluda (eng. *pollen source area*) na nalazištima različite veličine, u homogenom ili mozaičnom, pošumljenom ili otvorenijem okolišu. Prentice (1985) modeliranjem je sa Suttonovom (1947; 1953) jednadžbom za širenje čestica u zraku ustanovio da izvorno područje peluda raste s veličinom bazena (jezera, močvare). Lakša peludna zrnca, koja prijeđu veće udaljenosti, u velikim su bazenima bolje zastupljena.

Peludni zapis svakog bazena odražava sastav vegetacije u njegovoj okolici. Uzimajući u obzir što širi krug vegetacije oko bazena, postići ćemo bolji suodnos (korelaciju) između peludnog zapisa u jezeru i okolišne vegetacije. Udaljenost oko bazena na kojoj se korelacija između količine peluda i količine biljaka više neće značajno poboljšati, naziva se relevantnim izvornim područjem peluda (eng. *relevant source area for pollen*). Sugita (1994) modeliranjem je širenja peluda u nehomogenoj vegetaciji pokazao da je relevantno izvorno područje peluda nešto manje nego što se do sada mislilo: za manje bazene, polumjera 2 m, iznosi 50 – 100 m (s polumjerom 50 m: 300 – 400 m), a za srednje velike bazene, polumjera 250 m, prostire se na 600 – 800 m. Iako u bazen s tih udaljenosti dolazi tek oko 35 – 40 % cjelokupnog peluda, to uz nepromijenjeni prateći pozadinski pelud (eng. *background pollen*) omogućava rekonstrukciju lokalne vegetacije. U velikim bazenima (polumjera 750 m), okruženima dijelovima homogene vegetacije manjima od bazena, rekonstrukcija regionalne vegetacije teža je jer ne možemo razlikovati homogenu i nehomogenu vegetaciju. Osobito je zahtjevna rekonstrukcija vegetacije u napola (npr. 60 %) otvorenom okolišu s nehomogenom vegetacijom (Sugita i sur. 1999), koji je specifičan za većinu razdoblja koja proučavaju arheolozi.

Uzroci promjena vegetacije vrlo su različiti, a među najvažnije ubrajaju se klima, utjecaj čovjeka na okoliš i unutarnja vegetacijska dinamika (npr. konkurentni odnosi između biljaka i **sukcesija**). Kako ta tri čimbenika djeluju istovremeno, često je vrlo teško utvrditi koji je od utjecaja na razvoj vegetacije imao odlučujuće posljedice. Stoga ćemo u nastavku pogledati kako ti čimbenici utječu na promjene u vegetaciji i krajoliku, kako možemo razlikovati „prirodno” i antropogeno izmijenjenu vegetaciju te koji su najvažniji procesi u okolišu.

Klima (temperatura, količina oborina i trajanje sezone rasta) utječe na **fiziološke** procese u biljkama i geografsku rasprostranjenost biljnih vrsta (Ellenberg 1988; Larcher 1995). Pretpostavlja se da biljke na klimatske promjene reagiraju individualno, a ne kao cjelovite biljne zajednice (Davis 1981; Walker 1982; Huntley i Birks 1983; Webb 1986; Bennett 1988; Huntley 1988). U umjereno toplom pojasu, dugotrajno razdoblje vrlo niskih temperatura (–25 °C do –35 °C za listopadno drveće) uzrokuje nastanak leda u stanicama i njihovo oštećenje te zaustavljanje fotosinteze na temperaturi ispod –5 °C, a sprječavaju i razmnožavanje drveća sjemenkama (Pennington 1986; Larcher 1995). Rast drveća sprječava i pomanjkanje vode.

Unatoč brojnim istraživanjima biljne fiziologije i ekologije, način i intenzitet reakcije biljaka na klimatske promjene u prošlosti još uvijek nisu u potpunosti istraženi (Birks 1981; Davis i Botkin 1985). Glavni je problem složena i posredna veza između peludnog zapisa, koji odražava sastav nekadašnje vegetacije, i nekadašnje klime. Vegetacija nije nužno uvijek u ravnoteži s regionalnom klimom, a predstavnici iste vrste, zbog genetskih razlika i **fenotipske** plastičnosti, na jednake klimatske promjene mogu reagirati različito. Za prilagodbu biljaka na klimatske promjene važni su još i različiti životni vijek i životni ciklus, tip tla, smetnje u okolišu, invazija drugih vrsta te utjecaj štetočina, biljojeda i čovjeka. Postoji mogućnost da su konkurentski odnosi među vrstama u nekadašnjim biljnim zajednicama, za koje često nemamo moderne analogije, bili različiti od današnjih (Birks 1981; Davis i Botkin 1985; Prentice 1986; Brubaker 1986; Ritchie 1986; Bennett i Willis 1995). Proučavanje sadašnje vegetacije i klimatskih promjena svakako je važno za rekonstrukciju reakcije biljaka u prošlosti, no važno je da smo svjesni činjenice kako je stanje današnje vegetacije posljedica tisućljetnog utjecaja čovjeka na okoliš, a ne samo trenutnih klimatskih promjena, i zato teško možemo procijeniti kakva bi to bila „potencijalna prirodna vegetacija” (tj. vegetacija koja bi uspijevala bez utjecaja čovjeka) u okolišu (npr. Andrič i Willis 2003).

Uzmemo li u obzir navedena metodološka ograničenja, o utjecaju klime na razvoj vegetacije u zadnjih 15.000 godina u Sloveniji (Europi) možemo reći sljedeće: krajem posljednjeg ledenog doba (u kasnom glacijalu, prije otprilike 15.000 – 11.700 godina) na razvoj vegetacije u Europi snažno je utjecala hladna i, kao što se nagađa, nešto suša klima (COHMAP Members 1988; Webb i Kutzbach 1998). Krajolik u Sloveniji bio je razmjerno otvoren (visoki udio peluda zeljastih biljaka, npr. pelina i lobode), a osim bora i breze u manjim se količinama, osobito u nešto toplijim razdobljima, javljalo i toploljubno listopadno drveće: lijeska, hrast, brijest, lipa, jasen i bukva (Culiberg 1991; Šercelj 1996; Andrič i sur. 2009). To se listopadno drveće tijekom vrhunaca zahlađenja vjerojatno zadržalo na toplijim i vlažnijim područjima srednje i južne Europe (mikrorefugiji), odakle se tijekom zatopljenja klime širilo Europom (Huntley i Birks 1983; Bennett i sur. 1991; Willis 1994; Willis i sur. 2000; Willis i van Andel 2004; Magri i sur. 2006; Willner i sur. 2009). Na prijelazu kasnog glacijala u holocen, prije otprilike 11.700 godina, klima je postala toplija i vlažnija (npr. Dansgaard i sur. 1993), što je omogućilo širenje mješovite šume hrasta i lijeske, a kasnije su se ustalili još i obični grab, bukva i jela. Bukva i jela u različitim su se dijelovima Europe ustalili različitom brzinom, u Sloveniji prije otprilike 9000 godina (Šercelj 1996 i ondje navedena literatura; Andrič i Willis 2003), a sjeverno od Alpa nekoliko stoljeća/tisućljeća kasnije, između 8200 i 6500 godina prije sadašnjosti (Tinner i Lotter 2006). Nešto kasnije širenje tih dviju taksona možda su uzrokovale klimatske promjene (povećanje količine oborina) ili pak sukcesija, razvoj tla, brzina migracije i utjecaj čovjeka (Willis 1994; Šercelj 1996; Gardner i Willis 1999; Andrič i Willis 2003; Tinner i Lotter 2006). Najvjerojatnije objašnjenje jest da su brzom širenju bukve i jele (barem posljednjih 8200 godina, kada u srednjoj Europi migracijski zaostanak više nije bio

važan), odlučujuće doprinijela razdoblja hladnije i vlažnije klime (Huntley 1988; Tinner i Lotter 2006). Poremećaji koje je u okolišu prouzročio čovjek, vrlo vjerojatno su ometali širenje bukve, iako, osobito za sjevernu Europu, postoje pokazatelji koji govore suprotno (Bradshaw i Lindbladh 2005; Tinner i Lotter 2006; Bradley i sur. 2013), dok je jela osjetljivija na spaljivanje šuma i šumsku ispašu (Tinner i sur. 1999; 2000; Nagel i sur. 2015).

Klimatske promjene u holocenu bile su slabije nego na prijelazima između **glacijala** i **interglacijala** (iako nisu bile neznatne!; Dansgaard i sur. 1993; Meese i sur. 1994; O'Brien i sur. 1995) i zato u srednjem i kasnom holocenu teško možemo rekonstruirati utjecaj klime na vegetaciju, posebice jer je utjecaj čovjeka istovremeno postao sve snažniji. Nekoliko primjera promjena u okolišu kod kojih su bile važne kako klimatske promjene tako i čovjek, te problemi koje takav razvoj okoliša otvara, bit će predstavljeni u drugom dijelu knjige (II. dio/4.1 i 5.1).

Najočitiji znak utjecaja čovjeka na okoliš jest veća otvorenost krajolika, nastala zbog krčenja i paljenja šume te pojava travnjaka i njiva. U umjereno toplom klimatskom pojasu, kojem pripada i Slovenija, šuma ne uspijeva samo ondje gdje je količina padalina preniska (< od oko 500 mm na godinu), sezona rasta prekratka (npr. iznad šumske granice), edafski uvjeti neodgovarajući (jezera, močvare, naplavine šljunka) ili utjecaj čovjeka presnažan (Ellenberg 1988, 392 – 397; Larcher 1995). Bez utjecaja čovjeka na okoliš, veći dio Slovenije bio bi prekriven šumom. Stoga ne iznenađuje da su prvi palinolozi koji su proučavali utjecaj čovjeka na okoliš u neolitiku veliku pažnju posvećivali upravo promjenama vegetacije nastalima zbog krčenja i paljenja šuma.

Iversen (1941) je prvi opisao promjene u vegetaciji Danske nastale zbog krčenja i paljenja šuma u neolitiku (tzv. *landnam*, izraz koji označava tradicionalnu eksploataciju krajolika u Skandinaviji). U prvoj fazi, kada su zemljoradnici krčili šumu, udio peluda drveća na peludnim dijagramima pao je, a zeljastih biljaka porastao. Pojavili su se tzv. antropogeni pokazatelji, biljke koje su karakteristične za njive, livade, ruderalne i dušikom bogate površine, putove i pašnjake. Slijedilo je postupno zarastanje šuma. Najprije je porasla količina peluda vrbe (*Salix*), topole (*Populus*), breze (*Betula*) i bora (*Pinus*), a kasnije još i lijeske (*Corylus*), hrasta (*Quercus*) i lipe (*Tilia*). Slične klimatske promjene (= opadanje peluda drveća, pojava antropogenih pokazatelja i sustavno zarastanje šuma) pojavile su se i drugdje u Europi.

Sukcesija je vremenski slijed različitih životnih (biljnih) zajednica na jednom prostoru, npr. razvoj vegetacije na novoj površini, odnosno zamjena nekadašnje vegetacije, uništene zbog neke smetnje (npr. požara, vjetrova, sječe). Novu površinu najprije počinju naseljavati brzorastuće biljke (jednogodišnje biljke) i biljke koje se brzo šire sjemenkama. Potom nikne drveće, tzv. pioniri, koji zahtijevaju puno svjetlosti (breza i bor), pod njihovom krošnjom pak mladice vrsta drveća koje je otporno na hladovinu i konkurentski jače, kao što su hrast (*Quercus*) i obični grab (*Carpinus betulus*), a prema kraju sukcesije još i bukva (*Fagus*) i jela (*Abies*). Bukva i jela

tvore šumsku sastojinu s gustom krošnjom, u čijoj sjeni klijanje vrsta koje zahtjevaju puno svjetlosti više nije moguće (Glenn-Lewin i sur. [ur.] 1992; Remmert 1991). Takav školski primjer sukcesijskog razvoja vegetacije na peludnim dijagramima vidamo tek rijetko. Naime, najčešće je jezero toliko veliko da njegov peludni zapis prikazuje aktivnosti na više razina istovremeno, a s obzirom na to da je krajolik/mozaik zajednica i sukcesijskih stadija, vremenska razlučivost nije dovoljno dobra za promatranje jedinstvenog obrastanja samo jedne razine (vjerojatno je i u Iversenovu slučaju bilo tako). Utjecaj čovjeka na okoliš češće je vidljiv u promjeni sastava šume, npr. opadanje količine peluda bukve i jele te porast ranijih sukcesijskih vrsta zbog krčenja šuma ili šumske ispaše (Behre 1988; Pott 1988; Šercelj 1988; Willis 1992; 1994; Gardner 1999a; 1999b; Tinner i sur. 1999; 2000; 2005), a na utjecaj čovjeka ukazuju još i povećana koncentracija mikrougljena te erozija tla. U današnjim šumama na Pokljuci i Jelovici, na primjer, raste osjetno više smreke (*Picea*) i manje bukve nego što je u to bio slučaj u 15. stoljeću. Naime, bukvu su u prošlosti prekomjerno sjekli i upotrebljavali za proizvodnju ugljena za potrebe metalurgije, dok je gospodarenje šumama pridonijelo sadnji smreke i jele (Šercelj 1971; Andrič i sur. 2010).

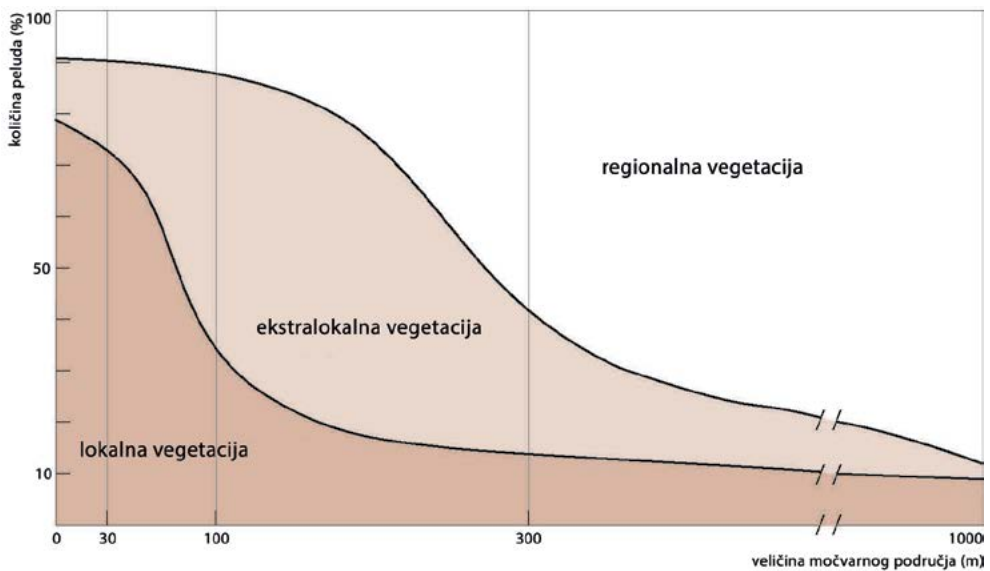
Već smo spomenuli da je za proučavanje pojave i razvoja te tipa zemljoradnje i stočarstva važan i pelud „antropogenih pokazatelja” (Behre 1981), tj. biljaka koje su se pojavile ili proširile zbog djelovanja čovjeka. Njima pripadaju kulturne biljke, poljski korov i **ruderalne** biljke te pokazatelji ispaše. Palinolozi obično identificiraju pelud sljedećih usjeva: raž (*Secale*), kukuruz (*Zea*), lan (*Linum*), heljda (*Fagopyrum*), žitarice (Cerealialia), konoplja (*Cannabis*) i mahunarke (Fabaceae). U skupinu „žitarica” spadaju pšenica (*Triticum*), ječam (*Hordeum*) i zob (*Avena*), čiji pelud u standardnom, rutinskom palinološkom istraživanju obično ne možemo razlikovati, a jednako je zahtjevna i detaljnija identifikacija mahunarki. Neke poljoprivredne kulture, npr. lan i heljda, tvore tek malo peluda. Raž proizvodi puno peluda, koji se dobro širi, dok pelud pšenice, ječma i zobi najčešće ostaje u ljusci i oslobađa se tek tijekom žetve i vršidbe (Vuorela 1973). Pelud žita u močvarama je i jezerima vrlo rijedak (npr. 0 – 1 % u bušotinama u Ljubljanskom barju, Andrič i sur. 2008), ali je na arheološkim nalazištima češći (0,5 – 11 % u kulturnim slojevima sojeničkog naselja Stare gmajne u Ljubljanskom barju; Andrič 2020). Na peludnim dijagramima izostanak peluda žita ne znači nužno i izostanak poljoprivrede u okolišu.

Osim peluda kulturnih biljaka, na peludnim dijagramima javlja se i pelud korova koji raste između usjeva ili na zapuštenim njivama. Sastav nekadašnjih korovnih zajednica razlikovao se od današnjih (vidi Behre 1981, 230 – 231, slika 2; Ellenberg 1988, 29 – 31; Paušič i sur. 2012). U Sloveniji najčešće nalazimo pelud lobode (Chenopodiaceae), pelina (*Artemisia*), koprive (*Urtica*) i zečine (*Centaurea*), dok su za pašnjake i travnjake karakteristične trave (Poaceae), uskolisni trputac (*Plantago lanceolata*), kiselica (*Rumex*) i žabnjak (*Ranunculus*). Biljke iz tih skupina imaju širok ekološki raspon te mogu uspijevati i na prirodno ruderalnim tlima bogatim mineralnim tvarima i dušikom, npr. na obalama rijeka ili u stepama. Neke od tih biljaka u prirodi su bile

prisutne još prije početaka zemljoradnje i zbog utjecaja čovjeka samo su se još više raširile, dok su se druge, arheofiti, pojavile tek s prvim ratarima (Behre 1988).

Čovjek, naravno, nije utjecao samo na pojavu, odnosno širenje „antropogenih pokazatelja”, njegov upliv bio je još veći. Spomenuli smo već krčenje i paljenje šuma, promjene u sastavu šuma te procese sukcesije, a pridonio je i nastanku mozaičnog kulturnog okoliša te utjecao na lokalnu i regionalnu hidrologiju, tlo (plodnost, eroziju) i (mikro)klimu. Rani utjecaj čovjeka na okoliš stoga je vidljiv u raznolikosti cjelokupnog peludnog zapisa (npr. Hicks i Birks 1996; Birks i sur. 1990; Fuller i sur. 1998; Odgaard i Rasmussen 2000) i većoj bioraznolikosti (palinološka raznolikost), zbog nastanka mozaičnog okoliša (Birks i sur. 1990; Andrič 2007; Šilc i Andrič 2012). Primjer takva utjecaja prvih ratara i stočara na okoliš bit će predstavljen u drugom dijelu ove knjige (vidi II. dio/4.1).

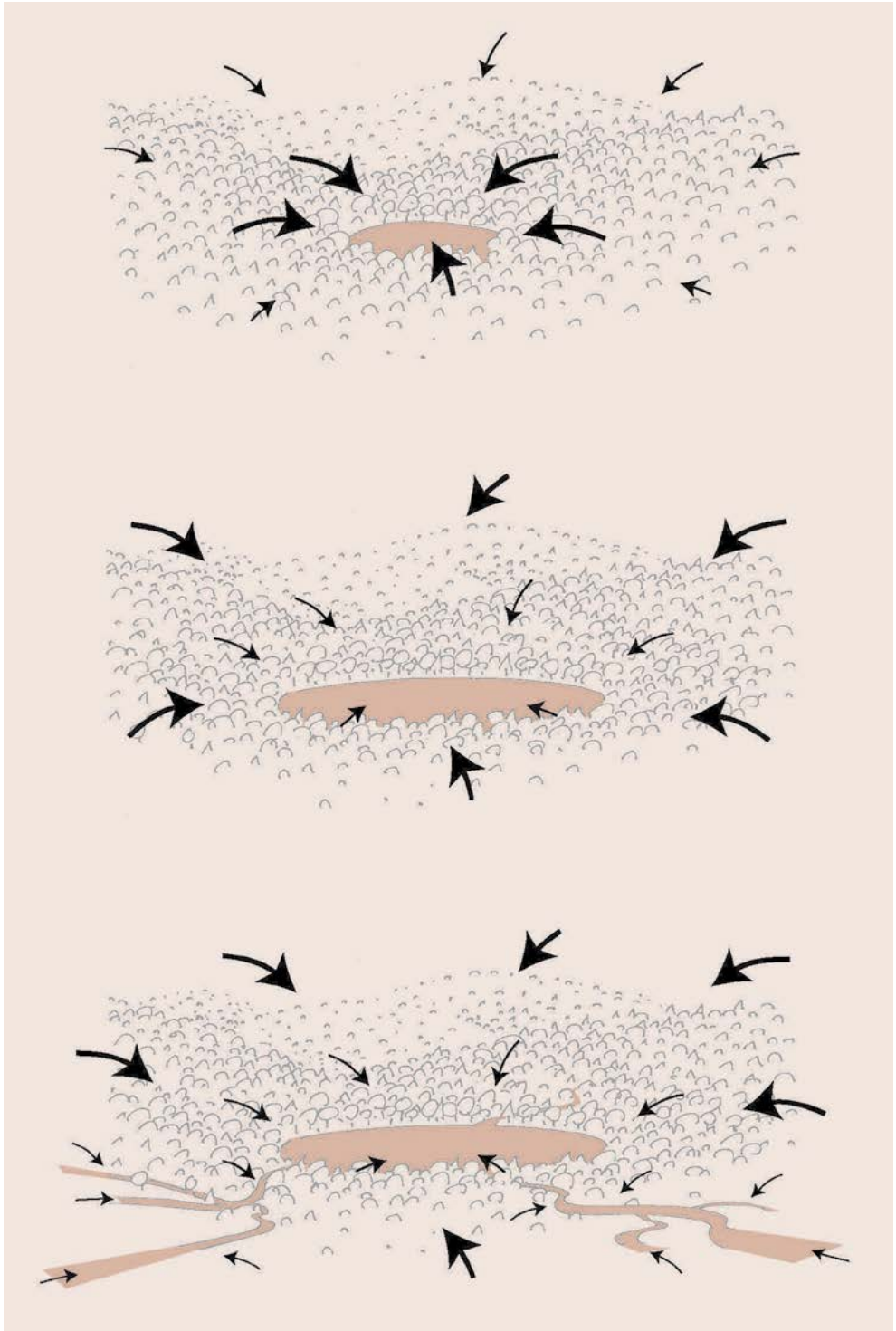
Istraživanja okolišnih procesa koja se temelje na interdisciplinarnoj suradnji znanstvenih područja imaju širu implikaciju, ona seže izvan okvira svake pojedine znanstvene discipline. Palinolozi, na primjer, surađuju i u istraživanjima **kvartarnih** migracija vrsta drveća, njihove genetike i evolucije. Ako nam je poznato gdje su



Slika 22: U manjim jezerima prevladava pelud lokalne, a u velikim pak pelud regionalne vegetacije. Prema predlošku: Jacobson i Bradshaw 1981.



Slika 23: Manja jezera prikladna su za proučavanje promjene vegetacije u neposrednoj blizini jezera (a), dok su velika jezera dobar pokazatelj većih promjena vegetacije u široj regiji (b). Pelud šire regije u jezero donose i rijeke (c).



pojedine biljne vrste preživjele ekstremne klimatske događaje, kamo i kako su se širile te što utječe ili je utjecalo na njihovu genetsku raznolikost, tada također možemo pretpostaviti kako će reagirati na sljedeće klimatske promjene (Bennett 1988). Bez proučavanja današnjih okolišnih procesa ne možemo razumjeti događaje u prošlosti i obrnuto: paleoekološka i arheološka istraživanja ekologiji nude dragocjene informacije o dugotrajnim procesima i tisućljetnom utjecaju čovjeka na vegetaciju te o djelovanju **ekosustava** u okolnostima koje su se bitno razlikovale od današnjih. Sve to znanje važno je za tipična ekološka područja, kao što su proučavanje i zaštita bioraznolikosti, očuvanje prirode i ekološka renaturacija (Willis i Birks 2006; Froyd i Willis 2008; Jackson i Hobbs 2009).

Na području palinologije i paleoekologije događa se mnogo toga; u drugom dijelu knjige predstaviti ćemo nekoliko primjera istraživanja i izazove s kojima se susrećemo.

2 Arheobotanika

Aarheobotanika je znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem biljnih ostataka, koji su se sačuvali u kulturnim slojevima arheološkog nalazišta. Za razliku od paleookolišnih istraživanja (vidi I. dio/1 *Palinologija*), biljni makroostaci s arheoloških nalazišta jesu tzv. **ekofakti** i kao takvi najčešće su rezultat čovjekove aktivnosti. Drugim riječima, to su biološki ostaci koji su „postali” arheološki (Wilkinson i Stevens 2003). Stoga u interpretaciji arheoloških biljnih (tj. arheobotaničkih) makroostataka u obzir moramo uzeti i biološke i arheološke činjenice. To je razlog zbog kojeg je u arheobotanici, za razliku od palinologije, teže donositi zaključke o duljoj povijesti razvoja vegetacije na širem geografskom području. Usredotočeni smo na biljne makroostatke, tj. one veće od 0,355 mm (vidi I. dio/2.5), kao što su plodovi, sjemenke, drvo, ugljen i drugi aktivni vegetativni dijelovi biljke, koji su u određenom razdoblju, na prirodan i/ili češće **antropogen** način, dospjeli na istraživano arheološko naselje i koji su se nakon više stotina ili tisuća godina sačuvali do danas (vidi I. dio/2.3). Glavna je svrha arheobotaničkih istraživanja utvrditi prehrambene navike i gospodarstvo ljudi u prošlosti. Također, zbog dobre očuvanosti organskih ostataka (**tafonomije**), u rijetkim slučajevima možemo pretpostaviti vegetaciju i moguće biljne zajednice u bližoj okolini naselja (npr. Jacomet i sur. [ur.] 2004; Tolar i sur. 2011; Tolar i Andrić [u pripremi]; vidi također II. dio/2.3 i 5.2). Pored toga, arheobotanički ostaci nebrojeno su puta neposredan izvor informacija za apsolutnu dataciju nalazišta, spomenimo ovom prilikom dvije najčešće korištene metode: radiokarbonsko datiranje organskih ostataka (vidi II. dio/Uvod) i **dendrokronologiju** (I. dio/2.6.1).

Dendrokronologija je znanstvena disciplina koja se temelji na analizi godova u drvetu. To je metoda utvrđivanja starosti drveta i zato je u arheologiji dobro prihvaćena (Baillie 1995; Čufar i Levanič 1999; Billamboz 2004). Osim potencijala za dataciju arheološko drvo pruža i brojne druge informacije, korisne za bolje razumijevanje proteklih događaja. Na prvom mjestu ovdje je važna identifikacija drveta ili ugljena,

koja se temelji na makroskopskim i mikroskopskim tehnikama. Određena vrsta drveta ili rod mogu nam otkriti ponešto o nekadašnjem okolišu i podneblju (npr. Levanič 2012). Proteklih godina stoga sve više govorimo o dendroarheologiji, koja uključuje cjelovita istraživanja arheološkog drveta, uz istovremeno određivanje starosti, rekonstrukciju naseljavanja i aktivnosti gradnje, stjecanje znanja o iskorištavanju okoliša i šume te upotrebi i obradi drva (npr. Billamboz i Tegel 2001; Čufar i sur. 2002; 2010; Velušček i Čufar 2002; Tolar i Zupančič 2009).

2.1 Povijest istraživanja

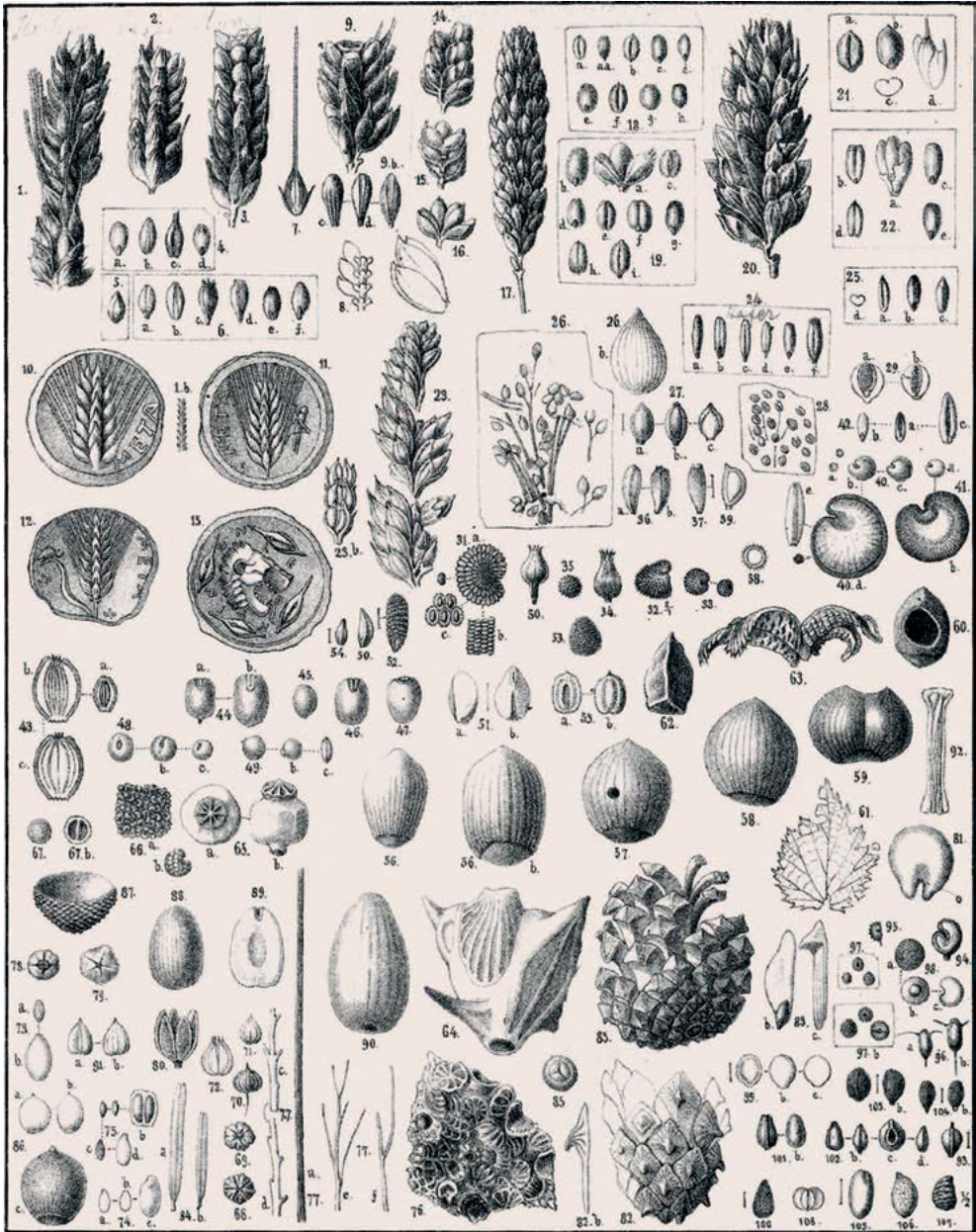
Prvi izvještaji o arheobotaničkim istraživanjima u Europi bili su objavljeni sredinom 19. stoljeća (npr. 1849. godine s obalnih močvara Sjevernog mora, 1851. godine iz prapovijesnih rudnika soli i 1865. godine nakon opsežnih proučavanja sojeničkih naselja u istočnoj Švicarskoj; Schoch i sur. 1988). Važnu prekretnicu označilo je otkriće sojeničkih naselja u Švicarskoj 1854. godine, na temelju kojega je O. Heer uskoro shvatio koliko velik **istraživački potencijal** mogu imati biljni makroostaci s arheoloških nalazišta, osobito kada su očuvani u vlažnom tlu (Heer 1865; slika 24). Nakon gotovo stotinu godina koncepti arheobotaničkih istraživanja šire su prihvaćeni i drugdje u Europi. S modernim arheobotaničkim istraživanjima, poznatima i kao paleoetnobotanička, započelo se tek nakon Drugog svjetskog rata. Unutar njih su se, uz osnovni popis identificiranih biljnih **taksona** i ostataka, počeli otvarati i drugi vidici arheobotaničkih istraživanja te različita istraživačka pitanja, kao na primjer:

- podjela biljnih ostataka i identificiranih biljnih taksona na temelju njihove upotrebljivosti, npr. na divlje rastuće, odnosno sakupljane i na uzgojene, odnosno kulturne biljke, ili na temelju njihove **ekologije**, npr. na šumske, one koje rastu uz rub šuma (uključujući biljke sa sječina i šumskih proplanaka), travnate, vodene, močvarne/obalne, biljke s obrađenih i **ruderalnih** (antropogenih) površina i dr.
- utvrđivanje upotrebljivosti identificiranih biljaka (za prehranu, krmu, stelju, u medicinske, opojne, ritualne svrhe ili kao prirodni materijal za izradu tekstila, užadi, boja, također za postavljanje i izolaciju nastambi i dr.)
- utvrđivanje važnosti sakupljenih u usporedbi s uzgojenim biljkama u ljudskoj prehrani, odnosno razumijevanje nekadašnje ekonomije (npr. Jacomet i sur. 1989)
- pretpostavke o klimatskim uvjetima, utjecaju čovjeka na okoliš i značajkama tla, stijena, sedimenata, reljefa, vodnog režima i dr.
- utvrđivanje prehrane životinja (krme također) i stelje na temelju istraživanja životinjskog izmeta ili **koprolita** (fosiliziranog izmeta), a time i stjecanje saznanja o prirodnoj (ispašnoj) vegetaciji i opskrbi domaćih životinja (npr. Örne i sur. 1999; Kühn i sur. 2013; Kühn i sur., u tisku)
- utvrđivanje putova udomaćivanja određenih kulturnih biljaka, odnosno njihov izvor te važnost u različitim razdobljima, na različitim područjima (npr. Jacomet i sur. 1989; Jacomet 2006a; 2007a; Kohler-Schneider i Canappele 2009).

U posljednje vrijeme sve se više javljaju sekundarni istraživački vidici u paleoetnobotanici i/ili arheobotanici, koji su prije svega usmjereni na istraživanje i utvrđivanje povijesti prehrambenih navika, izvora i širenje kulturnih biljaka, razvoja korova, povijesti zemljoradnje i vrtlarstva, povijesti upotrebe biljaka u medicinske svrhe, upotrebu i poznavanje vrsta drveća, izradu tekstila i trgovinu biljkama. Takva proučavanja iziskuju brojne reprezentativne arheobotaničke rezultate sa šireg geografskog područja, odnosno njihove kompilacije (npr. Jacomet 2006a; 2007a; 2009; Tolar i sur. 2011; Stika i Heiss 2013).

U Sloveniji zameci arheobotaničkih istraživanja sežu daleko u prošlost, a jedno od najvažnijih nalazišta je Ljubljansko barje. Već kod otkrića sojeničkih naselja u Ljubljanskom barju 1875. godine, K. Deschman obavio je prve arheobotaničke analize drva (drvenih stupova ili soha), iskopanih nedaleko od današnjeg Iga (npr. Deschman 1875a; 1878). Njegov rad nastavio je W. Schmid (npr. Schmid 1910). Između dvaju ratova nova su iskopavanja u Ljubljanskom barju i s njime povezana istraživanja na neko vrijeme prekinuta. Nakon 1953. godine, kada je započelo novo razdoblje istraživanja sojeničkih naselja, J. Korošec pozvao je na suradnju istraživače iz prirodoslovnih znanosti i time poduzeo prvi korak k interdisciplinarnim istraživanjima u slovenskoj arheologiji (npr. Korošec 1953; 1954). Vodeću ulogu u slovenskoj arheobotanici imao je A. Šercelj, koji je, uz peludne analize (vidi I. dio/1.1), sve od 1954. godine (npr. Šercelj 1955a; 1955b) pa do svojih posljednjih arheobotaničkih objava u devedesetim godinama prošlog stoljeća (npr. Šercelj 1991; Culiberg i Šercelj 1995), analizirao također i biljne makroostatke sa slovenskih arheoloških nalazišta, većinom sa sojeničkih naselja Ljubljanskog barja, nešto manje i s paleolitičkih špiljskih nalazišta (npr. Šercelj i Culiberg 1985; 1991; Culiberg i Šercelj 1998), na kojima se sačuvao samo ugljen. Iako su prvi botanički nalazi bili isključivo nasumično i nesustavno (po nahodjenju) uzorkovani (sakupljani), ipak su arheolozima, koji su se do tada pažnju posvećivali samo keramičkim i drugim (npr. metalnim, koštanim i drvenim) antropološkim rukotvorinama (**artefaktima**), pružili priličnu količinu zanimljivih podataka (npr. Šercelj 1955a; 1955b; 1975; 1981/82). Šerceljev rad nastavila je M. Culiberg (npr. Šercelj i Culiberg 1980; 1984; Culiberg i Šercelj 1986; 1991; Culiberg 1984; 1999; 2004; 2006). Suradivala je čak i kada su suradnici s Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a uveli novu metodu uzorkovanja i sakupljanja ne samo biljnih makroostataka nego i svih ostalih arheoloških nalaza u Sloveniji, osobito onih većih od 1 mm. Između 1989. i 1999. godine na paleolitičkom lokalitetu Divje babe (Turk 2003; 2007), a od 1998. godine nadalje i na sojeničkim naseljima u Ljubljanskom barju (Velušček 2004), nova metoda (tj. spiranje sedimenta kroz sita triju veličina, odnosno tzv. **mokro prosijavanje ili flotacija**; Turk 2003; 2007) omogućila je M. Culiberg proširenje popisa identificiranih biljnih vrsta, i kvantitativno (brojčano) i kvalitativno (raznolikost otkrivenih biljnih taksona).

U razdoblju od 2006. do 2009. godine prema švicarskom je uzoru na Institutu za arheologiju ZRC-a SAZU-a uspostavljen arheobotanički laboratorij. Njegov rad



Slika 24: Prva ilustracija biljnih makroostataka sa sojeničkih nalazišta (Heer 1865); prema: Jacomet i Kreuz 1999, 14, slika 1.4.

usredotočen je na nekarbonizirane biljne makroostatke s vlažnih arheoloških nalazišta, veće od 0,355 mm, dobivene metodom rada u laboratoriju koja je opisana u nastavku (vidi I. dio/2.5). Laboratorij sadrži opremu za spiranje manje količine sedimenta (oko 3 kg), stereomikroskop s povećanjem do 50 puta, referentnu zbirku arheoloških i recentnih sjemenki/plodova, drva i ugljena te odgovarajuću literaturu (vidi I. dio/2.6.). Suvremene metode rada (od uzorkovanja na terenu do spiranja, pohranjivanja i pregledavanja uzoraka), uz opsežniji i reprezentativniji popis vrsta, pružaju i veće interpretacijske mogućnosti u arheobotanici (Tolar i sur. 2010; 2011; Tolar i Andrič [u pripremi]; vidi primjere u II. dijelu knjige).

Dendrokronologija (vidi I. dio/2.6.1) kao metoda utvrđivanja apsolutne starosti drva, u svjetskoj je arheologiji zaživjela u šezdesetim godinama prošlog stoljeća (npr. Billamboz 2004). U Sloveniji dendrokronološka istraživanja teku usporedno s arheologijom od 1995. godine, kada je Institut za arheologiju ZRC-a SAZU-a započeo suradnju s Odsjekom za znanost o drvu Biotehničkog fakulteta Sveučilišta u Ljubljani. Suradnja je vrlo brzo dovela do dobrih rezultata, koji su omogućili sve bolje datiranje ostataka drva iz razdoblja sojeničkih naselja u Ljubljanskom barju, gdje se sačuvala daleko najveća količina arheološkog drva primjerenog za dendrokronologiju.

2.2 Vrste biljnih makroostataka s arheoloških nalazišta

Predmet arheobotaničkih istraživanja jesu svi biljni makroostaci koje uspijemo prikupiti iz arheološkog sedimenta. Osim ostataka drva i ugljena, najčešće su u obzir uzete nekarbonizirane i karbonizirane sjemenke i plodovi te ostaci zrelog cvata žitarice (vidi slike 25 – 32). Svi su prisutni u većim koncentracijama i moguće ih je prilično dobro identificirati. K tome, ti su ostaci izravan dokaz čovjekove biljne prehrane i upotrebe biljaka, čime je također zadovoljena osnovna svrha arheobotaničkih istraživanja.

Najčešći biljni ostaci koji se očuvaju na sitima standardnog promjera otvora 2 mm i 0,355 mm (vidi I. dio/2.5.1) jesu:

- sjemenke i plodovi (slika 25, 26)
- ostaci zrelog cvata žitarice (klas i klasići; slika 27, vidi također sliku 32),
- raznoliki ostaci stabljika, vlakana, listova, iglica i drugih vegetativnih dijelova, također **kriptogamnih biljaka** (papratnjača, mahovina) i gljiva (najčešće nekarbonizirani; slika 28),
- drvo i ugljen (slika 29)
- ostaci proizvoda različitog biljnog materijala, npr. ostaci tekstila ili užadi, ostaci hrane ili pića u posudama te pripremljenog tijesta, ostaci zaliha hrane (zalihe žitarica, suho voće), ostaci krme ili stelje te koproliti domaćih životinja (slika 30).

Među biljnim makroostacima posebno je potrebno izdvojiti ostatke zrelog cvata žitarica (klasova i klasića), ostatke **ploda tobolca** (npr. lana) i ostatke **perikarpa**

(npr. žira, oraha ili jabuke), koje arheolozi nešto teže prepoznaju, no koji su u arheobotaničkim istraživanjima od osobite važnosti (slika 31; vidi i slike 32, 34).

Za bolju predodžbu, osobito makroostataka žitarica (slika 31a i b), vidi još i crtež – shematski prikaz zrelog cvata žitarice (klasa; slika 32; prema: Jacomet 2006b).

Pojedini zreli cvat žitarice sastoji se od brojnih klasića koji, kada su raspoređeni izravno na klasnom vretenu (ili rahisu), zajedno tvore klas (slika 32). Ako su peteljke pojedinih klasića dugačke, oblikuju vlat, npr. kod zobi (*Avena sativa*). U pojedinom klasiću nalazi se jedan ili više cvjetova koji su okruženi posebno oblikovanim potpornim listovima, tzv. **pljevom**. Iz plodnice pojedinog oplodnog cvijeta razvije se zrno, kojeg je u zreлом klasiću onoliko koliko je bilo plodnih i oplodnih cvjetova. Tako u pojedinom klasiću, npr. jednozrna pšenica, proso (*Panicum miliaceum*) i ječam imaju po jedno, a dvozrna pšenica po dva zrna.

Postoje tri vrste pljeve (slika 32a), na samom dnu klasića nalaze se dva listića pljeve, dok iznad njih svaki cvijet ima donju cvjetnu pljevicu ili obuvenac i gornju cvjetnu pljevicu ili košuljicu. Potonje dvije zajedno nazivamo i cvjetnom pljevom jer obično vrlo čvrsto obavijaju zrelo zrno te, kada dozriju, zajedno s njim ispadnu (takva se zrna nazivaju **pljevičastima**; slika 32a). Rjeđe se dogodi da zrelo zrno ispadne iz pljeve (takva zrna nazivamo **golima**). Donja cvjetna pljevica ili obuvenac može nositi čekinjast produžetak, koji nazivamo osje i važan je za širenje pljevica.

Način raspadanja klasića nakon zrelosti različit je. Kod kultiviranih žitarica zreli se cvat obično uopće ne raspadne i zrna se od pljeve odvoje naknadno mehanički (vršidbom; vidi u nastavku sliku 34). Kod divljih rođaka zreli klas može se raspasti na različite načine. Može se raspasti cijeli cvat ispod svakog klasića ili se odlomi os klasića (rahila) iznad dvaju listića pljeve i preostali dio cvata otpada, dok će spomenuti listići ostati postojani na peteljci. Kod višecvatnih klasića može se raspasti i os klasića ispod svakog cvijeta. O tome ovisi koje ćemo dijelove (ostatke) pljeve ili cvata u arheološkim slojevima pronaći zajedno sa zrnjem.

O sraštenost zrna s cvjetnom pljevom ovisi koliko će mehaničko odvajanje zrna od pljeve (ljuštenje žitarica) biti zahtjevno. Kod nekih vrsta žitarica cvjetna pljeva sa zrnjem nije srasla, i ljuštenje je jednostavno. Takve žitarice nazivamo **nepljevičastim** ili žitarice s nesraslom pljevom (eng. *naked cereals*). Druge, čija je pljeva na površini srasla sa zrnjem, otežavši time ljuštenje, nazivamo **pljevičastima** ili žitarice sa sraslom pljevom (eng. *glume/hulled cereals*). **Golozrne** (još jedan izraz za nepljevičaste žitarice) jesu npr. različite vrste pšenice (tvrda/engleska ili bijela/obična pšenica [*Triticum durum/turgidum/aestivum*]) i običan ječam s nesraslom pljevom (npr. slika 32b), **pljevice** su pak npr. pojedine vrste jednozrne ili dvozrne pšenice (npr. slika 32a), ozima pšenica odnosno pravi pir (*Triticum spelta*) te obični ječam sa sraslom pljevom.

Opisana građa cvata trava pomaže nam razumjeti što sve među arheobotaničkim ostacima kulturnih biljaka (osobito žitarica) možemo očekivati i kako nam takvi nalazi mogu pomoći u konačnoj arheobotaničkoj interpretaciji.

S obzirom na to da su zrna golozrnih žitarica tek blago smještena između cvjetne pljeve, a pljeva je nježnija, zrelo zrno iz klasića može lako ispasti te je također manje zaštićeno od vremenskih utjecaja i bolesti ili štetnika (plijesni, kukaca i sl.). Zato su se, unatoč zahtjevnijem i dugotrajnijem postupku čišćenja (ljuštenja) tih žitarica (vidi u nastavku slike 33 i 34), pljevičaste vrste/sorte tijekom tisućugodišnjeg procesa kultivacije sačuvala sve do danas (npr. sve cjenjeniji pir).

Važno **morfološko** svojstvo brojnih klasnih golozrnih žitarica jest iznimno čvrst i snažan rahis, koji se tijekom vršidbe (tj. I. faze odvajanja žita; vidi u nastavku: slika 34) često ne raspada na pojedine segmente, već segmenti rahisa ostanu sjedinjeni, po više njih zajedno. Među arheobotaničkim nalazima stoga su, osim karboniziranih zrna žitarica, često očuvani i karbonizirani ili nekarbonizirani dulji segmenti rahisa bez pljeve (slike 31a i 33).

Drugačije je kod pljevičastih žitarica, čija čvrsta i obilatija pljeva tijesno obavija i štiti zrna, što otežava ljuštenje (kao i čišćenje, odnosno odvajanje). Faze tehnika čišćenja (vidi u nastavku sliku 34) kod pljevičastih žitarica dugotrajnije su i zahtjevnije. Zrna sa sraslim listićima pljeve (pljevicama) moraju se zbog toga dodatno obraditi, npr. pržiti i mljeti (na slici 34f i g). Za razliku od nepljevičastih žitarica, kod pljevičastih os klasića obično je lomljiva i krhka, stoga se tijekom vršidbe klasić često raspada, lomeći se na više kraćih ulomaka. Zato se među arheobotaničkim nalazima kod pljevičastih žitarica, osim karboniziranog zrnja, često očuvaju i karbonizirani i nekarbonizirani kraći fragmenti rahisa zajedno s pljevom (eng. *spikelet fork*) ili tek samo baze pljeve bez rahisa (eng. *glume base*; vidi slike 31b, 32a i 33).

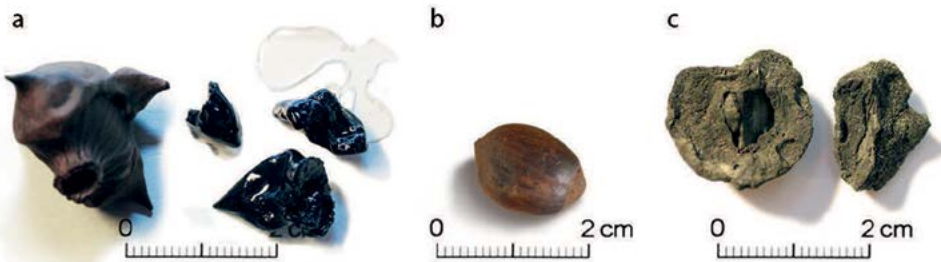
Svi ostaci klasa i klasića zrelih žitarica (dakle, ne samo zrnja već i pljeve i ulomci rahisa te rahila) u arheobotanici jesu nosioci važnih identifikacijskih znakova, koji nam mogu pružiti informaciju o pojavi pojedine, čak i „nove” vrste ili sorte žitarica u određenom razdoblju na određenom području, te o putovima (kao i izvoru) kultiviranja kulturnih biljaka (npr. Jacomet i sur. 1989; Zohary i Hopf 2004; Akeret 2005; Tanno i Willcox 2006).

Osim toga, iz očuvanih ostataka klasova/klasića žitarica (ulomci rahisa, ostaci pljeve i dr.) možemo iščitati podatke o načinima (ili tehnikama) ljuštenja žitarica (tj. odvajanja zrna od pljeve) prije samog skladištenja (Boardman i Jones 1990; Wilkinson i Stevens 2003; Jacomet 2010). Vrste očuvanih biljnih makroostataka, kako „željenih” produkata (tj. očišćenog zrnja) tako i „otpada” (tj. slame, rahisa, pljeve, ljusaka, sjemena/plodova pljevičastih biljaka), naime otkrivaju kakvi su se postupci, odnosno načini (tehlike također) čišćenja i skladištenja prinosa primjenjivali u određenom razdoblju (vidi sliku 34 i II. dio/4.2, str. 200 i nadalje).

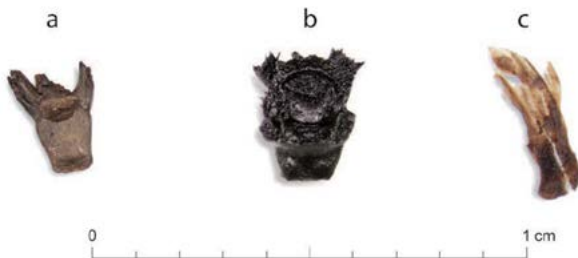
Slika 34 prikazuje postupak i tehnike pridobivanja „čistog” žitnog zrnja (tj. oljuštenih iz pljeve). Nakon žetve (slika 34a) mogu biti izvedene različite operacije (tehlike ili faze čišćenja): mlaćenje požetog žita tzv. cijepom (slika 34b) i grabljenje većih dijelova, npr. slame, na stranu (slika 34c) te vijanje ili provjetranje dijelova



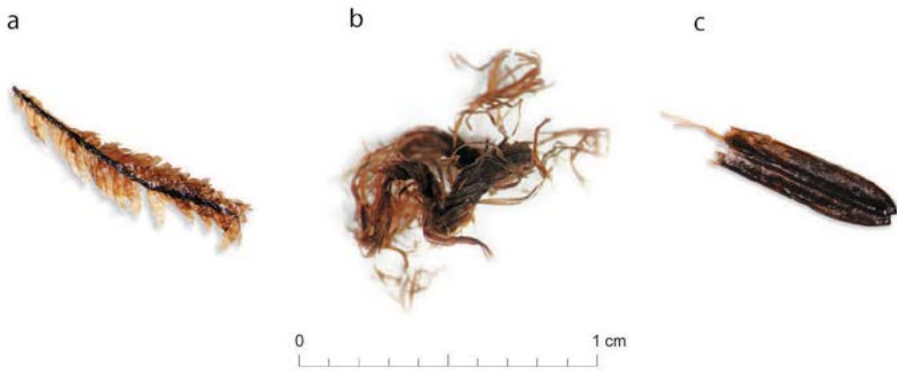
Slika 25: Arheološka karbonizirana zrna ječma (*Hordeum vulgare*) (a), arheološke vodom natopljene (na slici tamne) i referentne recentne (na slici svijetle) sjemenke/plodovi drijena (*Cornus mas*) (b), arheološke nekarbonizirane, sekundarno osušene sjemenke/plodovi kupine (*Rubus fruticosus* agg.) (c).



Slika 26: Referentni recentni plod i arheološki vodom natopljeni nekarbonizirani ostaci ploda vodenog orašca (*Trapa natans*) (a), arheološka vodom natopljena obična lijeska (*Corylus avellana*) (b), karbonizirani komadić šumske ili divlje jabuke (*Malus sylvestris*) s arheološkog nalazišta (c).



Slika 27: Napola karbonizirani ulomak osi klasića (rahisa) s ostatkom pljeve jednozrne pšenice (*Triticum monococcum*) (a), karbonizirani ulomak rahisa ječma (b), nekarbonizirani ostatak baze pljeve jednozrne ili dvozrne pšenice (*T. monococcum/dicoccum*) (c).



Slika 28: Ne karbonizirani, vodom natopljeni ostaci: (a) mahovine, (b) biljnih vlakana, (c) iglica obične jele (*Abies alba*).

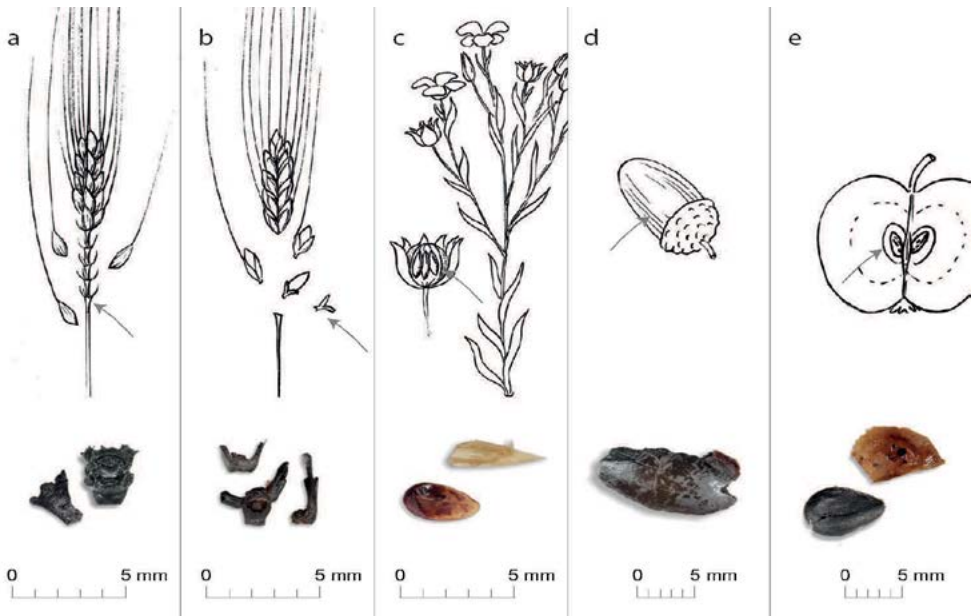


Slika 29: Vodonom natopljeni ostaci: (a) drvenog stupa ili sohe (*Fraxinus* sp.), (b) vodonom natopljena drška sjekire od roga (*Capra* sp.), (c) ugljena s ognjišta, (d) drška od drenovine (*Cornus* sp.) nepoznatog drvenog oruđa, (e) vodonom natopljene, nekarbonizirane perle ogrlice, izrađene od kore drveta; svi su nalazi sa sojeničkih naselja Ljubljanskog barja.

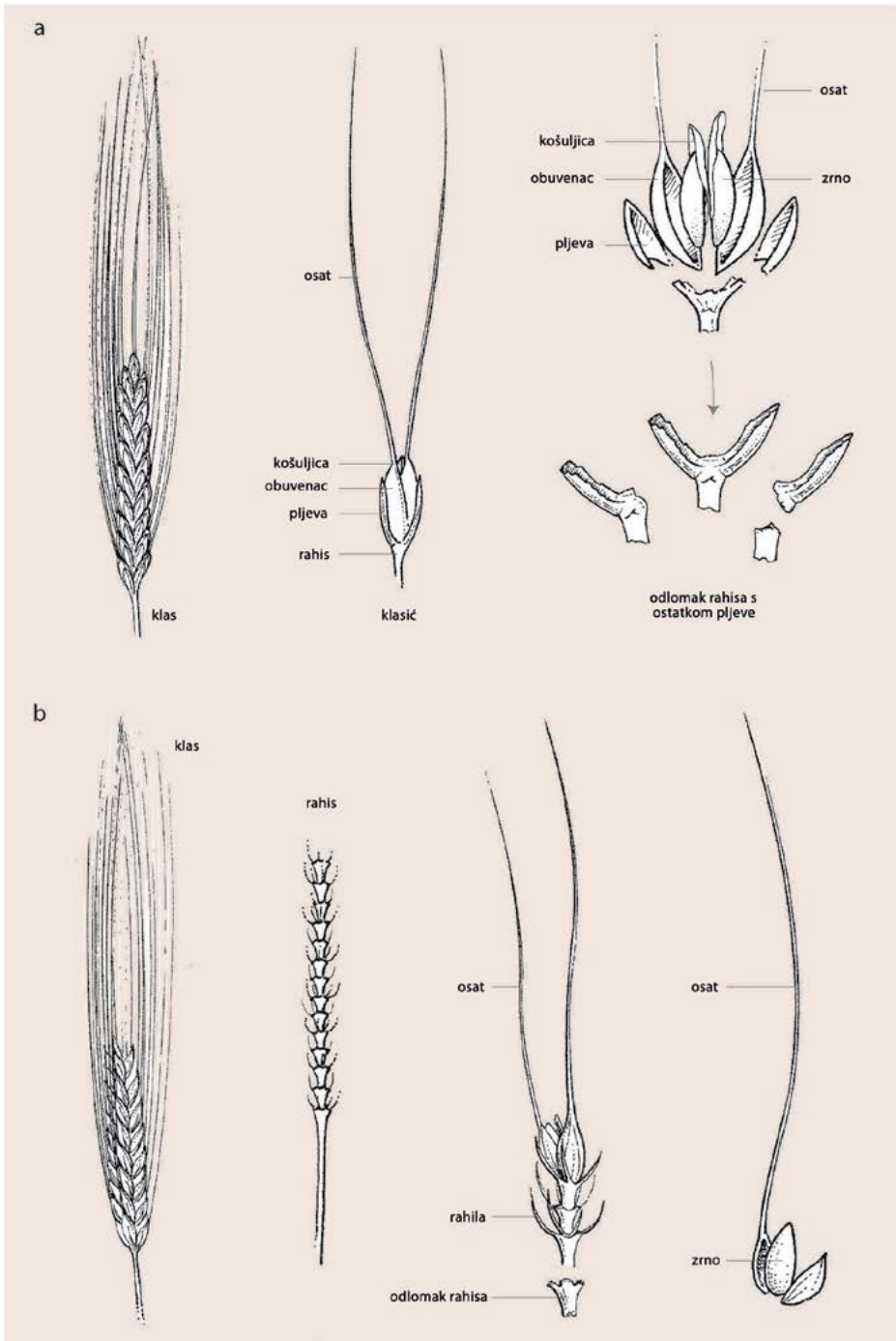


Slika 30: Perle ogrlice, izrađene od još uvijek nepoznate sjemenke/ploda (a), ostaci hrane na dnu posude (b), karbonizirana pređa, stanje nakon pronalaska (foto: M. Turk) (c). Svi su nalazi sa sojeničkih naselja Ljubljanskog barja.

žitnica, pri čemu vjetar lakšu pljevu i njezine sjemenke otpuše, dok teža zrna žitarica padnu na tlo ili u posudu (slika 34d). To su primarni postupci odvajanja klasića žitarica od slame. Slijedi grubo prosijavanje (slika 34e), kojim se odvoje svi preostali veći ostaci slame, žitne pljeve i korovnih biljaka (sjemenke/plodovi također). U toj se fazi jednako tako odvajaju i još neraspadnuti klasići koji se vraćaju na vršidbu. Materijal koji je prošao kroz grubo sito i koji sadrži „željeni” produkt (tj. zrna žitarica) odlazi u daljnju obradu: ili fino sijanje kod **glozrnih** (slika 34h) ili u dodatnu obradu kod **pljevičastih** zrna (slika 34f i g). Prženjem (slika 34f) i/ili mljevenjem zrna žitarica sa sraslim listićima pljeve u žrvnju, u kojem drvenim batom (slika 34g) sraštenu pljevu omekšamo, postići ćemo njihovo lakše odvajanje od zrna (ljuštenje). Nakon finog



Slika 31: Manje poznati biljni makroostaci: (a), (b) klasa, odnosno klasića žitarica (ječma [a] i jednozrne i/ili dvozrne pšenice [b]), (c) apikalni dio ploda tobolca lana (*Linum usitatissimum*) i njegovo sjeme, (d) ostatak perikarpa žira (*Quercus* sp.), (e) ostatak perikarpa jabuke/kruške (*Maloideae*) i koštica jabuke. Crteži nisu u mjerilu.



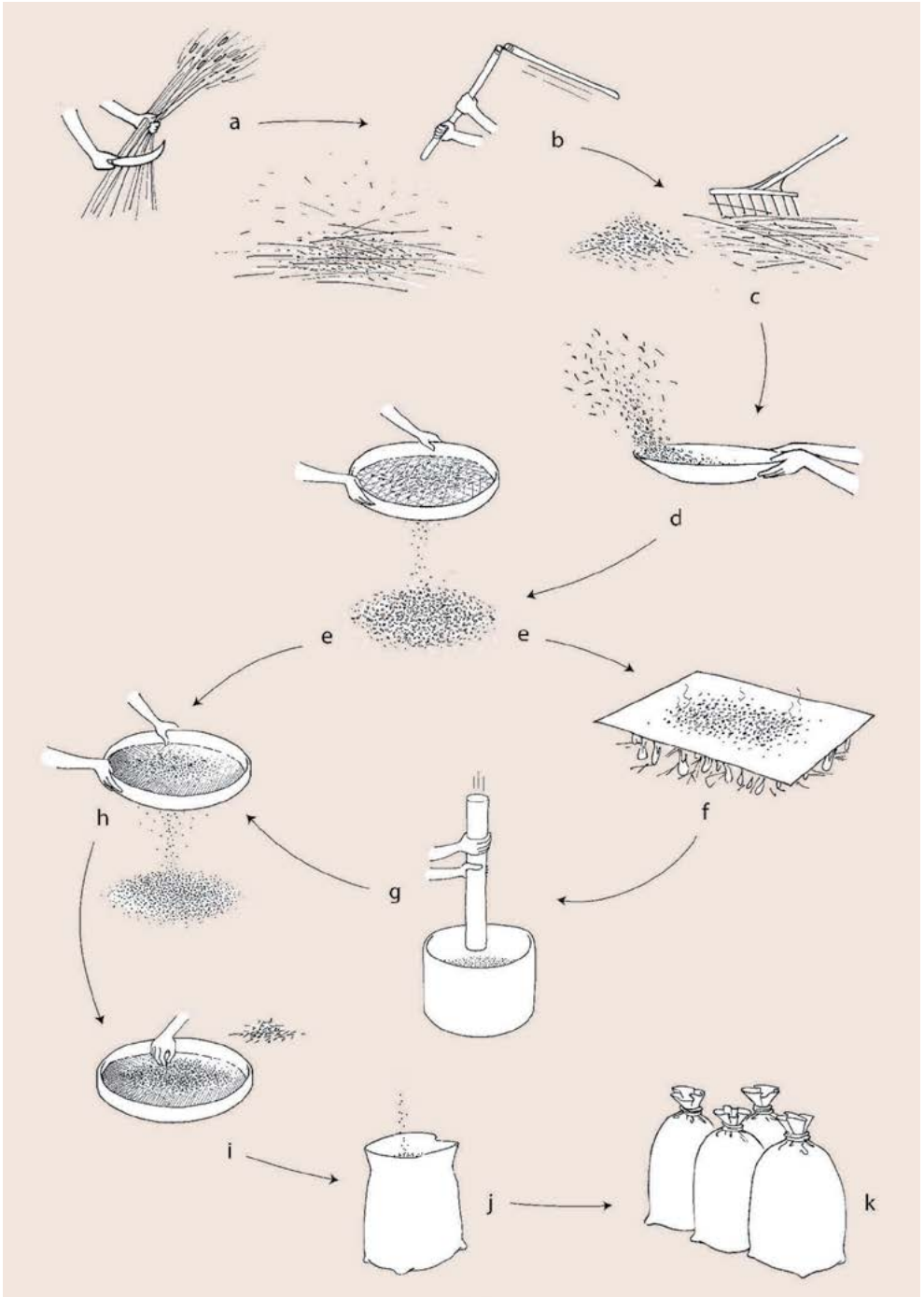
Slika 32: Shematski prikaz klasa zrele žitarice: a) dvozna pšenica – kao primjer žitarice sa sraslim listićima pljeve; b) obični ječam – kao primjer žitarice s nesraslim listićima pljeve; prema: Jacomet 2006b.

	PLJEVIČASTE ŽITARICE	NEPLJEVIČASTE ŽITARICE
Žitarice	<ul style="list-style-type: none"> - jednozrna, dvozrna pšenica, prava pšenica (pir) (<i>Triticum monococcum, dicoccum, spelta</i>) - obični ječam sa sraslim pljevicama (<i>Hordeum vulgare hulled</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> - tvrda, engleska (bijela) i obična pšenica (<i>Triticum durum/turgidum/aestivum</i>) - obični ječam s nesraslim pljevicama (<i>Hordeum vulgare naked</i>)
Značajke	Cvjetne pljevice čvrsto srasle sa zrnom. Rahis lomljiv i krhak.	Cvjetne pljevice nisu srasle sa zrnom. Rahis čvrst i snažan.
Obrada	<p>Pri vršidbi pšenice, klas se raspada na: ulomke rahisa s ostatkom pljeva i bazom pljeva (sl. 32)</p> <p>Kod ječma sa sraslim pljevicama rahis se raspada, pljevice ostaju pričvršćene na zrno. Da bi dobili čisto zrno, potrebna je dodatna obrada, npr. prženje i mljevenje (sl. 34f, g).</p>	<p>Pri vršidbi pljevice mogu lako popustiti i zrno će ispasti (sl. 32b). Zbog izuzetne čvrstoće više segmenata rahisa ostaje spojeno.</p> <p>Žitarice te vrste su češće skladištene u snopu ili klasju.</p>
Arheobotanički ostaci	<ul style="list-style-type: none"> - zrna (kod ječma s vidljivim ostacima pljevica)-pljevičasta - pojedini ulomci rahisa (kod pšenice s ostatkom pljeva) - kod pšenice i baza pljeva (sl. 32a) 	<ul style="list-style-type: none"> - zrna - gola - segmenti rahisa bez pljeva (sl. 32b)

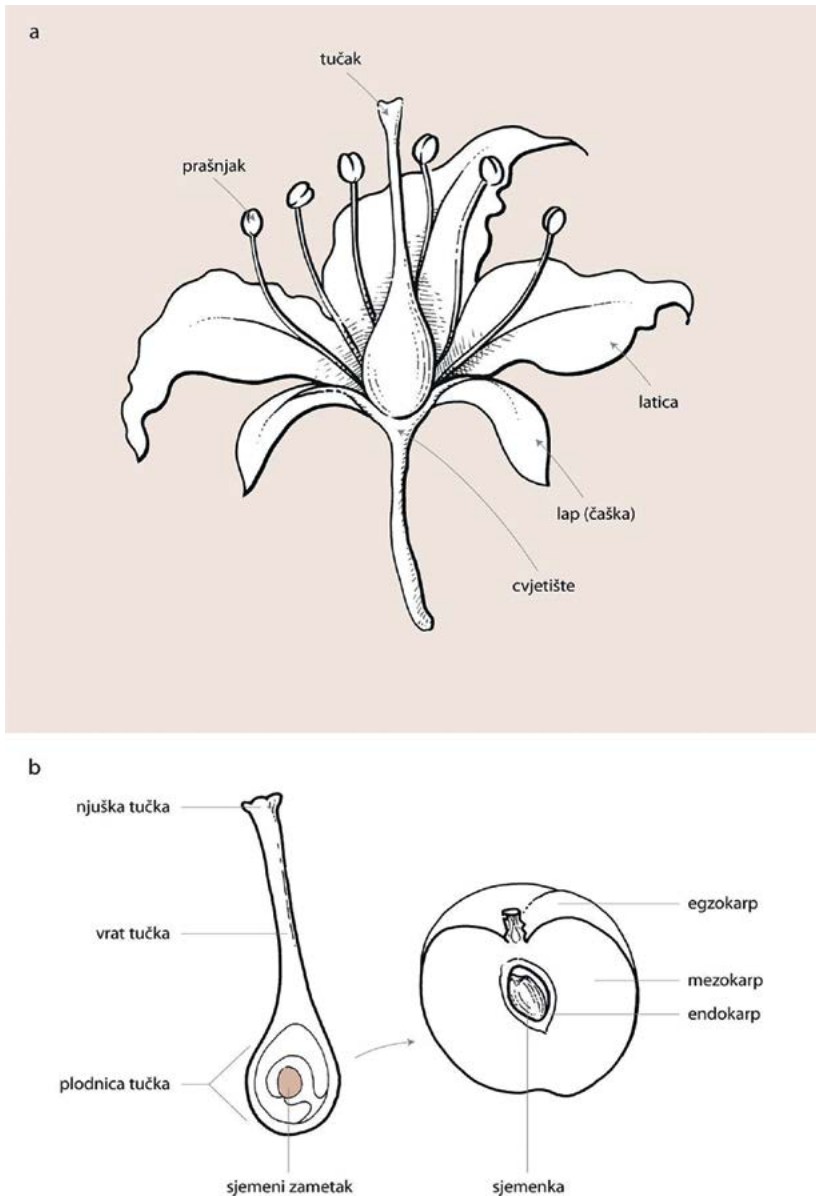
Slika 33: Pljevičaste i nepljevičaste žitarice: svojstva, razlike u obradi i konačnim produktima; prema: Jacomet 2006b.

prosijavanja (slika 34h) željena zrna žitarica ostaju na situ s odgovarajućom gustoćom mreže. Slijedi ručno probiranje, odnosno odvajanje još preostalih većih nečistoća (veličine zrna ili veće) koje su ostale na situ (slika 34i). Prije skladištenja (slika 34k) očišćena su se zrna žitarica obično sušila (slika 34j; može i prženjem). Po potrebi ona su se usput žrvnjem samljela u brašno (cijeli postupak preuzet je prema Wilkinson i Stevens 2003; Jacomet 2010).

U svakoj prikazanoj fazi čišćenja (slika 34) nastaje željeni produkt (nepotpuno očišćena zrna s pljevom [pljevičasta] ili očišćena zrna bez pljeve [gola]) i nepoželjni otpad (slama, sjemenke većih/manjih korovnih biljaka, ulomci rahisa, pljeva žitarica i dr.). Koliko će konačni, tj. uskladišteni prinosi biti čisti, ovisi, dakle, i o korištenoj tehnici čišćenja i o požetnoj vrsti/sorti žitarica (slike 33 i 34). Usto je potrebno uzeti u obzir da su se separacijskim tehnikama jednako učinkovito ubirala kako zrna žitarica tako i sjemenke korovnih biljaka koje su prema obliku i mehaničkim svojstvima sličile zrnju



Slika 34: Tehnike čišćenja i skladištenja prinosa žitarica; prema prijedlogu: Wilkinson i Stevens 2003, 196 – 197, slika 74 i Jacomet 2010, 88.



Slika 35: Dvospolni (enodomeni) cvat kritosjemenjača sastoji se od jednog ili više tučaka, prašnjaka, latica, lapova i cvjetišta (a). Iz oplodjenog **sjemenog zametka** u plodnici tučka nastane **sjemenka** (b). Ako se u jednom cvijetu nalazi više sjemenih zametaka ili tučaka, više je i sjemenki. Zrela plodnica tučka, koja nakon oplodnje obično odrveni i/ili postane mesnatom, jest **plod**. Plod se sastoji od sjemenke/sjemenki i **perikarpa** (koji nastane iz stijenke plodnice tučka). Kod perikarpa obično se razlikuje: vanjska ovojnica – **egzokarp**, srednji, često mastan i sočan dio – **mezokarp**, te unutarnji dio, u obliku tvrde koštice – **endokarp**. Crtež prikazuje primjer koštuničastih plodova (npr. breskve, šljive ili oraha); crteži: D. Valoh.

žitarica, što je također bio osobito važan selekcijski čimbenik za razvoj i širenje nekih vrsta žitnog korova.

U arheološkim slojevima zajednica koje su se bavile ratarstvom očuvali su se željeni produkti, ali i otpad, svi odreda neprocjenjivi izvor informacija ne samo o vrstama/sortama uzgojenih biljaka već i o poljoprivrednim tehnikama (od vremena te načina sjetve i žetve do samog čišćenja i skladištenja prinosa) te o mogućoj sekundarnoj upotrebi ostataka vršidbe žitarica, npr. za krmu, stelju, gorivo, kao građevinski (npr. pljeva kao vezivni materijal) ili izolacijski materijal (vidi primjer u II. dijelu/7.2).

Među često očuvanim biljnim nalazima u arheološkim sedimentima jesu i ostaci sjemena/plodova jestivih, kaloričnih i ukusnih voćaka i oraha divljih (prirodno rastućih) biljnih vrsta, koje je čovjek sakupljao i donosio u naselje za prehranu, krmu, medicinske ili ritualne svrhe.

Za prepoznavanje i identifikaciju ostataka sjemena/plodova **kritosjemenjača** potrebno je osnovno znanje o **botaničkoj morfologiji** (osobito o građi i nastanku sjemenki i plodova; slika 35).

Među arheobotaničkim ostacima, očuvane „sjemenke” najčešće su otkrivene zajedno sa sačuvanim **perikarpom** koji štiti sjemenku (npr. koštunice breskve, ljuske lješnjaka, žirovi), stoga te ostatke pravilno označimo kao ostatke „sjemenki/plodova”. Naime, često se događa da je samo sjeme, koje bi se moralo skrivati u unutrašnjosti perikarpa, već propalo, što znači da nam je na raspolaganju ostatak ploda (perikarp), a ne sjemenke (slika 35).

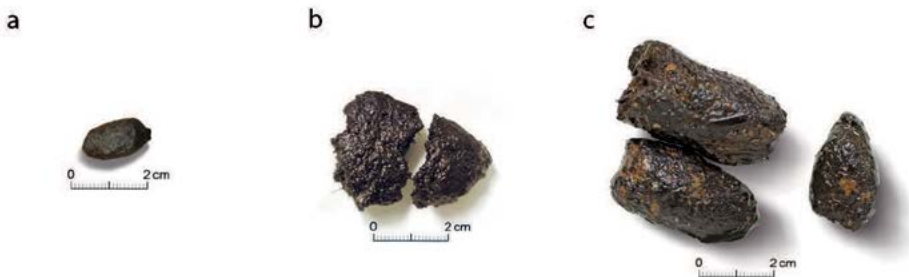
2.3 Tafonomija

Pojam tafonomija u arheobotanici se rabi za objašnjenje procesa (često **fosilizacije**) koji dovodi do očuvanja bioloških ostataka (Schiffer 1987; Jacomet i Kreuz 1999). U vrednovanju, odnosno interpretaciji arheobioloških podataka moramo uzeti u obzir dva aspekta: konstrukcijski i taložni (Jacomet 2007b). Konstrukti su sve ono što je djelo čovjeka (npr. objekti, ograde, bunari, kanali, jame) i što se nakon napuštanja naselja sruši, zatrpa i s vremenom propadne (sedimentira). Taložni pak mogu biti rezultat čovjekova promišljenog djelovanja tijekom samog postojanja naselja (kao npr. skladištenje žitarica, sakupljanje i donošenje divljih plodova u naselje, odlaganje otpada) ili su rezultat prirodnog procesa koji nije ljudskog porijekla (npr. naplavine rijeka, jezera, ostaci prirodne vegetacije) koji se može dogoditi tijekom ili nakon napuštanja naselja (Jacomet 2007b). Sediment koji arheobiolozi proučavaju stoga je rezultat različitih čimbenika i aktivnosti, koje se u interpretaciji rezultata često premalo uvažava jer ih nerijetko ni ne možemo prepoznati, odnosno predvidjeti. Pri rješavanju takvih pitanja u arheologiji sve se češće provode multidisciplinarna istraživanja (tj. suradnja različitih arheobioloških znanstvenih disciplina [npr. palinologija, arheobotanika, arheozoologija] sa sedimentološkim, pedološkim i dr.).

Arheobotanički rezultati i njihova interpretacija uvelike ovise o očuvanosti biljnih makroostataka u sedimentu (dakle tafonomiji; vidi I. dio/2.3.1) i metodi rada (vidi I. dio/2.4).

2.3.1 Mogućnosti i načini očuvanja biljnih makroostataka

Biljni ostaci (pelud, sjemenke/plodovi te ostali vegetativni dijelovi biljaka, drvo, ugljen) daleko se najbolje očuvaju u mokrom tlu (tj. vodom natopljenim sedimentima). U takvim uvjetima više od 90 % biljnih ostataka očuva se u nekarboniziranom (također **subfosilnom**) ili vodom natopljenom (eng. *waterlogged*) stanju (Jacomet 2013). Tako se ostaci očuvaju na onim arheološkim nalazištima na kojima je prisutan bilo koji izvor vode, odnosno gdje je podzemna voda stalno dovoljno visoka i time redovito zalijeva arheološki sediment i materijal u njemu (npr. u jarcima, rijekama, morima, jezerima, na močvarištima, cretovima, poplavnim obalama i u bunarima; Jacomet i Kreuz 1999). Voda u tlu stvara **anaerobne uvjete**, koji sprječavaju bakterijsku razgradnju organskih ostataka. Drveni stupovi sojenica s Ljubljanskog barja i drugih naselja uz alpska jezera predstavljaju vrlo dobar primjer takva očuvanja, jer je zbog nepropusne jezerske gline (glina sivo-bijele boje, ponegdje bogata ostacima puževih kućica i ljuštura školjaka, zbog čega je u slovenskom jeziku dobila ime „polžarica”), u tlu vodom natopljen cijeli kulturni sloj koji sprječava opstanak **aerobnih** mikroorganizama. Ostaci koji će se očuvati u mokrim uvjetima imaju stoga vrlo velik istraživački potencijal. Naime, u takvom okolišu očuvat će se najrazličitiji organski ostaci, i u kvantitativnom (oko 1000 identificiranih biljnih makroostataka [sjemenki/plodova i pljevi] u 1 litri sedimenta) i u kvalitativnom smislu (više od 100 identificiranih biljnih **taksona** s pojedinog nalazišta) (npr. Jacomet i sur. 1989; Tolat i sur. 2010; 2011). Možemo pronaći: kuhinjske ostatke (slika 30b), zalihe hrane (žitarica), ostatke koji su nastali tijekom čišćenja odnosno skladištenja žitarica (slika 27), ostatke krme ili stelje i fosilizirani izmet domaćih životinja (koproliti; slika 36), ostatke stambenog i izolacijskog materijala s kuća (slika 29a), ostatke vatrišta i ognjišta (slika 29c), ljudski izmet i smeće, a u sedimentu možemo naići i na sjemenke/plodove prirodne vegetacije, donesene vodom, vjetrom ili odložene



Slika 36: U arheološkom sedimentu natopljenom vodom često nailazimo i na nekarbonizirani životinjski izmet ili koprolite domaćih životinja, npr. (a) koze ili ovce, (b) goveda, (c) psa. Takve nalaze potrebno je pažljivo prikupiti i intaktno (netaknuto) čuvati za posebna istraživanja (vidi primjere u Il. dijelu/7.1).



Slika 37: Ledeni čovjek – Ötzi. Na površini i u unutrašnjosti njegova tijela znanstvenici su uspjeli otkriti različite organske (i biljne) ostatke: pelud, odjeću, opremu, kosu, predmete od biljnog materijala. Sažeto prema: Dickson i sur. 2005.

in situ (npr. Hosch i Jacomet 2004; Tolar i sur. 2011). Među biljnim će se ostacima u (nekarboniziranom) sedimentu natopljenom vodom često očuvati i uljima bogate sjemenke/plodovi (kao npr. sjemenke/plodovi lana, maka, uljane repice i konoplje), koji u karboniziranim arheološkim sedimentima, zbog svoje zapaljive prirode, često nisu više prisutni (van Der Veen 2007; Jacomet 2013).

Najčešći način očuvanja (i fosilizacije) arheobotaničkih makroostataka jest pougljenjivanje ili karbonizacija, tijekom koje se biljni ostaci, zbog visoke temperature i nedostatka kisika, iz organskog ugljika pretvore u gotovo čisti ugljik (Jacomet i Kreuz 1999; Wilkinson i Stevens 2003). Karbonizirani biljni materijal potencijalno možemo pronaći na svakom arheološkom nalazištu na kojem se ložila vatra. Pougljenjivanje biljnih ostataka u prošlosti se često događalo, npr. tijekom loženja vatre i pripreme hrane, također tijekom čišćenja, odnosno skladištenja prinosa (vidi I. dio/2.2; slika 34). Najčešći karbonizirani nalaz je drvo (tj. ugljen) s vatrišta, odnosno ognjišta (slika 29c), koji su ljudi upotrebljavali za ogrjev ili pečenje odnosno kuhanje. Često su karbonizirani i neupotrebljivi ostaci prehrambenih biljaka koje su ljudi namjerno spaljivali (tj. njima su zapalili i održavali vatru). To su npr. ostaci cvata zrelih žitarica i sjemenke/plodovi poljskog korova (dakle, nusproizvodi skladištenja), ljuske oraha ili namjerno uništene (odbačene) stare zalihe zrna žitarica koje je napala plijesan ili su propale na drugi način. Nerijetko će se u karboniziranom stanju očuvati i jestiva zrna žitarica i sjemenke/plodovi mahunarki koje su se slučajno karbonizirale tijekom prženja i sušenja (slika 34f) ili tijekom same pripreme hrane (slike 25a, 26c, 27a i b). Često možemo naići i na biljne ostatke koji su se karbonizirali zbog požara u naselju ili skladištu žitarica.

Udio karboniziranih arheobotaničkih makroostataka u bolje očuvanim (tj. vodom natopljenim) arheološkim sedimentima iznosi otprilike 20 % ili manje (Van der Veen 2007), što znači da predstavljaju tek manji udio svih biljnih makroostataka, no ipak u arheobotanici (ako izuzmemo vodom natopljena nalazišta) nerijetko su jedini očuvani ostaci (više o konkretnim istraživanjima u II. dijelu knjige).

Mineralizacija je proces tijekom kojeg se minerali tope i talože oko staničnih stijenci ili u međustaničnim prostorima, čuvajući („skenirajući“) time biljnu strukturu (Wilkinson i Stevens 2003). Na arheološkim nalazištima takav se oblik očuvanja često javlja na gnojištima ili smetlištima, u septičkim jamama, odnosno kloakama, kanalizacijama i drugim sličnim uvjetima u kojima je količina anorganske tvari povećana i tijekom mineralizacije nadomješta mrtvu organsku tvar. Takav način očuvanja makroostataka pridonosi ponajprije rekonstrukciji ljudske prehrane u prošlosti. Često se biljni ostaci mineraliziraju (inkrustiraju) i drugim elementima (na primjer, metalima: broncom i željezom; Jacomet 2007b). U interpretaciji takvih arheobotaničkih rezultata i u ovom je slučaju potrebno uvažiti činjenicu da će se u spomenutim okolnostima različiti biljni ostaci očuvati na različit način, a neki čak i neće. Sjemenke jestivog voća (npr. smokve, grožđe, maline/kupine, plodovi štitarki i ružovki) obično će se dobro očuvati, a zrna žitarica u tim istim okolnostima tek rijetko (Jacomet 2007b).

Biljni ostaci mogu se vrlo dobro očuvati i u ekstremno suhom okolišu (npr. u pustinjama, suhim špiljama, pukotinama stijena) (Jacomet i Kreuz 1999). Očuvanje biljnih ostataka u suhom temelji se na sličnom principu kao i očuvanje u mokrom okolišu, kada mikroorganizmi koji bi uništili organske ostatke, zbog jednog ili više ograničavajućih faktora (npr. manjka kisika u mokrom ili manjka vlage u suhom), ne mogu preživjeti, te se stoga ti organski ostaci ne razgrade. Među posušenim biljnim ostacima nerijetko možemo pronaći cijele plodove, cvjetove, listove.

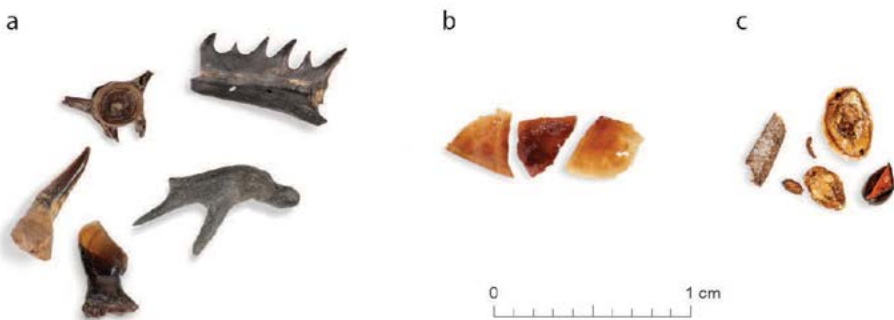
I u ekstremno hladnom (tj. smrzavajućem) okolišu možemo naići na bogate arheobotaničke nalaze. Ovdje je glavni ograničavajući čimbenik za preživljavanje **dekompozicijskih** mikroorganizama ekstremno niska temperatura. Trenutno najslavniji pronalazak smrznute mumije, tzv. Ledeni čovjek ili Ötzi, star više od 5000 godina, dobar je primjer takva očuvanja (npr. Oeggl 2000; 2001; Müller i sur. 2003; Dickson i sur. 2005; Oeggl i sur. 2005; Jacomet 2007b; 2009; Heiss i Oeggl 2009; slika 37).

O stanju, odnosno očuvanosti arheobotaničkih nalaza u sedimentu, osobito ako su u pougljenjenu (karboniziranom) ili nepougljenjenu stanju (npr. natopljeni vodom), ovisi i obrada uzoraka arheološkog sedimenta, prikupljenog za arheobotaničku analizu (vidi u nastavku I. dio/2.4. i 2.5). U ovoj knjizi posebno ćemo se posvetiti metodama rada s mokrim sedimentima u kojima su se očuvali više od tisuću godina stari nekarbonizirani, vodom natopljeni biljni ostaci. Naime, takvi sedimenti kod obrade i pripreme uzoraka zahtijevaju više pažnje jer su u arheobotaničkom smislu iznimno bogati, a ujedno i vrlo osjetljivi na nepravilno rukovanje (kao npr. na grubo spiranje, sušenje i sl.; npr. Tolar i sur. 2010, vidi II. dio/1.3).

2.4 Uzorkovanje i pohrana uzoraka

U teoriji je preporučljivo da se arheobotaničko uzorkovanje na terenu provodi istovremeno s arheozoološkim (vidi I. dio/3.4) i palinološkim (vidi I. dio/1.4) uzorkovanjem kako bi time kasnije, u interpretaciji rezultati prirodoslovnih istraživanja bili pogodniji za uspoređivanje. No u praksi kod takvog se uzorkovanja javlja problem jer arheozoološka istraživanja zahtijevaju bitno veći volumen prikupljena uzorka sedimenta nego arheobotanička, a još više palinološka istraživanja, što je razmjerno veličini bioloških nalaza (zoološke: obično tek do nekoliko centimetara; arheobotaničke: tek do nekoliko milimetara; palinološke: tek nekoliko mikrometara). U praksi stoga najčešće uzimamo uzorke posebno za palinološka (vidi I. dio/1.4.) i posebno za arheobotanička istraživanja, dok arheozoološki uzorci obično predstavljaju dio arheoloških uzoraka sedimenata, koje arheolozi sve češće ispiru (flotacija) na sitima kako bi prikupili manje komadiće keramike i ostale antropogene „mikropredmete“ (npr. perle ogrlica ili mikrolite), veće od 1 mm (tj. obično veličine rupica najmanjeg upotrijebljenog sita), dok se istovremeno na sitima ulove i životinjski ostaci (kosti, zubi, ljske; slika 38; više o tome u I. dijelu/3.4.).

Arheobotaničko uzorkovanje i obrada uzoraka moraju biti osobito pažljivo i primjereno izvedeni kada govorimo o arheološkim ostacima u mokrim, vodom natopljenim, glinovitim sedimentima/ilovastom tlu, kakvi se nalaze npr. u Ljubljanskom barju. Naime, u tim uvjetima (vidi I. dio/2.3) očuva se daleko najveći broj biljnih ostataka, i u kvalitativnom (broj identificiranih **taksona**) i u kvantitativnom (broj ostataka u litri sedimenta) smislu. Prevladavaju nekarbonizirani biljni makroostaci, koji bi, za razliku od karboniziranih biljnih i otpornijih koštanih ostataka te ulomaka keramike, nepravilnim rukovanjem (vidi u nastavku I. dio/2.5.), tj. grubim gnječenjem kod spiranja sedimenta na sitima i sušenja ostataka, bili uništeni, odnosno pretvoreni u prah.



Slika 38: Ondje gdje se koristi arheobotaničko sito s najmanjim promjerom otvora, 0.355 mm (vidi I. dio/2.5.1), primit će se i manji arheozoološki nalazi, npr. (a) kosti i zubi riba, (b) riblje ljske, (c) ostaci kukaca.

Ostatke koji se tijekom spiranja sedimenta ulove na sitima, na samom terenu često nije moguće sakupiti u potpunosti, odnosno prepoznati golim okom jer ih je previše i premaleni su. Zato je nužna daljnja obrada spranih uzoraka u laboratoriju, za koju je ključna radna oprema: stereomikroskop, odnosno povećalo s povećanjem od barem 50 puta (vidi u nastavku I. dio/2.6).

Tijekom iskopavanja iznimno je važno iz kulturnog sloja uzimati one uzorke sedimenta koji su reprezentativni za prikaz nekadašnje situacije na istraživanom prostoru (Jacomet i Brombacher 2005). To znači da moraju pokriti i vertikalne i horizontalne događaje, koji su se zbili u vremenu i prostoru. Kasnije, nakon iskopavanja, ovisno o istraživačkom pitanju koje želimo riješiti, možemo odlučiti koji su uzorci važni za arheobotaničko istraživanje. Uzorci koje uzimamo trebali bi pružiti sliku o gospodarstvu ljudi u prošlosti (dakle o prehrani, ratarskim aktivnostima, sakupljanju, ribolovu, lovu na divlje životinje, stočarstvu, ishrani domaćih životinja, upotrebi drva), možda čak i o aktivnostima (događajima) kroz više različitih faza naseljavanja (dakle o starijim i mlađim došljacima koji su u prošlosti naseljavali isti prostor), kao i sliku o okolišu u kojem su životinje i ljudi jednom davno živjeli te o uvjetima u vegetaciji prije i nakon naseljavanja (Jacomet 2007b). Pravilno uzimanje uzoraka trebalo bi nam osigurati i informaciju o stanju unutar nastambi (kuća) i izvan njih, a sve to unutar naselja (dakle između nastambi). Time možemo dobiti informaciju o strukturi naselja (možemo utvrditi npr. područja odlaganja otpada i izmeta, područja ishrane životinja, status pojedine kuće). Nadalje, saznajemo i kako je nastao pojedini sloj (npr. Jacomet i Brombacher 2005; Jacomet i sur. [ur.] 2004; Hosch i Jacomet 2004). Više o konkretnim mogućnostima istraživanja i interpretacija, nastalima na temelju primjerenog uzorkovanja na terenu i obrade uzoraka u laboratoriju, prikazat ćemo u II. dijelu knjige.

Arheobotaničko uzorkovanje mora zadovoljiti tri osnovna uvjeta (prema prijedlogu: Jacomet i Brombacher 2005):

1. Volumen prikupljenog uzorka sedimenta s terena mora biti dovoljno velik (tj. barem 3 – 5 litara), da bi rezultati bili reprezentativni i zadovoljili minimalnu razinu potrebnog broja prepoznatih biljnih makroostataka, tj. barem 384 sjemenki/plodova po uzorku (Van der Veen i Fieller 1982) te tako postigli statističku pouzdanost s vrijednošću od 95 %.

KOLIKI TREBA BITI VOLUMEN PRIKUPLJENIH ARHEOBOTANIČKIH UZORAKA SEDIMENATA?

Da bismo odredili primjerenu veličinu (volumen) uzorka sedimenta na terenu, preporučuje se obavljanje prethodnog istraživanja nasumično prikupljenim uzorkom, čime ćemo provjeriti prisutnost, odnosno očuvanost biljnih makroostataka. Istraživanja na cretnim sojeničkim naseljima, na primjer, pokazala su da su za dobivanje reprezentativnih rezultata dovoljne tri litre sedimenta iz kulturnog sloja (Tolar i sur. 2010).

2. Gustoća uzimanja uzoraka treba biti dovoljno velika da bismo pravilno rekonstruirali obrasce naseljavanja unutar naselja.

3. Svaki uzorak mora biti opisan. Osobito je važan opis **stratigrafskoga slijeda** mjesta s kojeg je pojedini uzorak bio prikupljen, što će nam omogućiti rekonstrukciju nastanka slojeva naselja.

Ako ih je moguće prikupiti, dobrodošli su i ostali podaci zapaženi na terenu tijekom iskopavanja, npr. jesu li se slojevi na mjestu prikupljanja uzorka taložili dulje vrijeme (dakle radi se o istraživanju duljeg vremenskog razdoblja) ili kraće vrijeme (npr. nakon požara). Preporučuje se savjesno popunjavanje dokumentacijskog lista (prilog 1).

U **reprezentativno** istražena možemo ubrajati samo one nasebinske lokalitete na kojima su bile iskopane razmjerno velike površine i gdje je poznat horizontalni i vertikalni raspored prikupljenih arheobotaničkih uzoraka. Samo tada je moguće rekonstruirati ekonomiju i ekologiju naselja.

KAKO JE POTREBNO OPISATI ARHEOBOTANIČKI UZORAK SEDIMENTA?

Svaki arheobotanički uzorak mora imati dokumentacijski list (prilog 1) koji mora biti savjesno ispunjen. Osobito je važno zapisati:

- broj (oznaku) uzorka
- ime nalazišta
- opis sedimenta (glinovit, pjeskovit, mokr, zbijen, suh itd.)
- volumen prikupljenog uzorka sedimenta (koji na pojedinom nalazištu treba biti što ujednačeniji)
- stratigrafski opis mjesta prikupljanja uzorka (i horizontalno – po SJ, i vertikalno – po dubinama, odnosno fazama), uključujući informaciju o pretpostavljenom arheološkom razdoblju kojem uzorak možda pripada
- je li uzorak prikupljen s površine (sustavno ili nasumično) ili prema procjeni (vidi u nastavku I. dio/2.4.1)
- je li se uzorak nalazio unutar objekta ili između objekata, radi li se možda o groblju.

Prije i tijekom iskopavanja lokacije samih objekata često nisu uočljive, stoga je potrebno uzorkovati u tolikom rasponu kako bi arheolog kasnije mogao razlikovati ili birati između uzoraka prikupljenih iz unutarnjih dijelova nastambi i s prostora između njih. Samo će tako biti moguće rekonstruirati značaj pojedinih kuća i prostor između njih (to nazivamo horizontalnim rasporedom uzoraka). Jednako je važan i vertikalni raspored uzoraka, a time i točno datiranje i utvrđivanje pojedinih faza naseljavanja te promjena u okolišu u duljem vremenskom razdoblju.

2.4.1 Prikupljanje arheobotaničkih uzoraka na terenu

Uzorci se na terenu mogu prikupljati na tri načina (npr. Jacomet i sur. [ur.] 2004; Maier i Harwath 2011; slika 39):

1. Uzorkovanje s površine (eng. *surface sampling*; slika 39a). Uzorke sakupljamo prema unaprijed dogovorenom sustavu (odnosno planu). O planu uzorkovanja s voditeljem istraživanja se dogovorimo već prije početka iskopavanja, zato nam unaprijed nije poznato na kakav ćemo arheološki kontekst, ako uopće ikakav, naići. To može biti kuća, kanal, odnosno jarak, „otpadna” jama, kuhinja, vatrište, staja i dr., ili ćemo prikupiti samo makroostatke biljaka iz prirode, dakle bez antropogenog unosa. Plan prikupljanja uzoraka mora biti osmišljen i horizontalno (na nalazištu u svim smjerovima) i vertikalno (od površine – najmlađih slojeva, u dubinu – k najstarijim slojevima). Možemo se odlučiti za: a) sustavno uzorkovanje na površini (eng. *systematic surface sampling*), to je npr. svaki drugi kvadratni metar, ili b) nasumično uzorkovanje površine (eng. *random surface sampling*), kod kojeg uzorke prikupljamo s nasumično odabranih mjesta unutar iskopne površine (npr. slika 39a: s kvadrata 1, 6 i 14; vidi primjer Stare gmajne [Tolar i sur. 2011] i II. dio/4.2.).

U oba slučaja arheobotaničko uzorkovanje slijedi nakon arheološkog stratigrafskog iskopavanja, dakle planirano, vertikalno po arbitrarnim iskopnim slojevima, i horizontalno po stratigrafskim jedinicama (SJ), od najmlađih prema najstarijim slojevima.

2. Uzorkovanje pomoću stratigrafskih stupaca sedimenata (slika 39b). Prije početka iskopavanja u tlo, sustavno (npr. na svaki kvadratni metar, slika 39b) ili nasumično, zabijemo metalne ili plastične cijevi promjera otprilike 10 – 15 cm. Možemo se odlučiti i za uzimanje stratigrafskih stupaca sedimenata iz profila iskopenih sondi (eng. *profile sampling*), upotrebom metalnih kutija promjera otprilike 10 × 10 cm (slično palinološkom uzorkovanju [I. dio/1.4]; vidi primjere u II. dijelu/1.2 i 5.2).

3. Uzorkovanje prema procjeni (eng. *judgement sampling*), kod kojeg arheobotanički zanimljive uzorke, odnosno nalaze, na koje tijekom samog iskopavanja naiđemo slučajno (npr. ostaci s vatrišta ili ognjišta, ostaci tekstila, užadi, hrane u posudama, drvo, ugljen i drvene izrađevine, životinjski izmet i sl.) uzimamo prema subjektivnom osjećaju. Arheolog na samom terenu sakuplja materijal sa svih područja koja sadrže vidljive biljne makroostatke. I u tom slučaju važno je stratigrafski označiti lokaciju (vertikalno i horizontalno) prikupljenog uzorka. Iako se radi o najjednostavnijem i stoga najčešće korištenom načinu arheobotaničkog uzorkovanja, on nije dostatan za složenije arheobotaničke interpretacije (vidi primjere u II. dijelu).

Važno je da smo cijelo vrijeme svjesni kako između uzorkovanja površine i uzorkovanja uklanjanjem stratigrafskih stupaca sedimenata postoje dvije bitne razlike:

1. Volumen uzorka u stratigrafskom stupcu mnogo je manji, što bitno utječe na reprezentativnost arheobotaničkih rezultata (osobito nekih gospodarski važnih

taksone, tj. uzgajanih biljnih vrsta; vidi II. dio/1.2). U interpretaciji moramo obvezno uzeti u obzir volumen prikupljena uzorka sedimenta i preračunati broj pronađenih sjemenki u koncentracije (tj. broj sjemenki u litri sedimenta). Naime, te jedinice kasnije se mogu međusobno usporediti (vidi I. dio/2.6).

2. S obzirom na to da uzorci sedimenta u stratigrafskom stupcu obično sadrže događaje nastale tijekom dužeg vremenskog razdoblja (dakle, prije nastanka faze naseljavanja i nakon nje), ti su uzorci iznimno važni za interpretaciju (nastanka, razvoja) vegetacije (vidi II. dio/5.2).

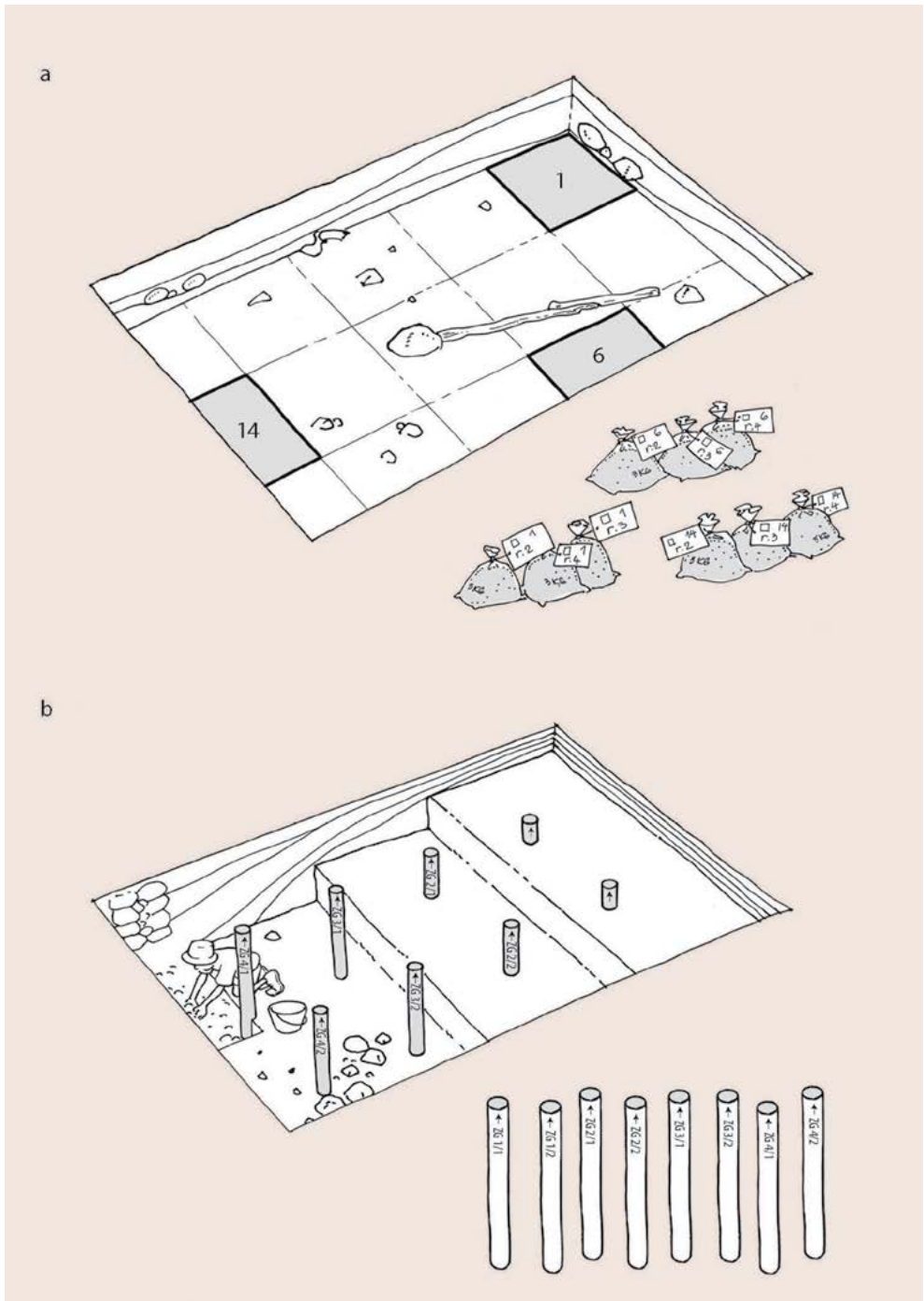
Slika 39a prikazuje nasumično uzorkovanje s površine, kod kojeg s voditeljem iskopavanja unaprijed dogovorimo gdje ćemo i koliko gusto uzorkovati. Vidimo nasumično odabrane lokacije (kvadrante veličine otprilike 1 m²) – obojene sivo: 1, 6 i 14, s kojih su bili sustavno po slojevima ili arbitrarno iskopanim slojevima uzorkovani dijelovi (otprilike 3 – 5 kg) sedimenata. Uzorke na terenu točno i sustavno označimo i opišemo. Do daljnje obrade u laboratoriju držimo ih u čvrsto zatvorenim plastificiranim vrećicama, u tamnom i hladnom prostoru.

Slika 39b prikazuje sustavno uzorkovanje sa stratigrafskim stupcima sedimenata. Plastične ili metalne cijevi promjera 10 – 15 cm bile su zabijene u tlo prije samog početka iskopavanja. Stratigrafski stupci mogu biti raspoređeni sustavno, npr. na svakom prvom ili drugom kvadratnom metru (kao na slici 39b), ili nasumično (npr. odabirom), unutar područja iskopavanja. Arheološko iskopavanje provodi se po ustaljenu postupku, jedino što se izbjegavaju umetnuti stupići (cijevi). Kada je iskopavanje završeno, stupce sa sedimentom na dnu cijevi odrežemo. Otvorene površine (gornja i donja) hermetički plastificiramo i cijevi sa sedimentom pohranimo u tamnoj i hladnoj prostoriji (do +4 °C). Važno je da stratigrafske stupce označimo točnom i vodootpornom oznakom (vertikalno: gore – dolje; horizontalno: s kojeg dijela iskopane sonde potječe stratigrafski stupac), kako bi kasnije, u interpretaciji bilo jasno odakle pojedini uzorak potječe.

Arheobotanička analiza, bez obzira na koji način su prikupljeni uzorci, trebala bi se provoditi tek nakon završene arheološke interpretacije nalazišta jer je tek tada jasno iz kakvih su konteksta uzorci bili prikupljeni (npr. iz unutrašnjosti kuće, dvorišta, podrumskih prostorija, skladišta, kuhinje, staje, smetlišta). Na temelju arheoloških rezultata lakše ćemo odlučiti što arheobotaničkim uzorcima želimo dokazati (npr. Hosch i Jacomet 2001; 2004; također, vidi primjere u II. dijelu /4.2).

Pravilno prikupljeni uzorci sedimenta (osobito načini 1 i 2; npr. slika 39a i b) za potrebe arheobotaničke analize mogu se upotrijebiti i za druga istraživanja: npr. malih sisavaca, riba, mekušaca, insekata; stratigrafski stupci (slika 39b) i za geoarheološka i palinološka istraživanja (vidi I. dio/1 *Palinologija*).

Svi arheobotanički uzorci sedimenata već se na terenu pohranjuju u nepropusne plastificirane vrećice, koje što prije valja premjestiti u taman i hladan prostor, čime



Slika 39: Nasumično površinsko uzorkovanje s mrežom u sondi (a) i uzorkovanje s uzimanjem stratigrafskih stupaca sedimenata (b).

ćemo spriječiti isušivanje i propadanje nekarboniziranih (vodom natopljenih) arheobotaničkih ostataka. Ako se radi o karboniziranim i suhim uzorcima sedimenta, važno je samo to da njima rukujemo nježno. I njih pohranjujemo u plastificirane vrećice koje zbog hrapavosti i grubosti materijala moraju biti čvršće, dok sprječavanje isušivanja u ovom slučaju nije obvezno. Uzorke sedimenta, što je prije moguće, mokro peremo, odnosno suho prosijemo na sitima dviju veličina (vidi I. dio/2.5.1).

2.5 Laboratorijska priprema uzoraka

Odabrane arheobotaničke uzorke sedimenta, opremljene podacima, postupno prenosimo iz hladnog i tamnog skladišta u laboratorij na daljnju obradu. Svaki uzorak obrađujemo odvojeno i kao zasebnu jedinicu. Odredimo mu ime i broj koje ćemo rabiti u nastavku analize. Tijekom spiranja uzoraka potrebno je točno i savjesno ispunjavati dokumentacijski obrazac o spiranju (prilog 1), koji se, zajedno s dokumentacijskim listom o pregledu (prilog 2), sve do kraja istraživanja nalazi uz uzorak. Podaci na dokumentacijskim obrascima jesu, naime, od iznimne važnosti za interpretaciju i uspoređivanje rezultata s rezultatima drugih prirodoslovnih i arheoloških istraživanja na istom i drugim nalazištima.

2.5.1 Flotacija sedimenta i pohrana organskih ostataka sa sita

Ako je sediment glinoviti ili tlo ilovasto, tj. snažno zbijeno, preporučuje se prethodna obrada (tj. duboko zamrzavanje), koja će olakšati kasnije spiranje sedimenta, odnosno odvajanje organskih ostataka iz gline (Vandorpe i Jacomet 2007). Prije samog spiranja sedimenta na sitima (flotacije) potrebno je izmjeriti volumen sedimenta (slika 40).

Flotacija, odnosno spiranje sedimenta iznimno je važna jer će o tome ovisiti i konačna reprezentativnost i vjerodostojnost rezultata (Tolar i sur. 2010). Tako će se vrlo fragmentirani, krhki i manji nekarbonizirani biljni ostaci, npr. nekarbonizirani ostaci klasića žitarica (pljeva, primjerice) i sjemenke maka i lana, pojaviti u vrlo maloj količini ili će potpuno izostati, ako ćemo se koristiti sitima s prevelikim otvorima (> 1 mm) ili pregrub način spiranja (gnječenje sedimenta rukama; vidi također II. dio/1.3).

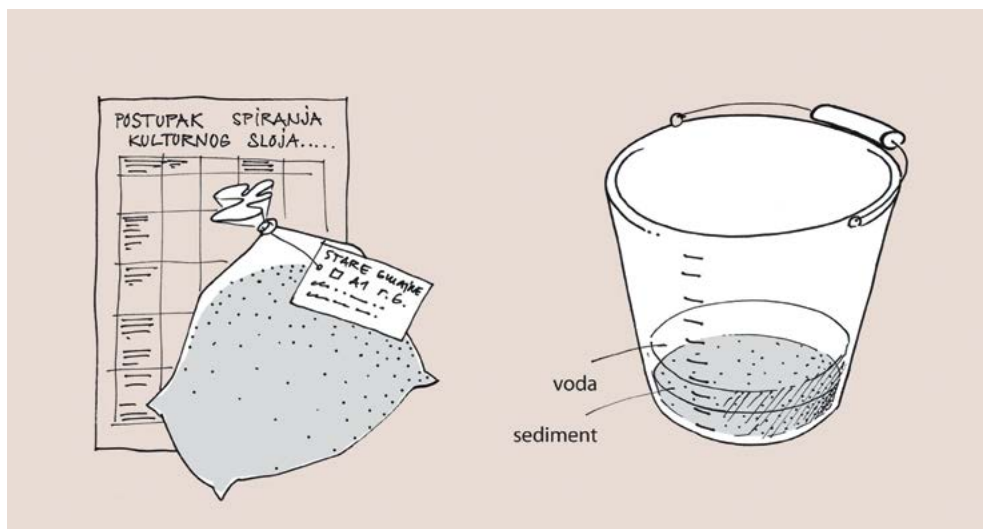
Pokušaji primjene različitih metoda za analizu manjih bioloških ostataka iz naselja uz jezera, doveli su do korištenja trenutno najprimjerenijeg postupka pripreme i prikupljanja biljnog materijala iz arheoloških sedimenata natopljenih vodom. Radi se o polufлотaciji i flotaciji, kod kojih vjedrom, vodom i sustavnom sita (slika 41) polagano i nježno spiremo sediment istovremeno odvajajući teži i robustniji anorganski materijal (kamenje, pijesak, keramika) i veće kosti, koje se talože na dnu vjedra, od nježnijeg organskog (biljnog i životinjskog), na površini vode plutajućeg („flotirajućeg“) materijala, koji se na sustavu sita neće uloviti. Najnovija istraživanja pokazala su da je sustav sita dviju veličina (tj. s promjerima otvora: 2 mm – velika frakcija i 0,355 mm – mala frakcija) za arheobotanička istraživanja mokrih sedimenata najprimjereniji

KAKO ODABRATI PRIMJEREN NAČIN UZORKOVANJA? (VIDI TAKOĐER II. DIO/1.2)

Na svakom nalazištu uzimamo nasumično otkrivene, prema procjeni priključljene arheobotaničke uzorke (nalaze; tj. način 3 – uzorkovanje prema procjeni), zajedno s uzorcima drveta i ugljena za dendrokronološka istraživanja. Arheolozi često odaberu i uzorkovanje površine kulturnog sloja (tj. način 1), koji se provodi tijekom samog iskopavanja. Takav način uzorkovanja ima jedan veliki nedostatak, a to je da se s njime prekasno počinje (tek s početkom tzv. kulturnog sloja) i prerano završava (sa završetkom tzv. kulturnog sloja). Time, nažalost, nije obuhvaćeno cjelokupno događanje na terenu, što drugim riječima znači da nam je u arheobotanici onemogućen uvid u okolišna i ekonomska zbivanja prije predviđene faze naseljavanja i nakon nje. Zato je preporučljivo da se barem na dvama rubovima otvorene arheološke sonde uzme/u i stratigrafski stupac/stupci sedimenta: ili plastičnim cijevima, postavljenima nasumično na cijelom nalazištu ili pak metalnim (profilnim) kutijama iz jednog ili više profila (slično kao i kod palinološkog uzorkovanja – vidi I. dio/1.4). Prednost uzorkovanja sa stratigrafskim stupcima (način 2) sedimenta jest da takav način uzorkovanja obuhvaća događaje iz duljeg vremenskog razdoblja, dok je nedostatak u tome što su uzorci sedimenta u „profilnoj kutiji” ili plastičnoj cijevi premaleni za reprezentativan prikaz prisutnosti taksona s većim biljnim makroostacima, uključujući neke ekonomski važne taksoni. Stratigrafski stupci sedimenta stoga su primjereniji za prikaz vegetacije i okolišnih promjena u dužem vremenskom razdoblju, dok su dovoljno gusto prikupljeni uzorci sedimenta s površine kulturnog sloja većeg volumena primjereniji za interpretaciju gospodarstva i prehrambenih navika (vidi primjere u II. dijelu/4.2 i 5.2).

KAKO PRIKUPITI I POHRANITI UZORKE DRVA I UGLJENA ZA DENDROKRONOLOŠKA ISTRAŽIVANJA?

Kao i svi ostali vodom natopljeni arheobotanički nalazi, i mokro drvo, koje se tisućama godinama sačuvalo u anoksičnom, mokrom i ilovastom tlu, vrlo je osjetljivo na isušivanje (npr. Čufar i sur. 2002). Zato ga je odmah nakon prikupljanja na terenu potrebno zaštititi: mokrog zapakirati u hermetičke PVC-vrećice te čuvati u hladnom i tamnom prostoru. Uzorke je potrebno što prije dostaviti dendrokronologu na analizu. Tijek rada u dendrokronološkom laboratoriju detaljnije je prikazan na internetskoj stranici IZA-a ZRC-a SAZU-a: <https://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/raziskovalna-dejavnost-dendrokronologija>. Za prikupljanje uzoraka drva na terenu (ugljena također, ako se očuvalo barem 45 **godova**) za potrebe dendrokronološke analize, važan je dogovor s dendrokronologom. Glavni uvjet za postizanje dobrih rezultata jest dobro očuvan kolot mokrog drveta ili ugljena sa što većim brojem godina u poprečnom presjeku (I. dio/2.6.1; slika 45) i nalazište sa što više dendrokronološki primjerenih uzoraka, po mogućnosti iz istog konteksta (npr. bačve, drveni stupovi i i ostalo građevinsko drvo), čije je krivulje godina moguće dobro **sinkronizirati**. Detalji su opisani u I. dijelu/2.6.1 i na internetskoj stranici Instituta za arheologiju (IZA) ZRC-a SAZU-a.



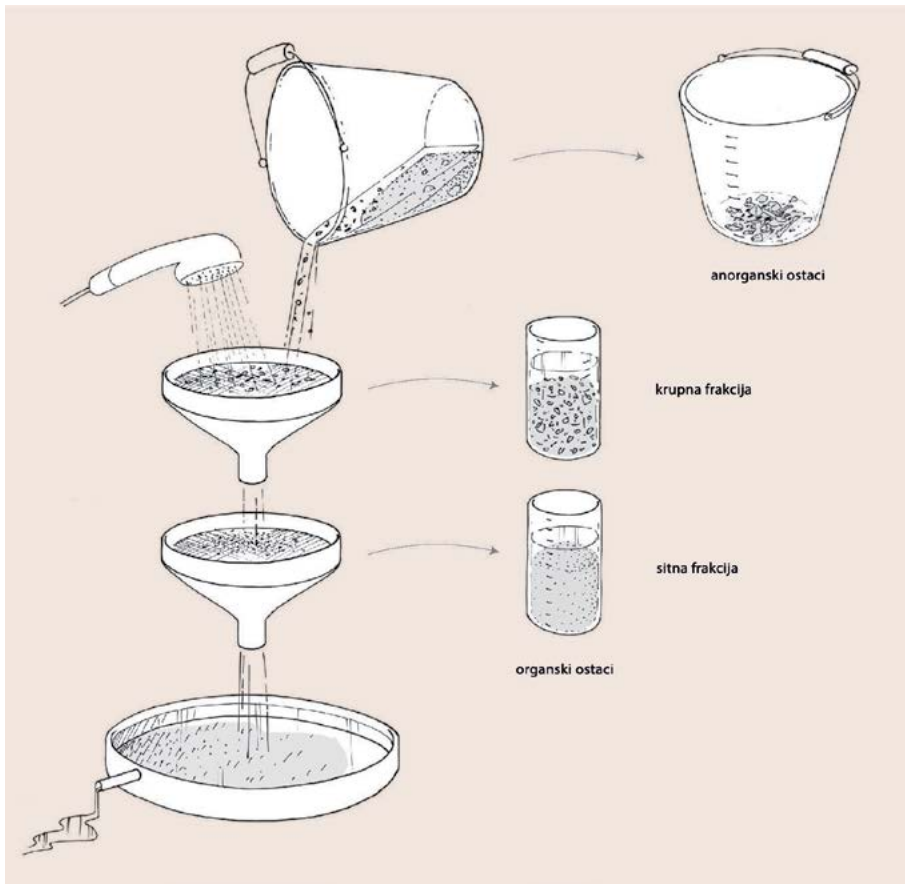
Slika 40: Sediment s terena iz PVC vrećice stresemo u vjedro s mjernom ljestvicom i prelijemo vodom, pričekaemo da se sediment slegne, potom izmjerimo volumen sedimenta prije spiranja. Podatak unesemo u dokumentacijski obrazac o postupku spiranja (prilog 1).

(npr. Jacomet i sur. 2007; Jacomet 2013). Metoda je primjerena i za analizu manjih zooloških ostataka, npr. kosti, ljustaka, zubi riba i manjih sisavaca te kućica, ljustaka i ličinki beskralježnjaka (osobito insekata; npr. slika 38).

Spiranje sedimenata završeno je kada kroz sita teče prozirno čista voda, a na njima se pak ulove sprani organski ostaci (na prvom situ veći od 2 mm, na drugom veći od 0,355 mm). Organske ostatke sa sita premjestimo u mjerne posudice (slika 41), posebno za veliku i malu frakciju, da im izmjerimo volumen. Dobivene volumene organskih ostataka upišemo u dokumentacijske obrasce (prilozi 1 i 2). Zorniji opis rada u laboratoriju, zajedno s fotografijama za lakšu predodžbu, dostupan je na internetskoj stranici IZA-a ZRC-a SAZU-a: <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/arheobotanika-raziskovalna-oprema>.

Kada su biljni ostaci (odnosno sedimenti s terena) posušeni ili karbonizirani, prethodno spiranje i prosijavanje uzoraka sedimenata na sitima često nije potrebno te uzorci odlaze izravno na daljnju obradu, tj. pod stereomikroskop na razvrstavanje i identifikaciju. Ako uzorci sadrže mnogo suhog sedimenta (npr. zemlje, kamenja, pijeska), koji ometa analizu, preporučljivo ga je suho prosijati na sitima (Jacomet i sur. 2007), od kojih najmanje sito ne smije imati otvore veće od 0,5 mm.

Mokre biljne makroostatke koji su se zadržali na sitima, prije daljnje obrade pod stereomikroskopom, pohranimo odvojeno za malu (0,355 mm) i veliku (2 mm) frakciju, u hermetičkim plastificiranim vrećicama ili posudicama, natopljenima vodom, i u hladnjaku. Moramo ih opremiti arheološkim podacima s terena i dokumentacijskim

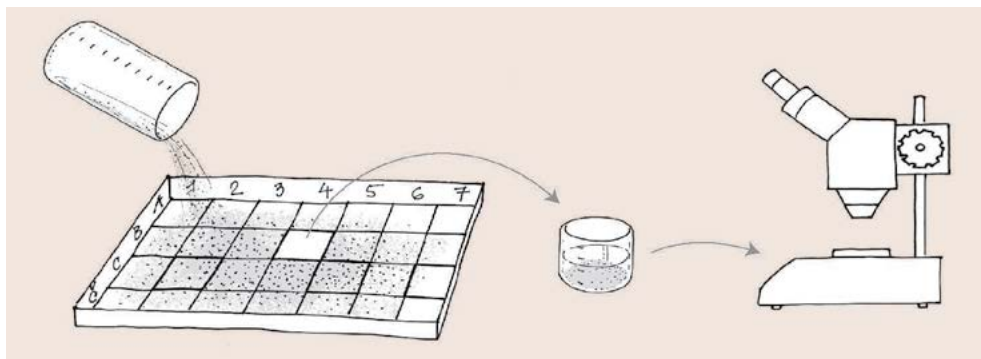


Slika 41: Poluflotacija: sediment namočen u vodu (slika 40) nježno promiješamo kako bi organske čestice počele plutati, odnosno flutirati. Vodu s plutajućim organskim ostacima odlijemo na dva sita s većim i manjim promjerom otvora, dok će teže anorganske tvari (kamenje, pijesak) i kosti potonuti na dno vjedra. Postupak poluflotacije nastavljamo s nježnim mlazom vode – tušem i nježnim miješanjem, toliko dugo dok u vjedru ne ostanu samo još sprani anorganski ostaci i kosti.

listom sa spiranja, na kojem je, uz volumen sedimenta s terena, obavezno upisan i volumen dobivenih organskih frakcija sa sita. Suhe i karbonizirane ostatke možemo pohraniti na suhom i na sobnoj temperaturi.

2.5.2 Poduzorkovanje

Kod organskih ostataka sa sita (u nastavku: frakcije), bogatima biljnim makroostacima (osobito sjemenkama/plodovima), najprije je potrebno poduzorkovanje. Obavljamo ga jednostavnom metodom nasumičnog prikupljanja poduzoraka i to tako da cijelu frakciju jednog uzorka (posebno za malu i veliku frakciju) jednakomjerno rasporedimo po plitkoj posudi pravokutna oblika (npr. kadici). Potom na njega postavimo kvadratnu



Slika 42: Nasumično poduzorkovanje odabirom, mreža: A – Ć i 1 – 7. Volumenski ocijenjen poduzorak u cijelosti pregledamo pod stereomikroskopom koji omogućava povećanje barem do 50 puta.

mrežu (slika 42), koju u nastavku koristimo kod nasumičnog uzimanja, odnosno odabira poduzoraka s izabranih kvadratića, koji nose oznake npr. od A do Ć u ordinatnom pravcu i od 1 do 7 u apscisnom pravcu (slika 42). Odluka iz kojeg ćemo kvadratića uzeti poduzorak neka bude nasumična, tj. odabirom koordinata (npr. B4 na slici 42). Poduzorak nasumično biramo tako dugo dok ne skupimo željenu količinu poduzorka koji ćemo kasnije u cijelosti pregledati (npr. 25 ml za malu frakciju i 90 ml za veliku frakciju) (prema Jacomet i sur. 2007).

KAKO ARHEOBOTANIČKI LABORATORIJ MORA BITI OPREMLJEN?

Potrebna nam je hladan i taman prostor za čuvanje vodom natopljenih arheobotaničkih uzoraka, kako nespranog arheološkog sedimenta tako i organskih frakcija sa sita. Najprimjereniji za to jesu hladnjak ili hladnjača, a mogu poslužiti i podrumski prostori. Kod spiranja sedimenta, osim sustava dvaju sita, za veliku frakciju, s promjerom otvora 2 mm, i za malu frakciju, s promjerom otvora 0,355 mm, potreban nam je još i nježan mlaz vode (tuš), vjedro s mjernom ljestvicom za namakanje i mjerenje volumena sedimenta, manje vjedro za polufлотaciju (odvajanje anorganskog materijala) te stalan odvod prljave vode sa sistemom zadržavanja blata – taloga. Nakon spiranja potrebna nam je posudica za mjerenje volumena organskih frakcija sa sita, mreža za poduzorkovanje s pripadajućom kadicom, uređaj za vakuumsko pakiranje i zavarivanje te polietilenske vrećice. Za prebiranje i identificiranje biljnih makroostaka potreban nam je stereomikroskop s povećanjem do 50 puta, meka pinceta i plastične kutijice za pohranu. Za dugotrajniju pohranu mokrih arheobotaničkih nalaza i referentnu zbirku arheobotaničkih makroostataka potrebna nam je mješavina kemikalija (alkohol : glicerol : destilirana voda : timol) u omjeru (1 : 1 : 1 : 0,1) i male epruvete s pokrovom s navojem. Opremu za spiranje (sistem sita) i tijekom rada u arheobotaničkom laboratoriju možete pogledati i na internetskoj stranici IZA-a ZRC-a SAZU-a (<https://iza2.zrc-sazu.si/sl/oddelki/arheobotanika>).

Ako nakon pregleda poduzorka ustanovimo da broj pronađenih sjemenki/plodova i ostalih prepoznatljivih biljnih makroostataka, koje smatramo zasebnom jedinicom (vidi I. dio/2.6; slika 44), nije statistički pouzdan (tj. barem 384 prebrojenih biljnih jedinica u pojedinom poduzorku [prema: Van der Veen i Fieller 1982]), poduzorak je potrebno povećati i to tako što ćemo ponoviti nasumično prikupljanje poduzorka odabirom.

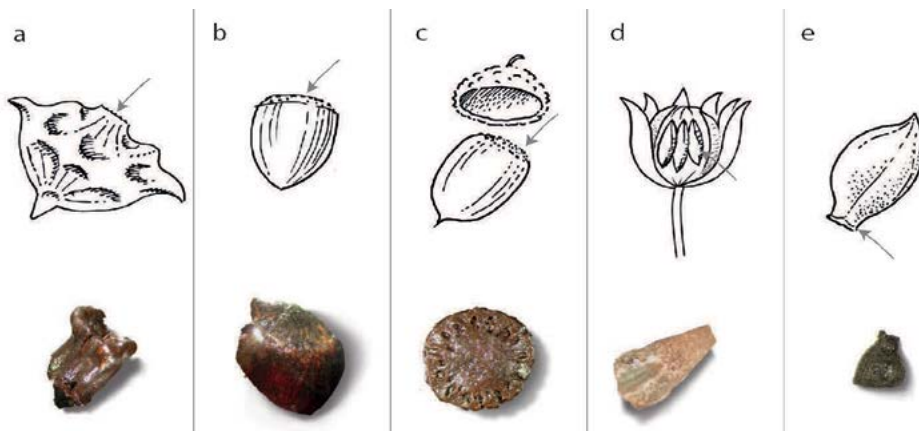
2.6 Analiza biljnih makroostataka: razvrstavanje, identifikacija, kvantifikacija

Prije no što počnemo pregledavati uzorke odnosno poduzorke organskih frakcija pod stereomikroskopom, potrebno je odrediti koje ćemo biljne makroostatke odvojiti, identificirati i na kraju razmatrati kao jednu cjelinu.

Obično odvajamo (tj. sakupljamo) i prebrojimo sve cijele plodove i sjemenke. Problem se javlja kod fragmentiranih biljnih ostataka, kao i kod sjemenki i plodova. Na raspolaganju nam je nekoliko tehnika preračunavanja slomljenih komadića u jednu cjelinu, no važno je da se uvijek (čak i na različitim nalazištima) držimo jedne te iste metode jer ćemo samo tako moći međusobno usporediti rezultate. U Europi se predložena metoda temelji na prebrojavanju svih pronađenih **baza** sjemenki/plodova (to je dio sjemenke odnosno ploda kojim je sjeme pričvršćeno na matičnu biljku), u nekim slučajevima i apeksa (vrhova) sjemenki/plodova, koji su veći od jedne četvrtine cjelokupne veličine sjemenke/ploda (Hosch i Jacomet 2004; Jacomet i sur. 2007; slika 43).

Osim ostataka sjemenki i plodova, sakupljamo i prebrojavamo i ostale prepoznatljive dijelove biljke, npr. ostatke klasa i klasića žitarica, ostatke ploda tobolca lana, perikarpe žira, oraha i jabuka te krušaka (slike 31 i 44).

Pri identifikaciji biljnih ostataka pomažemo si različitim determinacijskim slikovnim ključevima, na primjer: za sjemenke i plodove (Beijerinck 1947; Berggren 1969; 1981;



Slika 43: Baza orašca (a), baza lješnjaka (b), baza žira (c); apikalni dio ploda tobolca lana (d), apeks sjemenke močvarnog ljutka (*Cladium mariscus*) (e). Crteži i fotografije nisu u mjerilu.

Schoch i sur. 1988; Körber-Grohne 1991; Anderberg 1994; Jones i sur. 2004; Cappers i sur. 2006; 2009; Neef i sur. 2012) te za drvo i ugljen (Schweingruber 1978; 1990; Torelli 1991; Neumann i sur. 2001; Schoch i sur. 2004). Osim literature, vrlo je važna i dobra referentna zbirka i recentnih i arheoloških sjemenki i plodova. Na Institutu za arheologiju ZRC-a SAZU-a trenutno je sakupljeno više od 300 sjemenki/plodova različitih biljnih vrsta i otprilike 40 uzoraka različitih vrsta drva i ugljena (Tolar 2011; internetska stranica IZA-a ZRC-a SAZU-a: <http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/arheobotanika-referen%C4%8Dna-zbirka#v>).

Kod imenovanja (nomenklature) biljnih vrsta (taksona; vidi II. dio/Uvod) pridržavamo se *Male flore Slovenije* (Martinčič [ur.] 1999/2007), *Male flore Hrvatske* (Domac 1989) i *Domestication of Plants in the Old World* (Zohary i Hopf 2004). Za određivanje vrsti drveća i grmlja na raspolaganju su nam djela R. Brusa: *Drevesne vrste na Slovenskem* (2004), *Dendrokronologija za gozdarje* (2005), *Sto grmovnih vrst na Slovenskem* (2008) i *Drevesa in grmi Jadrana* (2012).

Probiranje i identifikacija obično se odvijaju istovremeno, nakon čega slijedi prebrojavanje i unos podataka u arheobotaničku tablicu (prilog 3).

VRSTE BILJNIH OSTATAKA (jedna cjelina)	TAKSON
cijelo smjeme/plod ili zrno	svi taksoni
ulomak zrna s izdankom	žitarice
ostatak sjemenke/ploda s više od 1/4 očuvane baze sjemena/ploda	hrast (žir), lijeska (lješnjak), jabuka/kriška vodeni orašac
ostatak sjemenke/ploda s očuvanim apikalnim dijelom	npr. močvarni ljutak
ulomak osi klasa - (tj. rahisa)	obični ječam, pšenica - nepljevičasta
ulomak rahisa s ostacima dviju pljeva	pšenica - pljevičasta
ulomak rahisa s ostatkom jedne pljeve	pšenica - pljevičasta
baza pljeve	pšenica - pljevičasta
ostatak perikarpa, veći od 1/4 cjelokupnog perikarpa ploda	hrast (žir), bukva (žir), jabuka/kruška
ostatak tobolca ploda s očuvanim apikalnim dijelom	obični lan

Slika 44: Vrste biljnih makroostataka koje smatramo jednom jedinicom (za pomoć vidi slike: 31, 32 i 43).

Nakon identifikacije potrebno je sve biljne ostatke (sjemenke, plodove, ostatke klasića žitarica, ploda tobolca, perikarpa, ljustica) kvantificirati i opisati njihovo stanje, odnosno očuvanost (karbonizirano – C; napola karbonizirano – N/C ili nekarbonizirano – N; vidi prilog 3), najprije posebno za svaki uzorak/poduzorak te frakciju. Potom je potrebno usporediti rezultate, po potrebi ih objediniti i ocijeniti kao cjelinu.

Rezultate prikazujemo u arheobotaničkoj tablici (prilog 3), u kojoj su stupci namijenjeni opisu istraženih uzoraka, a retci upisu identificiranih biljnih taksona. Tablica osim identificiranih biljnih taksona, s latinskim i hrvatskim nazivom, sadrži i podatke o vrsti biljnog ostatka (npr. sjemenka, plod, ostaci perikarpa i klasića žitarica; vidi sliku 44), očuvanosti biljnog ostatka (C, N/C, N) te o najvažnijim svojstvima arheološkog uzorka (odnosno poduzorka), kao što su identifikacijski broj, prostorno-stratigrafsko obilježje (kvadrat, kulturni sloj, arheološko razdoblje, kontekst) i volumeni (1. prikupljenog uzorka s terena, 2. organskih frakcija sa sita te 3. pregledanog poduzorka/uzorka).

Za daljnju interpretaciju vrlo je važna i kvantifikacija rezultata koja se temelji na broju pronađenih ostataka (n). Broj (n) potrebno je naime pretvoriti u reprezentativne i usporedive jedinice, npr. u koncentraciju (conc., tj. broj sjemenki/litri arheološkog sedimenta) i sveprisutnost (eng. *ubiquity* odnosno ub.; tj. u kojem se postotnom udjelu svih arheobotaničkih uzoraka s terena javlja određeni takson; ako je ub. = 100 %, to znači da se takson javlja u svim pregledanim uzorcima, dakle u cijelom istraženom području) (više o tome kod Jacomet i Kreuz 1999; Jacomet i sur. [ur.] 2004).

Da bismo olakšali njihovu interpretaciju, biljne vrste (taksone) raspoređujemo u više skupina, npr. s obzirom na upotrebljivost – uzgojene/sakupljane, ljekovite, za stelju – ili prema okolišnim uvjetima u kojima uspijevaju, odnosno onima najpogodnijima za njihov rast i razmnožavanje – ruderalne, poljske, korovne, šumske, one koje rastu uz rub šume, zajednice šumskih sječina i proplanaka, biljne vrste travnjaka, močvarne, obalne, vodene biljke i dr. (vidi primjere u II. dijelu/4.2 i 5.2).

VAŽNIJE OZNAKE U ARHEOBOTANIČKOJ TABLICI (prilog 3)

C – karbonizirano

N/C – napola karbonizirano

N – nekarbonizirano, vodom natopljeno

n – broj biljnih makroostataka

conc. – koncentracija biljnih makroostataka (tj. broj ostataka u 1 litri uzorka sedimenta)

*ub. – sveprisutnost (u koliko je postotaka istraženih uzoraka utvrđen takson)

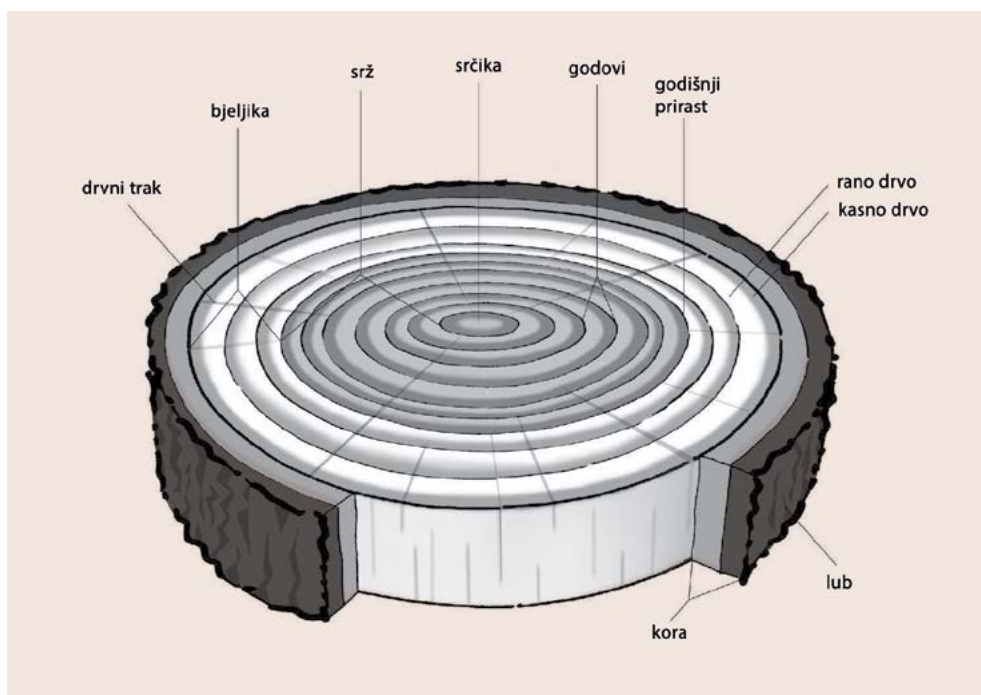
**Ubiquity* (sveprisutnost) često je jedina kvantifikacijska metoda koja omogućava uspoređivanje važnosti različitih taksona (Schibler i Jacomet 2010; vidi također arheobotaničke izvještaje sa slovenskih zaštitnih iskopavanja: Arhiv IZA-a ZRC-a SAZU-a, od 2013. godine nadalje).

2.6.1 Dendrokronološka analiza arheološkog drva i ugljena

Dendrokronologija je metoda datiranja koja se temelji na proučavanju karakterističnog slijeda širine **godova**, nastalih u različitim godinama, to jest njihova povećanja ili smanjenja u odnosu na prethodnu godinu (Čufar 2006; Levanič 2012). Pomaže nam utvrditi u kojoj je godini nastao pojedini god, odnosno kada je drvo raslo (Čufar i Levanič 1999).

Razumijevanje principa dendrokronoloških istraživanja zahtijeva osnovno poznavanje anatomije drveta (slika 45).

Dendrokronološko istraživanje uglavnom se temelji na mjerenju širine godova, čime dobijemo njihov slijed i obično ih grafički prikazujemo u odnosu na vrijeme, nastojeći ih smjestiti u apsolutno kalendarsko vrijeme (Čufar i Levanič 1999; slika 46).



*Slika 45: Poprečni presjek debla: drvo raste u debljinu tako da svake godine u pravilu proizvede jedan god, koji se obično sastoji od **ranog drveta** i **kasnog drveta**, koji se međusobno razlikuju po građi i gustoći. Vidljivu granicu između dva goda nazivamo **godišnji prirast**. Vanjske slojeve debla (drveta) koji imaju provodnu ulogu i ulogu skladištenja nazivamo **bjeljika**. Kod nekih vrsta drveća (npr. hrasta) unutarnji (neprovodni) slojevi debla sekundarno se pretvore u **srž**, koja može biti i tamnije boje. **Drvni trakovi** omogućuju provođenje tvari u radijalnom pravcu. Deblo drveta od djelovanja vanjskih utjecaja štiti **kora**. Unutarnji, živi dio kore provodi **asimilate** od lišća do korijenja. Vanjski, neživi i neprovodni dio kore nazivamo **lub** (prema prijedlogu: Čufar 2002, 4, slika1 – 1 i Levanič 2012, 65. slika 1).*

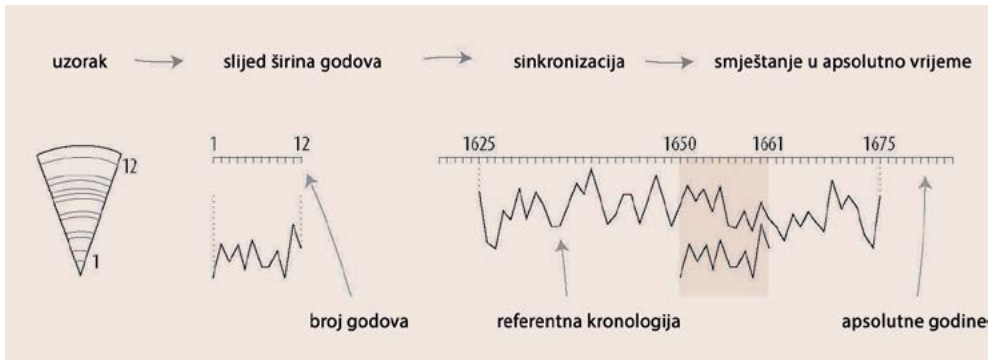
Nakon faze mjerenja širine godova slijedi **sinkronizacija**, to jest međusobno uspoređivanje slijeda godova (krivulja) istog objekta (npr. drveća, staništa, arheološkog konteksta; slika 47a). Krivulje su u sinkroniziranu položaju onda kada si vizualno i statistički odgovaraju. Iz više krivulja izračunamo prosjek, koji nazivamo **kronologija** objekta (slika 47b). Osim kod proučavanja postojećeg drveća, takva kronologija isprva je nedatirana, te je zato nazivamo „plivajuća kronologija”.

U analizi drvenog predmeta nepoznate starosti još slijedi datiranje. Za potrebe datiranja kronologiju objekta sinkroniziramo sa standardnom referentnom kronologijom i to za pojedinu vrstu drveta, razdoblje i zemljopisno područje (Čufar i Levanič 1999; Čufar 2007; slika 47b).

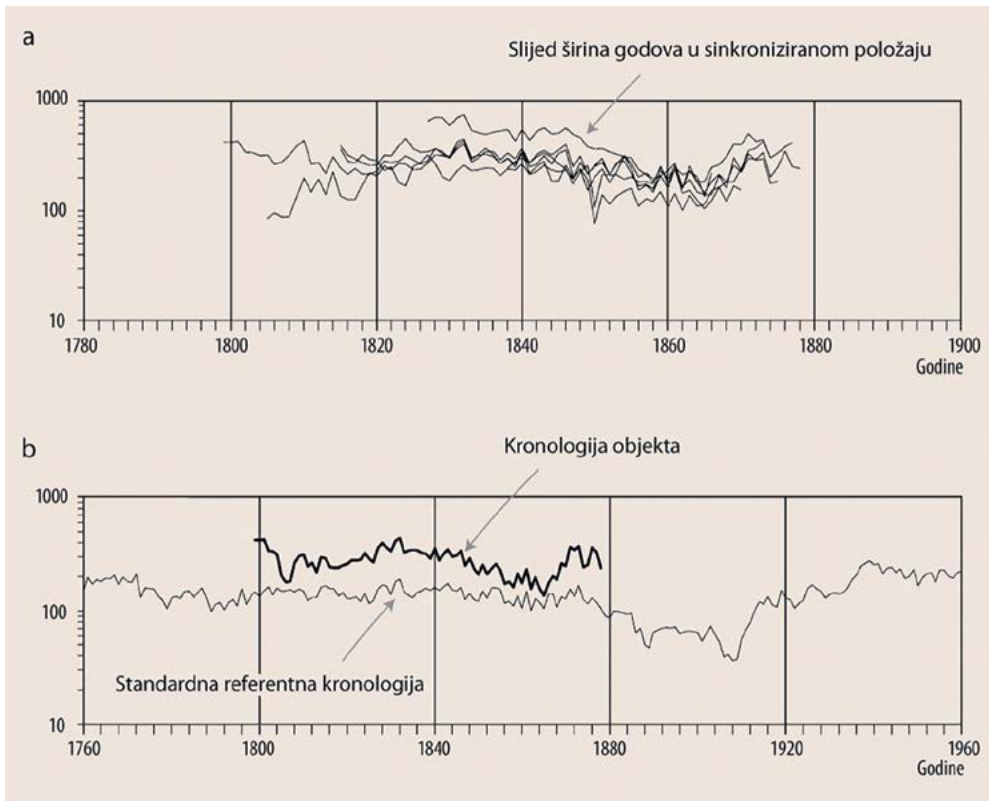
Nakon obavljene datacije „plivajuće kronologije” s referentnom kronologijom, za svaki god na plivajućoj kronologiji utvrdimo kalendarsku godinu njena postanka. Na taj način predmet nepoznate starosti datiramo, odnosno odredimo godinu nastanka pojedina goda. Konačni rezultat najčešće prikazujemo godinom posljednjeg goda na predmetu (Čufar 2006; Levanič 2012). Taj datum, međutim, obično još ne odgovara pravoj starosti predmeta. Ako se na njemu sačuvala kora te utvrdimo kada je nastao posljednji (tj. najmlađi) god ispod nje, možemo točno ustanoviti i kada je stablo za upotrjebljeno drvo bilo posječeno. Da bismo odredili starost predmeta, moramo još utvrditi koliko je vremena bilo potrebno za prijevoz, sušenje, obradu i ugradnju drveta. Ako se na predmetu kora nije sačuvala, moramo utvrditi koliko godova nedostaje, koji su zbog obrade, upotrebe, istrošenosti ili oštećenja bili uklonjeni (zajedno s korom) (Čufar 2010).

Opće je prihvaćena činjenica da ne možemo datirati svaki drveni predmet. Datirati možemo samo drvo s većim brojem godova. U istraživanjima arheološkog drva s Ljubljanskog barja, obično mjerimo ono koje ima više od 45 godova (Čufar i Velušček 2012). Za svaku vrstu drveća moramo raspolagati odgovarajućom referentnom kronologijom, i to za razdoblje i geografsku regiju koje nas zanimaju. Za uspješno datiranje i interpretaciju rezultata obično nam je potrebno više uzoraka drva istog predmeta, konstrukcije ili konteksta (Čufar i Levanič 1999; Čufar 2007; 2010).

Referentne kronologije za datiranje najčešće se sastoje od kronologije drveća, povijesnih objekata, arheološkog drva i subfosilnog drva. Najdulja kronologija širina godova na svijetu jest ona južnonjemačkog hrasta, koja je dulja od 10.000 godina. U Sloveniji se referentne kronologije redovito sastavljaju i neprestano poboljšavaju (Čufar i Levanič 1998; 1999; Čufar 2010). Kronologija hrasta, najvažnije drvene vrste u europskoj arheologiji, sastavljena je npr. za razdoblje zadnjih 550 godina (Haneca i sur. 2009). Ova se kronologija redovito poboljšava, produljujući se u prošlost (Čufar, osobna komunikacija). Sastavljene su kronologije za drvo iz rimskog doba i sa sojeničkih naselja koje su datirane radiokarbonskom metodom ili uspoređivanjem s inozemnim kronologijama (vidi okvir).



Slika 46: Pojednostavljeni shematski prikaz pripreme slijeda širina godova na jednom uzorku i njegovo postavljanje u apsolutno vrijeme pomoću referentne kronologije.



Slika 47: Slijedovi širina godova pet uzoraka iz jednog objekta u sinkroniziranu položaju (a) mogu se sjediniti u prosjek (podebljana krivulja na slici b), koju možemo apsolutno datirati odgovarajućom referentnom kronologijom (b). Prema prijedlogu Levanič i Čufar 1999, 40, slika 1 – 2.

VAŽNOST DENDROKRONOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA ARHEOLOGIJU

Dendrokronologija se pokazala ključnom metodom za datiranje arheološkog drva. Pritom je vrlo važno drvo sa sojeničkih naselja, koje je natopljeno vodom i razmjerno dobro očuvano. Duge referentne kronologije, najprije sastavljene u Njemačkoj, omogućile su datiranje drva sa sojeničkih naselja sjeverno od Alpa (Billamboz 2004). Južno od Alpa (u Sloveniji i Italiji) još nemamo referentne kronologije koje bi se protezale od danas do razdoblja postojanja sojeničkih naselja. Trenutno je, zahvaljujući sustavnim dendrokronološkim istraživanjima drvenih stupova s Ljubljanskog barja, kronologijama datiranim radiokarbonskom metodom pokriveno 4. tisućljeće pr. Kr., točnije od 3744. do 3302. kal. pr. Kr. i od 3285. do 3108. kal. pr. Kr., kada je u Ljubljanskom barju postojalo barem osam sojeničkih naselja (Čufar i Levanič 1998; Čufar i sur. 2010; Čufar i sur. 2013) te 3. tisućljeće pr. Kr., točnije od 2659. do 2417. kal. pr. Kr., kada je postojalo barem pet sojeničkih naselja (Čufar i Levanič 1998; Velušček i sur. 2011; Čufar i Velušček 2012; Čufar i sur. 2013; Velušček osobno priopćenje).

2.7 Intepretacija arheobotaničkih rezultata

U prethodnim poglavljima bilo je riječi o osnovnim principima, svrsi i ciljevima arheobotaničkih istraživanja te o metodologiji prikupljanja i identificiranja biljnih makroostataka iz arheološkog sedimenta, koji predstavljaju prvi rezultat tzv. metodološkog istraživačkog rada. Popunjena arheobotanička tablica (usp. prilog 3) u interpretaciji rezultata (tj. drugi dio istraživačkog rada) postaje glavni izvor podataka koje obrađujemo i iz kojih pokušavamo izvući što više zaključaka. Osim utvrđivanja biljnih vrsta i broja ostataka (odnosno koncentracija) pojedinog taksona te izvora (stratigrafski opis) arheobotaničkih ostataka, od iznimne su važnosti i opisi vrste biljnih makroostataka (sjeme/plod, iglica, ostaci rahisa, pljeve, perikarpa i dr.), očuvanosti ostataka (C, N/C, N) i izmjerene volumenske vrijednosti sedimenta i organskih frakcija iz kojih smo odvojili makroostatke (vidi prilog 3).

U interpretacijskom dijelu istraživanja najprije je važno razlikovati interpretaciju **paleookoliša** i **paleoekonomiju**, odnosno prehrambene navike.

S obzirom na to na to da se u arheobotanici oslanjamo na analize uzoraka prikupljenih iz kulturnih slojeva arheoloških nalazišta, možemo s većom sigurnošću interpretirati ekonomiju naselja, dakle paleoekonomiju. Osobito nas zanimaju ekonomski važne, prehrambene biljne vrste, kojima pripadaju i proizvedene (kultivirane ili uzgojene) i sakupljane (divlje) biljne vrste, koje je čovjek u naselje unosio za svoje potrebe (vidi primjere u II. dijelu/3 i 4).

Interpretacija paleookoliša na temelju biljnih makroostataka prije svega je rijetkost (vidi primjere u II. dijelu/5) jer u velikoj mjeri ovisi o očuvanosti (bogatstvu) istraženog sedimenta (vidi I. dio/2.3) i metodologiji uzorkovanja na terenu (vidi I. dio/2.4).

Vodom natopljeni uzorci arheoloških sedimenata zahtijevaju daleko više rada (vidi I. dio/2.4. – 2.6.), ali sav će se trud na kraju isplatiti jer ćemo postići izvanredne rezultate

sa snažnom interpretacijskom vrijednošću. Tim rezultatima naime možemo, osim samih prehrambenih navika, rekonstruirati i ratarske tehnike, društvenu i kulturnu ulogu hrane, raspoloživost prirodnih izvora hrane, izvor stelje, sezonsku prehranu i, konačno, uvjete u vegetaciji u neposrednoj blizini naselja (više o konkretnim primjerima vidi II. dio/4.2 i 5.2). Budući da su rezultati istraživanja vodom natopljenih arheoloških nalazišta najčešće i prilično točne datacije, postignute dendrokronologijom, u takvim je primjerima također moguće prepoznati iznenadne gospodarske i okolišne promjene, što vrlo zorno pokazuju prirodoslovna istraživanja na nalazištu Arbon Bleiche 3 (Jacomet i sur. [ur.] 2004), djelomično i na slovenskim sojeničkim naseljima: Stare gmajne (Tolar i sur. 2011), Strojanova voda i Maharski prekop ((Tolar 2018; Tolar i Andrič [u pripremi]).

Za uspješnu interpretaciju rezultata već je prije samog početka istraživačkog rada, uključujući i iskopavanja na terenu, potrebno postaviti glavna istraživačka pitanja. Ako su prethodno arheološka sondiranja i moguća istraživanja sedimenta već obavljena, pokušajmo barem okvirno na njih i odgovoriti (vidi primjer u uokvirenu tekstu na str. 78).

PRIMJERI ISTRAŽIVAČKIH PITANJA I KONKRETNIH ODGOVORA
(prema prijedlogu: Wilkinson i Stevens 2003, 273):

1. Kakvi geološki uvjeti vladaju na nalazištu (vrsta i debljina sedimenta, matična stijena)?
Stijena krednog nastanka, na površini 0,3 – 0,4 m debeo sloj tla rendzina
2. Koji subfosilni biološki ostaci na danom nalazištu imaju mogućnost očuvanja?
Kosti kralježnjaka, kućice, odnosno ljuštore mekušaca (kopnenih i vodenih), karbonizirani biljni ostaci (uključujući i drveni ugljen)
3. Koje temeljno istraživačko pitanje vrijedi za nalazište?
Je li nalazište (istraživano naselje) također primarni proizvođač biljne i životinjske prehrane ili tek sekundarni potrošač?
4. Koji subfosilni biološki ostaci, koji su se u danim uvjetima na terenu mogli očuvati, mogu odgovoriti na to pitanje?
Kosti kralježnjaka, karbonizirani biljni makroostaci (ne ugljen)
5. U kojim arheološkim kontekstima, prisutnima na terenu, možemo očekivati takve biološke ostatke?
Jame za skladištenje i odlaganje otpada (prije uzorkovanja moramo utvrditi kako se pojedina jama zapunila)
6. Je li tijekom opisivanja zapune (akumulacije) jame primijećen bilo kakav poremećaj (erozija, iskopi, deponiranje, redeponiranje i sl.), zbog kojeg postoji sumnja u nepouzdanost izvora bioloških ostataka u njoj?
Ne, gornja zapuna (oranica) možda je oštećena (promiješana) zbog oranja, zato je u takvom slučaju u interpretaciji potrebno biti pažljiv, dok aktivnost životinjskih stanovnika tla (npr. kišnih glista) nije imala veći utjecaj na premještanje makroostataka. Čini se da se pri akumulaciji ostataka nije dogodilo ništa osobito iznenađujuće.

7. Koju ćemo strategiju arheologije okoliša primijeniti na terenu?

Materijal iz jama posebno ćemo uzorkovati za biološka istraživanja, sa stratigrafskim uklanjanjem sedimenta na površini: 1. posebno za biljne makroostatke (flotacija) i 2. sav ćemo preostali materijal iz jama suho prosijati kako bismo prikupili kosti kralježnjaka.

2.7.1 Interpretacija ovisi i o vrsti biljnih makroostataka

Arheobotaničke ostatke možemo u glavnim crtama podijeliti na četiri interpretacijske vrste (slika 48):

1. karbonizirani biljni makroostaci prehrambenih biljaka
2. nekarbonizirani, vodom natopljeni biljni makroostaci svih biljaka (prehrambenih i prirodnih, odnosno okolišnih)
3. ugljen s vatrišta/ognjišta
4. ostaci stambenog drva/ugljena nakon požara.

Osim nalaza koji su nam na raspolaganju, arheobotanička istraživanja pomažu nam, više ili manje, učinkovito razjasniti život i vegetacijsku sliku drevnih društava. S osnovnim pitanjem je li se nekadašnja prehrana zasnivala na divljim biljnim vrstama (dakle sakupljanju) ili uzgojenim vrstama (poljoprivredu), povezana su i pitanja kada, gdje i u kojoj se mjeri pojedina ratarska vrsta počela javljati (npr. Jacomet i sur. 1989; Jacomet 2007a; Tolar i sur. 2016). Uz već spomenute rijetke dokaze o prirodnoj vegetaciji (slika 48) koja je okruživala ljude, možemo pretpostaviti načine pridobivanja hrane te njene upotrebe (također obrade) i preraspodjelu među ljudima (vidi primjere u II. dijelu/4.2). Ostaci drva (uključujući ugljen s ložišta/ognjišta), osim informacija o sastavu obližnje vegetacije drveća i grmlja, pružaju nam informaciju i o planiranom ili karakterističnom odabiru i upotrebi određenih vrsta drva u pojedine namjene (npr. Čufar i sur. 2002; 2006; Tolar i sur. 2008; Tolar i Zupančić 2009; Velušček i sur. 2009; Tolar 2013b).

Čak i rijetki, nasumično otkriveni (proizvoljno prikupljeni) arheobotanički ostaci mogu biti izvor najraznovrsnijih dodatnih informacija o navikama i aktivnostima nekadašnjih zajednica. Tako nam npr. pronađene zalihe žitarica ili pljevi mogu otkriti tehnike obrade, skladištenja i pripreme hrane (vidi I. dio/2.2; slika 34 i primjere istraživanja u II. dijelu/4.2 i 7).

Kod većih istraženih površina možemo pretpostaviti i prostornu raspodjelu obrade i skladištenja prinosa te različite aktivnosti, a možda čak i društveni položaj nekadašnjeg stanovništva (npr. Hosch i Jacomet 2004; Maier i Harwath 2011; vidi primjere u II. dijelu/4.2).

Veća količina očuvanih komada drva s dovoljnim brojem godina omogućava nam, pomoću dendrokronologije, apsolutno i u godinu točno datiranje drva te, posredno, naselja, odnosno građevinskih faza, koje se temelje na sječi većeg broja stabala (npr.

Čufar i sur. 2010). Širine godova u drvu ujedno nam pomažu rekonstruirati klimatske uvjete (**dendroklimatologija**; npr. Levanič 2012).

Zanimljivo područje arheobotanike jest i analiza koprolita (životinjskog izmeta), koji nam pomažu rekonstruirati način (vrstu i sezonski izbor) prehrane ili hranjenja domaćih životinja (npr. Karg 1998; Akeret i sur. 1999; Kühn i Hadorn 2004; Kühn i sur. 2013; Kühn i sur. u tisku; vidi primjere u II. dijelu/7.1).

Za utvrđivanje početaka i putova udomaćivanja biljnih vrsta, u arheobotanici se na arheološkim sjemenkama/plodovima (npr. žitarica, vinove loze, lana i dr.; vidi primjere istraživanja u II. dijelu/3.2 i 3.3) sve češće provode morfološka (npr. **ampelomorfološka**) i molekularna (genetska) istraživanja.

Arheobotanički nalazi mogu pomoći i utvrđivanju **autohtonosti** pojedine biljne vrste ili pak trgovine, odnosno uvoza egzotičnih biljnih vrsta, npr. nara, datulja, papra, anisa i sl. (npr. Šercelj 1991), kao i otkrivanju početaka voćarstva i vrtlarstva (npr. uzgoj trešanja, domaćih jabuka, breskvi, oraha, mahunarki, začina) izvan sredozemnog područja (npr. sjeverno od Alpa; npr. Jacomet 2007a; Kreuz i Stika 2009). Istovremeno nam ostaci egzotičnih biljnih vrsta pružaju informaciju i o društvenom statusu stanovnika istraženog naselja. Van der Veen (2003), na primjer, zaključuje da su „luksuzne” biljne vrste bile hrana prvenstveno ljudi iz viših slojeva, npr. časnika u rimskoj vojsci (također Kreuz i Stika 2009). U tim ostacima možemo prepoznati i ritualne običaje, npr. pogrebne obrede (ostaci hrane, karmina – posljednjeg obroka, svete biljke i sl.; npr. Wilkinson i Stevens 2003).

Interpretacija arheobotaničkih (kao i svih ostalih arheobioloških) ostataka ovisi, dakle, i o očuvanosti organskih ostataka u istraženu sedimentu i o istraživačevim pitanjima, ciljevima i interesima nakon novih otkrića. Metode rada koje je pritom odabrao presudne su za uspješno arheobotaničko istraživanje, zato bi se arheolozi trebali pridržavati sljedećeg pravila: prije početka iskopavanja neka se povežu s arheobiologom dogovarajući s njim istraživačko pitanje, a time i metode iskopavanja koje će u danom slučaju upotrijebiti. Naime, o tome ovisi koliko će mogućnosti konačne arheobiološke interpretacije proteklih događaja biti ograničene.

KARBON. SJEMENKE/ PLODOVI, PLJEVE	NEKARBON. VODOM NATOPLJEN MATERIJAL	UGLJEN S VATRIŠTA/ OGNJIŠTA	GRAĐEVINSKI MATERIJAL (DRVO, UGLJEN)	PROIZVOLJNO PRIKUPLJENI ARHEBOT. NALAZI	INTERPRETACIJA
	●	? ●			prirodna vegetacija
	●	●	●	●	iskorištavanje odnosno upotreba prirodnih izvora
●	●			? ●	kultivacija, zemljoradnja
●	●			? ●	prehrana

Slika 48: Interpretacijska moć različitih vrsta biljnih makroostataka

Legenda: ● - DA; ? ● - DA u iznimnim slučajevima.

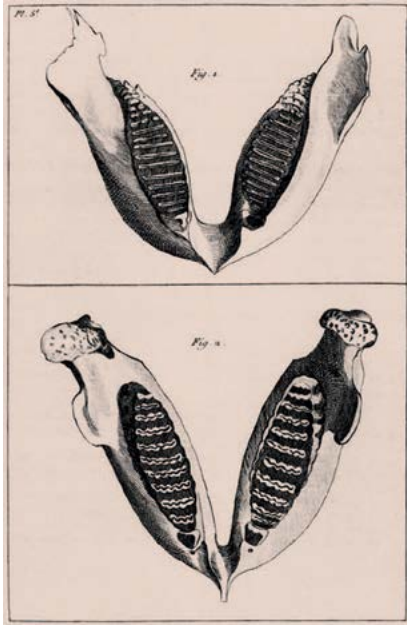
3 Arheozoologija

Arheozoologija je znanstvena disciplina koja se bavi analizom životinjskih ostataka s arheoloških nalazišta pomažući time u razumijevanju odnosa između čovjeka i njegova okoliša, posebice između čovjeka i životinjskog svijeta. U tom smislu, bitno se razlikuje od ponekad prepoznatljivije paleontologije, koja je usmjerena na proučavanje razvoja živih bića i u pravilu se ne bavi detaljnije analizom njihova odnosa prema homininima (i obratno). Arheozoolozi postavljaju širok raspon pitanja, od onih o prehranbenim navikama ljudi u prošlosti, njihovoj ovisnosti o lovu, stočarstvu, skupljanju plodova i strvinarenju, favoriziranju pojedinih vrsta domaćih životinja i proizvoda dobivenih njihovim uzgojem (npr. meso, mlijeko, radna snaga, vuna, koža, gnojivo itd.), razvoju novih pasmina, načinima opskrbe hranom životinjskog podrijetla i trgovine njome, pa sve do oblika neekonomskog iskorištavanja životinja (npr. obredna žrtvovanja, kućni ljubimci) i njihova značaja kao statusnog simbola ili kao objekta umjetničkih prikaza. S druge strane, disciplina se nešto više bavi i zoološkim temama, poput analize zoogeografskih odnosa ili rekonstrukcije izgleda nekadašnjeg okoliša proučavajući istovremeno čovjekov utjecaj na okoliš s gledišta životinja. S obzirom na razliku u isticanju zoološke ili antropološke/arheološke komponente unutar pojedinih istraživanja, neki stručnjaci razlikuju zooarheologiju/osteoarheologiju i arheozoologiju (Bartosiewicz 2001; Chaix i Méniel 2005, 15–17; Reitz i Wing 2008, 2–6; Albarella 2017, 4; Gifford-Gonzalez 2018, 10; Upex i Dobney 2020, 215–216; vidi i II. dio / 8.1). U ovom trenutku nas ne zanima tako detaljna raščlamba, stoga oba navedena pristupa analizi životinjskih ostataka s arheoloških nalazišta predstavljamo pod zajedničkim nazivom arheozoologija.

3.1 Povijest istraživanja

Arheozoologija je relativno mlada znanstvena disciplina, čiji je rani razvoj usko povezan s razvojem razmišljanja o porijeklu čovjeka i evoluciji živih organizama. Od

antičkih vremena do renesanse velike i/ili morfološki izražene fosilne kosti obično su povezivane sa zmajevima, divovima, kiklopima i drugim mitološkim bićima. Kada su se, u drugoj polovici 18. i početkom 19. stoljeća počela pojavljivati prva izvješća o paleontološkim otkrićima kojima se pokušavalo te nalaze nekako uključiti u okvir evolucije vrsta (slika 49), često su prihvaćena s velikom dozom sumnje. Primjer je



Slika 49: Usporedba donje čeljusti mamuta (gore) i indijskog slona (dolje) u jednom od ranijih paleontoloških radova s početka 19. stoljeća. Prema predlošku: Cuvier 1800.

otkriće kostiju neandertalca u dolini Neander u Njemačkoj 1857. godine, koje su mnogi tada (uključujući stručnjake) smatrali tek ostacima nekog mentalno nerazvijenog pustinjaka ili možda bolesnog kozačkog dezertera iz vremena Napoleonovih ratova (Davis 1987, 20).

U drugoj polovici 19. stoljeća u javnosti su se postupno počele pojavljivati skupine znanstvenika koje su u modernom čovjeku i životinjama prepoznale neposredne nasljednike već izumrlih oblika i vrsta (Chaix i Méniel 2005, 18–19). Njihova razmišljanja potaknula su novo zanimanje za paleontološka i arheološka istraživanja, unutar kojih su se povremeno isticala i neka autentično arheozoološka pitanja. Jedan od prvih takvih primjera bilo je izlaganje Japetusa Steenstrupa na sastanku Znanstvenog društva u Kopenhagenu 1851. godine, gdje je ovaj danski stručnjak gomile s ljušturama školjkaša iz arheoloških konteksta pionirski pripisao prehrambenom otpadu. Obrađivao je takve ostatke izvan okvira paleontoloških

istraživanja, dakle kao sasvim arheozoološko pitanje (Forchhammer i sur. 1851). Samo deset godina kasnije, švicarski veterinar Ludwig Rütimyer objavio je opsežnu studiju životinjskih ostataka iz **prapovijesnih** sojeničarskih naselja u okolici Züricha (Rütimyer 1861), što predstavlja prekretnicu u razvoju ove discipline. U spomenutoj publikaciji autor se posvetio gotovo svim danas klasičnim arheozoološkim pitanjima, od **taksonomsko-anatomskog** određivanja nalaza, utvrđivanja broja jedinki pojedinih vrsta i njihove dobne strukture, proučavanja morfološke raznolikosti tadašnjih domaćih životinja, uključujući pokušaj prepoznavanja pojedinih pasmina, do proučavanja razvoja životinjskog svijeta i njegove važnosti za čovjeka u različitim razdobljima.

Većina Rütimyerovih suvremenika u svojim je istraživanjima imala prilično skromne ambicije, usmjeravajući pažnju uglavnom prema taksonomsko-anatomskom određivanju analiziranih nalaza i njihovu općenitom opisu. Međutim, pojedini autori

postupno su počeli postavljati nešto složenija pitanja, poput utjecaja klimatskih kolebanja na uzorak rasprostranjenosti pojedinih životinjskih vrsta (npr. Wyman 1868; Mercer 1897; Eaton 1898). Još prije kraja 19. stoljeća, neki arheozoolozi/paleontolozi već su počeli razumijevati procese koji su doprinijeli formiranju proučavanih **tafocenoza** (npr. Wyman 1875). Pokušavali su odgovoriti na pitanja o vremenskom okviru analiziranih nalaza i njihovu (arheološkom) kontekstu (npr. Dall 1877; Mills 1906). Pojavilo se zanimanje za proces domestikacije (npr. Duerst 1908). U tridesetim godinama prošlog stoljeća pojavile su se prve paleoekološke studije (npr. Bate 1937).

Nakon Drugog svjetskog rata arheozoologija doživjela je novi procvat, koji je rezultirao nastankom mnogih novih istraživačkih pitanja. Među intenzivno proučavanim pitanjima toga vremena bile su strategije opskrbe ljudskih zajednica hranom i drugim proizvodima iz uzgoja te trgovina (npr. White 1953; Higham 1968; Binford 1981; Sheratt 1981; Crabtree 1990), društvena organizacija i njezina slojevitost (npr. Crabtree 1990; Bailey [ur.] 1998), sustavi vjerovanja (npr. Blanc G. A. i. Blanc A. C. 1958–59; Lauwerier 1983; Méniel 1991; Green 1992) te naravno sam proces domestikacije i širenja domaćih životinja (npr. Hopf 1969; Perkins 1973; Bökönyi 1974). Kontinuirano se ulaže mnogo truda u razvoj metodologije (npr. Boessneck i sur. 1964; Silver 1969; Payne 1972; Grayson 1984). Većina ovih pitanja ostaje aktualna i danas (npr. Clutton-Brock 1999; MacKinnon 2004; Forenbaier i Miracle 2006; Méniel 2007; Vigne i Helmer 2007; Lyman 2008; deFrance 2009; Greenfield 2010; Pluskowski 2012; Zeder 2012; Lyman 2015), iako su koncipirana na drugačiji način te im se pristupa upotrebom novih alata poput arheogenetike, paleoproteomike (ZooMS), analize stabilnih izotopa, geometrijske morfometrije ili računalne tomografije (npr. Zeder i sur. 2006; Drucker i sur. 2009; McGuire 2010; Bollongino i sur. 2012; Tuniz i sur. 2012; Bocherens i sur. 2014; Gorlova i sur. 2015; Campbell i Hofreiter 2015; Richards i Britton [ur.] 2020).

Prve znanstvene studije kvartarne faune s prostora Hrvatske potječu s početka 19. st., a do sredine 20. st. objavljeno je više paleontoloških znanstvenih radova (Malez 1979a, 55-56; 1979b, 197-198). Istraživanja životinjskih ostataka s arheoloških nalazišta u Hrvatskoj započela su s Dragutinom Gorjanovićem-Krambergerom, koji je analizirao životinjske ostatke sa srednjepaleolitičkog nalazišta Hušnjakovo brdo pokraj Krapine. Prepoznao je pripadnike toplodobne faune i iznenađujuće precizno odredio relativnu geološku starost naslaga, koje je podijelio na zone prema dominantnim vrstama životinja. Uz taksonomske liste, koje su potvrđene novijom revizijom (Miracle 2007), objavio je svega nekoliko kraćih radova za pojedine taksoni (Gorjanović-Kramberger 1911; 1912), a detaljno je paleontološki obradio jedino ostatke nosoroga (Gorjanović-Kramberger 1913). Nikad nije analizirao cjelokupnu faunu iz Krapine jer se više posvetio ostacima neandertalaca te je njegov najznačajniji doprinos upravo u paleoantropologiji (Gorjanović-Kramberger 1906).

Nakon Drugog svjetskog rata ponovno su zaživjele analize faune, ali i dalje u kontekstu kvartarne paleontologije. U okviru Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti 1955. godine osnovana je Geološko-paleontološka zbirka i laboratorij za krš, koja

je 1974. preimenovana u Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara (Mauch Lenardić i Marjanac 2005, 18). U sljedećih nekoliko desetljeća spomenuti Zavod bio je središnje mjesto u široj regiji za istraživanja kvartarne paleontologije i paleolitičke arheozoologije. Najveći broj publikacija iz ovog razdoblja jest paleontološki (npr. Malez 1961; 1975; 1981), a primjena podataka o fauni u arheologiji bila je ograničena uglavnom na rekonstrukcije paleookoliša u kamenom dobu.

Usporedno s intenzivnim paleontološkim istraživanjima, tijekom druge polovice 20. st. i kod veterinarara se proširio interes za arheofaunom, ali iz mlađih arheoloških razdoblja. Jedna od prvih pravih arheozooloških studija jest analiza životinjskih ostataka iz ranosrednjovjekovnog groblja u Brodskom Drenovcu (Dolinar i Šooš 1961), a tijekom vremena suradnja između arheologa i veterinarara podigla se na višu razinu (npr. Jurišić 1989). Prema kraju 20. st. hrvatsku arheozoološku građu uglavnom objavljuju strani stručnjaci (vidi npr. Schwartz 1988; 1996; Miracle 1995).

Po završetku Domovinskog rata došlo je do novog zanosa u arheološkim istraživanjima, a interes za arheozoologijom je porastao. Dva događaja odigrala su presudnu ulogu. Pokrenut je veliki međunarodni interdisciplinarni arheološki projekt *Pupićina peč* (1995. – 2002.), tijekom kojeg je istraženo više od dvadeset arheoloških nalazišta u Istri, a arheozoološke analize bile su sastavni dio projekta (Miracle 1997; 2001; 2002; Miracle i sur. 2000; Miracle i Pugsley 2006). Istovremeno s druge strane, u Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1996. godine započela su sustavna arheozoološka istraživanja hrvatskih nalazišta. U početku se radilo uglavnom na ostacima životinja s bakrenodobnog nalazišta Vučedola (vidi npr. Trbojević Vukičević 2006), ali s vremenom istraživanja su proširena i na osteološki materijal s brojnih drugih arheoloških nalazišta te je unutar spomenutog Zavoda formiran i specijalizirani Arheozoološki laboratorij u sklopu kojeg se obavljaju brojne arheozoološke analize. Tim dvama događajima, neovisno jedan o drugome, postavljeni su temelji modernoj hrvatskoj arheozoologiji.

Zbog manjka domaćeg kadra arheozoološke analize često su i dalje obavljali strani stručnjaci (vidi npr. Miracle 2005; Frame 2008; Legge i Moore 2011), ali je s vremenom ojačala domaća arheozoologija. Od 2000. godine do danas intenzivirao se broj arheozooloških analiza, a pokrivena su sva arheološka razdoblja. Širok spektar tema obuhvaća sve od paleoekologije i strategija preživljavanja (npr. Miracle i Brajković 2010; Trbojević-Vukičević i sur. 2011; Pilaar Birch 2017; Radović i Oros Sršen 2017; Radović i sur. 2021; McClure i sur. 2022), društvenog i funkcionalnog raslojavanja unutar neke zajednice (Toškan i Achino 2020), rituala (npr. Appleby i Miracle 2012; Pasarić i Trbojević Vukičević 2016; Radović i Ložnjak Dizdar 2020) do vizualnog identiteta (npr. Cvitkušić i Komšo 2015; Radović i sur. 2015). Uglavnom se objavljuju studije na ostacima velikih sisavaca, a u manjoj mjeri i drugih skupina poput ptica (npr. Oros Sršen i sur. 2017), riba (npr. Rainsford i sur. 2014) i malakofaune (npr. Rizner i sur. 2009; Barbir i sur. 2020). Primjenjuju se i različite specifične metode istraživanja: geometrijska morfometrija (npr. Seetah i sur. 2011), histološka analiza (npr. Hincak i sur. 2007), analiza zubnog kamenca (Cristiani i sur. 2018) pa sve do biomolekularnih

metoda poput analiza stabilnih izotopa (npr. Pilaar Birch i sur. 2016; Guiry i sur. 2017; Branscombe i sur. 2020), paleoproteomskih analiza (npr. Vidas i sur. 2023) i analiza drevnog DNK-a (npr. Fages i sur. 2019; Bergström i sur. 2020).

U Hrvatskoj se danas arheozoologija predaje na preddiplomskim, diplomskim i poslijediplomskim studijima arheologije, veterine i geologije na nekoliko hrvatskih sveučilišta, a broj arheozoologa rapidno raste. Uz ranije spomenute Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara HAZU-a i Zavod za anatomiju, histologiju i embriologiju VEF UNIZG-a, arheozoolozi rade i na Odsjeku za arheologiju FFZG-a, Odjelu za arheologiju UNIZD-a, a ima i nekoliko neovisnih istraživača arheozoologa.

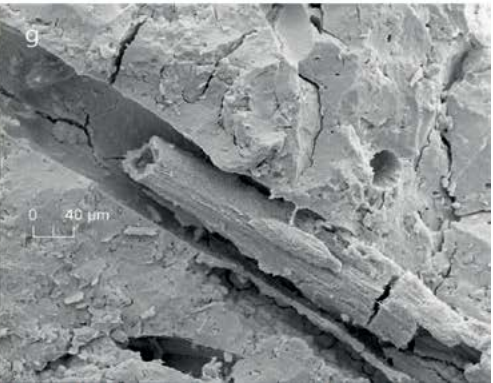
3.2 Vrste arheozooloških ostataka

Predmet arheozooloških istraživanja potencijalno obuhvaća sve životinjske ostatke s arheoloških nalazišta ili njima istodobnih prirodnih akumulacija, bez obzira na vrstu. Općenito, obično su najbrojniji zubi i koštani nalazi velikih sisavaca i ptica (vidi dolje), ali raspon svih različitih tipova arheozooloških ostataka puno je širi (slika 50). To uključuje kosturne ostatke riba, gmazova, vodozemaca i malih sisavaca (kod prvo dvoje i ljuske ili rožnate pločice), ljušture mekušaca, kukce (posebno njihove vanjske kosture), parazite (npr. jajašca glista i trakavica), **koprolite**, ljuske jaja ili primjerice dlake i perje, te tragove masti, mlijeka i krvi. U odgovarajućim okruženjima istraživači također mogu naići na mumificirana ili smrznuta trupla životinja (npr. Guthrie 1990; Kempe i sur. 2006). Brojni arheozoološki ostaci, osobito oni najmanji, mogu se terenski prikupiti na zadovoljavajući način samo specifičnim tehnikama uzorkovanja (npr. suho i mokro prosijavanje sedimenta, flotacija; vidi I. dio/3.4.1).

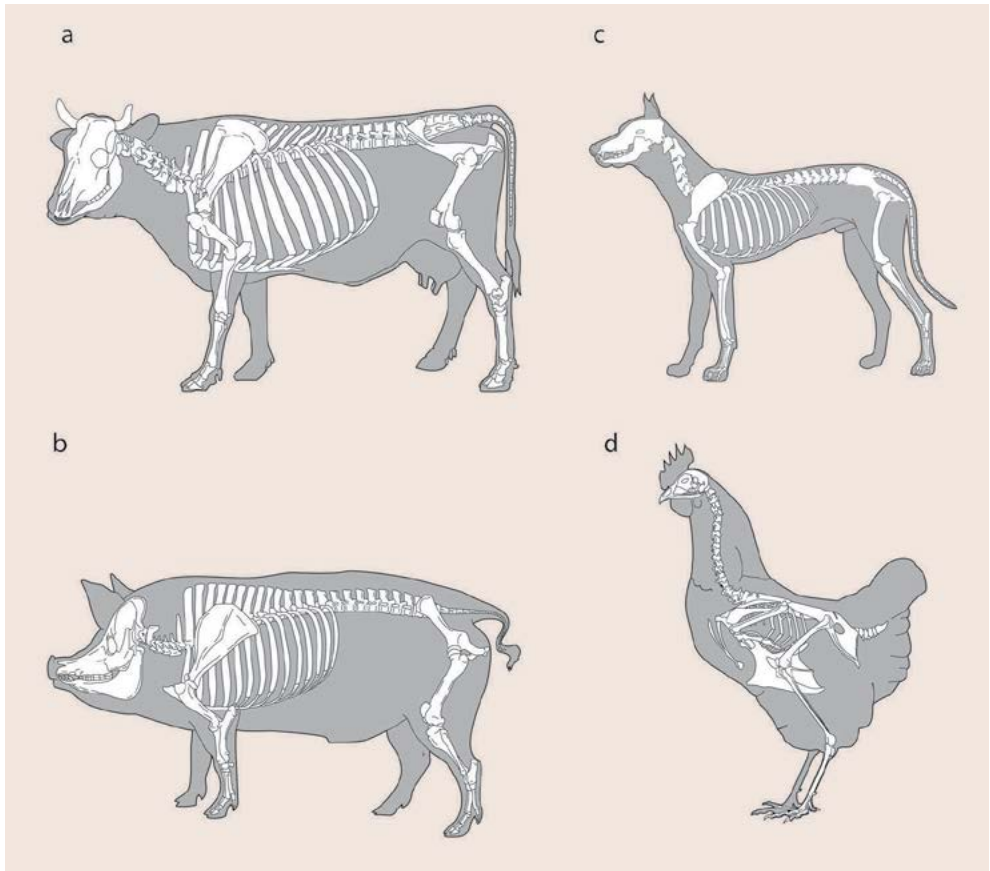
3.2.1 Kosturni ostaci sisavaca i ptica

Sisavci i ptice te u manjoj mjeri gmazovi i vodozemci u osnovi imaju vrlo sličan kostur (slika 51), što se može pripisati zajedničkom evolucijskom podrijetlu. Upravo je zbog toga taksonomsko i anatomsko određivanje većinom razlomljenog arheozoološkog materijala uopće moguće, iako svaki kostur naravno pokazuje prilagodbe na specifičan način života (vidi npr. slike 55 i 68). Mnoge paralele mogu se povući i na razini kemijskog sastava i (mikro)strukture kostiju te procesa njihova rasta. Detaljna obrada navedene problematike nadilazi svrhu ovog poglavlja (za takvo što vidi npr. Davis 1987, 47–53; Lyman 1999, 72–82; O'Connor 2000, 5–18; Debeljak 2008), ali ipak ne možemo izbjeći predstavljanje nekih od najvažnijih arheozooloških činjenica.

Kod sisavaca i ptica značajan dio kostura čine tzv. duge ili cjevaste kosti (npr. nadlaktična kost, lakatna kost, bedrena kost). U donjim dijelovima udova nalaze se različito oblikovane kratke kosti (npr. zapeščajne i zastopalne kosti), dok se kosti glave poput čeone kosti, tjemene kosti, sljepoočne kosti i zatiljne kosti ili, na primjer, lopatica, svrstavaju među plosnate kosti. Kralješci pokazuju karakteristike i kratkih (tijelo) i



plosnatih kostiju (izdanci), pa ih stoga svrstavamo u tzv. nepravilne kosti. Petoj skupini pripadaju sezamoidne kosti (*ossa sesamoideum*), koje su pričvršćene za tetive mišića na mjestima gdje premošćuju zglobove (npr. u koljenu, stopalima). Na taj način pružaju dodatnu mehaničku zaštitu, što i jest njihova osnovna funkcija (slika 52).



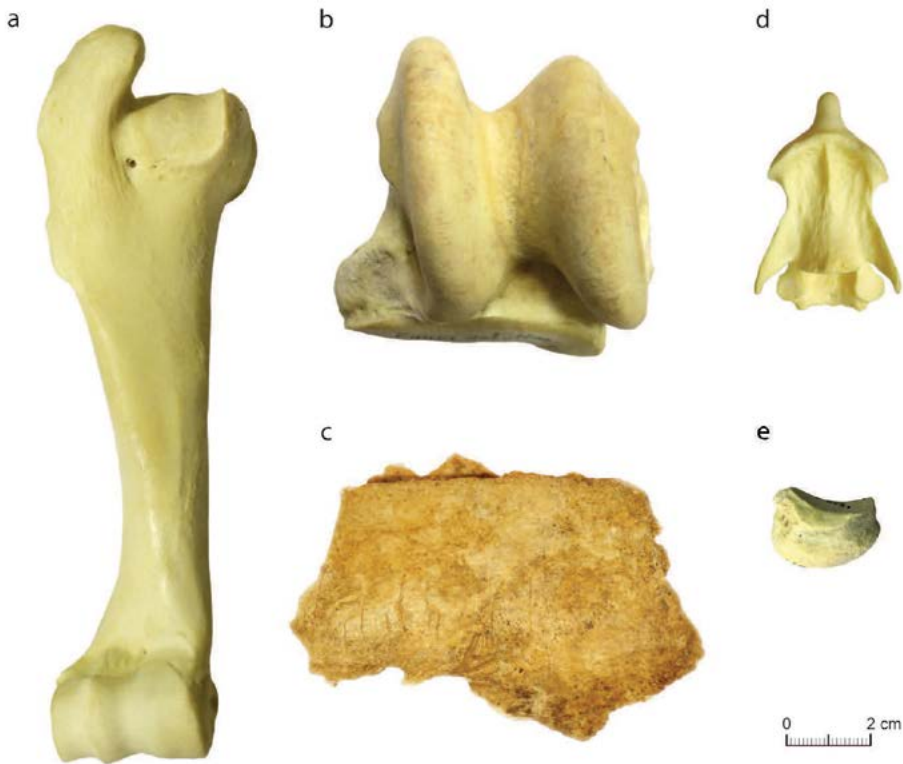
Slika 51: Kostur domaćih životinja: a - govedo, b - svinja, c - pas, d - kokoš. Prema predlošku: Archéozoo (<http://www.archeozoo.org/>).

Duge kosti su valjkasta oblika. Njihov izduženi središnji dio nazivamo dijafiza, dok svaki od oba okrajka ili zglobna dijela nazivamo epifiza. Okrajci su ispunjeni spužvastim koštanim tkivom (*substantia spongiosa*), koje prekriva tanki sloj čvrstog koštanog tkiva (*substantia corticalis*). Za razliku od toga, duga kost je u području dijafize



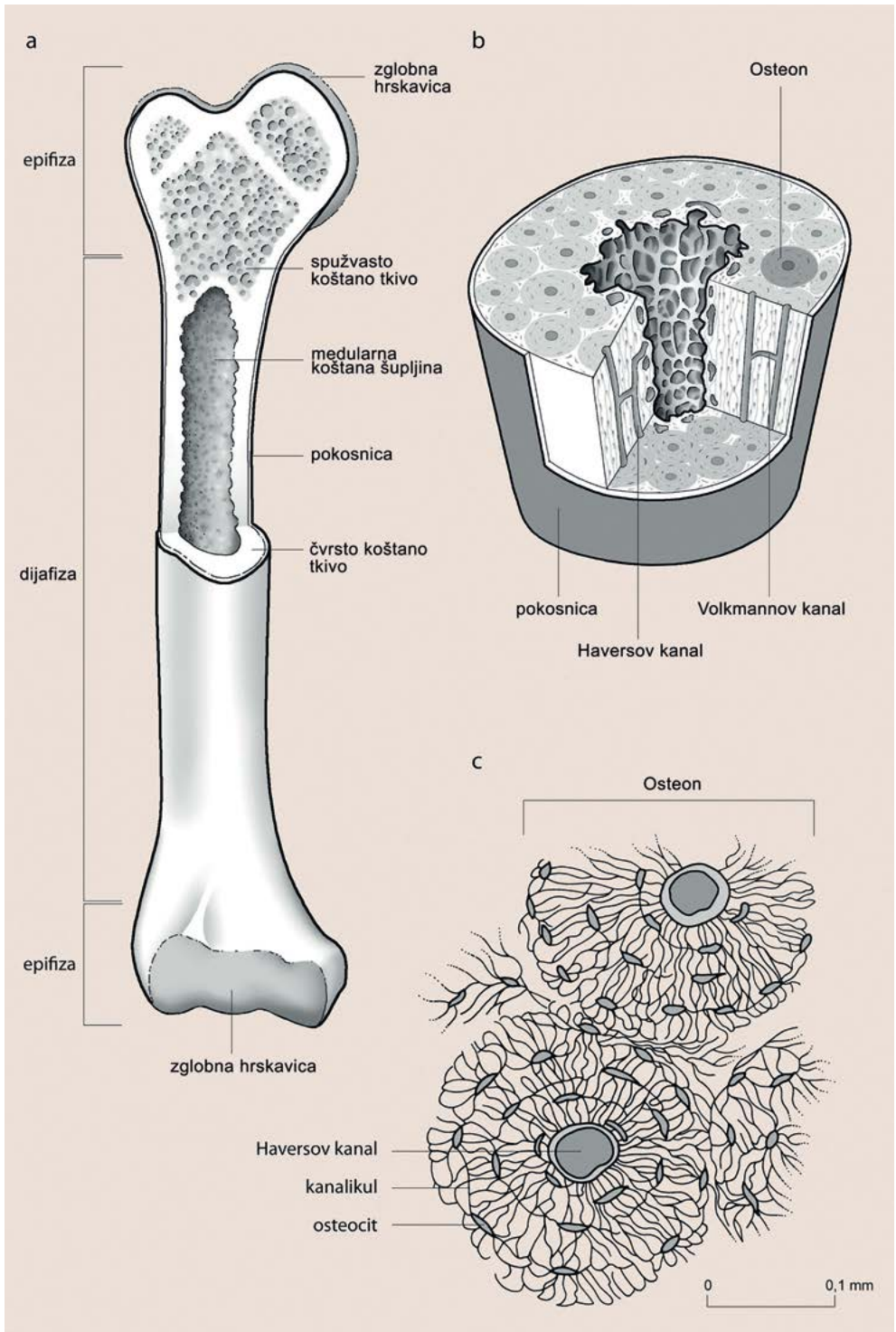
Slika 50: Primjeri različitih tipova arheozooloških ostataka: a – kosti i zubi velikih sisavaca; b – kosti i zubi malih sisavaca; c – rožnate pločice gmazova (foto: I. Debeljak); d – ždrijelni zubi šarana (foto: M. Govedič); e – koproilit psa; f – kućice puževa; g – fosilizirana dlaka špiljskog medvjeda (foto: G. Kapun).

šuplja (medularna koštana šupljina), a stijenka je izgrađena od čvrstog koštanog tkiva (*substantia compacta*) i relativno je debela (slika 53a). Građa plosnate kosti razlikuje se od opisanog prije svega u tome što su obje stijenke čvrstog koštanog tkiva vrlo blizu jedna drugoj, s malo prostora između njih. Obično je taj prostor ispunjen spužvastim koštanim tkivom. Kratke kosti građene se od vrlo gustog spužvastog koštanog tkiva, koje okružuje tanki površinski sloj čvrstog koštanog tkiva. Sve kosti izvana su obložene tankim tkivom – pokosnicom (*periosteum*), osim na zglobnim površinama, koje su prekrivene zglobnom hrskavicom.



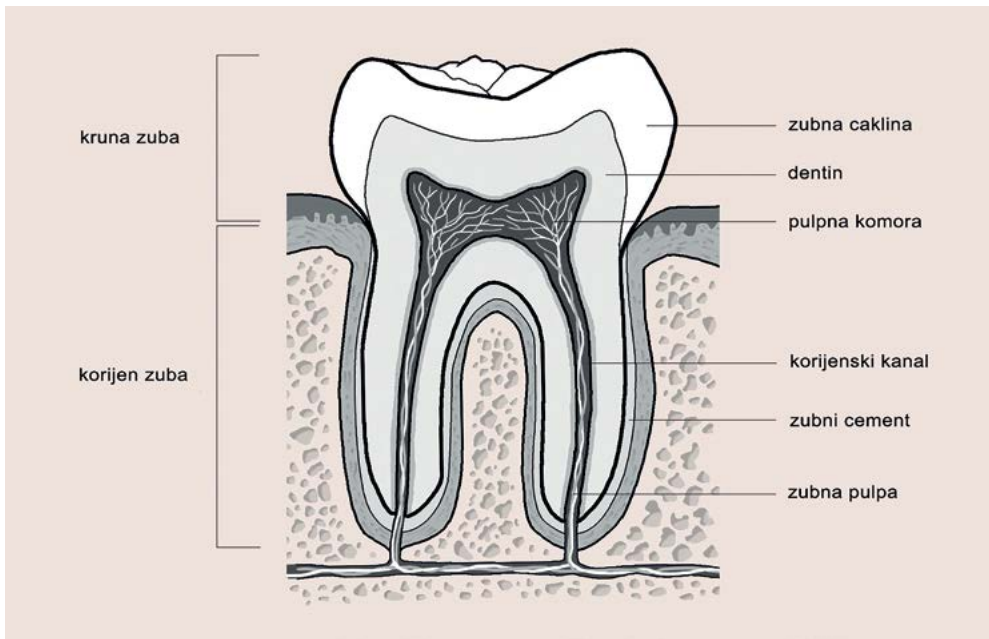
Slika 52: Vrste kostiju u kosturu sisavaca: a – duga ili cjevasta kost (nadlaktična kost ovce); b – kratka kost (gležanjaska kost konja); c – plosnata kost (ulomak čeone kosti domaćeg goveda); d – nepravilna ili mješovita kost (kralježak psa); e – sezamoidna kost (konj).

Slika 53: Građa (a) i mikrograđa (b) dugih kostiju sisavaca te histološka građa čvrstog koštanog tkiva (c). Osteoni na slici (b) prikazani su nesrazmjerno veliki radi preglednosti; za stvarnu procjenu njihove veličine vidi mjerilo na slici (c).

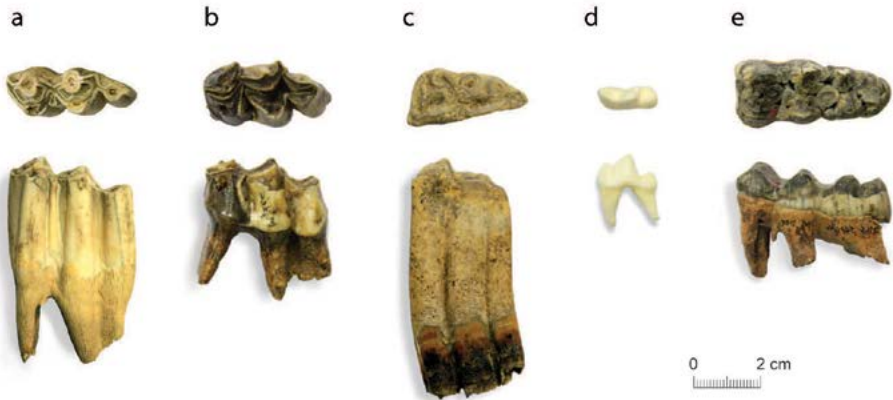


Na mikroskopskoj razini čvrsto koštano tkivo sastoji se od osteona (slika 53b, c). To su skupovi tankih slojeva kosti (tzv. koštanih lamela) s ugrađenim **kolagenskim vlaknima**, više ili manje koncentrično raspoređenima oko uzdužno smještenih kanala za krvne žile i živce (tzv. Haversovi kanali). Između pojedinih lamela nalaze se šupljine (tzv. koštane lakune) s koštanim stanicama ili osteocitima (slika 53c). Lakune su međusobno povezane mrežom malih kanalića (tzv. kanalikuli), koji omogućavaju razmjenu hranjivih tvari i produkata staničnog metabolizma. Osteoni su međusobno i s medularnom koštanom šupljinom i pokosnicom povezani tzv. Volkmannovim kanalima. Razlike u mikrostrukturi koštanog tkiva mogu poslužiti kao osnova za taksonomsko određivanje kosturnih nalaza (vidi npr. Martiniaková i sur. 2007).

Osim kostiju među arheozoološkim ostacima obično su najbrojniji zubi. Kod sisavaca oni su uglavnom građeni od dentina koji okružuje tzv. pulpnu komoru s mrežom krvnih žila i živaca (slika 54). Na dijelu iznad zubnog mesa (odnosno na kruni zuba) dentin je prekriven slojem zubne cakline, dok je na korijenu zuba, koji se nalazi u zubnoj alveoli, dentin prekriven zubnim cementom. Zubna caklina sastoji se gotovo u potpunosti od mineralnih tvari, zbog čega je to najtvrdja tvar u tijelu. Tijekom nastanka i rasta zuba, prvo se u samoj čeljusti oblikuje tada još krhka kruna, a zatim postupno i korijen. Zubi mladunaca šuplji su i stoga krhkiji nego kod odraslih životinja, čiji su zubi već ispunjeni dentinom, pa su i podložniji uništavanju u tlu.



Slika 54: Građa zuba sisavaca.



Slika 55: Različiti tipovi kutnjaka sisavaca s obzirom na oblik krunice: a – treći donji kutnjak domaćeg goveda, s uzdužnim polukružnim caklinskim grebenima i visokom krunom (hipsodontni selenodontni zub); b – treći donji kutnjak jelena, s uzdužnim polukružnim caklinskim grebenima i relativno niskom krunom (mezodontni selenodontni zub); c – treći donji kutnjak konja, s kompleksnim caklinskim naborima (hipsodontni lofodontni zub); d – prvi donji kutnjak (derač) psa, s oštrim koničnim izbočinama (brahiodontni sekodontni zub); e – treći donji kutnjak svinje, s brojnim zaobljenim kvržicama (brahiodontni bunodontni zub).

Kod sisavaca se u svakoj čeljusti nalazi nekoliko različitih skupina zuba (tzv. **heterodontno zubalo**): sjekutići, očnjaci, pretkutnjaci i kutnjaci. Broj, veličina i oblik zuba različiti su kod različitih vrsta sisavaca i ukazuju na način njihove prehrane, a ponekad i drugu namjenu (npr. kljove kod slonova). Na primjer, goveda ili konji, koji se hrane relativno suhom i tvrdom biljnom hranom (tj. travom), imaju zube s vrlo visokom krunom. Ona se tijekom žvakanja postupno troši, ali istovremeno i raste iz čeljusti (slika 55a, c). Jeleni se uglavnom hrane sočnijim i mekšim dijelovima biljaka, pa imaju zube s nižim krunama i ograničenim razdobljem rasta (slika 55b). Pretkutnjaci i kutnjaci mesojeda imaju oštre konične izbočine, odnosno kvržice, koje olakšavaju trganje mesa i drobljenje kostiju (slika 55d), dok je kod svejeda (npr. medvjedi, svinje, miševi) žvačna površina zuba prekrivena brojnim, više ili manje zaobljenim kvržicama cakline (slika 55e).

Među zanimljive arheozoološke nalaze spadaju i ostaci rogovlja i rogova. Potonji su karakteristični za životinje iz porodice šupljorožaca (Bovidae). Njihovu osnovu čini koštani rog koji raste iz čeonice kosti lubanje, a vanjski je dio od rožnatog dijela (slika 56a). Rogovi mogu biti prisutni kod oba spola, ali ih često nalazimo samo kod mužjaka. Rast roga počinje ubrzo nakon rođenja i obično se nastavlja cijeli život (iznimka je, na primjer, američka vitoroga antilopa, čiji rožnati dio otpadne svake godine i zatim ponovno naraste). Iz dimenzija rogova i njihova oblika moguće je zaključivati o spolu životinje (npr. Armitage 1982; Grigson 1982; Sykes i Symmons 2007).



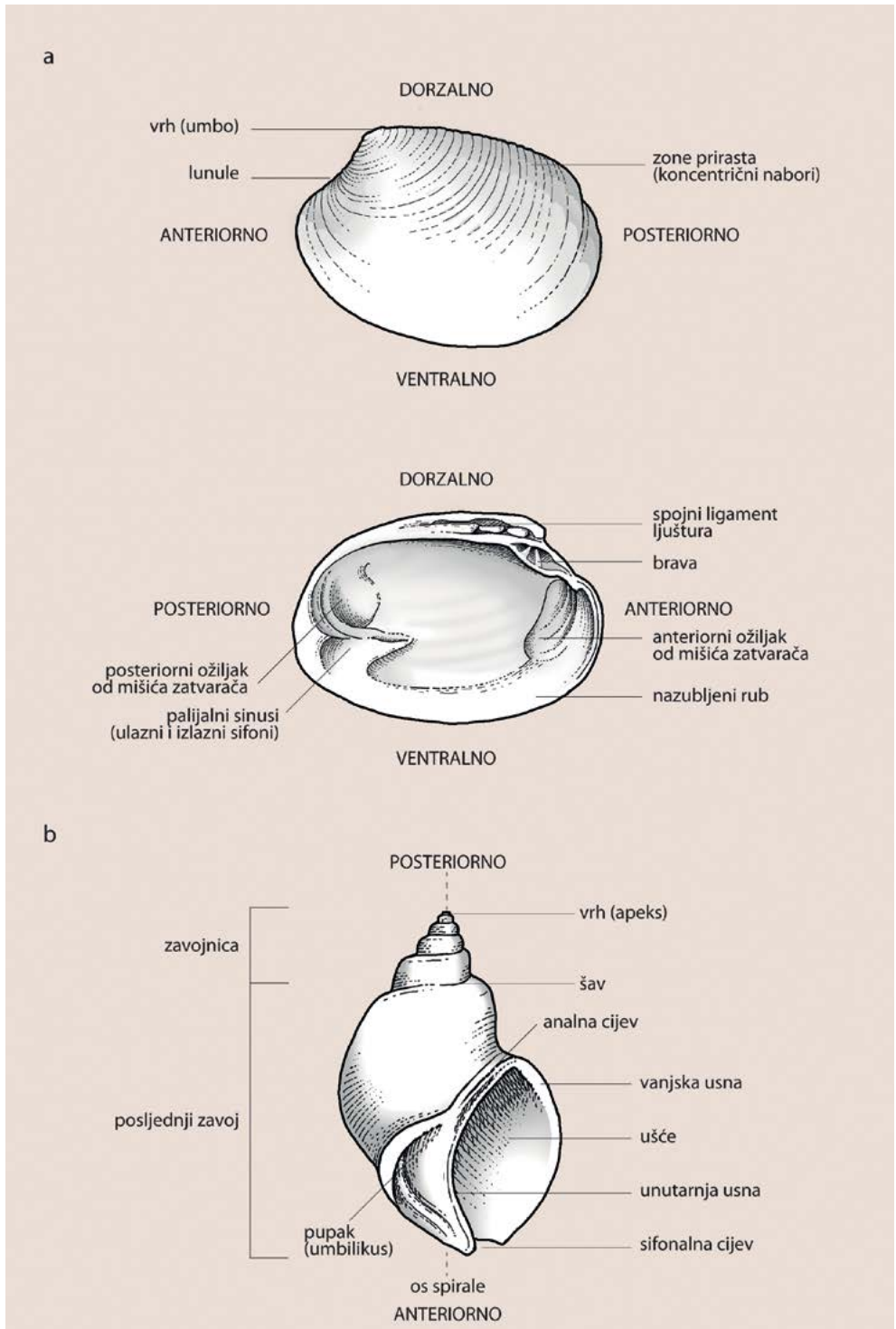
Slika 56: Rog goveda (a), odbačeno rogovlje jelena (b) i još neodbačeno rogovlje srnjaka (c).

Rogovlje je karakteristično za životinje iz porodice jelena (Cervidae). Za razliku od roga ono je koštano, bez površinskog rožnatog plašta, ali je tijekom rasta prekriveno jako prokrvljenom baršunastom kožom. S izuzetkom soba rogovlje nose samo mužjaci. Veličina može biti vrlo različita i ovisi o vrsti, a unutar vrste uglavnom o dobi jedinke. Rogovlje otpada svake godine i zatim ponovno raste (slika 56b, c). Stoga se nalazi rogovlja na arheološkom lokalitetu ne mogu jednoznačno protumačiti kao pouzdan dokaz lova, jer su ljudi ovu dragocjenu sirovinu za izradu oruđa, oružja i ukrasa pribavljali i skupljanjem već odbačenih primjeraka.

3.2.2 Ljušture mekušaca

Mekušci (Mollusca), za razliku od kralješnjaka, nemaju unutarnji kostur ni prave zube, ali imaju vanjski kostur u obliku tvrde vapnenačke ljušture. Njihova morfologija može uvelike varirati, a neke vrste tvrdu ljušturu ni nemaju (Vermeij 1993, 9–15; Claassen 1998, 16). Ostacima mekušaca s arheoloških nalazišta bavi se arheomalakologija, a

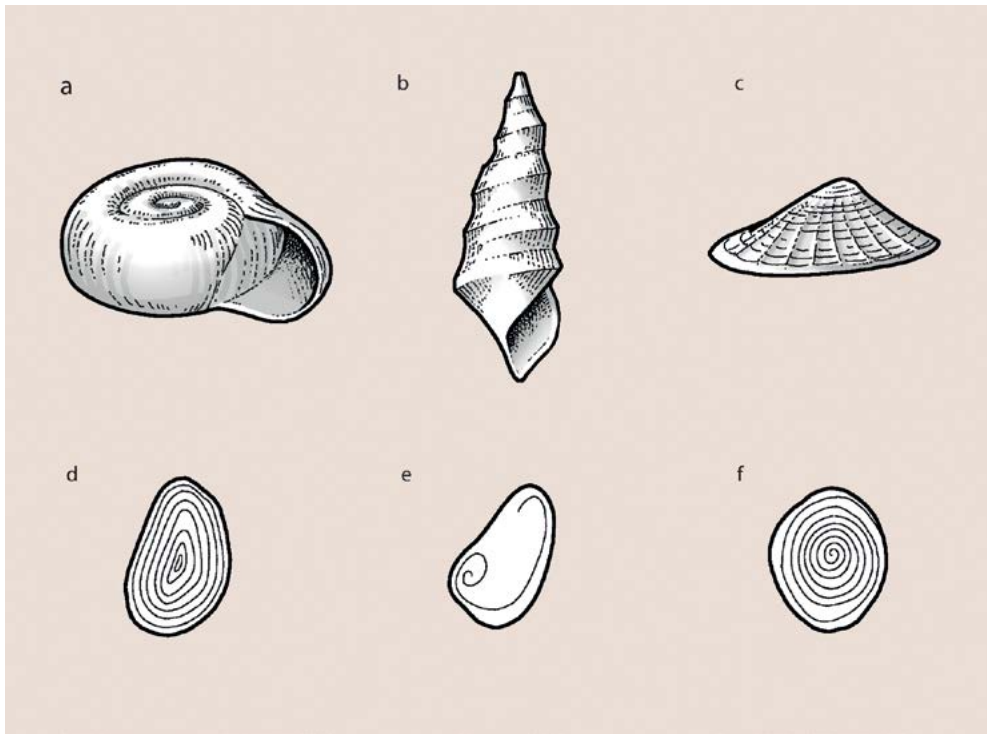
Slika 57: Osnovna anatomija ljušture školjkaša (a) i puževa (b). Prema predlošku: Vermeij 1993, Fig. 2.2 i 2.4. Hrvatsko nazivlje prema: Habdija i sur. 2011.



na temelju dobivenih podataka moguće je rekonstruirati okolišne uvjete u prošlosti i strategije preživljavanja nekadašnjih ljudi, kao i druge aspekte njihova ponašanja (npr. upotreba ljuštura kao sirovine za izradu osobnih ukrasa i uporabnih predmeta) (Bar-Yosef Mayer [ur.] 2005; Allen i Payne 2017).

Ljuštura mekušaca uglavnom je građena od tri do više slojeva kalcijeva karbonata (CaCO_3) u obliku kalcita i aragonita i organske tvari (konhiolin). S vanjske strane ljuštura je obložena tankim slojem organske tvari (*periostracum*), koji vapnenački dio ljušture koji se nalazi ispod štiti od erozije, korozije i drugih fizičkih oštećenja (Vermeij 1993, 45-46). Iako je *periostracum* prisutan kod svih mekušaca s tvrdom ljušturom, postoje razlike u debljini, sastavu i specifičnoj funkciji, što ovisi o okolišu, a i jedan je od čimbenika odgovornih za boju vanjskog dijela ljušture, koja često nije vidljiva na arheomalakološkoj građi.

Mekušci su morske, slatkovodne i kopnene životinje. Taksonomski dijele se na nekoliko razreda, ali su na arheološkim nalazištima najzastupljeniji školjkaši (Bivalvia) i puževi (Gastropoda), od kojih su puževi jedini mekušci koji žive i na kopnu (Evans



Slika 58: Osnovni tipovi kućica (a – c) i poklopaca (d – f) puževa: a – spiralna plosnata kućica; b – spiralna izdužena kućica; c – nespiralna konična kućica; d – koncentrični poklopac; e – slabospiralni poklopac; f – višespiralni poklopac. Prema predlošku: Pyron i Brown 2015, Fig. 18.3.

1972; Allen 2017). Ostaci drugih mekušaca znatno su rjeđi (npr. sipina kost ili cjevasta ljuštura roda *Dentalium*). Osnovna je razlika između dviju skupina u obliku ljušture (slika 57), čime se bavi konhologija. Školjkaši imaju ljušturu koja se sastoji od dvaju više-manje simetričnih dijelova, odnosno polovica, koje su na jednom (dorzalnom) kraju međusobno spojene bravom, dok se na drugom kraju zatvaraju pomoću mišića (Harper 2005, 370). Puževi imaju jednodijelnu ljušturu koju nazivamo kućicom, a može biti različitih oblika (slika 58; Frýda 2005, 380–381). Većina puževa ima spiralnu kućicu koja može varirati od plosnatih (npr. neke vrste porodice Helicidae) do izduženih (npr. vretenjača), a dio puževa ima nespiralnu kućicu blago stožasta oblika (npr. priljepak) (Pyron i Brown 2015, 385). Velik broj vrsta puževa dodatno ima vapnenački poklopac na ulazu u kućicu (*operculum*), koji mogu zatvoriti kako bi zaštitili mekane dijelove tijela i čiji oblik također varira (slika 58). Nalazimo ih na arheološkim lokalitetima, a u prošlosti su ponekad bili korišteni u dekorativne svrhe (npr. Assefa i sur. 2008).

Rast tijela mekušaca prati i rast ljušture, koji se odvija taloženjem novog sloja na rubu ljušture. Kod školjkaša ljušturu rastu uzduž cijelog opsega svake od dviju polovica, dok se kod puževa rast ljušture odvija samo oko otvora kućice. Kao rezultat ovakva načina rasta mogu se vidjeti pravilne izmjenične linije rasta. U povoljnim okolišnim uvjetima rast ljušture je brži, a u nepovoljnim ili uslijed manjka hrane rast je sporiji. Ta kolebanja u brzini rasta često su povezana s godišnjim dobima, a očituju se u izgledu prirasta, odnosno linija rasta. Kroz polarizacijski mikroskop može se vidjeti izmjena širokih tamnih linija i uskih svijetlih linija, koje predstavljaju razdoblje brzog odnosno sporog rasta. Na temelju broja linija moguće je odrediti životnu dob mekušaca u trenutku smrti.

3.3 Tafonomija

Kosti, zubi i drugi ostaci koji postaju predmetom arheozooloških istraživanja predstavljaju samo pristran uzorak izvornih životinjskih populacija (slika 59). Kako će se i u kojoj mjeri ta pristranost očitovati, ovisi o cijelom nizu čimbenika. Mnogi su izravno povezani s čovjekom, i preko sociokulturnih vjerovanja i praksi nekadašnjih zajednica (npr. lovne preferencije, stočarske strategije, načini prerade životinjskih trupla i postupanja s otpadom) i preko rada arheologa i arheozoologa, koji na kraju te ostatke skupljaju i analiziraju (npr. strategija uzorkovanja, odabir analitičkih metoda, stručnost istraživača). Drugi su o čovjeku neovisni i na ostatke životinja djeluju većinom tek nakon što su već odbačeni kao beskorisni otpad (npr. utjecaj mikroklimе i pH-sedimenata, djelovanje erozije, grizenje, primjerice, zvijeri i drugih životinja). Čimbenici povezani s uzorkovanjem arheozooloških ostataka i njihovom analizom bit će obrađeni u nastavku (I. dio / 3.4). Ovdje ćemo dati kratki prikaz preostalih čimbenika koji se uklapaju u okvir **tafonomije** (za detaljniji prikaz vidi npr. Lyman 1999; Chaix i Méniel 2005, 133–156; Reitz i Wing 2008, 117–152; Debeljak 2008;



Fernández-Jalvo i Andrews 2016). Pritom će biti riječ ponajprije o kostima i zubima jer su oni unutar arheozooloških uzoraka obično najbrojniji. Za rasprave o tafonomiji nekih drugih životinjskih ostataka vidi npr. Lyman (1999, 434–451) ili Chaix i Méniel (2005, 23–43) te pripadajuću literaturu.

Tafonomske analize u paleontologiju je - a time posredno i u arheozoologiju - uveo ruski stručnjak Ivan Efremov (1940) četrdesetih godina prošlog stoljeća. One su ključne za pravilno razumijevanje čak i najosnovnijih pitanja, kao što su razlikovanje između prirodnog i antropogenog porijekla određenog životinjskog nalaza ili njihovih skupova (npr. Dimínguez-Rodrigo 1999; Turk i sur. 2001; Miracle 2005; Toškan 2012, 12–15; Lloveras i sur. 2020; Bello i Parfitt 2023; Parfit i Bello 2024), mogu poslužiti kao pomoć u razumijevanju stratigrafske situacije na nalazištu (npr. Toškan i Dirjec 2006a; Madgwick i Mulville 2015), ali su tafonomske studije najčešće usmjerene na procjenu opsega tzv. tafonomskih gubitaka. To uključuje utvrđivanje količine i vrste životinjskih ostataka koji se nisu mogli nositi s djelovanjem različitih destruktivnih čimbenika (npr. lomljenje, grizenje kostiju, gorenje, truljenje u tlu), zbog čega u arheozoološkom uzorku nisu prisutni. S gledišta proučavanja života ljudi u prošlosti, bitno je znati, primjerice, je li mala zastupljenost određene vrste životinja na nekom nalazištu odraz ljudske volje (npr. nezainteresiranosti za lov ili njezin uzgoj) ili je samo rezultat intenzivnijeg lomljenja i

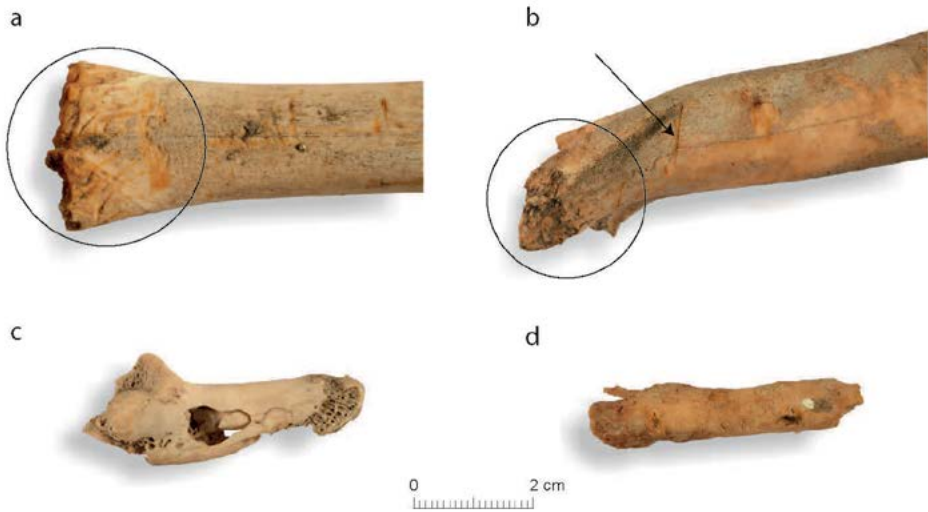
Slika 59: Shematski prikaz nastajanja arheozoološkog uzorka.

propadanja njezinih kostiju i zuba. Naime, manji ulomci lošije odolijevaju djelovanju tafonomskih čimbenika, usto ih je i teže taksonomski odrediti.

Razlomljenost ostataka općenito je jedna od najočitijih posljedica djelovanja tafonomskih čimbenika. Oštećenja kostiju mogla su nastati već prilikom same smrti životinje (Chaix i Méniel 2005, 136–139; Reitz i Wing 2008, 125–126), ali sigurno su se događala tijekom komadanja tijela. Intenzitet razbijanja ovisio je o korištenim mesarskim tehnikama (Riedel 1994, 60–61; Barth 2001; Reitz i Wing 2008, 269–270; Seetah 2018). Nakon toga, moglo je doći do daljnjeg razbijanja kostiju radi vađenja hranjive koštane srži iz medularnih koštanih šupljina dugih kostiju i iz šupljina epifiza sa spužvastim koštanim tkivom (usp. Binford 1981, 148–162; Rowley-Conwy 1996, 76–78; Miracle 2002, 82; Sunseri 2015) te razbijanja lubanje kako bi se došlo do mozga (npr. Bartosiewicz 1999a, 314). Na intenzitet ove vrste aktivnosti utjecalo je više faktora, uključujući veličinu kostiju (Bartosiewicz 1991) i razinu opskrbljenosti hranom proučavanih ljudskih zajednica (npr. Outram 2004; Toškan 2011a, 277–279).

Upotrebom različitog oruđa, tijekom navedenih postupaka na pojedinim kostima nastala su oštećenja poput ožiljaka na mjestima udaranja, urezi i zasijecanja. Mjesto i učestalost njihove pojave ovise o vrsti radnje (npr. deranje kože, komadanje, uklanjanje kostiju; Binford 1981, 96–141; Outram 2001), postignutoj tehnološkoj razini pojedinih zajednica (npr. upotreba kamenog, metalnog oruđa; Boschin i Crezzini 2012; Jurkovičova i sur. 2018), okolnostima u kojima se spomenute radnje izvode (npr. kuhanje za potrebe kućanstva nasuprot pripremi obroka za veći broj ljudi; Riedel 1993, 226–229; Toškan i Dirjec 2011a, 364–365) i na kraju, ali ne manje važno, iskustvu svakog pojedinog izvođača takvih radnji (npr. Luff i Moreno García 1995, 110; Pizarro-Monzo i sur. 2021). Stoga je njihova precizna analiza vrlo važan dio arheozooloških istraživanja s potencijalno velikom informativnom vrijednošću (za detaljan pregled istraživanja tragova mesarenja na arheozoološkom materijalu vidi Egeland i sur. 2024 i ondje navedenu literaturu).

Nakon konzumacije/uklanjanja mesa i masnoće, ljudi su kosti, zube i druge životinjske ostatke mogli upotrebljavati kao gorivo (npr. Yravedra i Uzquiano 2013 i ondje navedena literatura), sirovinu za izradu oruđa, oružja i ukrasa (npr. Choyke i Bartosiewicz [ur.] 2001; Toškan 2010a; Vitezović 2016), iskoristiti njihov simbolički značaj (npr. Armitage 1989, 149–150; Relke 2007; Turk i Dirjec 2007, 321–322), rabiti ih kao ukras (npr. Divers i sur. 2002, 71; Radovčić i sur. 2015) ili ih, najčešće, jednostavno odbaciti kao otpad. Odnos koji su ljudi imali prema takvim otpacima značajno je utjecao na daljnji tafonomski proces. Ako su, naime, bili jednostavno bačeni na tlo, bili su potpuno izloženi utjecaju klimatskih čimbenika i stoga propadanju, što je bilo posebno intenzivno u okolišu s velikim varijacijama temperature i vlage (npr. Behrensmeyer 1978; Conard i sur. 2008; Pokines i sur. 2018). Kada čovjek svoje otpatke od klanja i kuhanja nije odlagao u jame i redovito ih zatrpavao, oni su bili lakše dostupni i životinjama, od pasa i drugih zvijeri do svinja, srna/jelena i glodavaca (npr.



Slika 60: Izgrizene kosti (a, b) i kosti s tragovima djelovanja probavnih sokova (c, d). Na jednom od primjeraka (b) prisutan je i urez (strelica).



Slika 61: Značajan utjecaj na stupanj očuvanosti koštane tvari ima sedimentni okoliš: a – primjer ljuštenja na recentnoj kosti iz Krnskog pogorja, koja je bila izložena jakim atmosferskim utjecajima tijekom 80 godina (starost: početak 20. stoljeća); b - izvrsno očuvani ostaci iz anoksičnog, vodom natopljenog, blago kiselog do blago bazičnog (Stritar i Lobnik 1985, 68) sedimentnog okoliša sa stabilnim temperaturnim režimom na području naselja Založnica kod Kamnika pod Krimom, Ljubljansko barje (starost: sredina 3. tisućljeća pr. Kr.).

Haynes 1983; Greenfield 1988; Ioannidou 2003; Klippel i Synsteliën 2007). Na takvim kostima stoga su češći tragovi zuba i/ili korozije zbog djelovanja probavnih sokova tijekom njihova prolaska kroz probavni trakt (slika 60). I jedno i drugo moglo je biti pogubno za manje otporne kosturne elemente, poput ostataka mladih jedinki (npr. Payne i Munson 1985).

Na akumulaciju koštanih ostataka na određenom području također su utjecale životinje raznošenjem kostiju po prostoru (npr. Kent 1981; Lyman 1999, 161–168), što, naravno, još više vrijedi za ljude (npr. Lyman 1999, 258–280 i ondje navedena literatura). Takvo ponašanje značajno je doprinijelo neujednačenoj zastupljenosti kosturnih elemenata različitih dijelova tijela na različitim dijelovima pojedinih naselja, ali čak i šire. Kada govorimo o takvom čovjekovu djelovanju, iz obrasca rasporeda ostataka u prostoru može se, između ostalog, zaključiti o strukturi naselja neke zajednice (npr. Toškan 2010b, 332 i ondje navedena literatura; Toškan i Achino 2020),



Slika 62: Iz boje spaljenih kostiju može se ustanoviti kojoj su temperaturi bile izložene: a – tamnosmeđa do crna boja ukazuje na temperature vatre između 400 i 500° C; b – sivobijela do bijela boja ukazuje na temperature vatre između 700 i 900° C (Lyman 1999, 386).

lociranju središta aktivnosti unutar pojedinih naselja (npr. Riedel 1979; Becker 1998; Toškan i Dirjec 2011a, 325–333) ili, primjerice, o slojevitosti društva (npr. MacKinnon 2004, 218–226; Eryvncck 2004; Marti-Grädel i sur. 2004; Dirjec i sur. 2012).

Nakon što su ostaci životinja prekriveni sedimentom, tafonomski proces odvija se pod utjecajem različitih abiotičkih čimbenika (među biotičkim faktorima treba spomenuti prije svega mikroorganizme, čije je djelovanje već uvjetovano abiotičkim faktorima). Među najvažnijim su prozračnost, vlaga, temperatura i pH okoliša. Općenito vrijedi da se koštana tvar bolje očuva u anoksičnim, temperaturno i vlažnosno stabilnim te blago bazičnim uvjetima, iako mnoge s time povezane procese još uvijek ne razumijemo u potpunosti (O'Connor 2000, 23–25). Kiseli okoliš, na primjer, ubrzava otapanje anorganskog dijela kosti, dok zračni džepovi doprinose propadanju organske komponente pod ubrzanim djelovanjem aerobnih mikroorganizama. Promjene u temperaturi i vlažnosti dovode do skupljanja i širenja ostataka te s vremenom uzrokuju pucanje (slika 61). Dodatnom usitnjavanju može pridonijeti i gaženje, što se naravno još više odnosi na razdoblje prije prekrivanja ostatka sedimentom (npr. Bartosiewicz 1991).

U arheozoološkom materijalu ponekad nailazimo na ostatke koji su bili izloženi vatri ili tekućoj vodi. Potonje možemo prepoznati po zaglađenim površinama. Kod takvih kostiju trebamo posebno obratiti pažnju na mogućnost da njihova starost nije ista kao starost sloja u kojem su pronađene, zato što su mogle biti donesene s neke druge lokacije i stoga potjecati iz drugačijeg kulturno-vremenskog konteksta (vidi npr. Toškan i Dirjec 2006a). Kod izgorjenih kostiju pažnja se mora posvetiti njihovoj boji, jer se ona mijenja s obzirom na duljinu izloženosti vatri i njezinu snagu (Lyman 1999, 384–392; slika 62). Također, treba biti svjestan da se potpuno spaljena kost može znatno skupiti i deformirati te da je, zbog veće krhkosti, manje otporna na uništavanje u sedimentu (Gallo i sur. 2021 i ondje navedena literatura).

3.4 Uzorkovanje i pohrana uzoraka

U prethodnom poglavlju bilo je riječi o tafonomskim gubicima zbog faktora na koje arheo(zoo)log nema nikakva utjecaja. U nastavku baviti ćemo se onima gdje takav utjecaj postoji. Riječ je o gubicima koji nastaju tijekom iskopavanja i uzorkovanja nalaza, a koje je upravo zbog toga moguće do neke mjere kontrolirati. Budući da je za uspješno provođenje takve kontrole potrebno stručno znanje, bilo bi idealno da arheozoolog u istraživanje bude aktivno uključen već tijekom njegova planiranja, a ne tek na kraju terenskog rada. Odluke o načinu prikupljanja nalaza i njihova uzorkovanja izravno utječu na vrstu, kvalitetu i količinu prikupljenih životinjskih ostataka. Neizravno također značajno utječu i na postavljanje istraživačkih pitanja na koja je moguće vjerodostojno odgovoriti analizom dostupnog materijala. Na primjer, nezainteresiranost za prikupljanje sitnih nalaza često dovodi do nereprezentativne zastupljenosti mliječnih zuba pojedinih životinjskih vrsta u prikupljenom arheozoološkom materijalu, čime se onemogućava vjerodostojna procjena dobne

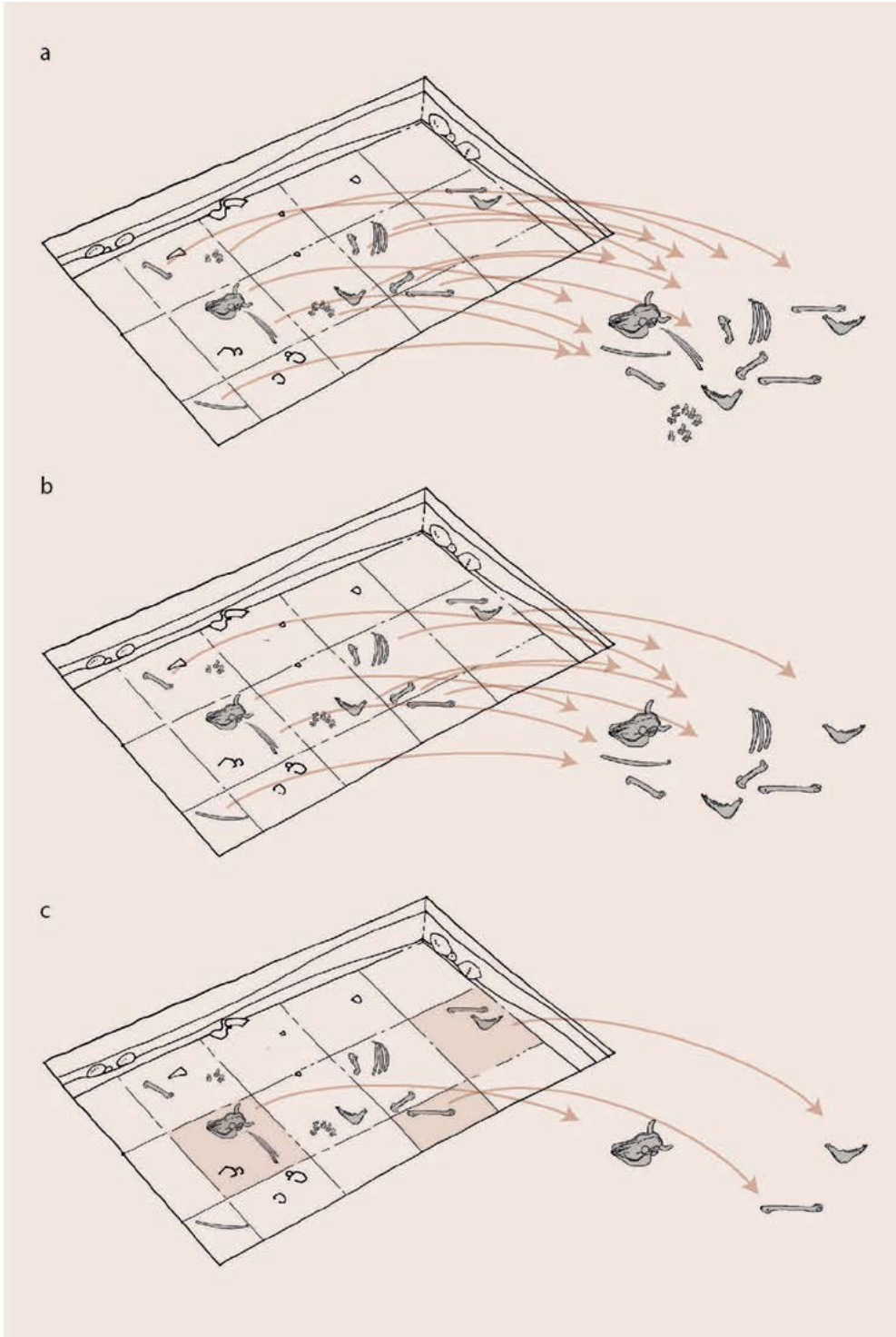
strukture kao važnog pokazatelja načina gospodarenja životinjama u pojedinoj ljudskoj zajednici. Isto vrijedi i za zanemarivanje uzorkovanja ostataka malih sisavaca, što može znatno i nepovratno ograničiti opseg paleoekoloških analiza. Ukratko, treba biti svjestan da zanemarivanje arheozooloških smjernica pri oblikovanju strategije iskopavanja može dovesti do grešaka koje se kasnije u laboratoriju ne mogu ispraviti (vidi II. dio / 1.4). Naravno, ne treba zatvarati oči pred činjenicom da u praksi tako čvrsta i usklađena suradnja između terenskih arheologa i arheozoologa često jednostavno nije moguća, što posebno vrijedi za interventna zaštitna iskopavanja ugroženih nalazišta.

U sustavnim istraživačkim iskopavanjima (Barker 1998, 71–73) situacija je sasvim drugačija. U takvim slučajevima arheozoolog bi stvarno mogao biti pozvan da sudjeluje u terenskom projektu već pri određivanju lokacija pojedinih sonde, no činjenica je da se to događa rijetko (vidi primjerice Zeder 1991, 76–79). Ključno je, međutim, da je njegova prisutnost osigurana barem tijekom planiranja strategije uzorkovanja arheozooloških ostataka. Ugrubo rečeno, postoje tri opcije (usp. O'Connor 2000, 29–30; slika 63):

- (a) prikupiti sve nalaze s cijele istražene površine (tj. sve s cijele površine)
- (b) obuhvatiti dio nalaza s cijele istražene površine (tj. dio s cijele površine) i
- (c) prikupiti dio nalaza s dijela istražene površine (tj. dio s dijela površine).

Važno je odmah naglasiti da je prva opcija u praksi zapravo neizvediva. Njezina provedba zahtijevala bi definiranje granice veličine prema kojoj bi se dovoljno mali koštani ulomak već mogao smatrati kao geološka primjesa i time izvan dometa arheozoologije. Međutim, to bi zapravo već predstavljalo određeni odabir, što bi praktički značilo prelazak na izvođenje tzv. strategije dio s cijele površine. Treća opcija (tj. „dio s dijela površine“) izvediva je, ali preporučljiva samo iznimno. Razmještaj životinjskih ostataka u prostoru ni količinski ni kvalitativno nije jednak. Stoga, ako voditelj terenskog istraživanja odluči da neće prikupljati arheozoološke nalaze s određenog dijela istražne površine, vjerojatno će nepovratno biti izgubljeni potencijalno važni podaci. Takvo postupanje obično je neprihvatljivo sa stručnog stajališta. Prihvatljive iznimke mogu uključivati terenska istraživanja koja se djelomično provode na područjima s prethodno uništenim stratigrafskim slijedom (primjerice Mlinar i Gerbec 2011, 27–32). U takvim situacijama ima više smisla usmjeriti trud (i financijska sredstva) prema preciznijem uzorkovanju ostataka iz još netaknutih slojeva.

Dakle, iz navedenog proizlazi da je uobičajeni i najrazumniji pristup pri skupljanju kostiju, zuba i drugih arheozooloških nalaza usmjeren prema uzimanju samo dijela ostataka prisutnih u sedimentu, ali s cijele površine sonde (tj. strategija „dio s cijele površine“). Sam odabir kriterija, koji se nekada temeljio uglavnom na atraktivnosti pojedinih ostataka (npr. Bartosiewicz 2002, 78–79), tijekom posljednjih desetljeća obično je usmjeren prema njihovoj veličini. Gdje u konkretnom slučaju postaviti granicu veličine ispod koje arheozoološke nalaze možemo smatrati irelevantnima,



ovisi o postavljenom istraživačkom cilju (Peres 2010, 21–22). Ako je taj cilj, primjerice, ograničen samo na proučavanje artefakata za kulturno-kronološko određivanje nalazišta, ostatke veličine nekoliko milimetara obično možemo zanemariti bez ozbiljnih posljedica za pouzdanost rezultata. Međutim, pri proučavanju ekonomije neke zajednice, životinja s kojima se ta zajednica susretala ili značajki nekadašnjeg okoliša, od ključne su važnosti i nalazi riba, vodozemaca, gmazova (slika 64) i malih sisavaca veličine tek nekoliko milimetara (npr. Kunst i Galik 2000, 252–253; Marti-Grädel i sur. 2004; Toškan i Kryštufek 2006; 2007; Kysely 2008; Rainsford i sur. 2014; Tilby i sur. 2021).

Naravno, kvalitetno uzimanje takvih sitnih nalaza moguće je samo s pomoću specifičnih tehnika iskopavanja, kao što su suho i mokro prosijavanje sedimenta, poluflotacija ili flotacija (npr. Payne 1972; Cooke i Ranere 1999; Toškan i Dirjec 2004a, 158–161; Zohar i Belmaker 2005; Miracle i Forenbaheer 2006, 77–79; Peres 2010, 22–23 i ondje navedena literatura; Campbell i sur. 2011, 8–12; Baker i Worley 2014, 11–13; Rebolledo i sur. 2021). Međutim, budući da su ti postupci dugotrajni i, suprotno uvriježenom mišljenju, također stručno zahtjevni, često ih nije moguće objektivno i podjednako intenzivno primjenjivati na cijeloj istražnoj površini (usp. npr. Velušček 2006, 23 i Šinkovec 2012, slika 2). Stoga je u takvim slučajevima prije početka terenskih radova potrebno izraditi odgovarajući plan horizontalnog i vertikalnog uzimanja uzoraka sedimenta i strogo se pridržavati tog plana tijekom iskopavanja. U načelu, to može biti usklađeno sa sličnim planom uzimanja arheobotaničkih nalaza (vidi I. dio / 2.4), s tim da volumen uzetih uzoraka sedimenta mora biti prilagođen gustoći arheozooloških ostataka (obično između 20 i 50 kg sedimenta po uzorku).

Općenito, lokaciju uzorkovanja na terenu možemo odrediti ili unaprijed (sustavno) ili tijekom iskopavanja (po procjeni). U prvom slučaju, potrebno je odrediti mrežu točaka, idealno ravnomjerno raspoređenih po cijeloj površini sonde, na kojima će se pri svakom daljnjem produbljivanju uzimati uzorci sedimenta za arheozoološka istraživanja. Treba ustrajati na odabranim mjestima uzimanja uzoraka neovisno o učestalosti i vrsti arheoloških ostataka otkrivenih na tim lokacijama, tj. čak i ako ih ima relativno malo i nisu pretjerano informativni. Samo na taj način bit će moguće dobiti uvid u horizontalnu razmještenost životinjskih ostataka po cijeloj istražnoj površini, iz razloga što ta raspodjela nije nužno usklađena s razmještajem arheoloških nalaza (usp. npr. Toškan i Kryštufek 2007, 202 te Turk 2014, 32). Pri određivanju broja mjesta za uzorkovanje po jedinici površine i volumena pojedinih uzoraka možemo se osloniti na rezultate analize testnih uzoraka, ako su takvi uzeti. U svakom slučaju, nužno je uzeti u obzir vrstu sedimenta u koji posežemo. Kao što je ranije u tekstu detaljnije prikazano



Slika 63: Dijagramski prikaz triju osnovnih strategija uzorkovanja arheozooloških ostataka: a – sve s cijele površine; b – dio s cijele površine; c – dio s dijela površine (odabrani kvadrati za uzorkovanje označeni su bojom).



Slika 64: Ostaci kornjača (na slici), ptica i mekušaca u određenim kontekstima unutar kasnosrednjovjekovnog do ranonovovjekovnog nalazišta Šentvid pri Stični (Župni dom) svjedoče o prisutnosti svećenstva. Naime, u to vrijeme meso spomenutih životinja smatralo se karakterističnom posnom hranom.

(vidi I. dio / 3.3), iz takvih podataka moguće je utvrditi razmjer tafonomskih gubitaka, barem onih postdepozicijskih. Na primjer, vodom natopljeni, anoksični uvjeti u tlu Ljubljanskog barja općenito su perspektivniji za uzorkovanje sitnih životinjskih nalaza nego, recimo, izrazito kisele podloge nekih dijelova istočne Hrvatske. Kod potonjih, naime, možemo očekivati da je većina takvih ostataka zbog nepovoljnih uvjeta već propala, što naravno dovodi u pitanje smislenost vrlo intenzivnog uzorkovanja na takvim terenima (usp. npr. Toškan 2010c, 123–124; Šoštarić i sur. 2015, 837).

Sa sustavnim uzorkovanjem pokušavamo eliminirati subjektivnost onoga tko iskopava, što može dovesti do značajnog gubitka informacija (O'Connor 2000, 30). Naime, ako tijekom istraživanja određenog dijela nalazišta ondje ne bismo naišli na nakupine većih i stoga golim okom vidljivih životinjskih ostataka ili bilo kakve izražene arheološke strukture, zbog smanjene pažnje mogli bismo (potpuno) previdjeti eventualne akumulacije manjih arheozooloških nalaza. S druge strane, zbog same prirode sustavnog uzorkovanja, koje slijedi osnovni plan i ne prilagođava se stanju na terenu, inzistiranje samo na takvom pristupu nije preporučljivo. Problem je moguće riješiti dodatnim uzorkovanjem, gdje mjesto uzimanja određujemo tijekom terenskog rada na temelju situacije na terenu. Prikladna mjesta za takvo dodatno uzorkovanje svugdje su gdje naiđemo na nakupine životinjskih ostataka ili gdje se to nameće otkrivenim arheološkim strukturama (npr. različite građevine ili njihovi dijelovi,

dvorišta, otpadne jame, odvodni kanali, jarci uz cestu, skloništa u špiljama, grobovi itd.). Pritom je vrlo važno za svaki uzeti uzorak zapisati odgovarajuće referentne podatke (oznaka uzorka, ime nalazišta, podaci o mjestu uzorkovanja, volumen uzetog uzorka itd.).

3.4.1 Mokro prosijavanje

Nažalost, uzorkovanje životinjskih ostataka u hrvatskoj arheologiji često se još uvijek temelji isključivo na prikupljanju onih nalaza koje arheolog može primijetiti golim okom tijekom terenskog rada. Takva strategija problematična je jer može rezultirati potencijalno iskrivljenim odnosom između većih i manjih ostataka. Drugim riječima, ručnim prikupljanjem nalaza možemo doista obuhvatiti veći dio kostiju goveda ili konja prisutnih u sedimentu, ali ćemo pritom značajno previdjeti ostatke manjih sisavaca, gmazova, vodozemaca ili primjerice riba (vidi II. dio / 1.4). Osim toga, učinkovitost prikupljanja nalaza pri takvom načinu uzorkovanja uvelike ovisi o trenutnim uvjetima na nalazištu (npr. kvaliteta dnevnog svjetla, vlažnost, grudavost sedimenta itd.) te o znanju i motivaciji terenskih radnika, što naravno nije poželjno. Kako bi se spomenuti problemi izbjegli, nužno je barem dio sedimenta iz kulturnog sloja prosijati, što se u arheozoologiji obično postiže tzv. mokrim prosijavanjem. U posebnim slučajevima – poput iskopavanja na arheozoološki iznimno bogatim nalazištima - moguće je dio sedimenta prosijati i polufлотacijom. Metoda je, doduše, znatno sporija, ali i manje agresivna, stoga je prikladnija za prikupljanje krhkih nalaza (npr. **koproliti**, ostaci kukaca, duge kosti malih sisavaca; vidi I. dio / 2.5.1 i 2.5).

Pri mokrom prosijavanju uzorak sedimenta prenesemo na sito s većim ili manjim otvorima, gdje ga zatim mehanički gnječimo uz stalno ispiranje vodom (slika 65). Kada na sitima ostanu samo čestice čija veličina premašuje veličinu otvora (vidi dolje),



Slika 65: Ispiranje, odnosno mokro prosijavanje sedimenta kroz sita s dvjema različitim veličinama otvora. Foto: M. Lukić.

a otjecanje vode više nije mutno, postupak je završen. Slijedi sušenje i konačno pohranjivanje pojedinih frakcija u polivinilskim vrećicama. One moraju biti opremljene podacima o nazivu uzorka, preciznom mjestu njegova uzimanja, njegovu volumenu prije početka prosijavanja te veličini otvora na situ. Kod sita s manjim otvorima rad se naravno odvija sporije, a brzina ovisi i o vrsti sedimenta. U nekim slučajevima (npr. suhi pijesak) kada se upotrebljavaju sita s relativno većim otvorima, prosijavanje je moguće izvesti i bez vode (tzv. suho prosijavanje), dok je kod drugih (npr. zbijena ilovača) preporučljivo odgovarajuće obraditi uzorak prije samog prenošenja na sito (npr. namakanje s miješanjem, zamrzavanje). Time olakšavamo razbijanje gruda tijekom gnječenja, što je ključno pri kasnijem pregledavanju prosijanog materijala. Naime, teže je prepoznati organske nalaze pomiješane sa sedimentom, stoga ih tijekom pregledavanja pojedinih frakcija možemo lako previdjeti.

Sam proces mokrog prosijavanja može se dodatno ubrzati tako da pojedine uzorke sijemo nizom sita različite veličine otvora koja se postavljaju jedno iznad drugoga (slika 65). Pritom se možemo odlučiti da se na donjim sitima s manjim otvorima (npr. 3 i 1 mm) prosije samo dio ukupnog uzetog uzorka, dok će se cijeli uzorak prosijati na gornjem situ, s relativno velikim otvorima (promjer otvora 5 ili 10 mm). Iako se može činiti da je takav pristup, s obzirom na reprezentativnost uzoraka, možda previše sličan ručnom prikupljanju ostataka, istraživanja su pokazala da to nije slučaj (O'Connor 2000, 33 i ondje navedena literatura; Campbell i sur. 2011, 8–12). Već i samo prosijavanje na sitima s većim otvorima osigurava učinkovitije i objektivnije prikupljanje životinjskih ostataka. Navedeni pristup omogućuje i uspostavu izravne usporedbe između koncentracija ostataka s različitih dijelova istražne površine. Uklanja se subjektivnost koja proizlazi iz razlika u pažnji pojedinih kopača, što je vrlo važno s interpretacijskog gledišta.

3.5 Laboratorijska priprema uzoraka

Većina arheozooloških ostataka (npr. kosti, zubi, ljuštire mekušaca) dovoljno je čvrsta da pri iskopavanju i kasnije u laboratoriju obično ne zahtijeva posebne konzervatorske postupke. Glavna briga u ovom dijelu istraživanja stoga je usmjerena na odgovarajuće čuvanje iskopanih nalaza (vidi npr. Karsten i sur. 2012, 12–15). Najčešće se za tu svrhu koriste (perforirane) polivinilske vrećice, pri čemu se materijali iz različitih arheoloških konteksta ne smiju miješati. Svaki uzorak mora biti opremljen svim ključnim referentnim podacima, koji će kasnije omogućiti rekonstrukciju stratigrafske situacije na terenu. Kod otkrića više ili manje cjelovitih kostura, koštanih artefakata, kulturnih darova itd. potrebno ih je pažljivo dokumentirati prije iskopavanja (crtanje, fotografiranje) i zatim, po potrebi, svaku pojedinu kost/zub označiti odgovarajućim referentnim podacima. Za „obične” nalaze precizan pristup nije nužan jer životinjske ostatke iz svake pojedine prostorno dovoljno ograničene stratigrafske jedinice,

kvadrata/iskopa ili bilo koje druge osnovne uzorkovane jedinice, obično bez štete možemo spojiti u jedan uzorak. Međutim, važno je da arheozoolog prije obrade dobije sav iskopani materijal, uključujući, na primjer, obrađene kosti, zube i rogove/rogovlje. Naime, odnosi između pojedinih kategorija nalaza (odnosno između vrsta, spolova, dobni skupina itd.) unutar poduzoraka, poput skupa nalaza obrađenih kostiju, mogu značajno odstupati u odnosu na stanje cjelokupnog materijala (npr. Toškan i Dirjec 2006b, 181–182; Toškan 2009b, 297–298).

Krhke ili zbog nekog drugog razloga osjetljive nalaze nakon iskopavanja možemo prenijeti u laboratorij zajedno sa sedimentom koji okružuje nalaz. U takvim slučajevima čistimo pažljivije, obično samo nježnim suhim četkanjem. Po potrebi se možemo odlučiti i za zaštitu s posebnim učvršćujućim premazima, pri čemu ti premazi moraju biti pažljivo odabrani. Naime, ako bi se takva kost kasnije namjeravala upotrebljavati u nekom od biokemijskih ili genetičkih istraživanja, prethodno nanošenje neodgovarajućih kemijskih sredstava moglo bi ga onemogućiti (Reitz i Wing 2008, 388–389; Baker i Worley 2014, 16; Austin i sur. 2019). Čišćenje većine drugih



Slika 66: Uzorak frakcije sedimenta veličine 3 mm s nalazišta Stare gmajne kraj Verda na Ljubljanskom barju (a). Zbog sitnih dimenzija čestica i miješanja životinjskih ostataka s mineralnim klastima i drugim organskim nalazima, pregled takvog materijala zahtijeva upotrebu lupe (b).

arheozooloških nalaza možemo obaviti već na terenu, i to vodom te po potrebi četkom. Ako planiramo čuvati nalaze u polivinilskim vrećicama, prvo ih moramo osušiti jer bi inače nalazi mogli postati pljesnivi. Sušenje treba obaviti u sjeni. Ne preporučuje se ponovno vlaženje suhih ostataka jer bi to moglo uzrokovati stvaranje (dodatnih) pukotina. Posebno treba izbjegavati namakanje (kao i sušenje na suncu ili bilo kakvo zagrijavanje) kod nalaza iz kojih bismo željeli izdvojiti DNK. Toplina i vlaga ubrzavaju kemijsko raspadanje genetskog materijala, istovremeno pružajući povoljno okruženje za djelovanje mikroba. Stoga se preporučuje čuvanje takvih kostiju ili zubi smrznutima, na sterilnom mjestu (po mogućnosti već u polivinilskoj vrećici). Izdvajanje DNK-a preporučuje se provesti što je prije moguće nakon iskopavanja (Pruvost i sur. 2007; Allentoft 2013).

Poseban segment laboratorijske pripreme arheozooloških uzoraka jest izdvajanje životinjskih ostataka iz prosijane frakcije sedimenta. Budući da su ti ostaci pomiješani s mnoštvom mineralnih klasta i drugih organskih nalaza, njihovo je prikupljanje (vrlo) dugotrajno. To je posebno izazovno zato što frakcije sedimenta veličine manje od 10 mm nužno treba pregledati pod mikroskopom (slika 66). Prepoznavanje tako sitnih nalaza golim okom daleko je od zadovoljavajućeg. Često se događa da voditelji projekata dodjeljuju takav posao nestručnom (čitaj: jeftinijem) osoblju, koje nije dovoljno upoznato sa širokim spektrom potencijalnih nalaza. Iako je ova odluka na prvi pogled ekonomična, stručno je upitna. Uspješnost prepoznavanja i posljedično izdvajanja (svih različitih vrsta) životinjskih ostataka u takvim slučajevima često je nedovoljna (npr. O'Connor 2000, 35). Očite razlike u uspješnosti prikupljanja nalaza javljaju se već kod relativno velikih dijelova kostiju i zuba (tj. > 1 cm; vidi Toškan i Dirjec 2004a, 158–161; Miracle i Pugsley 2006, 284–287), dok je razlika samo još izraženija kod manjih dijelova (vidi I. dio / 1.4). Ako se prikupljanje životinjskih ostataka unatoč svemu povjerava nespecijaliziranim osobama, njih je prethodno nužno barem okvirno uputiti u raznolikost potencijalnih nalaza. Naravno, dobrodošla je i određena razina stručnog nadzora nad njihovim radom.

ŠTO ARHEOZOOLOG TREBA DOBITI OD ARHEOLOGA

Da bi arheozoolog mogao kvalitetno opisati i interpretirati analizirani uzorak životinjskih ostataka, treba biti upoznat s ključnim podacima o nalazištu, metodama i tehnikama terenskog istraživanja, strategiji uzorkovanja (arheozooloških) nalaza i po potrebi također o skupu nalaza artefakata izrađenih od kostiju, rogovlja, zuba, ljuštura mekušaca itd. Arheolog stoga treba pružiti sljedeće informacije.

Nalazište:

- lokacija
- tip nalazišta
- kronološki okvir
- (preliminarna) relativna i apsolutna podjela na faze pojedinih konteksta

- funkcionalna varijabilnost unutar nalazišta (npr. područja aktivnosti, strukture)
- eventualne poremećaje u kulturnom sloju (npr. erozija, životinjski rovovi, preorani sediment)
- arheološki izvještaj (objavljen ili neobjavljen)
- popis relevantne arheološke literature za predmetno nalazište/problematiku

Terensko istraživanje:

- opseg iskopavanja
- veličina iskopane površine i volumen iskopanog sedimenta
- opis sloja
- vrsta tla i pH-vrijednosti
- opći pregled drugog (tj. neživotinjskog) iskopanog materijala

Uzorkovanje:

- opis korištenih pristupa uzorkovanju životinjskih ostataka (npr. ručno prikupljanje, grubo suho prosijavanje, mokro prosijavanje, flotacija)
- popis lokacija gdje su uzeti uzorci za prosijavanje
- kriteriji za uključivanje životinjskih nalaza u uzorak (npr. veličina ulomaka)
- volumen sedimenta iz kojeg su prikupljeni arheozoološki nalazi
- volumen uzoraka sedimenta namijenjenih prosijavanju, (polu)flotaciji itd.

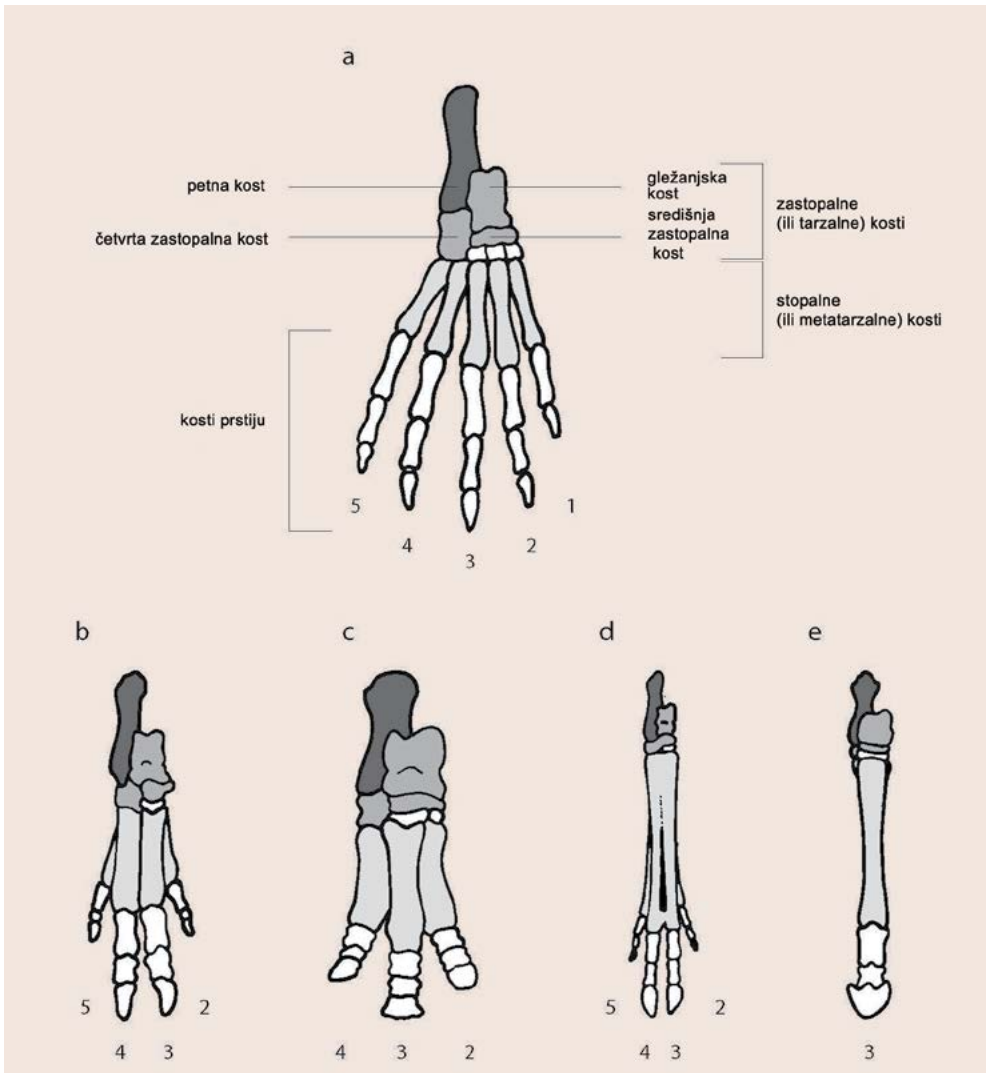
Proizvodi od sirovina životinjskog podrijetla:

- opis i količina (polu)proizvoda od kostiju, roga, zuba i drugih sirovina životinjskog podrijetla koje je arheolog zadržao (preporučljivo je, međutim, da arheozoolog dobije izravan uvid u takve nalaze)

3.6 Analiza arheozooloških ostataka: određivanje, opis i kvantifikacija

Taksonomsko i anatomsko određivanje kostiju, zuba i drugih životinjskih ostataka jedan je od uvodnih, ali ujedno i najvažnijih segmenata svake arheozoološke analize (Driver 2011). Jasno je, naime, da greške u ovom dijelu istraživanja mogu značajno, ponekad čak presudno utjecati na vjerodostojnost konačnih rezultata (npr. Miracle i Brajković 1992; Toškan 2008a, 38; Sinding i sur. 2015). U posljednje vrijeme na ovom području pojavljuje se niz novih alata, primjerice za prepoznavanje međutaksonskih razlika u histološkoj građi koštanog tkiva (npr. Hincak i sur. 2007; Martiniaková i sur. 2007) i provođenje specifičnih geokemijskih analiza (npr. Bocherens i Mariotti 1994; Gorlova i sur. 2015) ili za istraživanje genetskog materijala (npr. Hofreiter i sur. 2002; Fortes i sur. 2013; Park i sur. 2015; Cubric-Curik i sur. 2021). Posljednje desetljeće došlo je do intenzivnog razvoja nove biomolekularne istraživačke discipline usredotočene na ekstrakciju i analizu proteina iz arheozooloških organskih ostataka, koja se naziva **paleoproteomika**. Od više paleoproteomičkih metoda u arheozoologiji je najraširenija tzv. zooarheologija masenom spektrometrijom, odnosno ZooMS (Zooarchaeology of Mass Spectrometry; Buckley 2018). U paleoantropologiji počela se upotrebljavati kao pouzdano sredstvo za izdvajanje ljudskih kostiju iz neodređenih zooarheoloških





Slika 68: Stopalo primitivnih sisavaca (a) kod ungulata (kopitari i papkari) mijenjalo se smanjenjem broja prstiju i produžavanjem metapodijalnih kostiju (kosti pešća i stopalne kosti; b – e). Općenito, ungulatima nedostaje jedan (npr. svinja [b]) ili dva prsta. Kod nosoroga (c) i vodenkonja stopalo je prilagođeno nosivosti veće težine: prsti su kraći, a stopalo se proširuje pri dodiru s tlom omogućujući kontakt sa svim prstima. S druge strane, evolucija ungulata omogućila je brzo trčanje, uslijedilo je srastanje metapodijalnih kostiju i daljnje smanjenje broja prstiju. Jelen (d) još uvijek ima postrane prste, a srednju metapodijalnu kost čine sraštene 3. i 4. kosti pešća/stopalne kosti. Kod konja (e) potpuno je razvijena samo 3. kost pešća/stopalna kost, dok se broj prstiju smanjio na jedan. Prema predlošku: Janis i Jarman 1996, 470.



Slika 67: Referentna osteološka zbirka Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a u Ljubljani.

skupova nalaza (npr. Devière i sur. 2017), međutim danas se sve više rabi za precizno taksonomsko određivanje nedijagnostičkih ostataka životinja (npr. Vidas i sur. 2023). Spomenuta metoda postaje sve popularnija (Warinner i sur. 2022), čemu pridonosi njezina preciznost, brzina i činjenica što je jeftina te ju je moguće primijeniti na vrlo malom komadiću kosti, zuba ili roga. U većini slučajeva, međutim, određivanje se i dalje temelji na promatranju oblika i veličine analiziranih nalaza.

Pritom nam mogu značajno pomoći anatomske atlasi i specijalizirani ključevi za određivanje, koji ponekad ukazuju na samo minimalne razlike između pojedinih taksona (npr. veliki sisavci: Schmid 1972; Barone 1976; Hillson 1992; Schaller 1992; mali sisavci: Kryštufek 1985; Vigne 1995; ptice: Cohen i Serjeantson 1996; Tomek i Bocheński 2009; vodozemci: Paunović 1990; ribe: Granadeiro i Silva 2000; mekušci: Bole 1969; Bajd 2012).

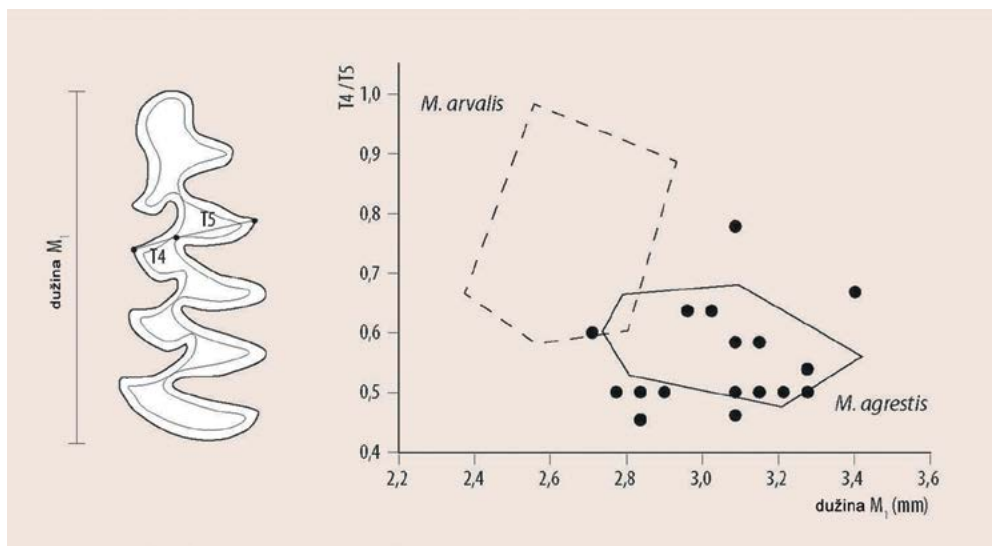
Još važniji od literature u ovom smislu jest pristup komparativnim osteološkim zbirkama (O'Connor 2000, 39; Chaix i Méniel 2005, 50; Peres 2010, 24; slika 67). Većina životinjskih kostiju i zuba u arheozoološkim uzorcima razlomljena je, pa ih je često moguće odrediti tek na temelju cjelovite neposredne usporedbe s komparativnim materijalom. Pri tome se posebna pozornost posvećuje onim osobitostima oblikovanja koje su nastale kao razvojna prilagodba određenom načinu kretanja, prehrane ili, primjerice, masi životinje. Te morfološke specifičnosti mogu najizravnije „govoriti” o sistematskoj pripadnosti analiziranog nalaza (slika 68; vidi i sliku 55). U Hrvatskoj postoji nekoliko komparativnih zbirki životinjskih ostataka, a najvažnije se čuvaju u Zavodu za paleontologiju i geologiju kvartara HAZU-a (Zbirka fosilnih i recentnih kvartarnih kralješnjaka i malakofaune), Hrvatskom prirodoslovnom muzeju (Osteološka zbirka fosilnih sisavaca i gmazova kao i nekoliko zbirki sa starijom faunom) te na Zavodu za anatomiju, histologiju i embriologiju Veterinarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (Osteološke zbirke domaćih i divljih životinja te riba). U sklopu potonjeg nalazi se i vrijedan Osteološki muzej, s četrdesetak osteoloških eksponata. Osim spomenutih, postoji i više manjih zbirki u drugim muzejima i institucijama.

Drugi dragocjeni izvor informacija jesu podaci o veličini analiziranih kosturnih elemenata (Chaix in Méniel 2005, 57–61). U praksi se još uvijek najčešće upotrebljavaju za razlikovanje ostataka divljih životinja od njihovih domaćih potomaka, jer se po obliku često gotovo i ne razlikuju (npr. Payne i Bull 1988; Bökönyi 1995; Toškan i Štular 2008; Evin 2014). Također, podaci o veličini mogu značajno doprinijeti prepoznavanju taksonomskih razina nižih od vrste (tj. podvrste, pasmine, forme; npr. Bökönyi 1984, 66–92; Toškan i Dirjec 2011a, 333–342). Podaci o veličini pokazali su se vrlo korisnima i u razlikovanju između tzv. blizanskih vrsta. Riječ je o blisko srodnim i morfološki vrlo sličnim vrstama, no u pravilu su ekološki jasno odvojene te su stoga vrijedan izvor podataka za proučavanje nekadašnjeg okoliša (slika 69).

Prilikom korištenja podacima o veličini kao alatom za taksonomsko određivanje arheozooloških nalaza vrlo je važno znati jesu li životinje koje uspoređujemo istog

spola, **ontogenetske** i **geološke starosti**, geografskog podrijetla, pasmine (...) ili nisu. Naime, kod mnogih vrsta veza između veličine životinja i neke od navedenih okolnosti vrlo je izražena (npr. Riedel 1993; Alpak i sur. 2004; Debeljak 2007, 481–482), što može zamagliti granice između pojedinih taksona (npr. kosti ženke pragoveda veličinom su slične kostima mužjaka domaćeg goveda) i tako značajno otežati ispravnu identifikaciju ostataka (npr. Bökönyi 1995). Osim toga, izražena raznolikost unutar vrste u veličini, ako je ne prepoznamo kao takvu, može se pogrešno shvatiti kao pokazatelj prisutnosti dviju (ili više) različitih vrsta (usporedi npr. Withalm 2004a i Toškan 2006; Wright i Viner-Daniels 2015).

Osvrnimo se na važnost podataka o obliku i veličini arheozooloških ostataka za njihovo taksonomsko određivanje u praksi. Nalaz na slici 70 na dijelu površine prekriven je caklinom, pa znamo da je riječ o zubu. Oblikovno je plošan i uglast, stoga je definitivno kutnjak. Na žvačnoj površini vidljivi su uzdužni polumjesečasti nabori cakline, što je karakteristično za preživače. Kruna je relativno visoka, što ukazuje na prilagodbu za žvakanje tvrdog biljnog materijala (trave). Zub se stoga ne može pripisati nijednoj od vrsta srna ili jelena, već vjerojatno šupljorošcu. Primjerak je širok 19 mm,



Slika 69: Odnos između količnika duljine trokuta T4 i T5 na prvim donjim kutnjacima kratkouhlih voluharica kao nazivnika (T4/T5) i najveće duljine spomenutih zuba kao brojnika omogućuje opću razliku između livadne voluharice (*Microtus agrestis*) i poljske voluharice (*M. arvalis*). Potonja je često prisutna na gusto zaraslim vlažnim i močvarnim livadama te u gustom visokom raslinju na obalama sporotekućih ili stajaćih voda, dok se livadna voluharica najčešće nalazi na poljima, livadama i pašnjacima (Kryštufek 1991, 143–145). Poligone okružuju vrijednosti 45 recentnih jedinki *M. agrestis* (neprekidna crta) i 45 recentnih jedinki *M. arvalis* (prekidana crta). U isječku je prikazana žvačna površina prvog donjeg kutnjaka kratkouhe voluharice s označenim relevantnim dimenzijama.



Slika 70: Gornji drugi kutnjak (M^2) domaćeg goveda: pogled odozgo i sa strane.

pa sigurno ne pripada manjim životinjama poput ovce ili, primjerice, divokoze. Isto tako, neosnovano je identificirati ga kao zub pragoveda ili europskog bizona jer su njihovi kutnjaci obično veći. Budući da potječe s jednog od slovenskih nalazišta, ostaje jedino mogućnost da se radi o domaćem govedu, što je u konkretnom slučaju ispravno rješenje.

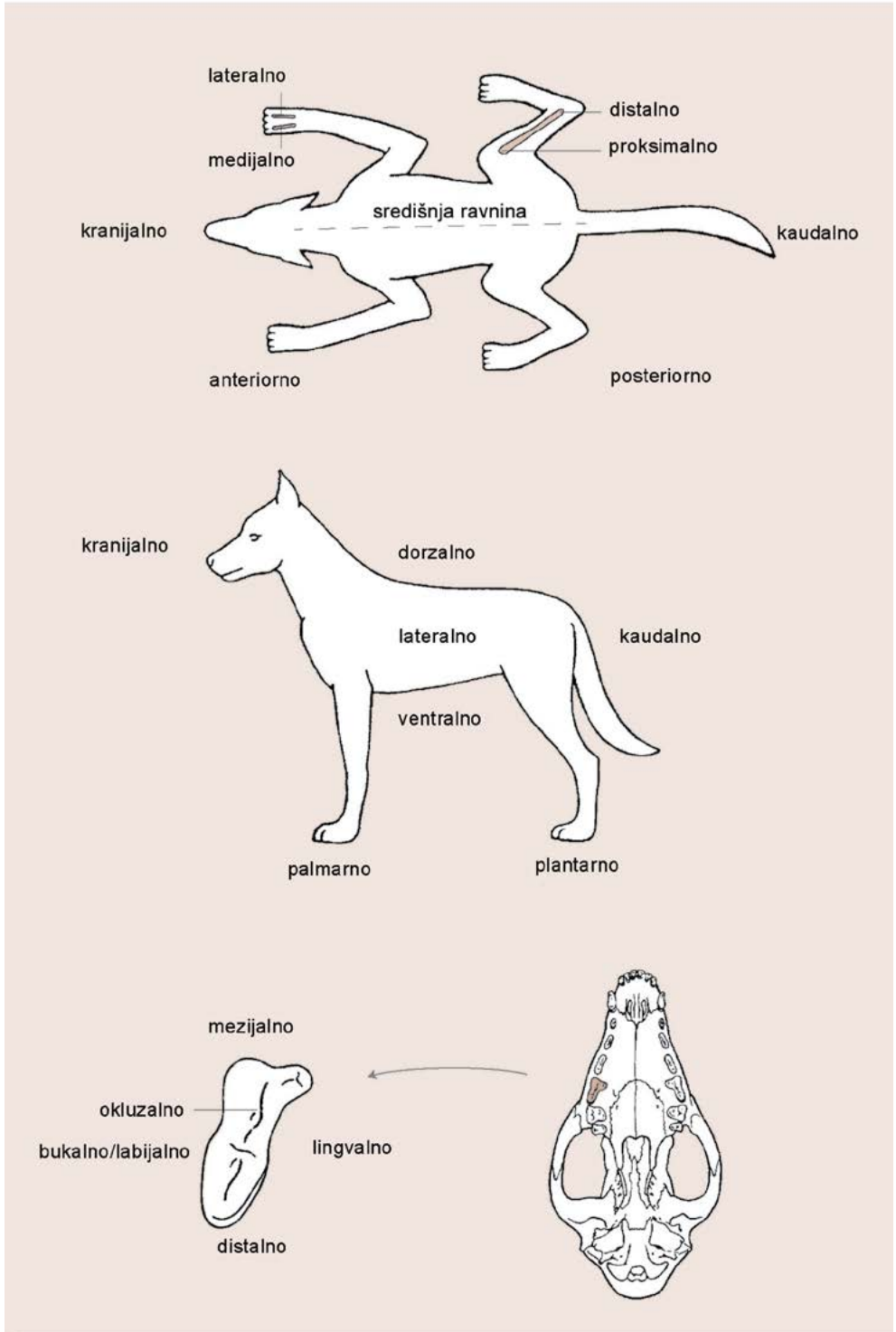
Gornji primjer jasno pokazuje da je u donošenju konačne odluke o određenju nekog nalaza razumno uzeti u obzir i zoogeografske podatke. U slučaju da bismo, primjerice, istražujući sojeničarsko naselje na Ljubljanskom barju, naišli na kosti bizona, logično bismo ih pripisali europskom bizonu (*Bison bonasus*). Američki bizon (*Bison bison*) nikada nije živio u Europi, dok je stepski bizon (*Bison priscus*), koji je nekada bio prisutan i u Hrvatskoj, u Europi izumro krajem ledenog doba. No važno je napomenuti da se u takvim logičkim zaključcima ponekad kriju zamke: područja rasprostranjenosti pojedinih vrsta mijenjaju se tijekom vremena. Primjerice, reliktna vrsta malog glodavca dinarski vo-

luhar (*Dinaromys bogdanovi*) danas na zapadu doseže samo do sjevernog Velebita (Kryštufek 1991, 262; Tvrtković 2006, 70), ali još na početku holocena bio je prisutan i na jugozapadu Slovenije (Toškan 2009a). Slično, od kraja pleistocena kod nas više nema, na primjer, soba (*Rangifer tarandus*; Pohar 1997; Miracle i sur. 2010), crvenog vuka (*Cuon alpinus*; Malez i Turk 1990), žderonje (*Gulo gulo*; Malez 1985; Pavšič i Turk 1989), velikih mačaka (Toškan 2007a, 230–234 i ondje navedena literatura) te još cijelog niza globalno izumrlih vrsta (Rakovec 1973; Malez 1979a; 1979b; 209–215).

Kod drugih, prije svega domaćih životinja situacija je suprotna. Kada je neka vrsta postala dio lokalne faune na određenom području rasprostranjenosti ovisi o brzini i smjeru njezina **širenje=diseminacija**, što u mnogim slučajevima još nije u potpunosti razjašnjeno (npr. Mlekuž 2003; Toškan i Dirjec 2006b, 170).

→

Slika 71: Terminologija za označavanje anatomske položaja pojedinih kosturnih elemenata ili njihovih dijelova: (a) tijelo, pogled odozgo; (b) tijelo, pogled sa strane; (c) lubanja, pogled odozdo (desno) i gornji kutnjak, pogled odozdo (lijevo). Prema predlošku: Schmid 1972, slika 11.



ORIJENTACIJA UNUTAR KOSTURA

Pri opisivanju kosturnih elemenata važno je koristiti se ustaljenom terminologijom za označavanje njihovih dijelova ili položaja unutar kostura. Među često korištenim pojmovima su (slika 71; hrvatska terminologija prema Babić i sur. 2002):

dorzalno (leđno, gornje) – prema leđima (hrptu)

ventralno (trbušno, donje) – prema trbuhu

anteriorno (sprijeda) – prema prednjoj strani tijela (tj. u pravcu kuda je životinja usmjerena)

posteriorno (straga) – prema stražnjoj strani tijela

medijalno – prema središnjoj (gledano uzdužno) ravnini tijela

lateralno (postranično) – bočno od središnje ravnine tijela

proksimalno (bliže, gornje) – prema ishodištu uda, bliže trupu

distalno (udaljenije, donje) – prema slobodnom kraju udova, prema prstima

kranijalno (sprijeda) – u smjeru glave

kaudalno (straga) – u smjeru repa

palmaro (dlanovno) – prema dlanu (na prsnim udovima distalno od zapešća)

plantarno (stopalno) – prema stopalu (na zdjelničnim udovima distalno od zastopalja).

Nazivi dijelova usne šupljine nešto su drugačiji:

mezijalno – prema prednjem dijelu usne šupljine (tj. prema središnjoj ravnini, gdje se dotiču prvi sjekutići lijeve i desne strane)

distalno (straga) – prema stražnjem dijelu usne šupljine (tj. dalje od središnje ravnine)

bukalno (obrazno) – prema unutarnjoj strani obraza

labijalno (usno) – sinonim za bukalno, ali se odnosi na prednje zube (sjekutiće i očnjake) u blizini usana

lingvalno (jezično) – prema središnjem dijelu usne šupljine, odnosno prema jeziku

okluzalno (žvačno, grizno) – žvačna površina zuba (okluzalna površina)

Primjerice, koljeni zglob sastoji se od distalnog kraja bedrene kosti, proksimalnog kraja goljenične kosti i ivera, pri čemu se potonja nalazi anteriorno u odnosu na prve dvije spomenute kosti. Ili, kod širokog osmijeha pokazujemo labijalnu stranu sjekutića i očnjaka, dok kod kutnjaka, koji se nalaze distalno u odnosu na sjekutiće, očnjake i pretkutnjake, možemo eventualno vidjeti samo njihovu okluzalnu površinu.

Pri tome treba imati na umu da čovjek može u određeno područje unijeti i neku od egzotičnijih životinja. Primjer su kosturni ostaci jednogrbne deve (*Camellus dromedarius*) iz rimske vile u Caski na otoku Pagu (Radović i Radić Rossi 2016) ili bodlja repa morskog goluba (*Myliobatis*) s bakrenodobnog naselja Hočevarica kod Verda u susjednoj Sloveniji (Pavšič i Dirjec 2004). Među divljim životinjama, tzv. holocenski doseljenici na ovaj prostor srednje Europe, odnosno područje današnjih

Hrvatske i Slovenije, jesu kuna bjelica (*Martes foina*), obje vrste štakora (*Rattus rattus* i *R. norvegicus*) i, primjerice, patuljasti miš (*Micromys minutus*). Njima se može pridružiti i (zlatni) čagalj (*Canis aureus*), koji je iz Azije prešao u jugoistočnu Europu na samom kraju pleistocena (Kryštufek i Tvrtković 1990, 17; Stefanović i sur. 2024).

Bez obzira na znanje i iskustvo pojedinog arheozoologa, važno je znati da dio analiziranog materijala gotovo uvijek ostaje neodređen. Često je taj dio u većini (npr. MacKinnon 2004, tab. 11). Važno je napomenuti da i taksonomski neodređeni nalazi mogu biti važan izvor informacija. Stoga ih je, ako je moguće, smisleno svrstati barem u jednu od viših taksonomskih kategorija ili u *ad hoc* oblikovane „taksonomske” skupine (npr. ovca/koza, mali biljojed; vidi II. dio / Uvod). Takve nalaze korisno je i anatomske odrediti.

Određivanje materijala treba pratiti sustavno bilježenje nalaza. Uz taksonomsku i anatomske pripadnost, takvi zapisi trebaju uključivati što više potencijalno korisnih podataka (slika 72). Raspon podataka može se razlikovati od istraživača do istraživača i u prvom redu, naravno, ovisi o vrsti analiziranog materijala, ali postoji neki osnovni repertoar. Ako su predmet analize kosturni ostaci kralježnjaka, trebali bi biti uključeni barem podaci o anatomske orijentaciji nalaza (lijeva – desna strana tijela), dimenzijama, boji (posebno kod gorenih ulomaka: vidi sliku 62), stupnju očuvanosti kostiju, prisutnosti mogućih modifikacija (npr. tragovi zasijecanja, rezanja, grizenja [slika 60 a i b], patologija [slika 77]), stupnju sraštanja epifiza (slika 73) i stupnju trošenja žvačne površine zuba (vidi sljedeći uokvireni tekst). Kod razlomljenih nalaza treba naznačiti i koji je dio kosturnog elementa zapravo sačuvan i po potrebi opisati oblik loma.

AB	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
	Šifra	Klasifikacija	Šifra	Šifra	Element	Dio elementa	Takson	Arheološka šifra	Arheološka šifra	Opis	Kriterij za obr. dob	Zrvena dob	Šifra	MNE	Suzani trošenje	Tip trošenja	Tip loma	Goreње (%)	Ozimeње (%)	Zasijecanje	Uzroci (bri)	Činje od udarca	Rasidovanje	Ozimeње	Mjere (naš prigod C)	Komentari	
1	D7	33	110	os penta	-	Uroa spelaeus	-	-	90	-	neod.	element	mužjak	1	ne	-	suhe	ne	-	ne	ne	0	ne	ne	da	ne	izdvojeno za daljnje analize kao obradena kost
2	D7	33	111	vert. tubu	aktus	Cervus elaphus	-	-	25	-	neod.	-	-	1	1	1	neod.	ne	-	godnačke	ne	0	ne	ne	-	ne	
3	D7	33	112	costa	caput	Cervus elaphus	-	sm	10	stalo	neod.	-	-	1	ne	-	suhe	ne	-	ne	2	ne	ne	-	ne	unoz (vidi crtet)	
4	D7	33	113	costa	caput	Cervus elaphus	-	sm	10	stalo	neod.	-	-	1	ne	-	suhe	ne	-	zajerno	da	0	ne	ne	-	ne	
5	D7	33	114	costa	corpus	Cervus elaphus	-	sm	25	-	neod.	-	-	9	1	3	svježi	5	55	-	ne	ne	10a	ne	-	ne	
6	D7	33	115	scapula	proc. cor.	Cervus elaphus	-	ost	10	nesraso	stado	-	-	1	ne	-	ne	-	-	ne	0	ne	ne	-	ne	unoz (vidi crtet)	
7	D7	33	116	cranium	os frontale	Bos primigenius	-	sm	10	-	neod.	-	-	1	1	3	neod.	ne	-	ne	ne	1	ne	-	ne	unoz (vidi crtet)	
8	D7	33	117	pelvis	ilac primigenius	Bos primigenius	-	ost	100	-	neod.	-	-	1	1	10	-	-	-	ne	0	ne	ne	-	da	ne	
9	A2	34	1	humerus	dist. dia	Panthera spelaea	-	ost	25	nesraso	stado	-	-	1	1	10	-	-	-	ne	0	ne	ne	-	da	ne	
10	A2	34	2	scapula	collum	Equus ferus	-	sm	25	-	neod.	-	-	1	1	1	suhi	6	25	-	ne	3	ne	-	da	unoz (vidi crtet)	
11	A2	34	3	os carp	os c. ulnare	Equus ferus	-	ost	100	-	neod.	-	-	1	ne	-	-	-	-	3	100	ne	0	ne	ne	-	da
12	A2	34	4	mc III	diaphysis	Equus sp.	-	sm	50	-	neod.	-	-	1	1	10	svježi	ne	-	ne	2	da	da	-	da	unoz (vidi crtet)	
13	A2	34	5	phalanx I	-	Equus sp.	-	ost	90	stalo	neod.	-	-	1	1	1	suhe	ne	-	ne	0	ne	ne	-	da	ne	
14	A2	34	6	phalanx I	-	Equus sp.	-	sm	100	stalo	neod.	-	-	1	ne	-	-	-	-	4	25	ne	2	ne	-	da	unoz (vidi crtet)
15	A2	34	7	mc II et III	diaphysis	Dama dama	-	ost	75	-	neod.	-	-	1	1	1	svježi	ne	-	zajerno	ne	4	da	ne	-	da	unoz (vidi crtet)
16	A2	34	8	dens sup.	U2	Cervus elaphus	-	ost	100	jako trošenje	coraso	-	-	1	ne	-	-	-	5	13	-	ne	0	ne	-	da	shema trošenja zuba (vidi prigod B)
17	A2	34	9	dens inf.	dPA	Cervus elaphus	-	da	sm	100	jako trošenje	stado	-	-	1	ne	-	-	-	ne	0	ne	ne	-	da	shema trošenja zuba (vidi prigod B)	
18	A2	34	10	dens inf.	M1	Cervus elaphus	-	da	sm	100	umjerno trošenje	stado	-	-	9	ne	-	-	-	ne	0	ne	-	-	da	shema trošenja zuba (vidi prigod B)	
19	A2	34	11	phalanx	diaphysis	Cervus elaphus	-	sm	25	stalo	neod.	-	-	1	1	10	neod.	ne	-	ne	0	ne	ne	-	da	ne	
20	A2	34	12	phalanx I	-	Cervus elaphus	-	ost	90	nesraso	stado	-	-	1	2	10	-	-	-	5	10	ne	da	1	ne	-	da
21	A2	34	13	phalanx I	-	Cervus elaphus	-	ost	90	nesraso	stado	-	-	1	2	10	-	-	-	5	10	ne	da	1	ne	-	da
22	A2	34	14	astragalus	-	Capreolus capreolus	-	da	ost	100	stalo	odraso	-	-	1	1	3	svježi	5	13	zajerno	ne	7	da	ne	-	da
23	A2	34	15	astragalus	-	Capreolus capreolus	-	da	ost	100	-	neod.	-	-	1	ne	-	-	-	4	100	ne	2	ne	ne	-	da
24	A2	34	15	phalanx I	-	Capreolus capreolus	-	sm	100	stalo	neod.	-	-	-	1	ne	-	-	-	-	ne	0	ne	ne	-	da	





























Slika 72: Primjer baze podataka za bilježenje relevantnih podataka pri određivanju arheozoološkog materijala.

Prikupljanje ovih podataka u mnogim je slučajevima standardizirano, što je, konačno, i preduvjet za usporedivost rezultata različitih istraživanja. Primjerice, standardizirani su postupci pri prikupljanju podataka o dimenzijama kostiju (von den Driesch 1976; Morales i Rosenlund 1979; Reitz i Wing 2008, 367), izračunavanju visine grebena pojedinih životinja (npr. Teichert 1969; Matolcsi 1970; Chrószcz i sur. 2013), označavanju stupnja očuvanosti kostiju (npr. Behrensmeyer 1978; Conard i sur. 2008; Borrini i sur. 2012; Marin-Arroyo i sur. 2023) i istrošenosti žvačne površine zuba (npr. Payne 1973; Grant 1982; Rolett i Chiu 1994; Stiner 1994, 320-327; Greenfield i Arnold 2008; Jones i Sadler 2012; van den Berg i sur. 2020; Salvagno i sur. 2021; slika 74). S druge strane, nije moguće govoriti o jedinstvenom pristupu u procjeni mase životinja, u opisivanju pravilnosti u razlomljenosti koštane građe ili oblika loma i, primjerice, praćenju učestalosti i mjesta pojavljivanja različitih modifikacija na pojedinim kostima (tj. urezi, tragovi grizenja itd.). U takvim slučajevima, odnosno kada se umjesto inače prihvaćenih metoda prikupljanja i navođenja podataka odlučimo za uvođenje inovativnih vlastitih pristupa, korišteni postupak potrebno je jasno i precizno definirati u pratećem tekstu (npr. MacKinnon 2004, 189–190 i ondje navedena literatura; Petrucci 2006; Toškan 2006, 148–149).



Slika 73: Pri procjeni starosti pojedinih životinja u trenutku smrti korisni su nam podaci o srastanju epifiza i dijafiza dugih kostiju, jer je vremenski tijek osifikacije pojedinih kosturnih elemenata specifičan za vrstu. Na primjeru bedrene kosti jelena s nesraslim epifizama znamo da je sigurno pripadala životinji u dobi mlađoj od godine i pol (Habermehl 1985, 36–37).

Slika 74: Procjena starosti ovce ili koze nakon smrti temelji se na istrošenosti žvačne površine donjih kutnjaka, prema metodologiji koju je razvio Payne (1973). Prikazan je karakteristični slijed stupnjeva istrošenosti za prvi i drugi donji kutnjak (M_1 i M_2) s odgovarajućim simbolima i numeričkim oznakama (Payne 1973, 288; 1987, 610). Ilustrativno, prikazana su tri konkretna primjera istrošenosti žvačne površine drugog donjeg kutnjaka ovce s istrošenostima 5A, 9A i 15A (desno). Zubi su pripadali životinjama koje su uginule u dobi između jedne i dvije godine (5A), dvije i šest godina (9A) odnosno šest i deset godina (15A) (Payne 1973, 295–296).

		0
		2A
		4A
		5A
		6A
		7A
		8A
		9A
		10A
		11A
		12A
		13A
		14A
		15A



 5A



 9A



 15A

ODREĐIVANJE RELATIVNE ŽIVOTNE DOBI ŽIVOTINJA U TRENUTKU SMRTI

Vrlo važan segment arheozooloških istraživanja jest procjena relativne životne dobi pojedinih životinja u trenutku smrti. To se obično radi na temelju utvrđivanja stupnja istrošenosti žvačnih površina zuba (npr. Payne 1973; Grant 1982; Rolett i Chiu 1994; Stiner 1994, 320–327; Greenfield i Arnold 2008; Jones i Sadler 2012; Lemoine i sur. 2014; van den Berg i sur. 2020) te podataka o srastanju epifiza i dijafiza dugih kostiju (npr. Silver 1969; Habermehl 1985; Popkin i sur. 2012). U drugom navedenom pristupu polazimo od činjenice da je kostur fetusa prvotno potpuno hrskavičan. Okoštavanje je na dugim kostima najprije vidljivo na dijafizi, a zatim i na epifizama. Gotovo odrasle životinje imaju tzv. epifiznu ploču očuvanu samo između dijafize i pojedinih epifiza, dok su kod odraslih jedinki ovi dijelovi kostiju međusobno potpuno srasli. Hrskavica se obično ne očuva u sedimentu, pa su primjerci koji nisu potpuno okoštali manje otporni na djelovanje uništavajućih tafonomskih čimbenika. Isto vrijedi i za spomenutu epifiznu ploču, zbog čega se kosti gotovo odraslih životinja u sedimentu obično raspadnu na epifize i dijafize (slika 73). Budući da je vremenski tijek okoštavanja pojedinih kosturnih elemenata kod gotovo svih arheozoološki zanimljivih vrsta okvirno poznat, na temelju dovoljno velikog broja (Lyman 1987) takvih podataka možemo određivati dobnu strukturu za pojedinu vrstu unutar proučavane **tafocenoze**.

Procjene o dobi životinja u trenutku smrti preciznije su ako ih izvodimo iz podataka o trošenju žvačnih površina pretkutnjaka i kutnjaka. Naime, činjenica je da je brzina struganja zuba, odnosno škrgutanja prilično postojana, pa se pojedini obrasci trošenja žvačnih površina opravdano mogu povezati s dobnim skupinama (vidi npr. sliku 74). Kod mlađih životinja također se možemo osloniti na broj i vrstu (npr. prvi donji sjekutić, treći gornji kutnjak) već izraslih zuba. Naime, oni rastu u točno određenoj dobi i po točno određenom slijedu, a oba su specifična za vrstu (npr. Schmid 1972, tab. 10). Kod nekih vrsta dob je moguće procijeniti i na temelju trošenja sjekutića (npr. Velbe 1954) ili visine krune zuba (npr. Levine 1982; Gaastra 2016). Naravno, kod svih spomenutih pokazatelja dobi (npr. srastanje epifiza i dijafiza, trošenje žvačnih površina, rast zuba) treba uzeti u obzir i određeni stupanj raznolikosti unutar vrste koja može biti povezana s pasminom, spolom, zdravstvenim stanjem, uvjetima života, vrstom hrane, kastracijom i sl. (npr. Moran i O'Connor 1994). Među najpouzdanije i najobjektivnije metode procjene individualne dobi sisavaca svakako spada brojanje tankih slojeva zubnog cementa koji sezonski nastaju oko korijena zuba (radi se o tzv. linijama prirasta; vidi npr. Debeljak 2007). No valja isto tako stalno imati na umu – kao i kod svih drugih pristupa procjeni dobi životinja u trenutku smrti – mogućnost pogreške zbog slabije otpornosti još nepotpuno oblikovanih

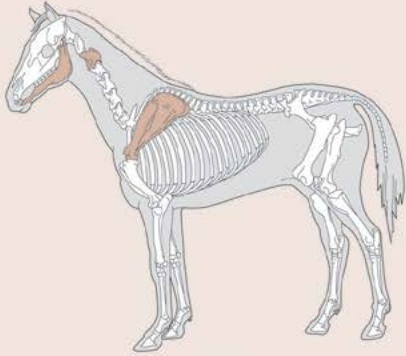
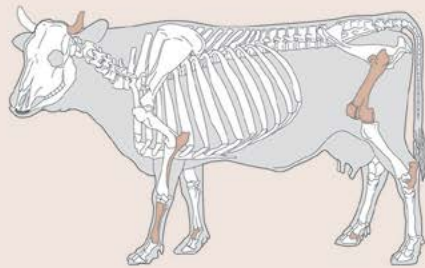
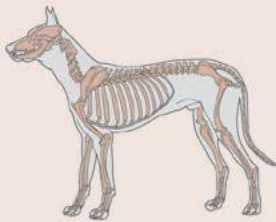
zuba. Naime, tijekom njihova nastanka, prvo se oblikuje krhka kruna, a zub je prvotno šupalj te se postupno ispunjava dentinom. Disproporcionalan raspad krhkih zuba mladunaca zbog, primjerice, nepovoljnog sedimentacijskog okoliša, naravno dovodi do poremećenog omjera između dobnih razreda, koji nijedna metoda procjene dobi u trenutki smrti ne može ispraviti.

3.6.1 Određivanje količine životinjskih ostataka

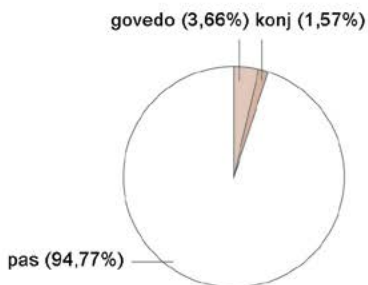
Određivanje količine životinjskih ostataka vrlo je važan korak u proučavanju arheozoološkog materijala. Na temelju procijenjenih udjela pojedinih taksona možemo pronaći odgovore na neka od najvažnijih pitanja o životu ljudi u prošlosti, poput gospodarske važnosti pojedinih vrsta životinja unutar proučavane ljudske zajednice, promjena u razmjerima i načinu njihova iskorištavanja tijekom vremena te razlika u prehranbenim navikama ljudi kao odraza društvenog raslojavanja ili regionalnih razlika. Unatoč širokom rasponu različitih mogućih načina određivanja količine nalaza, važno je naglasiti da svaki od njih ima svoje slabosti i da idealnog pristupa rješavanju navedenih problema jednostavno nema. Zbog toga u nastavku ne predstavljamo nužno najprikladnija rješenja, već samo ona najčešće korištena. Bilo kakvo klasificiranje na temelju stručne prikladnosti zahtijevalo bi barem načelno jedinstvo stajališta unutar arheozoološke zajednice, o kojem se za sada ne može govoriti (Grayson 1984, 16–92; O'Connor 2000, 57, 61; Lyman 2008, 69–71). Zato ne iznenađuje da neki arheozoolozi kao jedino stvarno promišljeno rješenje predlažu istovremenu upotrebu više različitih pristupa, što bi izrazito smanjilo udio metodološki uvjetovanih pogrešaka (Klein i Cruz-Uribe 1984, 25). Problematiku kvantifikacije arheozooloških ostataka detaljno obrađuju brojni autori, uključujući Graysona (1984), Kleina i Cruz-Uribe (1984), Reitz i Wing (2008, 167–168) te Lymana (2008, 21–82; Lyman i Wolverton 2023).

Najjednostavnije sredstvo određivanja količine nalaza svakako je tzv. broj odredivih primjeraka (eng. *Number of Identified Specimens*; NISP), kojim određujemo ukupan broj svih identificiranih ostataka (pojedinih taksona) u analiziranom uzorku (slika 75). Jednostavnost je ključna prednost ovog pokazatelja; naposljetku, vrijednosti NISP-a za pojedine stratigrafske jedinice, slojeve, strukture i nalazišta lako se mogu zbrajati ili oduzimati (npr. Audoin-Rouzeau 1995; Toškan 2013).

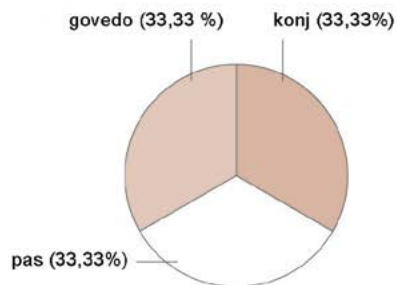
No koje su slabe točke? Među njih svakako spada činjenica da ustanovljene vrijednosti barem do određene mjere odražavaju znanje i iskustvo pojedinog arheozoologa, a ne samo stvarni sastav analiziranog materijala. Pogreške se mogu dogoditi i zbog toga što je udio kosturnih elemenata koji se mogu pouzdano taksonomski odrediti kod nekih vrsta (značajno) manji nego kod drugih, što može rezultirati time da će NISP vrijednosti biti podcijenjene kod onih prvih. Za ilustraciju: često je vrlo teško razlikovati kosti/zube ovce i koze (npr. Boesseneck i sur. 1964; Zeder i Pilaar 2010), pa njihovim ostacima često određujemo samo pripadnost široj skupini kaprina (*Ovis/Capra*). To naravno dovodi do podcijenjenog udjela zastupljenosti svake od dviju

 <p>KONJ</p>	<ul style="list-style-type: none"> - lijeva donja čeljust - vratni kralježak - lijeva lopatica 	<p>NISP = 3 MNI = 1</p>
 <p>GOVEDO</p>	<ul style="list-style-type: none"> - lijevi rog - lijeva lakatna kost - lijeva kost pešća - lijeva bedrena kost - lijeva petna kost - desni proksimalni članak prsta - desni srednji članak prsta 	<p>NISP = 7 MNI = 1</p>
 <p>PAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> - cijeli kostur (ukup) 	<p>NISP = 181 MNI = 1</p>

NISP



MNI

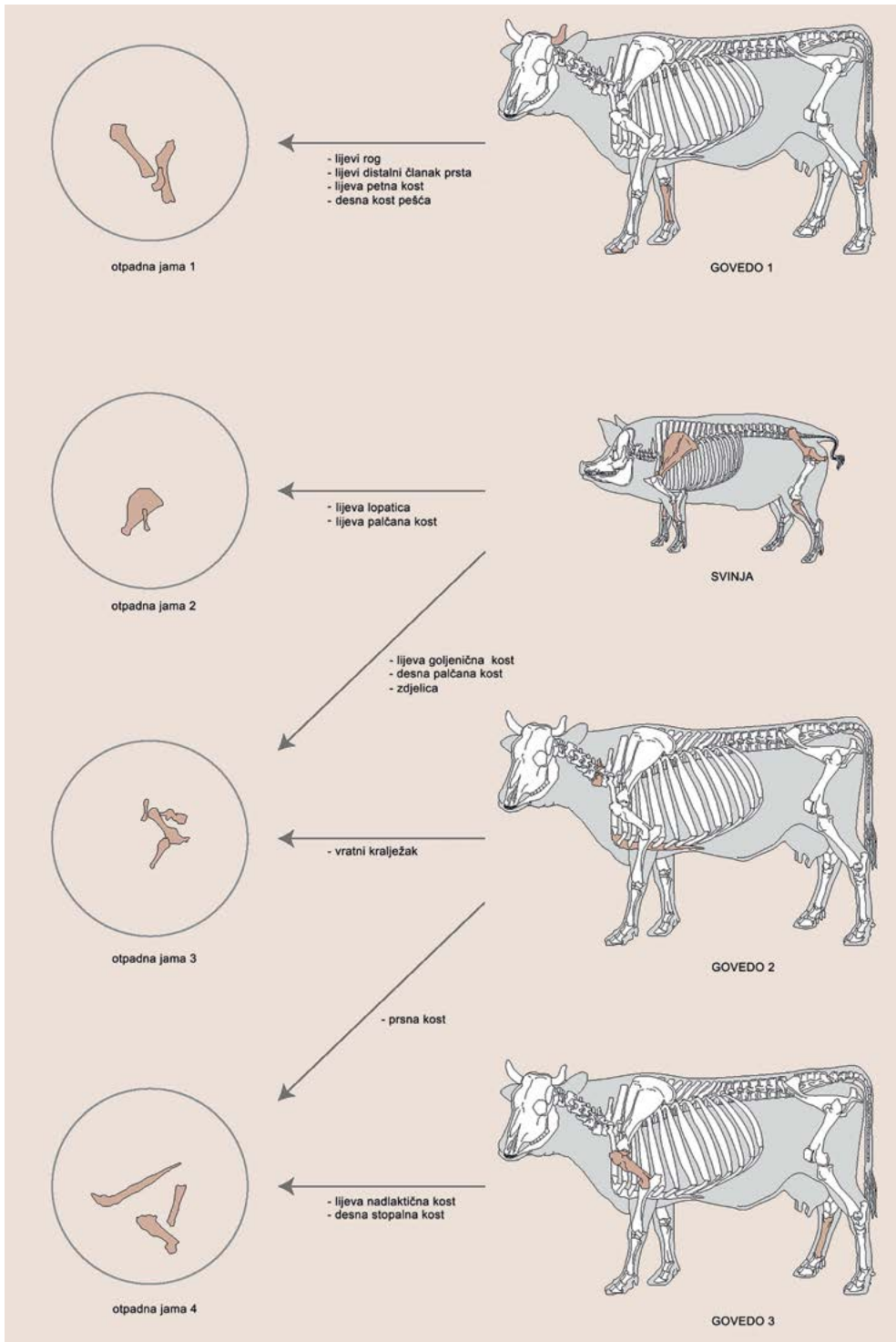


vrsta u odnosu na zastupljenost, primjerice, goveda ili psa, kod kojih s taksonomskim određivanjem nalaza takvih problema nema. Slične pogreške mogu uzrokovati i razlike u broju kosturnih elemenata koji čine kosture različitih životinja (vidi npr. sliku 68). Tako se može dogoditi da, primjerice, udio svinja u nekom arheozoološkom materijalu premaši udio goveda samo zato što kostur potonjih uključuje manji broj zuba, kosti pešća/stopalnih kostiju i članaka prstiju.

Možda najveći razlozi za sumnju u prikladnost određivanja količine nalaza brojem odredivih primjeraka povezani su s činjenicom da se iz pojedinih NISP vrijednosti ne može izvesti opseg djelovanja tafonomskih čimbenika. Upotrebom navedenog pokazatelja možemo prilično pouzdano opisati sastav analizirane arheozoološke građe kao takve, ali ne nužno i izvornu akumulaciju životinjskih ostataka (tj. **tanatocenu**) iz koje taj materijal proizlazi. Razlika je ključna jer je na interpretativnoj razini vrlo važno znati je li, primjerice, malobrojnost nalaza janjadi i kozlića u usporedbi s onima odraslih ovaca i koza posljedica većih tafonomskih gubitaka (vidi I. dio / 3.3) tih relativno loše očuvanih ostataka ili je posljedica odabrane strategije gospodarenja stadom koja je usmjerena prema klanju uglavnom odraslih ovaca i koza (npr. Munson 2000; Lupo 2007). Također nije beznačajno jesu li, primjerice, pet nalaza goveda u nekom uzorku ostaci pet različitih životinja ili – ako kao primjer uzmemo suprotnu krajnost – samo jedne kosti koja se, zbog ljudskih aktivnosti ili pod utjecajem različitih *post mortem* čimbenika, jednostavno raspala na pet dijelova. Problemi se mogu pojaviti i kada su ostaci jedne (nekoliko) od analiziranih životinjskih vrsta bili izloženi intenzivnom raspadanju ili lomljenju, dok drugi nisu. Primjerice, istraživanja pravilnosti u lomljenju kostiju s nekoliko nalazišta starijeg željeznog doba u Sloveniji pokazala su da je čovjek iz čisto praktičnih razloga (npr. priprema manjih porcija pogodnih za kuhanje u raspoloživim posudama) više lomio kosti goveda nego kosti manjih životinja (Bartosiewicz 1991). Zbog posljedičnog povećanja broja sitnih ulomaka kostiju (u gornjem primjeru goveđih), koji su uglavnom taksonomski (uže) neodređeni, udio zastupljenosti te vrste može biti značajno podcijenjen (iznimno, u takvim slučajevima on može biti i precijenjen; vidjeti npr. Turk i sur. 2004, 201–202). Na kraju, ali ne i najmanje važno, izrazi količine životinjskih ostataka NISP vrijednostima mogu uzrokovati prilično zbunjujuće situacije i u slučajevima kada veliki (većinski) dio



Slika 75: Ilustracija jednog od ključnih nedostataka u korištenju „broja odredivih primjeraka“ (NISP): životinja koja je zastupljena s većim brojem ostataka u uzorku bit će „brojana“ više puta. Kao posljedica, na temelju NISP-vrijednosti značaj nekih vrsta u uzorku bit će podcijenjen, dok će značaj drugih biti precijenjen. Ako izražavamo količinu ostataka kao „najmanji broj jedinki“ (MNI), izbjegavamo takve pogreške (... vidi također sliku 76). Kod mnogobrojnog uzorka, razlika u procjeni količine ostataka između ovih dvaju pokazatelja obično je relativno mala.



kostiju i zuba određene vrste potječe od jednog ili eventualno nekoliko više ili manje cjelovitih kostura. Značaj takve vrste može biti znatno precijenjen na interpretativnoj razini (vidi primjer ukopa psa na slici 75).

Najčešće korištena alternativa broju odredivih primjeraka je tzv. najmanji broj jedinki (engl. *Minimum Number of Individuals*; MNI). Izračunava se brojanjem svih lijevih i desnih primjeraka pojedinog kosturnog elementa za svaki takson u nekom uzorku, a zatim se najveća vrijednost interpretira kao najmanji mogući broj životinja te vrste koji bi mogao biti zastupljen u analiziranom skupu nalaza (vidi sliku 76). Naravno, ovo se odnosi samo na uparene kosturne elemente. Za one koji se pojavljuju pojedinačno (npr. pojedinačni kralježak, prsna kost, penisna kost) umjesto toga upotrebljava se podatak o broju svih dostupnih ostataka tog elementa. Neki stručnjaci dodatno su razradili način izračuna MNI-ja (npr. Bökönyi 1970; Chaplin 1971; Reitz i Wing, 2008, 205–210), ali se ovdje ograničavamo na raspravu o osnovnoj verziji.

Upotreba najmanjeg broja jedinki može biti dobar izbor za određivanje količine nalaza kada je moguće specifično odrediti neku vrstu na temelju znatno većeg broja kosturnih elemenata u usporedbi s drugima (npr. Toškan i Kryštufek 2007, 198). Također, prema mišljenju nekih stručnjaka, ovaj pokazatelj omogućuje učinkovito razlikovanje između faunskih skupova nalaza s istim brojem ostataka određene životinjske vrste, ali koji su pripadali različitom broju životinja. No, istini za volju, ova metoda često dovodi do precjenjivanja važnosti slabo zastupljenih vrsta (vidi sliku 75; vidi također O'Connor 2000, 60). U svakom slučaju, najočitiji nedostatak ovog kvantitativnog pokazatelja jest taj što on predstavlja svojevrsnu apstraktnu kategoriju pojedinačnih MNI vrijednosti. Naime, on izražava najmanji (a ni približno nužno stvarni!) broj životinja koje bi mogle biti zastupljene u nekom uzorku. Osim toga, vrijednosti koje su ustanovljene za pojedine stratigrafske jedinice, slojeve, strukture ili nalazišta nije moguće jednostavno zbrojiti ili oduzeti. Kod naknadnog razdvajanja ili spajanja uzoraka izračun se stoga mora ponoviti. Budući da tako konačni rezultat ovisi o proizvoljnim odlukama istraživača (npr. način formiranja pojedinih uzoraka; vidi sliku 76), MNI se čini smislenim rabiti prije svega za manje skupine nalaza iz funkcionalno objašnjenih arheoloških konteksta (npr. iz iste otpadne jame, groba; Toškan i Dirjec 2012, 146–148). Posebna verzija razmatranog pokazatelja, tzv. najmanji



Slika 76: Pojednostavljeni prikaz zabrinjavajućeg utjecaja proizvoljne odluke istraživača o načinu povezivanja pojedinih arheozooloških skupova nalaza radi procjene vrijednosti „najmanjeg broja jedinki” (MNI). Nekoliko kostiju triju goveda i jedne svinje odbačeno je u četiri različite otpadne jame. Ako se pristupi izračunavanju najmanjeg broja jedinki za obje spomenute vrste tako da se kosti iz svih četiriju jama spoje u jedan uzorak, dobije se vrijednost $MNI = 1$ u oba slučaja. S druge strane, zasebno tretiranje svakog od četiriju skupova nalaza dovodi do vrijednosti $MNI_{\text{govedo}} = 3$ i $MNI_{\text{svinja}} = 2$. Značajno je napomenuti: nijedna od tih procjena nije točna.

broj kosturnih elemenata (MNE; *Minimum Number of Elements*), namijenjena je određivanju zastupljenosti pojedinih kosturnih elemenata (Lyman 2008, 218–222).

Treći pristup koji je ovdje predstavljen za procjenu količine arheozooloških ostataka ima potpuno drugačije ishodište, jer mjeri masu (a ne broj) analiziranih ostataka. Ovi podaci zatim omogućuju provođenje svih daljnjih kvantitativnih međutaksonskih usporedbi. Jasno je da će vrijednosti ustanovljene za veće životinje obično biti znatno veće nego za manje. Međutim, ovo ne bi trebalo predstavljati problem jer ovim pristupom doprinos pojedinih vrsta gospodarstvu ljudske zajednice izražavamo količinom pojedenog mesa svake od njih. Naravno, uz pretpostavku da je omjer između mase kostura i cijele životinje kod različitih skupina sisavaca uglavnom nepromjenjiv. Rezultati nekih detaljnijih analiza ovu su pretpostavku doveli u pitanje (O'Connor 2000, 58 i ondje navedena literatura) izazvavši temeljne sumnje u prikladnost metode. Osim toga, opisanim pristupom nije moguće zadovoljavajuće uzeti u obzir tafonomsku povijest analiziranih uzoraka (npr. koji je udio i koje vrste kostiju odbačene na nekoj drugoj lokaciji od one koju proučavamo, koji je udio kostiju uništen u sedimentu itd.) i raznolikost prehrambenih navika različitih kultura. Potonje je posebno važno jer ljudi u pravilu konzumiraju samo dio sveg dostupnog mesa i masti – ovisno o vlastitim preferencama i sposobnostima te mogućim općim zabranama u društvu. Naposljetku, ali ne manje važno, ovim pokazateljem nije moguće isključiti ni utjecaj sezonskih kolebanja u masi ulovljenih/zaklanih životinja, što je inače izuzetno važno kod mnogih vrsta (npr. Greif 1997, 36).

Broj odredivih primjeraka, najmanji broj jedinki i masa životinjskih ostataka dodaju se osnovnim, tzv. primarnim pokazateljima količine arheoloških ostataka. To su osnovni podaci svake arheozoološke analize i obično se koriste kao ulazni podaci za mnoge specijalističke studije (npr. proučavanje raznolikosti vrsta ili opsega biomase; Peres 2010, 27–30 i ondje navedena literatura).

3.7 Interpretacija arheozooloških rezultata

Arheozoologija kao znanost doživjela je nevjerojatan razvoj u posljednjih nekoliko desetljeća. Problematika koju istražuje neprestano se proširuje uvođenjem novih istraživačkih alata, a time se šire i njezine interpretativne mogućnosti. Neke tradicionalno najvažnije teme bit će ukratko prikazane u ovom poglavlju, dok pojedine konkretne primjere istraživanja čitatelj može pronaći u drugom dijelu knjige (vidi II. dio / 1.4, 3.4, 4.3, 5.3, 6.2 i 8.1).

Najčešće postavljena pitanja u arheozoologiji često se odnose na gospodarstvo ljudskih zajednica u prošlosti, počevši s prepoznavanjem izvora hrane životinjskog podrijetla. Proučavanje prikupljanja malih životinja i njihovih proizvoda, kao što su jaja, puževi, rakovi, školjke, može ponuditi zanimljive natuknice u tom smislu, posebno za starija razdoblja (npr. Keepax 1981; Stiner 1999; Bar-Yosef Mayer [ed.] 2005). Isto vrijedi i za istraživanje učestalosti i specifičnosti ljudskog posezanja za strvinama,

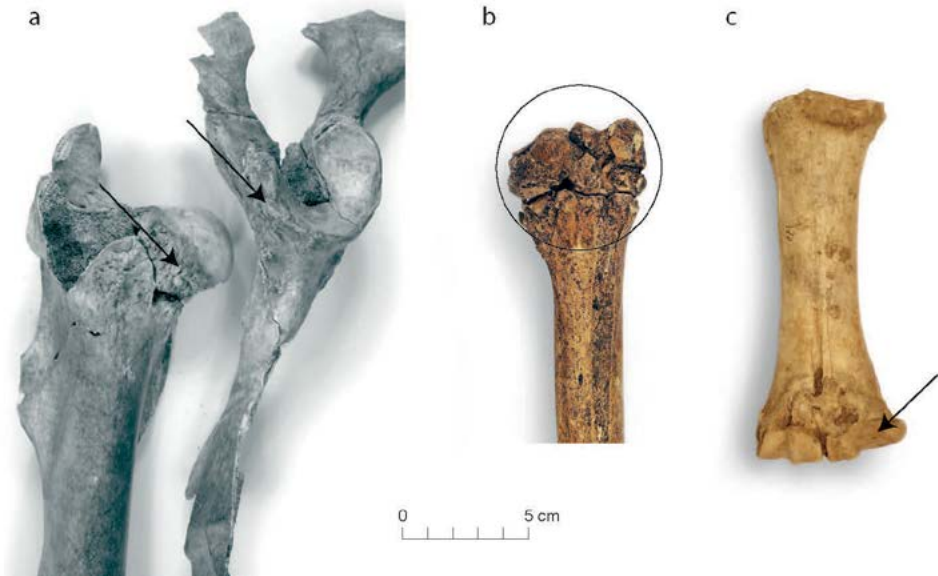
koje inače u posljednjih deset tisuća godina nisu (više) bile značajan izvor životinjskih proteina i masti (Ready 2010, 69–73 i ondje navedena literatura; Rodríguez i sur. 2023). No, sveukupno gledano, takva istraživanja najčešće su usmjerena na proučavanje uloge uzgoja stoke i (ribo)lova.

Prva pripitomljena životinja bila je pas, čiji najstariji poznati ostaci datiraju između 33000 i 36000 godina prije sadašnjosti (Germonpré i sur. 2009; 2015). Početak stočarstva obično se smješta u deveto tisućljeće pr. Kr., kada su, prema današnjim spoznajama, na Bliskom istoku pripitomljeni svinja, ovca, koza i govedo (Naderi i sur. 2008; Chessa i sur. 2009; Vigne i sur. 2011; Bollongino i sur. 2012; Arbuckle i sur. 2016; Arbuckle 2018; Frantz i sur. 2019; Verdugo i sur. 2019; Daly i sur. 2021; Yurtman i sur. 2021; Stiner i sur. 2022). S područja gdje je došlo do domestikacije ljudi su postupno te životinje prenijeli na druga mjesta. Na prostoru današnje Hrvatske prve domaće životinje pojavile su se na samom početku šestog tisućljeće pr. Kr. (Sierra i sur. 2023). Na istočnom Jadranu prevladavale su ovce i koze, dok su u kontinentalnoj Hrvatskoj od početka bitni i domaća goveda i svinje (vidi npr. Orton i sur. 2016; Radović 2014; Pilaar Birch 2017; Gaastra i sur. 2019; McClure i sur. 2022 i ondje navedena literatura).

U početku je stočarstvo prvenstveno bilo izvor mesa i masti, ali tijekom vremena različiti sekundarni proizvodi (poput mlijeka, vune, radne snage, gnoja) postali su sve značajniji kod većine vrsta (Sheratt 1981; Reynard i Hedges 2008; Greenfield [ur.] 2014). Vremenski i prostorni okvir ovog procesa danas se može precizno pratiti na temelju rezultata specifičnih biokemijskih analiza (npr. Mukherjee i sur. 2005; Kimpe i sur. 2005; Mlekuž i sur. 2012), koje, između ostalog, početak konzumacije mlijeka, čak i u srednjoj Europi, postavljaju već u razdoblje mlađeg kamenog doba (npr. druga polovica 6. tisućljeća pr. Kr.; Budja i sur. 2013; McClure i sur. 2018; Forenbahe 2021 i ondje navedena literatura). U ovom smislu, vrlo informativan može biti i uvid u dobnu strukturu pojedinih populacija domaćih životinja (npr. Lupo 2007; vidi i uokvireni tekst na str. 118). Ako je uzgajivač težio iskorištavanju mesa, obično bi se odlučio za klanje životinja mlađe dobi nego kod proizvodnje mlijeka i vune ili kod upotrebe životinja za rad u polju i prijevoz. Naime, prirast tjelesne mase po jedinici uloženog ljudskog rada sa starenjem životinja opada puno brže nego njihova fizička snaga, količina mlijeka ili kvaliteta vune. Istovremeno, strategijom gospodarenja stadima određivao se također i omjer između spolova unutar stada, čime i taj podatak postaje arheozoološki dragocjen. Udio mužjaka, ženki i **kastrata** moguće je procijeniti na temelju prisutnosti/odsutnosti određenih spolno specifičnih kosturnih elemenata (npr. penisna kost kod mužjaka mnogih vrsta placentnih sisavaca, rogovlje kod jelena, očnjaci kod konja), razlika u obliku pojedinih kostiju i zuba (npr. Boessneck i sur. 1964; Grigson 1982; Greenfield 2006a), podataka o veličini životinja (npr. Riedel 1977, 152–154; Weinstock 2006; Debeljak 2007, 481–482) i, naravno, genetičkih istraživanja (npr. Svensson i sur. 2008).

Rastući interes za pojedine sekundarne proizvode stočarstva možemo shvatiti kao jedan od pokazatelja razvijenosti te poljoprivredne grane na određenom prostoru. Drugi takvi pokazatelji uključuju povećanje veličine pojedinačnih životinja, pojavu (proto)pasmina i dobro zdravstveno stanje stada. Istraživanja procesa domestikacije pokazala su da su prve **domaće životinje=domestikati** bile primjetno manje od svojih divljih predaka (Clutton-Brock 1999, 33–34). Naravno, usporedbe su napravljene između jedinki istog spola i dobne skupine, tako da navedene okolnosti nisu utjecale na postojanje i opseg utvrđenih razlika. Smatra se da je glavni razlog za smanjenje veličine domaćih životinja bila nemogućnost ljudi da osiguraju dovoljno dobre uvjete za život, pri čemu je glavni problem bilo osiguravanje dovoljnih količina prikladnog krmiva za zimu (npr. Greif 1997, 36; Munson 2000, 394–397; Toškan i Dirjec 2004b, 121–123). Manje-više pomna i planska kontrola parenja pridonijela je raznolikosti u veličini tijela (kostura), a u određenoj mjeri i raznolikosti u obliku domaćih životinja (npr. Bökönyi 1984, 66-92; Riedel 1993; Boschini i Toškan 2012), što je dovelo do razvoja različitih oblika i pasmina (npr. Bökönyi 1968; 1984, 24–28; De Grossi Mazzorin i Tagliacozzo 1997; Jackson i sur. 2020). Iz kolebanja veličine domaćih životinja u prostoru i vremenu možemo određivati sposobnost i odlučnost pojedinih zajednica da se sveobuhvatno bave stočarstvom, a time posredno i postignut razvojni stupanj gospodarstva, intelekta, tehnologije ili, primjerice, političko-organizacijskog razvoja društva (vidi npr. MacKinnon 2004, 86–90; Grau-Sologestoa 2015). Na našim prostorima ta je povezanost jasno vidljiva sa značajnim porastom veličine (prvenstveno) goveda nakon dolaska Rimljana, nakon čega je uslijedio podjednako izražen pad početkom raspada Rimskog Carstva na prijelazu iz 4. u 5. stoljeće. Uvođenje i kasniji nestanak velike, napredne rimske pasmine goveda značajno je pridonio navedenim kolebanjima (Toškan 2013, 45–46, 59; vidi i II. dio / 6.2).

O uvjetima života domaćih životinja u prošlosti možemo vrlo izravno donositi zaključke na temelju prisutnosti eventualnih patoloških promjena na kostima ili zubima. Podaci o vrsti i učestalosti pojavljivanja takvih patologija mogu nam otkriti mnogo toga zanimljivog o, primjerice, kvaliteti prehrane (npr. **osteoporoza**, **hipoplazija**, poremećaji rasta i razvoja kostiju zbog **rahitisa**; npr. Baker i Brothwell 1980; Rooney 1997; Teegen 2005; Bartosiewicz 2008; Bartosiewicz i Gál 2013; slika 77a), kao i o načinima i intenzitetu iskorištavanja životinja (npr. srastanje slabinskih kralježaka kod konja za jahanje, prekomjeren rast kostiju na zglobnim dijelovima kostiju pešća, stopalnih kostiju i članaka prstiju te srastanje kostiju u zglobovima kod intenzivnog iskorištavanja radnog goveda; Bartosiewicz i sur. 1997; Bendrey 2007a; Toškan 2011b, 48–49; Lin i sur. 2016; Gaastra i sur. 2018; slika 77b, c). Znakovi pothranjenosti na ostacima kaprina iz sojeničarskih naselja Ljubljanskog barja (npr. resorpcija kosti na rogovima) vrlo jasno svjedoče o neprikladnosti tadašnjeg vlažnog okoliša za uzgoj ovih životinja (Bartosiewicz i sur. 2009, 56). Unatoč tome, stanovnici spomenutog područja, zbog specifičnih su gospodarskih interesa (mlijeko, vuna), postupno povećavali broj stada ovaca (Toškan 2009c).



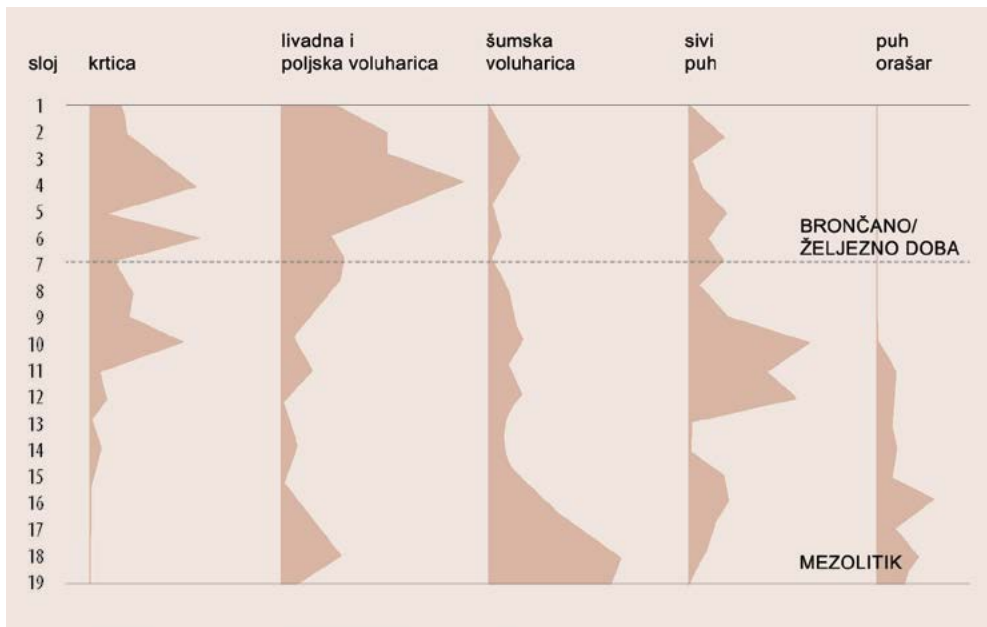
Slika 77: Prilikom proučavanja zdravstvenog stanja životinjskih populacija pažnja je usmjerena na ostatke sa (sub)patološkim promjenama. Neki primjeri: a – koštane izrasline (egzostoze) na bedrenoj kosti i zdjelici konja, uzrokovane, pretpostavlja se, upalom pokosnice; b – srastanje zastopalnih kostiju i proksimalnog dijela stopalne kosti (škipac) kod konja, kao posljedica izloženosti ligamenata između kostiju povećanom ponavljajućem stresu pri udarcima noge o tlo tijekom brzog jahanja; c – koštane izrasline (egzostoze) i proširenje distalne epifize kosti pešća domaćeg goveda (označeno strelicom), koje je uzrokovano intenzivnim iskorištavanjem životinja kao radne snage.

Bavljenje stočarstvom (i poljoprivredom) oduvijek je zahtijevalo značajno ulaganje vremena i energije, pri čemu prinos, naravno, nije bio zajamčen. Za osiguravanje potrebnih količina mesa u prvim stočarskim zajednicama i dalje su bili izuzetno važni i ribolov i lov, koji su (posebno potonji) kasnije zadržali ulogu statusnog simbola. Uvidom u brojnost i raznolikost vrsta ostataka lovne divljači možemo rasvijetliti čitav niz zanimljivih pitanja, od osnovnih razlika u strategiji preživljavanja između različitih, ali inače istovremenih ljudskih zajednica (npr. Velušček 2005; Toškan 2008b; 2011a), funkcionalne ili društvene raslojenosti društva (npr. Marti-Grädel i sur. 2004; MacKinnon 2004, 212–215; Krauskopf 2005, slika 5; Schmitt i Lupo 2008; Toškan i Achino 2020), vremenskog određenja najčešće klimatski uvjetovanih gubitaka u prinosu poljoprivrednih aktivnosti (npr. Schibler i sur. 1997) i raznolikosti nekadašnje faune na istraživanom području do rekonstrukcije nekadašnjeg okoliša (npr. Govedič 2004, 147–159; Janžeković i Malez V. 2004, 163–166).

Kao i stočarstvo, ni lov nije osiguravao samo dodatne količine mesa i masti. Mogao je također biti važan izvor krzna i kože, što se može odrediti proučavanjem mjesta pojavljivanja ureza na pojedinim kosturnim elementima (npr. Binford 1981, 105–141; Zeiler 1987) ili na temelju pronalazaka specijaliziranog oruđa (npr. oruđa za štavljenje kože). Tragovi rezanja – uključujući tragove zasijecanja, otisci životinjskih zuba i pravilnosti u razlomljenosti kostiju – ključni su i za razlikovanje ostataka ljudskog plijena od strvina (npr. Blumenschine 1995; Capaldo 1998). Analizom (polu)proizvoda životinjskog podrijetla moguće je procijeniti opseg upotrebe kostiju, zuba i rogova/rogovlja kao sirovine za izradu oruđa, oružja i osobnih ukrasa (npr. Choyke i Bartosiewicz [ur.] 2001; Toškan 2009b). Ništa manje vrijedne nisu ni studije o sezoni lova koje mogu značajno doprinijeti određivanju razdoblja boravka ljudi na određenom nalazištu ili strategije opskrbe hranom i samim tehnikama lova (Greif 1997, 31–36; Reitz i Wing 2008, 260–266; Bartosiewicz i sur. 2009, 56). Za cjelovito razumijevanje zajednica u prošlosti također je relevantno poznavanje simboličkih značenja određenih divljih životinja, odnosno sam čina lova na njih (npr. Odar 2012; Toškan 2010a, 95; Turk 2014).

Bitan dio arheozooloških istraživanja usmjeren je na analizu rukovanja hranom životinjskog podrijetla. Ogledni primjer takvih studija jest analiza odabira razdoblja za klanje tijekom kalendarske godine, što, naravno, znatno utječe na razumijevanje gospodarstva neke zajednice (npr. Monks 1981; Munson 2000; Toškan i Dirjec 2004b, 121–123). Vrlo informativna mogu biti i odstupanja u metodama komadanja životinjskog trupla između ili unutar nalazišta (npr. Maltby 1989, 2007; Riedel 1994, 60–61) te u načinima i intenzitetu razbijanja kostiju radi vađenja srži i masti (Outram 2004). Takvi podaci mogu, između ostalog, pomoći boljem razumijevanju mreža naseljavanja (npr. Reitz i Wing 2008, 257–260), razini opskrbe hranom pojedinih zajednica (npr. Toškan 2011a, 277–279), etničke strukture stanovništva (npr. Riedel 1994, 60–61; Barth 2001), razine funkcionalne diferencijacije unutar nekog područja (npr. Stokes 2000, 147; Dirjec i sur. 2012, 36–42) ili načina i opsega preraspodjele dobara (npr. MacKinnon 2004, 198–199, 219–222; Oueslati i sur. 2006). Potonji također pruža zanimljive smjernice za istraživanje smjera, duljine i isprepletenosti trgovačkih putova (npr. Bartosiewicz 1996; Roth 1999; Govedič 2004, 143–146) te postojanja društvenih, funkcionalnih i etničkih razlika u društvu (npr. Audoin-Rouzeau 1995; Bartosiewicz 1999b, 146–148; Schibler i sur. 2011; Toškan i Dirjec 2010; Toškan i Achino 2020). U tom smislu, vrlo su značajne studije o životinjama kao statusnom simbolu ili kućnim ljubimcima (Bökönyi 1984, 66; Pucher 1989–90, 93; Dular 2007, 750 i ondje navedena literatura; Bajnóczi i sur. 2012). Isto vrijedi i za analize životinjskih ostataka iz svetišta i groblja (npr. Lauwerier 1983; Wilson 1999; Dular 2007; Toškan 2013, 49–53; Škvor Jernejčić i Toškan 2018; Radović i Ložnjak Dizdar 2020), koje su važne za razumijevanje duhovnog svijeta ljudi u prošlosti.

Na kraju, osvrnimo se ukratko na potencijale arheozooloških istraživanja u kontekstu rekonstrukcija nekadašnjeg okoliša. Tradicionalno, to rješavamo projiciranjem ekoloških tolerancija današnjih populacija pojedinih vrsta na populacije prošlih razdoblja. Zbog toga su, primjerice, mali sisavci bolji pokazatelji nekadašnjih staništa od velikih. U pravilu ih karakteriziraju uski ekološki zahtjevi (tj. slabije se prilagođavaju različitim staništima) i relativno ograničena pokretljivost (npr. Andrews 1990; Vigne i Valladas 1996; Toškan i Kryštufek 2007; slika 78). Iz sličnih razloga vrlo informativni mogu biti i podaci o zastupljenosti različitih vrsta mekušaca, riba i ptica (npr. Goodfriend 1992; Slapnik 2004; Govedič 2004, 147–149; Janžekovič i sur. 2005). Za ispravno tumačenje rezultata takvih istraživanja ključno je prepoznati žive i/ili nežive čimbenike koji su pridonijeli akumulaciji analiziranih kostiju (npr. Andrews 1990; Toškan 2012). Arheozoološki uzorak, koji je, primjerice, skup ostataka hrane neke životinje ili čak čovjeka, ne pokazuje samo sastav lokalne životinjske zajednice iz razdoblja njezina nastanka već i popularnost određenog plijena kod određenog grabežljivca. Osim toga, treba biti svjestan da se mnoge životinje mogu prilagoditi različitim okolišima i stoga su u prošlosti mogle nastanjivati i drugačija staništa od



Slika 78: Povećani udio zastupljenosti vrsta tipičnih za otvorena staništa (livadna voluharica, poljska voluharica, također krtica) uz istodoban pad udjela šumskih vrsta (šumska voluharica, sivi puh, puh orašar) na prijelazu iz mezolitičkih slojeva (slojevi 8 – 19) u slojeve brončanog/željeznog doba (slojevi 1 – 7) na lokalitetu Viktorjev spodmol kraj Famlja govori o očitim razlikama u šumskoj pokrivenosti šireg područja u oba navedena razdoblja (vidi također II. dio/5.3). Prema predlošku: Toškan i Kryštufek 2004, 132.

onih u kojima danas žive (npr. Musil 1985; Miracle i Sturdy 1991; Van Kolfshoten 1995; Varela i sur. 2010). Posljednjih desetljeća razvijeno je nekoliko novih pristupa paleoekološkim istraživanjima, poput proučavanja mikromorfologije pojedinih kosturnih elemenata (npr. McGuire 2010; Huisman i sur. 2017), analize stabilnih izotopa (npr. Drucker i sur. 2009; Pilaar Birch 2013; Thomas i Miller 2018; Sharpe i Krigbaum [ur.] 2022) ili razmatranja međuigre, odnosno manje važnih događaja u slijedu različitih populacijskih svojstava vrsta unutar proučavanih zajednica (npr. Hernández Fernández 2001; Toškan 2007a, 241–244).

4 Geoarheologija

Geoarheologija je znanstvena disciplina koja objedinjuje metode i koncepte iz geoznanosti i arheologije kako bi proučila i objasnila arheološke kontekste. Ciljevi geoarheologije usmjereni su na istraživanje procesa nastajanja arheoloških nalazišta, razumijevanje odnosa između čovjeka i okoliša te rekonstrukciju nekadašnjih okoliša.

S obzirom na obrazovanje i razlike u isticanju pojedine komponente neki znanstvenici, a pogotovo je to bio slučaj u početku razvoja discipline, razlikuju pojmove geoarheologija, arheološka geologija i geološka arheologija. Međutim, danas su se ovi različiti pristupi uglavnom ustalili pod nazivom geoarheologija. U vrlo širokom smislu, unutar geoarheologije neki znanstvenici smještaju i arheometriju, koja je usmjerena na proučavanje arheoloških predmeta, porijeklo sirovina od kojih su napravljeni, arheološke prospekcije i datiranja (Waters 1992; Cremaschi 2000; Golberg i Macphail 2006). U ovoj se knjizi pojam geoarheologija rabi u užem smislu (*sensu* Waters 1992), odnosno odnoseći se na proučavanje stratigrafskog **slijeda** i procesa nastajanja arheoloških nalazišta te interakcije čovjeka i okoliša.

4.1 Povijest istraživanja

Iako se pojam *geoarheologija* u znanstvenoj literaturi upotrebljava tek od 1970-ih godina, upotreba metoda i pristupa iz geoznanosti za proučavanje arheoloških nalazišta započela je još u 18. i 19. stoljeću. Primjena **stratigrafije** za tumačenje arheoloških nalazišta temelji se na principima koje su formulirali Niels Stensen (Nicolas Steno) i James Hutton u 17. i 18. stoljeću. Stratigrafski pristup u istraživanju arheoloških nalazišta primijenio je 1830-ih godina Bucher de Perth u Francuskoj, a isti pristup prisutan je u Sjevernoj Americi sredinom 19. stoljeća, kada se pojavio i čitav niz publikacija s geološkim kontekstom arheoloških otkrića, npr. Leyll, Darwin, Lubbock, Perkins Marsh. U prvoj polovici 20. stoljeća suradnja između arheologa i geologa

rezultira sve većim brojem istraživanja u kojima se primjenjuju sedimentološke i stratigrafske metode na arheološkim nalazištima, neki od brojnih istraživača jesu D. Garrod, T. de Chardin, G. De Geer, F. Zenner (Butzer 1982; Cremaschi 2000; Rapp i Hill 2006; Hill, 2017). Ian Cornwell objavljuje 1958. godine knjigu *Soils for the Archaeologist*, koju se smatra prvim pokušajem geoarheologije (Butzer 1982) Cornwell zagovara kontekstualna istraživanja u arheologiji te ističe potencijal koji **sedimenti** i **tla** nude u arheološkoj interpretaciji. Interdisciplinarni pristup u arheološkim istraživanjima i važnost integracije arheološkog i okolišnog konteksta ističe Karl Butzer u svom djelu *Environment and Archaeology* (1964). Tijekom 1960-ih i 1970-ih godina uslijedio je niz geoarheoloških radova Billa Farranda, Paula Godberga, Georga Rappa Jr., Julie Stein, Christophera Hilla, Vancea Haynesa i ostalih (Stein i Rapp 1978; Hill 2017). Upravo je to vrijeme kada u upotrebu ulazi i pojam *geoarheologija*. Pojmovi *geoarheološki* (1973) i *geoarheologija* (1974) prvi su put objavljeni u radovima Karla W. Butzera o južnoafričkim paleolitičkim nalazištima: *Spring sediments from the Acheulian site of Amanzi* (Uitenhage District, South Africa), objavljenom u časopisu „Quaternaria” 1973. te *Geo-archaeological interpretation of Acheulian calc-pan sites at Doornlaagte and Rooidam* (Kimberly, South Africa), prvom članku tada novog časopisa „Journal of Archaeological Science”, 1974. Prvi časopis u cijelosti posvećen geoarheologiji – „Geoarchaeology: An International Journal” – počinje izlaziti 1986. godine.

Tijekom 1970-ih godina u interpretaciji prošlih događaja na arheološkim nalazištima arheolozi sve veću važnost pridaju proučavanju konteksta nalaza. Shvatili su da se arheološki zapis ne može smatrati samo fosiliziranim zapisom ljudskog ponašanja jer je podvrgnut modifikacijama različitih procesa. Bilo je potrebno pronaći način kako identificirati takve procese. Temeljem prethodnog znanja iz geoarheologije i proučavanja procesa nastajanja nalazišta, M. B. Schiffer razvio je koncept formiranja arheoloških nalazišta i podijelio procese na kulturne (antropogene) i prirodne, tzv. C-transformacije i N-transformacije (Schiffer 1983). Njegov koncept uglavnom se temelji na promatranjima koje je proveo Butzer (1982), poput utjecaja vode na horizontalnu distribuciju artefakata ili promjena u tlu uslijed djelovanja leda. Butzer (1982) također je primijetio da se procesi koji se javljaju tijekom razdoblja rasta populacije značajno razlikuju od onih tijekom negativne demografske faze, odnosno tijekom napuštanja naselja; npr. slojevi koji čine humak koji pripada vremenu napuštanja naselja, a koji su nastali kao rezultat propadanja i uništenja kuća i drugih struktura, deblji su od onih iz razdoblja kada je naselje bilo u funkciji, a taloženje je brže (Butzer 1982; Miller Rosen 1986).

Posljednjih nekoliko desetljeća pojavljuje se sve više geoarheoloških udžbenika, od kojih su najpoznatiji: M. R. Waters, *Principles of Geoarchaeology: A North American Perspective*, 1992; G. (Rip) Rapp Jr., C. L. Hill, *Geoarchaeology*, 1998; M. Cremaschi, *Manuale di geoarcheologia*, 2000; P. Goldberg i R. I. Macphail, *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, 2006; P. (T.) Karkanas i P. Goldberg, *Reconstructing Archaeological Sites*.



Slika 79: Mikropresjek (mikroskopski preparat).

Understanding the Geoarchaeological Matrix, 2019.

Kao posebno korisna metoda geoarheoloških istraživanja, koja je potekla iz **pedologije**, ističe se **mikromorfologija** tla i sedimenata, tj. proučavanje uzoraka sedimenta ili tla i pripadajućega arheološkog materijala na mikroskopskoj razini (slika 79). Godine 1938. austrijski znanstvenik W. L. Kubiěna objavio je knjigu pod nazivom *Micropedology*, koja predstavlja prvi pokušaj uvođenja terminologije za opis mikropresjeka (eng. *thin sections*) i prvu sintezu znanja o mikromorfologiji. Zanimanje za ovu disciplinu povećalo se 1960-ih godina, kada je postala očita potreba za novim sustavom mikromorfoloških opisa i novom terminologijom, koju su uveli australski znanstvenici R. Brewer i J. Sleeman (*Fabric and Mineral Analysis of Soils*, 1964). S novim saznanjima i otkrićima u području mikromorfologije te novim publikacijama koje su se pojavile od 1960-ih godina, kako bi se

olakšalo razumijevanje i komunikacija među mikromorfolozima, novu terminologiju predložili su Bullock i sur. u knjizi *Handbook for Soil Thin Section Description* (1985), koja je danas široko prihvaćena. Temeljem tog priručnika, ali s nešto modificiranom terminologijom, G. Stoops je 2003. godine objavio upute *Guidelines for Analysis and description of Soil and Regolith Thin Sections*, koje danas predstavljaju glavni priručnik za mikromorfološki opis uzoraka tla i sedimenata. Unatoč tome što su od 1960-ih objavljeni mnogi radovi vezani uz mikromorfološku analizu i interpretaciju, tek 2010. godine pojavio se priručnik *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths* (ur. G. Stoops, V. Marcelino i F. Mees), koji uključuje ne samo terminologiju za opis već i interpretacije mikromorfoloških uzoraka.

Počeci geoarheoloških istraživanja u Hrvatskoj vezani su uglavnom uz **pleistocenska** špiljska nalazišta i istraživanja koje su provodili paleontolozi i geolozi koji su se bavili stratigrafijom i sedimentološkim kontekstom nalaza (npr. D. Gorjanović Kramberger, M. Malez). Koristeći se standardnim geološkim metodama, Malez, Paquette,

An. Šimunić i Al. Šimunić proučavali su sedimente koji sadrže arheološke ostatke iz pećine Vindije s posebnim naglaskom na klimatske uvjete tijekom sedimentacije (Malez i Rukavina 1975; Malez i sur. 1984). Prvo objavljeno sustavno geoarheološko istraživanje s primjenom mikromorfologije sedimenata jednog arheološkog nalazišta s područja Hrvatske jest ono G. Boschiana za Pupičinu peć u Istri (Boschian 2006). Posljednih godina, uz strane istraživače, geološka istraživanja arheoloških nalaza i nalazišta u Hrvatskoj provode geolozi Hrvatskog geološkog instituta, Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te geoarheologinja Sveučilišta Jurja Dobrile u Puli.

4.2 Arheološke taložine

Taložine ili sedimenti, zajedno s tlama, osnovni su sastojci arheoloških konteksta. Sedimenti predstavljaju proizvod fizičkih, kemijskih i bioloških procesa koji su aktivni na površini Zemlje te uključuju sve anorganske ili organske materijale koji se talože pod utjecajem prirodnih ili antropogenih čimbenika (Cremaschi 2000; Angelucci 2022). Pod pojmom sedimenti obično se podrazumijevaju rasuti, nelitificirani talozi, dok se litificirani talozi u obliku čvrste stijene uglavnom nazivaju sedimentnim stijenama, kao i svi sedimenti i sedimentne stijene zajedno (Tišljar 2004).

Karkanias i Goldberg (2019) definiraju tri osnovne vrste arheoloških taložina: one taložene prirodnim procesima, ali bez materijala koje je proizveo, modificirao ili reorganizirao čovjek, zatim one taložene prirodnim procesima koje sadrže i antropogene materijale te prirodne ili antropogene materijale koji su nataloženi samo antropogenim aktivnostima i procesima.

Na osnovi glavnih procesa kojima nastaju, mogu se izdvojiti tri glavne skupine sedimenata i sedimentnih stijena (Adelsberger 2017; Angelucci 2022):

- a) klastični (terigeni) sedimenti sastoje se od klasta ili zrna, a nastaju trošenjem, prijenosom ili transportom (vodom, vjetrom, ledom ili gravitacijom) i taloženjem mehanički usitnjenih fragmenata – npr. pijesak; dijagenezom (litifikacijom) nastaju sedimentne stijene – npr. pješčenjak
- b) kemijski (evaporitni) sedimenti nastaju precipitacijom minerala iz otopine; u geoarheologiji najznačajniji su u kontekstu špiljskih, jezerskih, močvarnih i slatkovodnih okoliša
- c) organski, biogeni, biokemijski sedimenti nastaju taloženjem organske materije i izravno iz organizama; u arheološkom kontekstu značajan je prirodni treset, ali i antropogene taložine poput akumulacija ljuštura od puževa ili školjki.

Arheološke taložine mogu pripadati bilo kojoj od navedenih kategorija, međutim geoarheolozi se na najvećem broju arheoloških nalazišta susreću s klastičnim sedimentima.

4.2.1. Osnovne značajke klastičnih sedimenata

Fizičke osobine sedimenata odraz su taložnih i posttaložnih procesa te pružaju informacije o uvjetima prijenosa i taložnom okolišu. Geoarheološki opis klastičnih sedimenata obično uključuje veličinu zrna ili klasta (**granulometrijski** sastav), morfologiju zrna (oblik, sferičnost i zaobljenost) i građu sedimenta (način podržavanja zrna, tj. potporu i orijentaciju zrna).

Veličina zrna određuje se jednom od ljestvica koje definiraju granice između veličina zrna pojedinih skupina sedimenata, tj. gline, praha ili silta, pijeska i šljunka.

		NAZIV	VELIČINA
	ŠLJUNAK	blok	>256 mm
		oblutak	64-256 mm
		valutica	4-64 mm
		zrno ili granula	2-4 mm
	PIJESAK	vrlo krupni pijesak	1-2 mm
		krupni pijesak	0.5-1 mm
		srednji pijesak	250-500 μm
		sitni pijesak	125-250 μm
		vrlo sitni pijesak	63-125 μm
	MULJ	PRAH ILI SILT	krupni prah/silt
srednji prah/silt			16-31 μm
sitni prah/silt			8-16 μm
vrlo sitni prah/silt			4-8 μm
glina			<4 μm

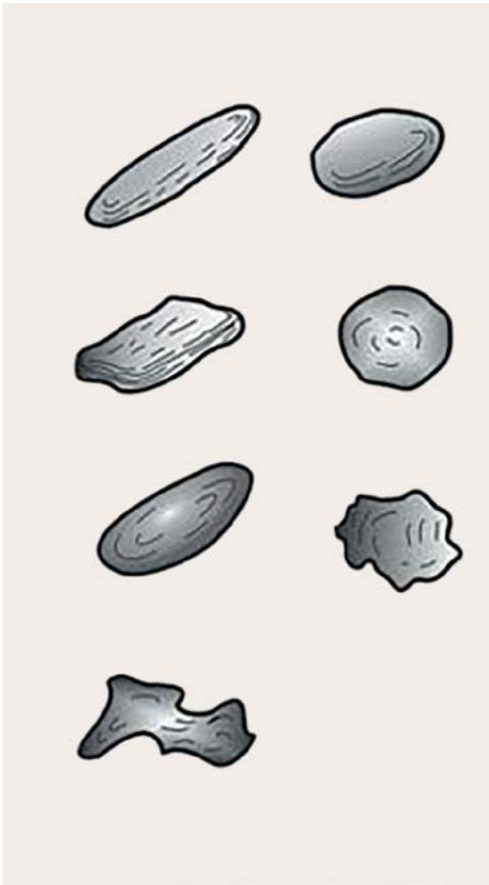
Slika 80: Raspon veličina zrna, prema Wentworthu (1922).

U geoarheologiji najčešće se upotrebljava tzv. Wentworthova (slika 80) ili Uden-Wentworthova (Uden 1898; Wentworth 1922) geometrijska ljestvica, koja definira granice između pojedinih kategorija u milimetrima. Modifikacija Wentworthove ljestvice koju je kreirao Krumbein (1934) logaritamska je *phi* (ϕ) ljestvica na bazi broja 2, koja je pogodnija za grafičko prikazivanje veličine zrna (Tišljar 2004; Adelsberger 2017).

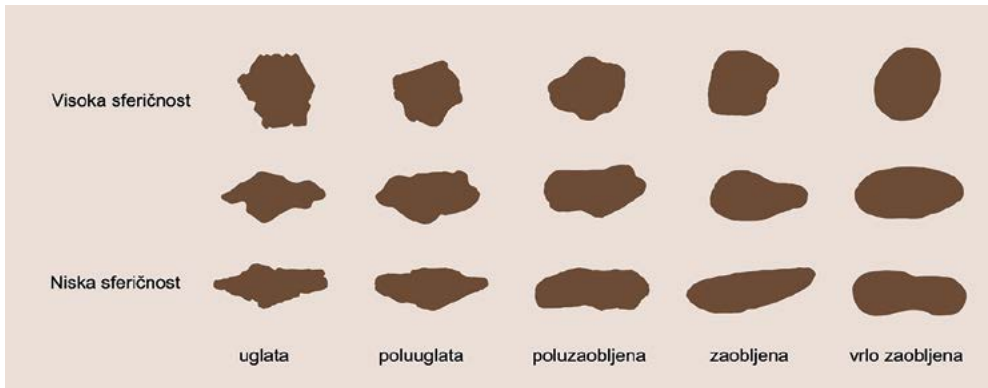
Glavne morfološke značajke zrna jesu njegov oblik, sferičnost i zaobljenost (slike 81 i 82). Oblik se odnosi na opću konturu zrna, pa tako zrna mogu biti sferoidna, diskoidna, elipsoidna, cilindrična, pločasta, izometrična ili nepravilna. Stupanj sferičnosti odnosi

se na to koliko se čestica približava savršenoj sferi, a određuje se od niske do visoke sferičnosti. Zaobljenost zrna ukazuje općenito na duljinu i trajanje prijenosa kojima je zrno bilo izloženo. Vizualna procjena zaobljenosti uključuje pojmove: uglast, poluuglast, poluzaobljen, zaobljen i dobro zaobljen (Powers 1953; Krumbein i Sloss 1963; Tišljar 2004; Karkanias i Goldberg 2019; Angelucci 2022).

Grada sedimenta odnosi se na način pakiranja, tj. potporu i orijentaciju zrna ili klasta. Način pakiranja (slika 83) u kojemu se zrna ili klasti koji čine skelet sedimenta (krupnozrnati dio sedimenta) međusobno dodiruju naziva se zrnskom potporom, pri čemu se u međuprostorima zrna može nalaziti matriks (sitni detritus, obično mulj ili glina) ili matriks može izostati (tzv. *open-work* potpora). Ako zrna „plivaju” unutar matriksa, odnosno ne dodiruju se, riječ je o matriksnoj potpori (Tišljar 2004; Goldberg i Macphail 2006; Angelucci 2022). Nakon taloženja zrna, a izlučivanjem mineralne tvari i/ili na mjestu otopljenih zrna, iz pornih otopina nastaje cement. Pore su slobodni prostori (praznine) između zrna u kojima nema ni matriksa ni cementa (Tišljar 2004). U pedologiji i

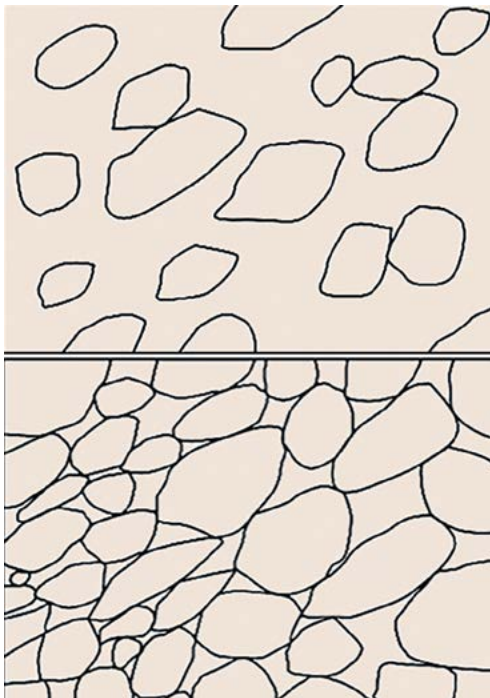


Slika 81: Tablica za određivanje oblika zrna: lijevi stupac – cilindrično, pločasto, elipsoidno, nepravilno; desni stupac – diskoidno, sferoidno, izometrično (prema Krumbieniu i Slossu 1963 te Karkaniasu i Goldbergu 2019).



Slika 82: Tablica za određivanje stupnja sferičnosti i zaobljenosti zrna (prema Powersu 1963).

mikromorfologiji građa ima šire značenje i obuhvaća cjelokupnu organizaciju tla ili sedimenta (vidi I. dio 4.6.2). Valutice i zrna koji nisu sferičnoga oblika imaju određenu orijentaciju. Preferirana se orijentacija uočava kada značajna količina klasta ili zrna



Slika 83: Shematski prikaz načina pakiranja zrna ili klasta: Iznad – zrnska potpora (ili klastna potpora); Ispod – matriksna potpora (prema <https://geologyistheway.com/sedimentary/packing/>, pristupljeno 10. 2. 2024.).

u sloju ima posebnu orijentaciju. U riječnim su okolišima primjerice izdužene valutice šljunaka svojom dužom osi orijentirane paralelno sa smjerom toka (imbrikacija) ako je energija vode visoka, a okomito su orijentirane na smjer toka ako je energija vode niska. Ljudske aktivnosti rijetko kada proizvode imbricaciju; na primjer, slabom imbricacijom mogu rezultirati materijali koje je čovjek odložio na padini (Tišljar 2004; Karkanis i Goldberg 2019).

4.3 Tlo

Postanak i razvoj tla ovisi o mnogim čimbenicima, a nastaje trošenjem kemijskim, fizičkim ili biološkim procesima. Tlo nastaje pedogenezom na matičnoj stijeni, odnosno matičnom supstratu (ako se radi o rastresitom, nevezanom materijalu) te ovisi o reljefu, klimi, biljnom i životinjskom svijetu, vremenu potrebnom za nastanak tla,

pa i čovjeku. Razumijevanje procesa nastanka tla na nekom arheološkom nalazištu može biti ključno za tumačenje procesa nastanka samoga nalazišta i pedogenetskih promjena koje su mogle utjecati na arheološki zapis (slika 84).

Procesom pedogeneze nastaju horizonti tla koji su paralelni s površinom, a međusobno se razlikuju po boji, sastavu, vlažnosti itd. Postanak tla, tj. pedogeneza odvija se u uvjetima stabilnoga okoliša, kad nema erozije ili taloženja, dakle suprotno od sedimenata. Pedogenetski procesi djeluju od površine prema dolje (u dubinu) mijenjajući postojeće sedimente, dok izvorna površina ostaje stabilna. Pedogeneza stoga ne uzrokuje nakupljanje novih sedimenata, već mijenja postojeće. Budući da je to sekundarna pojava, koja se događa nakon formiranja sedimenata (često nakon dugog vremena), obično ne postoji kronološka veza između horizonata tla i arheološke građe u sedimentima koji su zahvaćeni pedogenezom.

Postoje brojne klasifikacije tipova tala, uz one nacionalne u uporabi su najčešće klasifikacije koje su izradili Organizacija UN-a za hranu i poljoprivredu (*Food and Agriculture Organization*, FAO), zatim Svjetska referentna osnovica za tlo (*World Reference Base for Soil Resources*, WRB) i taksonomija tla Ministarstva poljoprivrede SAD-a (*United States Department of Agriculture*, USDA).

Prema FAO-u (2006), osnovni horizonti tla jesu:

O – organski površinski horizont, sastoji se od nerazgrađene ili samo djelomično razgrađene organske tvari

A – mineralni horizont koji se nalazi na površini ili neposredno ispod O horizonta; humificirana organska tvar unutar mineralne frakcije

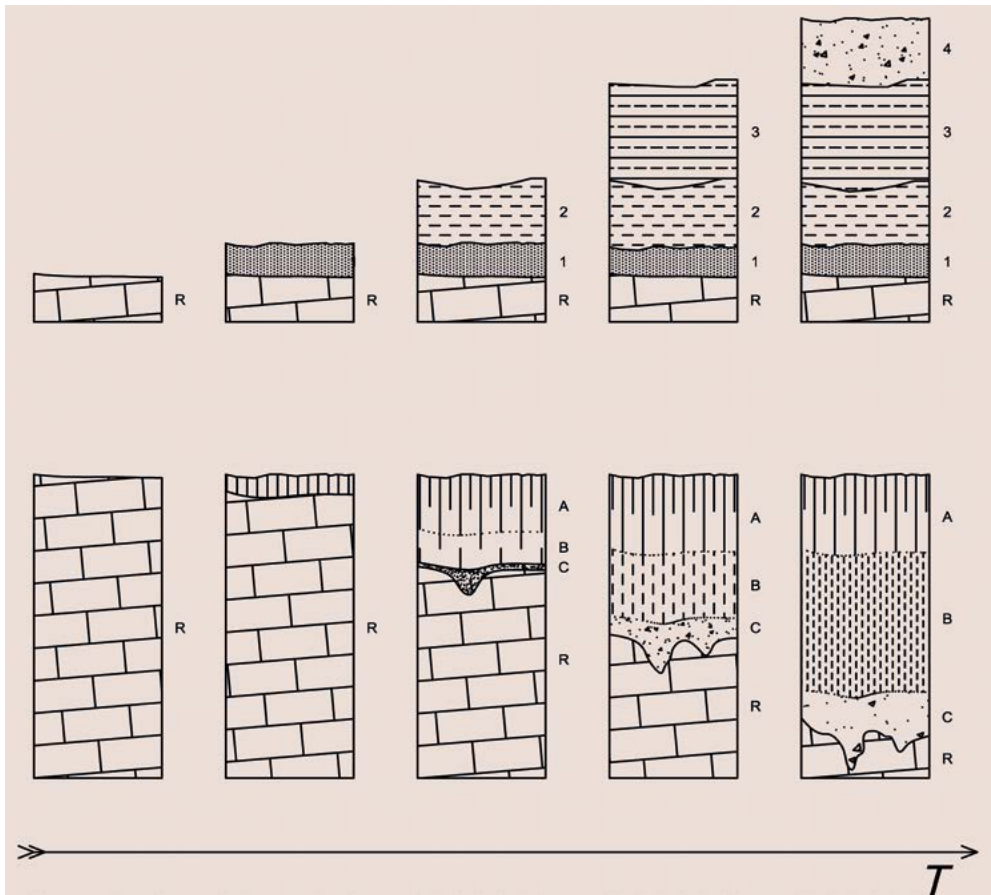
E – mineralni horizont koji se nalazi ispod A ili O horizonta, a karakterizira ga smanjeni sadržaj gline i/ili željeza i/ili aluminija; eluvijalni horizont

B – mineralni horizont, može se nalaziti ispod O, A ili E horizonta, karakterizira ga povećani sadržaj gline/željeza/aluminija iz horizonta E; iluvijalni horizont

C – mineralni horizont koji karakterizira slaba alteracija, tj. rastresiti dio matičnog supstrata/stijene, bez znakova pedogenetskih procesa

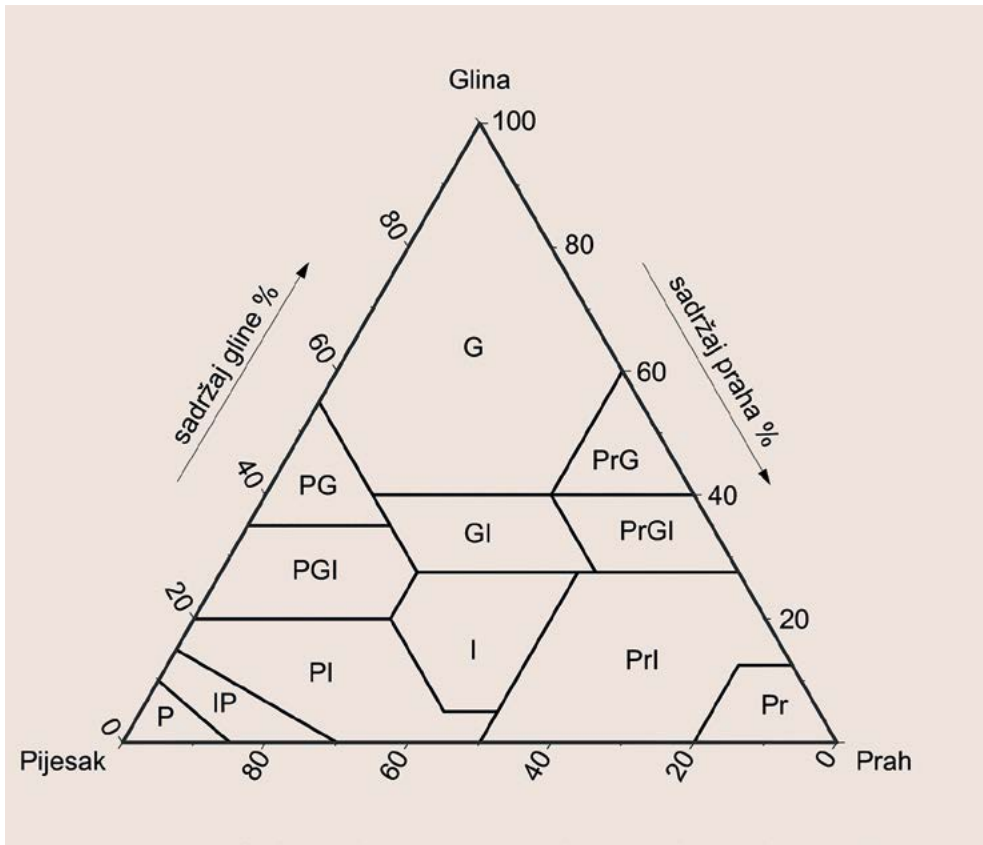
R – matična stijena

Čestice (zrna) tla grupiraju se u veličinske frakcije slično kao i sedimenti. Frakcija tla veća od 2 mm naziva se skelet, a frakcija sitnija od 2 mm naziva se sitnica. Općenito se frakcija tla dijeli na kamen, šljunak, pijesak, prah i glinu. Za razliku od **sedimentologije** (vidi I. dio 4.2.1), u pedologiji se najčešće upotrebljava tzv. Atterbergova ljestvica (1905), koja granicu između gline i praha postavlja na 0,002 mm, između praha i pijeska na 0,02 mm, pijeska i šljunka na 2 mm i šljunka i kamena na 20 mm. Također, sedimentologija i pedologija razlikuju i terminologiju, počevši od svojstva tla koje se odnosi na veličinu čestica, tj. **teksturu tla**, koje se u sedimentologiji naziva strukturom sedimenta. Za određivanje teksture tla u odnosu na sedimente, razlika u postavljenim granicama između pojedinih frakcija prati i razlike u nomenklaturi. Prema udjelu pojedinih frakcija, tla se klasificiraju u 12 teksturnih kategorija (slika 85).



Slika 84: Usporedni prikaz nastanka sedimentnih i pedogenetskih sljedova kroz vrijeme. Gornji red: počevši od supstrata, tj. matične stijene, sedimenti se nakupljaju nad drugim sedimentima uzrokujući rast slijeda i pomicanje slobodne površine prema gore. Donji red: tla se formiraju od površine prema dolje i uzrokuju spuštanje supstrata, dok razina površine ostaje nepromijenjena. Prostor između slobodne površine i neizmijenjenog supstrata zauzimaju pedogenetski horizonti (horizonti tla) nastali *in situ* bez sedimentnih nanosa i sastoje se od produkata alteracije same podloge (uglavnom površinskih) pomiješane s organskom tvari. Vrijeme teče s lijeva na desno (strelica). R: matična stijena; 1-5: slojevi različite litologije, u slijedu; A, B, C: pedološki horizonti (Izradio G. Boschian).

Strukturu tla čine strukturni agregati. To su povezane skupine čestica međusobno odvojene porama (prazninama u kojima se nalaze zrak i/ili voda). Agregacija i poroznost tla čine pedogenetsku strukturu tla, po čemu se tla razlikuju od sedimenata, koji ovaj tip strukture nemaju. Nomenklatura pedogenetskih struktura slijedi međunarodne opisne norme te se opis agregacije temelji na obliku agregata (mrvičasta, pločasta, grudasta, prizmatična struktura itd.) i njihovoj veličini (Angelucci 2022).



Slika 85: Trokomponentni dijagram za određivanje teksture tla: P pijesak, IP ilovasti pijesak, PI pjeskovita ilovača, I ilovača, Pr prah, PrI praškasta ilovača, GI glinasta ilovača, PGI pjeskovito glinasto ilovača, PrGI praškasto glinasto ilovača, PG pjeskovita glina, PrG praškasta glina, G glina (prema USDA <https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator>, pristupljeno 26. veljače 2024.).

Koherencija tla predstavlja sile koje čestice tla drže na okupu. O koherencija tla ovisi njihova zbijenost, pa tako tla mogu biti rahla ili zbijena. Povećanjem vlažnosti tla smanjuje se koherencija, a tla od zbijenih postaju rahla.

Boja je jedno od najočitijih svojstava tla. Kako bi se što više smanjila subjektivnost u određivanju boja i standardizirala terminologija opisa, koristi se Munsellov atlas za određivanje boje tla (*Munsell Soil Color Chart*). Boja se određuje (obično u vlažnom stanju tla) na temelju triju parametara (slika 86):

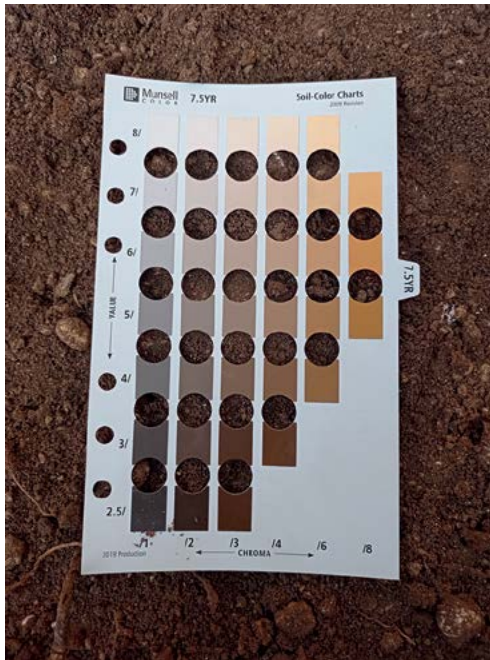
- a) *hue* – nijansa (osnovna boja tla)
- b) *value* – svjetlina (od najtamnije do najsvjetlije)
- c) *chroma* – intenzitet (od neutralne do najintenzivnije boje).

Boja horizonta tla ovisi o sastavu i nekim čimbenicima poput sljedećih (Angelucci 2022):

- organska tvar tlu daje smeđu ili tamnosmeđu boju
- željezni oksidi daju smeđu ili crvenu boju
- magnezijevi oksidi zaslužni su za tamne mrlje i crnu nijansu
- karbonati i sulfati daju bijele boje
- procjeđivanje – kada je loše, tj. kada je tlo trajno impregnirano vodom, ono dobiva plavu, zelenu ili sivu boju, odnosno, kada je povremeno saturirano, tada nastaju sive, crvene ili crne mrlje.

Munsellov atlas boja koristi se i za određivanje boja svih arheoloških taložina, i prirodnih i antropogenih.

Paleotlo je tlo koje je nastalo u prošlosti i koje bilježi procese nastanka tla koji su se odvijali ili su započeli u prošlosti (Angelucci 2022). Paleotla u sebi čuvaju tragove nekadašnjih krajolika te su stoga posebno zanimljiva arheolozima jer omogućuju njegovu rekonstrukciju, a time i razumijevanje odnosa između čovjeka i okoliša. Paleotla mogu biti (Cremaschi 2008):



Slika 86: Mikropresjek (mikroskopski preparat).

- zatrpana tla (ili fosilna tla) – stara tla koja su zatrpana mlađim sedimentima koji su ih izolirali od površinskih procesa, pa je njihov razvoj ometen ili prekinut; ova tla predstavljaju faze stabilnosti površine u kojima nije bilo taloženja sedimenata ili je ono bilo vrlo ograničeno
- reliktna tla – posjeduju svojstva prijašnjih pedogenetskih procesa koji nisu kompatibilni sa sadašnjim pedogenetskim režimom i danas se više ne razvijaju
- paleotla nastala prilikom više pedogenetskih ciklusa – ova paleotla u svom profilu sadrže karakteristike pedogenetskih ciklusa iz različitoga vremena i koje su nastale različitim procesima.

4.4 Arheološka stratigrafija

U arheološkoj i geoarheološkoj literaturi, arheološka stratigrafija je raznoliko definirana. Možemo je sažeti kao proučavanje prostornog i vremenskog rasporeda stratigrafskih jedinica koje čine stratigrafski slijed. Stratigrafija nam pomaže u organiziranju tvorevina (objekata), artefakata i ekofakata, manuporta, sedimenata i tala kako bi razumjeli kronološki redoslijed događaja na arheološkome nalazištu (Karkanás i Goldberg 2019).

Stratigrafska jedinica se definira kao „arheološki sloj i/ili tvorevina nastali u određenome razdoblju i prostoru” (Karavanić i sur. 2015).

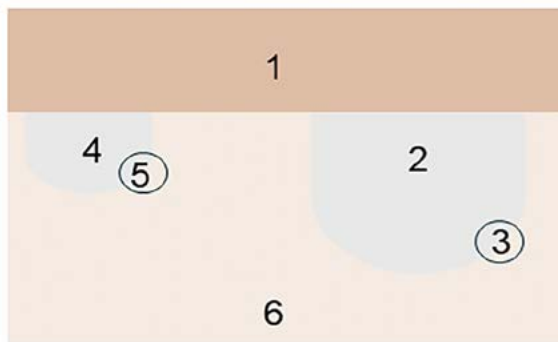
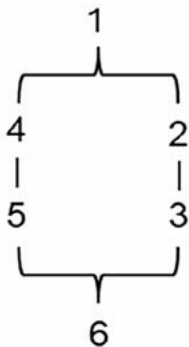
U prirodnom okolišu sloj je sedimentno tijelo uglavnom jednolična sastava, omeđeno dvjema uglavnom ravnim i međusobno paralelnim plohama, tj. donjom i gornjom slojnom plohom. Slojevi tanji od 1 cm nazivaju se laminama.

Kulturni sloj je sediment ili tlo s ostacima ljudskih aktivnosti.

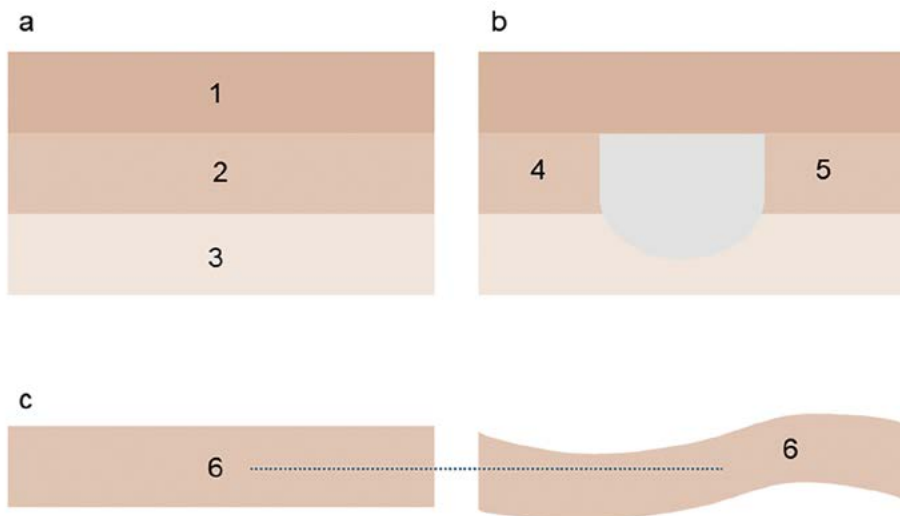
Edward Harris je u svome ključnom djelu „Principles of Archaeological Stratigraphy” (Harris 1979 i 2. izdanje 1989) predstavio dijagram koji prikazuje međusobne odnose stratigrafskih jedinica, tzv. Harrisovu matricu, prikaz koji je i danas najčešće u uporabi (slika 87).

Harrisova matrica temelji se na primjeni osnovnih stratigrafskih načela (slika 88) koje je uspostavio N. Steno (Harris 1989; Angelucci 2022; Karkanás i Goldberg 2019):

- a) Superpozicija: u neporemećenom slijedu slojeva viši su slojevi načelno mlađi, dok su dublji slojevi načelno stariji.
- b) Originalno bočno pružanje: bilo koja taložina, otkrivena in situ, bit će ograničena prostorom taloženja, a ako to nije slučaj, njeni će se rubovi tanjiti što se više



Slika 87: Primjer Harrisove matrice.



Slika 88: Osnovna stratigrafska načela: a) superpozicija, b) originalno bočno pružanje (slojevi 4 i 5 su izvorno bili kontinuirani, tj. dio istoga sloja) c) originalna horizontalnost (prema Angelucci, 2022).

udaljava od središnjeg dijela taloženja. Ukoliko je rub nekog sloja otkriven u okomitoj poziciji, to znači da je dio originalnog opsega cjeline ili sloja uklonjen bilo erozijom bilo kopanjem.

- c) Originalna horizontalnost: svaki sloj koji je taložen u nekonsolidiranom obliku, s vremenom će imati tendenciju ka dispoziciji u horizontalnoj ravnini. S time da arheološki slojevi čije su površine u nagnutim položajima izvorno su tako položeni, ili leže u skladu s konturama već postojeće (ranije formirane) površine taloženja.

Harris ovim načelima dodaje i načelo stratigrafskoga slijeda koje kaže da položaj svake stratigrafske jedinice u stratigrafskom slijedu nekog nalazišta određuje položaj najniže stratigrafske jedinice koja se nalazi iznad nje i položaj najviše stratigrafske jedinice koja se nalazi ispod nje. Dakle, njezina relativna kronologija može se izravno uspostaviti samo u odnosu na one stratigrafske jedinice s kojima dijeli fizički kontakt, dok su odnosi s ostalim jedinicama suvišni.

Glavna kritika Harrisove matrice je pretpostavka da se interfaciji (kontakti) mogu definirati tijekom iskopavanja bez razumijevanja procesa koji su nataložili ili erodirali stratigrafske jedinice i zapravo stvorili te interfacije (Karkanias i Goldberg 2019).

Izravan pokazatelj promjena u uvjetima taloženja jesu jasnoća i oblik stratigrafskih kontakata. Prema svom obliku, kontakti mogu biti glatki, valoviti, nepravilni i isprekidani (slika 89), a jasnoća kontakata (slika 90) može biti oštra, nagla, jasna, postupna i difuzna (Catt 1990).

OBLIK KONTAKTA	
GLATKI KONTAKT	površina kontakta je ravnina s malo ili bez nepravilnosti i obično se javlja na istoj dubini uzduž profila
VALOVITI KONTAKT	površina kontakta ima široke, plitke, relativno redovite džepove
NEPRAVILNI KONTAKT	površina kontakta ima džepove koji su dublji nego što su široki
ISPREKIDANI KONTAKT	najmanje jedna SJ je diskontinuirana i kontakt se prekida

Slika 89: Određivanje oblika kontakta.

JASNOĆA KONTAKTA	
OŠTRI KONTAKT	promjena prema sljedećoj SJ javlja se u nejasnom pojasu debljine 0.5 cm
NAGLI KONTAKT	promjena prema sljedećoj SJ javlja se u nejasnom pojasu debljine 0.5-2.5 cm
JASNI KONTAKT	promjena prema sljedećoj SJ javlja se u nejasnom pojasu debljine 2.5-6 cm
POSTUPNI KONTAKT	promjena prema sljedećoj SJ javlja se u nejasnom pojasu debljine 6-13 cm
DIFUZNI KONTAKT	promjena prema sljedećoj SJ javlja se u pojasu debljem od 13 cm

Slika 90: Određivanje jasnoće kontakta.

4.5 Uzorkovanje i pohrana uzoraka

Dvije osnovne analize za koje geoarheolog najčešće uzima uzorke na arheološkom nalazištu jesu granulometrijska i rutinske geokemijske analize te mikromorfološka analiza sedimenata i tla.

Prije samoga uzorkovanja, uz pomoć oštrog alata, potrebno je dobro očistiti površinu koju uzorkujemo na način da kontakti između pojedinih stratigrafskih jedinica ne budu zamrljani. Čišćenje profila omogućuje geoarheologu i da osjeti strukturu sedimenta/teksturu tla, dobije prve informacije o stratigrafiji i postavi prve radne hipoteze o procesima nastajanja arheološkog nalazišta. Nakon čišćenja potrebno je skicirati i fotografirati stratigrafski slijed, ustanoviti pojedine stratigrafske jedinice, detaljno opisati sedimente/tlo te postaviti hipoteze i preliminarnu interpretaciju.

Nakon čišćenja profila sonde izloženih arheološkim iskopavanjem, odabire se jedan ili više profila za detaljno proučavanje i uzorkovanje. Uzorkovati se mogu i sve vrste tvorevina.

S obzirom da geoarheolog najčešće uzorkuje sedimente/tlo nakon što je (dobar dio) sonde (a time i sedimenta/tla!) već iskopan, dobra suradnja s voditeljem i timom arheologa na terenu ključna je za razumijevanje geometrije stratigrafskih jedinica i pouzdanu interpretaciju stratigrafskoga slijeda.

U špiljama se uzorci za granulometrijsku analizu prikupljaju u principu iz svake stratigrafske jedinice ili iz one jedinice koja je reprezentativna za određenu skupinu sedimenta, dok se na nalazištima na otvorenome uzimaju ovisno o pitanjima na koje geoarheolog mora odgovoriti. Uzorci se prikupljaju u rastresitom obliku i spremaju u vrećicu (slika 91), a količina uzorka ovisi o vrsti sedimenta (za sitnozrnate sedimente je obično dovoljno 50-100 g, a za krupnozrnate i više od 200 g). Nakon prikupljanja uzorka, na vrećicu je potrebno napisati signaturu koja sadrži podatke o nalazištu, sondi, stratigrafskoj jedinici, broju odnosno nazivu uzorka te datum prikupljanja.

Za razliku od uzoraka za granulometrijsku analizu, uzorci za mikromorfološku analizu (slika 92) ne smiju biti poremećeni i moraju imati originalnu orijentaciju, tako da svi elementi koji čine sediment ili tlo zadrže svoj originalni položaj. Uzorci se najčešće uzimaju tako da se u sedimentu/tlu zareže blok i odlomi od podloge; zatim se uzorak čvrsto zamota u papirnati ubrus/WC papir i zaljepi ljepljivom trakom. Na uzorak je potrebno strelicom naznačiti njegovu orijentaciju te napisati broj/naziv uzorka, stratigrafsku jedinicu, nalazište itd. (slika 93). Uzorak vlažnog sedimenta zamotan u papirnati ubrus bolje je ne pakirati u plastične vrećice jer bi se mogao raspasti i na njemu se stvaraju plijesni. Ukoliko sastav i konzistencija sedimenta to dozvoljavaju ili zahtijevaju (npr. kod pjeskovitih sedimenta), uzorak se može uzeti uz pomoć tzv. Kubierna kutije, a poslužiti će i obična limenka ili plastična kutija. Kod izrazito kamenitih sedimenta bit će potrebno uzorak i zagipsati. Za mikromorfološku analizu može se uzorkovati pojedinačna stratigrafska jedinica ili više stratigrafskih jedinica u istom uzorku kada su one tanke ili nas zanimaju njihovi međusobni kontakti.

ŠTO MORA SADRŽAVATI GEOARHEOLOŠKI OPIS STRATIGRAFSKOGA SLIJEDA

- oznaku stratigrafske jedinice (SJ)
- oznaku boje (prema Munsellu)
- opis matriksa: veličina čestica, agregati, cementacija i sl.
- opis skeleta: potpora, učestalost, oblik i veličina klasta
- opis kontakata: oblik i jasnoća kontakta (opisuje se donji kontakt)
- dubinu, debljinu i lateralnu varijabilnost SJ
- kontekst i ostala zapažanja

Važno je istaknuti da razlog izvedbe mikromorfološke analize mora biti unaprijed određen, da pitanja na koje tražimo odgovor i rezultati koje očekujemo moraju biti jasno postavljeni, te da će rezultati ovisiti i o strategiji uzorkovanja. Tako će npr. pri analizi podova kuća uzorci biti uzimani u manjim intervalima kako bi se mogle



Slika 91: Uzorci za granulometrijske analize prikupljeni u vrećicama.

ustanoviti različite aktivnosti koje su se u kući odvijale, a koje često ne možemo prepoznati tijekom iskopavanja.

Nakon obavljenog uzorkovanja, potrebno je dokumentirati mjesta na kojima su uzorci prikupljeni (fotografije, skice, koordinate; slika 94).

4.6 Geoarheološka analiza: granulometrija i mikromorfologija

4.6.1 Granulometrijska analiza sedimenata

U geoarheologiji se za mjerenje klasta većih od 63 mm (klasti veličine blokova i krupnog šljunka, tj. oblutaka) najčešće primjenjuje izravno mjerenje na terenu. Klasti se mjere mjernom trakom (metrom) ili ravnalom. Određivanje veličine klasta do 2 mm također je najpraktičnije provesti na terenu. Primjenjuje se prosijavanje uzorka nizom rupičastih sita različitih veličina okruglih otvora, tako da se uzorak razdijeli u više frakcija (obično četiri) koje nakon prosijavanja ostaju u pojedinom situ. Nakon prosijavanja slijedi vaganje svake pojedine frakcije radi dobivanja težinskih postotaka udjela svake frakcije u ukupnom uzorku.

Granulometrijske analize fine frakcije (< 2 mm) izvode se u laboratoriju i mogu se provesti s pomoću više različitih i komplementarnih metoda.



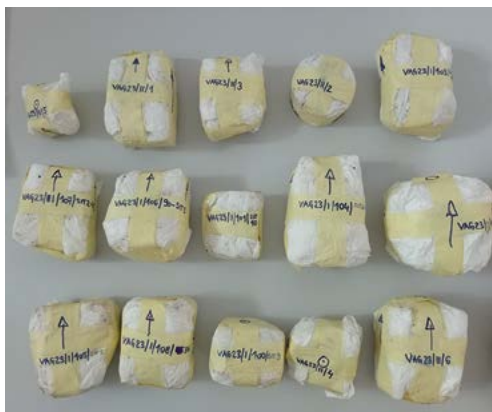
Slika 92: Uzorkovanje sedimenta za mikromorfološke analize. Foto: G. Boschian.

U ovoj knjizi opisane su metode kojima se koristimo u laboratoriju Centra za interdisciplinarna arheološka istraživanja krajolika Filozofskoga fakulteta u Puli. Granulometrijski sastav određujemo mokrim prosijavanjem za čestice > 0,063 mm i sedimentacijskom analizom za čestice < 0,063 mm.

Laboratorijski postupak određivanja veličine čestica fine frakcije je sljedeći:

1. Prikupljeni uzorak sedimenta ili tla u laboratoriju najprije osušimo. Iz ukupnog uzorka prikupljenog na terenu izdvojimo dva poduzorka čija težina mora biti proporcionalna granulometrijskom sastavu sedimenta, kako bi bila statistički vjerodostojna (obično se odvaže 50 – 100 g na preciznoj vagi).

2. Uzorke je potrebno rastaviti na sastavne dijelove, tj. zrna. Oba poduzorka namaču se i mućkaju u (destiliranoj) vodi, zatim se jedan uzorak tretira vodikovim peroksidom (H_2O_2), a drugi klorovodičnom kiselinom (HCl). Ovaj dio postupka obavljamo u digestoru (ventiliranom kabinetu s pomičnim prednjim ostakljenim vratima; slika 95). Otopinom vodikovog peroksida (130 vol) uzorak se disperzira, što uzrokuje raspadanje uzorka na zrna i čestice, dok se 10-postotnom otopinom klorovodične kiseline (solne kiseline) otapa kalcit i/ili aragonit koji se nalazi u sedimentu ili tlu kao vezivo ili matriks. Zbog isparavanja ovaj dio postupka obavljamo u digestoru. Nakon što reakcija (koja se očituje pjenušanjem suspenzije) završi, a prije prosijavanja, potrebno je uzorak nekoliko puta isprati (destiliranom) vodom.



Slika 93a: Uzorci za mikromorfološku analizu.



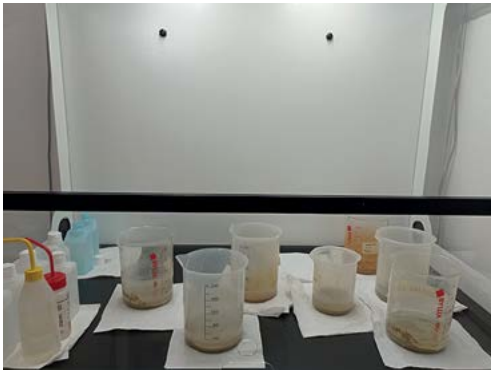
Slika 93b: Uzorak za mikromorfološku analizu prikupljen kutijom.



Slika 94: Dokumentiranje mjesta na kojima su prikupljeni uzorci.

3. Slijedi **mokro prosijavanje** uzoraka kroz 11 laboratorijskih sita poslaganih u nizu (slika 96) počevši od onoga s najvećim promjerom (na vrhu stupca) do sita s najmanjim promjerom otvora, koje se stavlja na dno s izljevom. Promjeri otvora na sitima iznose: 2 mm; 1,4 mm; 1 mm; 0,71 mm; 0,5 mm; 0,355 mm; 0,25 mm; 0,18 mm; 0,125 mm; 0,090 mm i 0,063 mm. Dakle, metodom prosijavanja određuje se veličina zrna finog šljunka (4 – 2 mm) i pijeska (2 – 0,063 mm), prema granicama koje je definirao Wentworth (1922). Frakcija mulja (> 0,063 mm) koja je zajedno s vodom prošla kroz sva sita, izljeva se i taloži u plastičnoj kanti.

4. Sita s frakcijama u rasponu od finog šljunka do vrlo finog pijeska (4 – 0,063 mm) zatim se suše u sušioniku na temperaturi od 105 ° C (slika 97) te im se mjeri težina (slika 97) laboratorijskom vagom. Iz kante koja sadrži frakciju mulja dekantira se voda, a određivanje frakcije mulja nastavlja se metodom **sedimentacije**.



Slika 95: Digestor (ventilirani kabinet) u kojem se provode kemijske reakcije.



Slika 96: Sušenje uzoraka u sitima, u sušioniku.

5. Sedimentacijskom analizom određuje se veličina čestica mulja (> 0,063 mm) brzinom njihova padanja. Postoji više metoda sedimentacijske analize, a u našem laboratoriju primjenjujemo metodu areometriranja. Prije samoga mjerenja areometrom potrebno je pripremiti suspenziju uzorka s vodom i antikoagulatorom. Natrijev heksametafosfat (NaPO_3)₆ u otopini 5 g/l onemogućuje da se čestice gline povežu s kationima kao što su kalcij i magnezij. Pripremljena suspenzija ulije se u menzuru od 1000 ml, dobro promućka i započne mjerenje areometrom (slika 98).

Veličina i postotak pojedinih frakcija određuju se mjerenjem gustoće suspenzije u točno određenim vremenskim razmacima (1', 2', 5', 15', 45', 2 h, 8 h, 16 h i 24 h) primjenjujući Stokesov zakon, koji glasi:

$$v = \frac{2}{9} g \frac{D_1 - D_2}{\eta} r^2$$

Pri čemu je v = brzina padanja u cm/s, D_2 = gustoća tekućine, g = viskoznost tekućine, D_1 = gustoća čestice koja pada, r = polumjer čestice koja pada u cm,

g = gravitacija – 981 cm/s (Tišljar 2004). Što su čestice krupnije, brzina padanja je veća.

Mjerenjem gustoće sedimenta pomiješana s vodom i natrijevim heksametafosfatom u određenim vremenskim razmacima, a poznavajući parametre gustoće i viskoznosti tekućine, moguće je dobiti strukturu sedimenta.

Areometar mjeri gustoću čita-ve otopine (tj. vodu, natrijev heksametafosfat i sediment). Da bi se odredilo težinu čestica, potrebno je izmjeriti i samo gustoću vode s natrijevim heksametafosfatom, bez sedimenta, što se onda oduzima od cjelokupne mjere suspenzije. Osim toga, temperatura može utjecati na očitavanje. Metoda je kalibrirana na 20 °C, a ako je temperatura u trenutku mjerenja viša ili niža od 20 °C, potrebne su korekcije. Termometar kojim se očitava temperatura nalazi se u menzuri s vodom i natrijevim heksametafosfatom.

6. Talog mulja na kraju je potrebno isušiti u sušioniku na 105 °C i izvagati. Na taj način dobije se težina frakcije mulja, tj. silta i gline zajedno.

Svi podaci (udio frakcija sitnog šljunka, pijeska, mulja) dobiveni mokrim prosijavanjem i areometriranjem upisuju se u posebno kreirane *Microsoft Excel* tablice (slika 99) u kojima se obavlja računalna obrada podataka. Statistička obrada rezultata granulometrijskih analiza daje informacije o srednjoj i prosječnoj veličini zrna, sortiranosti te ostale statističke parametre važne u istraživanju sedimenata i tala.

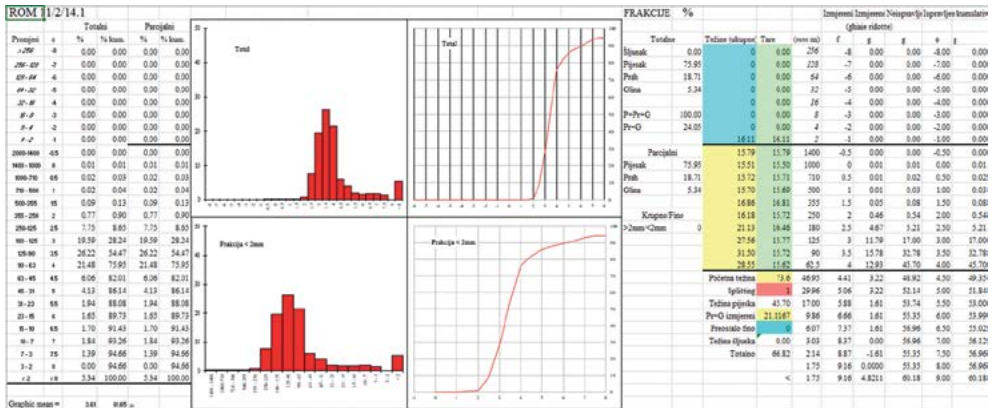
Rezultati granulometrijskih analiza mogu se grafički prikazati histogramom, krivuljom učestalosti raspodjele veličine zrna, kumulativnom granulometrijskom krivuljom i trokomponentnim dijagramima. U grafičkim prikazima na apscisi se unosi veličina zrna, odnosno granične vrijednosti frakcija, a na ordinatu postotak pojedinih frakcija.



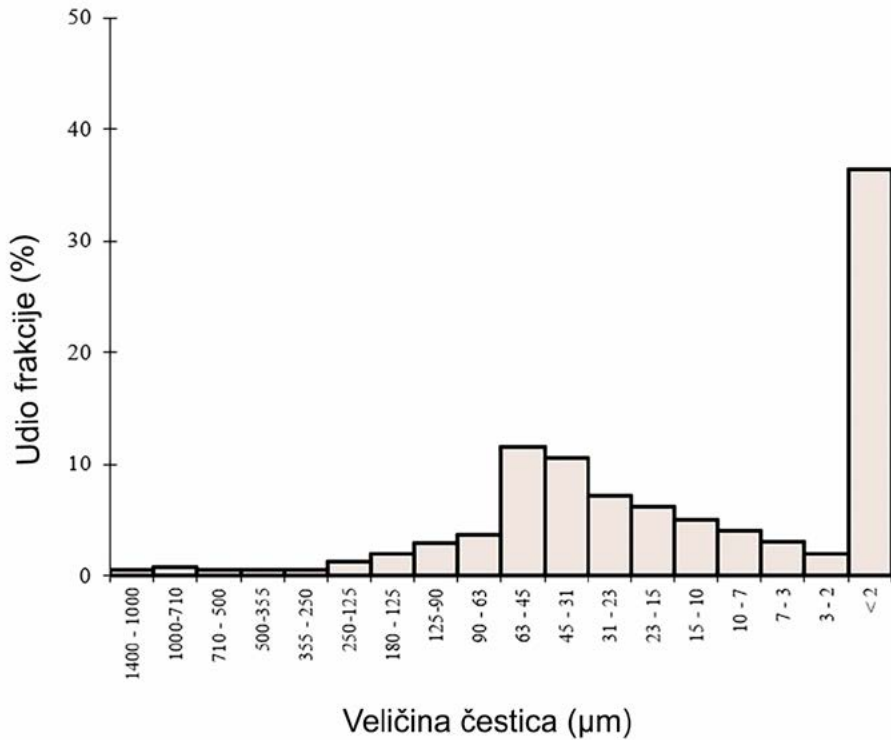
Slika 97: Prosijane frakcije pijeska u posudicama za mjerenje težine.



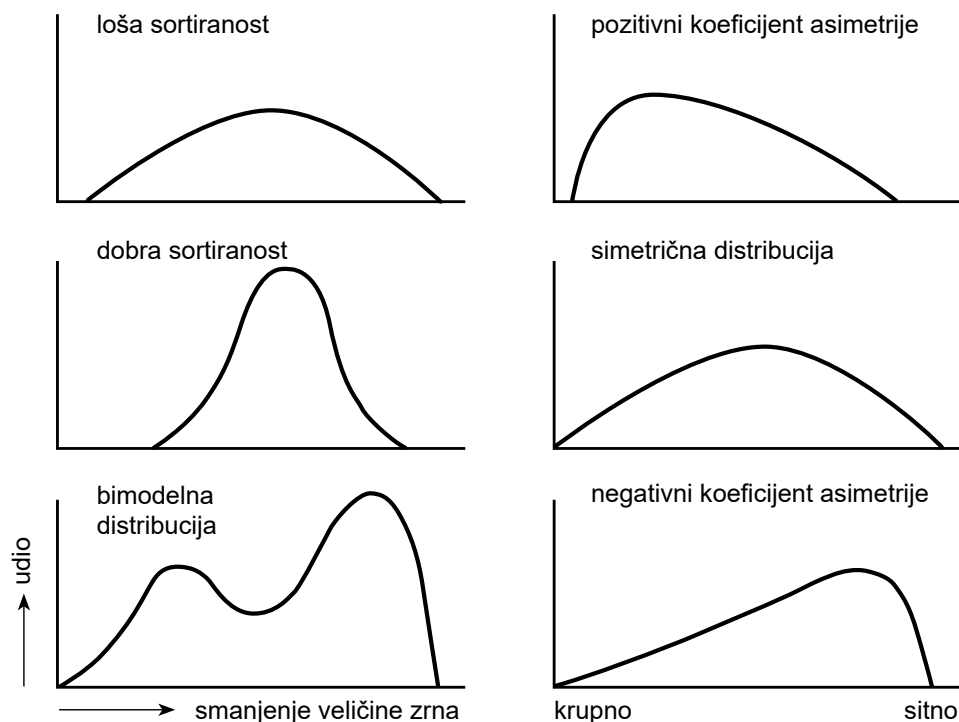
Slika 98: Sedimentacijska analiza.



Slika 99: Primjer Microsoft Excel tablice s granulometrijskim podacima.



Slika 100: Primjer prikaza podataka histogramom.



Slika 101: Prikaz podataka krivuljom učestalosti.

Histogram je prikaz količine svake pojedine frakcije u obliku stupaca (slika 100).

Krivulja učestalosti raspodjele veličine zrna je prikaz količine svake pojedine frakcije u obliku krivulje (slika 101).

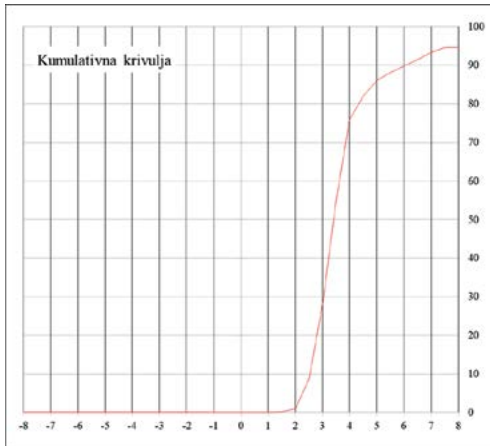
Kumulativna granulometrijska krivulja najčešći je način prikazivanja rezultata granulometrijske analize (slika 102). Ona prikazuje cjelokupan sastav i raspored zrna, mogu se očitati udjeli bilo kojih frakcija i izračunati granulometrijski parametri i koeficijenti (Tišljar 2004; López 2017; Tucker 2023).

Najčešći parametri i koeficijenti jesu sljedeći:

- a) prosječna veličina zrna
- b) medijan ili srednja veličina zrna
- c) mod ili dominantna veličina zrna (vrijednost s najvećom učestalosti, tj. veličina zrna koja se pojavljuje najviše puta)
- d) koeficijent sortiranosti (što je koeficijent veći, to je sortiranost lošija, tj. uzorak sadrži veliki raspon različite veličine zrna); kategorije sortiranosti jesu vrlo dobra, dobra, srednja, loša i vrlo loša sortiranost
- e) koeficijent asimetrije (pokazatelj simetričnosti distribucije čestica, tj. je li krivulja asimetrična na strani krupnijih ili sitnijih zrna).

Na temelju međusobnih udjela pojedinih kategorija veličine zrna moguća je kvantitativna klasifikacija tzv. trokomponentnim dijagramom. U geoarheologiji najviše je u upotrebi Folkov (1980) sustav klasifikacije i nomenklature klastičnih sedimenata (slika 103 i slika 104).

Iste se metode koriste i za određivanje granulometrijskog sastava tla, uz primjenu veličinskih ljestvica i pojmova za određivanje teksture tla (vidi I. dio 4.3).



Slika 102: Kumulativna granulometrijska krivulja: udio pijeska 75.95%, praha 18.71% i gline 5.34%.

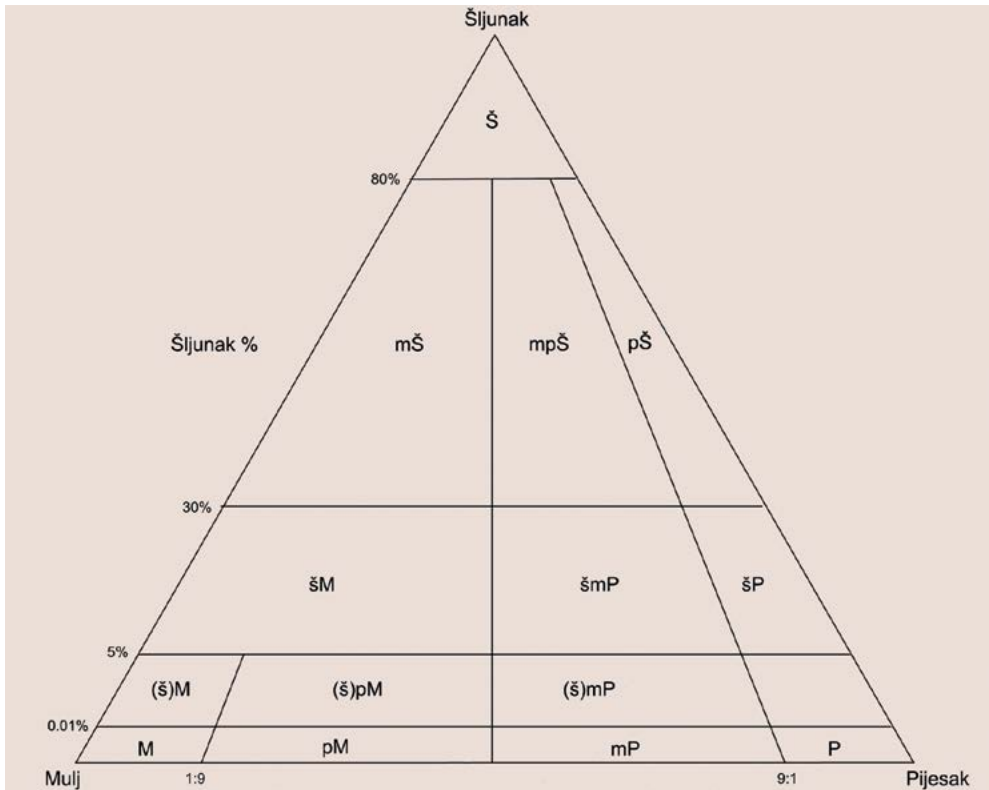
4.6.2 Arheološka mikromorfologija tla i sedimenata

Mikromorfologija tla i sedimenata jest proučavanje neporemećenih uzoraka u mikromorfološkom preparatu (mikropresjeku, slika 78) pod svjetlosnim polarizacijskim mikroskopom (petrografskim mikroskopom). Uz pomoć mikromorfologije može se razotkriti mikroskopske pokazatelje prirodnih i antropogenih procesa. U geoarheologiji ova se metoda koristi prvenstveno za rekonstrukciju paleoklime i **paleookoliša** te procesa nastajanja arheoloških nalazišta (Cremaschi 2008).

Mikromorfologija nam omogućuje prepoznavanje specifičnih aspekata ljudskog ponašanja, koji se inače ne bi mogli otkriti prostim okom.

Uzorak za mikromorfološku analizu uzima se u cjelovitim neporemećenim blokovima, orijentiranim na način da svi elementi tla ili sedimenta zadrže svoje originalne položaje (vidi I. dio, 4.5). Uzorak se nakon sušenja impregnira epoksidnom smolom, a nakon što se učvrstio („petrificirao”), reže se i lijepi na staklo te brusi na standardnu debljinu od 30 µm. Veličina mikropresjeka varira, a najčešće iznosi 28x48 mm, 90x60 mm ili 120x90 mm (slika 104). Za razliku od granulometrijske analize, koju možemo provesti u relativno kratkom periodu, postupak dobivanja gotovog preparata za mikromorfološku analizu u pravilu traje nekoliko mjeseci, te je takvu vrstu analiza potrebno unaprijed isplanirati (Ayala i dr. 2007).

Već 1938. godine austrijski znanstvenik W. L. Kubišna objavio je knjigu „Micropedology” koja predstavlja prvi pokušaj uvođenja terminologije za opis uzoraka i prvu sintezu dotadašnjeg znanja o mikromorfologiji. Do većeg zanimanja za ovu disciplinu došlo je tek 1960-ih godina kada se pokazala potreba za novim sustavom za mikromorfološke opise preparata (slika 105) i potreba za novom

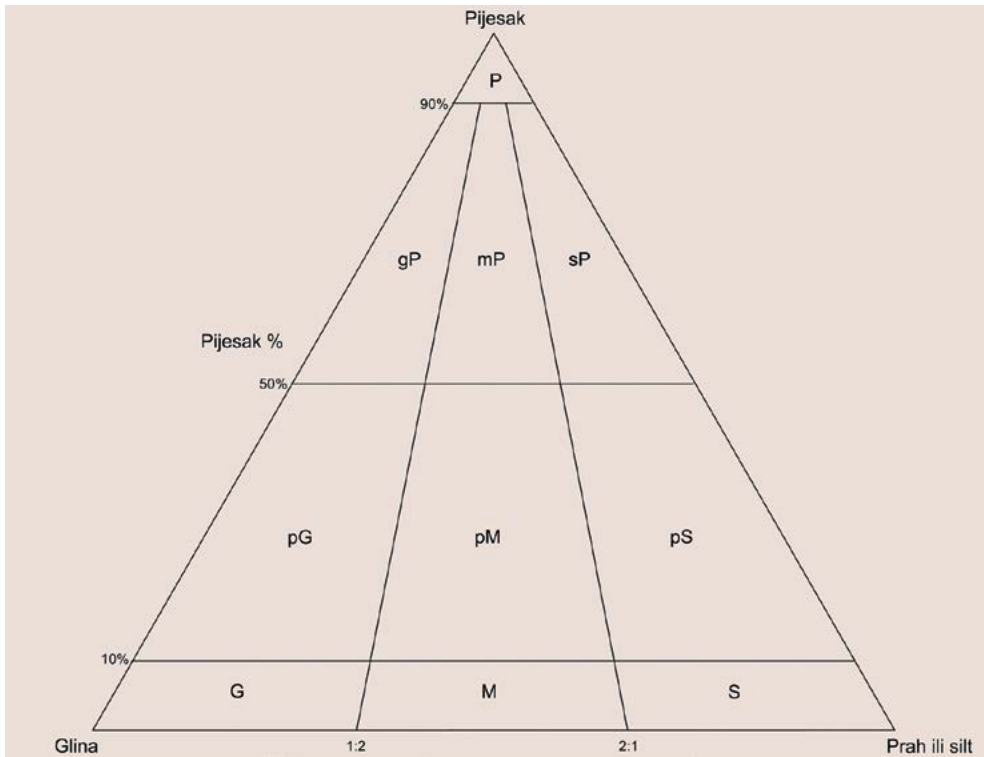


Slika 103: Folkov trokomponentni dijagram za šljunak-pijesak-mulj: Š šljunak, mš muljeviti šljunak, mpš muljevito-pjeskoviti šljunak, pš pjeskoviti šljunak, šM šljunkoviti mulj, šmP šljunkovito-muljeviti pijesak, šP šljunkoviti pijesak, (š)M šljunkoviti mulj, (š)pM šljunkovito-pjeskoviti mulj, (š)mP šljunkovito-muljeviti pijesak, M mulj, pM pjeskoviti mulj, mP muljeviti pijesak, P pijesak.

terminologijom koju su uveli australski znanstvenici R. Brewer i J. Sleeman (Fabric and Mineral Analysis of Soils, 1964). S novim saznanjima i otkrićima na području mikromorfologije i mnogobrojnim publikacijama koje su se javile od 1960-ih godina, radi lakšeg sporazumijevanja među mikromorfolozima, Bullock i sur. predložili su novu terminologiju (Handbook for Soil Thin Section Description, 1985.) koja je u većoj mjeri i danas općeprihvaćena. Danas se glavne upute za opis mikropresjeka Guideines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections (Stoops 2003) temelje upravo na prethodnoj, samo djelomično izmijenjenoj Bullockovoj terminologiji.

Ovdje donosimo samo osnovne pojmove (Stoops 2003):

- a) Građa (fabric) se odnosi na ukupnu organizaciju nekog sedimenta/tla, izraženu putem prostorne organizacije svojih sastojaka (bilo da su u tekućem, plinovitom ili krutom stanju), putem njihovog oblika, veličine i učestalosti.



Slika 104: Folkov trokomponentni dijagram za pijesak-prah-glinu: P pijesak, gP glinoviti pijesak, mP muljeviti pijesak, sP prahoviti pijesak, pG pjeskovita glina, pM pjeskoviti mulj, pS pjeskoviti prah, G glina, M mulj, S prah.

- b) Mikrostruktura je onaj dio građe koji se odnosi na odnos između krute faze i one koja to nije u sedimentu/tlu. Da bi mogli definirati neku mikrostrukturu, potrebno je odrediti morfologiju agregata i stupanj njihovog razdvajanja (kod tla), morfologiju praznina i odnos između praznina i minerala (Cremaschi 2008:78, Stoops 2003).
- c) U mikropresjeku, granica između grube i fine frakcije (*c/f limit*) nije fiksirana, već se određuje za svaki uzorak posebno. Ta mogućnost odabira utječe na određivanje relativne raspodjele grubih i finih sastojaka (*c/f related distribution*), koja izražava raspodjelu određenih jedinica građe u odnosu s manjim jedinicama i prazninama (porama).
- d) Osnovni dijelovi jesu najjednostavnije čestice, mineralne i organske, koje se mogu opaziti u mikropresjeku (slike 106 i 107). Među mineralnim sastojcima, najčešći su: zrna minerala i ulomci stijena, neorganski ostaci biološkog porijekla (elementi mineralne prirode koji nastaju kao produkt živih biljnih i životinjskih

organizama, npr. **fitoliti**, **sferuliti**, školjke, ljuške jajeta, kristali oksalata, fragmenti kostiju itd.), zatim antropogeni elementi (npr. keramika, staklo, ugljen, ulomci kućnoga ljepa itd.) (Stoops 2003, Cremaschi 2008: 80-81).

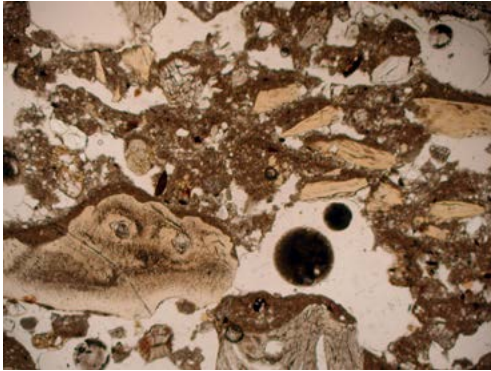
- e) Osnovna masa (groundmass) se sastoji od cjelokupnog materijala, i onog krupnog i finog, koji čini „temelj” sedimenta/tla u mikropresjeku, sve osim pedoloških struktura (engl. *pedofeatures*). Pri opisu osnovne mase, potrebno je uzeti u obzir odnos između krupnih i finih sastojaka koji tvore mikromasu. Za mikromasu je potrebno odrediti boju, jasnoću i b-građu (engl. *b-fabric*) kojom se opisuje raspodjela i orijentacija finih čestica (npr. čestica gline), na temelju njihovih interferencijskih boja.
- f) Pedostrukture/pedološke tvorevine (pedofeatures) čine dio građe koji se razlikuje od susjednog materijala zbog različite koncentracije jednog ili više sastojaka, ili zbog razlike u njihovoj unutarnjoj građi. One su vrlo značajne u mikromorfološkoj analizi jer predstavljaju izravni rezultat specifičnih pedogenetskih procesa, koji su se mogu ustanoviti upravo pomoću pedostruktura (Cremaschi 2008:84, Stoops 2003).

Osim tradicionalnog pristupa analizi polarizacijskim mikroskopom, u posljednje vrijeme se sve više obavljaju analize intaktnih sedimenata pomoću pretražnog elektronskog mikroskopa (SEM) koje pružaju detaljniji uvid u sastav i dijagenetske promjene sedimenata koje nam nisu vidljive optičkim mikroskopom, ili npr.

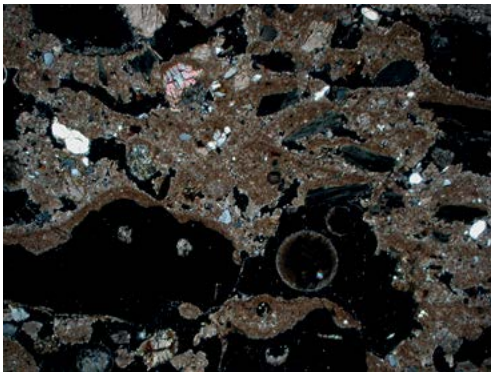
Uzorak	SJ	Mikro-struktura	Obrazac distribucije g/f	Ulomci stijena	Minerali	Ostalo	Mikromasa	Pedostrukture
2010 6 T1	3	pločasta, s kanalima; enaulična	tijesan do dvostruko razmaknut porfiričan	rožnjak Fw, SR	kalcit Fr, A-SA; kvarc C, SA-SR; muskovit C; biotit Fw	frgs školjaka Vf; frgs ugljena Vf; AOM Vf	žutosmeđa prahovita glina (PPL), točkasta b-građa	Fe/Mn nodule i puntuacije Fw
2010 6 T1	49	mrvičasta i zrnasta s rijetkim kanalima	otvorena porfirična	rožnjaka Vf, R	kalcit Fr, A-SA; muskovit C; biotit Vf; fosfati Fw	fitoliti C; sferuliti D; frgs školjaka Vf; frgs ugljena; mikrit (pepeo) Fr; OM Fr	prašnjava glina i pepeo s kalcitičnom kristalitičnom i točkastom bgrađom	Fe/Mn nodule Fw
2010 7/T2	65	kompleksna: fluidna, mrvičasta, zrnasta, sferoidalna s kanalima i prazninama	tijesan do dvostruko razmaknut enauličan	frgs pješčenjaka Vf, SR; frgs rožnjaka Vf, SA-SR	kalcit D; kvarc D, A-SR; muskovit Fw	spaljani mikritični biljni ostaci organa i tkiva Fr; sferuliti D; fitoliti Fr; mikritične družice C; frgs kostiju Vf; frgs ugljena Vf; AOM	sivosmeđa s kalcitičnom kristalitičnom b-građom	glinovite papule C; Fe/Mn nodule Vf

Slika 105: Primjer tablice s osnovnim mikromorfološkim opisom uzorka.

infracrvena spektroskopija s Furierovom transformacijom (FTIR) koja se za sada pokazala najučinkovitijom tehnikom u kartiranju mikrodistribucije minerala što nam pruža značajne podatke o dijagenezi, očuvanosti kostiju i nastanku sedimenata te njihovom značaju za razumijevanje procesa nastajanja arheoloških nalazišta (Goldberg i Sherwood 2006: 26).



Slika 106: Mikrofotografija: ulomci kostiju u kalcitično-kristalitičnoj mikromasi (bez analizatora).



Slika 107: Isto kao slika 106 (s analizatorom).

4.7 Interpretacija geoarheoloških rezultata

Geoarheološka istraživanja sedimenata i tla mogu značajno unaprijediti interpretaciju arheoloških nalazišta i odnosa čovjeka i okoliša. To se prvenstveno odnosi na odgovore na pitanja vezana uz raspoznavanje prirodnih i antropogenih procesa nastajanja arheoloških nalazišta, postaložnih procesa, klimatskih uvjeta u prošlosti i prepoznavanje nekih ljudskih aktivnosti na nalazištu i u širem krajoliku. U prethodnim poglavljima predstavljene su osnovne analitičke metode geoarheoloških istraživanja, a u ovom ćemo poglavlju predstaviti neke od interpretacijskih mogućnosti geoarheologije.

Među ciljeve geoarheologije se svakako ubraja i rekonstrukcija paleookoliša. Geoarheološke informacije o paleookolišu pomažu ustanoviti kakav je okoliš bio prije, tijekom naseljavanja nekog područja i nakon što je to područje čovjek napustio. Među prvim geoarheolozima koji su isticali značaj geoarheologije u rekonstrukciji paleookoliša bio je Karl Butzer koji se

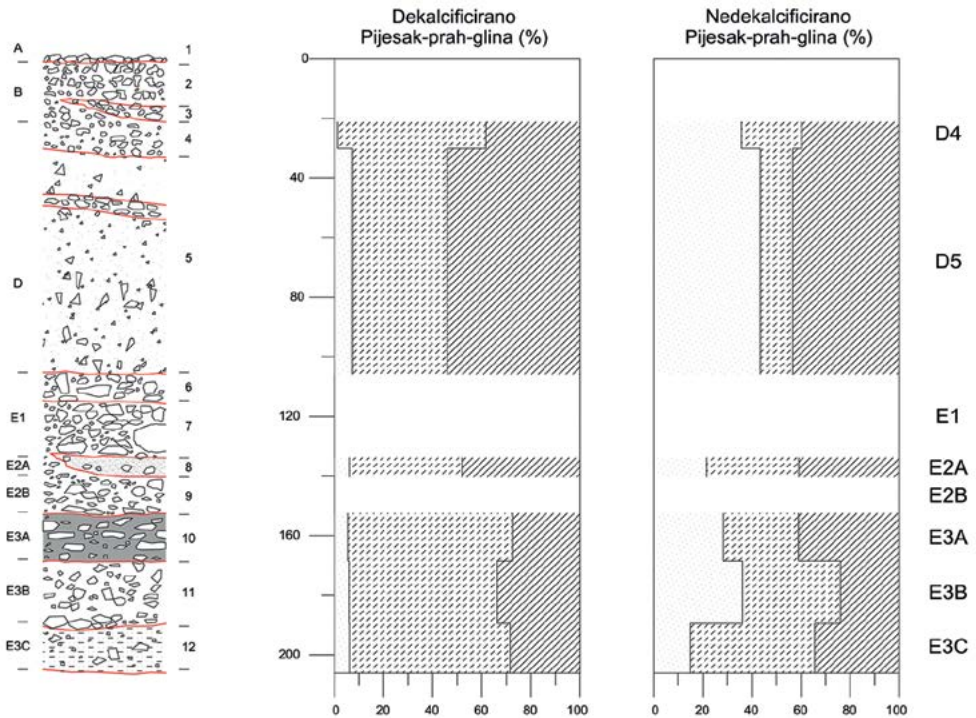
tom temom posebno bavio u svojoj knjizi *Environment and Archaeology* (1964, 1971). Od tada geoarheolozi, zajedno s palinolozima, arheobotaničarima, arheozoologima i ostalim znanstvenicima koji se bave okolišem sudjeluju u istraživanjima koja se bave prepoznavanjem uvjeta u okolišu u prošlosti (Mandel i Holliday 2017).



Slika 108: Stratigrafski slijed sedimenata Mujine pećine.

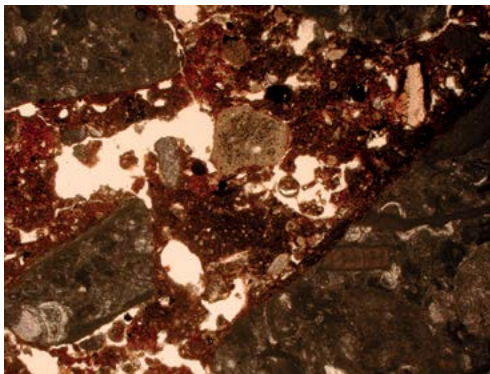
Fizičke karakteristike sedimenata, a posebno distribucija veličine zrna (vidi I. dio, poglavlje 4.2 i 4.6) te sastav, pružaju nam podatke o uvjetima u okolišu prilikom i nakon taloženja. Tako su primjerice analize sedimenata iz Mujine pećine nedaleko Kaštela u Dalmaciji (slika 108) pokazale da sedimenti nataloženi različitim procesima ukazuju na promjenjive uvjete u okolišu tijekom gornjeg pleistocena (u razdoblju MIS 3), kada su se špiljom služili neandertalci. Dominantan udio fine komponentne sedimenata u donjem dijelu stratigrafskoga slijeda (slojevi od E3C do E2B) čini frakcija praha ili silta, dok su frakcija pijeska i gline prisutni u mnogo manjoj mjeri (slika 109). U skupini minerala utvrđenih u mikropresjecima kvarc je najčešći mineral među silikatnom komponentom. Muskovit je također vrlo čest i javlja se u laminama veličine praha, a u manjoj količini je prisutan i biotit. Tinjci (muskovit i biotit) se ne pojavljuju u lokalnoj matičnoj vapnenačkoj stijeni, a zbog uglatog oblika i male veličine zrna (vrlo fini pijesak i prah) vjerojatno je riječ o vjetrom nanesevoj (eolskoj) prašini, taloženoj polako i postojano, kada je hladna i suha klima favorizirala taloženje eolske prašine ili epizodično spiranje svježije taloženog lesa iz okolice špilje (Boschian i sur. 2017; Boschian i Gerometta 2020). Umjereno alterirani prapor prepoznat je u slojevima od E3C do E2B, a gotovo nealterirani prapor u sloju E2B, koji vrlo vjerojatno predstavlja hladni i vrlo suhi Heinrichov događaj H5. Datiranja tih slojeva radiokarbonskim ugljikom 14C, iako izlaze izvan vremenskog okvira radiokarbonske metode datiranja, podržavaju tu hipotezu s dobivenom starosti od najmanje 47 800 godina (Boschian i sur. 2017). Špilju su neandertalci, iako u manjoj mjeri, koristili i tijekom toplije faze obilježene jakim okolišnim nestabilnostima. Česte su bile erozije tla, kao i aktivacija sipara, što je povezano sa smanjenjem vegetacijskog pokriva u okolišu. Slojevi D i E1 uključuju crvenkastu glinu s Fe-oksidima iz Alfisola formiranog izvan špilje kao crvenica (Alfisol jest tip tla koje nastaje pod šumskim pokrovom skupine listača u umjereno vlažnim i vlažnim uvjetima). Na mikroskopskoj razini, koluvij sugeriraju pedorelikti alohtonog sedimenta ili tla (slika 110), prethodno nataloženi izvan špilje i preneseni u nju spiranjem (vidi detalje u II. dijelu knjige). Opažanja na sedimentima Mujine pećine u skladu su s globalnim klimatskim oscilacijama tijekom **kvartara**, kada je prapor pretežno taložen u vrijeme glacijala, što odgovara razdobljima hladnih i relativno suhih klimatskih uvjeta, dok su u **interglacijalima** i **interstadijalima**, kada su uvjeti bili vlažniji i topliji, nastajala (paleo)tla (Zárate 2017).

U geomorfološkim oblicima poput ravnica, prapor se taloži kao „plašt” relativno jednake debljine i niskoga reljefa. Očuvanost arheoloških nalaza nakon napuštanja nalazišta ovisit će o brzini taloženja prapora ili relativno brzom zatrpavanju nalazišta drugim procesima, bilo da je riječ o prirodnim ili antropogenim procesima. Ako se naseljavanje nekog područja događa kada su površine prapora stabilne i pod utjecajem pedogeneze, tj. formiranja tla (što je najčešće slučaj u **holocenu**), arheološki će ostaci biti lošije očuvani i raspršeni nego kod brzog zatrpavanja. Također, ako se



Slika 109: Rezultati granulometrijskih analiza Mujine pećine (Boschian i sur. 2017).

na stabilnoj površini tla nastalog na praporu naseljavanje ponavlja na istom mjestu, nalazi iz različitih faza naseljavanja bit će pomiješani i poremećeni bioturbacijom i antropogenim aktivnostima što će rezultirati tzv. palimpsestom, odnosno nalazi neće biti stratigrafski razdvojeni, već će ono što prepoznajemo kao jedan arheološki sloj biti sastavljeno od nalaza iz različitih faza naseljavanja (Zarate 2017).



Slika 110: Mikrofotografija sedimenata Mujine pećine: ulomci vapnenaca u glinovitom siltu (uvećanje 100x).

U interpretaciji sedimenata važno nam je prepoznati i od čega su klasti, odnosno zrna načinjeni, tj. njihovu litologiju i mineralogiju te teksturu. To nam može rasvijetliti porijeklo sedimenata koji su nataloženi na našem nalazištu (Wilkinson i Stevens 2011) i,

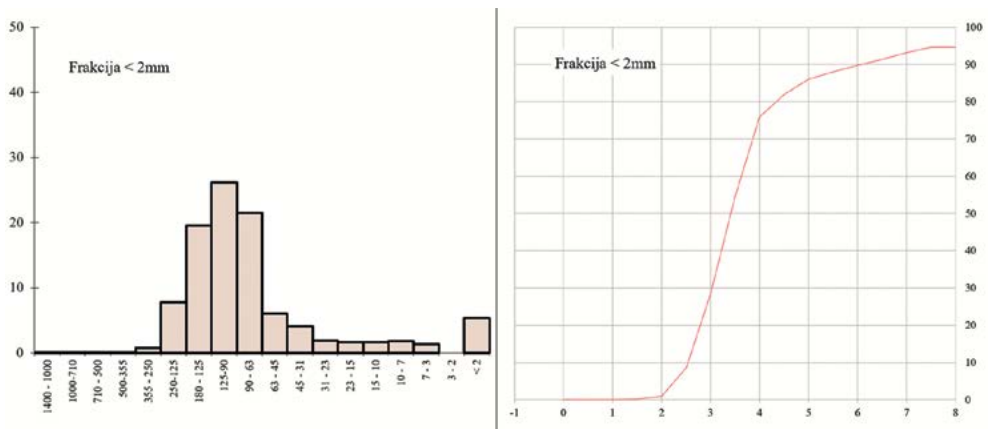
primjerice, poslužiti za interpretaciju paleotokova kao na primjeru Romuladove pećine. Romualdova pećina nalazi se na južnoj strani Limskoga zaljeva, potopljene krške doline na zapadnoj obali Istre. Limski zaljev je nastao podizanjem morske razine i posljedičnim potapanjem doline Pazinčice/Pazinskog potoka, koja je zatim postala ponornicom, a koja izvire u flišu (Božičević 2005). Nekadašnji tok rijeke zaustavljen je uzdignutom flišnom uzvisinom koja je usmjerila tok prema kanjonu današnjeg Pazinskog ponora. Nastavak Limskog zaljeva je danas suha krška udolina – Limska Draga. Promotrimo najstariji/najniži sediment (sloje E) u Romuladovoj pećini koji je nataložen odmah iznad matične stijene (slika 111). Veličina čestica je u rasponu od pijeska do muljevito pijeska (slika 112). Struktura i tekstura (kosa slojevitost) najnižeg sloja ukazuju na relativno visoku energiju transporta sedimenta. Mineralogija i litologija ovog sedimenta (dominantan je kvarc, ali se pojavljuju i kvarcit, rožnjak, feldspati, tinjci, glaukonit, rutil i cirkon) ukazuje na mogući **fluvijalni(?)** transport erodiranih flišnih naslaga (Gerometta 2017) koje se mogu vidjeti u Pazinskom bazenu u središnjoj Istri (Toševski, Grgec i Padovan, 2012). Međutim, sedimentna tekstura promatrana unutar ovog sloja ne daje naznaku o smjeru toka; stoga se ne može točno odrediti je li pijesak nataložen podzemnim tokom, ili ga je u špilju nataložila nekadašnja rijeka koja je tekla u Limskom zaljevu.

Mikromorfologija jest jedna od najznačajnijih metoda kojima se mogu razlikovati prirodni od antropogenih sedimenata. Ljudske aktivnosti mogu proizvesti raznolike vrste sedimenata, a najčešće su to klastični sedimenti koji su nastali reorganiziranjem prirodnih sedimenata (Karkanias i Goldberg 2019). U špilji Zemunici, smještenoj u podnožju Malog Mosora, uz rub krškog polja Dicmo u Dalmatinskoj zagori, u profilu sonde 3 vidljiv je brončanodobni tanki sloj (SJ 36) žutoga mulja, blago valovitoga oblika i oštre jasnoće kontakta (slika 113). Na mikroskopskoj razini sastoji se gotovo čistog sedimenta bogatog muskovitom, vrlo finim kvarcom i artikuliranim (povezanim) fitolitima što ukazuje na namjernu akumulaciju odabranih materijala, vjerojatnu pripremljenu površinu/podnicu (slika 114).

Mikromorfološka analiza pružila je vrijedne informacije o različitim aktivnostima koje su se u ulaznom prostoru špilje Zale odvijale u različitim razdobljima, odnosno otkriveni su tragovi koji svjedoče o različitoj upotrebi špilje kroz vrijeme. Zala se nalazi na lijevoj strani kanjona potoka Bistraca nedaleko Ogulina te su je ljudi koristili već od kasnog gornjeg paleolitika. Analize su otkrile da među značajnim antropogenim sedimentima jesu i oni nastali spaljivanjem. Antropogena komponenta taložnih procesa naizgled je manja u kasnom gornjem pleistocenu i ranom holocenu, a vidljiva je ponajprije u mezolitičkim vatrištima. Osnovna su osobina brončanodobnog stratigrafskog slijeda izmjenični, nekoliko centimetara debeli smeđi antropogeni sedimenti i fini žućkasti riječni sedimenti (slika 115). Osnovne mikroskopske karakteristike smeđih sedimenata jesu (od najnižeg prema najvišem): u SJ 77 česti su ulomci ugljena, organske materije, nasumično raspršen pepeo i fitoliti; SJ 65 sastoji se gotovo isključivo od spaljenog izmeta ovaca/koza (prepoznaju se po fekalnim



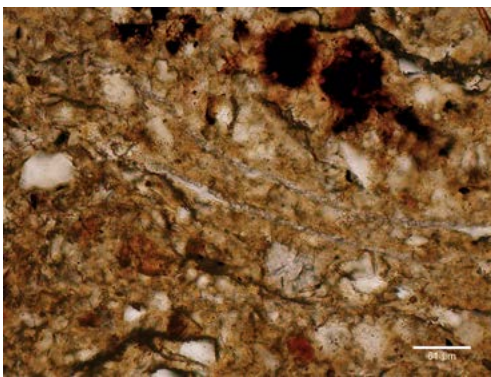
Slika 111: Kvarcni pijesak Romualdove pečine; kosa slojevitost najnižeg sloja E.



Slika 112: Rezultat granulometrijske analize frakcije sedimenta <math>< 2\text{mm}</math> sloja E Romualdove pečine.



Slika 113: Stratigrafski slijed špilje Zemunice.

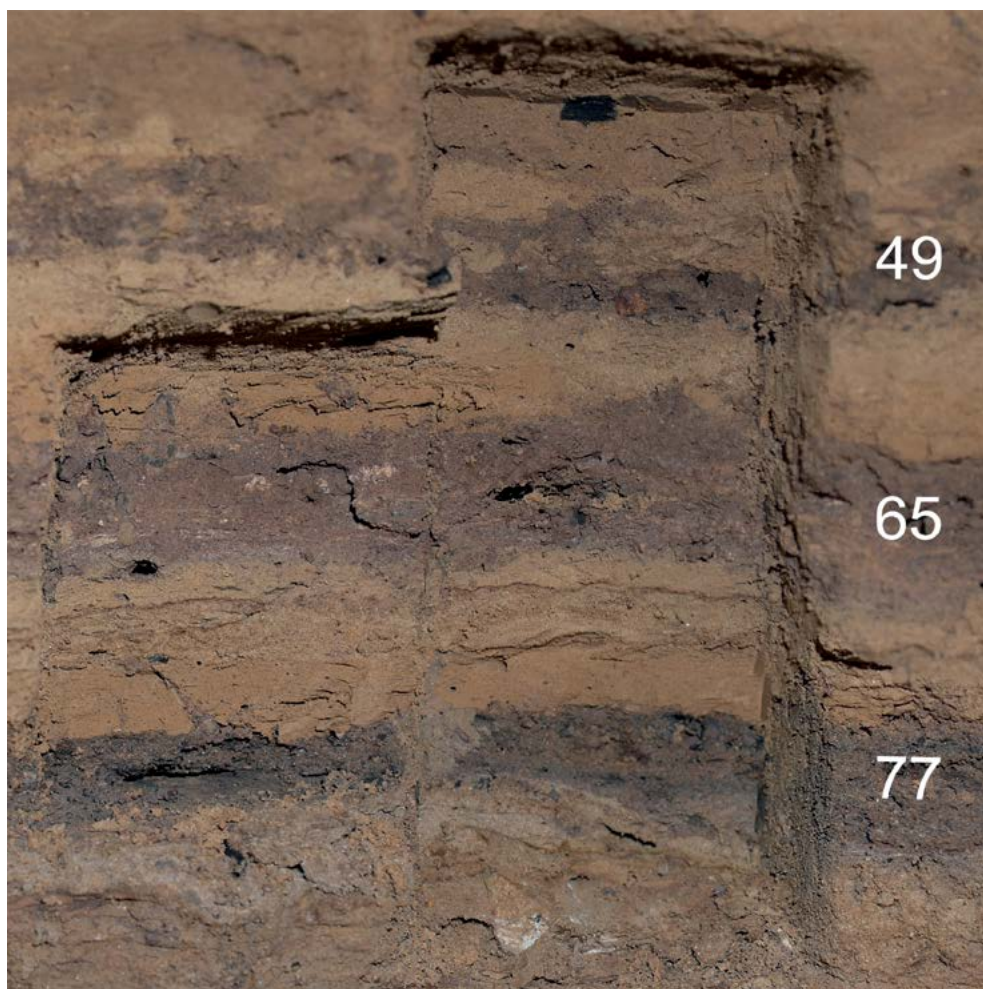


Slika 114: Mikrofotografija vjerojatne pripremljene površine u špilji Zemunici (bez analizatora).

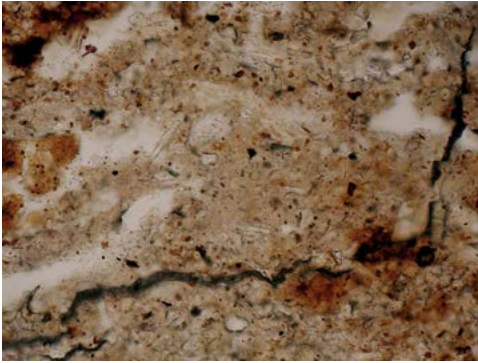
sferulitima i fitolitima) te se unutar ove stratigrafske jedinice mogu prepoznati najmanje tri lamine koje čini pepeo, odnosno spaljeni ostaci biljaka i izmeta ovaca/koza (slike 116a i 116b); najmlađa među ovom skupinom jest SJ 49 koju čine dva isprekidana smeđa mikrofacijesa sačinjena od izmeta koza/ovaca (sferuliti i organska materija). Tijekom brončanoga doba, špilja je najprije korištena za kratkotrajne kućanske aktivnosti, dok su u kasnijim fazama prevladavale cikličke sezonske stočarske aktivnosti (Gerometta,

Boschian 2015., Gerometta 2017; o pokazateljima upotrebe špilja kao staja vidi u II. dijelu knjige).

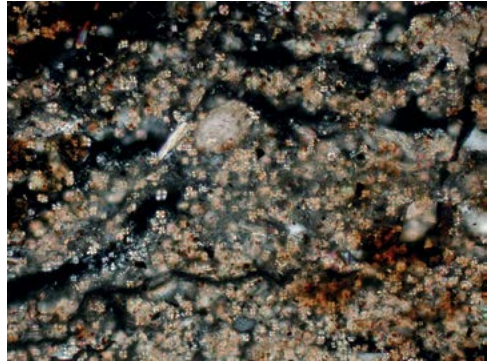
Geoarheološke analize mogu nam pomoći u prepoznavanju očuvanosti nalazišta, na koja mogu utjecati razni posttaložni procesi, poput bioturbacije, krioturbacije, argiliturbacije, graviturbacije itd. Bioturbacija je proces u kojem biljke (prvenstveno korijenje drveća) i životinje (od velikih životinja do glista) utječu na distribuciju nalaza. Krioturbacije (slika 117) su procesi u kojima aktivnost smrzavanja i odmrzavanja gura veće artefakte prema površini nalazišta (detaljnije o krioturbacijama vidi u II. dijelu knjige). Argiliturbacija je proces u kojem u tlu ili sedimentu s velikim udjelom gline, suhi i vlažni ciklusi pomiču nalaze prema gore kad je sediment vlažan (kad nabubri), a



Slika 115: Naizmjenični geogeni i antropogeni sedimenti brončanodobnoga slijeda špilje Zale.



Slika 116a: Mikrofotografija sloja sferulita i fitolita, tj. spaljenog izmeta ovaca/koza (uvećanje 200x; bez analizatora).



Slika 116b: Mikrofotografija sloja sferulita i fitolita, tj. spaljenog izmeta ovaca/koza (uvećanje 200x; s analizatorom).

zatim ih spuštaju kroz pukotine koje se otvaraju kad se sediment osuši. Graviturbacija proces je u kojem se nalazi pomiču nizbrdo zbog gravitacije, ponekad potpomognuti oborinskim otjecanjem vode. Ne zaboravimo da i čovjek svojim aktivnostima (npr. gaženjem, kopanjem, prikupljanjem...) može utjecati na razmještanje arheoloških nalaza.



Slika 117: Krioturbacije: snažne konvolucije i isprekidane lamine te mogući ledeni klin u pleistocenskom sedimentu špilje Zale (Boschian i Gerometta 2015).

II. dio
PRIMJERI PALEOOKOLIŠNIH
ISTRAŽIVANJA

Uvod

U drugom dijelu knjige predstavljamo nekoliko primjera istraživanja kojima želimo ilustrirati teorijska polazišta predstavljena u prvom dijelu knjige. Želimo pokazati kakvim se istraživačkim problemima palinolozi, arheobotaničari, arheozoolozi i geoarheolozi bave te kakve su interpretacijske mogućnosti i ograničenja pojedine znanstvene discipline. Predstavljena istraživačka područja komplementarna su, s brojnim sličnostima i razlikama između znanstvenih disciplina. Razlike koje nastaju kao posljedica drugačijih istraživačkih tradicija, terminologije te dogovora i standarda unutar svake znanosti, u knjizi smo djelomično sjedinili, djelomično zadržali i objasnili, kako bismo čitatelju olakšali čitanje znanstvene literature, navedene na kraju knjige.

Vodeća zamisao naših istraživanja jest da ih svi provodimo u vremenu i prostoru te prema taksonomskim kategorijama biljaka i životinja. U nastavku predstavljamo taksonomske kategorije i kronološke sheme koje koristimo za opisivanje primjera paleookolišnih istraživanja.

Taksonomija biljaka i životinja

Taksonomija je znanost koja u sistematskoj biologiji živa bića svrstava hijerarhijski po međusobnoj povezanosti. Taksonomske skupine (**taksoni**) i svrstavanje živih bića u njih, kroz vrijeme su se postupno mijenjale, odnosno dopunjavale sa svakim otkrićem novog „oblika” života. Najstarija i najjednostavnija taksonomska podjela organizama svodila se je na dvije kategorije, i to na dva carstva (*regnum*): biljke (*Plantae*) i životinje (*Animalia*). Danas nam je poznato da takva podjela ne predstavlja dvije **filogenetski** povezane (srodne) skupine, već se temelji na načinu života (pričvršćen, gibljiv) i/ili prehrani te time povezanom građom organizama (npr. Jogan 2003).

Do prije nekih 20 godina sistematika živog svijeta postepeno se dograđivala i činilo se da je slika sve jasnija. Uvođenjem **kladističkih** koncepata u molekularnu sistematiku, koja se u većoj mjeri temelji samo na analizi nukleinskih kiselina u genomu i prepoznaje

taksone tek kao **monofiletske** skupine, taj je općenito prihvaćeni koncept na najvišim taksonomskim razinama (tj. od carstva do razreda [*Classis*] biljaka/životinja) počeo propadati, te nažalost još uvijek ne raspolažemo općeprihvaćenim novim modelom klasifikacije (Jogan, osobna komunikacija). U okviru palinologije, arheobotanike i arheozoologije te su akademske rasprave zapravo nebitne, zato smo očuvali koncepte sistematike iz druge polovice 20. stoljeća, što znači da biljke konkretno dijelimo prema *Maloj flori Slovenije* (Martinčič [ur.] 1999/2007), a životinje po *Ključu za određivanje kralješnjaka Slovenije* (Kryštufek i Janžekovič 1999).

Pojam *takson*, koji se u ovoj knjizi više puta spominje, označava bilo koji taksonomski „oblik”, odnosno sistematsku skupinu životinja ili biljaka, dakle službeno prepoznatu skupinu međusobno srodnih organizama (npr. Jogan 2003). Najčešće se odnosi na podvrstu (*subspecies*), vrstu (*species*), rod (*genus*) ili porodicu (*familia*) (vidi sliku 118). Od prepoznatljivosti i očuvanosti biljnih i životinjskih ostataka zavisi koliko ćemo arheobiološki ostatak uspjjeti detaljno identificirati. U palinologiji to je najčešće do roda ili porodice, u arheobotanici i arheozoologiji do vrste (čak i podvrste) ili roda (vidi sliku 118).

Kada arheobiološki ostatak uspijemo utvrditi precizno sve do porodice, latinsko ime biljke završava na *-aceae* (npr. *Vitaceae*), životinja pak na *-idae* (npr. *Canidae*). Imena porodica i svih drugih viših taksonomskih skupina zapisujemo običnim, „uspravnim”

TAKSONOMSKE SKUPINE	PRIMJER BILJNE VRSTE	PRIMJER ŽIVOTINJSKE VRSTE
carstvo (Regnum, reg.)	Plantae (biljke)	Animalia (životinje)
odjeljak (Phylum, phyl.)	Spermatophyta (sjemenjače)	Chordata (svitkovci)
razred (Classis, cl.)	Magnoliatae (dvosupnice)	Mammalia (sisavci)
red (Ordo, or.)	Santalales (santalolike)	Carnivora (zvijeri)
porodica (Familia, fam.)	Vitaceae (lozovke)	Canidae (psi)
rod (Genus, gen.)	Vitis (loza)	Canis (psi)
vrsta (Species, sp.)	Vitis vinifera (vinova loza)	Canis lupus (vuk)
podvrsta (Subspecies, ssp.)	Vitis vinifera ssp. sylvestris (divlja vinova loza) Vitis vinifera ssp. vinifera (kultivirana vinova loza)	Canis lupus dingo (dingo)

Slika 118: Osnovne, hijerarhijski prikazane taksonomske skupine u sistematskoj biologiji (prema Jogan 2003; Batič i Košmrlj-Levačić [ur.] 2011; Martinčič [ur.] 1999/2007; Kryštufek i Janžekovič 1999) s navedenim primjerima. Naglašeni su karakteristični sufiksi znanstvenih (latinskih) imena za pojedinu skupinu (kategoriju).

slovima i velikim početnim slovom. Latinsko ime roda, koje također zapisujemo velikim početnim slovom, i imena svih drugih nižih taksonomskih skupina (tj. vrsta, podvrsta) pišemo kosim slovima (slika 118). Ako ostatak uspijemo utvrditi točno do vrste ili čak podvrste (ssp.), zapišemo cijelo znanstveno ime biljke/životinje (npr. *Pinus sylvestris* [obični bor], *Sus scrofa* [divlja svinja], *Vitis vinifera ssp. sylvestris* [divlja vinova loza], *Canis lupus dingo* [dingo]) (slika 118). Ako ostatak točno odredimo samo do roda, na kraju imena roda dodajemo kraticu *sp.* (*species*; npr. *Vitis sp.* [vinova loza], *Canis sp.* [psi]). Imena vrsta i podvrsta pišemo malim početnim slovom. Potrebno je naglasiti da se nomenklturni kodeksi za botaniku i zoologiju ponešto razlikuju. U botanici npr. „tautonimi” – kada se u redosljedu ponovi rodno ime – nisu dozvoljeni (Jogan 2003), dok su u zoologiji razmjerno česti (npr. *Alces alces* [los], *Bufo bufo* [smeđa krastača]). U botanici ispred imena podvrste pišemo kraticu *ssp.*, dok u zoologiji tome nije tako (vidi sliku 118).

Ponekad se u imenovanju skupina biljaka/životinja koristimo netaksonomskim kategorijama koje su poznatije javnosti, npr. žitarice (*Cerealia*) – ta bi, prema nomenklaturi slovenske flore, pripadala porodici trava (*Poaceae*). No takvim, u taksonomskom smislu pravilnim imenovanjem izgubio bi se podatak da se radi o ostatku kulturne biljke (točnije, žitarici). Na sličan se način koristimo netaksonomskim pojmom monoletne spore papratnjača (*Filicales*) i npr. stoka sitnog zuba za taksonomski usko neodređene kosti i zube ovaca (*Ovis aries*) i koza (*Capra hircus*).

Vremenski slijed

Zbog različite tradicije istraživanja i metoda datiranja, u literaturi se rabe različiti vremenski sljedovi (vidi sliku 119). Inačicu kojom se vrijeme računa prije Krista (pr. Kr. = BC, eng. *Before Christ*) i poslije Krista (po. Kr. = AD, lat. *Anno Domini*), često upotrebljavaju povjesničari, arheolozi, arheobotaničari i arheozoolozi koji se bave holocenom, dok se sljedovi za računanje vremena u godinama prije sadašnjosti (BP, b2k) upotrebljavaju u proučavanju starijih arheoloških razdoblja (paleolitik) i s njima povezanih prirodoslovnih istraživanja te u geološkim, paleoekološkim, paleoklimatskim i palinološkim istraživanjima.

Prvi od spomenutih sustava temelji se na kršćanskom računanju godina. Nastao je u 6. stoljeću po. Kr., no šire se počeo koristiti tek nekoliko stoljeća kasnije. Predstavljao je temelj gregorijanskom kalendaru, koji je 1582. godine uveo papa Grgur XIII. Prema spomenutom kalendarskom sustavu, godine naše ere računaju se od godine rođenja Isusa Krista iz Nazareta, koje povjesničari postavljaju između 6. i 4. godine pr. Kr. (Maier 1989). Započinje 1. godinom naše ere (1. po. Kr., AD 1), koja neposredno slijedi 1. godini pr. n. e. (1. g. pr. Kr., 1 BC). Taj sustav računanja godina ne poznaje nultu godinu. Umjesto kratica BC i AD mogu se upotrebljavati i vjerski neutralne oznake pr. n.e. (prije naša ere; BCE - eng. *Before Common/Current Era*) i n. e. (naše ere; CE - eng.

Common/Current era). Kronološki sustav povezan je s poviješću i pisanim izvorima s pomoću kojih događaje često možemo datirati točno u godinu/desetljeće, zato se takvo računanje vremena uvažilo i u proučavanju holocenskih arheoloških razdoblja.

Drugi sustav mjerenja vremena, koji je nastao u pedesetim godinama 20. stoljeća, povezan je s uvođenjem datiranja radioaktivnim izotopom ugljika ^{14}C (tzv. **radiokarbonsko datiranje**, vidi I. dio/1.6). Vremenski slijed mjeri starost u godinama prije sadašnjosti (*BP*, eng. *Before Present*), gdje sadašnjost (nultu godinu) predstavlja 1. siječnja 1950. po. Kr. Ta je godina odabrana kao polazište jer su tada obavljene prve radiokarbonske datacije (krajem 1949. godine, Arnold i Libby 1949). Osim toga, zbog nuklearnih pokusa nakon Drugog svjetskog rata omjer izotopa ugljika ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$) u atmosferi narušen je do te mjere da je datiranje događaja nakon 1950. godine postalo otežano (Currie 2004; Hua i sur. 2013).

Treći vremenski slijed (eng. *Greenland Ice Core Chronology 2005*, GICC05), koji vrijeme računa u tisućama godina prije 2000. godine po. Kr. (b2k, eng. *before 2 kiloyears*), temelji se na prebrojavanju godišnjih slojeva u ledu bušotine NGRIP na Grenlandu (Rasmussen i sur. 2006; vidi II. dio/6.1) i posljednjih se godina upotrebljava za sinkronizaciju globalnih klimatskih događaja (Lowe i sur. 2008).

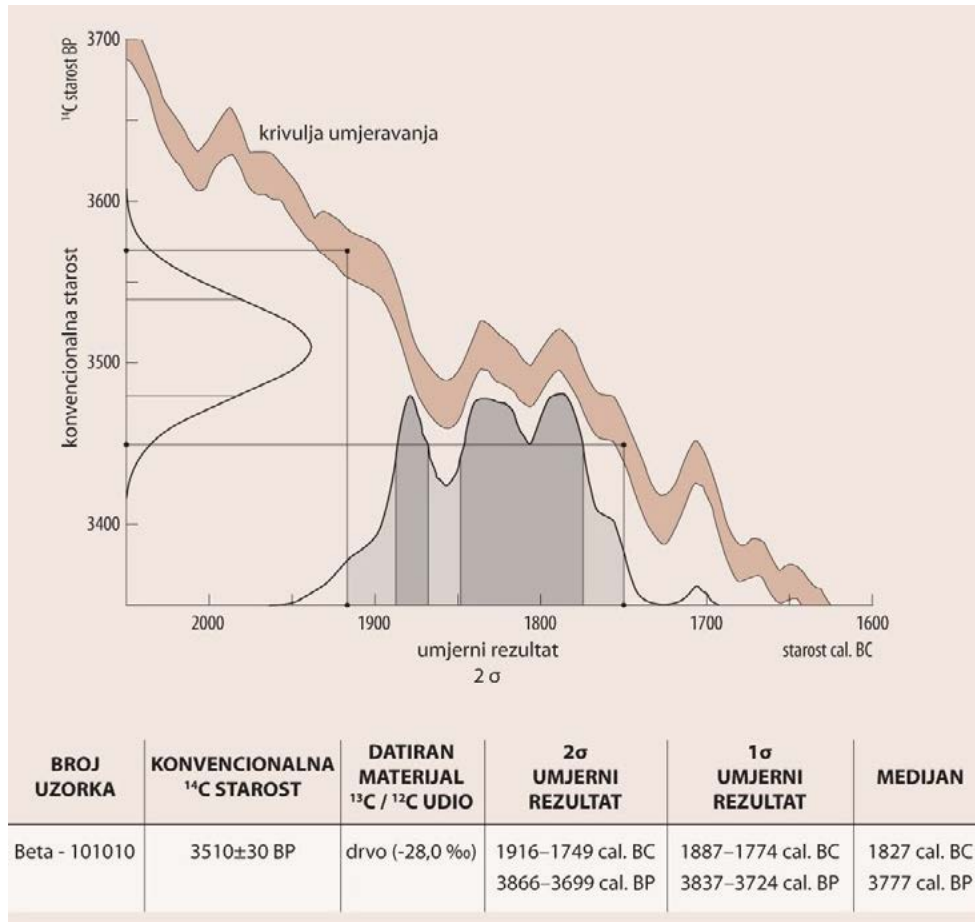
Radiokarbonsko datiranje jedna je od najčešće korištenih metoda utvrđivanja starosti u arheološkim i paleoekološkim istraživanjima (vidi I. dio/1.6). Zemljina atmosfera sadrži stabilni (^{12}C) i radioaktivni (^{14}C) izotop ugljika. Oba se ugrađuju u žive organizme, a nakon njihove smrti radioaktivni ugljik (^{14}C) počinje se raspadati na dušik (^{15}N). Na temelju količine preostalog radioaktivnog ugljika (^{14}C) u organizmu (ako je taj mlađi od oko 50.000 godina) možemo utvrditi njegovu starost. S obzirom na to da se količina izotopa ugljika (^{14}C) u zraku tijekom Zemljine povijesti mijenjala, trajanje „radiokarbonske godine” nije jednako trajanju kalendarske godine. Stoga je radiokarbonska mjerenja (tzv. radiokarbonske datacije) potrebno umjeriti (kalibrirati) kako bismo ih mogli usporediti s kalendarskim vremenskim slijedom. Rezultat radiokarbonskog mjerenja (konvencionalna starost ^{14}C koja je izračunata na temelju rezultata mjerenja i vremena poluraspada ugljika, <https://www.radiocarbon.com/PDF/AMS-Methodology.pdf>) pretvorimo u kalendarski sustav tako da ga usporedimo s vrijednostima na krivulji umjeravanja (vidi sliku 120). Krivulje umjeravanja statistički su obrađene zbirke radiokarbonskih mjerenja u odabranim paleoekološkim arhivima

→

Slika 119: Usporedba različitih vremenskih sljedova / kalendarskih sustava i arheoloških razdoblja. Iako je na vremenskom slijedu BC/AD, radi lakše usporedbe između kalendarskih sistema, označena nulta godina, ona zapravo ne postoji, jer nakon 1. godine pr. Kr. dolazi 1. godina po. Kr. Arheološka razdoblja nisu točno obuhvaćena, vrijeme trajanja i imena pojedinih razdoblja u različitim se dijelovima Europe razlikuju. Ponekad je takve razlike moguće zamijetiti i unutar slovenskog područja.

POSILIJE KRISTA PRIJE KRISTA		PRIJE SADAŠNJOSTI		PRIJE SADAŠNJOSTI - KRONOLOGIJA NGRIP		ARHEOLOŠKA RAZDOBLJA U SLOVENIJI	
po. Kr. = AD (Anno Domini) pr. Kr. = BC (Before Christ)		BP (Before Present)		B2K (Before 2 Kilo years)			
AD	2000	0	1950	0	2000		
	1000	-1000		-1000		KASNI SREDNJI VIJEK VISOKI SREDNJI VIJEK RANI SREDNJI VIJEK	SREDNJI VIJEK
	0	0		0		KASNA ANTIKA	RIMSKO DOBA
		-2000		-2000		MLAĐE STARIJE	ŽELJEZNO DOBA
	-1000	-3000		-3000		KASNO MLAĐE SREDNJE	BRONČANO DOBA
	-2000	-4000		-4000		RANO	
	-3000	-5000		-5000			ENEOLITIK BAKRENO DOBA
	-4000	-6000		-6000			
	-5000	-7000		-7000			NEOLITIK MLAĐE KAMENO DOBA
	-6000	-8000		-8000			
	-7000	-9000		-9000			
HOLOCEN	-8000	-10.000		-10.000			MEZOLITIK SREDNJE KAMENO DOBA
	-9000	-11.000		-11.000			
	-10.000	-12.000		-12.000			
PLEISTOCEN	-11.000	-13.000		-13.000			
	-12.000	-14.000		-14.000			PALEOLITIK STARIJE KAMENO DOBA
	-13.000	-15.000		-15.000			
BC	-14.000		BP	-16.000		B2K	-16.000

(drveće, jezerski i morski sedimenti, koralji, stalagmiti), čija je starost utvrđena neovisnom metodom, npr. brojanjem godina, **lamina** ili datiranjem **U/Th** (npr. Reimer i sur. 2013). Zbog već spomenuta variranja koncentracije ^{14}C u atmosferi, krivulja umjeravanja nije pravac, već se na nekim dijelovima zamakne, odnosno tvori plateau, i zato je na tim dijelovima krivulje umjeravanje nešto manje precizno (vidi sliku 120). Budući da se krivulje umjeravanja neprestano poboljšavaju, važno je da se objavljuju cjelokupni, neobrađeni podaci mjerenja, koji sadrže naziv laboratorija, vrstu/tip datiranog materijala i konvencionalnu starost ^{14}C , a ne samo 2σ umjeravan rezultat (vidi sliku 120). Radiokarbonskom metodom starost predmeta ili trajanje događaja (razdoblja) ne možemo datirati točno u kalendarsku godinu. Možemo govoriti samo



Slika 120: Primjer kako navodimo radiokarbonsku dataciju koja je bila umjerena s programom Calib 7.0.2 (<http://calib.org/calib/>) i krivuljom umjeravanja Intcal 13 (Reimer i sur. 2013).

o vjerojatnosti da „prava” starost (vrijeme trajanja) pripada određenoj kalendarskoj godini ili razdoblju (vidi još I. dio/1.6).

U objavi rezultata radiokarbonskog datiranja važno je navesti broj uzorka. Time ćemo tijekom višekratne objave iste radiokarbonske datacije, odnosno objava više vrlo sličnih/jednakih datacija s istog nalazišta, znati radi li se doista o istom uzorku. Ispred broja nalazi se oznaka laboratorija u kojem je obavljeno mjerenje (npr. *Beta-* za Beta Analytic ili *Poz-* za Poznan). Važno je da se uz broj uzorka objavi i konvencionalna starost ^{14}C te zapiše koji je materijal bio datiran. Uzorci koji sadrže organski ugljik vodenih biljaka imaju nisku vrijednost $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (npr. -32‰). S obzirom na to da vodene biljke organski ugljik mogu primati i iz geološke podloge, takve radiokarbonske datacije mogu biti „prestare” (vidi I. dio/1.6 i II. dio/2.2).

Konvencionalnu starost ^{14}C pretvorimo u kalendarski sustav tako što ćemo je umjeriti, tj. usporediti s vrijednostima na krivulji umjeravanja (vidi I. dio/1.6). Umjeren rezultat 2σ označava 95-postotnu vjerojatnost da se „prava” starost datirana uzorka nalazi između navedenih vrijednosti, tj. u našem slučaju (vidi sliku 120), između 1916. i 1749. cal. BC. Kod raspona 1σ (1887. – 1774. cal. BC) ta je vrijednost tek 68-postotna. Razmjerno širok raspon 2σ (167 godina) u našem je slučaju posljedica tzv. platoa (ravni dio na krivulji umjeravanja), kada je koncentracija radioaktivnog ugljika u atmosferi u nekim godinama bila vrlo slična (jednaka). **Medijan** (srednja vrijednost mjerenja; vidi II. dio/3.2) ponekad se upotrebljava u izradi vremenskih modela za palinološke bušotine (vidi II. dio/1.1).

1 Odabir odgovarajućih osnovnih metoda rada

1.1 Utjecaj broja uzoraka na kvalitetu palinološkog istraživanja

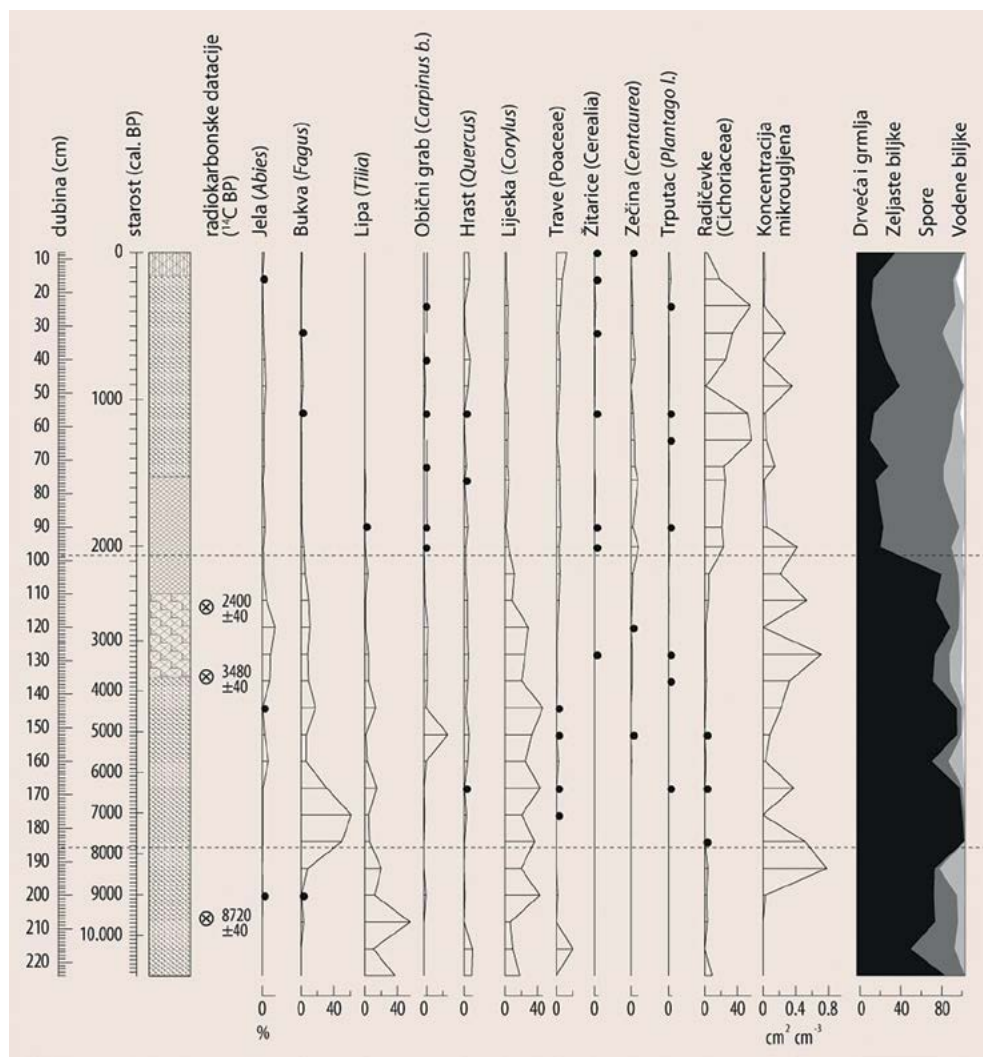
Odabir istraživačkih metoda utječe na kvalitetu istraživanja i posljedično pouzdanost proučavanja okolišnih uvjeta u prošlosti. Kratkotrajne promjene nekadašnjeg okoliša uočljivije su jedino kod palinoloških istraživanja s visokom **razlučivošću** (gustoćom) uzorkovanja i dobrim kronološkim nadzorom.

Tafonomski procesi (vidi I. dio/1.3) na paleoekološkim nalazištima obično su jednostavniji nego što su na arheološkim nalazištima. U jezerima i močvarama sediment se, a njime i pelud, više-manje jednakomjerno talože u duljem vremenskom razdoblju. Tako nastaje kronološki slijed slojeva, stariji slojevi leže ispod mlađih. Iznimno se može dogoditi da je sediment zbog djelovanja vode, erozije ili bilo kojih drugih procesa pretaložen ili promiješan, dio slijeda može nedostajati (vidi dolje; II. dio/1.1) ili se javlja *tzv. inverzna* datacija, kada se stariji slojevi, odnosno datirani materijal nalaze iznad mlađih.

Što više palinoloških uzoraka u slijedu sedimenata na nalazištima bez tafonomskih problema analiziramo, to ćemo moći detaljnije rekonstruirati razvoj nekadašnje vegetacije, te što više uzoraka radiokarbonski datiramo, to ćemo preciznije znati kada su nastupile promjene u sastavu vegetacije. Iako pouzdanost istraživanja koje ćemo provoditi uvijek ovisi o našem istraživačkom pitanju, nužni su i minimalni standardi kvalitete istraživanja. U nastavku predstavljamo nekoliko primjera kojima želimo pokazati na koji način broj uzoraka i radiokarbonske datacije (vidi I. dio/1.6) utječu na našu interpretaciju.

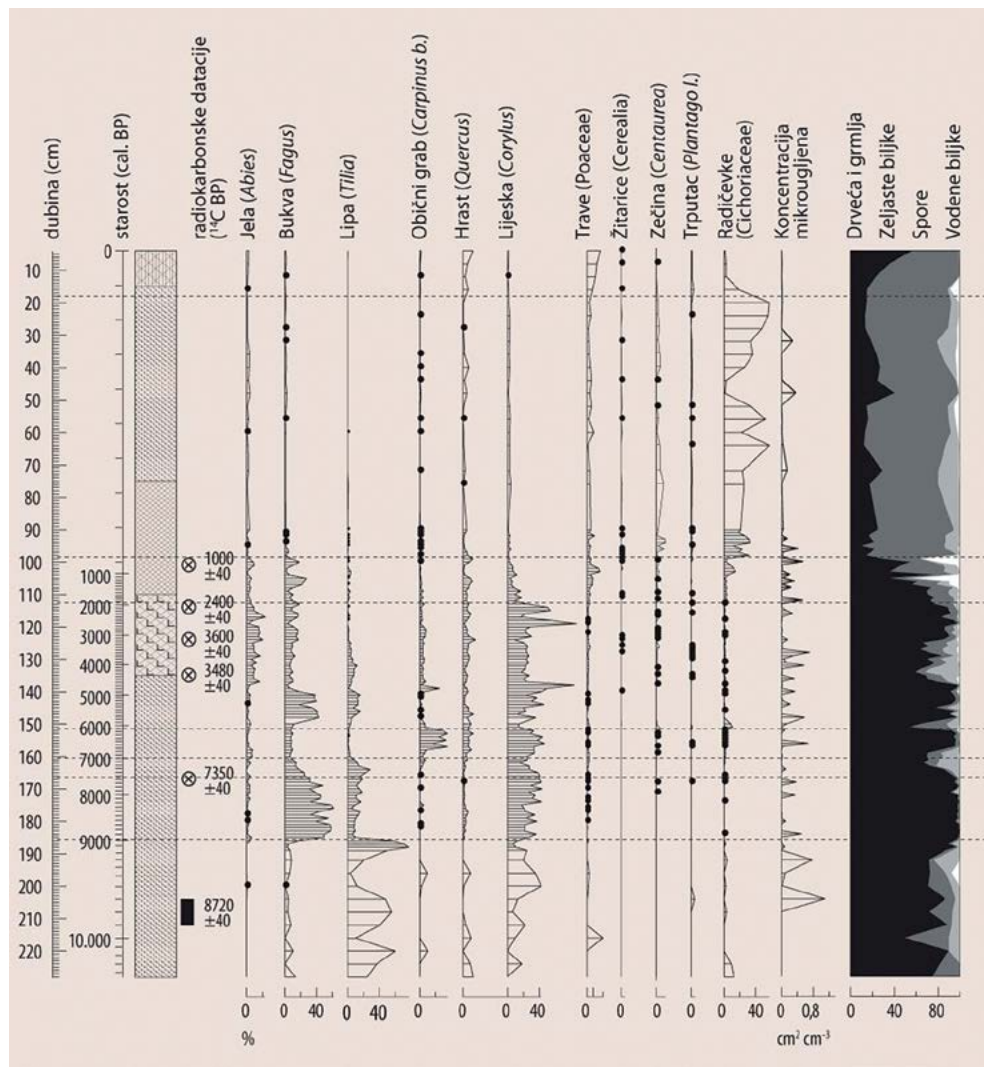
Slika 121 prikazuje dva peludna dijagrama s paleoekološkog nalazišta Mlaka, prvi (a) ima manju, a drugi (b) veću razlučivost uzorkovanja. Na peludnom dijagramu s manjom razlučivošću uzorkovanja (slika 121a) bilo je u više od dva metra dubokoj

bušotini analizirano 28 palinoloških uzoraka, dok je starost sedimenta ocijenjena **linearnom interpolacijom** medijana triju radiokarbonskih datacija (slika 122, označene rasterom, model a), koja pretpostavlja da se sediment na dijelovima između dubina na 115, 136 i 208 cm taložio jednakomjerno. Prema ocijenjenoj starosti (model a) možemo pretpostaviti da se u donjem dijelu bušotine (ispod 136 cm dubine) svakih 1000 godina nataložilo oko 12 cm sedimenata (0,12 mm godišnje), dok je u gornjoj polovici (iznad 136 cm) brzina taloženja sedimenta bila nekoliko puta veća (47 cm u 1000 godina, 0,47 mm godišnje). S obzirom na to da su se palinološki uzorci skupljali



Slika 121a: Peludni dijagram s prosječnom razlučivošću uzorkovanja i procijenjenom starosti na temelju triju radiokarbonskih datacija. Prema prijedlogu: Andrić 2007, slika 3, tab. 3.

jednakomjerno (svakih 8 cm), vremenska razlučivost dijagrama u donjem dijelu bušotine gotovo je pet puta lošija nego u gornjem, što znači da iz dijagrama možemo razabrati sastav vegetacije svakih 960 godina (odnosno svakih 170 godina u gornjoj polovici bušotine, gdje je sedimentacija bila brža). S pomoću peludnog dijagrama (slika 121a) možemo zaključiti sljedeće: u ranom holocenu, prije otprilike 11.000 – 8500 godina, u okolici paleoekološkog nalazišta većinom je uspijevala listopadna šuma u kojoj su rasli lipa (*Tilia*), lijeska (*Corylus*), hrast (*Quercus*), breza (*Betula*) i bor (*Pinus*). Prije 8500 godina sastav šume uvelike se promijenio, gotovo 2000 godina prevladavala



Slika 121b: Peludni dijagram s iste lokacije s vrlo visokom razlučivošću uzorkovanja i procjenom starosti na temelju šest radiokarbonskih datacija. Prema prijedlogu: Andrić 2007, slika 3, tab. 3.

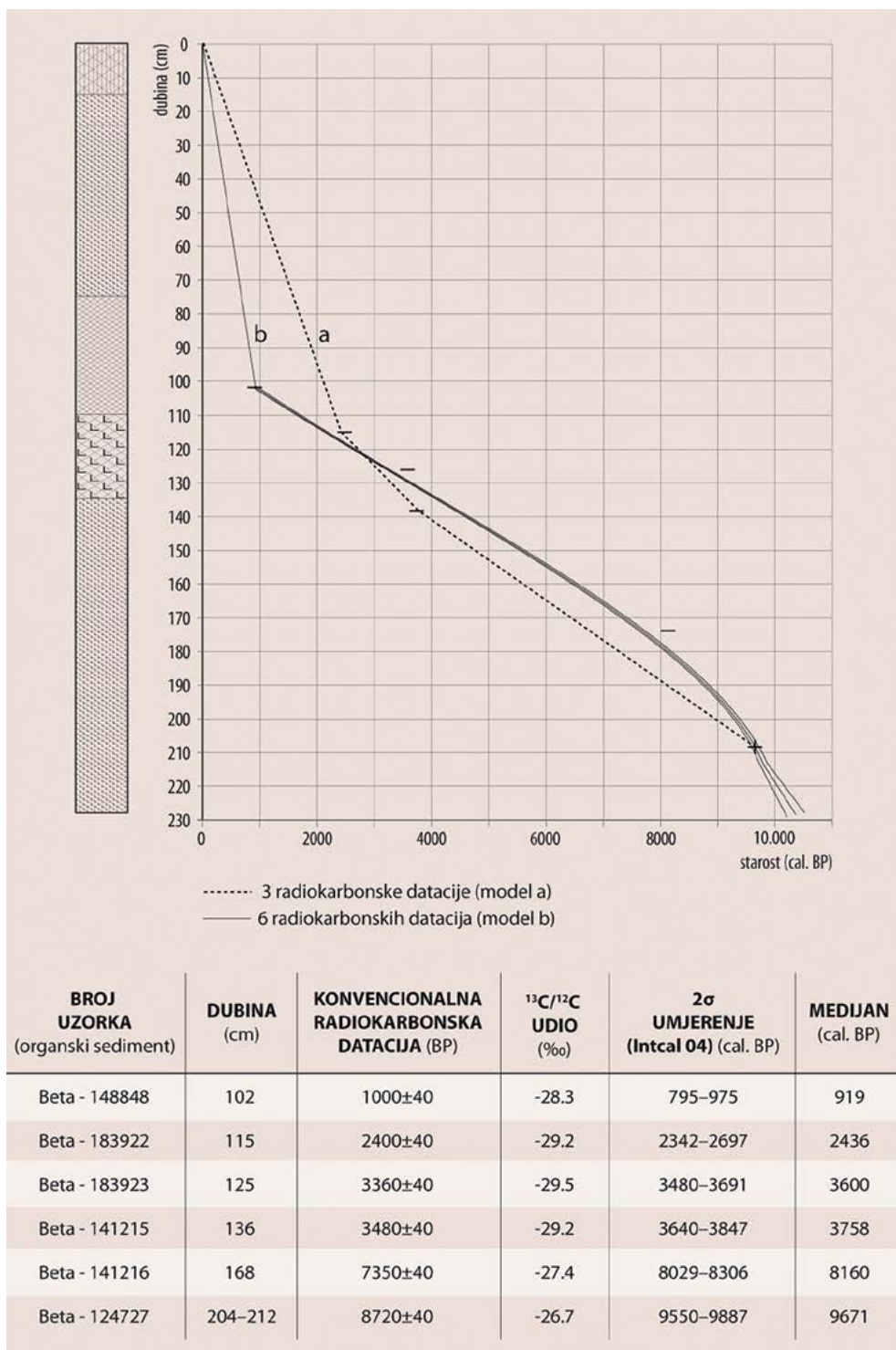
je bukova šuma. Slijedilo je opadanje bukve (*Fagus*), potom se, prije otprilike 5000 godina, na kratko vrijeme (najviše nekoliko stoljeća) proširio obični grab (*Carpinus betulus*). U tom razdoblju nije moguće prepoznati izraziti čovjekov utjecaj na okoliš. Među antropogenim pokazateljima nalazi se samo pelud zečine (*Centaurea*), dok se prvi pelud žitarica (*Cerealia*) pojavio tek prije 3000 godina. Opsežniju sječū/paljenje šuma možemo prepoznati tek prije oko 2000 godina, kada je nastao vrlo otvoren krajolik, sličan današnjem.

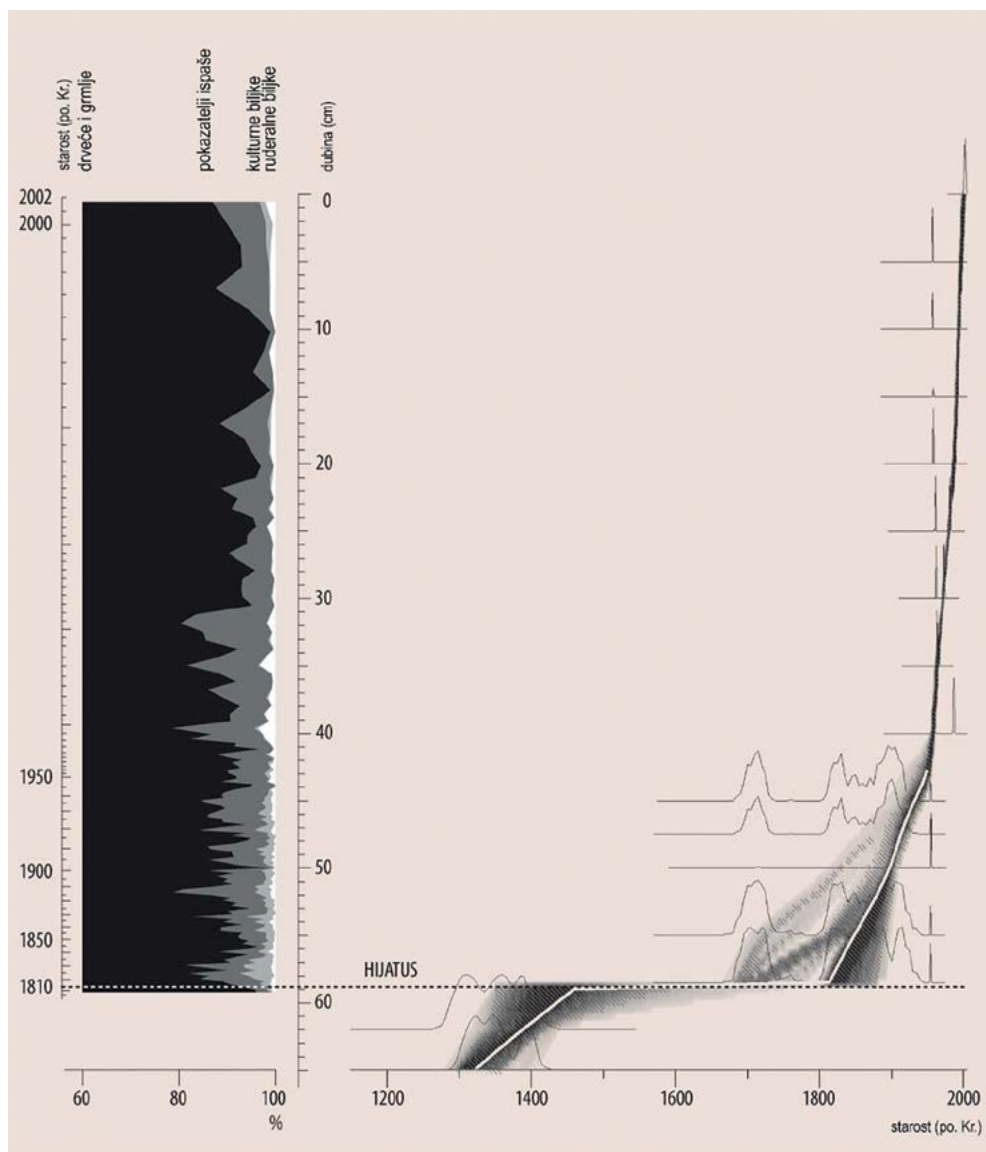
Peludni dijagram (slika 121b) iz iste bušotine, ali s većim brojem radiokarbonskih datacija (6) i većom razlučivošću uzorkovanja (127 uzoraka), o nekadašnjim zbivanjima u krajoliku priča nešto drugačiju i pouzdaniju priču. Veći broj radiokarbonskih datacija omogućio je precizniju ocjenu starosti sedimenta (slika 122, model b), kod koje smo uvažili mogućnost nejednakomjernog taloženja sedimenta. Dodatne radiokarbonske datacije pokazale su da se sediment u donjem i gornjem dijelu bušotine taložio brže no što se to prije mislilo. U srednjem dijelu bušotine starost sedimenta nakon prvog (a) i drugog (b) modeliranja razlikuje se za nekoliko stoljeća. Nova ocjena starosti i veći broj analiziranih uzoraka (s vremenskom razlučivošću 25 – 80 godina, u srednjem dijelu analiziran je svaki centimetar bušotine) otkrili su da se bukva proširila već prije otprilike 9000 godina, a preciznije je bilo datirano i širenje grabove šume (6700 – 6100 godina prije sadašnjosti). Detaljnija peludna analiza također je razotkrila da je grabova šuma bila spaljena prije 5800 godina, kada se zajedno s drugim „antropogenim pokazateljima” pojavio i prvi pelud žitarica, što lako možemo povezati s neolitičkim arheološkim nalazištem u blizini. Takva kratkotrajna razdoblja intenzivne sječe i/ili paljenja šuma za potrebe poljoprivrede i stočarstva, nakon kojih je uslijedilo brzo zarašćivanje šume, vide se samo na detaljnijem peludnom dijagramu (slika 121b), dok se opsežniji događaji (širenje bukve i nastanak srednjovjekovnog krajolika, sličnog današnjem) vide na oba dijagrama. Detaljniji opis promjena u holocenskoj vegetaciji, okolišnih procesa i čovjekova utjecaja na okoliš u neolitiku u okolici močvare Mlaka u Beloj krajini, možete pročitati u drugom dijelu knjige (II. dio/4.1).

Istraživanja s visokom razlučivošću uzorkovanja i većim brojem uzoraka omogućavaju nam detaljnije vremensko opredjeljenje i bolje primjećivanje kratkotrajnih promjena



Slika 122: Radiokarbonske datacije i usporedba dvaju vremenskih modela za palinološku bušotinu. Prvi model (a) temelji se na linearnoj interpolaciji medijana triju radiokarbonskih datacija. Kod drugog modela (b), koji je obuhvatio šest radiokarbonskih datacija, linearna interpolacija bila je upotrijebljena samo za donji i gornji dio bušotine, dok je starost srednjeg dijela bušotine procijenjena s pomoću linearne interpolacije s dekompozicijom matrice na singularne vrijednosti (eng. general linear line-fitting by singular value decomposition). Prvi model pretpostavlja da se brzina taloženja sedimenta između dvije radiokarbonske datacije nije mijenjala, dok drugi matematički model u srednjem dijelu bušotine pretpostavlja manje promjene u brzini sedimentacije i na dijelovima između pojedinih radiokarbonskih datacija. Prema prijedlogu: Andrić 2007, slika2.





Slika 123: Ocjena starosti treseta u visokom cretu Šijec (Pokljuka) prema Goslar i sur. 2005 i Andrič i sur. 2010. Kod svake radiokarbonske datacije označena je raspoređenost vjerojatnosti 2σ (vidi II/Uvod). Za vremenski model razvijen je poseban algoritam za vijugave krivulje koje je teško opisati jednostavnom matematičkom funkcijom (eng. free-shape algorithm; Goslar i sur. 2009). Vremenski model prolazi kroz točku s najvećom vrijednošću (bijela crta na dubini ispod 43 cm), sivom bojom označena je nepouzdanost modela. Kratki peludni dijagram na lijevoj strani prikazuje udio drveća i antropogenih indikatora. Prema prijedlogu: Andrič i sur. 2010, slika 2 i 4.

u okolišu. Preciznija palinološka istraživanja visoke razlučivosti svakako su skuplja (troškovi kemikalija, radiokarbonskog datiranja i rada) i traju dulje od manje zahtjevnijih istraživanja. Dok izrada peludnog dijagrama s manjom razlučivošću uzorkovanja (slika 121a) zahtijeva „samo” četiri do pet mjeseci rada, palinološko istraživanje i izrada dijagrama s velikim brojem analiziranih uzoraka (slika 121b) traje godinu i pol dana. Unatoč tome, potonja su na nalazištima kao što je *Mlaka* svakako vrijedna truda.

Odluka o tome što znači visoka razlučivost uzorkovanja zasigurno je relativna i mijenja se s obzirom na istraživačko pitanje koje smo si postavili. Za mlađa arheološka, a osobito povijesna razdoblja za koja su nam na raspolaganju pisani izvori, koji pojedine događaje datiraju točno u godinu/desetljeće, gustoća uzorkovanja upotrijebljena na nalazištu *Mlaka* nije dostatna. Primjer istraživanja koje se približilo godišnjoj gustoći uzorkovanja jest visoki cret Šijec na Pokljuci (Andrič i sur. 2010), u kojem je zbog brzog rasta treseta vremenska razlučivost fosilnog peludnog zapisa dobra, no u tako mladim slojevima treseta utvrđivanje starosti radiokarbonskim datiranjem predstavlja poseban izazov (Goslar i sur. 2005). Omjer ugljikovih izotopa u atmosferi, zbog nuklearnih se pokusa nakon Drugog svjetskog rata, promijenio (vidi I. dio/1.6, uokvireni tekst), najveća koncentracija izotopa ^{14}C u atmosferi bila je 1963. godine, dok je pak npr. 1957. godine bila jednaka kao i 1988. godine (Goslar i sur. 2005). U tim nam slučajevima za izradu vremenskog modela (slika 123) pomaže velik broj radiokarbonskih datacija i njihov **stratigrafski** položaj. Stariji uzorci leže ispod mlađih, zato s punim pravom zaključujemo da je uzorak na dubini od 40 cm stariji od uzorka na dubini od 20 cm, iako se postotak izotopa ^{14}C u oba uzorka bitno ne razlikuje (Andrič i sur. 2010; slika 123). U donjem dijelu vremenskog modela (= ispod dubine od 43 cm) zbog platoa na krivulji umjeravanja i (više desetljeća/stoljeća) širokog raspona 2σ između 1650. i 1950. godine n. e., preciznost je datiranja nešto manja. Osobitost vremenskog modela profila treseta s creta Šijec jest i činjenica da nedostaje treset, koji bi se morao taložiti između 1460. i 1815. godine. Razlog je tome nepoznat. Pretpostavljamo da je treset bio uklonjen uslijed erozije ili su ga ljudi rezali u 18./19. stoljeću, kada je barun Žiga Zois proučavao mogućnosti paljenja treseta u metalurškim pećima (izvor: Plan gospodarenja šumama za GGE Pokljuka).

Poljoprivredna djelatnost na Pokljuci u 19. je i na početku 20. stoljeća po. Kr., vremenu najveće agrarne prenapučenosti Slovenije, bila vrlo intenzivna. Zbog visoke razlučivosti uzorkovanja na peludnom dijagramu u tom razdoblju jasno vidimo visoki udio peluda kulturnih biljaka (slika 123). Nakon Drugog svjetskog rata, kada je došlo do napuštanja poljoprivrede, ruderalne biljke u pedesetim su i šezdesetim godinama 20. stoljeća prekrile zapuštena polja. Godine 1958. ozakonjena je zabrana ispaše u šumi, što se na peludnom dijagramu vidi tek nekoliko desetljeća kasnije, u sedamdesetim godinama 20. stoljeća, kada se šuma obnovila i mlado drveće počelo proizvoditi pelud, postavši time vidljivo na peludnom dijagramu. Ispravnost vremenskih modula

za tako mlade uzorke poput profila treseta sa Šijca, možemo provjeriti i uz pomoć poznatih događaja: porast ulomaka ugljena nakon 1955. godine možemo povezati s poslijeratnom industrijalizacijom i zagađenjem okoliša, a tada se počinje javljati i pelud invazivne biljne vrste ambrozije (Andrič i sur. 2010), koja se u Sloveniji proširila tek nakon Drugog svjetskog rata (Wraber 1983).

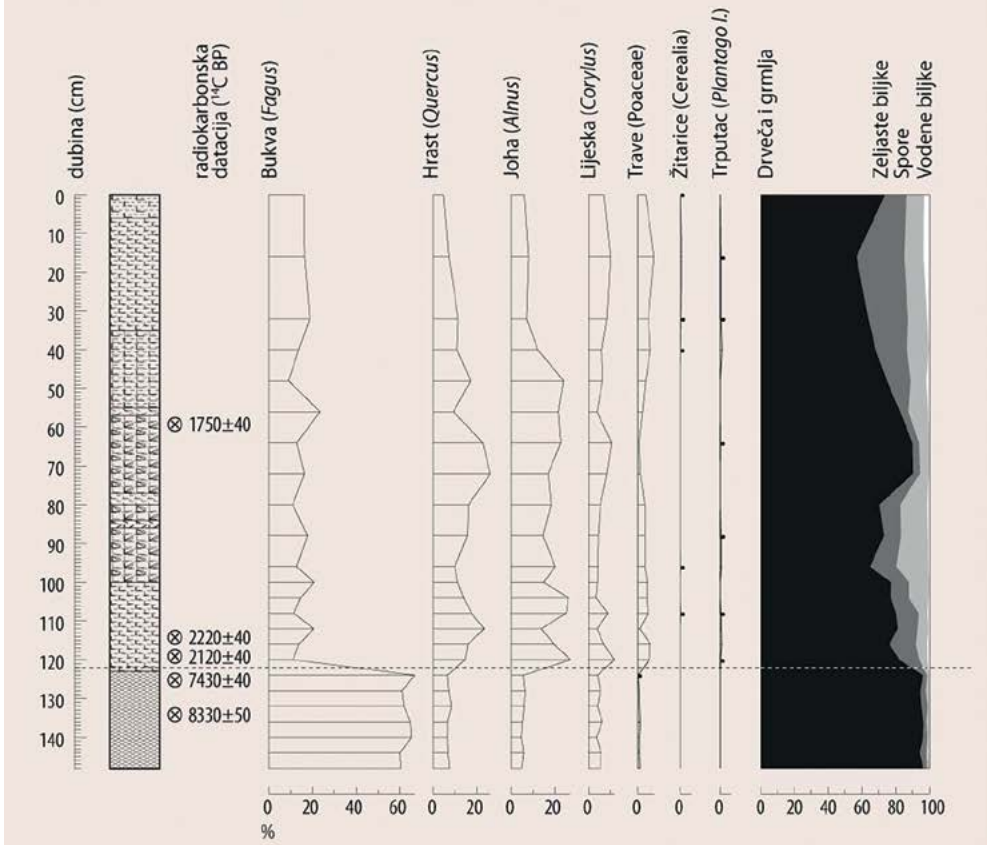
Na arheološkim nalazištima osim prirodnih tafonomskih procesa potrebno je uzeti u obzir i čovjekov utjecaj. Na primjer, zbog velike količine otpada i biljnog materijala koje su na sojenička naselja u Ljubljanskom barju donosili ljudi brzina je taloženja sedimenata u vrijeme kada su u naselju živjeli ljudi bila veća nego prije naseljavanja ili nakon napuštanja naselja. Iako je većina sojeničkih naselja iz četvrtog tisućljeća pr. Kr. postojala tek desetljeće ili dva (prema dendrokronološkoj dataciji, Čufar i sur. 2010), u tom kratkom razdoblju na nalazištima se nataložio i više desetaka centimetara debeo sloj (Tolar i sur. 2011; Andrič 2020), što je potrebno uzeti u obzir kod procjene starosti sedimenta.

Osim radiokarbonskih datacija i dendrokronoloških istraživanja, na arheološkim su nalazištima za utvrđivanje starosti fosilnog peluda važni još i stratigrafski položaj slojeva i ocjena starosti nalazišta s pomoću arheološke tipologije. Obje metode pomažu u dataciji peludnog stratigrafskog stupca (ili pojedinog uzorka), no ne mogu u potpunosti nadomjestiti neovisno radiokarbonsko datiranje palinološkog slijeda. Brojni arheolozi pogrešno smatraju da radiokarbonsko datiranje palinoloških uzoraka iz arheoloških konteksta nije potrebno, jer smatraju da je ono, barem za sva razdoblja koja leže na tzv. platou krivulje umjeravanja, manje precizno od datacije koja se temelji na arheološkoj tipologiji. Drugi je razlog neprihvatanje radiokarbonskog datiranja, kojim se na ovom mjestu nećemo baviti, financijske prirode.

Unatoč gore navedenim razmišljanjima arheologa, svakako se preporučuje neovisno datiranje palinološkog **slijeda**. U nekim slučajevima, veću točnost datiranja možemo postići većim brojem radiokarbonskih datacija iz različitih dubina (kako je to bilo učinjeno u visokom cretu Šijec; vidi II. dio/1.1), drugdje (kao što je slučaj vodom natopljene depresije NUK; vidi II. dio/2.2) dodatna bi radiokarbonska mjerenja dataciju postavljenu na temelju arheološke tipologije i stratigrafske situacije, možda donekle poboljšale. U nastavku ćemo istraživanjima na sojeničkom naselju Resnikov prekop pokazati zašto nam je potrebna neovisna palinološka kronologija i do kakvih bi pogrešnih interpretacija došlo kad profil sa spomenutog arheološkog nalazišta ne bismo radiokarbonski datirali.

→

Slika 124: Resnikov prekop, zapadni profil sonde 1 s označenim mjestom palinološkog uzorkovanja i radiokarbonskim datacijama te kratki peludni dijagram odabranih taksona. Prema prijedlogu: Andrič 2006, 106–107, slika 2. Foto: M. Turk.



Godine 2002. ekipa Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a je na Resnikovu prekopu iskopala tri arheološke sonde (Velušček 2006). Cilj istraživanja bio je (četrdeset godina nakon prvih istraživanja na tom lokalitetu; Jesse 1995; Šercelj 1963; Bregant 1964; Korošec 1964) detaljnije i novim istraživačkim metodama proučiti arheološko nalazište te okoliš i gospodarstvo nekadašnjih stanovnika Ljubljanskog barja. Dio tih iskapanja bila su i palinološka istraživanja zapadnog profila sonde 1 (slika 124).

Nalaziše Resnikov prekop bilo je, na temelju radiokarbonskih analiza drvenih stupova i tipoloških karakteristika keramike, datirano u razdoblje 4600. – 4500. pr. Kr. (Velušček 2006). Arheološki kulturni sloj u kojem su pronađeni ostaci drvenih ulomaka, arheološki nalazi (keramika, kameno oruđe, kosti) i kućice mekušaca ležao je na dubini od oko 120 cm, iznad karbonatnog, sivkastog, prahovitog sloja (u slov. jeziku tzv. *polžarica*, 123 – 148 cm) i ispod sloja **prahovitog aluvijalnog** odnosno **fluvijalnog** sedimenta, debljine jednog metra. U karbonatnom sedimentu ispod arheološkog kulturnog sloja na dubini između 123 i 148 cm bilo je pronađeno mnogo peluda drveća, a prevladavala je bukva (*Fagus*). U kulturnom sloju i gornjem dijelu profila nad njim udio drveća bio je mnogo manji, tek nešto više bilo je peluda hrasta (*Quercus*), joha (*Alnus*) i lijeske (*Corylus*), a otkriveni su i pelud žitarica (tip *Cerealia*) i uskolisnog trputca (*Plantago lanceolata*), koji ukazuju na poljoprivredno i stočarsko gospodarstvo (Andrič 2006; slika 124). Arheološki kulturni sloj sadrži nizak udio peluda drveća, što znači da je zbog ljudskog utjecaja na okoliš u okolici Resnikova prekopa nastala otvorena poplavna ravnica. Na temelju peludnog dijagrama, bez radiokarbonskih datacija, mogli bismo pogrešno zaključiti da je taj vrlo otvoren krajolik, sličan današnjem, nastao već u vrijeme postojanja arheološkog naselja (4600. – 4500. pr. Kr.). Radiokarbonske datacije (organskog ugljika sedimenta iz profila) govore drugačiju priču (slika 124). Pokazalo se je da su sediment i peludni zapis u tzv. kulturnom sloju na dubini od oko 120 cm mnogo mlađi od eneolitičkih odnosno neolitičkih arheoloških nalaza i da su se počeli taložiti tek na početku drugog stoljeća prije Krista. Dio sedimenta koji se taložio u razdoblju između 6000. i 200. pr. Kr. vjerojatno je iz profila odnesen zbog djelovanja tekuće vode, dok su veći i teži predmeti (keramika, kosti, drvo) ostali na mjestu, odnosno nisu pomaknuti daleko. Starost sedimenta (i peluda u njemu) i arheoloških rukotvorina, dakle, ne podudaraju se uvijek, stoga je vrlo važno neovisno utvrđivanje starosti sedimenta.

1.2 Uzorkovanje za potrebe arheobotaničkih istraživanja

Arheobotanika tradicionalnoj arheologiji može ponuditi zanimljive spoznaje, osobito o biljnoj prehrani, krmi, upotrebi materijala prirodnog (biljnog) izvora kao i o nekadašnjoj vegetaciji u blizini naselja (vidi također I. dio/2.7 i II. dio/4.2, 5.2, 7). Informacijska i reprezentativna vrijednost rezultata u arheobotanici ovisi o istraživačkom pitanju (vidi također I. dio/2.7 i II. dio/3.2, 4.2, 5.2, 7), uvjetima u kojima

su se biljni ostaci očuvali tisućljećima (vidi I. dio/2.3.1 i II. dio/2.3) i primijenjenim metodama istraživanja (vidi I. dio/2.4, 2.5 i 2.6). Potonjima ćemo se s primjerima inozemnih i domaćih istraživanja posvetiti u ovom poglavlju.

Odabir odgovarajuće metode arheobotaničkog uzorkovanja na terenu ovisi o istraživačkom pitanju, veličini arheološke iskopne površine i očuvanosti biljnih makroostataka. Možemo birati između triju osnovnih načina uzorkovanja na terenu (I. dio/2.4.1):

1. površinsko uzorkovanje, s uzimanjem uzoraka sedimenata sa svake dubine (primjeri: Hosch i Jacomet [2001]; Jacomet i sur. [ur.] (2004); Tolar i sur. [2011])

2. uzorkovanje s prikupljanjem stratigrafskih stupaca sedimenata (primjeri: Jacomet i sur. [ur.] (2004); Maier i Harwath [2011]; Tolar 2018; Tolar i Andrič [u pripremi])

3. uzorkovanje po vlastitoj procjeni, pri čemu skupljamo sve vidljive arheobotanički zanimljive nalaze (npr. ostatke zaliha žitarica, hrane, tekstila, drvenih predmeta, **koprolita** itd.), čije ćemo primjere detaljnije obraditi u II. dijelu/7.

Prikupljanje uzoraka sedimenata s površine

Na nalazištu Arbon-Bleiche 3 u Švicarskoj (južna obala Bodenskog jezera) otkriveni su ostaci dvadeset sedam kasnoneolitičkih kuća na drvenim stupovima, koje su bile izgrađene u vrlo kratkom vremenskom razdoblju, tj. 3384. – 3370. cal. BC. Hosch i Jacomet (2001) u arheobotaničkim su istraživanjima spomenutog naselja, između ostalog, usporedili dvije strategije odabira mjesta za uzorkovanje s površine (vidi također I. dio/2.4.1). Željeli su utvrditi hoće li se rezultati bitno razlikovati upotrijebimo li jedan od dvaju mogućih načina uzorkovanja: prvi, tj. sustavno uzorkovanje s površine na svakom drugom četvornom metru, ili drugi, tj. uzorkovanje s površine na nasumično odabranim mjestima unutar cijele iskopne površine (kao što je bilo izvedeno npr. na sojeničkom naselju Stare gmajne u Sloveniji, iskopavanja 2007. [Tolar i sur. 2011; vidi također I. dio/2.4.1, slika 39a i II. dio/4.2]).

Prema svakoj od spomenutih metoda analizirano je po deset uzoraka sedimenta i uspoređeni su rezultati. Zaključeno je da među rezultatima dobivenim sa sustavno i nasumično odabranih mjesta uzorkovanja s površine nema presudnih razlika.

Uzorcima prikupljenim sa sedamnaest mjesta (10 prema sustavnom i 10 prema nasumičnom odabiru; na 3 mjesta uzorkovanja primijenjena su oba načina). Utvrđeno je da sa samo sedamnaest mjesta uzorkovanja s površine, na oko 1100 m² (Leuzinger [ur.] 2000) velikoj prethodno istraženoj iskopnoj površini, nije bilo moguće reprezentativno obuhvatiti sve, čak ni rijetke biljne taksone. Naime, otkriveno je samo 75 % očekivanih taksona. Prvenstveno su nedostajali ostaci vrsta koji su važni npr. za interpretaciju uvjeta u vegetaciji (vidi II. dio/5.2) i nekih poljoprivrednih aktivnosti (npr. onih koncentriranih na određenim mjestima unutar cijelog [tj. oko 2000 m² velikog] nalazišta). Više o arheobotaničkim rezultatima sa spomenutog nalazišta rečeno je u II. dijelu/4.2. Istraživanje sedamnaest prethodno prikupljenih uzoraka iz kulturnog sloja kratkoročnog (nastanjenog 15 godina) naselja Arbon-Bleiche 3 bilo je

unatoč tome dovoljno za interpretaciju događaja (osobito ljudskih aktivnosti) u dvjema kućama i u prostoru između kuća. Tako je npr. u uzorcima iz kuće br. 14 otkriveno više ostataka pšenice (*Triticum sp.*) i lana (*Linum usitatissimum*), dok su u uzorcima iz kuće br. 24 prevladavali ostaci divljih plodova, osobito divlje jabuke (*Malus sylvestris*), žireva (*Quercus sp.*) i bijele imele (*Viscum album*). U kutovima obiju istraženih kuća bilo je moguće prepoznati veće koncentracije ostataka sjemenki/plodova šumskih jagoda (*Fragaria vesca*), malina (*Rubus idaeus*) i kupina (*Rubus fruticosus agg.*) (Hosch i Jacomet 2001).

Prikupljanje stratigrafskih stupaca sedimenta

Ova metoda vrlo je primjerena za organski bogata, vodom natopljena nalazišta. Arheobotanička istraživanja na kasnoneolitičkom nalazištu uz jezero, Bad Buchau-Torwiesen II u jugozapadnoj Njemačkoj (u blizini jezera Federsee; Maier i Harwath 2011) dobar su primjer sustavnog prikupljanja stratigrafskih stupaca sedimenata. Na svakom su četvornom metru cijele iskopne površine, na vrhu kulturnog sloja (tj. nakon uklanjanja gornjeg sloja treseta) i prije početka arheološkog iskopavanja, u tlo zabijene plastične cijevi promjera 10 cm i dužine 20 – 30 cm. Tijekom iskopavanja te su cijevi izbjegavane i sediment u njima ostao je netaknut (slika 125). Sličan način uzimanja uzoraka izveden je npr. i na nalazištima Hornstaad-Hörble IA (Maier 2001) i Chalain Station 3 (Petrequin [ur.] 1997).



Slika 125: Uzorkovanje prikupljanjem stratigrafskih stupaca sedimenta Bad Buchau-Torwiesen II u jugozapadnoj Njemačkoj. Preuzeto iz: Schlichtherle i sur. [ur.] 2011, 16, slika 12 (©Landesamt für Denkmalpflege Baden-Wuerttemberg, fotografija: W. Hohl).

Svi uzorci (tj. plastične cijevi u kojima se nalazio sediment iz kulturnog sloja; ukupno 1102 uzorka) nakon završenog iskopavanja pažljivo su zapakirani i do analiza u laboratoriju čuvani u hladnom prostoru. Osim arheobotaničkih, na istim uzorcima provodile su se i druge analize: ugljena, peluda, fosfata, malih životinjskih ostataka (npr. kukaca, crijevnih parazita; Schlichtherle i sur. 2010; Schlichtherle i sur. [ur.] 2011). Biljni makroostaci analizirani su samo u određenim stratigrafskim stupcima sedimentata (ukupno 537 uzoraka), koje su arheolog i arheobotaničar zajedno odredili na temelju već poznatih arheoloških činjenica (npr. pružanje putova, lokacija kuća, dvorišta, ograda, vatrišta/ognjišta) i prema istraživačkim pitanjima (npr. Schlichtherle i sur. 2010; vidi II. dio/4.2, slika 163 i 164). Nakon otvaranja plastičnih cijevi u laboratoriju, najprije su odredili debljinu kulturnog sloja i odvojili ga od sedimentata koji su se nalazili iznad i ispod njega. Debljina kulturnog sloja u različitim se stupcima sedimentata jako razlikovala (tj. od 2 do 30 cm), a time se razlikovao i volumen pregledanih uzoraka sedimenta iz kulturnog sloja (od 60 do 920 cm³). Flotacija je na njima izvedena standardnom metodom (vidi I. dio/2.5.1), na sitima pet veličina (promjera otvora od 4 do 0,25 mm). Rezultati su bili tome primjereno prikazani s koncentracijama sjemenki/plodova u litri sedimenta, a ne u apsolutnim brojevima (vidi I. dio/2.6, zadnji odlomak). Arheobotanička istraživanja dovoljno gusto prikupljenih stratigrafskih stupaca sedimentata s nalazišta Bad Buchau-Torwiesen II tako su, osim općeg popisa otkrivenih biljnih **taksona** koji ukazuju na poljoprivredne i prehrambene navike nekadašnjih stanovnika, zajedno s arheološkim otkrićima (npr. veličine kuća, načini gradnje i drugi arheološki nalazi [Schlichtherle i sur. 2010]) dokazala i društvene (gospodarske i kulturne) razlike između kuća i diferencijaciju aktivnosti unutar naselja (više o tome u II. dijelu/4.2).

Pokušaj uzorkovanja s prikupljanjem stratigrafskog stupca sedimenta iz profila za potrebe arheobotaničkih istraživanja (Tolar 2018) na eneolitičkom sojeničkom naselju Strojanova voda u Ljubljanskom barju (iskopavanja 2012.) pokazao se vrlo obećavajućom metodom i u Sloveniji (slika 126; vidi također II. dio/5.2). Unatoč maloj količini istraženog sedimenta u profilnim kutijama (zajednički volumen sedimenta: $7 \times 7 \times 130 \text{ cm} = 6370 \text{ cm}^3 = 6,370 \text{ litara}$), rezultati analiza biljnih makroostataka bili su zadovoljavajući. To potvrđuju visoka koncentracija (prosječno 6448 identificiranih makroostataka u litri sedimenta) i raznovrsnost (61 identificiran) biljnih taksona (više o rezultatima vidi II. dio/5.2). Sto trideset centimetara dugačak stratigrafski stupac sedimenta pružio je, za razliku od uzorkovanja s površine kulturnog sloja, uvid u događanja na tom mjestu u duljem razdoblju, ne samo tijekom taloženja kulturnog sloja već i u vremenu prije i nakon naseljavanja. Stratigrafski stupac sedimenta iz profila prije spiranja detaljno smo pregledali i subjektivno odredili vidljive „granice”, odnosno slojeve različitih vrsta sedimenta, npr. od kuda se do kuda proteže kulturni sloj tamnije boje (slika 126, dolje). Svaki od na takav način utvrđenih dvanaest **sljedova** sedimenta odvojeno smo spirali na sitima s najmanjim promjerom otvora 0,355

mm, pregledavši ostatke pod stereomikroskopom. Tako smo rezultate kasnije mogli sjediniti/razjediniti i utvrditi vertikalno (tj. u okomitom smjeru, odnosno u dubinu sedimenta), dakle vremensko javljanje pojedinih biljnih taksona (rezultati su točnije predstavljeni u II. dijelu/5.2). Rezultate tih analiza moguće je i kronološki usporediti s rezultatima palinoloških istraživanja, provedenih na obližnjoj bušotini „Na mahu” (Andrič i sur. 2008) i na palinološkim stratigrafskim stupcima uzetim s obližnjeg,



Slika 126: Strojanova voda, zaštitna iskopavanja 2012. Prikupljanje stratigrafskog stupca sedimenta iz profila profilnim kutijama (promjera 7×7 cm; zajednička dužina: 130 cm). Fotografija: D. Veranič. Dolje: subjektivno sekvencioniran (1/1SV – 12/1SV) stratigrafski stupac sedimenta (130 cm; vidi također II. dio/5.2). Pouzeto iz: Tolar 2018, 465, slika 1.

također eneolitičkog nalazišta Maharski prekop (iskopavanja 2005.; Tolar 2018; Tolar i Andrič [u pripremi]).

Uzorkovanje s površine ili prikupljanje stratigrafskih stupaca sedimenta? (vidi također I. dio/2.4.1)

Na nalazištu Arbon-Bleiche 3 Jacomet i suradnici (ur.) [2004] za potrebe arheobotaničkih istraživanja, osim uzorkovanja s površine (opisanog u ovom poglavlju), uzorkovali su i stratigrafske stupce sedimenta. Rezultate dobivene dvjema različitim metodama uzorkovanja sedimenta na terenu usporedili su utvrdivši njihove prednosti i nedostatke.

1. Prema metodi uzorkovanja sedimenta s površine kulturnog sloja, sa svakim produblivanjem prikupljene su barem tri litre površinskog uzorka sedimenta na trideset tri mjesta unutar iskopne površine (veličine oko 2000 m^2).

2. Prema metodi uzorkovanja s prikupljanjem stratigrafskih stupaca sedimenta, na dvanaest mjesta iz profila iskopne površine prikupljeni su stupci sedimenta ($2r = 15 \text{ cm}$).

Za obje metode uzorci su prikupljeni i iz nekadašnjih kućnih prostora i izvan njih.

Već prije samog istraživanja istraživači su bili svjesni dviju važnih razlika između uspoređenih metoda:

1. Gusto uzorkovanje s površine, na trideset tri mjesta primjerenije je za stjecanje reprezentativnih arheobotaničkih rezultata iz kulturnog sloja i njome horizontalne raspoređenosti pojedinih, osobito prehrambeno važnih taksona. Drugi način, s rjeđim uzorkovanjem, samo dvanaest stratigrafskih uzoraka iz profila iskopne površine, primjereniji je za opisivanje nastanka sloja sedimenta i promjena u okolišu te stanja vegetacije u vremenu.

2. Važan utjecaj na konačne rezultate i reprezentativnost rezultata imaju također volumeni uzetih uzoraka sedimenata. Oni su prema metodi uzorkovanja s površine bili mnogo veći.

U istraživanje je, iz svih dvanaest stratigrafskih stupaca zajedno, bilo uključeno tek 7,3 litara sedimenta, dok je iz sva trideset tri uzorka uzeta s površine, analizirano ukupno čak 185 litara sedimenta iz kulturnog sloja.

Zaključak metodološkog istraživanja (Jacomet i sur. [ur.] 2004):

Volumenom veći, s površine prikupljeni uzorci sedimenta iz kulturnog sloja jesu reprezentativniji. Reprezentativnije su koncentracije i zastupljenost biljnih makroostataka (vidi I. dio/2.6), osobito prehrambeno važnih taksona s većim sjemenkama/plodovima.

U stratigrafskim uzorcima sedimenta koncentracije većih biljnih makroostataka (npr. lješnjaka, žireva, jabuka, trnine), u usporedbi s uzorcima sedimenta prikupljenih s površine, bile su preniske, jednako tako i koncentracije nekih manjih biljnih makroostataka. Neki taksoni stoga su u stratigrafskim stupcima sedimenta bili nedovoljno prisutni u usporedbi s volumenom većim uzorcima prikupljenim s površine kulturnog sloja.

Konkretni rezultat na primjeru pšenice: u svih dvanaest stratigrafskih stupaca sedimenta otkriveno je tek 25 pougljenih ostataka žitarica, dok ih je u sva 33 uzorka prikupljena s površine ukupno bilo izdvojeno čak 411. U koncentracijskim jedinicama to bi značilo sljedeće: prosječno 2,2 ostatka pšenice u litri sedimenta iz stratigrafskog stupca i prosječno 48,1 ostatak pšenice u litri sedimenta iz uzoraka s površine. Na slično ukazuju i rezultati zastupljenosti (vidi I. dio/2.6, str. 72)). Zastupljenost taksona s većim makroostacima u stratigrafskim stupcima, u usporedbi s uzorcima prikupljenima s površine, bila je preniska, štoviše ostaci nekih taksona u stupcima sedimenta često su čak i nedostajali. Tek su ostaci lješnjaka i jabuka bili prisutni u svih dvanaest stratigrafskih stupaca iz profila (zastupljenost = 100 %, što znači da su bili

prisutni na cijelom nalazištu). Razlike u zastupljenosti manjih makroostataka ovisile su o taksonu, tako se npr. prisutnost ostataka lana, maka (*Papaver somniferum*), repe (*Brassica rapa*) i **zbirnih plodova** (npr. malina, kupina, jagoda) iz stratigrafskih stupaca nisu bitno razlikovali od zastupljenosti u uzorcima prikupljenim s površine.

Očite razlike u zastupljenosti bile su pak vidljive npr. u ostacima žitarica. Dok je u profilnim stupcima prosječna prisutnost bila 25-postotna, prisutnost istog taksona u uzorcima prikupljenima s površine bila je čak 70-postotna.

Jacomet i suradnici (ur.) [2004] zaključili su da volumenom veći uzorci sedimenta prikupljeni s površine, od kojih svi dolaze iz kulturnog sloja i dovoljno su gusto raspršeni po cijelom nalazištu, mogu obuhvatiti širi spektar bioloških ostataka, više događaja i aktivnosti tijekom trajanja naselja (isto su zaključiti i Jacomet i Brombacher [2005]). Uzorci manjeg volumena (pri čemu iz kulturnog sloja potječe manje od litre sedimenta) – kao npr. kod uzorkovanja sa stratigrafskim (ili profilnim) stupcima – mogu reprezentativno ilustrirati tek udio taksona s manjim sjemenkama/plodovima (tj. manjima od 1 mm). Stoga su oni primjereniji za interpretaciju (prirodne) vegetacije koja raste u bližoj okolini, a ne toliko za ljudsku prehranu i gospodarstvo (vidi primjere u II. dijelu/5.2). Stratigrafski stupci zbog manjeg volumena sedimenta iz kulturnog sloja u profilnoj kutiji ili plastičnoj cijevi, nereprezentativno obuhvaćaju ostatke žitarica i druge rjeđe prisutne (ili koncentrirane) taksone te one s većim makroostacima. Potrebno je shvatiti da su rezultati dobiveni s malim brojem (npr. manje od 20 uzoraka / 2000 m² iskopnog polja) volumenom manjih uzoraka (tj. manje od 2 litre sedimenta s nalazišta natopljenog vodom), izrazito slučajni, zato je u interpretaciji takvih rezultata (osobito gospodarski važnih takosna) potreban oprez!

Osim volumena prikupljenog uzorka sedimenta, iznimno je važna i gustoća uzorkovanja. Samo 12 stratigrafskih stupaca sedimenta s 2000 m² velike iskopne površine dozvoljava reprezentativno vrednovanje svih arheobotaničkih ostataka, jer biljni makroostaci nisu po cijelom nalazištu jednakomjerno raspoređeni, već su koncentrirani na određenim mjestima unutar iskopne površine. Tek su rijetki taksoni naime pokazali otprilike jednak rezultat zastupljenosti prema različitim metodama uzorkovanja: 1. s površine i 2. sa stratigrafskim stupcima (što bi značilo da su bili jednakomjerno raspoređeni po cijelom nalazištu). Zbog vrlo ograničenih mogućnosti obuhvaćanja „koncentriranih” makroostataka s tako rijetkim (12 stupaca / 2000 m²) uzorkovanjem, dobiveni rezultati nisu reprezentativni. Slični rezultati postignuti su i u istraživanjima drugih naselja uz jezera (npr. Märkle 2000; Maier 2001; Favre 2002).

Za buduća arheobotanička istraživanja vodom natopljenih nalazišta, Jacomet i suradnici (ur.) [2004] predlažu smislenu kombinaciju svih triju načina uzorkovanja (slika 127).

Kako bi postigli reprezentativne rezultate, osobito prisutnost taksona s većim sjemenkama/plodovima i kulturnih biljaka, preporučuje se uzorkovanje sedimenata s površine većeg volumena, tj. otprilike trilitarske dovoljno gusto raspoređene uzorke iz kulturnih slojeva.

Istovremeno se preporučuje i uzorkovanje sa stratigrafskim stupcima (2r = 15 cm), koje valja izvesti što je gušće moguće. Cijevi za uzorkovanje potrebno je zabiti u tlo prije početka iskopavanja (tj. prije uklanjanja slojeva „kulturnih” sedimenata). Stratigrafske stupce sedimenta možemo uzeti i iz jednog ili iz više profila iskopnih sonde – dakle nakon iskopavanja s profilnim kutijama.

U svakom slučaju, uzorkujemo također i po vlastitoj procjeni, pri čemu skupljamo sve nasumično otkrivene arheobotanički zanimljive nalaze (tj. akumulacije bioloških ostataka kao što su koproliti, ostaci tekstila, ognjišta i sl.).

U skladu s arheološkom interpretacijom obrasca naseljavanja i važnijih struktura naseljavanja te aktivnostima koje se provode nakon iskopavanja, zajedno s arheologom odabiremo najprimjerenije reprezentativne, i stratigrafski i s površine prikupljene uzorke za arheobotaničke i druge analize.

	POVRŠINSKI UZORCI SEDIMENTA IZ KULTURNOG SLOJA	STRATIGRAFSKI STUPCI SEDIMENTA IZ KULTURNOG SLOJA	STRATIGRAFSKI STUPCI SEDIMENTA IZ PROFILA
Primjeri istraživanja sojeničkih naselja	- Arbon-Bleiche 3 - Stare gmajne	Bad Buchau-Torwiesen II	- Arbon-Bleiche 3 - Strojanova voda
Rezultati	- reprezentativni rezultati o prehrambenim biljkama/ekonomiji - djelomično reprezentativni rezultati o okolišnim uvjetima u vremenu i prostoru postojanja sojeničkog naselja	- reprezentativni rezultati o prehrambenim biljkama/ekonomiji - prepoznavanje društveno-kulturnih razlika između kuća	- djelomično reprezentativni rezultati o prehrambenim biljkama/ekonomiji - reprezentativni rezultati o okolišnim uvjetima na području uzorkovanja
Prednosti	dovoljno veliki uzorci sedimenta iz kulturnog sloja	s dovoljno gustim uzorkovanjem moguća je vrlo precizna vertikalna i horizontalna distribucija biljnih makroostanka	duljina profilnog stupca omogućava uvid u događanja prije i nakon naseljavanja
Nedostaci	- manje naznačena vertikalna distribucija ostataka - nedostatan uvid u događanja prije i nakon naseljavanja	uzorci sedimenta količinsko ograničeni promjerom cijevi	uzorci sedimenta (osobito iz kulturnog sloja) količinsko ograničeni promjerom profilne kutije

Slika 127: Sažetak prednosti i nedostataka arheobotaničkih rezultata postignutih različitim metodama uzorkovanja na terenu.

1.3 Odgovarajuće metode rada s uzorcima sedimentata natopljenih vodom

U drugom dijelu arheobotaničkog poglavlja, u okviru metodološkog istraživanja usporedit ćemo tri načina rukovanja mokrim (tj. vodom natopljenim) arheološkim sedimentima, nakon prikupljanja na terenu, koje su izveli Tolar i suradnici (2010):

1. Grubo spiranje sedimenta sa sušenjem frakcija, kod kojeg su bile veće količine uzoraka (više 10-aka litara po uzorku) sedimenta s terena grubo flotirane, odnosno sprane na dvama sitima promjera otvora 3 mm i 1 mm. Spiranje se provodilo na terenu snažnim mlazom vode i gnječenjem rukama (slika 128a). Nakon spiranja organski ostaci koji su ostali na sitima (u nastavku: frakcije) radi lakšeg su pregledavanja posušeni na zraku (slika 128c).

2. Grubo spiranje sedimenta s očuvanjem frakcija u vodenom mediju, kod kojeg je prvi stupanj sličan prvoj metodi, tj. spiranje veće količine sedimenta na terenu, grubo i na sitima najmanjeg promjera otvora 1 mm (slika 128a). Druga faza te metode od prve se razlikuje u tome što se mokre organske frakcije sa sita ne prepuste isušivanju, već ih se sve do pregledavanja čuva u mokrom i hladno mediju (slika 128d).

3. Nježno spiranje polufлотacijom i očuvanjem frakcija sa sita u vodenom mediju, kod kojeg su manje količine uzoraka (2-3 litre po uzorku) vodom natopljenog muljevitog sedimenta najprije duboko smrznute, što olakšava kasniju nježnu polufлотaciju na sitima veličine otvora 2 i 0,355 mm (slika 128b; vidi također I. dio/2.5.1). Nakon spiranja (odnosno flotacije), frakcije sa sita (slika 128d) pohranjene su u hermetički zatvorenim plastičnim vrećicama u vodenom mediju i na hladnom, sve do pregledavanja.

Najboljom (tj. u arheobotaničkom smislu, najreprezentativnijom) pokazala se treća opisana metoda (slika 128b), koju smo preuzeli od uvaženih europskih arheobotaničkih laboratorija (npr. IPNA [Institut für Prähistorische und Naturwissenschaftliche Archäologie], Basel). Zbog nježnog spiranja tušem i polufлотacije (vidi I. dio/2.5.1) te zbog toga što su biljni makroostaci bili očuvani zahvaljujući natopljenošću vodom, očuvali su se i oni najkrhkiji i raspadanju skloniji biljni ostaci poput stabljike i listova mahovina, paprati, iglice četinjača, bodlje kupina i ostali vegetativni (tj. zeleni) dijelovi biljaka, koji pri grubom spiranju i sušenju organskih ostataka obično propadnu, odnosno izobliče se do neprepoznatljivosti. Nekarbonizirani maleni, nježni i krhki ostaci sjemenki/plodova (npr. ostaci ploda tobolca lana, sjemenke lana i maka, pljeva žitarica [Cerealía], perikarpi jabuka/krušaka [Maloideae] i žirova) očuvali su se u mnogo većem broju. Isto je bilo i s krhkim životinjskim ostacima (riblje ljuste, ostaci „oklopa” i jajašca kukaca, „kućica” njihovih ličinki i mekušaca te koproliti). Uvođenje najmanjeg sita s otvorom veličine 0,355 mm pokazalo se izuzetno prikladnim za sedimente natopljene vodom jer se na njemu zadržavaju i najmanji ostaci najrazličitijih biljnih vrsta, i kulturnih (npr. sjemenke maka) i onih divljih (npr. trava [Poaceae]).

Metoda nježnog spiranja polufлотacijom s prethodnim zamrzavanjem omogućila je najranije otkriće kulture lana na slovenskim arheološkim nalazištima (Tolar i Velušček 2009), a na temelju očuvanih nekarboniziranih ljuskica pljeve žitarica (vidi I. dio/2.2), najtočniju taksonomsku definiciju roda pšenice (*Triticum*) u dvije vrste: jednorna (*T. monococcum*) i dvozna pšenica (*T. dicoccum*).

Prema rezultatima obiju metoda s grubim načinom spiranja, prevladavali su otporniji, odrvenjeni (npr. sjemenke/plodovi drijena [*Cornus sp.*], obične lijeske [*Corylus avellana*], kupine) te karbonizirani biljni makroostaci, dok su gore spomenuti fragilni ostaci bili premalo zastupljeni ili su čak izostali. Stoga su ti rezultati ne samo lošiji (tj. s manje prepoznatih taksona) već su i nereprezentativni i neusporedivi, dakle



Slika 128: Grubo spiranje na terenu, prema prvoj i drugoj metodi (a); nježno spiranje polufлотacijom u laboratoriju, prema trećoj metodi (b); osušena organska frakcija sa sita, prema prvoj metodi (c); vodom natopljena organska frakcija sa sita, prema drugoj i trećoj metodi (d).

bez potencijala za daljnju usporedbu s drugim, vodom natopljenim arheološkim nalazištima, na kojima su se provodile prikladnije metode. Potvrdilo se pravilo „manje je više”. Nježnom polufлотacijom analizirali smo manji uzorak (2-3 litre) sedimenta (suprotno od 30-litarskog uzorka kod grubog spiranja), kojim smo pravilno rukovali postigavši puno više: veći spektar otkrivenih taksona i, što je važnije, reprezentativni udio pojedinih biljnih vrsta (i onih s krhkim i onih s otpornijim biljnim tkivima). Jedino takve (tj. reprezentativne) rezultate možemo međusobno usporediti i uključiti u svjetske baze podataka ili kompilacije arheobotaničkih rezultata s arheoloških nalazišta natopljenih vodom.

Gore opisani primjer istraživanja Tolar i sur. (2010) ključan je za rukovanje arheobotaničkim uzorcima s vlažnih arheoloških terena poput onih u cretu, močvarama, uz rijeke, jezera, mora, u bunarima i sl. Kada govorimo o arheološkim nalazištima na suhim tlima i biljnim ostacima koji su se tisućama godina (ako uopće) očuvali u suhom okolišu, frakcije sa sita mogu se prije pregledavanja posušiti. U tim slučajevima preporučuje se uzimanje veće količine uzoraka sedimenta (više 10-aka litara) jer su biljni ostaci sa suhih nalazišta prije rijetkost nego pravilo i najčešće se očuvaju samo u karboniziranom stanju (više o načinima očuvanja arheobotaničkih ostataka i metodologiji rada s uzorcima sedimenta sa suhih terena vidi I. dio/2.3 – 2.5 i II. dio/2.3).

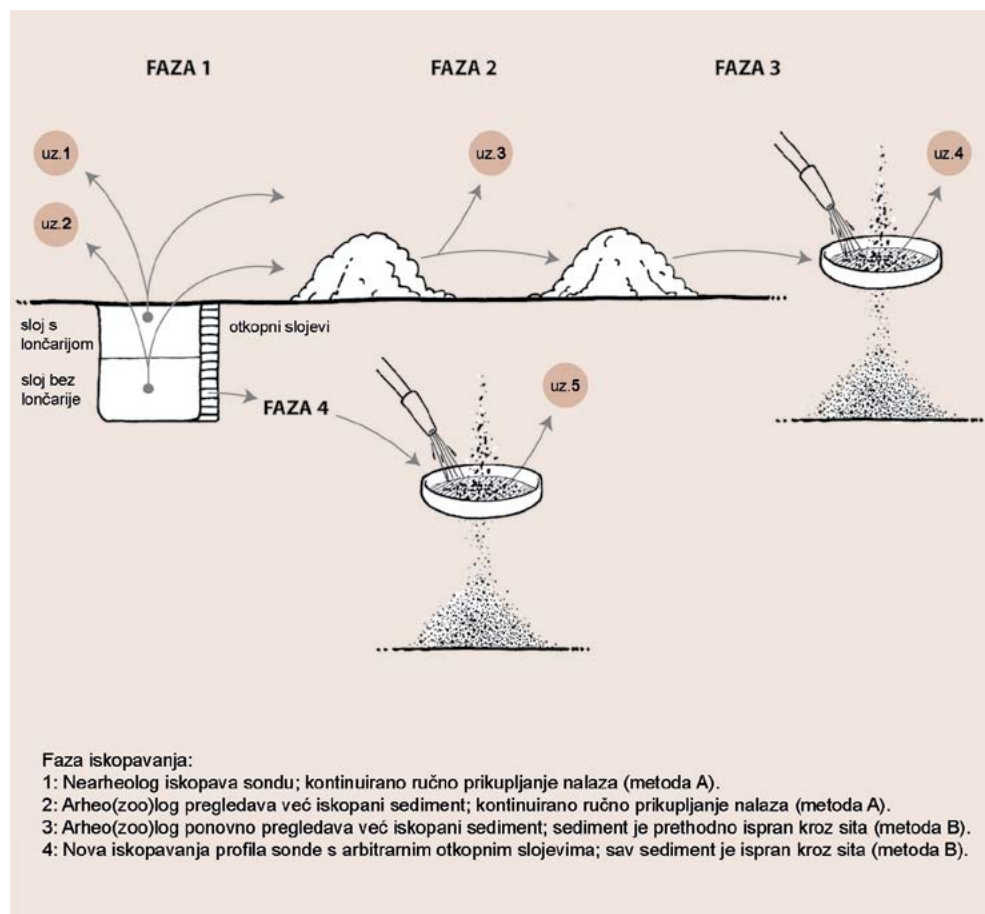
1.4 Važnost uzorkovanja mokrim prosijavanjem u arheozoologiji

Metodologija arheo(zoo)loškog rada dijeli se na terensku i postterensku, pri čemu nalazi potonjeg u velikoj mjeri ovise o rezultatima prvog. Naravno i tijekom izvođenja postterenskih postupaka dolazi do propusta, no oni se kasnije mogu donekle otkloniti prikladnijim metodama. Međutim, dođe li do pogreške tijekom, primjerice, terenskog prikupljanja životinjskih ostataka, neželjene posljedice naknadno se ne mogu otkloniti. Drugim riječima: reprezentativnost takvih uzoraka je nepopravljivo narušena. Stoga u nastavku predstavljamo ključna rješenja za otklanjanje takvih problema, ispiranje (uzoraka) iskopanog sedimenta kroz sita, odnosno mokro prosijavanje, i stručni pregled pojedinačnih frakcija različitih veličina dobivenih tijekom procesa. Oslonit ćemo se na rezultate arheoloških istraživanja dva abrija, odnosno polušpilja ispod prevjesne stijene, sa slovenskog Krasa: Male Triglavce kod Divače i Viktorjevog spodmola kod Famlja (Turk [ur.] 2004).

Viktorjev spodmol leži u podnožju Vremščice u dolini rijeke Reke nedaleko od sela Famlje. Godine 1997. i 1999. sondažno su ga istraživali speleolog V. Saksida i ekipa s Instituta za arheologiju ZRC SAZU pod vodstvom arheologa I. Turka. Pri tome korištene su dvije različite metode pronalaženja uzoraka u četiri faze terenskog istraživanja (vidi niže i sliku 129). Tijekom sondiranja pronađeni su ostaci iz mezolitika i brončanog/željeznog doba (Turk 2004a, 74–81; Turk i Velušček 2004). Među otprilike 30.000 iskopanih životinjskih ostataka prevladavaju sisavci (Toškan i Kryštufek 2004;

Toškan i Dirjec 2004a), ako ne uzmemo u obzir približno 58.000 **rožnatih ploča** ili **ljuski gmazova**.

Terensko istraživanje započeo je V. Saksida, koji je na površini od 1 x 2 m postupno uklonio nekoliko vodoravnih otkopnih slojeva sedimenta debljine oko 20 do 30 cm. Konačna dubina sonde bila je oko 1 metar. Sediment je kontinuirano pregledavan tijekom i nakon iskopavanja, ali bez prosijavanja. Dubine na kojima su pronađeni pojedini nalazi nisu označene. Umjesto toga podijelio je iskopane ostatke prema tome, jesu li ležali u tzv. slojevima s ostacima lončarije (brončano/željezno doba) ili



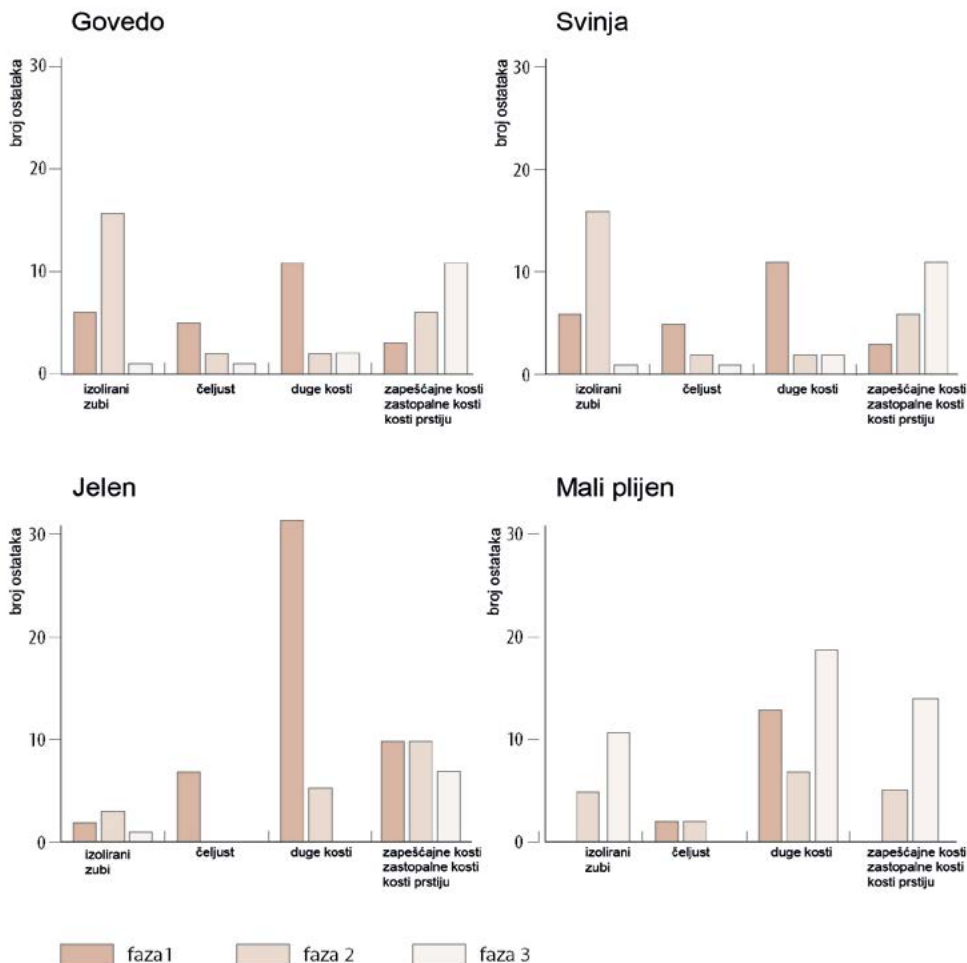
Slika 129: Shematski prikaz tijekom terenskog istraživanja Viktorjevog spodmola. Korištene su različite metode uzorkovanja nalaza: kontinuirano ručno prikupljanje, koje se odvijalo istovremeno s produbljivanjem sonde ili pregledom odlagališta iskopanog sedimenta (metoda A), i prikupljanje iz pojedinačnih frakcija sedimenta koji su prethodno isprani kroz sita (metoda B). U ukupno četiri faze iskopavanja dobiveno je pet različitih arheozooloških uzoraka.

1 Odabir odgovarajućih osnovnih metoda rada

TAKSON	Uzorak 1 NISP	Uzorak 2 NISP	Uz. 1+2 NISP	Uzorak 3 NISP	Uzorak 4 NISP	Uzorak 5 NISP
Jelen obični (<i>Cervus elaphus</i>)	21 (33,9 %)	39 (57,2 %)	60 (46,2 %)	9 (27,4 %)	10 (11,0 %)	74 (27,1 %)
Divlja svinja (<i>Sus scrofa</i>)		17 (25,2 %)	29 (22,3 %)	4 (12,1 %)	15 (16,5 %)	76 (27,8 %)
Domaća svinja (<i>Sus domesticus</i>)	12 (19,3 %)					
Obični zec (<i>Lepus europaeus</i>)	7 (11,3 %)		7 (5,4 %)	5 (15,1 %)	30 (33,0 %)	58 (21,2 %)
Lisica (<i>Vulpes vulpes</i>)	5 (8,1 %)		5 (3,8 %)	7 (21,4 %)	9 (9,9 %)	5 (1,8 %)
Jazavac (<i>Meles meles</i>)	2 (3,2 %)	1 (1,5 %)	3 (2,3 %)		5 (5,5 %)	15 (5,5 %)
Srna (<i>Capreolus capreolus</i>)	2 (3,2 %)	3 (4,3 %)	5 (3,8 %)	2 (6,0 %)	3 (3,3 %)	10 (3,7 %)
Mačka (<i>Felis sp.</i>)	1 (1,6 %)	1 (1,5 %)	2 (1,5 %)	1 (3,0 %)	5 (5,5 %)	2 (0,7 %)
Kapriini (ovca/koza) (<i>O. aries</i> , <i>C. hircus</i>)	6 (9,7 %)		6 (4,7 %)	2 (6,0 %)	6 (6,6 %)	14 (5,1 %)
Domaće govedo (<i>Bos taurus</i>)	6 (9,7 %)		6 (4,6 %)			1 (0,4 %)
Pragovedo (<i>Bos primigenius</i>)		4 (5,8 %)	4 (3,1 %)			1 (0,4 %)
Mrki medvjed (<i>Ursus arctos</i>)		1 (1,5 %)	1 (0,8 %)	2 (6,0 %)	5 (5,5 %)	1 (0,4 %)
Kuna (<i>Martes sp.</i>)					3 (3,3 %)	6 (2,2 %)
Pas (<i>Canis familiaris</i>)		1 (1,5 %)	1 (0,8 %)			7 (2,6 %)
Ris (<i>Lynx lynx</i>)				1 (3,0 %)		
Vidra (<i>Lutra lutra</i>)		1 (1,5 %)	1 (0,8 %)			1 (0,4 %)
Los (<i>Alces alces</i>)						1 (0,4 %)
Tvor (<i>Mustela putorius</i>)						1 (0,4 %)
UKUPNO	62	68	130	33	91	273

Slika 130: Zastupljenost pojedinih taksona velikih sisavaca u svakom od pet uzoraka, sakupljenih tijekom terenskih istraživanja u Viktorjevom spodmolu. Količina ostataka izražena je kao broj odredivih primjeraka (NISP; vidi I. dio/3.6.1). Pregled uzoraka: uzorak 1 – Saksidova sonda: prvi pregled slojeva s lončarijom, ručno prikupljanje nalaza (tj. metoda A); uzorak 2 – Saksidova sonda: prvi pregled slojeva bez lončarije, ručno prikupljanje nalaza (tj. metoda A); uzorak 3 – odlagalište iskopanog sedimenta iz Saksidove sonde: ponovni pregled bez prethodnog prosijavanja, ručno prikupljanje nalaza (tj. Metoda A); uzorak 4 – odlagalište iskopanog sedimenta iz Saksidove sonde: pregled prosijanog sedimenta na odlagalištu (tj. metoda B); uzorak 5 – arbitrarna iskopavanja profila Saksidove sonde: sav sediment je ispran kroz sita (tj. metoda B).

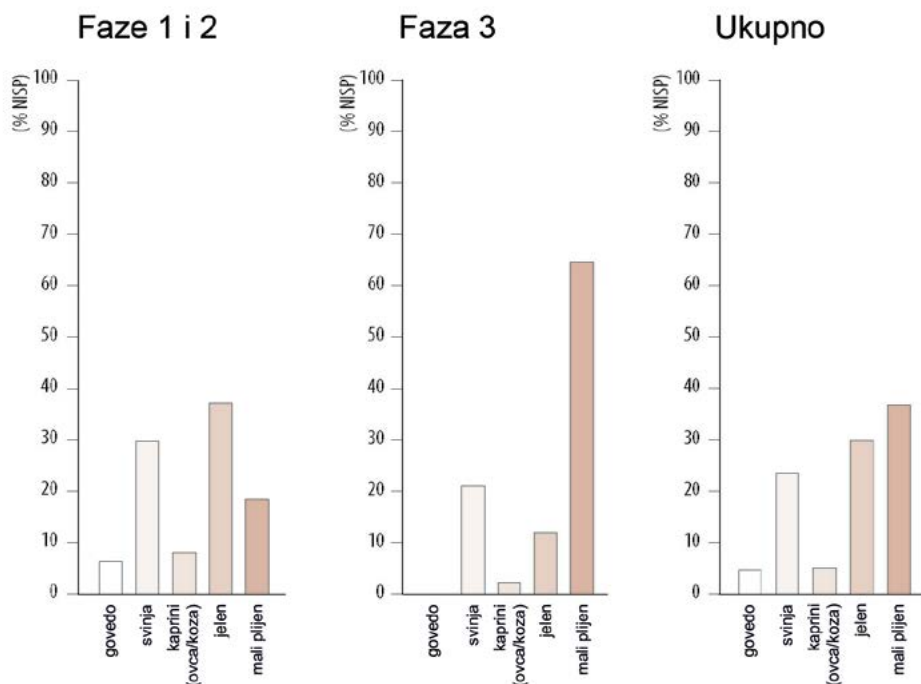
u onima bez njih (mezolitik). Prikupljena arheozoološka građa sastojala se od 624 ostatka sisavaca, od kojih je 130 bilo moguće preciznije taksonomski odrediti (slika 130: uzorci 1 i 2). Zastupljeno je osam porodica sa 14 vrsta, što je usporedivo s ručno prikupljenim materijalom iz drugih istovremenih nalazišta u regiji (usp. Pohar 1990, tab. 1; Turk i sur. 1992, 34–35; 1993, 71–73). Među nalazima iz slojeva bez ostataka lončarije po broju nalaza očekivano prednjače jeleni i divlje svinje, budući da se lokalne mezolitičke zajednice još nisu bavile stočarstvom.



Slika 131: Učinkovitost prikupljanja životinjskih ostataka tijekom prvog (faza iskopavanja 1) i drugog (faza iskopavanja 2) pregleda neprosijanog sedimenta Saksidove sonde u Viktorjevom spodmolu te tijekom trećeg pregleda istog uzorka, koje je obavljeno nakon prethodnog mokrog prosijavanja (faza iskopavanja 3). Za detaljni opis pojedinih faza iskopavanja pogledati tekst i sliku 129. U kategoriju "mali plijen" spadaju ostaci zeca, lasice, kune, jazavca, vidre, divlje mačke, risa i lisice.

Naravno, drugačije je bilo u brončanom i željeznom dobu, zbog čega je udio domaćih životinja u arheozoološkom materijalu iz slojeva s lončarijom dosegao već trećinu. Analizom zastupljenosti pojedinih kosturnih elemenata ustanovljena je količinska prevlast (ulomaka) dugih kostiju, a brojni su i ostaci čeljusti i izoliranih zuba velikih biljojeda (slika 131: faza iskopavanja 1). U materijalu dakle prevladavaju relativno veliki nalazi.

U sljedećoj, tj. drugoj fazi terenskih istraživanja ponovno je pregledan sediment iz Saksidove sonde, ovog puta od strane ekipe arheologa s Instituta za arheologiju ZRC SAZU. Budući da se radilo o već iskopanom sedimentu s odlagališta, nastalom tijekom sondiranja V. Saksida (vidi gore), trebalo ga je promatrati kao cjelinu; podjela na mezolitički i brončanodobni/željeznodobni dio više nije bila moguća. Ponovnim pregledom pronađeno je dodatnih 137 ostataka sisavaca (slika 130: uzorak 3), čime je ukupan skup iskopanih životinjskih kostiju i zuba povećan za čak petinu. Dobiveno



Slika 132: Udio (% NISP; vidi I. dio/3.6.1) ostataka nekih životinjskih taksona u materijalu iz Viktorjevog spodmola, prikupljenog prilikom pregleda neprosijanog sedimenta iz Saksidove sonde (faze iskopavanja 1 i 2) i tijekom ponovnog pregleda istog materijala, ovaj puta nakon prethodnog mokrog prosijavanja (faza iskopavanja 3). Za detaljni opis pojedinih faza iskopavanja pogledati tekst i sliku 129. Kategorija "mali plijen" definirana je u potpisu slike 131.

je 91 novih taksonomski određenih nalaza, što čini više od 70 posto svih određenih ostataka iz "Saksidovih" uzoraka 1 i 2 (odnosno uzoraka dobivenih tijekom faze iskopavanja 1).

Među kosturnim elementima ovog puta dominirali su izolirani zubi goveda i svinja, a značajan je bio i udio zapeščajnih i zastopalnih kostiju te kostiju prstiju (slika 131: faza iskopavanja 2). Ponovnim pregledom ukazano je i na mnoge ostatke tzv. malog plijena. Ako je među taksonomski određenim nalazima iz prve faze istraživanja ostataka zeca, lasice, kune, jazavca, vidre, divlje mačke, risa i lisice bilo tek 15 posto, ponovnim pregledom taj se udio popeo na 25 posto (slika 130). Uključivanje stručno osposobljenog osoblja u proces prikupljanja arheozooloških ostataka značajno je pridonijelo učinkovitijem pronalaženju (uglavnom manjih) nalaza, i to bez promjena u metodologiji rada. Čak i tijekom druge faze iskopavanja, životinjski ostaci sakupljani su samo ručno.

Do stvarnih prilagodbi u terenskoj metodologiji došlo je tek u sljedećoj, trećoj fazi istraživanja, kada je do sada dva puta pregledan sediment najprije potpuno ispran kroz sita (veličina otvora: 3 i 1 mm), a zatim ponovno pregledan u trećoj fazi (slika 129). Ukupan broj pronađenih arheozooloških ostataka povećao se za 4960 primjeraka i time se više nego udvostručio (slika 130: uzorak 4). Većina ovih nalaza, veličine svega nekoliko milimetara, nije se mogla taksonomski i/ili anatomske odrediti, ali je porast broja svih dosad određenih kostiju i zubi ipak bio znatan (tj. s 221 na 312). Uglavnom je riječ o ostacima tzv. malog plijena, a pronađeno je i relativno mnogo sitnih kostiju većih životinja (npr. zapeščajne i zastopalne kosti, kosti prstiju; slika 131: faza iskopavanja 3). Time su se značajno promijenila i dva ključna ulazna podatka svakog arheozoološkog istraživanja: postotak zastupljenosti pojedinih taksona (slika 132) i broj ostataka raznih kosturnih elemenata (slika 131).

Završna faza terenskog istraživanja Viktorjevog spodmola bila su arbitrarna iskopavanja profila tzv. Saksidove sonde (faza iskopavanja 4, vidi sliku 129). Blok sedimenta dimenzija 0,2 x 2 x 1 m izvađen je u vodoravnim otkopima slojevima podjednake debljine od 5 cm. Iskopani sediment u potpunosti je ispran kroz gore spomenuta sita, a pojedine frakcije pregledane su pod lupom. Osim ostataka velikih sisavaca (N = 12.376; Toškan i Dirjec 2004a), sakupljeni su i ostaci malih sisavaca (3717 zuba i nekoliko stotina ulomaka kostiju; Toškan i Kryštufek 2004), zmija (N = 259), guštera (N = 4828, s dodatnih približno 58.000 **rožnatih ljuski**), vodozemaca (N = 59), riba (N = 30; sve Paunović 2004) i mekušaca (N = 8979; Mikuž 2004; Slapnik 2004). Sve zajedno iz svega 0,4 m³ sedimenta, što je pet puta manje od volumena Saksidove sonde.

Potreba prosijavanja barem dijela iskopanog sedimenta vrlo uvjerljivo pokazuju i istraživanja u Maloj Triglavci, istaknutog abrija u manjoj vrtači na Divaškom krasu. Od 1979. do 1985. godine ovdje je iskopavala ekipa s Instituta za arheologiju ZRC SAZU, pod vodstvom F. Lebera (1988). Nalazi su većinom prikupljeni ručno. Od nekoliko tisuća iskopanih životinjskih ostataka iz različitih arheoloških razdoblja do sada su

objavljeni samo rezultati analize mezolitičkog materijala (Pohar 1990). Desetljeće i pol nakon završetka sustavnih istraživanja I. Turk, također s Instituta za arheologiju ZRC SAZU, obavio je malo revizijsko istraživanje. Međutim, namjera nije bila istraživanje još neiskopanih naslaga, već samo prikupiti sitne arheološke i druge nalaze koji su mogli ostati u izbačenim sedimentima iz starijih Lebenovih iskopavanja tzv. mezolitičkih slojeva. Skup arheozooloških nalaza, prikupljenih spomenutim istraživanjem, uključuje više od 3000 kostiju i zuba sisavaca (Turk i sur. 2004; Toškan 2009a) te desetke tisuća ostataka drugih životinjskih taksonomskih skupina. Pogledajmo neke detalje.

Čak 9 od ukupno 11 vrsta navedenih u objavi građe iz Lebenovih istraživanja (Pohar 1990, tab. 1) pronađeno je u revizijskim istraživanjima ranije iskopanog sedimenta. Istovremeno, otkriveno je 5 „novih” vrsta velikih i 21 vrsta malih sisavaca, 6 vrsta morskih mekušaca (Mikuž i Turk 2004) i najmanje 1 vrsta guštera (slika 133; Turk 2004b). Osim toga, revizijskim pregledom prikupljeno je i 15 ostataka taksonomski neodređenih riba (Turk 2004b), koje do tada nisu bile poznate na ovom nalazištu, te nekoliko desetaka tisuća kućica kopnenih puževa (Mikuž i Turk 2004, 199). Broj određenih ostataka velikih sisavaca pronađen tijekom iskopavanja 1979.–1985. gotovo se utrostručio (odnosno s 370 na 943), i to bez više od 2200 malih ulomaka jelenjih rogova. Uzmemo li u obzir i neistraženi dio odlagališta ranije iskopanog sedimenta, možemo pretpostaviti da su tijekom tzv. sustavnih iskopavanja u osamdesetim godinama prošlog stoljeća, ostaci velikih sisavaca mogli biti prikupljeni u manje od 40 posto od njihove procijenjene količine! Uzimajući u obzir ostatke svih skupina životinja (tj. i malih sisavaca, gmazova, riba, mekušaca) ta bi razlika naravno bila puno veća.

Negativne posljedice površnog prikupljanja arheozooloških nalaza ne očituje se samo u iskrivljenim omjerima zastupljenosti pojedinih taksona, kosturnih elemenata, dobničkih skupina ili, primjerice, gubitkom inače vrijednih taksonomski prepoznatljivih ostataka malih životinja (vidi npr. II. dio/5.3). Slaba zastupljenost onih ostataka koji se uslijed njihove razlomljenosti nisu mogli taksonomski odrediti također može imati značajne negativne posljedice na ishod istraživanja. Ti su ulomci uglavnom manji od 1 cm, pa se redovito zanemaruju prilikom ručnog skupljanja. No takvih nalaza u prosijanoj građi zna biti iznimno mnogo. Prilikom revizijskog pregleda ranije prekopanih sedimenata u Maloj Triglavci, primjerice, težina svih neodređenih životinjskih ostataka većih od 3 mm procijenjena je na 43 kg, s omjerom mase između određenih i neodređenih ostataka 1 : 15. Drugim riječima: u istraženom dijelu prekopanih sedimenata mogla se utvrditi samo jedna petnaestina mase svih iskopanih ulomaka kostiju i zuba.

Što to znači u praksi? Između ostalog, činjenica da se procjena količine mesa, konzumiranog unutar zajednice, odredila isključivo na temelju ručno sakupljenih (= velikih) životinjskih ostataka znatno je problematičnija nego inače. Također, na temelju spomenutih saznanja potrebno je preispitati koliko su pouzdani rezultati utvrđivanja čimbenika akumulacije arheozooloških nalaza ili, primjerice, rezultati tafonomskih analiza. Također, kako su Turk i suradnici (2004, 202) uvjerljivo pokazali,



Slika 133: Rožnate ljuske guštera. Foto: I. Debeljak.

ti mali ulomci mogu biti vrlo važni čak i kada se radi o čisto arheološkim pitanjima, kao što je otkriće spektra aktivnosti nekadašnjih ljudskih zajednica. Vratimo se stoga na kraju Maloj Triglavci i spomenimo da je u mezolitičkim slojevima pronađeno nekoliko predmeta od jelenjeg roga (Leben 1988). Mogu li ovi ostaci upućivati na postojanje radionica za izradu predmeta od ove sirovine? Na temelju građe sakupljene tijekom istraživanja 1979.–1985., ne čini se da je tako. Štoviše, u takvoj bi radionici zasigurno nastalo dosta proizvodnog otpada (odnosno sitnih ulomaka) od jelenjih rogova, a u materijalu s Lebenovih iskopavanja ti su ostaci činili tek skromnih 16 posto svih taksonomski određenih nalaza jelena. No, ponovnim pregledom odlagališta ranije iskopanog sedimenta taj je udio porastao na čak 82 posto. Na Viktorjevom spodmolu, gdje je jelen tijekom mezolitika bio glavna lovna divljač, kao i u Maloj Triglavci, pronađeno je samo 31 posto ovih nalaza (u obzir je uzet materijal iz arbitrarnog iskopavanja profila Saksidove sonde, tj. faza iskopavanja 4; vidi uzorak 5 na slika 130). Ovdje je i predmeta izrađenih od rogova bilo manje. Na temelju nalaza iz prosijanih frakcija sedimenata ipak možemo zaključiti da je u Maloj Triglavci svojedobno postojala specijalizirana radionica za izradu predmeta od jelenjeg roga, dok je u Viktorjevom spodmolu takva djelatnost bila tek od sekundarne važnosti.

1.5 Osnovne strategije uzorkovanja u gearheologiji

Odabir odgovarajuće strategije uzorkovanja u gearheologiji ovisit će o tome uzorkujemo li pojedinačno arheološko nalazište na kojem se provode iskopavanja (kao na primjer naselje) ili uzorkujemo širi krajolik. Strategija uzorkovanja uvelike će ovisit i o istraživačkim pitanjima arheologa koji provode iskopavanja i gearheologa, pogotovo kada je riječ o uzorkovanju na razini nalazišta.

Uzorkovanje na nalazištu za arheološku mikromorfologiju

Gdje točno uzorkovati i koliko uzoraka uzeti ovisi o varijabilnosti taložina unutar nalazišta. U idealnim uvjetima, gearheolog od početka sudjeluje u terenskom istraživanju i uzorkovanje prati iskopavanje. Međutim, u većini slučajeva to nije moguće,

pa geoarheolog obavlja uzorkovanje nakon što je pojedini dio sonde, a ponekad i čitava arheološka sonda već iskopana (za opise, načine uzorkovanja i dokumentiranje vidi I. dio/4.5).

Neka od osnovnih pitanja na koja geoarheolozi traže odgovore jesu: koje je porijeklo taložina, na koji način su nataložene na našem nalazištu, koji procesi su se događali nakon taloženja, odnosno što nam procesi govore o nastanku i modifikaciji nalazišta. Za razliku od uzorkovanja za druge vrste mikroarheoloških analiza, poput testiranja sedimenata na **tefru**, uzorkovanje u pravilnim intervalima u arheološkoj mikromorfologiji najčešće nema previše smisla jer na taj način ne bismo dobili relevantne podatke.

Uzorkovanje svakog pojedinog sloja ili stratigrafske jedinice, odnosno konteksta, uglavnom se provodi samo na nalazištima s jednostavnim stratigrafskim slijedom i/ili kada su nam na raspolaganju samo profili vrlo malih sondi (slika 134). Kada bismo na ovakav način uzorkovali kompleksna nalazišta, bila bi nam potrebna



Slika 134: Lokacije mikromorfoloških uzoraka na profilu sonde u Romualdovoj pećini: uzorkovani su pojedini slojevi; na mjestima gdje je bilo značajno za interpretaciju procesa nastanka nalazišta, uzorkovano je više slojeva u jednom uzorku zbog analize kontakata.

izdašna financijska sredstva, kao i vrijeme potrebno za uzorkovanje i analizu ogromne količine uzoraka. Da bi uzorkovanje bilo relevantno, za većinu nalazišta može se primijeniti tzv. strateško uzorkovanje (slika 135) temeljeno na **facijesu**, koje predlažu Karkanás i Goldberg [2019]. Oni facijes definiraju kao tip taložine koja je produkt jedinstvenog seta aktivnosti i ponašanja. Dakle, glavna jedinica za uzorkovanje jest facijes i težište je na varijabilnosti taložina, a ne na sloju. Na taj način, broj uzoraka koje ćemo prikupiti, ovisit će o brojnosti i tipu facijesa. Kada prvi puta uzorkujemo neko nalazište, potrebno je uzorkovati i matični supstrat te one facijese za koje nam je već na terenu jasno kako su nastali, a sve to kako bismo stvorili **referentu** zbirku uzoraka za usporedbu s ostalim uzorcima s nalazišta, što će nam olakšati kasnije interpretacije. Općenito, za homogene taložine dovoljno je prikupiti jedan ili dva



Slika 135: Lokacije mikromorfoloških uzoraka na profilu sonde u špilji Zemunici: uzorkovani su reprezentativni facijesi i/ili njihovi kontakti.

uzorka, a što je heterogenost veća, potrebno je i više uzoraka (Karkanias i Goldberg 2019). Nakon preliminarnih mikromorfoloških analiza, u idealnim slučajevima, geoarheolog provodi dodatno uzorkovanje na mjestima na nalazištu koja je potrebno detaljnije istražiti/objasniti. Uzorkovanje za geoarheološku analizu pojedinačnog nalazišta vidi na primjeru Mujine pećine u II. dijelu/5.4.

Geoarheološko uzorkovanje krajolika

Kod istraživanja šireg krajolika u okolini nalazišta, uobičajen način uzorkovanja jest testiranje svrdlanjem i geo(arheo)loškim bušotinama. Prije samoga uzorkovanja,



Slika 136: Sondiranje tla ručnim svrdlom.

potrebno je proučiti geološke, pedološke i topografske karte, satelitske fotografije te fotografije iz zraka, i sve ostale dostupne podatke o krajoliku koji istražujemo. Ovi nam podaci pomažu u planiranju uzorkovanja, tj. u razmještanju bušotina u prostoru, a potrebni su i za interpretaciju taložnih i posttaložnih procesa, kao i za prepoznavanje nekadašnjih struktura i tvorevina.

Najjeftiniji i najjednostavniji način uzorkovanje jest sondiranje ručnim svrdlom (slika 136). Ono je pogodno za gotovo sve terene, a s obzirom da je relativno lagano, pogodno je za teško dostupna ili vegetacijom obrasla područja. Sondiranje tla/sedimenata obavlja se postupno do dubine matičnoga supstrata/matične stijene, ukoliko tvrdoća tla/sedimenta te dubina matičnog supstrata to dozvoljava. Sukcesivno slaganje sondažnih izvadaka tla/sedimenta daje nam uvid u osnovnu

stratigrafiju istraživane lokacije, zatim u bočno rasprostiranje prirodnih i arheoloških taložina (horizonta tla, sedimenta, arheološkog nalazišta, tvorevina itd.) te uvid u sastav i neka od svojstava tla/sedimenta, ako i zastupljenost sitnih artefakata i ekofakata (za opis i dokumentaciju tla/sedimenta vidi I. dio/4.5). Sustavno se uzorkuje uz pomoć mreže kvadrata ili prema unaprijed određenom transektu, a može se provesti i preliminarno uzorkovanje prema nasumičnom izboru lokacija (često se provodi istovremeno s rekognosciranjem terena). Nedostatak ove metode jest to što je sondažni



Slika 137: Geo(arheo)loško bušenje u Vrsaru (Istra). Bušenje je izvršila ekipa Hrvatskog geološkog instituta.

izvadak djelomično poremećen tako da nam neke karakteristike tla/sedimenta nisu dostupne; zbog toga metoda uglavnom nije pogodna za uzorkovanje za mikromorfološke analize (Goldberg i Macphail 2006).

Geološke bušotine kojima se dobivaju cjelovite jezgre (slike 137, 138a) pogodne su za istraživanje otvorenih prostora (polja, livada i sl.). Osnovna razlika u odnosu na prethodno opisano uzorkovanje svrdlom jest ta što ovim načinom nakon vađenja iz tla/

sedimenta, u poluotvorenoj cijevi za bušenje ostaje neporemećeni uzorak (slika 138a) koji je pogodan za razne vrste analiza, uključujući i mikromorfologiju tla/sedimenta (slika 138b). Na području Vrsara (Istra) proveli smo preliminarno, nesustavno uzorkovanje na poljima koja okružuje nekoliko brežuljaka. U jednoj od bušotina, na dubini od oko 2.5 m pronađen je ulomak kasnoantičke amfore te nekoliko ulomaka ugljena, datiranih u 1524-1362 cal. BP (426.-588. cal AD, 74.8%, Beta - 514017) i 1422-1328 cal. BP (528.-622. cal AD, 95.4%, Beta - 514016), što ukazuje na vjerojatnu eroziju s okolnih brežuljaka i taloženje 2.5 m taložina u njihovom podnožju u zadnjih 1500 godina.



Slika 138a: Sukcesivne jezgre s tlom iz jedne od bušotina u Vrsaru.



Slika 138b: Uzorkovanje za mikromorfološku analizu uz pomoć metalne kutije.

2 Neke su biljke u fosilnom zapisu uočljivije od drugih

2.1 Ledenodobne srednjoeuropske šume

Hladna i navodno suha klima u posljednjem ledenom dobu, kada je veći dio sjeverne Europe bio prekriven ledom, ograničavala je rast drveća. Vrste drveća koje danas uspijevaju sve do sjevera Europe (slika 139) tijekom vrhunaca zaleđivanja očuvala su se na jugu Europe, u tzv. refugijima, to jest područjima s nešto toplijom i vlažnijom klimom (mikroklimom), u brdovitim predjelima Balkana, Italije i Španjolske, pa i srednje Europe (Bennett i sur. 1991; Culiberg 1991; Huntley i Birks 1993; Culiberg i Šercelj 1998; Petit i sur. 2003; Willis i Van Andel 2004; Magri i sur. 2006; Cheddadi i sur. 2006). Zbog nedostatka palinoloških istraživanja duljih sekvenci, podaci o vegetaciji tih toplijih područja su skromni (za pregled stanja istraživanja vidi Willis i Van Andel 2004; Feurdean i sur. 2014; Moreno i sur. 2014). Na vrhuncu zaleđivanja, prije otprilike 22.000 godina, i u južnoj i u srednjoj Europi na peludnim dijagramima javlja se vrlo mala količina peluda drveća. Peludna zrnca na svom putu od biljke do mjesta taloženja u sedimentu putuju različitim udaljenostima (vidi I. dio/1.2 i 1.7), zato malobrojna peludna zrnca mogu potjecati od pojedinih biljaka u neposrednoj blizini paleoekološkog nalazišta (< 1 %, Bennett i sur. 1991) ili koja mogu ukazivati na prisutnost veće populacije na udaljenosti od više stotina kilometara. U palinološkoj literaturi dugo je prevladavalo uvjerenje da ledenodobne refugije moramo tražiti samo u južnoj Europi, dok se klima u srednjoj Europi za rast drveća smatrala prehladnom, tumačeći pojedina peludna zrnca drveća u sedimentu kontaminacijom ili naletom peluda iz daleka (Huntley i sur. 2003).

Kako bi utvrdili izvor peluda drveća, K. J. Willis i suradnici (2000) primijenili su multidisciplinarni istraživački pristup, koji je uz analize peluda uključio i analizu makrougljena. Makroskopski komadići ugljena veći su i teži od peluda, stoga ne putuju na veće udaljenosti i bolje prikazuju lokalnu prisutnost drveća. Analiza ugljena s 31 arheološkog (paleotla ispod prapora) i paleoekološkog nalazišta (jezerski sediment) u Mađarskoj pokazala je da je na vrhuncu zaleđivanja ondje uspijevalo najmanje osam

vrsta drveća: obični ili bijeli bor (*Pinus sylvestris*), limba (*Pinus cembra*), breza (*Betula sp.*), smreka (*Picea sp.*), borovica (*Juniperus sp.*), ariš (*Larix sp.*), obični grab (*Carpinus betulus*) i vrba (*Salix sp.*). Svi uzorci uključeni u istraživanje radiokarbonski su datirani u razdoblje 32.000 – 17.000 cal. BP. Tadašnji sastav vegetacije bio je sličan današnjim borealnim šumama, radiokarbonski datirane ostatke ugljena četinjača i listopadnog drveća (42.000 – 19.000 cal. BP) otkrili su pak na još 40 različitih lokacija u sedam različitih država u srednjoj i istočnoj Europi (Willis i Van Andel 2004). Na nekim mađarskim nalazištima u profilima tla očuvali su se čak i obrisi pougljenih debala i sustavi korijena. Na paleoekološkim nalazištima osim ugljena javlja se i pelud svih spomenutih taksona, a pronađen je i pelud brijesta (*Ulmus*), hrasta (*Quercus*), bijelog (crnog) graba (*Carpinus orientalis/Ostrya*) i lijeske (*Corylus*). Neke od nabrojanih vrsta (npr. grab) su toploljubne.

Sličnu sliku prikazuje i analiza ledenodobnih mekušaca (Willis i sur. 2000): u Mađarskoj su prevladavale stepske vrste, a prisutan je bio i popriličan broj šumskih vrsta. Najviše je bilo mezofilnih (umjereno toploljubnih) i termofilnih (toploljubnih) vrsta, dok su mekušci koji mogu podnijeti hladne uvjete prevladavali samo na jednom nalazištu. Istraživači su, prema sastavu vrsta, zaključili da je prosječna srpanjska



Slika 139: Današnja vegetacija sjeverne Finske tek je djelomično slična nekadašnjoj ledenodobnoj vegetaciji srednje i istočne Europe (npr. Mađarske, Austrije, Češke, pa čak i Slovenije), gdje je prije 22.000 godina uspijevalo više umjereno toploljubnog i toploljubnog listopadnog drveća nego u današnjoj Skandinaviji.

temperatura iznosila između 16 °C i 18 °C, s vlažnim do poluvlažnim uvjetima, što nije u skladu s paleoklimatskim modeliranjem, koje za srednju/istočnu Europu predviđa mnogo niže temperature i sušu klimu (Kutzbach i sur. 1993). Taj nesklad vjerojatno govori o postojanju mikroklimatskih povoljnih uvjeta unutar općenito hladnije, ledenodobne klime. U prilog tezi o toplijem i nešto bujnijem krajoliku, koji je nudio dovoljno hrane za velike pleistocenske životinje biljojede (Guthrie 1990) govore i nalazi sisavaca (npr. šumska voluharica) u srednjoj Europi (Sommer i Nadachowski 2006; Kotlík i sur. 2006).

Navedeni argumenti potkrepljuju tezu da je ledenodobni krajolik Europe bio pošumljen više nego što smo to do sada mislili i što smo mogli nedvojbeno pretpostaviti samo na temelju rezultata palinoloških istraživanja. U hladnijim uvjetima, kada je drveća bilo manje i kada je ono proizvodilo manje peluda (Hicks 1985), uočljivost je lokalnih populacija drveća slabija, što u velikoj mjeri može omesti našu interpretaciju i razumijevanje nekadašnjeg okoliša ledenodobnih stanovnika Europe. Opisani primjer istraživanja pokazao je da na uočljivost biljaka u fosilnom zapisu utječu klima i način nastajanja i taloženja fosilnih ostataka, a istraživanja koja uključuju više neovisnih studija (npr. analiza ugljena, peluda, mekušaca, životinjskih kostiju i genetskog materijala te paleoklimatsko modeliranje) omogućavaju pak bolju rekonstrukciju nekadašnjih uvjeta i procesa u okolišu.

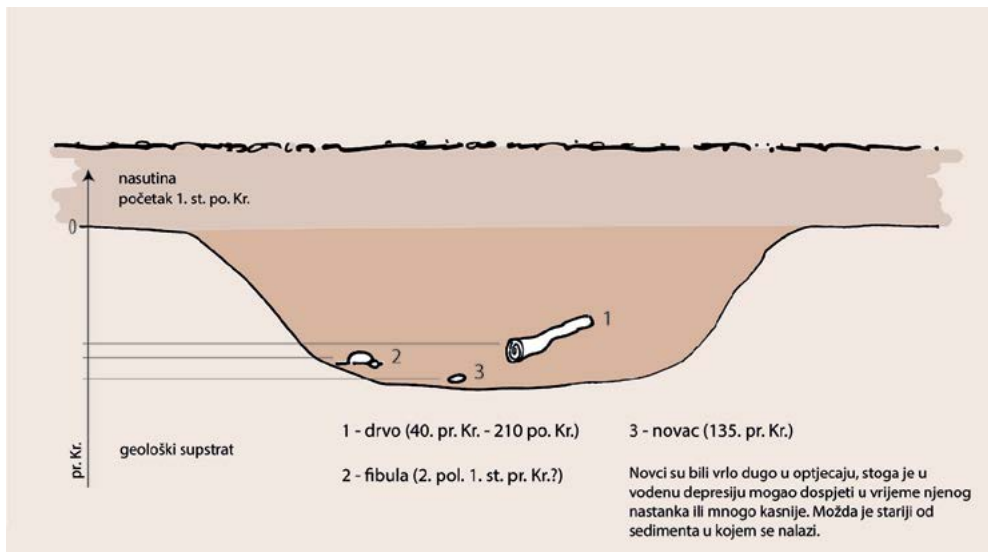
2.2 Mogućnosti i ograničenja palinoloških istraživanja vlažnih konteksta na arheološkim nalazištima

Na nastanak, taloženje i očuvanje fosilnog peluda utječu podneblje i uvjeti rasta, način širenja peludnih zrnaca te prirodne karakteristike jezera i močvara (vidi I. dio/1.7 i II. dio/2.1, 4.1). Peludna ovojnica vrlo je osjetljiva i može se očuvati samo u anaerobnim uvjetima (npr. u jezerima i močvarama). Na većini arheoloških nalazišta na suhom, za palinološka istraživanja neprimjerenom terenu pelud se nije očuvao (vidi I. dio/2.3). Iznimka su samo vodeni konteksti (npr. vodeni jarci ili bunari) unutar suhih arheoloških nalazišta. U nastavku predstavljamo primjer palinološkog istraživanja rimskodobne vodom ispunjene depresije (Andrič i sur. 2012) i interpretacijske mogućnosti te ograničenja koje takvo istraživanje nudi.

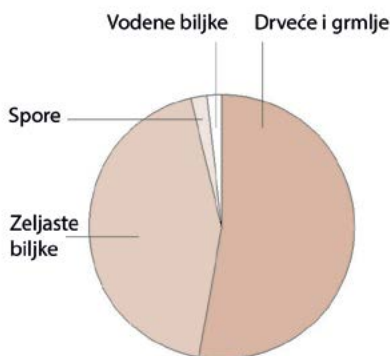
Tijekom arheoloških iskopavanja rimskog naselja Emone, na planiranoj lokaciji Narodne i sveučilišne knjižnice između Zoisove i Slovenske ceste u Ljubljani, 2008. godine otkriveno je ovalno, vodom natopljeno udubljenje (5,6 × 3,3 m, dubina 0,7 m), u kojem se, u anaerobnim uvjetima, taložio sivi, prahovito glinoviti sediment (Gaspari 2010; slika 94). U toj, vjerojatno na umjetan način preoblikovanoj prirodnoj depresiji u geološkoj podlozi, u donjih 30 cm udubljenja očuvali su se arheološki predmeti, ostaci drveta (grane i tanke raskoljene daske), kostiju (konj, govedo), kože i peluda. Starost vodom natopljenog udubljenja određena je radiokarbonskim datiranjem, tipološkim



Slika 140: Vodom ispunjeno udubljenje; fotografija: M. Lavrič, arhiv ZVKDS OE Ljubljana.



Slika 141: Starost vodenog udubljenja procijenjena je radiokarbonskim datacijama, arheološkim predmetima koji su se koristili kratko vrijeme i stratigrafskim položajem udubljenja. Arheološki predmeti na slici nisu nacrtani u stratigrafskom položaju, svi su naime bili pronađeni u donjih 30 cm sedimenata vodenog udubljenja. Osvrt na novac: bio je vrlo dugo u optjecaju, stoga je u vodenu depresiju mogao dospjeti u vrijeme njena nastanka ili mnogo kasnije. Možda je stariji od sedimenta u kojem leži.



Slika 142: Rezultati peludne analize uzorka 1 s lokacije NUK II; udio drveća i grmlja, nedrvenastih taksona (zeljastih biljaka) kopnenih i vodenih biljaka te spora papratnjača.

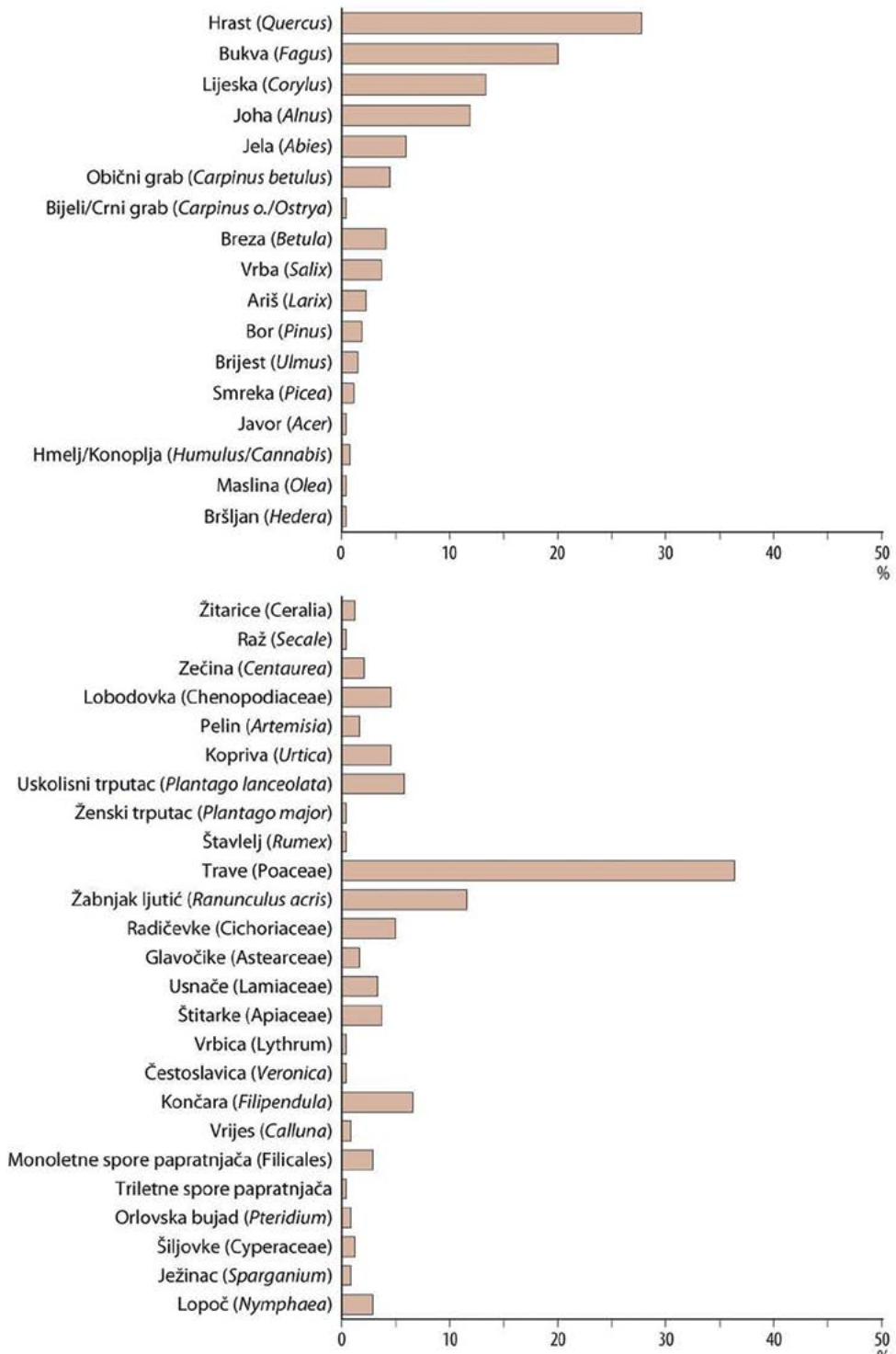
karakteristikama arheoloških predmeta i **stratigrafskim** položajem vodom ispunjene depresije (uokvireni tekst na str. 227, slika 141). Radiokarbonska **datacija** uzorka hrastova drveta iz udubljenja (1930 ± 50 BP) pokazala je starost između 40. pr. Kr. i 210. po. Kr. (raspon 2σ), a pri određivanju starosti vodom ispunjene depresije točnije od radiokarbonskog datiranja pomažu nam arheološki predmeti. U vodom ispunjenom udubljenju pronađen je novčić (republikanski denar kovan 135. godine pr. Kr.), brončana fibula tip Jezerine, keramika i brončana vojnička pojasna kopča, što možemo povezati s prisutnošću rimske vojske. Udubljenje se nalazilo ispod nasutine, datirane u posljednje desetljeće Augustove vlasti (27. pr. Kr. – 14. po. Kr.), na kojoj su bili izgrađeni zidovi naselja Emone

u prvoj fazi (Gaspari 2010). Na temelju arheoloških nalaza, stratigrafskog položaja udubljenja i radiokarbonskog datiranja možemo zaključiti da je vodom ispunjena depresija upotrebljavana krajem 1. stoljeća prije Krista i/ili na početku 1. stoljeća poslije Krista (Gaspari 2010; Andrić i sur. 2012).

Zbog zaštitne prirode arheoloških iskopavanja, za potrebe peludne analize prikupljen je samo jedan uzorak sedimenta iz donjeg, 20 cm debelog arbitrarnog sloja na dnu vodom ispunjenog udubljenja. Kako uzorak nije bio prikupljen iz profila (vidi I. dio/1.4 i uokvireni tekst na str. 227), palinološkim istraživanjem nismo mogli pratiti razvoj vegetacije kroz vrijeme, no na temelju gore navedenih podataka pretpostavljamo da je vodom ispunjena depresija postojala tek kraće vrijeme (godinama, desetljećima, možda stoljećima). Sastav peluda tako „zrcali” stanje vegetacije u razmjerno kratkom razdoblju za palinološko istraživanje (Andrić i sur. 2012).

U prvoj objavi (Andrić i sur. 2012) predstavljeni su rezultati peludne analize dvaju uzoraka koje smo prikupili (svaki put po 1 cm^3) iz osnovnog uzorka sedimenta. S obzirom na to da se rezultati peludne analize obaju uzoraka međusobno ne razlikuju previše, ovaj put na slikama 142 i 143 prikazujemo samo rezultate peludne analize jednog uzorka (uzorak 1). Kako je vodom ispunjeno udubljenje bilo vrlo maleno (< 30 m), prema palinološkoj teoriji (vidi I. dio/1.7) pretpostavljamo da u sedimentu prevladava pelud lokalne i ekstralokalne vegetacije (tj. pelud biljaka koje su rasle na udaljenosti od nekoliko desetaka do nekoliko stotina metara), dok je pelud koji bi na nalazište došao s veće udaljenosti (nekoliko kilometara) manje prisutan.

2 Neke su biljke u fosilnom zapisu uočljivije od drugih



KAKO JE BILA UTVRĐENA STAROST VODOM ISPUNJENE DEPRESIJE?

Na arheološkim nalazištima starost slojeva i nalaza može se odrediti na više načina: radiokarbonskim datiranjem, arheološkom **tipologijom** i prema stratografskom položaju slojeva. U našem je slučaju radiokarbonski datiran komad drveta pokazao starost 1930 ± 50 BP (Beta-249754, raspon 2σ : 40 BC – AD 210, $13C/12C$: $-24,5\%$; Gaspari 2010). Radiokarbonsko datiranje, za razliku od povijesnih arhivskih izvora, pojedinih primjeraka novca i dendrokronoloških istraživanja (vidi I. dio/2.6.1), starost predmeta ne može utvrditi točno u godinu. Navedena datacija drva (tj. raspon 2σ) stoga znači 95-postotnu vjerojatnost da je „prava” starost drveta između 40. godine pr. Kr. i 210. godine po. Kr. S obzirom na razmjerno visoki omjer izotopa ugljika ($^{13}C/^{12}C$, vidi također II. dio/Uvod), Gaspari (2010) dozvoljava i nešto stariju dataciju.

Osim radiokarbonskih datacija, važan je i stratografski položaj slojeva. Slojevi koji se nalaze ispod vodom ispunjenog udubljenja (odnosno slojevi u koje je udubljenje ukopano) stariji su, a slojevi iznad udubljenja pak mlađi od našeg uzorka. Vodom ispunjeno udubljenje leži ispod nasutine za gradnju zidova prve faze Emone, za koju se, prema zastupljenosti oblika pečata na *terra sigiliati* i novcu, pretpostavlja da okvirno pripada vremenu između 1. i 15. godine po. Kr. (Gaspari 2010; Andrić i sur. 2012; Gaspari i sur. 2014). Ti podaci, zajedno s radiokarbonskom datacijom, sužavaju starost vodom ispunjenog udubljenja na 1. stoljeće pr. Kr. i početak 1. stoljeća po. Kr. (slika 141).

U procjeni starosti pomažu nam i neki drugi pronađeni arheološki predmeti. Republikanski denar koji je bio iskovan 135. pr. Kr. u sediment je mogao dospjeti samo nakon spomenute godine. U vodom ispunjenom udubljenju pronađena je i **fibula** (spona) tipa Jezerine. Te su fibule karakteristične za sredinu 1. stoljeća pr. Kr., no javljaju se i u kontekstima Augustova vremena (27. pr. Kr. – 14. po. Kr.).

Na pitanje koliko se dugo (godinama, desetljećima, stoljeće/ima?) cvjetni prah u udubljenju taložio, nažalost, ne možemo točno odgovoriti. Zbog zaštitne prirode arheoloških iskopavanja uzorci za peludnu analizu iz profila depresije nisu bili sakupljeni metalnim kutijama, što bi omogućilo radiokarbonsko datiranje većeg broja uzoraka biljnih makrofosila i, ako se sediment taložio dulje vrijeme, preciznije utvrđivanje starosti vodenog udubljenja i peluda u njemu.

Naša rekonstrukcija nekadašnje okolišne vegetacije stoga obuhvaća prvenstveno područje lokalne i ekstralokalne vegetacije. U uzorku prevladava pelud drveća i grmlja (53 %), udio peluda zeljastih biljaka također je visok (44 %), dok vodene biljke i spore mahovina i papratnjača zajedno čine tek oko 3 % (slika 142). Takav omjer između peluda drveća i zeljastih biljaka ukazuje na to da je krajolik djelomično bio pošumljen. Većinom su prevladavale šume hrasta (*Quercus*), s nešto nižim udjelom zastupljeni su još bukva (*Fagus*), lijeska (*Corylus*), jela (Albies) i obični grab (*Carpinus betulus*; slika 143).



Slika 143: Rezultati peludne analize uzorka 1 s lokacije NUK II; prisutnost pojedinih taksona; prema prijedlogu: Andrić i sur., 2012., slike 2 i 3.

U okolini lokaliteta nalazile su se i razmjerno otvorene, nepošumljene površine. Prisutan je udio žitarica (*Cerealia*) i biljaka koje rado uspijevaju na zapuštenim poljskim površinama i drugom okolišu bogatim hranjivim tvarima, npr. zečina (*Centaurea*), lobodovka (*Chenopodiaceae*), pelin (*Artemisia*) i kopriva (*Urtica*). U vodom ispunjenom udubljenju pronađen je i pelud uskolisnog trputca (*Plantago lanceolata*), štavlja (*Rumex*) i žabnjaka ljutića (pelud vrste *Ranunculus acris*) koji su bili prisutni na pašnjacima. Pelud žitarica koji se teže širi na veće udaljenosti (Behre 1981) govori o tome da je pelud na nalazište dospio najvjerojatnije zajedno sa zrnjem žitarica i/ili slamom, iako postoji mogućnost da su se u neposrednoj blizini (na udaljenosti od nekoliko desetaka / sto metara) nalazila polja. Slično je i s pokazateljima ispaše: vrlo snažan signal za to može doći iz pašnjaka u blizini depresije, a moguće je i da je nešto peluda pokazatelja ispaše u naselje dospjelo s izmetom životinja, dok se vodom ispunjeno udubljenje možda čak upotrebljavalo i kao pojilište za stoku. Na nalazištu su u kontekstima iz vremena prije gradnje rimskog naselja osim kostiju svinja, koje prevladavaju, pronađene i kosti goveda, sitne stoke i konja (Andrič i sur. 2012). S obzirom na važan prometni položaj Emone i barem privremeno zadržavanje većeg broja vojnika, na što ukazuju ostaci većeg dvofaznog tabora na lokaciji Prule-Tribuna, tabor za vježbanje na lokalitetu NUK II i drugi tragovi rimske vojske na području kasnijeg mjesta na lijevoj obali Ljubljaničnice (Gaspari 2010; Hvalec i sur. 2009; Gaspari i sur. 2014), životinje su vrlo vjerojatno zahtijevale veće ispašne površine.

Osim peluda okolišne vegetacije, u vodom ispunjenoj depresiji prisutan je bio i pelud biljaka koji je na nalazište donio čovjek. Peludno zrnce masline (*Olea*) ondje je dospjelo vjerojatno s maslinovim uljem ili grančicama (manje je vjerojatno, iako ne i isključeno, prenošenje peluda na veće udaljenosti vjetrom), dok ženski trputac (*Plantago major*) raste na hodnim površinama i putovima.

Peludni zapis ukazuje i na močvarni okoliš, što je sa samom vodom ispunjenom udubinom i blizinom rijeke Ljubljaničnice očekivano. Prisutan je pelud johe (*Alnus*) i vrbe (*Salix*), a visok postotak peluda trava (*Poaceae*) može pak potjecati s travnjaka/pašnjaka ili pripada trski (*Phragmites*), koja je, slično kao i prava končara (*Filipendula ulmaria*), vjerojatno rasla na obali Ljubljaničnice, a možda i vodom ispunjene depresije. Na prelazak vodom ispunjenog udubljenja i terena uz rijeku u močvarno stanje ukazuje pelud drugih močvarnih i vodenih biljaka, kao što su močvarna zelenka (*Thelypteris palustris*), ježinac (*Sparganium*), širokolisni rogoz (*Typha latifolia*) i lopoč (*Nymphaea*).

S pomoću peluda koji se očuvao u vodom ispunjenom udubljenju rekonstruirali smo vegetaciju i čovjekov utjecaj na okoliš na području kasnijeg rimskog naselja Emone u kratkom razdoblju, između 1. st. pr. Kr. i 1. st. po. Kr. Analiza razvoja vegetacije u duljem razdoblju i promjene vegetacije povezane s romanizacijom tog prostora, zahtijevaju peludnu analizu duljeg slijeda. Na urbanom području Ljubljane malo je nalazišta primjerenih za peludnu analizu: sediment su više puta oštetili građevinski

radovi ili je bio odnesen/promiješan zbog plavljenja Ljubljance. Posljednjih godina arheološka iskopavanja ipak su otkrila više primjerenih nalazišta za peludnu analizu (Špica, Tribuna, Prule), a svako od njih pokriva tek nekoliko stoljeća dugo razdoblje. U sljedećim godinama stoga očekujemo da ćemo na području Ljubljane sastaviti „mozaik” razvoja vegetacije od prapovijesti do ranoga srednjeg vijeka.

2.3 Raspon arheobotaničkih ostataka iz karboniziranih i vodom natopljenih sedimenata

Tek nekolicina arheoloških nalazišta natopljena je vodom i kao takva predstavljaju poseban arheobotanički (i arheobiološki) primjer, koji zahtijeva posebnu pažnju i koji je potrebno što bolje iskoristiti, s obzirom na to da su takva nalazišta iznimno bogata biološkim (organskim) ostacima (I. dio/2.3). Takva nalazišta, unatoč dugotrajnoj i zahtjevnijoj pohrani i proučavanju vodom natopljenih uzoraka (vidi I. dio/2.5), predstavljaju iznimno snažan znanstveni instrument i za rekonstrukciju prehrane, poljoprivrede, društvenih i kulturnih navika nekadašnjih ljudi i za interpretaciju uvejta u vegetaciji u blizini naselja (vidi primjere istraživanja u II. dijelu/4.2 i 5.2).

Najčešće se pojavljuju karbonizirani arheobotanički makroostaci (vidi uokvireni tekst na str. 231). Oni će se očuvati na različite načine, ovisno o biljnom taksonu i načinu spaljivanja. U više primjera istraživanja (npr. Wiliinson i Stevens 2003; Van der Veen 2007; Jacomet 2007b; 2013) već se pokazalo koliko je u interpretaciji arheobotaničkih rezultata važno uvažavati tafonomske uvjete (vidi I. dio/2.3.1 i 2.7), u kojima su se ostaci očuvali tijekom više tisućljeća. Udio ostataka brojnih taksona lako se može podcijeniti ili čak potpuno obezvrijediti ako su uvjeti za očuvanje organskih ostataka nepogodni. Tako npr. kod karboniziranih organskih ostataka, koji se na arheološkim nalazištima očuvaju najčešće, osim drvenog ugljena, utvrđujemo važnost tek nekih, većinom biljaka uzgojenih za prehranu, djelomično i korijena. Već je Knörzer (1971a; 1971b) primijetio da je raspon karboniziranih biljnih ostataka posvuda vrlo sličan (u vremenu i prostoru). Većina karboniziranih uzoraka u Europi i na Bliskom istoku naime sadrži zrna žitarica i ostale ostatke zrelih klasova žita te sjemenke korova, a svi oni predstavljaju produkte žetve usjeva i njime povezane nečistoće (Jones 1987). Hillman (1981) zapisao je da je upotreba biljnog materijala za ogrjev najčešći razlog karboniziranja. Broadman i Jones (1990) pokusom su željeli otkriti utjecaj vatre na različite ostatke žitarica. Pri karbonizaciji najprije su se izgubile nježnije ljuskice pljeve, slama i rahisi nepljevičastih (**golih**) žitarica, slijedile su otpornije ljuskice pljevičastih žitarica (vidi I. dio/2.2, slika 34), dok su žitna zrna izdržala najdulju karbonizaciju (tj. izloženost vrućini/vatri). Broadman i Jones time su objasnili čest raspon očuvanih karboniziranih ostataka žitarica. U više istraživanja (npr. Van der Veen 2007; Jacomet 2007a; 2013) kasnije se potvrdilo da se, osim drvenog ugljena, zrna žitarica i ostalih ostataka žitnog klasja, u karboniziranom stanju, u manjem omjeru, mogu očuvati i

sjemenke mahunarki (*Fabales*) i nekih divljih biljaka (osobito onih skupljanih). Među skupljanim biljkama u karboniziranom su stanju najčešće očuvane lupine lješnjaka (Jacomet 2013), dok se manje, nježnije sjemenke i plodovi začina, povrća i osobito uljima bogate sjemenke odnosno plodovi u karboniziranom stanju očuvaju rjeđe. Neke sjemenke, npr. maka (*Papaver somniferum*), lana (*Linum usitatissimum*) i konoplje (*Cannabis sativa*) u takvim se uvjetima uopće neće očuvati, već će zbog visokog udjela ulja u potpunosti izgorjeti (npr. Jacomet 2007a), zato ih ne smijemo zanemariti u interpretaciji prehrambenih navika žitelja istraživanog naselja. Jednako tako ne smijemo zanemariti i sjemenke graška (*Pisum sativum*) (vidi u nastavku; poglavlje 2.4) koje iz zasada još nepoznatih tafonomskih razloga pronalazimo u iznenađujuće malom broju na većini arheoloških nalazišta (npr. Jacomet 2006a; 2009), iako nam je poznato da su biljku uzgajali već od neolitika nadalje (Zohary i Hopf 2004).

U zapadnom dijelu naselja Stare gmajne (iskopavanja 2007., sonda 3) nisu bili prepoznati slojevi spaljivanja koji bi ukazivali na požar (Velušček 2009a, 61), zato većinom prevladavaju biljni ostaci očuvani u nekarboniziranom stanju, a karbonizirano je bilo tek 7 % (slika 144). Taj primjer pokazuje koliko velik udio ostataka možemo izgubiti kada istražujemo sediment sa suhih arheoloških nalazišta. Na potonjima se od biljaka naime neće očuvati gotovo ništa drugo osim karboniziranih ostataka, stoga u arheobotaničkoj interpretaciji ostataka sa suhih nalazišta moramo biti pažljivi.

Inozemna istraživanja pokazala su da količina očuvanih karboniziranih biljnih makroostataka ovisi i o samoj vrsti požara (odnosno karboniziranja). Karbonizirani materijal najbolje će se očuvati u iznenađnim i brzim požarima, kada izgaranje nije potpuno (Jacomet 2007b; primjer nalazišta Hornstaad Hörnle I [Maier 1996; 2001]), dok će se u sporim i dugotrajnim požarima očuvati u mnogo lošijem stanju (Schiffer 1987).

S obzirom na gore opisane činjenice, u karboniziranom stanju očuvat će se, za razliku od sedimenta natopljenog vodom, prvenstveno pokazatelji poljoprivrede (žitna zrna, ljuskice pljeve, slama, korov) i ogrjev (drvo, lupine lješnjaka, otpadni produkti trijebljenja), dok su pokazatelji prirodne vegetacije, sakupljani plodovi i uljarice u takvim okolnostima obično premalo zastupljeni.

BILJNI TAKSON	OČUVANI U NEKARBONIZIRANOM STANJU	OČUVANI U KARBONIZIRANOM STANJU
87 divljih taksona	87	2
6 kulturnih biljaka	6	5

Slika 144: Udio karboniziranih i nekarboniziranih biljnih makroostataka na nalazištu Stare gmajne (iskopavanja 2007., sonda 3).

RASPON SPALJENIH BILJNIH MAKROOSTATAKA

Iako se biljni makroostaci s arheoloških nalazišta najčešće očuvaju u karboniziranom stanju (vidi također I. dio/2.3.1), raspon spaljenih ostataka vrlo je uzak. U tu skupinu spadaju biljke korištene za ogrjev (najčešće drvo i koštice, npr. lješnjaka ili datulja). Namjerno korišteni za ogrjev bili su i nusprodukti nastali tijekom žetve i skladištenja usjeva (uključujući stare ili „pokvarene” zalihe hrane). Sljedeću skupinu najčešće karboniziranih ostataka čine biljke korištene u prehrani, čija priprema zahtijeva uporabu vatre (npr. pečenje, kuhanje, prženje). Ovdje spadaju zrna žitarica, mahunarki, možda čak i ljekovita bilja te začini. Ljudi su u prapovijesti zalihe žita također najčešće djelomično spaljivali (pržili, sušili) kako bi spriječili djelovanje biotičkih čimbenika ili kvarenje (Van der Veen 2007) jer su vrlo dobro znali da zalihe hrane mogu brzo propasti ako ih napadnu manji sisavci, kukci ili mikroorganizmi (npr. plijesan). Jednako tako su zalihe hrane koje su možda već napali štetnici namjerno spalili kako bi spriječili širenje „bolesti” na „zdravi” prinos. Neki primjerci makroostataka mogli su se pak karbonizirati potpuno slučajno kada bi u njihovoj blizini pao vrući ugljen ili kada su npr. spaljivali smeće. Veće količine karboniziranog materijala mogu biti i posljedica iznenadnog spaljivanja sela.

2.4 Previsoka ili preniska zastupljenost nekih biljnih taksona

Ostaci sjemenki i plodova nekih biljaka koje se očuvaju u arheološkim sedimentima brojniji su od drugih. Razlozi tome mogu biti različiti, npr.

1. obilno sijanje biljne vrste
2. otpornost (trajnost) sjemenki/plodova (vidi I. dio/2.3 Tafonomija)
3. prostrano područje uzgoja određene biljne vrste u blizini ili na mjestu uzorkovanja sedimenta zbog povoljnih ekoloških uvjeta ili zbog uzgoja te vrste
4. sakupljanje i skladištenje sjemenki/plodova određene vrste u različite svrhe (prehrana, krma, medicina, ogrjev itd.)
5. nakupljanje ostataka, odnosno otpada, npr. prilikom žetve i čišćenja prinosa (npr. sjemenke korova, slama).

Zanimljive biljke jesu npr. bijela loboda (*Chenopodium album*) i poljska vrzina (*Brassica rapa*), čije se sjemenke/plodovi na arheološkim nalazištima često očuvaju, zato se nerijetko (pravilno ili nepravilno?) smatraju korovom ili čak korisnim biljkama.

Bijela loboda

Lobode (*Chenopodium*) karakterističan je rod prvenstveno jednogodišnjih ljetnih korova (npr. Kohler-Schneider i Caneppele 2009; Maier i Harwath 2011), koji obuhvaća oko 250 različitih vrsta, prirodno rasprostranjenih po cijelom svijetu. Više vrsta bilo je više puta kultivirano u različitim dijelovima svijeta jer se biljke ovog roda smatraju jednim od hranjivijih, tj. bogate su bjelančevinama, vlaknima, mastima i mineralima (npr. Smith 1984). Stoga primjer bijele lobode, koja je danas rasprostranjena po cijeloj Europi, osobito na tlima bogatim hranjivim tvarima, tj. na **ruderalnim** (slika 145) i neobrađenim, dakle antropogenim područjima uzgoja (Martinčić [ur.] 1999/2007), već duže vrijeme privlači pažnju arheobotaničara. Njeni jednosjemeni plodovi (slika 145) prisutni su takoreći gotovo na svakom arheološkom nalazištu, čak i na onim nešto sušim.



Slika 145: Bijela loboda sa zgnusnutim cvjetovima / jednosjemenskim plodovima koji se razvijaju; dolje: arheološki jednosjemenski plodovi bijele lobode.

U razumijevanju tako visoke učestalosti pronalaznja njenih ostataka u arheološkim sedimentima važno je da smo svjesni iznimno visoke proizvodnje sjemenki/plodova jedne same biljke, koja može dati do 100.000 sjemenki/plodova. Osim toga, sjemenke su vrlo izdržljive, otporne i mogu klijati i do nekoliko stotina godina (Spohn M. i Spohn R. 2008). Sposobnost tako učinkovita razmnožavanja posljedično omogućava razvoj prostranih šumskih sastojina te vrste. Time su ispunjena već tri od pet navedenih mogućih razloga visoke prisutnosti nekih sjemenki/plodova u arheološkim sedimentima. Sve više arheobotaničara i danas se pita je li ta vrsta u svim arheološkim i povijesnim razdobljima zaista bila, u gospodarskom smislu, toliko nevažna i time prisutna samo kao korov. Iz njenih jednosjemenskih plodova može se naime dobiti brašno, a bogata su i uljima i bjelančevinama. Mladi listovi i vrhovi izdanaka mogu se upotrijebiti za pripremu juha, jela sličnih „špinatu” i za proljetnu salatu (npr. Gill i Vear 1966; Wilson i Heiser 1979; Spohn M. i Spohn R. 2008; Denes i sur. 2012). Novija istraživanja, kao i izravne indicije, sve više

upućuju na mogućnost namjernog skupljanja i donošenja različitih dijelova te biljke u naselje za prehranu (npr. Helbeak 1950; 1954; 1960; Schlichtherle 1981; Smith 1984; 1985; 1987; 1995; 2001; 2002; Fritz 1995; Behre 2008a; Jacomet 2007a; Kreuz 2007), možda čak i za uzgoj (npr. Smith 1984; 1985; Stokes i Rowley-Conwy 2002). S eneolitičkih sojeničkih naselja Ljubljanskog barja bilo je npr. u litri sedimenta iz kulturnog sloja očuvano čak i do 1870 sjemenki bijele lobode (Tolar i sur. 2011, 213), stoga ne možemo isključiti i četvrti razlog: sakupljanje tih sjemenki, odnosno plodova. Izravna indicija o mogućoj prehrambenoj važnosti bijele lobode jest i rezultat analize sadržaja želuca ljudskih trupala, očuvanih u močvarama (Helbeak 1950; 1958). Mogući razlog takvu sadržaju želuca mogli bi biti i slabo očišćeni prinosi žetve, dakle sjemenke bijele lobode (kao korov) zbog svoje bi učestalosti bile nenamjerno pomiješane s uskladištenim zrnjem i zajedno s njime konzumirane (Hillman 1986). Također, otvorena je mogućnost koja proizlazi iz etnoarheobotaničkih izvora i još je nedavno bila u praksi, a to je da su ljudi sjemenke bijele lobode (i drugog korova) namjerno sakupljali te ih miješali sa žitom, osobito u vrijeme ratova ili kada je prinos bio slabiji (Maurizio 1927; Helbeak 1954).

Poljska vrzina

Jednako vrijedi i za poljsku vrzinu (poznata još kao i uljana repica), čije prirodno područje rasprostranjenosti seže od zapadne Azije do Europe, a kao korov kasnije se proširila i izvan tih granica. Sjemenke poljske vrzine, koje su osobito bogate uljima, u arheološkim su sedimentima, slično kao jednosjemeni plodovi bijele lobode, često prisutni. S eneolitičkih sojeničkih naselja Ljubljanskog barja npr. čak i do 392 sjemenke u litri sedimenta (Tolat i sur. 2011, 213). Slično pokazuju i rezultati sa švicarskih i njemačkih sojeničkih naselja, zato se biljku često smatra ekonomski važnom, tj. skupljanu namjerno za potrebe prehrane (također i za dobivanje ulja), a uzgajala se možda čak i od kasnog neolitika (tj. eneolitika) nadalje (npr. Schlichtherle 1981; Brombacher i Jacomet 1997; Kohler-Schneider 2007, 215; Maier i Harwath 2011; Denes i sur. 2012). Naime, brojni nalazi sjemenki te vrste iz rimskog vremena već pouzdano ukazuju na uzgoj (Jacomet, osobna komunikacija). Jednako tako, u prilog ranoj kultivaciji govori i današnja slovenska **flora**, koja ne poznaje divlje vrste biljaka iz roda *Brassica*, već samo uzgojene, koje mogu više puta ponovno postati divljima. Među poznatijima su kupus, kelj, cvjetača, brokula, podzemna koraba, repa, uljana repica, crna gorušica (Martinčič [ur.] 1999/2007). Zato se na ovom mjestu s pravom pitamo kako su sjemenke tih biljaka dospjele na slovenska sojenička naselja u razdoblju eneolitika, odnosno bakrenog doba (tj. prije otprilike 5500 godina). Zasigurno se radi o djelovanju koje je potrebno pripisati čovjeku: namjerno (uzgoj) ili nenamjerno (korov).

Sasvim suprotno, neki su pak taksoni u arheološkim sedimentima osjetno premalo zastupljeni (npr. grašak [*Pisum sativum*], lan [*Linum usitatissimum*], mak [*Papaver somniferum*]), iako nam je poznato da su u gospodarskom smislu bili vrlo važni. Razlozi su najčešće tafonomске prirode.

Grašak

Sjemenke/plodovi graška očuvat će se samo u karboniziranom stanju i k tome, iz trenutno nepoznatih tafonomskih razloga (vidi I. dio/2.3), u vrlo skromnom broju. Unatoč manjem udjelu nalaza na arheološkim nalazištima, grašak je zasigurno uzgojena biljna vrsta, s obzirom na to da je jedna od najstarijih uzgojenih mahunarki. Pretpostavlja se da je grašak bio kultiviran već vrlo rano, najvjerojatnije zajedno sa pšenicom i ječmom (*Hordeum vulgare*), negdje u 6. tisućljeću pr. Kr, a na Bliskom istoku i ranije (Zohary i Hopf 2004). Sjemenke divlje i uzgojene vrste graška teško je razlikovati. Ipak brojčano skromni ostaci graška, npr. iz Starih gmajni, gdje su se u svim pregledanim uzorcima (tj. zajedno 8,7 litara) sedimenta iz kulturnog sloja očuvale samo tri karbonizirane sjemenke (Tolar i sur. 2011, 211 i 218), zasigurno dokazuju njegovu kultivaciju barem već od eneolitika nadalje i na slovenskom tlu (slika 146). Divlji predak graška iz roda *Pisum* u našim se krajevima naime ne smatra autohtonom biljnom vrstom (Martinčič [ur.] 1999/2007).

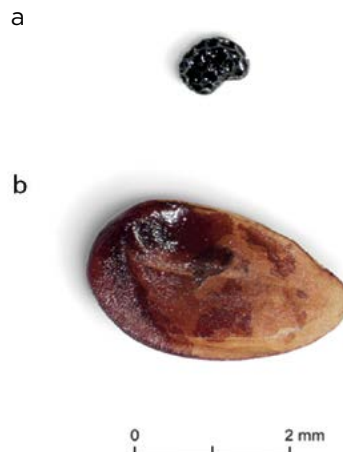
Sjemenke graška, za razliku od većine ostalih biljnih ostataka, rjeđe se (ili uopće ne) očuvaju u mokrim tlima, te su zato prisutni u iznimno malom broju i najčešće u karboniziranom stanju (Jacomet 2006a; 2009; 2013). Da bi potvrdili uzgoj graška u umjerenj klimi, dovoljan nam je samo jedan primjerak karboniziranog ostatka graška u pregledanom, vodom natopljenom arheološkom sedimentu.

Mak i lan

Poseban primjer očuvanja biljnih makroostataka predstavljaju uljima bogate sjemenke/plodovi, kakve imaju npr. mak, lan i konoplja. Zbog visokog sadržaja zapaljivih



Slika 146: Karbonizirani ostatak graška, Stare gmajne



Slika 147: Vodonom natopljeni ostaci (sjemenke): a) maka i b) lana, Stare gmajne.

ulja te sjemenke/plodovi imaju vrlo male mogućnosti očuvanja u karboniziranom stanju (vidi I. dio/2.3.1). Sjemenke maka, lana i konoplje (često uzgojenih vrsta) stoga su reprezentativno očuvane (ili prisutne) samo u nekarboniziranim, dakle u arheološkim sedimentima natopljenim vodom. U karboniziranim slojevima njihovi su ostaci premalo prisutni, najčešće čak nedostaju, i zato ih kao moguće kulturne biljke ondje ne smijemo izuzeti (npr. Van der Veen 2007; Jacomet 2013). Sa slovenskih nalazišta ostaci maka i lana trenutno su poznati samo s eneolitičkih sojeničkih naselja Ljubljanskog barja (Tolar i Velušček 2009; slika 147).

3 Divlje ili udomaćeno/kultivirano?

Stalno naseljavanje, tj. gradnja nastambi sa sobom je donijela i početke poljodjelstva i stočarstva, koji su bitno utjecali na porast broja stanovništva. Paleoarheobiološka istraživanja začetke uzgoja biljaka i pripitomljavanje životinja smještaju na Bliski istok, odakle su se proširile po Europi i svijetu. Iako je proces kultivacije pojedinih **kultivara** i udomaćivanja životinja na različitim dijelovima svijeta mogao teći istovremeno ili s vremenskim pomakom (npr. Zohary i Hopf 2004; Tanno i Willcox 2006; Feldman i Kislev 2007), tijekom više tisuća godina, najčešće su kulturne biljke i domaće životinje „širile svoje područje” zajedno sa seobom ljudi i razmjenom dobara, odnosno trgovinom.

Prije no što pogledamo primjere studija koje se bave tematikom udomaćivanja životinja odnosno kultivacijom biljaka, kratko ćemo sagledati terminologiju koja se javlja u ovom poglavlju. Sami počeci spomenutih procesa vezani su za uzgoj isprva divljih, prirodno rastućih biljaka i divljih životinja. Selekcijom (odabirom), križanjem, cijepljenjem i drugim postupcima čovjek je polako, po svom ukusu, oblikovao usjeve, tj. kulturne biljke (kultivare također) s npr. većim sjemenkama/plodovima i domaće životinje (kasnije i pasmine) koje su npr. pružale više mesa i mlijeka. Nastanak kultivara i udomaćivanje životinja dugotrajni su i vrlo raznoliki postupci (kloniranje, selekcija, hibridizacija, cijepljenje). Tako su se postepenim odabirom javljali novi oblici, koji su se nakon tisućljeća već toliko razlikovali od svojih prijašnjih divljih predaka da ih danas u taksonomskom smislu možemo proučavati kao samostalne podvrste, varijetete (ili vrste), oblike (forme), sorte, pasmine, vrste uzgojenih (kulturnih) biljaka (kultivara) i domaćih životinja (**domestikata**).

Osnovni **takson** u sustavnoj botanici kulturnih biljaka i agronomiji jest sorta ili kultivar. Imena sorti uzgojenih biljaka razlikuju se od imena prirodnih (**samoniklih**) vrsta. Imena sorti mogu biti izražena i suvremenim jezicima (npr. jabuka *jonagold*). Jedinke kultivara (sorte) moraju izražavati određene jednake karakteristike po kojima

se razlikuju od drugih uzgojenih biljaka (Batič i sur. 2004). Dakle, tek nastankom sorta možemo govoriti o kultivaciji i kultiviranim (također kulturnim) biljkama. Do tada možemo govoriti o uzgojenim divljim biljkama, koje je čovjek donio u naselja i uzgajao ih, no one su i dalje bile jednake divljim biljkama. Primjer ostataka uzgojene, ali ne i kultivirane biljke mogle bi predstavljati koštice divlje vinove loze sa sojeničkih naselja (vidi u nastavku II. dio/3.2).

Na sličan način i o domaćim životinjama govorimo tek kada, nakon nekoliko generacija čovjekova interveniranja u razmnožavanje (umjetni odabir) i način života pojedine skupine dotad divljih životinja, dođe do razvoja **fenotipskih** osobitosti i/ili osobitosti ponašanja po kojima će se te životinje razlikovati od svojih divljih predaka. Njihovo preživljavanje stoga uvelike ovisi o čovjeku. Prijelaznu fazu u procesu udomaćivanja mogu predstavljati tzv. ukroćene životinje. One mogu jednako tako živjeti u zatočeništvu, no unatoč tome ni po izgledu niti načinu ponašanja ne razlikuju se od drugih predstavnika svoje vrste (Clutton-Brock 1999; Zeder 2012). Razliku između udomaćivanja i kroćenja zorno prikazuje usporedba psa i vuka. Čak i kada bi mladunče vuka preživjelo u zatočeništvu, ni u čemu se ne bi razlikovalo od divljih vukova i jednako tako ne bi bilo ništa sličnije psu. Primjerima ukroćenih životinja možemo dodati i, recimo, rijetke, još žive vrste divljih mačaka i drugih egzotičnih vrsta iz Afrike i Azije koje su za vrijeme rimske države donesene u Europu za potrebe zabave u tadašnjim amfiteatrima (MacKinnon 2006).

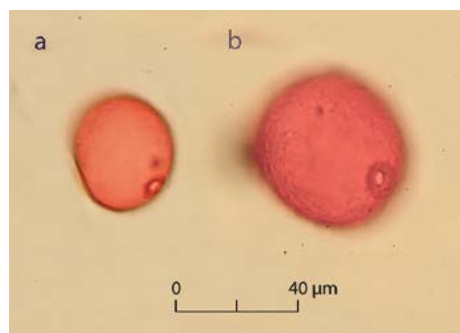
Kada govorimo o genetski nedvojbeno izmijenjenim biljnim i životinjskim vrstama, odnosno sortama i pasminama koje su se razvile zbog čovjekova odabira, radije upotrebljavamo pojam kultivirane (odnosno kulturne) biljke i domaće/pripitomljene životinje. Nešto manje česti pojam jest i udomaćena biljka, no taj je primjereniji za proučavanje npr. drvenasto-grmolikih vrsti voćaka i nešto manje usjeva. Pojam uzgojene biljke može obuhvaćati kako divlje, prirodne (dakle genetski nepromijenjene) tako i kulturne (genetski promijenjene) biljke. Sve uzgojene biljne vrste stoga nisu nužno kulturne biljke (primjer: nasadi lješnjaka i oraha [*Juglans regia*]) i sve životinje koje žive u zatočeništvu, a nisu udomaćene (primjer: azijski slonovi [*Elephas maximus*] koji se koriste za rad ili su u zoološkim vrtovima).

3.1 Koliko je pelud pouzdan pokazatelj početaka kultivacije žitarica?

Kultivacija biljaka predstavlja jedan od najvažnijih događaja u ljudskoj gospodarskoj povijesti, no zbog taksonomskih i tafonomskih razloga (vidi I. dio/1.7) počeci poljodjelstva ne podudaraju se uvijek s pojavom prvog peluda kulturnih biljaka. Palinološka istraživanja u taksonomskom su smislu manje precizna nego arheobotanička (vidi I. dio/1.7) te prepoznati možemo samo pelud obilatijih vrsta usjeva, npr. mahunarki (Fabaceae), konoplje (*Cannabis*), heljde (*Fagopyrum*), lana (*Linum*), kukuruza (*Zea*), raži (*Secale*) i „preostalih” žitarica („Cerealia”). Identifikacija

točno u vrstu obično nije moguća. Zadnje tri skupine usjeva pripadaju porodici trava (Poaceae), a njihov pelud od peluda divljih trava možemo razlikovati samo po veličini peludnog zrnca (slika 148). Pelud žitarica, kojima pripadaju pšenica (*Triticum*), ječam (*Hordeum*) i zob (*Avena*), širi se slabije i obično ostaje u ovojnici (Vuorela 1973), zato ga na paleoekološkim nalazištima ne nalazimo u većoj mjeri ili ga čak ne nalazimo uopće, što ne znači da ljudi nisu uzgajali žitarice. Kako bismo ilustrirali interpretacijske mogućnosti i ograničenja palinologije u proučavanju početaka poljoprivrede, u nastavku predstavljamo primjer palinološkog istraživanja u Švicarskoj i polemiku o tome možemo li na temelju otkrića peluda žitarica govoriti o „mezolitičkoj poljoprivredi“.

Konvencionalno, općeprihvaćeno razumijevanje početaka poljoprivrede pretpostavlja da se većina nekadašnjih stanovnika srednje Europe poljoprivredom, stočarstvom i izradom keramike počela baviti na početku neolitika, u šestom tisućljeću prije Krista (oko 5500. – 5200. pr. Kr. u Švicarskoj), no o arheološkom naseljavanju Švicarske u mezolitiku i ranom neolitiku znamo vrlo malo. Uvjeti za očuvanje botaničkih



Slika 148: Peludna zrnca trava, npr. a) velike pivovine (*Glyceria maritima*) obično su manja od 40 μm , dok su peludna zrnca žitarica kao što je b) ožima pšenica (*Triticum spelta*) obično veća od 40 μm , s promjerom porusa > 10 μm . Svjetlosni mikroskop s povećanjem od 400 puta.

ostataka na malobrojnim mezolitičkim i ranoneolitičkim nalazištima, za razliku od onih na kasnoneolitičkim nalazištima, vrlo su loši, te se dobro očuvalo samo kameno oruđe. Ranomezolitički mikroliti (obrađeno kameno oruđe i geometrijsko oruđe) bili su izrađeni na nejednakomjerno uskim sječivima i odbojcima, dok su na prijelazu iz ranog u kasni mezolitik, oko 6700. pr. Kr. počeli izrađivati oruđa (mikrolitički trapezi i sječiva s usjekom) na širokim i pravilnim sječivima (Tinner i sur. 2007 i ondje navedena literatura). U kasnom mezolitiku javlja se više koštanog oruđa, a nalazi školjaka ukazuju pak na veze sa Sredozemljem, koje su vjerojatno tekle dolinom rijeke Rhône. Vrijeme uporabe kasnomezolitičkog oruđa nije najpravičnije definirano, kraj se postavlja oko 5500. pr. Kr. (Nielsen 2004; Tinner i sur. 2007 i ondje navedena literatura). Ranoneolitičkih nalazišta također je malo i nisu sva datirana, pripadaju kulturi linearnotrakaste keramike i grupi La Hoguette. U ranom neolitiku kameno se oruđe izrađivalo slično kako i u mezolitiku, a pojavila se i prva keramika kao i domaće životinje (Schütz i sur. 1991; Erny-Rodmann i sur. 1997; Kalis i sur. 2001; Nielsen 2003; 2009).

Palinološka istraživanja na švicarskom platou otkrila su neznatne tragove ljudskih aktivnosti u kasnom mezolitiku (oko 6700. – 5500. pr. Kr.) i ranom neolitiku

(oko 5500. – 4400. pr. Kr., Haas 1996; Erny-Rodman i sur. 1997; Lotter 1999). Zbog sve veće količine paleobotaničkih podataka, koji upućuju na to da je do pojave poljoprivrednih aktivnosti u Švicarskoj moglo doći već prije 5500. pr. Kr., W. Tinner i suradnici (Tinner i sur. 2007) u sedimentu jezera Soppensee temeljito su proučili pelud prikupivši i druge paleobotaničke i arheološke argumente o ranijim počecima poljoprivrede, koje ćemo u nastavku sažeti. U kasnom mezolitu (6700. – 5500. pr. Kr.) u peludu u jezeru Soppensee povremeno se javljaju peludna zrnca žitarica (u dodatnom istraživanju detaljnije su prepoznali dvije vrste: *Triticum* i *Avena*). Prisutni su bili i drugi antropogeni pokazatelji (prema Behre 1981; vidi I. dio/1.7), npr. pelud uskolisnog trputca (*Plantago lanceolata*, pokazatelj ispaše i poljoprivrede) te koprive (*Urtica*) i štavelja (*Rumex*) koji, slično kao i uskolisni trputac, rastu u prirodnom okolišu, no ljudska aktivnost potiče njihovo širenje (Tinner i sur. 2007). Primjer jezera Soppensee nije iznimka. Pelud žitarica zajedno s drugim antropogenim pokazateljima pronađen je na još deset drugih nalazišta: u špiljskim i arheološkim naseljima na otvorenom te u jezerima (Tinner i sur. 2007 i ondje navedena literatura). Slično kao i u Švicarskoj, pelud antropogenih pokazatelja, osobito pelud žitarica, vrlo se rano javlja i drugdje u Europi, npr. u Njemačkoj, Austriji, Italiji, Francuskoj (Tinner i sur. 2007 i ondje navedena literatura) i u Sloveniji (Bela krajina, Andrič 2007).

Pretpostavka da spomenuti palinološki i arheološki podaci ukazuju na ranije početke poljoprivrede nego što se to do sada mislilo, pokrenula je burnu raspravu (Behre 2007; 2008b; Tinner i sur. 2007; 2008). Oni koji se s tvrdnjama o ranijim počecima poljoprivrede nisu složili navodili su protuargumente, i to da se radi o: 1. kronološkoj nepreciznosti i pogrešci u dataciji, 2. greškama u identifikaciji peluda (pelud žitarica pripada divljim travama), 3. kontaminaciji s mlađim sedimentom i 4. prijenosu peluda žitarica na veće udaljenosti (Erny-Rodmann i sur. 1997; Behre 2007).

Zbog dobrog kronološkog nadzora spomenutih nalazišta, tvrdnja da se u svim primjerima radi o grešci u datiranju malo je vjerojatna. Peludni zapis u bušotini jezera Soppensee bio je istražen visokom razlučivošću uzorkovanja i ima vrlo dobar kronološki nadzor, koji se temelji na brojanju godišnjih lamina te **tefrakronološkom** (tj. utvrđivanju starosti sedimenta slojevima vulkanskog pepela) i radiokarbonskom datiranju (Lotter 1999). U takvim, **laminiranim** uzorcima vertikalno premještanje i kontaminacija mlađim sedimentom gotovo su nemogući. Ozbiljnija je tvrdnja da peludna zrnca žitarica mogu pripadati divljim travama, iako se javljaju većinom tek nakon 7000. godine pr. Kr., istovremeno s tragovima neznatnog čovjekova utjecaja na okoliš i promjenom materijalne kulture u kasnom mezolitu. Neka od tih peludnih zrnaca iz jezera Soppensee naknadno su detaljnije analizirana povećanjem od 1000 puta i faznim kontrastom. Pokazalo se da uzorci, osim dvaju peludnih zrnaca koja pripadaju divljim travama, također sadrže pelud vrste *Triticum* i *Avena*. S obzirom na to da su žitarice **autogamne** i ne proizvode mnogo peluda, prenošenje na veće udaljenosti malo je vjerojatno.

Autori pretpostavke o ranim počecima poljoprivrede (Tinner i sur. 2007) svakako ne tvrde da su pronašli palinološke „dokaze” o postojanju kasnomezolitike poljoprivrede u Europi, već upozoravaju na brojne indicije koje takvu mogućnost dopuštaju. Za rješavanje problema u budućnosti su nam potrebna daljnja sustavna arheološka i arheobotanička istraživanja dobro očuvanih kasnomezolitčkih i ranoneolitčkih arheoloških nalazišta. Rezultati takva istraživanja utjecali bi na raspravu o izvoru poljoprivrede i pitanju je li se, odakle, kada i kako (koliko brzo) poljoprivreda proširila u Europu te je li se radilo o migraciji ljudi ili širenju ideje iz područja u kojem su poljoprivredu poznavali već otprije (npr. u JI Europi i na Bliskom istoku).

Gore opisani primjer istraživanja govori da odsutnost peluda kulturnih biljaka ne znači nužno i nepostojanje poljoprivrednog gospodarstva, a osim toga potrebno je i pažljivo interpretirati i pojedina peludna zrnca žitarica. Palinološka otkrića, koja nisu u skladu s općeprihvaćenim mišljenjem i našim očekivanjima, ne možemo uvijek već unaprijed opovrgnuti argumentima da se radi o greškama u identifikaciji, datiranju, kontaminaciji ili nanošenju peluda izdaleka, što lijepo ilustrira primjer istraživanja vegetacije koja je uspijevala u srednjoj i istočnoj Europi tijekom posljednje oledbe (vidi II. dio/2.1).

3.2 Ampelomorfologija

Arheobotaničari se, uz utvrđivanje biljnih vrsta (*species; sp.*) i rodova (*genus; gen.*), često bave i prepoznavanjem podvrsta (*subspecies; ssp.*), varijeteta (*varietas; var.*) i oblika (*forma; f.*) (vidi II. dio/Uvod, slika 118), kako bi prepoznali najranije tragove i putove uzgoja i kultivacije pojedine kulturne biljke (npr. Fuller i sur. 2012; Willcox i sur. 2012). Kulturnim biljkama pripadaju sve biljne vrste/podvrste/sorte/oblici koje je čovjek počeo uzgajati te ih time „udomačio” i uzgojio u oblik koji mu je bio korisniji (npr. s većim i sočnijim plodovima; s manje bodlji; s nesraslim listićima pljeve), tj. u novu sortu. Ovdje spadaju svima dobro poznate žitarice (npr. različite sorte ječma [*Hordeum vulgare*], pšenice [*Triticum sp.*], prosa [*Panicum miliaceum*]) i mahunarke (npr. grašak [*Pisum sativum*], bob [*Vicia faba*], grah [*Phaseolus sp.*] te uljarice (npr. mak [*Papaver somniferum*], lan [*Linum usitatissimum*], maslina [*Olea sp.*]), pa čak i vrste voćaka, odnosno sorte (npr. vinova loza [*Vitis vinifera*], šljiva [*Prunus domestica*], pitoma jabuka [*Malus domestica*]) koje su bile uzgojene iz divljih biljnih vrsta.

Tijekom procesa udomačivanja i čovjekova selektivnog odabira odgovarajućih biljnih vrsta ili sorta, događaju se promjene i u genetici i, posljedično, u morfologiji pojedine biljne vrste/sorte. Što su veće razlike između izvornog – divljeg oblika i kultivara, to ćemo „novi” oblik biljke, odnosno kultivar (vrstu/podvrstu/varijetet/sortu) uvrstiti u nižu taksonomsku skupinu (vidi II. dio/Uvod, slika 118).

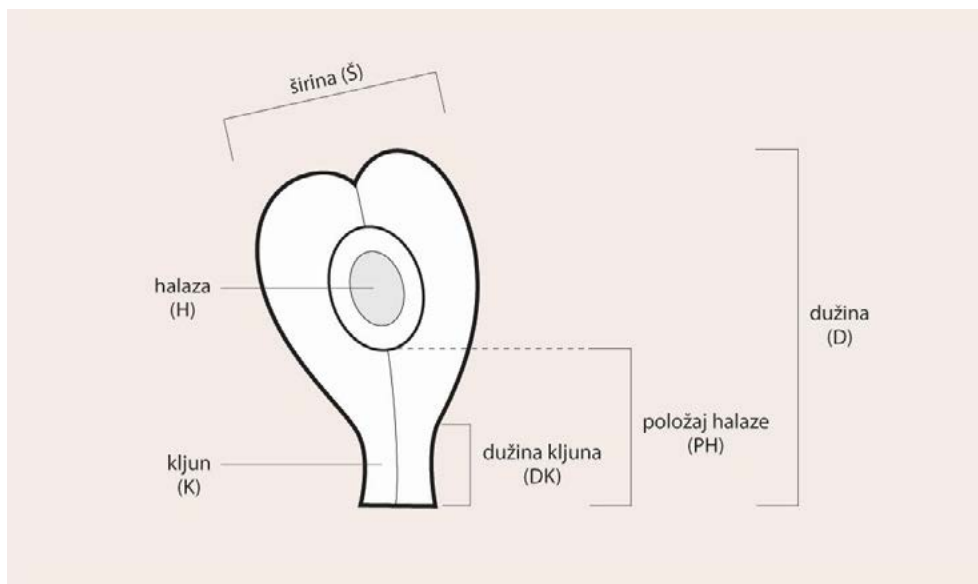
Prvi korak u prepoznavanju novih biljnih oblika jest proučavanje morfoloških znakova na biljkama (u arheobotanici: na sjemenkama/plodovima te listićima pljeve

žitarica; vidi I. dio/2.2, slika 32 i 33; primjeri takvih istraživanja: Maier 1996; Mangafa i Kotsakis 1996; Jacquat i Martinoli 1999; Jacomet 2006a; Jones i sur. 2000; Willcox 2004.; Tolar Korenčič i sur. 2008; Herbig i Maier 2011; Tanno i Willcox 2012; Orrù i sur. 2013). Načelno pouzdanija, ali i zahtjevnija i dugotrajnija metoda utvrđivanja srodnosti između vrsta je ekstrakcija (izoliranje) arheološkog DNK-a i njome traženje molekularnih (genetskih) sličnosti i razlika u slijedu **nukleotida** između arheološkog DNK-a i DNK-a izolirana iz recentnog divljeg i kultiviranog oblika (npr. podvrste ili sorte) pojedine biljne vrste (primjeri takvih istraživanja: Manen i sur. 2003; Pollmann i sur. 2005; Brown i sur. 1994; Schlumbaum i sur. 2008; Tolar Korenčič i sur. 2008; Allaby i sur. 2010; Fernandez i sur. 2013; Jones i sur. 2012; 2013). Primjere obiju metoda pogledat ćemo u nastavku.

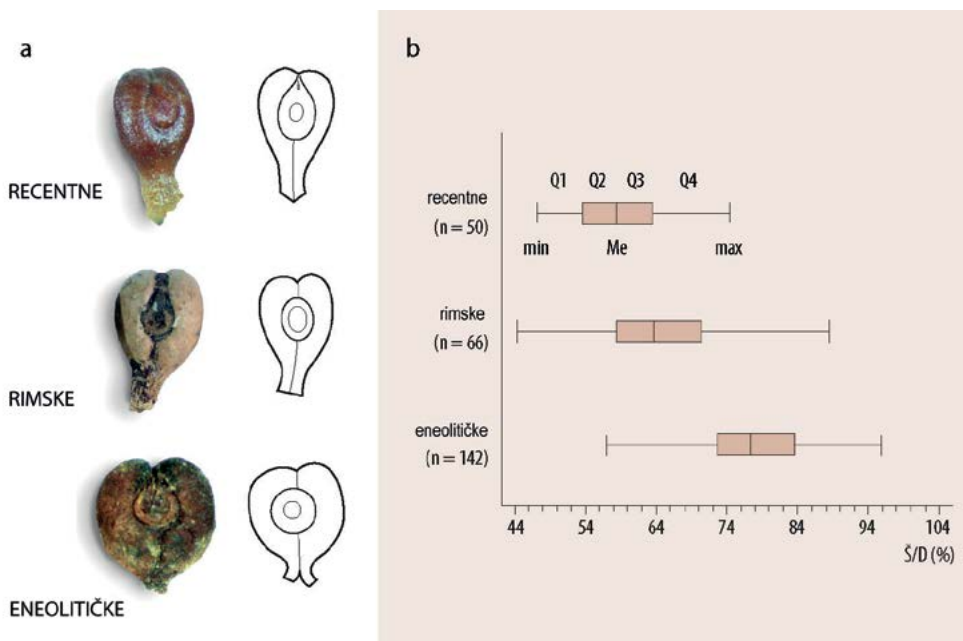
Na košticama vinove loze, prikupljenima na slovenskim arheološkim nalazištima (eneolitičko sojeničko naselje Hočevarica u Ljubljanskom barju i rimsko naselje Nauport u Vrhnici) obavljene su **biometrijske studije** kako bi se utvrdilo radi li se o košticama divlje vinove loze (*Vitis vinifera ssp. sylvestris*) ili kultivirane podvrste vinove loze (*Vitis vinifera ssp. vinifera*) (Tolar Korenčič i sur. 2008). Mjerali smo širinu i dužinu koštice, položaj **halaze** i duljinu kljuna (vidi sliku 149).

Morfološke znakove (slika 149) izmjerili smo na 142 nekarbonizirane koštice sa sojeničkog naselja Hočevarica, 73 nekarbonizirane do napola karbonizirane koštice s rimskog Nauporta i na 50 recentnih koštica pet različitih sorti udomaćene vinove loze. Nakon mjerenja svakoj smo koštici izračunali tzv. Stummerov indeks (u nastavku SI) kojim uspoređujemo širinu (\check{S}) koštice s dužinom (D) ($SI = \check{S}/D \times 100$). Stummer (1911) otkrio je naime da se morfologija koštica vinove loze razvijala u smjeru od okrugla (što znači: $\check{S} = D$) k duguljastu (kruškoliku) obliku (što znači: $\check{S} < D$). Drugim riječima, to znači da „okrugle” koštice divlje vinove loze imaju veći SI (tj. omjer između širine i dužine) i, obratno, „kruškolike” koštice kultivirane vinove loze imaju posljedično manji SI (vidi sliku 150). Rezultati morfološkog istraživanja arheoloških koštica i izračunati SI pokazali su da su koštice sa sojeničkih naselja vjerojatno još divljeg izvora, dok su rimske koštice s Nauporta sigurno već ostaci plodova kultivirane vinove loze (slika 150).

Na slici 150b vidimo veliku raznovrstnost unutar skupina rimskih i eneolitičkih koštica. Mjerenja (odnosno izračunane vrijednosti SI-a) više od tri četvrtine (Q1, Q2 i Q3) vrijednosti izmjerenih eneolitičkih koštica, naime, padaju u raspon vrijednosti SI-a rimskih koštica, za koje pretpostavljamo da su već bile kultivirane. I obratno: tri četvrtine (Q4, Q3 i Q2) vrijednosti SI-a rimskih koštica padaju u raspon vrijednosti SI-a eneolitičkih koštica, koje smatramo još uvijek divljima. Zbog nepouzdanosti rezultata (tj. prekrivanja kutijastog dijagrama svih triju istraženih skupina koštica; slika 150b) mjerenjima koštica dodali smo još četiri formule (u nastavku: MK4) koje su predložili Mangafa i Kotsakis (1996). Formule MK4 uvažavaju grešku do koje može doći tijekom mjerenja dužine kljuna (vidi sliku 149). Ona nastane zbog poteškoća u



Slika 149: Mjerenje morfoloških znakova na košticama vinove loze; prema prijedlogu: Tolar Korenčić i sur. 2008, S96, slika 4.



Slika 150: Fotografjska i grafička usporedba triju vrsta istraženih koštica vinove loze (a); grafički prikaz rezultata morfoloških mjerenja i izračunatih SI-a (\bar{S}/D) s tzv. kutijastim dijagramom (b) (vidi uokvireni tekst na str. 234 i 235); prema prijedlogu: TolaR Korenčić i sur. 2008, S98, slika 5 i 7.

utvrđivanju početka kljuna i zbog čestog oštećenja njegova **distalnog** (tj. konačnog) dijela kod arheoloških koštica (vidi slika 150a).

Rezultati izračuna prema formulama MK4 (detalje vidi u: Tolar Korenčić i sur. 2008 i u uokvirenu tekstu na str. 235) pokazali su da samo 2 od 142 izmjerene eneolitičke koštice spadaju u raspon vrijednosti karakterističnih za kultivirane koštice, što je uobičajena biološka raznovrsnost unutar jedne skupine predmeta mjerenja. Rezultati MK4 stoga potvrđuju da se u slučaju koštica sa sojeničkih naselja vrlo vjerojatno radi o divljoj podvrsti vinove loze. Koštice s rimskog Nauporta su, prema MK4, smještene negdje između divlje i kultivirane podvrste, s većom vjerojatnošću da su kultivirane.

Inozemna istraživanja više su puta uspješno pokazala da je molekularnim metodama (točnije, ekstrakcijom i usporedbom DNK-a) moguće vrlo precizno ustanoviti srodnost među istraženim vrstama biljnih makroostataka (npr. Schlumbaum i Jacomet 1998; Manen i sur. 2003; Regner i sur. 2004; Halasz i sur. 2005).

Kako bismo provjerili morfološke pokazatelje najranije kultivacije vinove loze na slovenskom tlu, prvi put u Sloveniji smo iz arheoloških koštica (tj. ostataka sjemenki/plodova) pokušali izolirati arheološki DNK (Tolar Korenčić i sur. 2008). Pokus još nije bio uspješan.

Rezultati morfoloških i molekularnih istraživanja iznimno su važni za razumijevanje izvora poljoprivrede, voćarstva, vinogradarstva i za traženja odgovora na pitanja odakle, kada i kako (i koliko brzo) se poljoprivreda proširila u Europu (npr. Simmonds 1979; Smartt i Simmonds 1995; Schlumbaum i Jacomet 1998; Zohary i Hopf 2004; Colledge i Conolly 2007; vidi također II. dio/4.2).

ŠTO PRIKAZUJE KUTIJASTI DIJAGRAM?

Kutijasti dijagram (eng. *box plot*) vrsta je grafa koji se u opisnoj statistici rabi kao prikladan način grafičnog prikaza grupe numeričnih podataka s njihovim petorkama (na grafu pikazane vertikalne linije):

- najmanja vrijednost (min)
- najveća vrijednost (max)
- **medijan (Me)** – označava srednju vrijednost (tj. polovica vrijednosti manja je od medijana, polovica je veća)
- prvi kvartil (**Q1**) – raspon vrijednosti u kojem se nalazi prva četvrtina svih vrijednosti (dakle najmanjih vrijednost)
- drugi kvartil (**Q2**) – raspon vrijednosti u kojem je druga četvrtina svih vrijednosti
- treći kvartil (**Q3**) – raspon vrijednosti u kojem se nalazi treća četvrtina svih vrijednosti i
- četvrti kvartil (**Q4**) – raspon vrijednosti zadnje četvrtine svih vrijednosti (tj. najvećih vrijednosti).

Iz takvih grafičkih prikaza može se vidjeti koje bi vrijednosti mogle biti neobično niske ili visoke. Rasponi (četvrtine svih izmjerenih vrijednosti) pojedinih dijelova grafa prikazuju raspršenost i asimetriju.

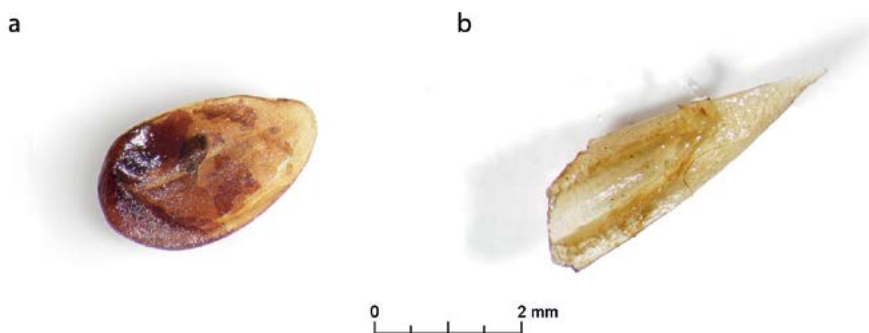
Kutijastim dijagramom možemo prikazati razlike među populacijama, a da pritom ne pretpostavimo oblik preraspodjele mjerenih vrijednosti.

VIŠE O MK4

Formule MK4, čiji su autori Mangafa i Kotsakis (1996), jesu četiri jednadžbe koje uvažavaju pet mjerenja na košticama vinove loze: dužine koštice i kljuna, položaj halaze te širinu i debljinu koštice. Kada je rezultat, npr. prema formuli 1, veći od 0.8, radi se o koštici kultivirane vinove loze, a ako je rezultat manji od -0.2, tada je to koštica divlje vinove loze. Slično su formulirani rasponi vrijednosti rezultata (od-do) za svaku od četiriju formula MK4 (više u Tolar Korenčić i sur. 2008, S99).

3.3 Obični ili pravi lan (*Linum usitatissimum*) kultiviran kao uljarica ili kao tekstilna biljka?

Zanimljivo istraživanje početaka i putova udomaćivanja/kultivacije nedavno je provedeno na lanenim sjemenkama s kasnoneolitičkih odnosno eneolitičkih, vodom natopljenih nalazišta u jugozapadnoj Njemačkoj. Morfometrijskim analizama više od 1000 lanenih sjemenki s 32 nalazišta, Herbig i Maier (2011) prepoznali su barem dvije vrste lanenih sjemenki. Prva vrsta, s većim sjemenkama, dužine veće od 3,3 mm dokaz je varijeteta lana primjerena za dobivanje ulja. Druga vrsta, s manjim sjemenkama, dužine od oko 2,8 do 3,0 mm dokaz je varijeteta primjerena za dobivanje tekstilnih vlakana. Istraživanje je pokazalo da su oba varijeteta bila prisutna već u kasnom neolitiku i da su sjemenke s ranijih kasnoneolitičkih nalazišta (oko 4000. – 3400. pr. Kr.) mnogo veće od sjemenki s mlađih kasnoneolitičkih nalazišta (oko 3400. – 2400. pr. Kr.).



Slika 151: Nekarbonizirani, vodom natopljeni ostaci: a) sjemenke lana i b) ostatak ploda tobolca lana.

To je dovelo do zaključka da je uzgoj lana primarno bio namjenjen dobivanju ulja, a tek kasnije proizvodnji vlakana i tekstila.

Danas su nam poznate dvije komercijalno važne uzgajane vrste lana: *convar. mediterraneum* (uljani) i *convar. elongatum* (predivi), a obje, prema istraživanjima (Herbig 2002; Herbig i Maier 2011), potječu još iz vremena kasnog neolitika (oko 3400. pr. Kr.). Sljedeće pitanje koje se javlja jest odakle potječe i kada se pojavila nova, „prediva” vrsta lana. Arheobotaničari pretpostavljaju da potječe, slično kao i većina kulturnih biljaka i u ekonomskom smislu važni noviteti, s područja koje se proteže od središnje Azije i preko Balkana do jugoistočnog dijela Europe. Tu pretpostavku pokušat će razotkriti daljnja istraživanja, također i ona iz Slovenije. Izniman potencijal za uspjeh u istraživanjima imaju cretna eneolitička sojenička naselja iz 4. tisućljeća pr. Kr., na kojima su nedavno otkriveni najstariji tragovi uzgoja lana na području Slovenije, možda čak i Balkana (slika 151) (Tolar i Velušček 2009). Rezultati s područja Balkana su naime skromni (npr. Borojević 2006, 135), zbog neodgovarajućih metoda rada (vidi II. dio/1.3) i nedostatka vlažnih nalazišta u kojima se ostaci lana najbolje očuvaju (vidi II. dio/2.3).

3.4 Suvremeni pristupi istraživanju početaka pripitomljavanja životinja

Konj (*Equus caballus*) pripitomljen je kao posljednja od pet najrasprostranjenijih vrsta domaćih životinja, što ne znači da je zbog toga (bio) gospodarski manje bitan. Dugo je bio – zapravo na mnogim mjestima još jest – važan u prijevozu, koristi(o) se za oranje, barem do izuma vatrenog oružja bio je neizostavan u ratovanju, a svakako treba spomenuti i njegovu ulogu kao statusnog simbola. Unatoč svemu tome, konj nikada nije bio toliko izložen pritisku **umjetne selekcije** kao govedo, kaprini ili svinja. Razloge tome treba tražiti u njegovoj manje izraženoj genskoj raznolikosti (Clutton-Brock 1999, 100), a barem djelomično i u manjoj raznolikosti njegovog gospodarskog iskorištavanja. Daleko najvažniji zadatak ovih životinja je prijenos ljudi i dobara s jednog mjesta na drugo u najkraćem mogućem vremenu. Čovjek tako nikada nije imao za cilj uzgajati oblike ili pasmine s izraženijim prirastom mesa i masti ili, primjerice, onih s povišenom mliječnošću. Umjesto toga, usredotočio se na iskorištavanje urođenog potencijala ovih životinja za brzinu i snagu, iako nema sumnje da su konji isprva također prvenstveno bili izvor hrane (Clutton-Brock 1999, 100).

Pojava domaćeg konja izazvala je velike društvene promjene, pa je posve razumljivo zanimanje nekoliko generacija arheozoologa za problematiku njegovog pripitomljavanja. Ono što najviše iznenađuje je činjenica da, unatoč spomenutom interesu, na mnoga ključna pitanja (uglavnom) o počecima ovog procesa još uvijek nema jasnog odgovora. Pogledajmo neke od najvažnijih od njih. Kada je došlo do pripitomljavanja? Gdje se to dogodilo? Je li uzrok daljnjeg širenja uzgoja konja uglavnom razmjena znanja o pripitomljavanju divjih jedinki ili je ključnu ulogu

odigralo stvarno širenje već pripitomljenih životinja, kao što se smatra da je uglavnom bio slučaj s govedima, kaprinima i svinjama? Je li uopće došlo do uzgoja ranih stada uvođenjem divljih konja? Koji su bili prvotni razlozi za pripitomljavanje i kako su se prioriteta uzgajivača u tom pogledu mijenjali tijekom vremena?

Ključni problem u pronalazanju odgovora na gore navedena pitanja je nedostatak izvornih izravnih dokaza pripitomljavanja, kakve imamo u kasnijim razdobljima, primjerice, u umjetničkim prikazima, pisanim izvorima ili ukopima konja s dodanom konjskom opremom (Levine 2005, 7 i ondje navedena literatura). Istraživači se stoga često moraju oslanjati na tzv. posredne dokaze, kao što su procjena populacijske strukture (npr. spolna, dobna struktura), poznavanje rasprostranjenosti vrste u prostoru, podaci o veličini i morfologiji pojedinih kosturnih elemenata ili, primjerice, nalazi s patološkim promjenama koje su nastale kao posljedica intenzivnog fizičkog stresa odnosno vuče. Nažalost, ova vrsta dokaza često nije dovoljno uvjerljiva (Levine 2005, 7–14; Taylor i Barrón-Ortiz 2021), zbog čega je pozornost struke u posljednje vrijeme usmjerena na potragu za novim, inovativnim metodološkim pristupima. U tom pogledu posebno obećavajućima pokazala su se genetička istraživanja i analize stabilnih izotopa. Izvrstan uvid u njihov potencijal pružaju studije Outrama i suradnika (2009) i Warmutha i suradnika (2012), koje su ukratko sažete u nastavku.

Prije otprilike dva desetljeća velik dio znanstvene javnosti složio se da se početak pripitomljavanja konja odvio na prostoru ili ukrajinskih ili kazahstanskih stepa prije pet do šest tisućljeća (npr. Clutton-Brock 1999; Benecke 2002; Greenfield 2006b). Međutim, budući da su dokazi za to bili uglavnom neizravni, pojedini znanstveni autoriteti protivili su se takvim stavovima (npr. Uerpmann 1995; Levine 2005). Warmuth i suradnici (2012) pozabavili su se spomenutom problematikom, oslanjajući se na rezultate genetičke analize. Njome su izolirani **mitohondrijska DNK (mtDNK)** i **Y kromosom** nekoliko stotina modernih konja iz istočne Europe i Azije, koji nisu pripadali nijednoj specifičnoj pasmini i stoga su trebali bolje odražavati populacijsku povijest vrste. Sirovi rezultati genetičkih istraživanja podvrgnuti su nizu više ili manje složenih statističkih obrada i na kraju došlo se do zaključka da su se prva pripitomljavanja konja zapravo morala dogoditi u zapadnom dijelu eurazijske stepe, tj. u današnjoj Ukrajini i/ili sjeverozapadnom Kazahstanu. Na to ih je navelo zapažanje da je genska raznolikost lokalnih konj najmanja. Budući da je, prema njihovim nalazima, rano širenje konjogojstva zapravo bilo popraćeno praksom dopunjavanja stada domaćih životinja s divljim primjercima, genska raznolikost pojedinih populacija trebala bi postupno rasti s udaljenošću od područja prvog pripitomljavanja. Autori istraživanja nisu istaknuli konkretna nalazišta u tom smislu, no s obzirom na neke druge izvore, to bi mogli biti npr. Dereivka ili Botai (sl. 152).

U nastavku istraživanja autori su upozorili na značajno veću gensku raznolikost na razini mtDNK u odnosu na onu Y kromosoma, što se predpostavlja da odražava karakteristične prakse ranih uzgajivača tijekom procesa širenja pripitomljenih



Slika 152: Područje eurazijske stepe s označenim lokacijama nalazišta Dereivka i Botai.

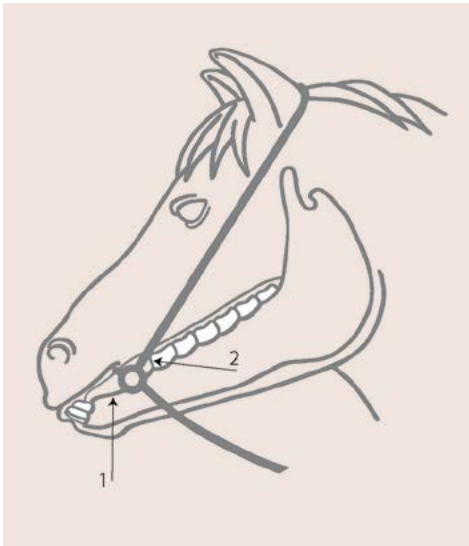
konja prema istoku azijskog kontinenta. To pokazuje da ljudi u početku nisu bili sposobni održavati stada samo prirodnim prirastom, pa su ih morali stalno obnavljati uvođenjem divljih jedinki. Pri tome, smatra se da visoka genska raznolikost mtDNK dokazuje kako su s tog razloga uglavnom lovili divlje kobile. Mitohondrijska DNK nasljeđuje se samo s majčine strane, pa je samo uvođenje novih divljih ženki moglo pridonijeti povećanju njezine genske raznolikosti unutar populacije. Slično tome, moguće masovno uključivanje divljih mužjaka bilo bi prepoznatljivo na razini Y kromosoma, budući da se on nasljeđuje samo s **očeve** strane, no ovdje se genska raznolikost pokazala znatno skromnijom. Strategija ranih uzgajivača pri čemu se prednost davala hvatanju divljih kobilica ponekad je imala smisla zbog činjenice da ih je unutar stada (bilo) lakše kontrolirati nego pastuhe (Levine 2005, 17–18).

Outram i suradnici (2009) problematikom početka pripitomljavanja konja pozabavili su se s drugog kraja. Umjesto širokog istraživanja stotina uzoraka s velikog geografskog prostora i različitih vremenskih razdoblja, odlučili su se usredotočiti na interdisciplinarnu analizu ostataka konja sa samo četiri kazahstanska bakrenodobna nalazišta, smještena u tzv. Botai kulturnu skupinu (slika 152). Naime, mnogi stručnjaci smatraju nositelje ove kulture iz sredine 4. tisućljeća pr. Kr. među najozbiljnijim kandidatima za začetnike procesa pripitomljavanja konja. O tome svjedoče mnogi neizravni dokazi, npr. prevlast kostiju konja unutar iskopane arheozoološke građe sa spomenutih nalazišta, brojnost kosturnih elemenata iz najmanje mesnatih dijelova tijela, koje u pravilu prapovijesni lovci nisu donosili u svoja bazna naselja nakon što bi ulovili divljač, polunomadski način života ondašnjih ljudi, koji nije u skladu

s masovnim lovom na divlje konje, te na kraju, ali ne manje važno, prevlast oruđa za izradu kožnih remena nad šilima i drugom lovačkom opremom (Outram i sur. 2009, 133 i ondje navedena literatura). Skup dostupnih izravnih dokaza je, dakako, znatno skromniji, što je sasvim normalno za početnu fazu pripitomljavanja pojedinih životinjskih vrsta. Za razvoj bilo koje morfometrijske osobitosti na razini pojedinih kosturnih elemenata specifične za vrstu, neophodna je izmjena više generacija. Također nije vjerojatno da je konj od samog početka bio jahača životinja ili istaknuti statusni simbol. Zbog toga je malo vjerojatno otkriće ukopa iz tog vremena s dodatnom opremom koja bi nepobitno dokazala korištenje ovih životinja za rad ili vuču (npr. **uzde**, sedlo). Bez takvih dodataka, međutim, nije moguće sa sigurnošću znati nije li kostur možda pripadao divljoj životinji (Levine 2005, 7 i ondje navedena literatura).

Uvodni dio istraživanja Outrama i suradnika (2009) posvećen je izvješćivanju o iznimnoj morfološkoj sličnosti kosti pešća konja s analiziranih nalazišta botajske kulture (N = 18) i pojedinačnih brončanodobnih (N = 36) odnosno recentnih (N = 4) primjeraka z istog geografskog područja, koji su nedvojbeno već pripadali domaćim konjima. S druge strane, ističu statistički značajnu razliku koja je u tom pogledu otkrivena uspoređujući botajske primjerke s onima s otprilike istovremenih nalazišta druge kulturne skupine iz zapadnog Kazahstana, čiji se nositelji navodno još nisu bavili pripitomljavanjem konja (N = 53), te s gornjepleistocenskim nalazima divljih konja iz zapadne Rusije (N = 34). No, ovdje ćemo pozornost usmjeriti uglavnom na rezultate njihovih biokemijskih analiza i proučavanje specifičnih promjena na kostima i zubima čiji bi nastanak mogao biti povezan s uporabom **uzda**.

Smatralo se da su intenzivna istrošenost mezijalnog dijela (vidi sliku 71) žvačne površine drugih donjih pretkutnjaka ili, primjerice, mikropukotine caklinskih nabora na istim zubima, posljedica trljanja zuba o **žvale** (Brown i Anthony 1998), no kasnije se pokazalo da pojavu takvih promjena mogu uzrokovati i drugi čimbenici (npr. nepravilan zagriz; vidi npr. Levine 2005, 9–11). Stoga su Outram i suradnici (2009; vidi i Bendrey 2007b) razvili razrađeniji i dobro provjeren sustav za procjenu posljedica korištenja uzdi. Usredotočili su se na tragove trljanja žvala o mezijalni rub donjih drugih pretkutnjaka i o donju čeljust u području razmaka između sjekutića i pretkutnjaka (tzv. *dijastema*; slika 153). Pri tome su kao neoboriv dokaz za korištenje uzdi uzeti u obzir samo zubi sa stvarno izraženom istrošenošću mezijalnog ruba (slika 154) i čeljusti s očitim posljedicama upale pokosnice (*periostitis*) ili tragovima razvoja koštanih izraslina, odnosno egzostoza – **dobročudnih novotvorina** koje rastu iz postojeće kosti. Unatoč strogim kriterijima, istraživanjem su potvrđeni uvjerljivi dokazi o uporabi uzda u čak pet od petnaest analiziranih ostataka donje čeljusti ili zuba. Jedan od spomenutih pet primjeraka datiran je metodom radioaktivnog ugljika (vidi II. dio/ Uvod). Prema rezultatima, trebao bi pripadati životinji koja je živjela između 3521. i 3363. god. pr. Kr. s vjerojatnosti od 94,6 %.

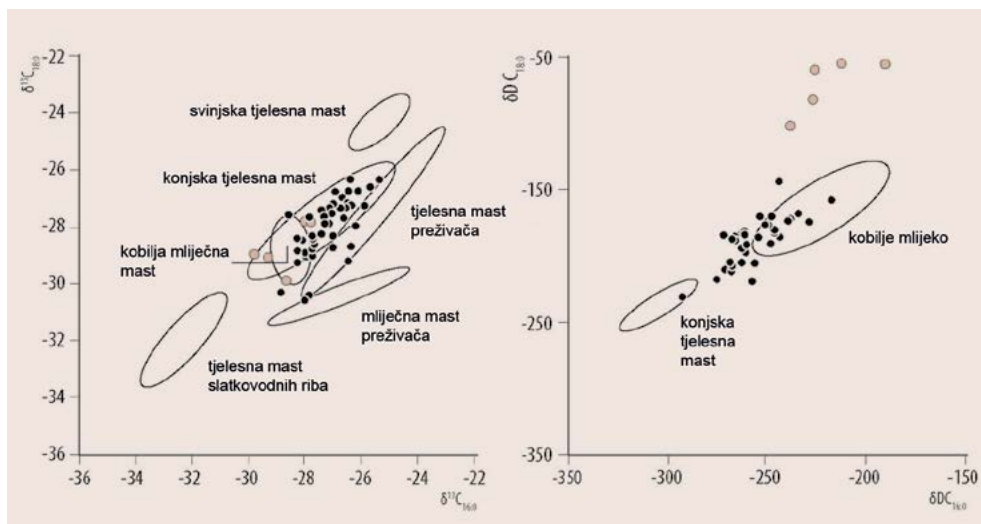


Slika 153: Tijekom uporabe, žvale se trljaju o donju čeljust u području tzv. dijasteme, kako nazivamo razmak između sjekutića i pretkutnjaka (1) i uz mezijalni rub drugog donjeg pretkutnjaka (2). Prema predlošku: Bendrey 2007b, sl. 1.



Slika 154: Primjerak donjeg drugog pretkutnjaka pastuha s nalazišta Botai s izraženom istrošenošću na mezijalnom rubu, koja je zahvatila i caklinu i dentin ispod nje. Takvu istrošenoost zuba nalazimo samo kod životinja s uzdama. Prema predlošku: Outram i sur. 2009, sl. 2.

Biokemijski dio istraživanja temeljio se na analizi **stabilnih izotopa** u tragovima masti, otkrivenih na ulomcima bakrenodobne lončarije sa spomenutih kazahstanskih nalazišta. Poznato je da je omjer između izotopa pojedinog **nuklida** u tkivima živog organizma jednak onome u konzumiranoj hrani i vodi. Kao rezultat toga, određivanjem ovog omjera u kostima, zubima ili – kao u našem slučaju – u mastima na lončariji s arheoloških nalazišta, možemo izvući zaključke o vrsti prehrane ondašnjih životinja i/ili ljudi koji su tamo živjeli (vidi npr. Lee-Thorp 2008; Guiry 2012; Gorlova i sur. 2015). Tako su Outram i suradnici (2009, 1334–1335) na temelju izmjerenog omjera stabilnih izotopa ugljika ^{13}C i ^{12}C u dvije vrste zasićenih masnih kiselina ustanovili da je većina analiziranih uzoraka bila mast konjskog podrijetla (slika 155: lijevo). Međutim, to se samo po sebi još ne može shvatiti kao dokaz pripitomljavanja, budući da mast u načelu može potjecati i od uhvaćenih divljih životinja. Zbog navedenog je u nastavku istraživanja na sličan način izmjeren omjer između dva stabilna izotopa vodika (tj. ^1H in $^2\text{H} = \text{D}$ ili deuterij). Pritom je uzeta u obzir činjenica da se u središnjim dijelovima pojedinih kontinenata (odnosno u udaljenosti od mora) taj omjer u zimskim oborinskim vodama znatno razlikuje od onog u ljeti. Treba dodati da tkiva živih organizama ugrađuju vodik i iz konzumirane hrane i iz vode. Naravno, spomenuti nuklid ugrađuje se u tjelesnu mast (= masno tkivo) tijekom cijele godine, uz stvaranje



Slika 155: Grafički prikaz odnosa između stabilnih izotopa ugljika (lijevo) i vodika (desno) u dvije vrste zasićenih masnih kiselina (tj. $C_{16:0}$ in $C_{18:0}$), prisutnih u tragovima životinjskih masti na ulomcima posuda s različitim nalazišta botajske bakrenodobne kulturne skupine (Kazahstan). Na desnom prikazu nalaze se rezultati uzoraka referentnih konjskih/kobiljih masti, s obojenim uzorcima mliječne masti ($N = 5$). Istih pet uzoraka obojeno je i na lijevoj strani. Elipse označavaju područje pouzdanosti (srednja vrijednost \pm SD) za vrijednosti izmjerenih različitih masti modernih životinja iz Europe. Objašnjenje kratica: $\delta^{13}C_{16:0}$ – mjera za određivanje količinskog omjera među stabilnim izotopima ^{13}C i ^{12}C s obzirom na standard (izraženo u promilima; ‰) unutar palmitinske zasićene masne kiseline (sadrži 16 atoma ugljika; $C_{16:0}$); $\delta^{13}C_{18:0}$ – jednako kao u prethodnom primjeru, ali izmjereno unutar stearinske nezasićene masne kiseline (sadrži 18 atoma ugljika; $C_{18:0}$); $\delta D C_{16:0}$ – mjera za određivanje količinskog omjera među stabilnim izotopima 2H (=D) i 1H s obzirom na standard (izražen u promilima; ‰) unutar palmitinske zasićene masne kiseline; $\delta D C_{18:0}$ – jednako kao u prethodnom primjeru, ali izmjereno unutar stearinske nezasićene masne kiseline; SD – standardna devijacija. Prema predlošku: Outram i sur. 2009, sl. 3.

same masti, pa je omjer između dva stabilna izotopa vodika ovdje u srednjem položaju između vrijednosti u zimskim i ljetnim oborinama. Nasuprot tome, izotopska slika mliječne kiseline kao sastavnice kobiljeg mlijeka odražava samo odnos između 1H i 2H unutar oborinske vode onog dijela godine u kojem je mlijeko u mliječnim žlijezdama zapravo nastalo.

Pogledamo li sad rezultate gore opisane analize, lako možemo vidjeti da su analizirani uzorci razdijeljeni u dvije odvojene skupine (slika 155: desno). Ovdje bi one s izrazito visokim vrijednostima δD , koje su na spomenutoj slici obojene, trebale sadržavati mliječne masti iz kobiljeg mlijeka. Vrijednosti δC istih pet uzoraka također su u skladu s takvim zaključkom (slika 155: lijevo). Određeno odstupanje vrijednosti δD u arheološkim uzorcima od standarda koji se odnose na mast i mliječnu mast suvremenih europskih konja/kobila, autori pripisuju izrazito suhoj klimi na području središnje Azije tijekom postojanja razmatrane bakrenodobne zajednice.

Na temelju iznesenih rezultata autori istraživanja zaključili su da su analizirani tragovi masti iz lončarije uglavnom mliječna mast te da su stoga barem neki od bakrenodobnih stanovnika sjevernog Kazahstana zaista konzumirali kobilje mlijeko već sredinom 4. tisućljeća. Takva praksa, naravno, pretpostavlja prisutnost pripitomljenih kobila.

U posljednjih nekoliko godina povećan je broj genetičkih analiza ostataka konja (npr. Gaunitz i sur. 2018; Fages i sur. 2019; Guimaraes i sur. 2020; Librado i sur. 2021), a kroz molekularne filogenetske analize, osim nalazišta Botai u središnjoj Aziji razmatrani su i drugi mogući centri pripitomljavanja konja poput Pirinejskog poluotoka i Anatolije. Prema najnovijim analizama najvjerojatnije izvorište modernih pasmina domaćih konja su zapadne euroazijske stepe, odnosno područje donjeg toka rijeka Volge i Dona (Libredo i sur. 2021), pri čemu je došlo do smjene postojećih lokalnih populacija tijekom rapidnog širenja euroazijskim prostorom počevši oko 2000. god. pr. Kr.

4 Nekadašnje gospodarstvo: utjecaj i prilagodba čovjeka na okoliš

4.1 Nastanak neolitičkog i današnjeg kulturnog krajolika u Beloj krajini

Srednjoeuropski čovjek prvi je put značajno utjecao na okoliš i preoblikovao ga navodno u mlađem kamenom dobu (neolitiku), prije 7000 godina. Tadašnji stanovnici Europe, koji su se počeli baviti poljoprivredom i stočarstvom, sjekli su i palili šume kako bi stvorili nove površine za polja i pašnjake. Palinološka istraživanja otkrivaju da su prvi poljoprivrednici u jugoistočnoj i srednjoj Europi krčili šume tek na manjim površinama (Willis 1994; Willis i Bennett 1994) i time utjecali na sastav vegetacije (npr. Behre 1988; Pott 1988; Šercelj 1988; Birks i sur. 1990; Willis 1992; 1994; Hicks i Birks 1996; Fuller i sur. 1998; Gardner 1999a; Tinner i sur. 1999; 2000; 2005; Odgaard i Rasmussen 2000). Prelaskom na poljodjelstvo pojavile su se i kulturne biljke, korov i biljke karakteristične za ruderalne površine i pašnjake (Behre 1981). S nastankom nehomogenog, mozaičnog krajolika i vegetacija je postala sve raznolikija (Birks i sur. 1990; Andrič i Willis 2003). Budući da su neolitički poljoprivrednici i stočari sjekli navodno tek manje površine šuma, prema palinološkoj teoriji (vidi I. dio/1.7), njihov je utjecaj na vegetaciju i krajolik dobro vidljiv u manjim (≤ 30 m) močvarama i jezerima, u kojima prevladava pelud lokalne vegetacije (slika 22; Jacobson i Bradshaw 1981; Sugita 1994). Takve, manje močvare u palinološkom su smislu bile istražene i u Sloveniji (Andrič 2001; 2007) te u nastavku predstavljamo primjer nastanka starog, neolitičkog kulturnog krajolika u Beloj krajini i utjecaj njenih nekadašnjih stanovnika na vegetaciju u posljednjih više od 6000 godina.

Močvara Mlaka (slika 156) idealno je **paleoekološko nalazište** za proučavanje utjecaja prvih poljoprivrednika: maleno je, bez pritoka i otjecanja vode te leži u blizini neolitičkih i eneolitičkih arheoloških nalazišta Ržišče i Pusti Gradec

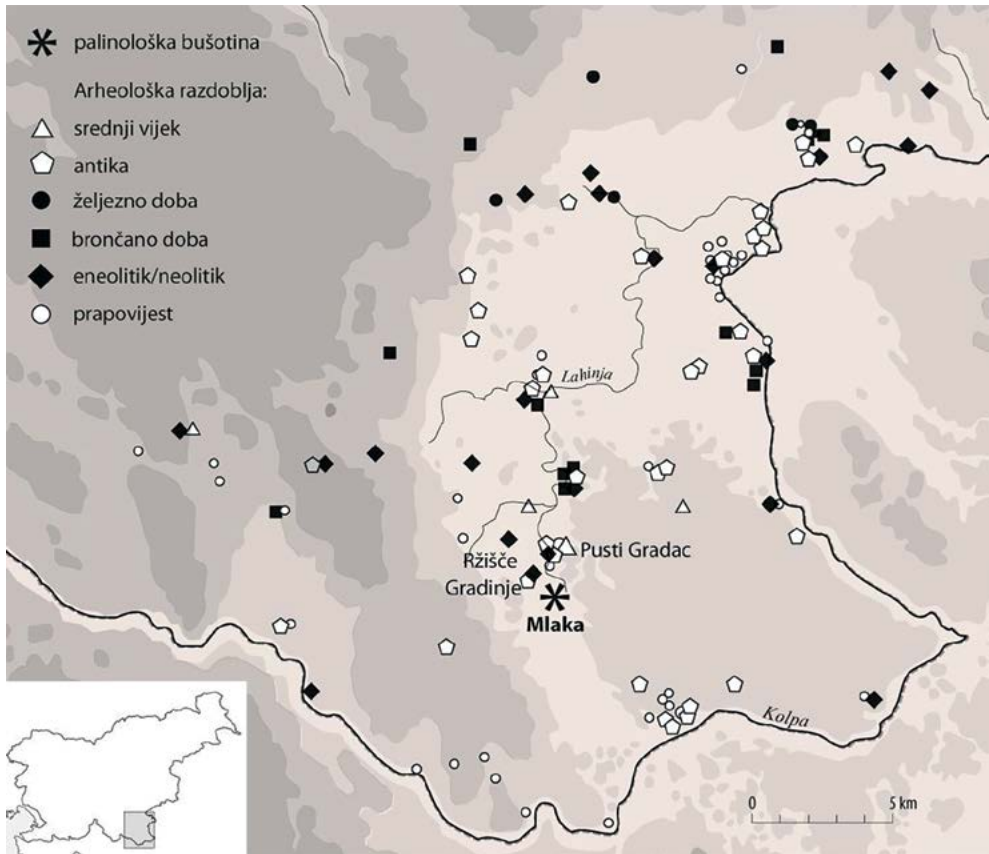


Slika 156: Močvara Mlaka.

(slika 157; Dular 1985; Budja 1992; Mason i Andrič 2009). Pelud je u većem dijelu bušotine vrlo dobro očuvan, što omogućava rekonstrukciju razvoja vegetacije u zadnjih 10.000 godina (slika 158).

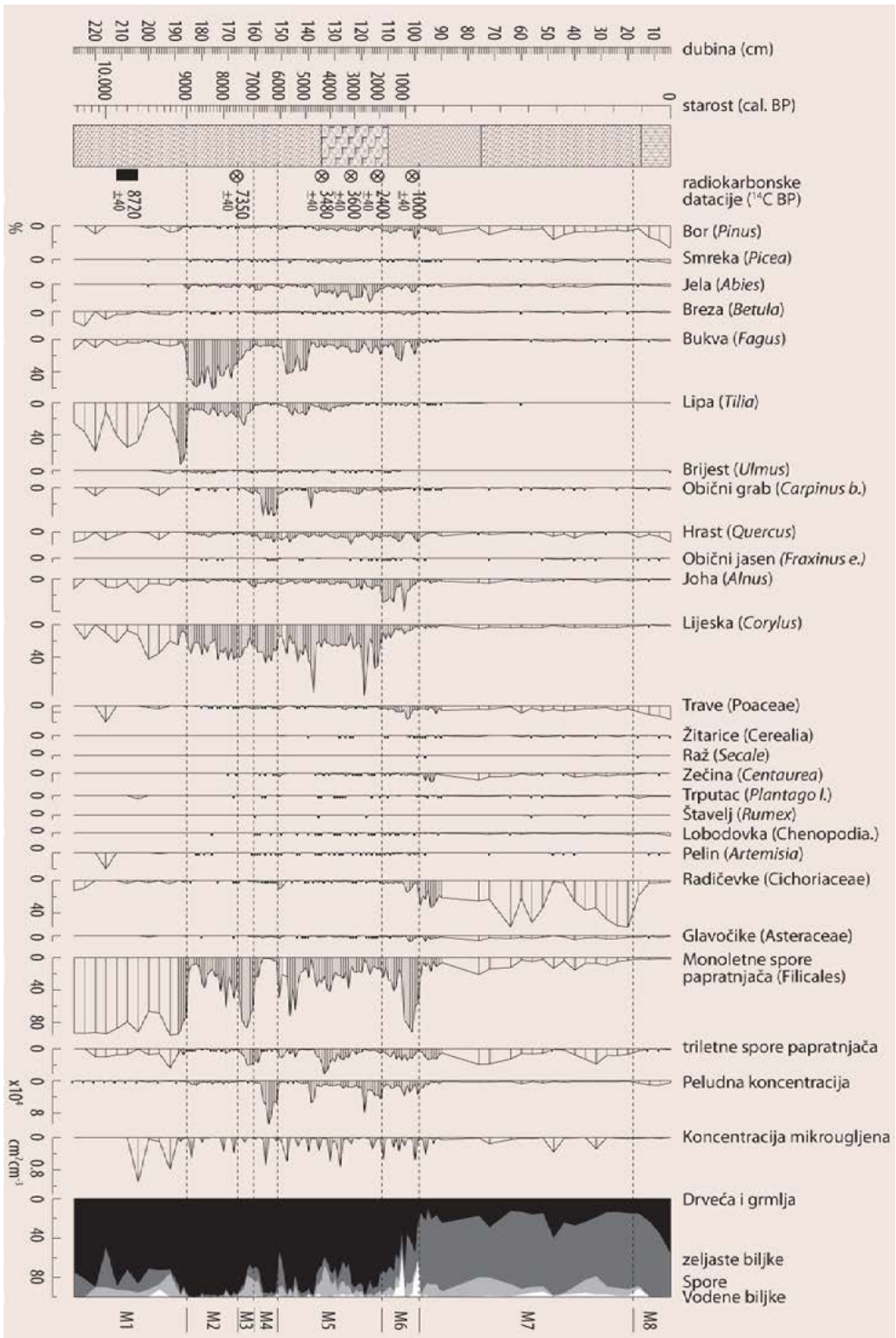
U ranom holocenu, prije otprilike 10.000 – 9000 godina (slike 158 i 159a) u okolici Mlake rasla je mješovita, većinom listopadna šuma, u kojoj su uspijevali lipa (*Tilia*), lijeska (*Corylus*), hrast (*Quercus*), breza (*Betula*) i bor (*Pinus*). Druge vrste drveća, kao što su npr. bukva (*Fagus*) i jela (*Abies*), koje čine gušće šume, vjerojatno se nisu mogle nametnuti zbog ranoholocenske, suše klime (npr. Kutzbach i Guetter 1986; Feurdean i sur. 2013; 2014) i čestih prirodnih požara (koje pretpostavljamo na temelju povećane koncentracije mikroskopskog ugljena), koji su navodno pridonijeli širenju ranijih sukcesijskih faza šuma (vidi I. dio/1.7).

Sastav šume se prije oko 8900 godina znatno izmijenio; u manje od sto godina u okolici Mlake proširila se gusta, većinom bukova šuma (slike 158 i 159a). S obzirom na to da bukva za svoj rast zahtijeva razmjerno mnogo oborina (Ellenberg 1988), pretpostavljamo da je klima tada bila vlažnija. I na drugim nalazištima južnog ruba Alpa u tom su se razdoblju proširile jela i bukva (npr. Tinner i sur. 1999; Gobet i sur.



Slika 157: Mlaka se nalazi u Krajobraznom parku Lahnja, nepuna 3 km jugoistočno od Dragatuše, između Malog Nerajeca i izvora rijeke Lahinja. Prema prijedlogu: Andrić 2007, slika 1 i Mason i Andrić 2009, slika 3 i 4.

2000; Andrić i Willis 2003; Tinner i Lotter 2006). Iako je klimatski razlog za širenje bukve najvažniji, utjecaj drugih čimbenika ne smijemo u cijelosti isključiti. Bukva iznimno dobro uspijeva i u krškim uvjetima s razmjerno niskom količinom oborina (\geq oko 600 mm godišnje; Brus 2005, 139). U Europi sjeverno od Alpa, osim klime, na širenje bukve vjerojatno su utjecale i smetnje (npr. manja sječa i paljenje šuma) koje je u okolišu prouzročio čovjek (Bradshaw i Lindbladh 2005; Tinner i Lotter 2006; Bradley i sur. 2013). I na našem peludnom dijagramu možemo primijetiti manja, kratkotrajna odstupanja peludne krivulje bukve (slika 158). Neka opadanja udjela bukve podudaraju se s povećanom koncentracijom mikroskopskog ugljena, što možemo objasniti time da se povremeno otvaranje krajolika možda dogodilo upravo zbog utjecaja mezolitičkih stanovnika Bele krajine. Poznato je da su populacije lovaca sakupljača u Europi spaljivale krajolik kako bi povećali dostupnost biljne i životinjske



hrane te olakšali mobilnost (Mellars 1976; Clarke 1979; Zvelebil 1994; Simmons 1996), no o arheološkoj naseljenosti Bele krajine u mezolitiku poznato nam je vrlo malo (Mason i Andrič 2009), i zato su nam potrebna dodatna istraživanja.

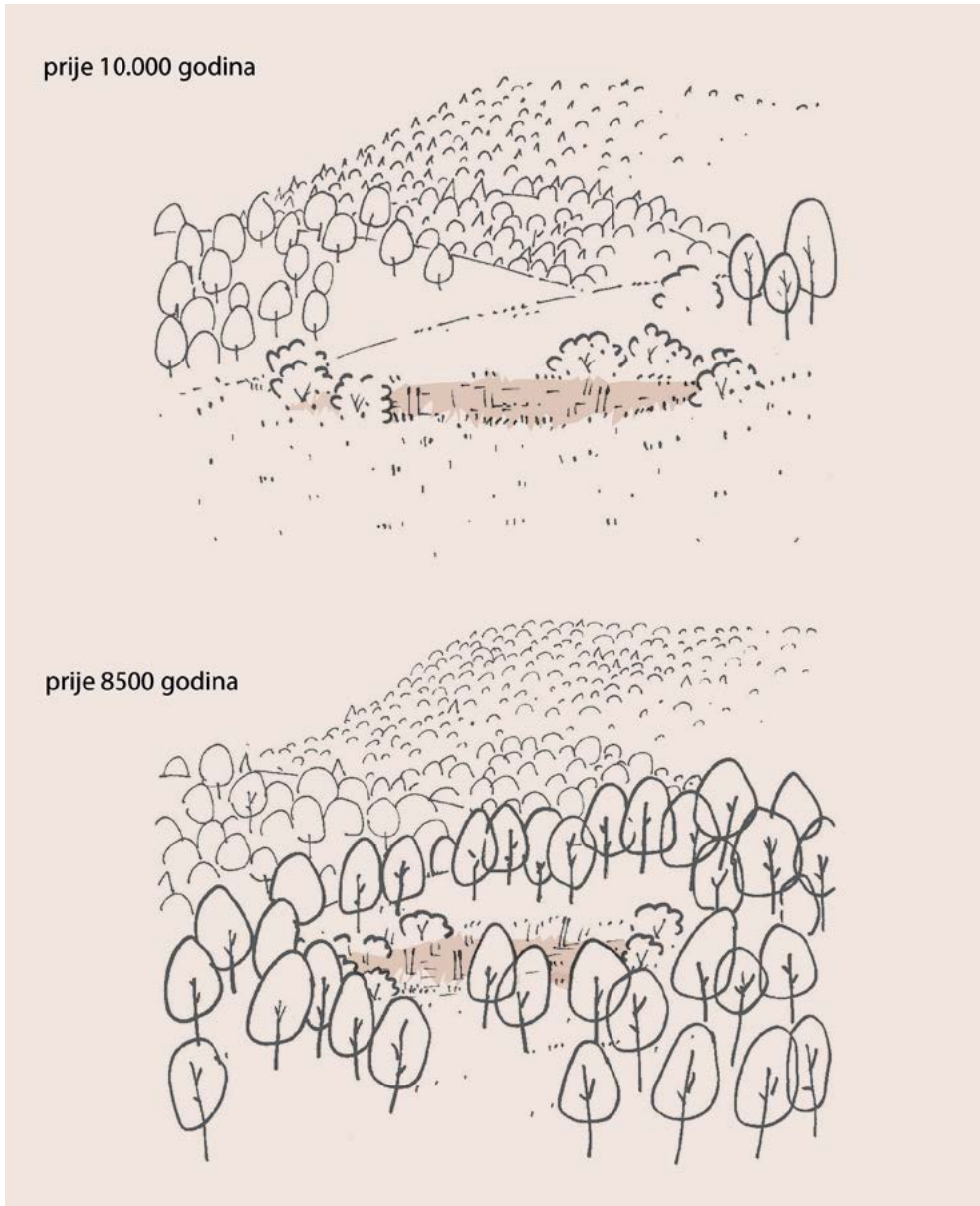
Prije oko 7800 godina količina bukve počela je padati, 500 godina kasnije postigla je vrlo niske, ranoholocenske vrijednosti, a krajolik je ponovno postao manje zarašćen šumom (slika 158). Trenutno još nije poznato jesu li za taj neobičan pad krive klimatske promjene ili čovjek. Klimatske promjene u holocenu nisu bile tako izrazite kao u vrijeme ledenih i međuledenih doba (Meese i sur. 1994, vidi II. dio/6.1), zato je tek malo vjerojatno da bi se opadanje bukve u Beloj krajini mogli pripisati hladnijoj klimi. Slovenija je zbog svog geografskog položaja osjetljiva na promjene režima oborina (Gams 1988), pa bi vjerojatniji razlog za opadanje udjela bukve stoga mogla biti suha i vruća ljeta, koja bi jugoistočnu Sloveniju pogodila snažnije od drugih regija. Je li moguće da je opadanje količine bukve prouzročio čovjek? Arheološka nalazišta pouzdano datirana u osmo tisućljeće prije sadašnjosti, u Beloj krajini (još) nisu otkrivena. Možda takvo otkriće možemo očekivati u budućnosti, stoga dopuštamo mogućnost da je na sastav tadašnje vegetacije utjecao i čovjek. Mezolitička (ranoneolitička) nalazišta na otvorenom su, naime, za razliku od nalazišta u špiljama i močvarama, manje zaštićena od procesa erozije i slabije očuvana, a zbog nestalne naseljenosti i odsutnosti keramike teško ih je otkriti. Svakako su u regiji, kako bismo bolje razumjeli uzroke gore opisanoj promjeni vegetacije, nužna paleoklimatska i daljnja arheološka istraživanja.

U sljedećim stoljećima šumu su prekrile najprije lijeska i hrast, kasnije i obični grab (*Carpinus betulus*). Šuma običnog graba, koja je prevladavala oko 600 godina (između 6700. i 6100. prije sadašnjosti), u okolici Mlake toliko se dugo zadržala vjerojatno zbog čovjekova utjecaja, sječe šume i ispaše u šumi, što je sprječavalo ponovno širenje bukve. U to vrijeme počela je rasti i količina peluda zeljastih biljaka i antropogenih indikatora, tj. biljaka karakterističnih za pašnjake i polja, npr. uskolisni trputac (*Plantago lanceolata*), zečina (*Centaurea*), pelin (*Artemisia*) i lobodovka (*Chenopodiaceae*). Čovjekov utjecaj na okoliš dodatno je ojačao prije oko 5800 godina, kada je grabova šuma bila spaljena, a pojavio se i pelud žitarica (*Cerealia*). Sve to možemo povezati s arheološkim nalazištima u okolici; neolitičko nalazište Gradinje nalazi se 1 km zapadno, a Ržišče i Pusti Gradec na zavoju rijeke Lahinje tek dva kilometara sjeverno od Mlake (slika 157; Dular 1985; Budja 1992; Mason i Andrič 2009). Stanovnici neolitičkih naselja trebali su drvo za proizvodnju keramike, ogrjev, kuhanje i gradnju nastambi, a njihovo pak gospodarstvo bilo je vrlo vjerojatno u većoj mjeri poljoprivredno-stočarsko.



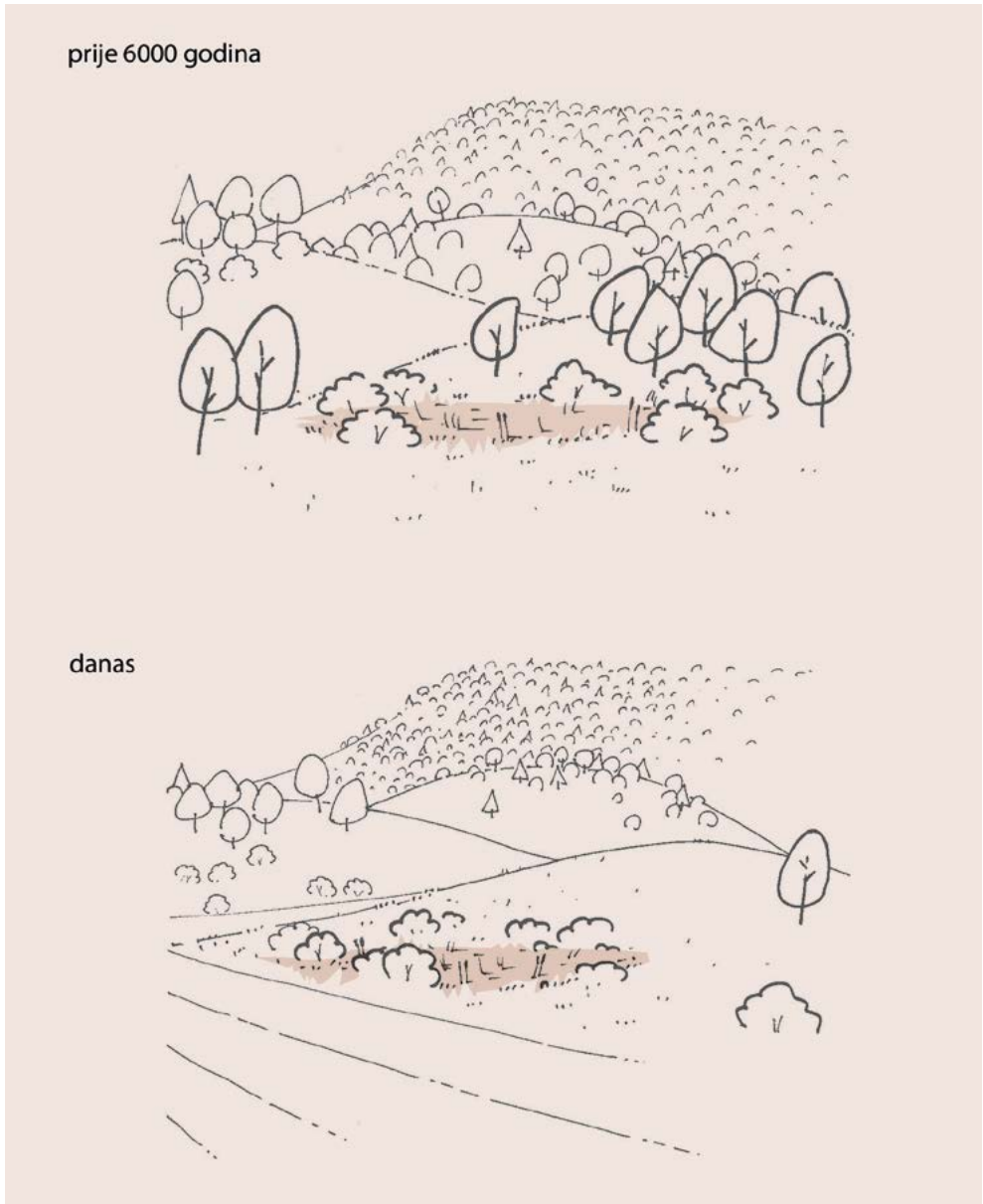
Slika 158: Mlake, palinološki dijagram; prema prijedlogu: Andrič 2007, slika 3.

U sljedećim stoljećima bukva se ponovno oporavila, no razdoblja manje-više intenzivna čovjekova utjecaja na okoliš nastavila su se. Prije oko 4500 godina pojavile su se promjene u sastavu šume. Porastao je udio jele, a bukva nije više postigla ranoholocensku raširenost. I tu promjenu vegetacije možemo povezati s povećanjem količina oborina i zahlađenjem koje se pojavilo oko 4400. – 4200. prije naše ere, na što



Slika 159a: Rekonstrukcija promjena holocenske vegetacije u okolici Mlake prije 10.000 i 8500 godina.

ukazuju neki europski paleookolišni arhivi (npr. Bond i sur. 1997; Seppä i Birks 2001; Mayewski i sur. 2004; Magny 2004). Istovremeno je na sastav šume utjecao i čovjek. Poljoprivredne aktivnosti ojačale su u drugoj polovici petog tisućljeća prije naše ere, što možemo povezati s brojnim bakrenodobnim, brončanodobnim i željeznodobnim arheološkim nalazištima u okolici (slika 157). Zbog nedostatka (sustavnih) arheoloških,



Slika 159b: Rekonstrukcija promjena holocenske vegetacije u okolici Mlake prije 6000 godina i danas.

arheobotaničkih i arheozooloških istraživanja u regiji, nekadašnje gospodarstvo poznato nam je vrlo malo, no možemo pretpostaviti da su stanovnici tih naselja za potrebe metalurške djelatnosti upotrebljavali drvo/ugljen bukve, što je sprječavalo njeno širenje.

U posljednjih 2000 godina čovjekov je utjecaj na okoliš postepeno rastao, i u srednjem vijeku, prije oko 900 godina došlo je do intenzivne sječe šuma. Oko Mlake nastao je vrlo otvoren krajolik sličan današnjem, s manje šuma te brojnim travnjacima i njivama (slike 156, 158, 159b).

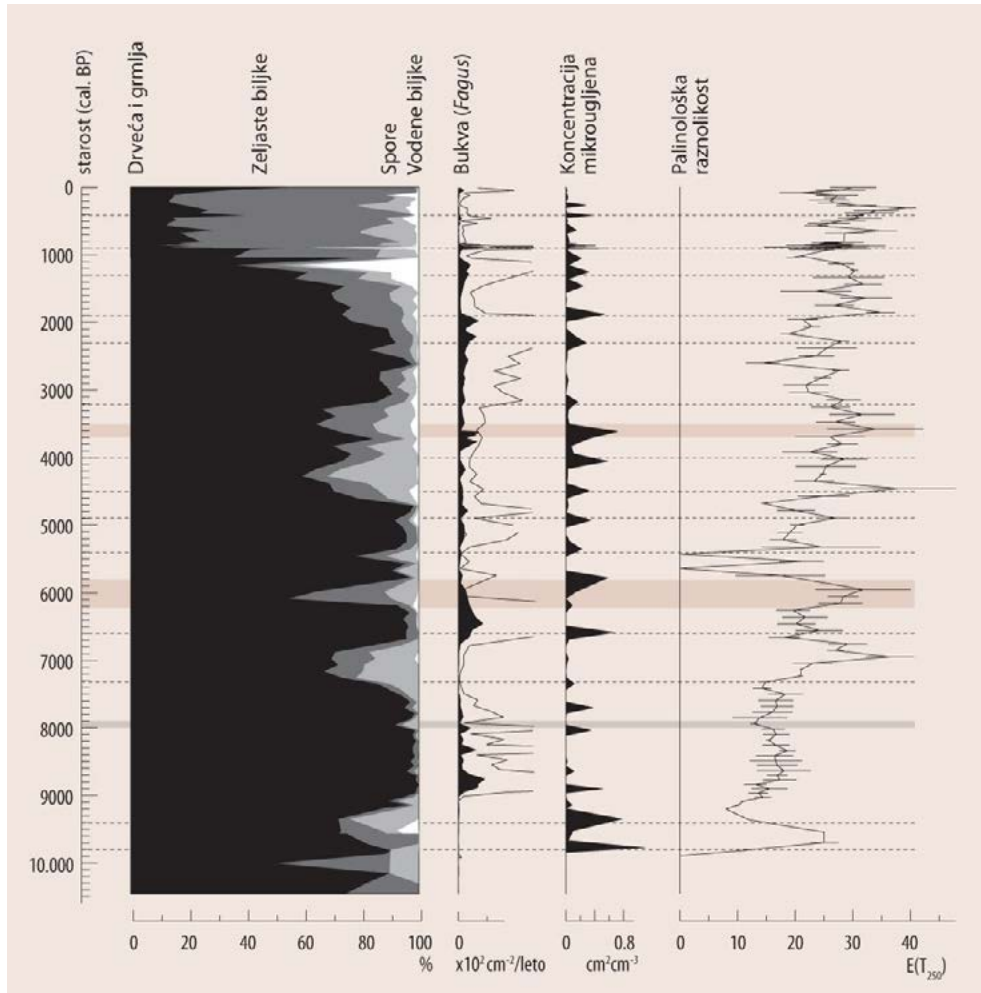
Palinološka istraživanja pokazala su da je čovjek u posljednjih 6000 godina vegetaciju Bele krajine snažno preoblikovao. Intenzitet njegova utjecaja u okolici Mlake mijenjala se (slika 160): između razdoblja intenzivne sječe i/ili paljenja šuma količina se peluda drveća (osobito bukve) smanjila, a porasla koncentracija mikroskopskog ugljena, antropogenih indikatora i palinološka raznovrstnost, koja ukazuje na bioraznolikost u krajoliku. Pojavile su se kulturne biljke (npr. žitarice), korov i biljke karakteristične za pašnjake. Uslijedilo je razdoblje nešto manje intenzivnog čovjekova utjecaja s brzim zarašćivanjem šuma i padom bioraznolikosti. Ekološka istraživanja današnje vegetacije također ukazuju na povećanje bioraznolikosti na početku smetnje (npr. sječe šume), koja će se u kasnijoj fazi sukcesije (npr. tijekom zarastanja **bujadnica**) brzo smanjiti (Šilc i Andrič 2011). Ekološka istraživanja potvrđuju da su promjene u **sukcesiji** iznimno brze. Obnova grabove šume npr. traje samo 40 – 50 godina (Čarni i sur. 2007), što odgovara ocjeni da su i promjene u prošlosti bile razmjerno brze (Andrič 2007; Šilc i Andrič 2011).

Istraživanje je neočekivano pokazalo da su šume bukve (i jele) u Beloj krajini u prošlosti bile mnogo raširenije nego što su danas, kada osim bujadnica, kojih je sve manje, prevladavaju hrast i grab (Wraber 1956; Miklavžič 1965; Marinček i Čarni 2002; Čarni i sur. 2003). Šume hrasta i graba trebale bi predstavljati „potencijalnu prirodnu vegetaciju” Bele krajine; to je vegetacija koja bi u krajoliku rasla bez čovjekova utjecaja na okoliš (Zupančič i Wraber 1989). Rezultati palinološkog istraživanja stoga otvaraju provokativna pitanja. Predstavljaju li šume graba i hrasta doista „potencijalnu prirodnu vegetaciju” u većem dijelu Bele krajine? Kako nakon tisućljeća snažnog čovjekova utjecaja na vegetaciju još uopće možemo znati što je „potencijalno prirodna vegetacija” nekog krajolika? Što će se dogoditi u budućnosti? Mogu li se vratiti šume bukve ili čak miješane šume bukve i jele?

Bela krajina vrlo je star kulturni krajolik, s dugom poviješću čovjekova utjecaja na vegetaciju. Zato je vrlo teško reći koje bi ondje biljke rasle danas da u proteklim tisućljećima nije bilo čovjekova utjecaja. Koliko bismo se daleko u prošlost morali vratiti da bismo pronašli „prirodnu” vegetaciju i jesu li klimatske promjene tada bile slične današnjima? Unatoč svemu, na temelju palinoloških i ekoloških istraživanja u regiji, pretpostavljamo da će se uz odsutnost čovjekova utjecaja u Beloj krajini proširiti šume običnog graba. Mogu li se vratiti i bukve? Moguće je da će se zbog spomenutog

razloga i to dogoditi razmjerno brzo, ako napredovanje bukve ne zaustave mjere za zaštitu bioraznovrsnosti belokrajinskih bujadnica i globalno zagrijavanje atmosfere sa sve vrućim i sušim ljetima.

(Paleo)ekološka istraživanja otvaraju brojna pitanja vezana za zaštitu prirode. U mozaičnom krajoliku, koji nastaje uslijed umjerena čovjekova utjecaja na okoliš, bioraznolikost prirodne vegetacije veća je nego kod vegetacije koju je ljudsko djelovanje degradiralo (Grime 1973; Šilc i Andrič 2011). Stoga su za očuvanje bioraznolikosti i



Slika 160: Mlaka, krivulja palinološke raznolikosti pokazuje očekivani broj taksona u uzorku, ako bismo u svakom uzorku prebrojali 250 peludnih zrnaca ($E(T_{250})$). Sivo obojeni pojasevi označavaju razdoblja najsnažnijeg utjecaja čovjeka na okoliš prije postanka današnjeg kulturnog krajolika, tanka crna crta kod krivulje za bukvu označava pak povećanje vrijednosti crne pune krivulje za 10 puta. Prema prijedlogu: Andrič 2007, slika 6.

mozaičnosti krajolika (bujadnice, travnjaci, obrađena tla, grmlja) u Beloj krajini nužne smetnje povezane s tradicionalnim gospodarenjem.

Močvare i jezera odlični su okolišni „arhivi”, u kojima se skriva mnogo informacija o dugoročnim promjenama okoliša i društva. Ti arhivi ujedno su i ugrožena prirodna i kulturna baština Slovenije. Za razliku od arheoloških nalazišta i područja uključenih u sustav „Natura 2000”, paleoekološka nalazišta nisu zakonski zaštićena. Već toliko rijetka nalazišta primjerena za peludnu analizu ugrožava toplija klima, a osobito čovjekov utjecaja na okoliš; isušivanje i iskopavanje močvara u samo jednom danu može nepopravljivo uništiti peludni zapis koji je preživio više desetaka tisuća ili stotinu tisuća godina.

4.2 Rana poljoprivreda tijekom postojanja alpskih sojeničkih naselja

Nakon završetka posljednjeg ledenog doba (tj. prije otprilike 11.700 godina), zbog postupnog zatopljenja na Zemlji, dogodile su se velike promjene (npr. Hillman 1996). Blaža klima omogućila je razvoj i širenje novih te ponovno naseljavanje nekih starih životinjskih i biljnih vrsta, koje su se bile povukle pred hladnim ledenodobnom klimom, odnosno koje su se zadržale na područjima s toplijom klimom (također u **mikrorefugijima**). Čovjek, do tada lovac i sakupljač, kao član manjih putujućih skupina koje su pratile plijen, počinje graditi stalna naselja te se baviti poljoprivredom i stočarstvom. Kada je čovjek počeo uzgajati biljke i udomaćivati životinje, nije još u potpunosti razjašnjeno. Pretpostavlja se da se radi o procesu koji je trajao nekoliko tisuća godina i tekao spontano u različitim dijelovima svijeta. Uzrok je teško provjeriti. Jedna od zanimljivijih pretpostavki govori da su povoljni klimatski uvjeti na kraju pleistocena omogućili rast broja stanovništva, zbog čega je čovjek bio prisiljen osigurati veće količine hrane, što je riješio uvođenjem novih načina pridobivanja hrane (tj. poljoprivredom i stočarstvom; npr. Dennell 1983; Zvelebil 1986; Zvelebil i Zvelebil 1988; Hillman 1996). Brojna arheobotanička i arheozoološka istraživanja diljem svijeta dovela su do spoznaje o počecima udomaćivanja biljnih i životinjskih vrsta (više o tome u II. dijelu/3). Danas znamo da su ljudi prije otprilike 10.000 godina većinom živjeli od sakupljanja i lova. Negdje na prelasku kasnog **glacijala u holocen** (II. dio/Uvod) u nekim se dijelovima svijeta, najprije na umjereno toplom Bliskom istoku, pojavio uzgoj i udomaćivanje za prehranu važnih biljnih i životinjskih vrsta (npr. Diamond 2002), čime je počelo novo razdoblje zvano neolitik ili mlađe kameno doba. Sve češća prisutnost kulturnih biljaka i udomaćenih životinja javlja se od oko 8500. pr. Kr. (Cappers i Bottema 2002). Novija istraživanja molekularne biologije (npr. Schlumbaum i Jacomet 1998; Salamini i sur. 2002; Manen i sur. 2003; Schlumbaum i sur. 2008; vidi također II. dio/3.2) donose pak novija saznanja o prvim **domestikacijama**.

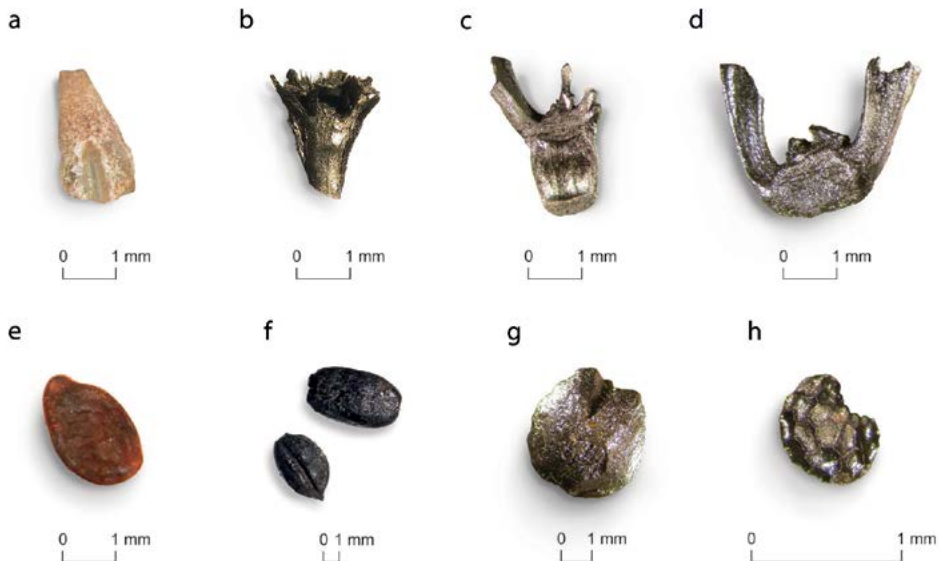
U nastavku ćemo na primjerima prapovijesnih alpskih sojeničkih naselja (i slovenskih) prikazati jednu od ranijih pojava poljoprivrednih aktivnosti na europskom

prostoru i način života te vrstu okoliša u kojem su stanovnici sojeničkih naselja obitavali. Zbog vodom natopljenog, ilovastog i stoga anoksičnog tla Ljubljanskog barja (isušeno jezero) te drugih alpskih još postojećih jezera biljni su ostaci u tlu i nakon tisuća godina iznimno dobro očuvani (vidi I. dio/2.3), predstavljajući neprocjenjiv izvor informacija o nekadašnjoj **flori**, biljnoj prehrani i poljoprivrednim aktivnostima.

Arheobotaničko istraživanje s površine prikupljenih uzoraka po stratigrafsko određenim slojevima (arbitrarnim slojevima) na eneolitičkom nalazištu Stare gmajne (iskopavanja 2007.), na jugozapadnom dijelu Ljubljanskog barja, pokazalo je 2010. godine prve reprezentativne i s europskim rezultatima usporedive arheobotaničke rezultate sa slovenskih arheoloških nalazišta (Tolar i sur. 2010; 2011; 2012). Bila su otkrivena 93 različita biljna taksona, od kojih je 6 bilo kultivirano (slika 161).

Prosječna koncentracija identificiranih sjemenki/plodova u 1 litri sedimenta iz kulturnog sloja iznosila je 7560 ostataka, što ukazuje na iznimno dobru očuvanost biljnih makroostataka (npr. Jacomet i sur. 1989; Maier 2001; 2004; Hosch i Jacomet 2001; 2004; Jacomet i Brombacher 2005; Jacomet 2006a; 2009; Herbig 2009a; 2009b). Među kulturnim smo biljkama (slika 161), osim graška (*Pisum sativum*) i žitarica (*Cerealia*) poput ječma ozimca s nesraslim ljuskicama pljeve (*Hordeum vulgare nudum*), dvozrne pšenice (*Triticum dicocum*) i jednozrne pšenice (*Triticum monococum*), otkrili i dvije vrste uljarica: mak (*Papaver somniferum*) i lan (*Linum usitatissimum*).

Stanovnici sojeničkih naselja iskorištavali su također i prirodna dobra. O važnosti ekonomije sakupljanja govore brojni ostaci sjemenki/plodova različitih voćnih drvenasto-grmolikih vrsta i zeljastih biljaka, npr. divlje vinove loze (*Vitis vinifera*



Slika 161: Arheobotanički ostaci šest vrsta kulturnih biljaka sa sojeničkog naselja Stare gmajne: a) i e) lana, b) i f) ječma, c) jednozrne pšenice, d) dvozrne pšenice, g) graška i h) maka.

spp. sylvestris), divlje jabuke/kruške (*Malus sylvestris* / *Pyrus pyraeaster*), trnina (*Prunus spinosa*), gloga (*Crataegus sp.*), šipka (*Rosa sp.*), šumske jagode (*Fragaria vesca*), kupine/maline (*Rubus sp.*), šumske mjehurice (*Physalis alkekengi*), crne pomoćnice (*Solanum nigrum*), bijele imele (*Viscum album*), sviba i crvenog drijena (*Cornus sanguinea* i *C. mas*). Sakupljali su i orašaste plodove, npr. lijeske (*Corylus avellana*), bukve (*Fagus sylvatica*), hrasta (*Quercus sp.*) i orašca (*Trapa natans*) (slika 162).

Među biljnim makroostacima koji su se uhvatili na sitima većim udjelom bili su prisutni i neki ostaci drugih (navodno nejestivih) biljaka, npr. stabljike i listovi mahovine vrste *Neckera crispa* te papratnjača (orlovska bujad [*Pteridium aquilinum*], muška paprat [*Dryopteris sp.*]), iglice obične jele (*Abies alba*) te pupovi, grančice i ulomci grana (npr. obične jele i lijeske) koji su se mogli koristiti kao izolacijski, vezivni materijal – npr. grane i mahovina kao vezivo glinenih zidova kuća ili za popunjavanje praznina – ili za silažu (možda i krmu) (vidi primjere u II. dijelu/7).

Među korištenim drvom za stupove, na kojima su stajale drvene nastambe, na slovenskim sojeničkim naseljima ponovno su najčešće identificirani hrast (*Quercus sp.*) i jasen (*Fraxinus sp.*), što ukazuje na tadašnje iznimno dobro poznavanje raspoloživih vrsta drveća i njihov primjeren odabir, jer je poznato da su i hrastovo i jasenovo drvo zbog svoje otpornosti, hrast k tome i zbog trajne srži, vrlo primjereni za konstrukcijske i građevinske namjene (npr. Čufar 2001; Čufar i sur. 2010).

S obzirom na to da žitarice na neplodnim poplavnim/močvarnim tlima slabo uspijevaju, stanovnici sojeničkih naselja najvjerojatnije su svoja žitna polja imali na nešto udaljenijim, sušim, plodnijim obroncima rubnog dinarskog gorskog svijeta, s boljim odvodnjavanjem, a još je vjerojatnije i da su ih imali na brojnim obroncima usred creta, koji su poput otoka „stršili” iz jezera ili kasnije močvare. Povećane količine mikrougljena i peluda biljnih vrsta, koje ukazuju na otvoreniji, nepošumljen krajolik, u sedimentu iz razdoblja kada je Ljubljansko barje naseljavao čovjek (Andrič i sur. 2008; Andrič [u pripremi]; vidi također II. dio/5.1), možda su posljedica spaljivanja za potrebe pridobivanja obradivih površina i pašnjaka – dakle krčenja šumskih površina (slično su zaključili i npr. Jacomet i sur. 1989; [ur.] 2004).

Popis makroostataka sakupljenih šumskih biljaka i biljaka koje rastu uz šumu odražava vegetacijsku sliku sličnu današnjoj; spomena je vrijedna samo divlja vinova loza (*Vitis vinifera ssp. sylvestris*; slika 162d). Prirodno područje rasta divlje vinove loze jesu prvenstveno vlažne (uz rijeke) listopadne šume te nasipi i gajevi (Pejkić 1980; Brus 2005; Piltaver 2007). Ova vrsta zahtijeva svježa do vlažna, u kraćem razdoblju i suha, hranjiva, pjeskovito-ilovasta do glinovita tla i razmjerno mnogo topline. Radi se o biljci koja zahtijeva svjetlost i u većoj je mjeri otporna na zimu; oštetiti je može samo kasni mraz. Divlja vinova loza u Sloveniji je autohtona, no danas je u predalpskom svijetu možemo pronaći tek rijetko (Lemut 1997; Brus 2005; Piltaver 2007).

Iz slovenskih šuma već je gotovo potpuno nestala, najvjerojatnije zbog „degeneracije”, odnosno višetisućljetnog oplemenjivanja te vrste i, posljedično, gubitka prvobitne divlje populacije u prirodi.

Današnje področje rasprostranjenosti udomaćene podvrste vinove loze (*Vitis vinifera* ssp. *vinifera*) u Sloveniji je snažno povezano s področjima uzgoja te vrste. Na temelju brojnih sjemenki divlje vinove loze, otkrivenih na sojениčkim naseljima u Ljubljanskom barju (Jeraj 2004; Tolar Korenčič i sur. 2008.; vidi također II. dio/3.2), i pojedinih peludnih zrnaca (Andrič [u pripremi]), koje ta vrsta inače proizvodi u vrlo malim količinama (npr. Arobba i sur. 2014, 232), za Ljubljansko barje i njegovu bližu okolicu



Slika 162: Najčešći makroostaci koji dokazuju važnost ekonomije temeljene na sakupljanju: a) šumska jagoda, b) kupina/malina, c) šumska mješurica, d) divlja vinova loza, e) divlja jabuka/kruška, f) trnina, g) drijen, h) lješnjak, i) žir, j) orašac.

prije otprilike 5500 – 4500 godina možda možemo pretpostaviti drugačije okolišne (klimatske) uvjete, no ti ostaci svakako dokazuju da se divlja vinova loza u tadašnjim slovenskim šumama javljala češće nego u današnjim. Možda se radi i o tome da su stanovnici sojeničkih naselja plodove vinove loze donijeli od drugdje jer je poznato da su ondašnji stanovnici Ljubljanskog barja često odlazili po sirovine u udaljene krajeve (npr. Pavšič i Dirjec 2004; Bernardini i sur. 2009; Turk 2009).

Apsolutna datacija (vidi I. dio/2.1 i I. dio/2.6.1) sojeničkih naselja u Ljubljanskom barju (Čufar i sur. 2010) omogućila nam je usporedbu arheobotaničkih rezultata s rezultatima istraživanja iz drugih istodobnih sjevernoalpskih nalazišta (Tolar i sur. 2011). Otkrili smo mnogo sličnosti, a i nekoliko razlika. Među kulturnim biljkama u sojeničkim naseljima u Njemačkoj i Švicarskoj često su bili otkriveni ostaci ozime pšenice (*Triticum durum/turgidum*), tj. pšenice s nesraslim ljuskama pljeve, a u Sloveniji pak samo ostaci jednorzne i dvovrne pšenice (obje sa sraslim ljuskama pljeve). Rezultati naših istraživanja tako su potvrdili nedavno postavljenu pretpostavku o počecima kultivacije ozime pšenice sjeverno od Alpa, ne i jugoistočno, putovima većine kultivara (Maier 1996; Hosch i Jacomet 2001; Jacomet 2007a; 2009; Herbig 2009a). Prepoznali smo i neke razlike u upotrebi (time najvjerojatnije i prisutnost, odnosno dostupnost određenih vrsta u prirodi) nekih sakupljenih voćnih i orašastih plodova. Jugozapadni alpski stanovnici sojeničkih naselja (Slovenija, Italija) u prehranu su češće uključivali plodove vodenog orašca, crvenog drijena i vinove loze kao i njihovi sjevernoalpski suvremenici. Sve tri spomenute vrste uspijevaju na toplijim područjima, što bismo možda morali uzeti u obzir i kod klimatskih objašnjenja i usporedbi sa sjevernoalpskim nalazištima iz istog doba. Stanovnici slovenskih sojeničkih naselja namjerno su odabrali hrastovo i jasenovo drvo, dok su istovremeno npr. stanovnici sojeničkih naselja uz Bodensko jezero u Švicarskoj (nalazište Arbon-Bleiche 3) za takve potrebe radije odabrali drvo obične jele (*Abies alba*; Leuzinger [ur.] 2000), koje je također primjereno za konstrukcije, ali je od hrasta manje otporno (trajno), čvrsto i gusto. Nizak udio peluda obične jele na području tadašnjih sjevernoalpskih sojeničkih naselja ukazuje čak i na to da su očito birali upravo drvo obično jele tražeći ga na udaljenim lokacijama (Brombacher i Hadorn 2004). Ostaci drvenih stupova od jelovine sa sojeničkog naselja Arbon-Bleiche 3 imaju vrlo slične uzorke rasta (tj. slijed širine godova), stoga švicarski dendrokronolozi zaključuju da su istovremeno rastuća stabala bila donesena s istog područja. To već ukazuje na gospodarenje šumama tadašnjih stanovnika i čini se da je osobito poželjno bilo drvo obične jele. S obzirom na to da njena stabla koja rastu u sastojinama prvi puta urode plodom (dakle i procvjetaju) tek između pedesete i sedamdesete godine starosti (Mlakar 1990; Brus osobna komunikacija), moguće je da pelud obične jele na nalazištu Arbon-Bleiche 3 nije bilo moguće prepoznati u većim količinama jer su sastojinu obične jele posjekli prije no što je počela tvoriti pelud u većim, tj. istraživačima uočljivim količinama. Odabir rijetkih vrsta drva u prirodi također ne iznenađuje jer su tadašnji ljudi bili

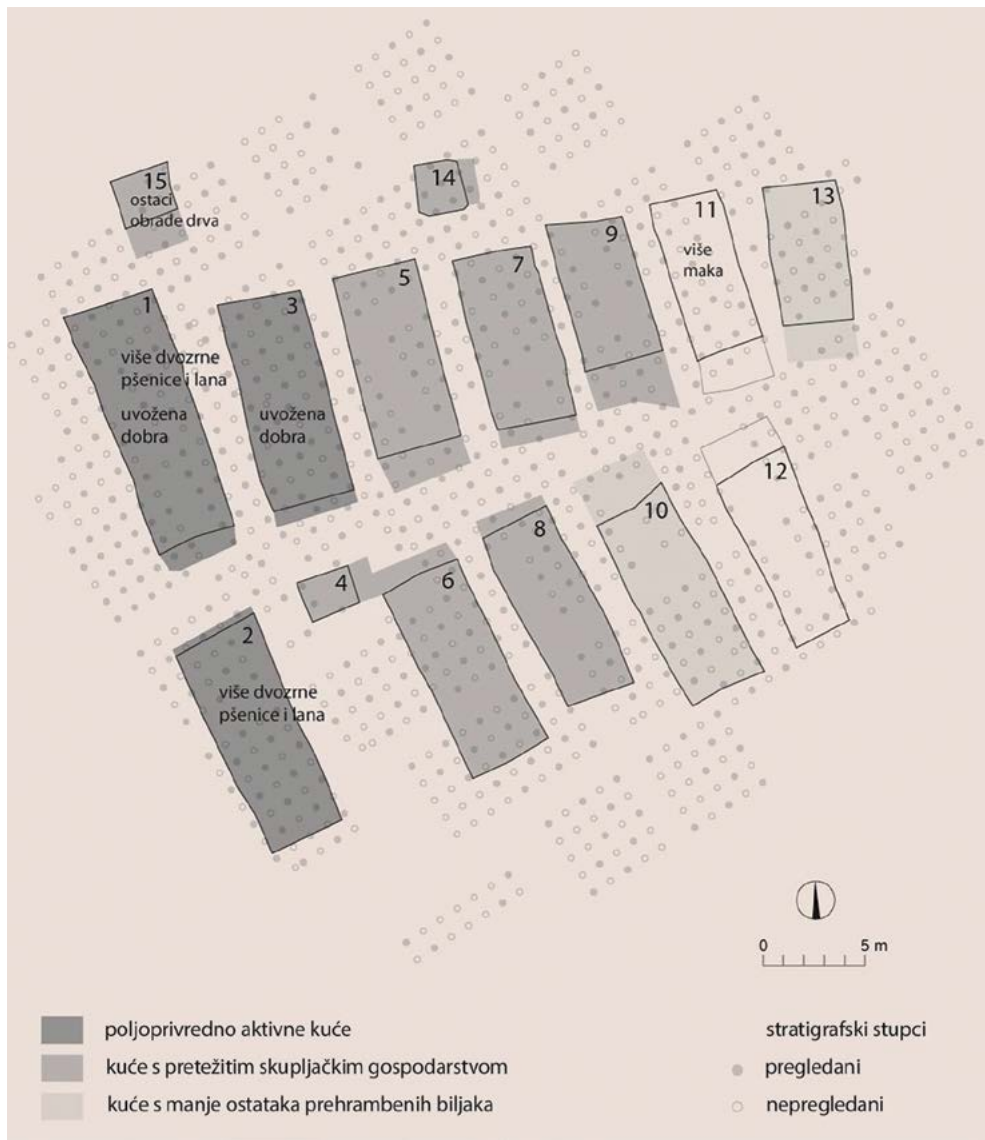
više usmjereni na upotrebljivost drva, a ne na to koliko ga je u prirodi i koliko je teško dostupno (osobna komunikacija, S. Jacomet). Naime, osim drva obične jele, korisne su i njezine grane i zimzelene iglice (vidi npr. II. dio/7.1), koje za razliku od smrekinih ne sadrže smolu i mekanije su, te stoga primjerenije za zimsku krmu.

Novija opsežnija, multidisciplinarna istraživanja i znanstvene kompilacije o više sojeničkih naselja, osobito u Njemačkoj i Švicarskoj, ukazuju na promjene i nejednakost u poljoprivrednim navikama u vremenu i prostoru (npr. Jacomet 2006a; Herbig 2009b). Uvijek se iznova otkrije da izvor pojedinih kulturnih biljaka možemo više puta smjestiti u različite dijelove svijeta, u različito vrijeme ili istovremeno, i da su domestikacijski utjecaji dolazili s različitih strana, s istoka i sa zapada, s juga i sjevera. Na alpskim sojeničkim naseljima (s bogatim arheobotaničkim ostacima) utvrđeno je da se važnost nekih vrsta kulturnih biljaka s vremenom mijenjala (čak i na istom nalazištu), jer su se komunikacija, mobilnost i dinamika prapovijesnih stanovnika uz jezera već nedvojbeno visoko razvile (npr. Jacomet 2006a; 2009; Herbig 2009b). U Sloveniji slične rezultate očekujemo i nakon budućih istraživanja u Ljubljanskom barju.

Opsežna arheobotanička i druga prirodoslovna (arheozoološka, dendrokronološka itd.) istraživanja brojnih uzoraka sedimenta prikupljenih s površine na nalazištu Arbon-Bleiche 3 (Hosch i Jacomet 2004), koji su, između ostalog, bili prikupljeni i iz unutrašnjosti šest kuća, omogućila su prepoznavanje razlika među kućama i njima povezanim specijaliziranim aktivnostima. Barem po osam uzoraka sedimenta iz svake od šest kuća bilo je multidisciplinarno istraženo. To je omogućilo rekonstrukciju organizacije naselja i iskorištavanja/upotrebe okoliša te materijala, odnosno sirovina iz prirode. Različite kuće sadržavale su djelomično drugačiji arheološki i bioarheološki (biljne i životinjske ostatke) inventar, na temelju kojeg je moguće zaključiti da je svaka kuća imala svoj način gospodarenja (Leuzinger [ur.] 2000; Jacomet i sur. [ur.] 2004; Hosch i Jacomet 2004). Više o istraživanjima u monografiji Jacomet i sur. (ur.) 2004.

Očigledne razlike među kućama prikazuju rezultati kvantitativno distribuiranih (tj. količinsko, brojčano raspoređenih) uzoraka sedimenta (vidi primjer uzorkovanja sa stratigrafskim stupcima sedimenta u II. dijelu/1.2) s nalazišta Bad Buchau-Torwiesen II u Njemačkoj. Rasprostranjenost pojedinog biljnog taksona po cjelom nalazištu, osim gospodarskog stanja naselja (tj. važnosti poljoprivrede u usporedbi s gospodarstvom, koje se temelji na sakupljanju; poznavanje, odnosno uzgoj različitih kulturnih biljaka; obavljanje specijaliziranih aktivnosti), otkrila i društvene (ekonomske i kulturne) razlike među pojedinim kućama unutar naselja (Maier i Harwath 2011). To je omogućila metoda dovoljno gustog uzorkovanja sedimenta sa stratigrafskim stupcima (vidi II. dio/1.2), koja je obuhvatila arheobotaničke ostatke i unutar i izvan kućnih prostora. Bilo je moguće odrediti lokacije specifičnih aktivnosti unutar naselja (npr. mjesta odlaganja ostataka čišćenja žitnih prinosa, ognjište za kuhanje/pečenje, mjesto za odlaganje otpada, skladišta očišćenog prinosa, krme, silaže i dr.) te saznati nešto više o organizaciji naselja i kvalitete života (slike 163 i 164, s točnijim opisom u uokvirenu tekstu na str. 260).

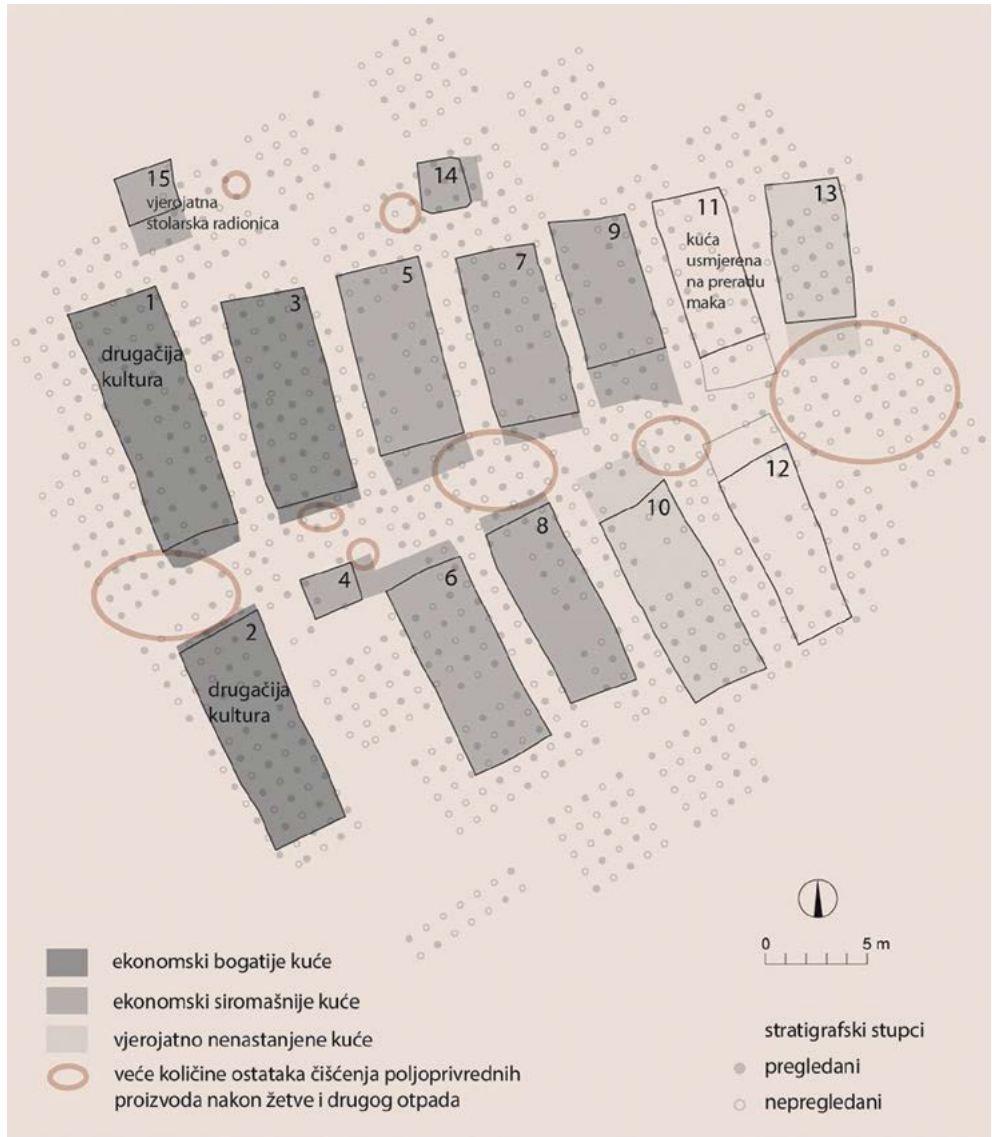
Rezultati obiju arheobotaničkih analiza dovoljno gusto prikupljenih uzoraka sedimenta iz kulturnog sloja (i s površine – primjer Arbon-Bleiche 3 – i stratigrafski prikupljenih – primjer Bad Buchau-Torwiesen II) otkrivaju sličnosti i razlike između kuća istog naselja. Zajednički zaključak obaju istraživanja jest da je svaka kuća imala svoje gospodarstvo i svoje potrepštine (slično su zaključili i npr. Maier 2001; Hosch



Slika 163: Tloris naselja Bad Buchau-Torwiesen II s opisom glavnih aktivnosti, prepoznatih na temelju arheobotaničkih analiza uzoraka sedimenta iz stratigrafskih stupaca (vidi: slika 125); prema prijedlogu: Schlichtherele i sur. [ur.] 2011.

i Jacomet 2001; 2004; Marti-Grädel i sur. 2004). Ipak, postoji mogućnost postojanja raspodjele rada i zajedničke upotrebe ili razmjene dobara, kao što to pokazuje npr. rezultat iz kuće br. 11 (slika 164), koja je najvjerojatnije bila specijalizirana za uzgoj maka.

O nekadašnjem gospodarstvu ne govore samo ostaci kulturnih biljaka već i s njima usko povezani ostaci (pelud, sjemenke/plodovi) korovnih i **ruderálnih** biljaka.



Slika 164: Tloris naselja Bad Buchau-Torwiesen II s interpretacijom funkcije i statusa pojedinih kuća (vidi uokvireni tekst na str. 260); prema prijedlogu: Schlichtherele i sur. [ur.] 2011.

KOMENTAR UZ SLIKE 163 I 164

U kućama br. 1, 2 i 3 otkriven je čitav niz raznolikih plodova te ostataka raznolikog sakupljanog voća i orašastih plodova, što je vodilo k zaključku o „nespecijaliziranim” poljoprivrednim aktivnostima obiteljskih kuća. U kućama br. 5 – 9 raspon arheobotaničkih ostataka sakupljenih biljaka bio je znatno bogatiji od raspona ostataka kulturnih biljaka, stoga su ove interpretirane kao gospodarski slabije obiteljske kuće. U kući br. 11 otkriveno je daleko najviše ostataka maka (i iznimno malo ostataka drugih prehrambenih biljaka), zato je ovaj objekt prepoznat kao „specijaliziran” za uzgoj te kulture (možda čak i za opskrbu cjelokupnog naselja uljem). Osim društveno (ekonomski) slabijih kuća, s manje ostataka kulturnih biljaka (npr. kuće br. 4, 5 – 9, 14, 15) i onih s vrlo rijetkim nalazima ostataka prehrambenih biljaka (npr. kuće br. 10 i 13), otkrivene su još i kuće (npr. br. 1 i 3) s ostacima uvezenih dobara (Schlichtherle i sur. 2010). Ove su kuće interpretirane društveno bogatijima. U malenoj kući br. 15 očuvalo se vrlo malo ostataka kulturnih (prehrambenih) biljaka, a u njejoj blizini pronađeni su ostaci obrade drva i luka od tisovine (*Taxus baccata*) (Schlichtherle i sur. 2010). Zato je ova protumačena kao „specijalizirana” kuća – radionica za izradu lukova.

Osim ekonomskih, između stanovnika Torwiesena otkrivene su i kulturne razlike. U većini kuća među arheobotaničkim ostacima kulturnih biljaka prevladavali su ostaci ječma i pšenice s nesraslim listićima pljeve (*Triticum durum/turgidum/aestivum*). U blizini i u unutrašnjosti dviju kuća (br. 1 i 2) otkriveni su pak ostaci dvovrne pšenice, za koju se pretpostavlja da su je češće uzgajali tek kasnije, u tzv. horgenskoj kulturi (Jacomet 1990; Brombacher i Jacomet 1997). Sličnu sliku, drugačijih kulturnih navika u kućama br. 1 i 2 dokazuju i ostali arheološki nalazi (Schlichtherle i sur. 2010), što potvrđuje da je u istraženom naselju moguće prepoznati dolazak novih kulturnih utjecaja, uključujući promjene u poljoprivredi, koja se osim na dvovrnoj pšenici temelji i na intenzivnom uzgoju lana (Maier i Harwath 2011).

Metoda gustog uzorkovanja sa stratigrafskim stupcima po cijelom nalazištu otkrila je mjesta odvijanja pojedinih aktivnosti. Tako su npr. ostaci čišćenja žitarica i lana bili prisutni samo na pojedinim mjestima uzduž glavne ceste. Proizvodnja maka, kao što je već spomenuto, nije bila prisutna u svim kućama. Otpad se također nije odlagao posvuda, već samo na posebnim mjestima između kuća i na istočnom rubu kraja ceste.

Potonji se također najbolje očuvaju u vlažnim arheološkim sedimentima. Njihov značaj i interpretacijsku moć prikazat ćemo u nastavku na nekoliko primjera istovrsnih istraživanja.

Raspon otkrivenih taksona korova može otkriti vrijeme i način sjetve i žetve, način gnojenja i obrade zemlje (također plijevljenja) te veličine poljoprivrednih zemljišta i okolišne uvjete na njima: npr. vrstu tla, vodostaj, klimu (npr. Bogaard 2004; Bogaard i sur. 2005; Kreuz i sur. 2005; Kreuz 2007; Jacomet 2007b; Kreuz i Schäfer 2011; Maier i Harwath 2011). Jacomet (2007b) također zaključuje da prisutnost pojedinih vrsta korova na nalazištu (u uskladištenom prinosu) može otkriti način žetve (također Kreuz i sur. 2005; Maier i Harwath 2011; Kreuz i Schäfer 2011). Kod žetve srpom, na primjer, zrelo žitno klasje uklonjeno je zajedno s korovnim biljkama. Kada se žnjelo nisko uz biljku (tj. pri tlu), u uzorku se očuvalo više sjemenki niskorastućeg korova (npr. bijele djeteline [*Trifolium sp.*] – takav način u Europi je poznat tek u kasnom brončanom i željeznom dobu. U ranom neolitiku više se primjenjivala „visoka žetva” (tj. uz klas), posljedica koje je veća prisutnost sjemenki/plodova više rastućeg korova (npr. obične koprive [*Urtica dioica*]). Iz omjera ostataka trajnih (npr. puzavi žabnjak [*Ranunculus repens*], obična kopriva, kiselica [*Rumex sp.*]) i jednogodišnjih korovnih biljaka moguće je otkriti način i vrijeme obrade polja (npr. Bogaard 2002; Maier i Harwath 2011; Kreuz i Schäfer 2011). Veći udio jednogodišnjeg korova (kao npr. povijajuća heljda [*Fallopia convolvulus*], bijela loboda [*Chenopodium sp.*], usjevna broćika [*Galium spurium*], koštan [*Echinochloa crus-galli*]) govori o prilično intezivnoj poljoprivredi (npr. Kohler-Schneider i Caneppele 2009, 70) tijekom cijele godine. To znači da su polja obrađivana tijekom cijele godine i s njih uklanjan (iskorjenjivan) korov. Sličnu sliku prikazuju i Stare gmajne (Tolar i sur. 2011, 214). Moguće je razlikovati korov **ozimine** (npr. poljski kukolj [*Agrostemma githago*], ražasti ovsik [*Bromus secalinus*], ognjičina [*Lapsana communis*], ljetni matovilac [*Valerianella dentata*], obični matovilac [*V. locusta*]) i korov **jarih usjeva** (npr. oputina [*Polygonum aviculare*], djetelina, loboda, poljska vrzina [*Brassica sp.*], koštan, poljski čistac [*Stachys arvensis*]), čime možemo dokazati prisutnost **ozimine** odnosno **jarine** (više o tome također Kreuz i sur. 2005; Bogaard i sur. 2005; Jacomet 2007b; Kreuz i Schäfer 2011). Prisutnost sjemenki/plodova jarih usjeva ukazuje naime na žetvu u kasno ljeto, jer te vrste sjeme ne stvaraju na početku ljeta, kada se žanju ozimi usjevi. I obratno, prisutnost ostataka korova ozimih usjeva ukazuje na žetvu u rano ljeto.

Ostaci (tj. sjemenke/plodovi) tih gospodarski nevažnih biljaka u arheobotanici su od iznimne važnosti. U arheološkim sedimentima prisutni su rjeđe jer su ih ljudi namjerno ostavljali drugdje (npr. na obradivim površinama ili na mjestima čišćenja/skladištenja prinosa) ne donoseći ih u naselje. Zato je za takve interpretacije potrebno pregledati više i veće količine uzoraka sedimenta. Količina i raznovrsnost taksona korova (npr. prevladava takson s manjim ili većim sjemenkama/plodovima) može nam pružiti informacije o čistoći i načinu skladištenja prinosa (vidi I. dio/2.2, slika 34). Ako

je npr. u uzorku uz mnoštvo ostataka žitnih ljusaka pljeve i zrna prisutno i više ostataka korova s većim sjemenkama/plodovima, možemo zaključiti da se radilo o »napola čistom« skladištenju. I obratno, ako u uzorku nađemo na mnoštvo taksona korova s manjim sjemenkama/plodovima i ostacima stabljika žitarica (tj. slame), prema našim zaključcima, moglo bi se raditi o skladištenju žita u snopu ili u djelomično mlaćenim klasovima (Jacomet 2007b).

4.3 Ranoneolitičko specijalizirano ovčarstvo na istočnom Jadranu

Ovce i koze među prvima su domesticiranim životinjama čiji uzgoj podrazumijeva iskorištavanje prvenstveno radi prehrane. Najstarije domaće forme zabilježene su na arheološkim nalazištima na prostoru istočne Anatolije, odakle su s neolitičkim stočarima prešle na europski kontinent i dalje se proširile kroz dva glavna pravca. Jedan put išao je uz morsku obalu prema zapadnom Sredozemlju, a pratio je širenje impreso neolitičke faze, često plovidbom (npr. Kaiser i Forenbaher 2016; Forenbaher 2019). Drugi smjer išao je uzvodno Dunavom prema središnjoj Europi, u prvom dijelu povezan sa širenjem Starčevo-Körös-Criș faze, a dalje prema zapadu s nositeljima kulture linearnotrakaste keramike (npr. Schier 2015, 100–101). Na prostor današnje Hrvatske mali domaći preživaci došli su iz obaju smjerova, zajedno s ostalim elementima tzv. neolitičkog paketa (lončarija, tehnologija izrade glačanog kamenog oruđa, uzgoj domaćih biljaka i životinja, sjedilački način života; vidi npr. Price [ur.] 2000).

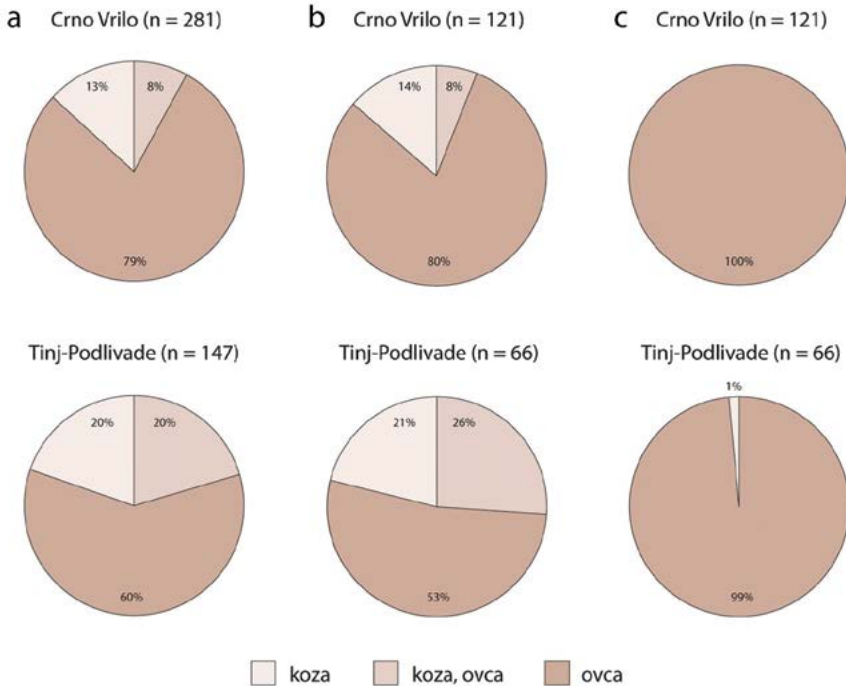
Sastav stada i načini gospodarenja razlikovali su se između tih dvaju smjerova širenja ranih stočara (Orton i sur. 2016; Gaastra i sur. 2020), ali su varijacije unutar svakog od njih slabo poznate. Jedna od osnovnih razlika u ranoneolitičkom stočarstvu između kontinentalnog dijela Hrvatske i istočnojadranske obale jest što u potpunosti prevladavaju stada malih preživaca, dok su domaće govedo i svinja malobrojni, a lov zanemariv (Mlekuž 2003; 2005; Miracle i Pugsley 2006; Legge i Moore 2011; Radović 2009; 2011; McClure i Podrug 2016; Moore i sur. 2019, 56–76; Gaastra i Vander Linden 2018; Gaastra i sur. 2022; McClure i sur. 2022). Nema sumnje da su u prehrani ranoneolitičkih ljudi na ovom prostoru ovce (*Ovis aries*) i koze (*Capra hircus*) bile glavni izvor životinjskih proteina, odnosno mesa i mlijeka. Postavlja se pitanje, postoje li i koje su razlike u stočarstvu između pojedinih nalazišta na prostoru Dalmacije i istočnojadranske obale općenito? To se pokušalo rasvijetliti s pomoću nekoliko sinteznih arheozooloških studija (npr. Mlekuž 2005; Radović 2011; Gaastra i Vander Linden 2018; McClure i sur. 2022). Ovdje predstavljamo jednu takvu nedavnu studiju na materijalu s nalazišta Tinj-Podlivade i Crno vrilo u Dalmaciji (Sierra i sur. 2023).

Po naravi društvene životinje, u tradicionalnom stočarstvu ovce i koze često se drže zajedno, u mješovitim stadima. Prve pasu, dok druge brste i pokretljivije su, tako da mogu koegzistirati na istom prostoru bez pretjeranog nadmetanja za hranu. Osim u načinu prehrane, razlikuju se u toleranciji na okolišne uvjete, ali i u kvaliteti i količini vlastitih tjelesnih proizvoda (meso, mlijeko, dlaka/runo). Spomenute značajke uvelike

olakšavaju zajednički uzgoj, koji znatno umanjuje rizik od gubitka stada u nepovoljnim okolnostima, ali mogu utjecati i na različitost u njihovu iskorištavanju (Redding 1984, 234, 237; Clutton-Brock 1999, 57–58; Halstead 1996). Jedno je od ključnih pitanja jesu li i u kojoj mjeri neolitički stočari prilagođavali način gospodarenja stadima malih preživača u odnosu na spomenute razlike između ovaca i koza te u odnosu na različite uvjete u okolišu. Stoga, prvi korak bio je što preciznije prepoznati, odnosno razdvojiti kosturne ostatke ovaca od ostataka koza.

Materijal s obaju nalazišta arheozoološki je analiziran u ranijim studijama (Schwartz 1996, 186–187; Radović 2009; 2011). S obzirom na mnogobrojnost građe, za potrebe ove studije izdvojene su samo donje čeljusti sa zubima i izolirani donji zubi, a ukupno ih je analizirano 428 (281 iz Crnog vrila i 147 iz Tinj-Podlivada). Ponovno su provjerena sva izvorna taksonomska određenja, uz minimalne korekcije. Pritom su primijenjeni relevantni morfološki kriteriji, prema kojima je bilo moguće razlikovati spomenute dvije vrste (npr. Payne 1985; Halstead i sur. 2002; Helmer 2000; Zeder & Pilaar 2010; Gillis i sur. 2011). Tako je većina ostataka pripisana ovcama (79 % u Crnom vrilu i 60 % u Tinj-Podlivadama), manji dio kozama, dok dio nalaza nije bilo moguće pripisati nijednoj od navedenih dviju vrsta (slika 165). Kako bi se taksonomska određenja egzaktno potvrdila, dodatno su upotrijebljene **paleoproteomske** metode, konkretno ZooMS analiza. Ovom metodom moguće je s apsolutnom sigurnošću razlikovati ostatke ovaca i koza na temelju razlike u njihovim peptidnim markerima, odnosno prisutnosti određenih peptida (sastavni dijelovi bjelančevina) koji su specifični za jedan ili drugi takson (Buckley i sur. 2010). Od 428 ostataka odabrano je 193 za ZooMS analizu, od kojih je 187 dalo pozitivne rezultate (121 iz Crnog vrila i 66 iz Tinj-Podlivada), pri čemu se pazilo da svaki predstavlja zasebnu jedinku. Prema rezultatima ZooMS analize, za 186 od 187 uzoraka potvrđena je pripadnost ovci (99 %), a svega jedan iz Tinj-Podlivada kozi (slika 165c). Stoga se u daljnjim analizama krenulo od pretpostavke da je riječ isključivo o ovcama.

Dokazana prevlast ovaca, gotovo isključiva, na ranoneolitičkim nalazištima u Dalmaciji govori u prilog vrlo specijaliziranom gospodarenju, odnosno ovčarstvu. Ranije je spomenuto kako uzgoj stoke usmjeren na jednu vrstu smanjuje mogućnosti u proizvodnji, ali i sigurnost samog stada, pa se postavlja pitanje zašto su prvi stočari na istočnom Jadranu prakticirali takav način gospodarenja stadom. Prvo je razmotren ekološki razlog. Sredozemnu klimu karakteriziraju izrazito duga, vruća i suha ljeta te blage i vlažne zime, a zbog krške podloge terena na prostoru istočnog Jadrana ograničeni su prostori s pašnjacima i mogućnosti kretanja stoke. Dok takvo okruženje nije bilo idealno za uzgoj druge stoke, prvenstveno goveda, na temelju njega ne može se objasniti sklonost ovcama u odnosu na koze. Ranije su spomenute razlike u kvaliteti i kvantiteti mesa, mlijeka i dlake/runa između ovaca i koza (vidi npr. Redding 1984; Jandal 1996; Mazinani i Rude 2020), pa nije isključeno da je razlog bio ekonomski.



Slika 165: Taksonomsko određenje ostataka kaprina iz Crnog vrila i iz Tinj-Podlivade. (a) Određenje sveg analiziranog materijala ($n = 428$) prema morfološkim kriterijima. (b) Određenje poduzorka izdvojenog za paleoproteomske analize ($n = 187$) prema morfološkim kriterijima i (c) prema peptidnim markerima, odnosno ZooMS analizi ($n = 187$).

Potonju kategoriju proizvoda u konkretnom slučaju možemo zanemariti s obzirom na to da se smatra kako primitivne pasmine malih preživača u ranom neolitiku još nisu imale razvijeno runo (Ryder 1969, 496; 1973, 163; 1992, 8), a čvrste dokaze o proizvodnji i upotrebi vune u Europi imamo tek od brončanog doba (npr. Becker i sur. 2016; Sabatini i sur. 2019 i ondje navedena literatura). Međutim, na izbor najranijih stočara na prostoru Dalmacije zaista su mogle utjecati prve dvije kategorije proizvoda, ali je o njima gotovo nemoguće raspravljati uslijed manjka relevantnih podataka o njihovim ondašnjim nutritivnim vrijednostima i činjenice da su sastav i količina mlijeka, zbog više čimbenika, podložni kolebanjima (vidi npr. Ferro i sur. 2017 i ondje navedenu literaturu).

Pokušamo li problem sagledati holistički, ne smijemo isključiti mogućnost da je razlog odabira pojedinih vrsta, u ovom slučaju ovaca, bio uvjetovan njihovim simboličkim značenjem i društvenom vrijednosti, odnosno položajem unutar društva. Ove se teme dotaklo više autora (npr. Ingold 1980; Russell 2012 i ondje navedena

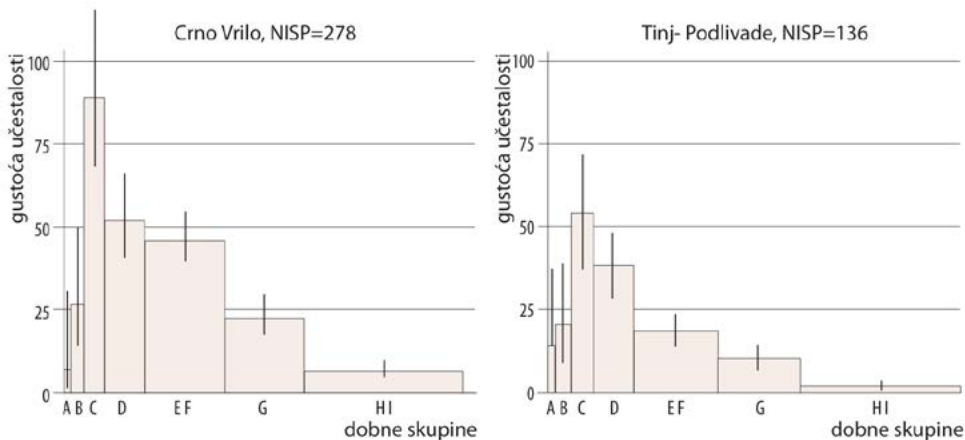
literatura) predloživši sustav u kojem specijalizirano stočarstvo postavlja životinje u naizgled ravnopravan odnos s čovjekom, odnosno gdje one nisu pasivni izvor animalnih proteina, već postaju nositelji složenih društvenih odnosa između ljudi i sebe kao aktivnih „proizvođača” (npr. Mlekuž 2005, 24; 2013; Marciniak i Pollard 2015 i ondje navedena literatura). To se uostalom očituje i u raširenosti zoomorfne keramičke plastike i posuđa u ovom razdoblju, vjerojatno ritualne namjene (vidi npr. Mlekuž 2007). Ovakva društvena vrijednost nadilazi ekonomsku i mogla je biti prisutna u prvim stočarskim zajednicama na Jadranu.

Na kraju, specijalizirano ovčarstvo u ranom neolitiku na istočnom Jadranu možda je rezultat praktičnosti. Jasni su dokazi da se tijekom širenja *impreso*-faze na ovom prostoru barem dio kretanja ljudi (a s njima i stoke) odvijao plovidbom, osobito na južnom Jadranu (Kaiser i Forenbaher 2016). Dok su obje vrste malih preživaca manjih dimenzija i mase od primjerice krava, te su kao takve lakše za transport plovilima, dodatna velika prednost ovaca nad kozama mogla je biti razlika u ponašanju. Općenito, koze su svojeglave i agresivnije u odnosu na ovce, koje su smirenije i povodljivije (Miranda-de-la Lama i Mattiello 2010), što je itekako moglo utjecati na odabir potonjih za stado.

Teško je neki od navedenih razloga izdvojiti kao jedini ili glavni. Vjerojatnije je na djelu bila kombinacija svega navedenog, a nije isključeno i nešto drugo. Koji god razlog bio, jasni su dokazi da su prvi stočari na istočnom Jadranu držali gotovo isključivo ovce. S obzirom na potvrđenu raznovrsnost uzgoja ovaca između različitih zajednica i geografskih područja (Gillis i sur. 2022), postavlja se sljedeće pitanje: kakvo je bilo gospodarenje, odnosno jesu li se te ovce iskorištavale za meso ili za mlijeko? Kako bi se odgovorilo na to pitanje, napravljene su detaljne procjene životne dobi životinja u trenutku smrti, a za izradu profila smrtnosti korištene su ovdje analizirane donje čeljusti sa zubima i izolirani donji stražnji zubi ($n = 428$; slika 166). Zabilježeni su podaci o nicanju zuba i trošenju njihovih žvačnih površina, na temelju kojih su analizirani primjerci razvrstani u odgovarajuće dobne skupine (vidi Payne 1973; 1987; Greenfield & Arnold 2008). Rezultati su dodatno korelirani s metrijskim podacima visine krune zuba, koja se s godinama smanjuje trošenjem žvačne površine (Helmer 1995), nakon čega su konstruirani profili smrtnosti prema statističkoj metodi koju su razvili Gerbault i suradnici (2016). Dobiveni su sljedeći podaci (slika 166). U profilu smrtnosti ovaca iz Tinj-Podlivada prevladavaju mlade i mlađe odrasle jedinke, između 6 i 24 mjeseca starosti (dobne skupine C i D), ali ima i odraslih, između 24 mjeseca i 6 godina (dobne skupine EF i G), dok je najmlađih, u dobi do 6 mjeseci (dobne skupine A i B) jako malo. Podaci o relativnoj životnoj dobi u trenutku smrti ovaca iz Crnog vrila vrlo su slični onima iz Tinj-Podlivada. I tu su najbrojniji ostaci životinja umrlih između 6 i 12 mjeseci (dobna skupina C), dok su mlađe odrasle (12 do 24 mjeseca) i odrasle jedinke (2 do 4 godine) gotovo jednako zastupljene (dobne skupine D i E-F). Jako mlade životinje (između 2 i 6 mjeseci) kao i one starije od 4 godine dobro su

zastupljene, dok su novorođene (do 2 mjeseca; dobna skupina A) i stare (> 6 godina; dobne skupine H-I) samo evidentirane.

Iako između stadā s dvaju nalazišta u dobnoj strukturi postoje manje razlike, zajedničko im je da su najbrojnije životinje mlade i mlađe odrasle dobi (dobne skupine C i D), dok su najmlađe rjeđe zastupljene te ih u analiziranom skupu nalaza gotovo i nema. To je možda posljedica tafonomskih procesa koji su utjecali na očuvanost fragilnih ostataka. Međutim, rijetki i relativno dobro očuvani nalazi kostiju nerođenih životinja u Crnom vrilu (Radović 2009, 60; 2011, 104) ipak ukazuju na njihovu prisutnost na nalazištu (ili barem ženki u kasnom stadiju gravidnosti), ali u jako malom broju, što možda ukazuje na to da se janjenje odvijalo negdje drugdje. Prema rezultatima provedenih analiza dobne strukture stada, najveći broj životinja zaklan je u dobi između 6 i 24 mjeseca, što odgovara strategiji gospodarenja stadom prvenstveno radi iskorištavanja mesa. Prevlast jedinki u dobi od 6 do 12 mjeseci ukazuje na popularnost mlađeg i mekšeg mesa (janjetine). S druge strane, brojnost životinja starijih od 2 godine (osobito u Crnom vrilu), a u manjoj mjeri i starijih od 4 godine, svjedoči o održavanju dijela stada na životu i nakon dosizanja optimuma mišićne mase (odnosno dostupne količine mesa), što je jedno od obilježja gospodarenja radi mlijeka. Iako su teorijski modeli gospodarenja stadima kaprina idealizirani s ciljem optimalnog iskorištavanja jednog odabranog proizvoda (Payne 1973), u



Slika 166: Sezona janjenja ovaca u Tinj- Podlivadama i Crnom vrilu na temelju ujednačenih vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ iz kruna zuba (M_3). Krug predstavlja razdoblje od jedne godine s četiri godišnja doba (u različitim nijansama), čiji je raspon utemeljen na temelju podataka iz suvremenog stočarstva (vidi Balasse i sur 2020 i ondje navedena literatura). Šrafirani odsječak kruga (unutar zimskog ciklusa) označava koncentraciju dobivenih rezultata (72,2 %).

stvarnosti je praksa drugačija i stočari često primijenjuju kombinirani pristup (vidi Halstead 1998; Mlekuž 2006, 456). Premda je inicijalno predloženo da su ranoneolitički stočari u Tinj-Podlivadama i Crnom vrilu stada kaprina držali isključivo radi mesa (Schwartz 1996, 187; Mlekuž 2005, 37; Radović 2009; 2011, 103), na temelju dobivenih rezultata analize profila smrtnosti, čini se da je na obama nalazištima prakticirano mješovito iskorištavanje stada, odnosno ovce su uzgajane i radi mesa i radi mlijeka. Arheozoološkim analizama neolitičkog materijala s prostora istočnog Jadrana već je ranije sugerirana vrlo rana proizvodnja ovčjeg mlijeka (npr. Miracle i Pugsley 2006, 322; Radović 2011, 164; McClure i sur. 2022), što je dodatno potvrđeno kemijskim analizama ostataka iz ulomaka keramičkih posuda (McClure i sur. 2018). Osim mesa i mlijeka, mogli su se koristiti i drugi proizvodi poput, primjerice, ovčjeg gnojiva za usjeve jer je bogato fosforom i kalijem (vidi npr. Zortéa i sur. 2021).

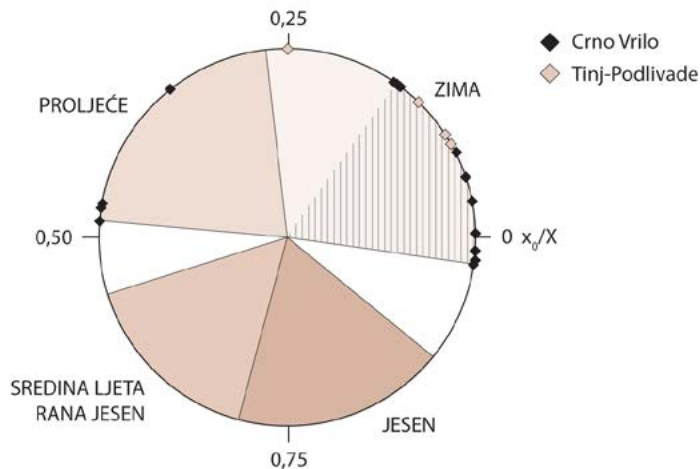
U kontekstu šireg razumijevanja ondašnjeg gospodarenja stadima, bilo je važno prepoznati i druge specifičnosti po kojima se ono može jasnije definirati, što je bio sljedeći korak ove studije. Jedna od tih specifičnosti jest proces razmnožavanja životinja, odnosno način reproduktivne kontrole stada. U tom kontekstu, osim gore razmotrenih profila smrtnosti, nužno je i razumijevanje godišnjeg ciklusa janjenja, koje može biti izrazito sezonsko (za mediteranske mliječne pasmine ovaca vidi Tsartsianidou i sur. 2021) te ukazivati na specifičnu proizvodnu strategiju u sklopu optimalne prilagodbe životinja na okolišne uvjete. U tu svrhu napravljene su analize stabilnih izotopa kisika iz zubne cakline.

Podaci o vrijednostima **stabilnih izotopa**, poput $\delta^{18}\text{O}$ (omjer izotopa kisika 18 i kisika 16) u zubima biljojeda mogu pružiti vrijedan uvid u različite aspekte životne povijesti životinja i njihovih staništa, poput prehrambenih navika, paleookolišnih uvjeta, sezonalnosti pa čak i kretanja (Price [ur.] 2023). U regijama s izraženim godišnjim dobima (npr. umjerena klima s jasno razdvojenim ljetima i zimama), vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ oborina i lokalnih izvora vode mogu sezonski kolebati zbog čimbenika kao što su temperatura, vlažnost i obrasci padalina. Ta se kolebanja odražavaju na izotopski sastav konzumirane hrane i vode, što se dalje ugrađuje u zubnu caklinu tijekom formiranja zuba. Budući da se trajni treći kutnjaci razvijaju tijekom duljeg razdoblja života životinje, u kemijskom zapisu tih zuba ostaju zabilježene sezonske izotopske varijacije u klimi tijekom nekoliko godina, i vidljive su u vrijednostima $\delta^{18}\text{O}$ iz hidroksiapatita u zubnoj caklini (vidi Balasse 2002; Balasse i sur. 2003).

Za analizu omjera stabilnih izotopa kisika izdvojena su 23 donja treća kutnjaka (M_3), 16 iz Crnog vrila i 7 iz Tinj-Podlivada, za koje je na temelju morfoloških kriterija određeno da su pripadali ovcama, što je potvrđeno i ZooMS analizom. Dobivene vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ variraju između -5,4 ‰ i 3,1 ‰. Sekvence $\delta^{18}\text{O}$ koje su izmjerene unutar zuba variraju prema sinusoidnom obrascu, a to se obično pripisuje promjenama u konzumaciji hrane i vode ovisno o godišnjem dobu. U sljedećem koraku, pozicije uzorkovanja na krunama zuba koje su rezultirale najvišim dobivenim

vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ ujednačene su (x_0/X) kako bi se uklonila varijabilnost u veličini zuba između jedinki, a sekvence $\delta^{18}\text{O}$ modelirane su u godišnji ciklus sezonskog janjenja prema podacima iz suvremenog stočarstva (slika 167), što omogućava njihovu izravnu usporedbu. Kao oblik za grafički prikaz korišten je krug kako bi se istaknula ciklična priroda sezonalnosti, pri čemu iza prosinca ide siječanj, a vrijednost $x_0/X = 1$ izjednačava se s 0 (vidi Balasse i sur. 2020, 5). Rezultati uzoraka iz Tinj-Podlivada variraju između 0,08 i 0,25, što razdoblje parenja ograničava na razdoblje od 0,17 godina, odnosno oko 2 mjeseca. S druge strane, u Crnom vrilu dobiveni su rezultati s nešto širim rasponom, no za većinu omjeri x_0/X variraju između 0,98 i 0,15, što ukazuje na isto trajanje razdoblja parenja (mrkanja) od 0,17 godina (2 mjeseca). Rezultati su gotovo identični za oba predmetna nalazišta i preklapaju se sa zimskim razdobljem janjenja.

Dobiveni podaci razlikuju se od poznatih za šire neolitičko razdoblje, gdje je pretpostavljeno vrijeme janjenja u jugoistočnoj Europi bilo u proljeće (Balasse i sur. 2020), a na zapadnom Sredozemlju čak i u jesen (Tornerio i sur. 2020; Sierra i sur. 2021). S obzirom na čvrste dokaze koji ukazuju na učestalost janjenja ovaca iz Tinj-Podlivada i Crnog vrila u ranoj zimi, možemo hipotetizirati o razlozima i posljedicama takve reproduktivne politike. Današnji stočari na našem prostoru također uglavnom preferiraju zimsko janjenje, a razlog je, između ostalog, što se smatra da je najbolja



Slika 167. Profili smrtnosti ovaca iz (A) Tinj-Podlivada i (B) Crnog vrila. Kvantitativna jedinica za podatke o dobi je NISP, a gustoća učestalosti podataka prikazana je s 95% vjerodostojnim intervalom (prema Gerbault i sur. 2016). Dobne skupine (modificirano prema Payne 1973): A (0 – 2 mjeseca), B (2 – 6 mjeseci), C (6 – 12 mjeseci), D (12 – 24 mjeseca), E-F (2 – 4 godine), G (4 – 6 godina) i H-I (iznad 6 godina).

kvaliteta mladog mesa janjaca zaklanih u prvoj polovici godine (Fumić i Mikuš 2011). Danas se preferirano vrijeme janjenja postiže hormonalnom kontrolom, ali ne znamo kakva je kontrola mogla biti u ranom neolitiku. Možda je riječ o prirodno dobroj stopi plodnosti ženki, koju su ondašnji stočari koristili i dodatno kontrolirali strogo odvojenim držanjem ženki od mužjaka, odnosno pažljivim planiranjem termina pripusta. Izolirani primjeri proljetnog janjenja, koji su evidentirani u Crnom vrilu, možda su rezultat ponovljene oplodnje tijekom istog razdoblja plodnosti, zbog neuspjeha prve (Sierra i sur. 2023, 9). Kako god, iz rezultata ove analize proizlazi da su se ovce na prostoru današnje Dalmacije tijekom ranog neolitika janjile u ranoj zimi. To je moglo biti povezano s dostupnošću pašnjaka i klimatskim uvjetima. Poznato je da vruća i suha ljeta u Sredozemlju negativno utječu na fiziološka i nutritivna svojstva mlijeka ovaca i koza (Todaro i sur. 2015). S druge strane, blage i vlažne zime mogle su pogodovati kvaliteti i kvantiteti mlijeka te olakšati njegovu daljnju preradu u mliječne proizvode.

Rezultati provedene studije ukazuju na praksu mješovitog gospodarenja stadima ovaca u Dalmaciji tijekom neolitika. Takav način gospodarenja uključuje i mužu, dok jasni dokazi o janjenju u zimi ukazuju na sezonsko stočarstvo. Takav scenarij potvrđuju i rezultati biokemijskih analiza s drugih nalazišta u široj okolici kojima su evidentirani ostaci mliječnih lipida u neolitičkim keramičkim posudama (npr. Šoberl i sur. 2008) te vrlo jasni dokazi o ranoj proizvodnji sira u Pokrovniku prije 7200 godina (McClure i sur. 2018).

U tom kontekstu, u ovakvom načinu gospodarenja možda se naziru naznake onoga što će kasnije postati transhumantno vertikalno stočarstvo. Taj se tradicionalni tip ovčarstva u Dalmaciji, čini se, razvio već početkom srednjeg neolitika (Forenbahe 2021), a duboko ukorijenjen u upotrebi na širem prostoru istočnog Jadrana ostao je sve donedavno (vidi Marković 1980; Vinšćak 1989).

4.4 Špilje u prapovijesnom agropastoralnom sustavu

Već prva mikromorfološka istraživanja koja je u južnoj Francuskoj proveo Jacques-Élie Brochier (Brochier 1983; 1990; 1991; 1996) ukazala su na važnost špilja u uzgoju životinja u prapovijesti, od neolitika nadalje. Mikromorfološke analize mnogih špiljskih sedimenata dokazale su da se holocenski sedimenti u špiljama diljem Sredozemlja sastoje velikim dijelom od izmeta domaćih životinja, prije svega ovaca/koza i goveda, odnosno da su se špilje intenzivno koristile kao staje (Boschian i Montagnari-Kokelj 2000; Gerometta i Boschian 2022).

Na mnogo špiljskih nalazišta već su na terenu uočljivi karakteristični makroskopski pokazatelji koji upućuju na korištenje špilja u stočarstvu. Najkarakterističniji je tip sedimenta koji su francuski autori nazvali *fumier* (u literaturi se naziva još i facijesom „slojevite torte”), a koji označava mješavinu stelje (ležaja za životinje) i izmeta stajskih

životinja, koja se raspala fermentacijom, djelovanjem mikroorganizama, i koristila kao gnojivo (CNTRL 2020). Za facijes su karakteristični pravilni nizovi naizmjeničnih svijetlih i tamnih slojeva koji se pojavljuju uvijek u parovima, pri čemu tamni sloj predstavlja donji element; on je također tanji od gornjega svjetlijeg dijela i češće je isprekidan (slika 168). Svijetli slojevi kreću se od tamnosive do gotovo potpuno bijele boje, a osim u boji, razlikuju se i u teksturi i poroznosti, tj. kompaktnosti sedimenta te mogu sadržavati grudice drugih facijesa. Tamni su slojevi manje raznoliki i uglavnom crne do smečkastocrne boje; u njima se nalazi i ugljen. Ovi su tamni i svijetli slojevi odvojeni oštrim i jasnim kontaktima koji su često nepravilno valoviti. Granulometrijski sastav uglavnom je u rasponu od pjeskovitog mulja do pjeskovite gline, s vrlo malo ili nimalo krupnozrnatog skeleta, koji sadrži nasumično rasuto uglasto i nesortirano kamenje. Agregacija je srednje do dobro razvijena i rahla. Čitav skup stratigrafskog slijeda slojevite torte veoma je složeno proslojavanje isprekidanih lećastih jedinica zbog čega je vrlo teško, ponekad i nemoguće, slijediti stratigrafske kontakte (Catt 1990; Angelucci i sur. 2009). Facijes slojevite torte često okomito presijecaju tanke tvorevine, dužine 20 do 30 cm i širine 5 do 6 cm, ispunjene homogenim smeđim sedimentom. Svijetli i tamni slojevi obično su na rubovima ovih tvorevina savijeni prema dolje, što ukazuje na deformaciju, vjerojatno zbog umetnutih kolaca koji su se koristili za izgradnju pletenih ili drvenih ograda unutar špilje (Gerometta i Boschian 2022).



Slika 168: Vaganačka špilja, slijed tipičnog neolitičkog facijesa slojevite torte.

Međutim, ovi makroskopski pokazatelji nisu prisutni u svim kontekstima u kojima su životinje boravile u špilji te je potrebno potražiti pokazatelje koji upućuju na korištenje špilja kao staja na mikroskopskoj razini (Gerometta i Boschian 2022). Homogeni sediment smeđe boje, tzv. *migon* (Brochier 2002), koji se također sastoji od izmeta stajskih životinja, često se prepoznaje tek prema mikroskopskim pokazateljima.

Sedimenti homogenog facijesa organizirani su u prilično debelim slojevima (čak do oko 60 cm). Ponekad mogu uključivati nešto svjetlije ili tamnije slojeve, a češće preko njih prelaze isprekidane pojedinačne crno-bijele leće i lamine čija rasprostranjenost može doseći i nekoliko četvornih metara. Sediment je uvijek mulj, ponekad

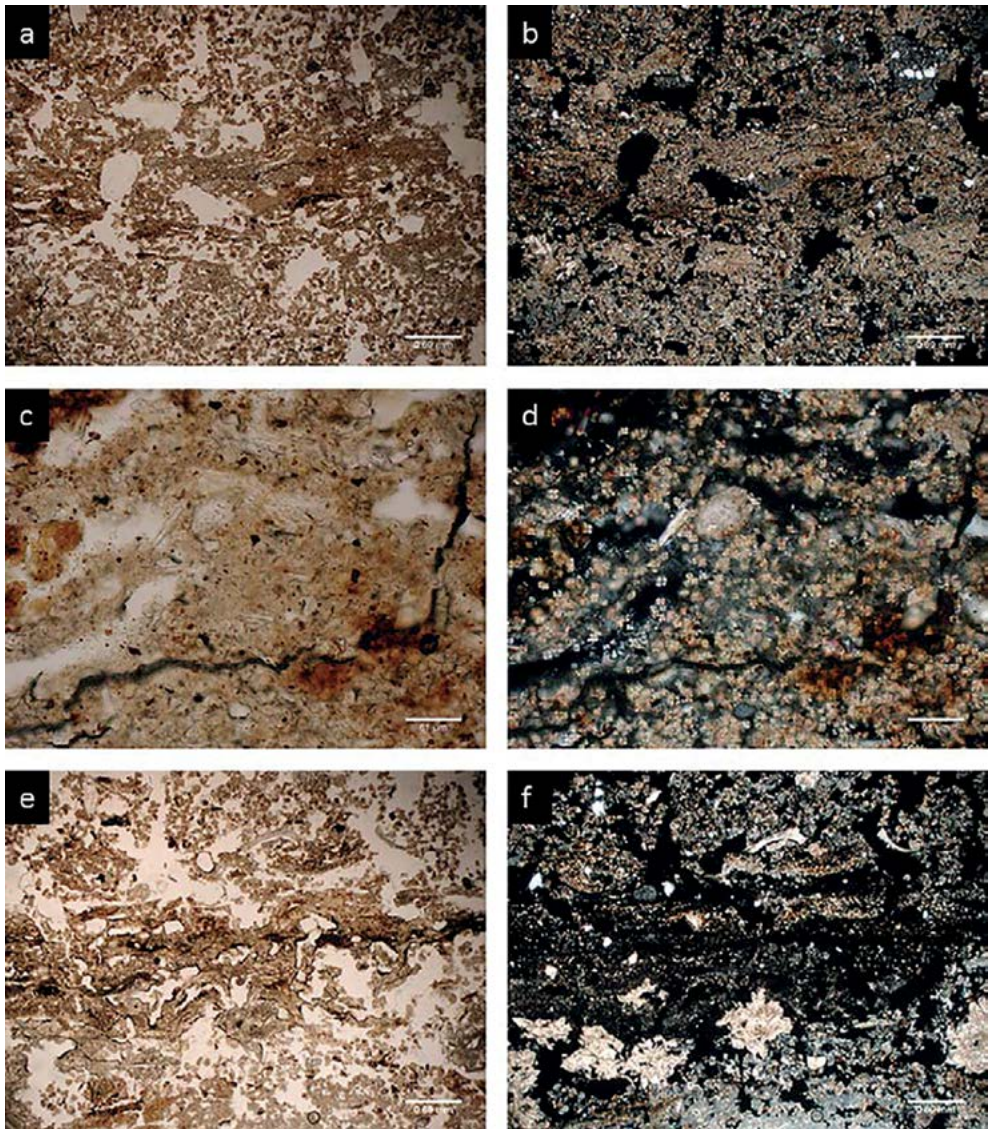
uključuje veće količine pijeska ili gline i blago je šljunkovit. Krupnozrnati skelet sastoji se od nesortiranog kamenja, do granulometrijske veličinske klase oblutaka (128 do 256 mm), koje je nasumično rasprostranjeno unutar sedimenta. Agregacija je uglavnom masivna, a može biti i prizmatična zbog većeg udjela gline. Ugljen se pojavljuje često, obično u fragmentima milimetarske veličine, nasumično raspoređenih po masi sedimenta (Gerometta i Boschian 2022).

Osnovni mikromorfološki pokazatelji upotrebe špilje kao staje za ovce/koze i govedo jesu fekalni sferuliti, fitoliti, pepeo i ugljen.

Fekalni sferuliti jesu male, bezbojne i prozirne sferične strukture kalcijevoga karbonata sastavljene od radijalnozrakastih igličastih kristala pravilnoga oblika, veličine od 4 do 12 μm , a ponekad i do 20 μm (Canti 1997; 1998; Canti i Brochier 2017a; slika 169). Lako se prepoznaju pod polarizacijskim mikroskopom, s uključenim analizatorom, zbog karakterističnih pseudointerferencijskih figura u obliku križa. Međutim, figure može prekrivati tamnosmeđa ili crna, gotovo neprozirna jezgra, vjerojatno od amorfne organske tvari koja nastaje kad su sferuliti sagoreni. Sferuliti se redovito nalaze u izmetu neretrocekalnih preživača (tj. ovaca, koza, goveda, deva i dr., ali i nepripitomljenih životinja poput jelena, srne, kozoroga itd.), i to u vrlo velikim količinama na mjestima gdje životinje borave duže vrijeme te se stoga mogu koristiti kao pokazatelji prisutnosti životinja u špilji (Gerometta i Boschian 2022). Sferuliti ipak ne moraju uvijek biti pokazatelji namjernog držanja stada jer se sferuliti akumuliraju i kada na lokalitetu borave preživači kojima špilje služe kao privremena skloništa (Courty, Goldberg i Macphail 1989; Brochier 1995; Brochier i Claustre 2000). S druge strane, odsutnost fekalnih sferulita nije dokaz da preživači na tome mjestu nisu boravili jer njihova prisutnost, odnosno količina ovisi o vrstama preživača, godišnjem dobu i prehrani, a vrlo su podložni otapanju, pa ponekad u sedimentima nisu vidljivi (Goren 1999; Shahack-Gross, Marshall i Weiner 2003; Lancelotti i Madella 2012).

Fitoliti su silikatne (hidratizirani silicijev dioksid, opal) komponente nekih biljnih svojti (pteridofiti, bazalne kritosjemenjače, monokotiledoni, eudikoti), posebno trava i šaša (Sharma, Kumar i Kumar 2019) (slika 169c i d). Mogu biti vrlo različitog oblika, uključujući forme štapića, bodljikavih štapića, bučica, srpova itd., a veličina im je između 5 mm i 20 mm, iako fragmenti fitolita mogu biti i mnogo manji. Zbog svojeg oblika, prozirnog i bezbojnog izgleda te visokog indeksa refrakcije, mogu se lako prepoznati pod polarizacijskim mikroskopom (bez analizatora). Fitoliti dolaze na stočarske lokalitete ili u obliku izmeta koji sadrži ostatke biljaka koje su životinje pojele ili kao stelja, tj. ležaj za životinje koji su pastiri namjerno rasprostrli po podu špilje. Vrlo je teško razlikovati ta dva načina jer je biljni materijal vjerojatno jednak u oba slučaja, a osim toga, međusobno se miješaju gaženjem životinja koje na tome mjestu borave (Brochier i Claustre 2000; Gerometta i Boschian 2022).

Pepeo je ostatak izgaranja biljaka (Canti 2003; Canti i Brochier 2017b; slika 169e i f) koji se pronalazi u različitim arheološkim kontekstima. U stočarskim špiljama



Slika 169: Zala, mikrotografije SJ 65: a) sferuliti, fitoliti i pepeo (bez analizatora) b) sferuliti, fitoliti i pepeo (s analizatorom); c) isto kao a, detalj; d) isto kao b, detalj; e) rekristalizacija pepela, sferuliti i fitoliti (bez analizatora); f) rekristalizacija pepela, sferuliti i fitoliti (s analizatorom). Preuzeto iz: Vukosavljević i Karavanić [ur.] 2015, 65, slika 3.12 (snimili K. Gerometta i G. Boschian).

pepeo može ukazivati na to da su neke biljke stočarskog podrijetla bile spaljene, bilo prirodnim procesima ili su ih namjerno spalili ljudi. Pepeo je po svojim svojstvima sastavljen od čestica pravilnoga geometrijskog oblika, veličine 10 do 15 μm , koje odgovaraju kristalnim oblicima whewellita i wedellita, tj. monohidratiziranoga i

dihidratiziranoga kalcijeva oksalata, a mogu biti grupirane u druze i druge agregate. Te se čestice mogu lako prepoznati pod polarizacijskim mikroskopom s analizatorom i bez njega, pri povećanju $>40\times$, zbog svog oblika i „prašnjavog” izgleda zbog prisutnosti vrlo velikog broja malih kristala kalcita (Gerometta i Boschian 2022).

Neporemećeni i nepromijenjeni izmet stajskih životinja u špiljama je relativno rijedak zbog svoje mekoće i zbog gaženja životinja. Međutim, njegov oblik i unutarnja organizacija biljnih vlakana mogu se koristiti za razlikovanje ovaca/koza (zaobljen brabonjak s valovitom unutarnjom strukturom) i goveda (plosnat, s gotovo paralelnom, valovitom unutarnjom strukturom). U izmetu mogu biti razne biljne komponente, npr. trava, lišće, grančice, kora drveta itd. što ovisi o životinjskoj vrsti, prehrani, godišnjem dobu i značajkama okoliša. Kad je bogat fitolitima, izmet ima karakterističnu vlaknastu strukturu, koja je uglavnom plosnata ili zavojita ako se radi o govedima, odnosno ovcama/kozama (Gerometta i Boschian 2022).

Istraživanja špilja na istočnoj Jadranskoj obali i u zaleđu pokazuju da većina špilja koje su korištene od neolitika nadalje sadrži i sedimente koji se mogu povezati sa stočarskim aktivnostima.

Vaganačka špilja na obroncima Velebita, oko 5 km sjeverno od Starigrada – Paklenice, pokazuje tipični facijes „slojevite torte” (slika 168), donosno *fumier* s bijelim i crnim parovima slojeva koji se ciklički ponavljaju. U blizini špilje ima mnogo malih udolina pogodnih za ispašu stoke. Holocenski stratigrafski slijed uključuje kulturne ostatke koji sežu u rani (kultura impreso – keramike), srednji (danilska kultura) i kasni neolitik (hvarska kultura), bakreno, brončano i željezno doba (Forenbaher i Vranjican 1985). Parovi slojeva crnog ugljena i bijelog pepela ukazuju na tipične *fumiers* tipa „slojevita torta” s pepeljastim slojem koji varira od bijelog do žućkastog pepela. Horizonti „slojevite torte” ponekad se izmjenjuju sa smeđim homogenim sedimentima. U brončanodobnom sloju pronađene su dvije posudice s perforiranim stijenkama i većim otvorom na dnu. Tumače se kao dio setova za preradu mlijeka i sugeriraju proizvodnju mliječnih prerađevina na tome mjestu (Forenbaher i Vranjican 1985; Gerometta i Boschian 2022).

Nedaleko od Ogulina, na sjevernim obroncima brda Krpelja, oko 100 m od potoka Bistrice nalazi se špilja Zala. Stratigrafski slijed obuhvaća slojeve od kasnoga gornjeg paleolitika do rimskoga doba i recentnije slojeve. Opsežna iskopavanja (Karavanić i sur. 2007; Vukosavljević i Karavanić (ur.) 2015) iznijela su na vidjelo slijed slojeva s nekoliko većih hijatusa do kojih je došlo zbog nekoliko faza erozije. Mezolitik je prekriven riječnim sedimentima iznad kojih su brončanodobni horizonti. Osnovna su osobina brončanodobnoga stratigrafskog slijeda izmjenični, nekoliko centimetara debeli smeđi i fini žućkasti slojevi. Žućkasti su sedimenti geogeni (fini riječni pijesak), dok su tri smeđa sloja antropogena. Mikromorfološke analize pokazuju da je špilja u sarijoj fazi brončanoga doba najprije korištena za kratkotrajne domaćinske djelatnosti (tj. istovremeno korištenje za domaćinstvo i kao staja), a u kasnijim fazama zabilježene su



Slika 170. Špilja Zemunica: u gornjem dijelu profila vidljivi su slojevi nalik na *fumier* i *migon* (Sinimio G. Boschian).

ciklične sezonske stočarske aktivnosti (Boschian i Gerometta 2015; slika 169).

Špilja Zemunica smještena je u krškom području, u podnožju Malog Mosora, 17 km istočno od Splita. Holocenske taložine špilje Zemunice (slika 170) uključuju neolitičke, bakrenodobne i brončanodobne kulturne ostatke (Šošić Klindžić i sur. 2015). Mikromorfološke analize pokazuju da taložine u velikoj mjeri čine nakupine izmeta ovaca/koza i vjerojatno goveda: *in situ* spaljeni stajski slojevi, nalik na *fumiers* i homogeni slojevi koje čine nakupine nepotpuno izgorjelog ili nespaljenog izmeta biljojeda. Prisutna je velika količina povezanih fitolita što ukazuje na upotrebu slame/stelje za životinje (Gerometta 2017; Gerometta i Boschian 2022).

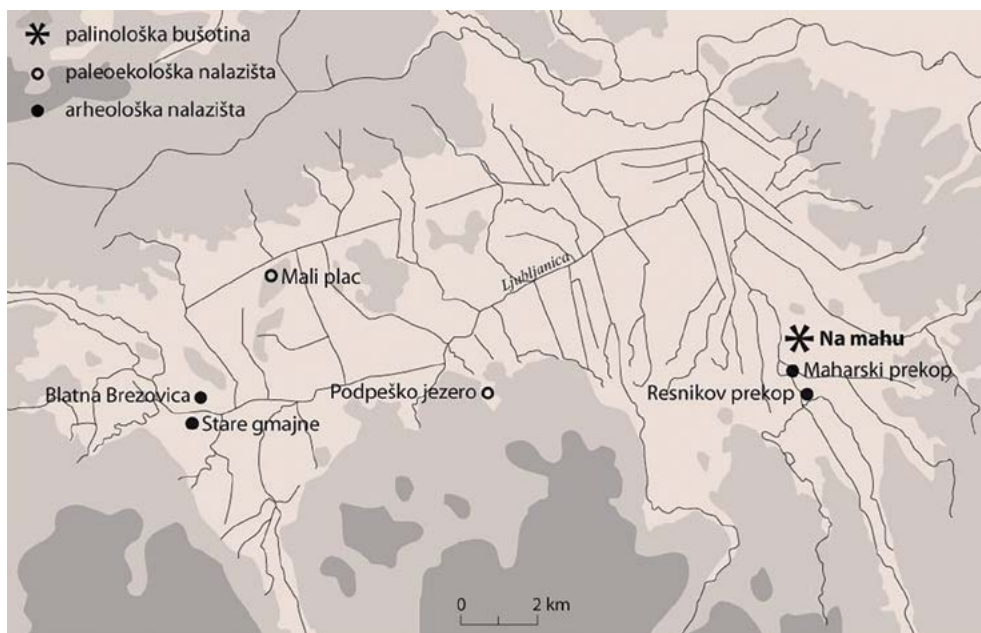
Od ostalih špilja i abrija s mikroskopskim ili makroskopskim pokazateljima stočarskih aktivnosti na prostoru Hrvatske možemo izdvojiti primjerice još i Pupičinu peć i Velu peć u Istri, Velu špilju na Lošinju, Grapčevu špilju na Hvaru, Velu spilu i Žukovicu na Korčuli.

Od prvih Brochierovih istraživanja do danas na Sredozemlju, pa tako i u Hrvatskoj otkriveno je mnogo špilja s tragovima stočarskoga korištenja, što upućuje na zaključak da su integrirani agropastoralni sustavi igrali ključnu ulogu u kompleksnim poljoprivrednim gospodarstvima i da je uzgoj životinja bila važna sastavnica proizvodnoga gospodarstva i preživljavanja (Gerometta i Boschian 2022).

5 Paleookoliš

5.1 Kasnoglacijalna i holocenska vegetacija u Ljubljanskem barju te utjecaj stanovnika sojeničkih naselja na nekadašnji okoliš

Palinolozi proučavaju dugoročne promjene vegetacije na koje utječu klima (npr. II. dio/6.1), ekološki procesi (npr. fizički i kemijski okoliš te konkurentski odnosi među biljkama, Glenn-Lewin i sur. [ur.] 1992) i čovjek (npr. II. dio/4.1). U nekim okolišima i vremenskim razdobljima važniji je bio utjecaj klime, drugdje čovjeka, a često su uzroci promjena nekadašnjeg okoliša međusobno isprepleteni i mijenjaju se tijekom vremena.



Slika 171: Zemljovid Ljubljanskog barja, položaj bušotine „Na mahu” i arheoloških nalazišta koja su navedena u tekstu.

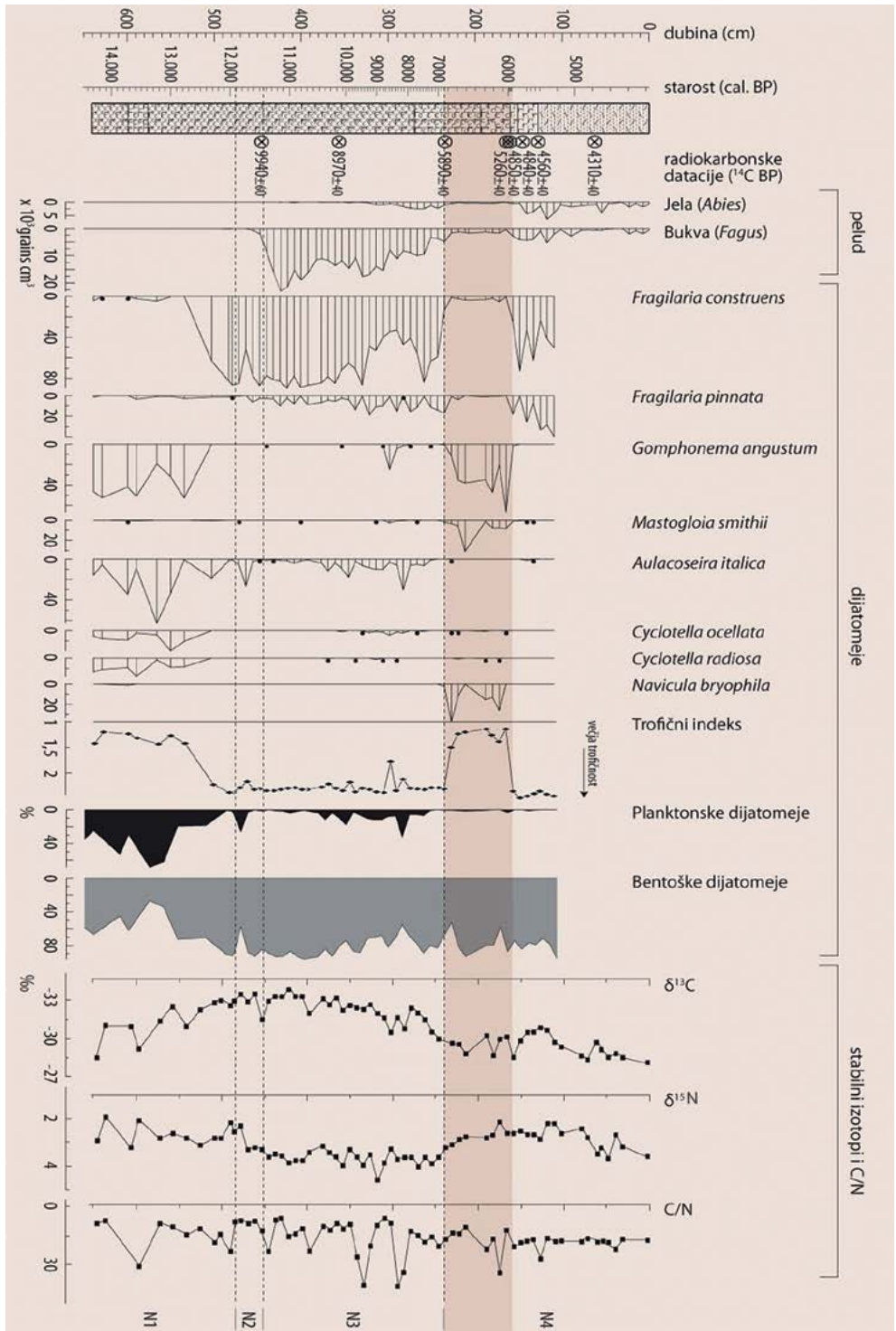
Ljubljansko barje primjer je takvog kompleksnog kulturnog krajolika, u kojem se istovremeno odvijalo više paleoekoloških procesa. Za vrijeme postojanja sojeničkih naselja, prije otprilike 6500 – 3000 godina (5. – 3. tisućljeće pr. Kr.), kada je čovjek krčenjem šume, poljoprivredom i stočarstvom (vidi II. dio/4.2 i 5.3) okoliš već preoblikovao, istovremeno su na vegetaciju snažno utjecali i **hidrološki** uvjeti i klima. U nastavku predstavljamo primjer multidisciplinarnog istraživanja palinološke bušotine (Andrič i sur. 2008) iskopane na lokaciji „Na mahu”, u istočnom dijelu Ljubljanskog barja (slika 171). Istraživanje je uključivalo analizu peluda, mikroskopskog ugljena, dijatomeja, stabilnih izotopa i geokemijsku analizu sedimenta. Pelud i koncentracija mikroskopskog ugljena nude nam informacije o nekadašnjoj vegetaciji, požarnim režimima i čovjekovu utjecaju na okoliš (Bennett i Willis 2001), dok su **dijatomeje** dobar indikator nekadašnjih hidroloških uvjeta, npr. dubine vode i količine hranjivih tvari (Stoermer i Smol [ur.] 1999). Udio ugljikovih i dušikovih stabilnih izotopa i kemijski sastav sedimenta otkrivaju nam kako se odvijalo geokemijsko kruženje tvari u bazenu, koje su tvari autohtone (nastale su bazenu), a koje su pak alohtone (dospjele s ruba bazena zbog erozije i dotoka tvari s kopna, Meyers 1997). Rezultati istraživanja prikazani su u dvama dijagramima (slike 172 i 173); prvi se odnosi na dijatomeje i stabilne izotope, a drugi na pelud.

Posljednje **ledeno doba** završilo je s kasnim glacijalom, prije otprilike 15.000 – 11.700 godina, kada je Ljubljansko barje vjerojatno bilo prekriveno jezerom (Verbič 2006; Andrič i sur. 2008). Visoki postotak **planktonskih dijatomeja** (npr. *Aulacoseira italica* i *Cyclotella ocellata*) na dijagramu (slika 172) ukazuje na to da je kasnoglacijalno jezero bilo razmjerno duboko i **oligotrofno** (siromašno hranjivim tvarima). Visoke vrijednosti $\delta^{13}\text{C}$ u sedimentu vjerojatno su posljedica dotoka tvari s kopna, što možemo povezati s procesima erozije za vrijeme hladnijeg i manje zarašćena kasnoglacijalnog krajolika (slika 173), kada je jezero bilo okruženo otvorenom šumom u kojoj su prevladavali bor (*Pinus*) i breza (*Betula*).

Na prijelazu kasnog glacijala u holocen, prije otprilike 11.700 godina, klima je postala toplija i vjerojatno nešto vlažnija (Alley i sur. 1993; Meese i sur. 1994), zato su se dogodile veće promjene u vegetaciji. Mješovite borove i brezove šume ustupile su mjesto listopadnoj šumi u kojoj su uspijevali hrast (*Quercus*), smreka (*Picea*), brijest (*Ulmus*), lipa (*Tilia*), jasen (*Fraxinus*) i lijeska (*Corylus*). Tadašnja klima vjerojatno je bila manje suha od današnje (Kutzbach i Guetter 1986; COHMAP Members 1988).

→

Slika 172: Bušotina „Na mahu”. Dijatomeje i stabilni izotopi. Raster označava razdoblje kada je peludna koncentracija bukve i jele pala, a hidrološki uvjeti postali oligotrofniji. Prema prijedlogu: Andrič i sur. 2008, slika 3.



Šumski požari bili su češći, što pokazuje i veća koncentracija mikroskopskog ugljena (slika 173). Zbog toplije klime i intenzivnije **bioprodukcije** (niske vrijednosti $\delta^{15}\text{N}$) jezero je postalo pliće (manje planktonskih i više **bentoških** dijatomeja, npr. porast dijatomeje *Fragilaria pinnata*) i **mezotrofno-eutrofno**. Proširile su se guste bukove (*Fagus*) šume, a krajolik se stabilizirao. Prije 9200 godina, porastom količine **alohtonih** tvari i planktonskih dijatomeja, koje ukazuju na porast razine jezera, istovremeno je počeo rasti i postotak peluda jele (*Abies*), kojoj je za rast potrebna vlažna klima (Ellenberg 1988). Slično širenje jele koje možemo povezati s vlažnijom i hladnijom klimom (O'Brien i sur. 1995; Haas i sur. 1998a; Mayewski i sur. 2004) dogodilo se i drugdje na južnom rubu Alpa (Tinner i sur. 1999; Gober i sur. 2000; Tinner i Lotter 2006). Miješane bukovo-jelove šume u okolici Ljubljanskog barja postigle su najveću raširenost prije otprilike 7100 godina.

Sljedeća veća promjena vegetacije i hidroloških uvjeta u Ljubljanskom barju dogodila se prije otprilike 6750 godina. Na peludnom dijagramu (slika 173) jasno vidimo opadanje udjela bukve i jele (raster na 160 – 240 cm, 6750. – 6000. cal. BP), a ponešto pak porast udjela peluda hrasta, lijeske i johe (*Alnus*). To razdoblje trajalo je oko 750 godina i podudara se s promjenom hidroloških uvjeta u bazenu (sivi raster na slikama 172 i 173). Dijatomeje nam govore o povratku oligotrofnih uvjeta (poraste udio vrste *Gomphonema angustum*), javljaju se vrste koje mogu uspijevati u vodama tekućicama i stajaćicama (npr. *Cymbella affinis* i *C. silesiaca*), u slanim uvjetima (npr. *Mastogloia smithii*, koja vjerojatno ukazuje na nastanak creta) te močvarama i tresetištima (npr. *Navicula bryophila*). Po dijatomejama pretpostavljamo da je jezero unatoč povećanu dotoku tvari s kopna, koje je vidljivo u omjeru ugljikovih izotopa ($\delta^{13}\text{C}$), postalo oligotrofno i plitko (Kroflič 2007). Opisanu promjenu vegetacije i hidrologije u Ljubljanskom barju teško je objasniti. Pretpostavljamo da je zbog suših uvjeta u 7. tisućljeću prije sadašnjosti (npr. Haas i sur. 1998a; Seppä i Birks 2001), kada se razina smanjila i u nekim drugim jezerima (Haas i sur. 1998a; Kalis i sur. 2003; Balbo i sur. 2006), visina vode u Ljubljanskom barju vjerojatno pala. Smanjenje razine jezera i pojava oligotrofnih (a ne, prema očekivanjima, **eutrofnih**) uvjeta objašnjavamo time da je zbog smanjenja razine vode u bazenu naša bušotina vjerojatno ležala u blizini ušća rijeke u jezero, dok je oligotrofnost posljedica većeg protoka vode na mjestu uzorkovanja. Takvo objašnjenje nekadašnjih hidroloških uvjeta slaže se s peludnim dijagramom. Uslijed suše klime i smanjenja razine vode, hrast, lijeska i joha porasli bi na novoisušenim, ali još uvijek vlažnim površinama, dok bi suša pogodila bukvu i

→
Slika 173: Bušotina „Na mahu”. Peludni dijagram odabranih taksona. Raster označava razdoblje kada je postotak bukve i jele pao, a hidrološki uvjeti postali oligotrofni. Prema prijedlogu: Andrič i sur. 2008, slika 4.

jelu (slika 173). **Lidarske snimke** Ljubljanskog barja otkrivaju da su u prošlosti rijeke koje su se nalazile tek nekoliko kilometara južnije od bušotine „Na mahu” površinu Ljubljanskog barja znatno preoblikovale (Budja i Mlekuž 2008). To je tek prvi korak k boljem razumijevanju nakadašnjih okolišnih uvjeta. Da bismo lakše razumjeli u kakvim se je hidrološkim uvjetima taložio sediment u neposrednoj okolini bušotine „Na mahu” i na drugim dijelovima Ljubljanskog barja, u budućnosti su nam, osim lidarskih snimaka, potrebna vrlo detaljna multidisciplinarna istraživanja s točnim kronološkim nadzorom.

Unatoč podacima koji govore u prilog klimatskom tumačenju razvoja vegetacije, utjecaj čovjeka na sastav šume ne smijemo u potpunosti isključiti. Iako je područje Ljubljanskog barja bilo naseljeno već u mezolitiku (Frelih 1986; Mlekuž i sur. 2006), čovjekovi utjecaji na vegetaciju postaju vidljivi tek s počecima poljoprivrede u neolitiku/eneolitiku. U 7. tisućljeću prije sadašnjosti u Ljubljanskom barju već su bila prisutna prva sojenička naselja (Resnikov prekop, oko 6500 godina prija sadašnjosti, Velušček 2006), no zbog tafonomskih razloga (vidi II. dio/1.1) podaci o njihovu navodno većinskom poljoprivredno-stočarskom gospodarstvu skromni su. Na raspolaganju nam je više podataka s bolje očuvanih i istraženih arheoloških nalazišta iz 6. tisućljeća. Eneolitički stanovnici Ljubljanskog barja bavili su se poljoprivredom (vidi Tolar i sur. 2011) i stočarstvom (vidi Toškan i Dirjec 2006a), za što su im bile potrebne otvorene površine. Sječa i paljenje šuma za potrebe poljoprivrede, gradnju nastambi i za ogrjev utjecali su na sastav vegetacije. Pojavila su se i peludna zrnca indikatora ispaše (uskolisni trputac, *Plantago lanceolata*), korova i travnjaka (npr. zečina, *Centaurea*) te žitarica (Cerealialia), dok je koncentracija mikrougljena na peludnim dijagramima počela rasti.

Prije otprilike 6000 godina „Na mahu” se je počeo taložiti organskim tvarima bogat sediment, dok su hidrološki uvjeti postali eutrofni. Sredinom 6. tisućljeća prije sadašnjosti ponovno su se snažno proširile bukva i jela, što opet možemo povezati s hladnom i vlažnom klimom (Denton i Karlén 1973; O’Brien i sur. 1995; Seppä i Birks 2001; Magny 2004; Mayewski i sur. 2004).

Unatoč širenju miješane šume bukve i jele, čovjekov je utjecaj na okoliš u šestom tisućljeću prije sadašnjosti (četvrto tisućljeće pr. Kr.) osnažio. Dosadašnja palinološka istraživanja pokazala su da je utjecaj eneolitičkih poljoprivrednika na okoliš bio izrazit; sjekli su šume kako bi krajolik otvorili za potrebe poljoprivrede i stočarstva (npr. Šercelj 1966; Culiberg i Šercelj 1978; Šercelj 1996 i onde navedena literatura; Jeraj 2002; Jeraj i sur. 2009; Tolar i sur. 2011; Andrič 2020). Zbog sječe manjih šumskih površina, sastav pretežno bukovo-jelovih šuma mijenjao se u prilog vrstama kao što su lijeska, hrast i obični grab, koje za rast zahtijevaju više svjetlosti i manje su osjetljive na šumsku ispašu (Šercelj 1988; 1996; Gardner 1999b). Postojalo je mnogo sojeničkih naselja, no nisu bila naseljena u istom razdoblju. Dendrokronološka istraživanja pokazala su da je većina sojeničkih naselja vjerojatno bila naseljena tek kratko vrijeme (nekoliko desetljeća,

Čufar i sur. 2010). Utjecaj stanovnika sojeničkih naselja na vegetaciju vidljiv je na peludnim dijagramima s arheoloških nalazišta (Maharski prekop, Stare gmajne, Blatna Brezovica). Otkriveni su pelud i sjemenke kulturnih i ruderalnih biljaka te poljskog korova (vidi II. dio/4.2; Šercelj 1975; Tolar i sur. 2011; Andrič 2020). U kulturnim slojevima arheoloških naselja vidimo i opadanje peluda drveća, osobito bukve i jele, a često i hrasta, koji su (uz na peludnim dijagramima nešto slabije vidljiv/prisutan jasen) upotrebljavali za gradnju sojenica (Culiberg i Šercelj 1991; Čufar i sur. 2010). Velika količina peluda lijeske označava otvoreniji krajolik, a njene su grane možda upotrebljavali i za krmu domaćih životinja (Andrič 2020).

Prije 5200 godina „Na mahu” se možda javlja treset, koji su ljudi uslijed isušivanja i kolonizacije Ljubljanskog barja u 18. i 19. stoljeću naše ere rezali i palili (Melik 1927) uništivši time zapis o razvoju okoliša u posljednjih nekoliko tisućljeća. Podatke o promjeni okoliša „Na mahu” u posljednjih 4500 godina nažalost nemamo, mlađi paleoekološki zapis u cijelosti je očuvan tek na rijetkim lokacijama: u Podpeškom jezeru (Gardner 1999b) i cretu Mali plac (Šercelj 1971; Andrič, neobjavljeno).

Dosadašnja paleoekološka istraživanja u Ljubljanskom barju otkrivaju da su promjene u posljednjih 15.000 godina bile vrlo dinamične (npr. Šercelj 1965; Andrič i sur. 2008) i da se u tom vrlo složenom i starom antropogenom krajoliku odvijalo više ekoloških procesa istovremeno. Osnovni proces jest zasipavanje bazena, no ne radi se samo o jednostavnoj, jednakomjernoj **hidrološkoj sukcesiji** jezera koje zarasta (Andrič 2009). Važnu ulogu u uravnoteživanju ekoloških uvjeta u krajoliku imali su također klima i čovjek. Rezultati multidisciplinarnе paleoekološke analize bušotine „Na mahu” (Andrič i sur. 2008) govore da je do promjene vegetacije i hidrologije dolazilo istovremeno, što osim utjecajem vegetacije na hidrologiju (i obratno) možemo objasniti i značajnim utjecajem klime na vegetaciju te osciliranje visine i količinu vode. Promjene okoliša zbog klimatskih promjena u bazenima poput Ljubljanskog barja (velik, hidrološko složen sustav, s brojnim pritocima i otjecanjem vode) obično su slabije vidljive jer pored klime na fosilni zapis mogu utjecati i drugi čimbenici. Naši rezultati stoga su iznenađujući i poticajni te zahtjevaju dodatna paleoekološka i paleoklimatološka istraživanja. Koliko je važan bio čovjekov utjecaj na okoliš? Na prvi pogled čini se da je on u Ljubljanskom barju manje izražen nego u Beloj krajini (II. dio/4.1) i da je tamošnji krajolik manje preoblikovao, no u malim je močvarama Bele krajine lokalna sječa šume očitija nego na peludnim dijagramima s Ljubljanskog barja, gdje se manje otvorene površine često „izgube” u široj slici regionalne vegetacije (vidi I. dio/1.7).

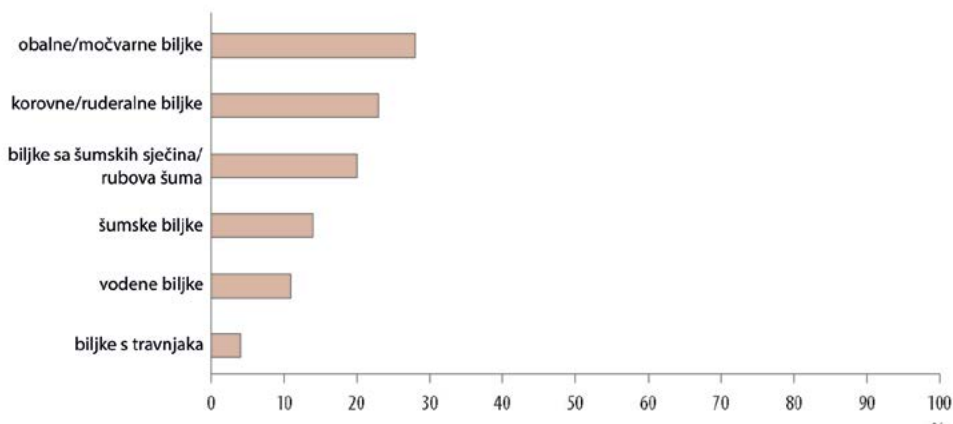
5.2 Vodom natopljeni arheobotanički makroostaci otkrivaju više

Biljni makroostaci s vlažnih arheoloških nalazišta također su iznimno važni za otkrivanje okolišnih karakteristika, točnije, prirodne vegetacije u vremenu i prostoru

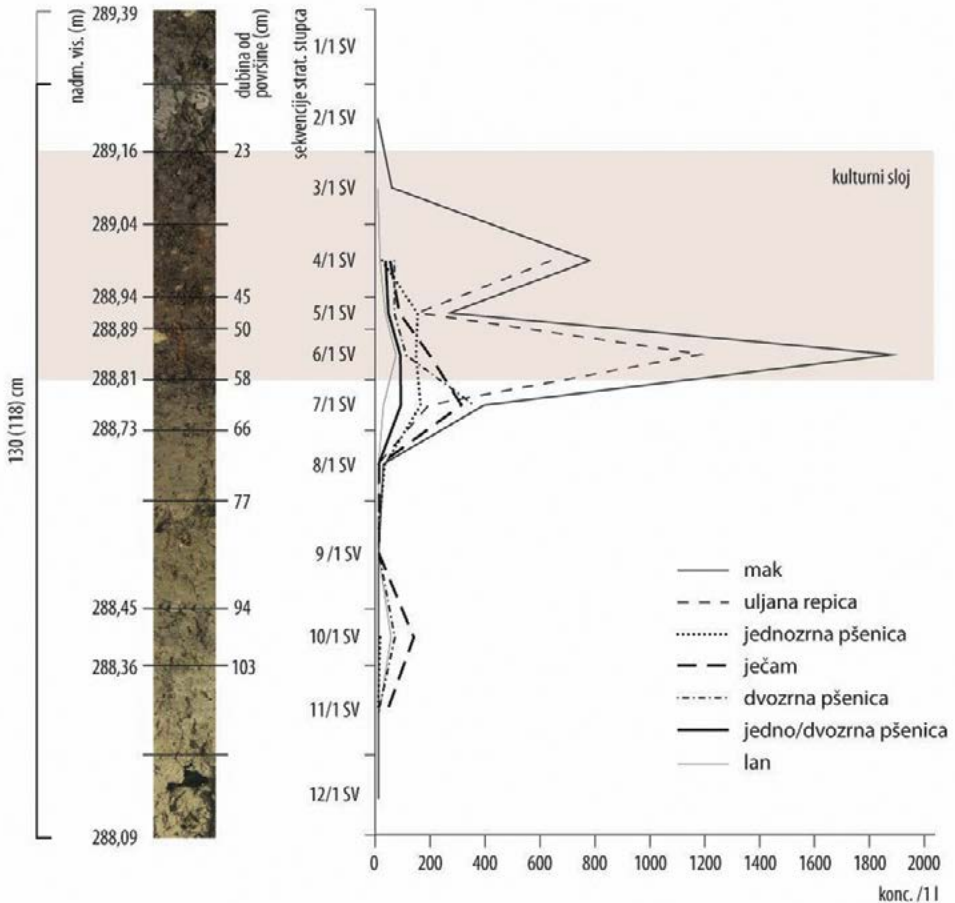
postojanja naselja. U vlažnim se arheološkim sedimentima naime, osim ostataka gospodarski važnih prehrambenih biljaka, očuvaju i sjemenke/plodovi drugih, divljih biljaka, koje su prirodno uspijevale u bližoj okolici istražena naselja i koji se kao takvi očuvaju *in situ*. Na drugim, sušim arheološkim nalazištima takvi se arheobotanički ostaci očuvaju tek rijetko (vidi I. dio/2.3), zato su iznimno važni (I. dio/2.5) i potrebno ih je posebno proučavati.

U sojeničkom naselju Stare gmajne, nakon iskopavanja 2007. godine, identificirana su 93 biljna taksona. Njihove ostatke, koji su se očuvali u oko 35 cm debelom kulturnom sloju te su bili prikupljeni s površine, razvrstali smo u sedam većih ekoloških skupina (prema Behre i Jacomet 1991): 1. uzgojene, 2. korovne/ruderalne, 3. biljke s travnjaka, 4. biljke sa šumskih sječina i rubova šuma, 5. šumske, 6. obalne/močvarne i 7. vodene biljke, otkrivši time, s izuzetkom uzgojenih i sakupljenih biljnih taksona (tj. većinom šumskih i onih koje rastu uz rub šume) (vidi II. dio/4.2), vegetacijske uvjete u neposrednoj i bližoj okolici naselja (sojenica). Očekivano su prevladavali ostaci obalnih i vodenih biljaka, slijede korovne/ruderalne biljne vrste, dok su taksoni biljaka s travnjaka bili jedva prisutni, što nam govori da je sojeničko naselje bilo postavljeno u blizini (vjerojatno na obali) nekadašnjeg jezera (slika 174; Tolar i sur. 2011; 2012). U okolici naselja očito nije bilo mnogo travnatih površina. Sličnu vegetacijsku sliku prikazuju i arheobotanička istraživanja sa sjevernoalpskih sojeničkih naselja (npr. Jacomet i sur. 1989, 245; Hosch i Jacomet 2004, 150; Haas i Magny 2004; Brombacher i Hadorn 2004; Kühn i Hadorn 2004; Haas 2004; Kohler-Schneider i Caneppele 2009; Jacomet 2014).

Tijekom iskopavanja 2012. (Tolar 2018, Tolar i Andrič [u pripremi]) na sojeničkom naselju Strojanova voda, gdje mora biti prikupljen i arheobotanički analiziran 130 cm dugačak stratigrafski stupac sedimenta iz profila jarka (vidi I. dio/2.4.1 i II. dio/1.2,



Slika 174: Udio 71 identificiranog divljeg biljnog taksona sa sojeničkog naselja Stare gmajne, s obzirom na ekološke uvjete u kojima uspijevaju.



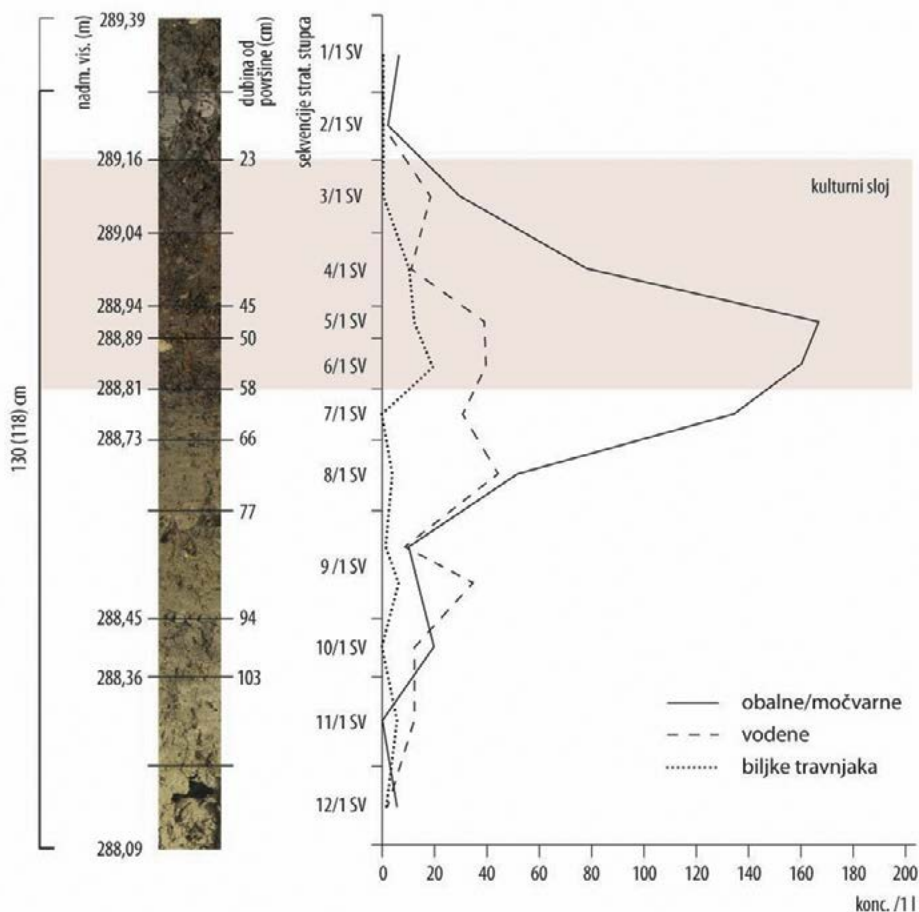
Slika 175: Vertikalna raspoređenost biljnih makroostataka kulturnih biljaka (u koncentracijama biljnih makroostataka u 1 litri sedimenta) na nalazištu Strojanova voda; preuzeto prema: Tolar 2018.

slika 126), bilo je moguće utvrditi i okolišne uvjete, odnosno promjene u sastavu vegetacije u duljem vremenskom razdoblju, dakle ne samo tijekom već i prije i nakon naseljavanja toga područja.

Vertikalna raspostranjenost biljnih makroostataka prehrambenih biljaka, tj. uzgojenih (ječma [*Hordeum vulgare*], jednozrne pšenice [*Triticum monococcum*], dvozrne pšenice [*Triticum dicoccum*], lana [*Linum usitatissimum*], maka [*Papaver somniferum*], poljske vrzine [*Brassica rapa*]) i navodno sakupljenih divljih te orašastih plodova (Tolar 2018), govori o donekle ravnomjernoj vremenskoj raspoređenost svih prehrambeno važnih taksona koji ukazuju na vrhunce naseljavanja na istraženu području. Slika 175 prikazuje vertikalnu raspoređenost biljnih makroostataka

uzgojenih biljaka, čije koncentracije na dubini od 23 do 45 cm od površine (tj. sek. 3–4/1SV) počinju rasti, potom na dubini 45 do 50 cm (tj. sek. 5/1SV) padaju, da bi na dubini od 50 do 58 cm (tj. 6/1SV) ponovno porasle postigavši najvišu vrijednost. Zatim ponovno padaju i do dubine od 66 do 77 cm (tj. 8/1SV) osjetno se smanje, neke čak i nestanu. Na dubini od 94 do 103 cm (tj. 10/1SV) ponovno je moguće prepoznati manje povećanje koncentracija makroostataka uzgojenih biljaka.

Sličnu sliku vertikalne raspoređenosti prikazuju makroostaci ostalih, neuzgojenih (dakle sakupljenih) prehrambenih taksona, voćnih i orašastih plodova te makroostaci korovnih i ruderalnih taksona, snažno povezanih s ljudskom aktivnošću (npr. bijela loboda [*Chenopodium album*], poljski kukulj [*Agrostemma githago*], bršljenasta



Slika 176: Vertikalna raspoređenost makroostataka (u koncentracijama makroostataka u 1 litri sedimenta) za prehranu nevažnih, prirodnih biljaka (bez korovno-ruderalnih), raspoređenih u 3 ekološke skupine, u 130 cm dugačkom stupcu sedimenta iz profila Strojanova voda (1/1 SV [289,39 m nm] – 12/1 SV [288,09 m nm]); preuzeto prema: Tolar 2018.

čestoslavica [*Veronica hederifolia*], pušina [*Silene sp.*], obična mišjakinja [*Stellaria media*], obična kopřiva [*Urtica dioica*], povijajuća heljda [*Polygonum convolvulus*], oputina [*Polygonum aviculare*], čistac [*Stachys sp.*] (Tolar 2018).

Na temelju dosadašnjih arheoloških i dendrokronoloških istraživanja pretpostavlja se da je ljudska aktivnost na tom, jugoistočnom području Ljubljanskog barja trajala negdje od oko 4600. (sojениčko naselje Resnikov prekop) do oko 2450. godine pr. Kr. (sojениčko naselje Parte), ali ne neprekinuto već s prekidima između naseljavanja (Velušček i sur. 2000; Velušček i Čufar 2002; Čufar i Korenčič 2006; Čufar i sur. 2013), što pokazuju i arheobotanički rezultati. Slika 175 naime prilično jasno prikazuje više, barem dva do tri vala povećanih koncentracija makroostataka prehrambenih biljaka u 68 cm profilnog stupca (tj. od 288,36 do 289,04 mnv), što dokazuje dulje čovjekovo djelovanje s prekidima na šire istraženu području.

Jedan od važnijih arheobotaničkih rezultata dobivenih na istraženom nalazištu predstavlja i vertikalna raspoređenost makroostataka drugih, neprehrambenih i s ljudskom aktivnošću nepovezanih, tj. prirodnih biljnih taksona, u 130 cm dugačkoj neprekinutoj sedimentnom **sljedu** (slika 176).

Slika 176 prikazuje snažnu dominaciju obalnih i vodenih biljaka nad biljkama travnjaka. Koncentracije makroostataka obalnih (močvarnih) biljaka i biljaka iz sporih tekućica ili stajaćica povišene su baš u onim slojevima u kojima je zamijećeno i povećano ljudsko djelovanje (tj. od 10/1SV do 4/1SV; vidi također sliku 175). Jasno se vidi i viša koncentracija makroostataka obalnih biljaka, osobito na dubini od 8/1SV do 4/1SV – prema arheobotaničkim rezultatima, dakle upravo u najaktivnijem razdoblju postojanja naselja na nalazištu Strojanova voda. Čini se da je naselje (kao i većina sojениčkih naselja tadašnje Europe) bilo podignuto na obali tadašnjeg jezera, koje se je postepeno isušivalo i jednako tako, najvjerojatnije, više puta poplavlivalo. Niske koncentracije ostataka travnatih biljaka i na tom nalazištu govore o tadašnjim skromnim travnatim površinama, koje su danas karakteristične za Barje i rezultat su ispaše ili košnje. I taj podatak govori da su se domaće životinje stanovnika sojениčkih naselja najvjerojatnije pasle u zaleđu jezera/močvare, odnosno na padinama uz rubove šuma i samih šuma. Više o tome otkrivaju nam **koproliti** koje je moguće pronaći u slojevima sojениčkih naselja (II. dio/7.1).

5.3 Mali sisavci kao alat za prepoznavanje promjena u paleookolišu

Klimatske promjene su konstanta u geološkoj povijesti našeg planeta. Oscilacije su bile ponekad naglje i izraženije, dok su u drugim razdobljima bile postupnije i manje uočljive (npr. Crowley 1983), no uvijek su imale značajan utjecaj na biljni i životinjski svijet pojedinih područja (npr. Parmesan i Yohe 2003; Kiehl i Shields 2005). To je i najvažnije s arheozoološkom stajališta jer su životinjski ostaci na arheološkim (i paleontološkim) nalazištima jedni od pouzdanih pokazatelja

karakteristika nekadašnjeg okoliša. Istraživači su se u tom smislu dugo oslanjali na nalaze velikih sisavaca, budući da su oni (bili) obično najbrojniji unutar pojedinih uzoraka. Tradicionalni pristup dobivanja uvida u karakteristike nekadašnjih **biotopa** i **vegetacije** temeljio se na jednostavnom preslikavanju životnog okoliša današnjih živih predstavnika pojedinih životinjskih vrsta u prošlost. Međutim, takav pristup se u struci s vremenom pokazao spornim. Značajan dio velikih sisavaca sposoban je prilagoditi se različitim okolišima te su stoga mogli naseljavati različita staništa u prošlosti, od ovih u kojima danas žive (vidi npr. Musil 1985; Miracle i Sturdy 1991; Van Kolfschoten 1995; Myslajek i sur. 2016; Bright Ross i sur. 2021). Naime, temperatura, vlaga i drugi fizički uvjeti izravno određuju samo krajnje granice rasprostranjenosti pojedinih vrsta, dok je njihov utjecaj na stvarni **areal** samo posredan. To se očituje kao promjena kompetitivne sposobnosti pojedinih vrsta u odnosu na rivale u (istom) okolišu. Evo primjera. Kuna zlatica (*Martes martes*) je danas u većem dijelu Europe većinom vezana uz šume, ali je možemo pronaći i u grmovitim krajevima u zapadnoj Irskoj i na Balearima. Zašto samo tamo? Jednostavno zato što je drugdje ovo stanište zauzela očito uspješnija kuna bjelica (*Martes foina*), koje nema u zapadnoj Irskoj i na Balearima (Bright 1999). A arheozoološke implikacije? Ako prisutnost kune bjelice utječe na izbor staništa kune zlatice danas, vjerojatno je tako bilo i u prošlosti. Ostaci kune zlatice na europskim ledenodobnim nalazištima stoga se ne mogu shvatiti kao uvjerljiv dokaz za postojanje šuma u tadašnjem okolišu (vidi npr. Toškan i Dirjec 2011b, 173), budući da je kuna bjelica u tom području **holocenska pridošlica** (Crégut-Bonnoure 1996).

Unatoč tome, treba naglasiti da ponekad i veliki sisavci mogu biti dobar izravni pokazatelj nekadašnjeg okoliša. To se posebno odnosi na tzv. indikatorske vrste, poput arktičke (polarne) lisice (*Alopex lagopus*) za tundru ili planinskog svisca (*Marmota marmota*) za otvorenu visokoplaninsku tundru. Nešto manje izravno, na temelju prisutnosti ostataka velikih zvijeri, možemo zaključivati o velikoj zajednici pragoveda (*Bos primigenius*), europskog bizona (*Bison bonasus*), losa (*Alces alces*), vunastog mamuta (*Mammuthus primigenius*) ili nekih drugih velikih biljojeda kao njihove hrane. Međutim, općenito je važno istaknuti da su za paleookolišna istraživanja mnogo prikladniji tzv. mali sisavci (npr. glodavci, kukcojedi). Razlog tome leži u njihovoj ograničenoj pokretljivosti i specifičnim ekološkim zahtjevima (tj. manjoj prilagodljivosti), zbog čega su pojedine vrste čvršće vezane uz točno određeni tip staništa. Kao zoran primjer korisnosti malih sisavaca za paleookolišna istraživanja, u nastavku ćemo prikazati sažetak istraživanja ostataka kukcojeda, šišmiša i glodavaca s nekoliko holocenskih nalazišta na slovenskom Krasu (Toškan i Kryštufek 2004; Toškan 2009a).

Analizirani materijal potječe sa šest različitih lokaliteta, među kojima se po broju nalaza ističu Viktorjev spodmol kod Famlja i Mala Triglavca kod Divače (za njihov opis vidi II. dio/1.4). Stoga ćemo se dalje uglavnom usredotočiti na rezultate s tih dvaju nalazišta, budući da su oni u načelu potpuno usklađeni s nalazima s drugih

analiziranih lokaliteta (Toškan 2009a, 126). Zastupljenost pojedinih taksona po vremenskim razdobljima prikazana je na slici 177, pri čemu je količina ostataka izražena kao najmanji broj jedinki (MNI; vidi I. dio/3.6.1; izuzetak je uzorak 4, gdje te informacije nisu bile dostupne u izvornoj objavi). Razlog za takvu odluku je taj što se neki kukcojedi, a osobito i glodavci, mogu prepoznati po znatno većem broju različitih vrsta zuba od drugih (taksonomska odredba malih sisavaca na temelju kostiju vrlo je teška i stoga nije uobičajena praksa). Evo primjera. Šumsku voluharicu (*Myodes glareolus*), sivog puha (*Glis glis*) ili vjevericu (*Sciurus vulgaris*) možemo lako prepoznati po bilo kojem od izoliranih zuba, osim sjekutića, dok je to, primjerice, kod kratkouhkih voluharica (rod *Microtus*) moguće učiniti jedino na temelju prvog donjeg kutnjaka. Stoga ne čudi što zbroj zuba pripisanih šumskoj voluharici (NISP; vidi I. dio/3.6.1) u materijalu iz Viktorjeva spodmola i Male Triglavce četiri puta premašuje broj svih identificiranih zuba livadne/poljske voluharice (*Microtus agrestis/arvalis*), dok je kada koristimo MNI razlika u omjeru zastupljenosti oba taksona zanemariva (slika 177). Na temelju takvih nalaza, nema nikakve sumnje da pouzdaniji uvid u sastav nekadašnje zajednice malih sisavaca pruža upravo MNI.

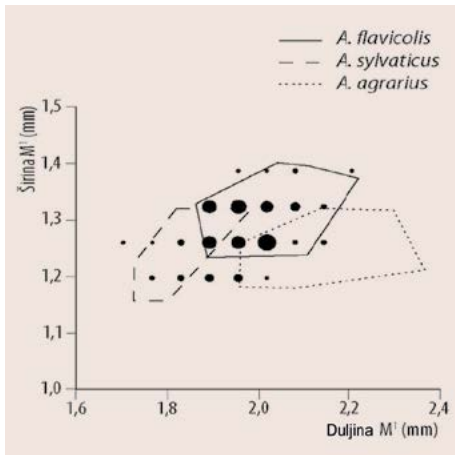
Sada pogledajmo rezultate. Arheozoološki podaci za ranoholocenski materijal iz Viktorjevog spodmola i Male Triglavce pokazuju da je u prvih nekoliko tisućljeća nakon posljednjega ledenog doba slovenski Kras karakteriziran mozaikom različitih tipova staništa sa šumama, manjim livadama i kamenjarima (slika 177: uzorci 1 i 2). Da krajolik nije bio jednoličan dokazuje velika raznolikost vrsta u obje građe, koja uključuje ostatke najmanje 27, odnosno 21 različite vrste. Razumljivo je da raznolikost dostupnih staništa potiče i raznolikost životinjskog svijeta koji tamo živi. U tom smislu još je značajnije, naravno, uočavanje udjela pojedinih taksona. Među bolje zastupljenim su šumski miševi (rod *Apodemus*), puhovi (*Glis glis*, *Muscardinus avellanarius*, *Dryomys nitedula*) i šumske voluharice (*Myodes glareolus*). U Viktorjevom spodmolu njihov zajednički udio doseže 50 posto svih identificiranih nalaza, dok taj udio u Maloj Triglavci čak i premašuje tu granicu. Budući da su sve navedene vrste šumske, brojnost njihovih ostataka možemo opravdano interpretirati kao pokazatelj rasprostranjenosti šumskih površina. Isto vrijedi i za pojedinačne nalaze šumskih rovki (rod *Sorex*) i vjeverice. Učestalost ostataka puhova i žutogrih miševa (*Apodemus flavicollis*; slika 178), koji se hrane plodovima listopadnog drveća, dokazuje slabu zastupljenost četinjača. O postojanju livada, koje su morale biti površinski prilično ograničene, svjedoče pojedinačni nalazi livadne i poljske voluharice te, na primjer, obični šumski miš (*Apodemus sylvaticus*) i patuljasti hrčak (*Cricetulus migratorius*). Ostaci planinske voluharice (*Chionomys nivalis*) i dinarskog voluhara (*Dinaromys bogdanovi*) dokazuju postojanje kamenjara.

Uvid u paleookoliš drugog i prvog tisućljeća pr. n. e. pruža drugi, mlađi od oba uzorka iz Viktorjevog spodmola (slika 177: uzorak 3). U usporedbi s materijalom iz starijih slojeva, posebno je važno istaknuti izrazito manji udio ostataka šumskih vrsta

TAKSON	Uzorak 1 MNI	Uzorak 2 MNI	Uzorak 3 MNI	Uzorak 4 NISP
Šumske rovke (<i>Sorex</i>)	11 (1,9 %)	3 (2,3 %)		1
Šumska voluharica (<i>Myodes glareolus</i>)	112 (19,3 %)	9 (6,8 %)	12 (3,5 %)	
Obična krtica (<i>Talpa europaea</i>)	18 (3,1 %)	2 (1,5 %)	22 (6,3 %)	8
Planinska voluharica (<i>Chionomys nivalis</i>)	12 (2,1 %)	1 (0,8 %)	6 (1,7 %)	3
Livadna/poljska voluharica (<i>Microtus arvalis/agrestis</i>)	64 (11,0 %)	7 (5,3 %)	76 (21,9 %)	
Ilirski voluharić (<i>Microtus subterraneus/liechtensteini</i>)	59 (10,2 %)	13 (9,8 %)	11 (3,2 %)	1
Dinarski voluhar (<i>Dinaromys bogdanovi</i>)	2 (0,3 %)	1 (0,8 %)		
Patuljasti hrčak (<i>Cricetulus migratorius</i>)	1 (0,2 %)	2 (1,5 %)		
Šumski miševi (<i>Apodemus</i>)	213 (36,7 %)	67 (50,8 %)	101 (29,1 %)	53
Sivi puh (<i>Glis glis</i>)	37 (6,4 %)	16 (12,1 %)	9 (2,6 %)	121
Gorski puh (<i>Dryomys nitedula</i>)	5 (0,9 %)			
Puh orašar (<i>Muscardinus avellanarius</i>)	21 (3,6 %)	1 (0,8 %)		4
Vjeverica (<i>Sciurus vulgaris</i>)	1 (0,2 %)	4 (3,0 %)		
Ostale vrste (Σ)	25 (4,3 %)	6 (4,6 %)	10 (2,9 %)	7

Slika 177: Zastupljenost bitnih taksona malih sisavaca u građi s pojedinih nalazišta s Krasa. Količina ostataka izražena je kao najmanji broj jedinki (MNI; uzorci 1-3) ili broj odredivih primjeraka (NISP; uzorak 4); za prikaz spomenutih pokazatelja vidi I. dio/3.6.1. Zbog korištenja i NISP i MNI, postoci zastupljenosti pojedinih taksona navedeni su samo za uzorke 1 do 3. Prikaz uzoraka: uzorak 1 – Viktorjev spodmol: donji holocen; uzorak 2 – Mala Triglavca: donji holocen; uzorak 3 – Viktorjev spodmol: srednji holocen; uzorak 4 – Sokolak: suvremeni ostaci (Lipej i Gjerkeš 1996). Kronološko određenje pojedinih uzoraka temelji se na rezultatima analize arheoloških nalaza.

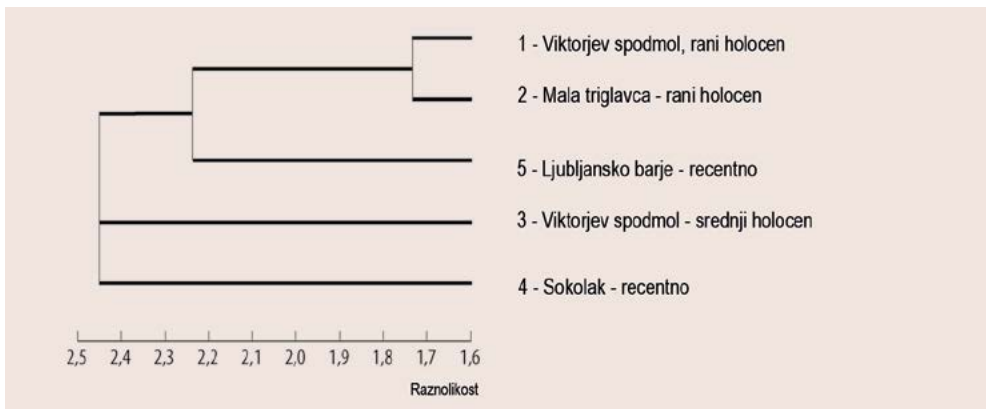
(tj. < 30 %), koje su i inače malobrojne. Među njima više ne nalazimo gorskog puha (*Dryomys nitedula*), puha orašara (*Muscardinus avellanarius*), šumske rovke (*Sorex araneus*) i, primjerice, neke vrste „šumskih” šišmiša (Toškan i Kryštufek 2004, tablica 15.10). S druge strane, možemo primijetiti povećanje udjela običnoga šumskog miša (Toškan i Kryštufek 2004, 130) te livadne i poljske voluharice (u slučaju ovih potonjih za više od tri puta). Budući da su spomenute vrste vezane uz otvorena staništa, prikazani rezultati nedvojbeno svjedoče o širenju travnatih površina (slika 78). Ovdje valja



Slika 178: Odnos duljine gornjeg prvog kutnjaka (M^1) i njegove širine kod šumskih miševa iz Male Triglavce (točke; za Viktorjev spodmol vidi Toškan i Kryštufek 2004, sl. 15.6). Višekutnici okružuju vrijednosti za 35 suvremenih žutogrlih miševa (*Apodemus flavicollis*; puna linija), 35 suvremenih običnih šumskih miševa (*Apodemus sylvaticus*; isprekidana linija) i 30 suvremenih prugastih poljskih miševa (*Apodemus agrarius*; točkasta linija) iz Slovenije. Veličina točki označava broj uzoraka u analiziranom materijalu, kojima je izmjerjen parametar duljine i širine gornjeg prvog kutnjaka.

napomenuti da se takvi nalazi podudaraju s općenito skromnim rezultatima analize biljnih ostataka s proučavanog područja (npr. Turk i sur. 1992; 1993).

Završni dio paleookolišne studije posvećen je analizi uzorka malih sisavaca iz suvremenih **gvalica** šumske sove (*Strix aluco*), koji su prikupljeni u Sokolaku blizu Škocjanskih jama (Toškan i Kryštufek 2004, 131–133; Toškan 2009a, 126–128). Zbog korištenja drugačijeg pokazatelja broja nalaza (NISP; nažalost, vrijednosti MNI nisu uključene u izvornoj objavi podataka) ovdje nisu navedeni podaci o postocima zastupljenosti, no to nije toliko važno. Glavni zaključak usporedbe suvremenog materijala (slika 177: uzorak 4) s nizom nalaza iz pojedinih arheoloških razdoblja (uzorci 1–3) je da se trend osiromašenja lokalne zajednice malih sisavaca posljednjih tisućljeća dodatno intenzivirao. Pored nekih vrlo prilagodljivih i stoga



Slika 179: Hijerarhijski dijagram (=dendrogram) koji pokazuje stupanj sličnosti između tri prapovijesne i dvije recentne skupine malih sisavaca iz Slovenije. Pretpostavlja se da je glavni čimbenik akumulacije ostataka za sve bila sova. Sličnost između pojedinih uzoraka obrnuto je proporcionalna duljini vodoravnih (tj. zadebljanih) linija nakon posljednjeg zajedničkog razdvajanja. Prikazi uzoraka: uzorci 1-4: vidi potpis uz sliku 130; uzorak 5 – Ljubljansko barje (Kozlarjeva gošča, Bevke, Sarsko): novovjekovni ostaci (Kryštufek 1980).

općenito raširenih vrsta malih sisavaca (npr. sivi puh, obični šumski miš), danas na slovenskom Krasu možemo naći samo još nekoliko specijaliziranih, koji izbjegavaju suhi okoliš povlačeći se pod zemlju ili unutar pukotina stijena (npr. ilirski voluharić [*Microtus liechtensteini*], obična krtica [*Talpa europaea*], snježna voluharica). Kako objasniti takva opažanja? Vjerojatno prije svega zbog ljudskog utjecaja na okoliš. Kao i u mnogim drugim područjima duž Sredozemlja (Kryštufek i Griffiths 1999), gdje se ekonomija nakon pojave domaćih životinja temeljila uglavnom na uzgoju stoke (Turk i sur. 1992; 1993, Toškan i Dirjec 2004a; Bonsall i sur. 2013), i ovdje su ispaša, krčenje grmlja i namjerni šumski požari u kombinaciji s ljetnom sušom izazvali značajne promjene u vegetaciji i eroziju tla. Kao posljedica toga, došlo je do značajnog smanjenja raznolikosti vrsta faune malih sisavaca. Na prijelazu iz srednjeg u kasni holocen, utjecaj na prirodnu šumsku vegetaciju bio je još uvijek umjeren i vjerojatno je većinom bio ograničen uokolo dugotrajnih naselja ili utvrda, no u posljednjih 3000 godina ljudski se utjecaj izrazito pojačao. Prema nekim procjenama, razmjeri promjena u sastavu faune malih sisavaca na slovenskom Krasu u posljednjih 3000 godina čak su nadmašili promjene koje su na tom području uzrokovale velika klimatska kolebanja na kraju posljednjega ledenog doba i nakon njega (tzv. virmski glacijal; Toškan i Kryštufek 2007, 206–207; Toškan 2009a, 127–128). Izravni odraz takvih događanja, između ostalog, jest činjenica da je taksonomski sastav skupa nalaza malih sisavaca iz prapovijesnih slojeva Viktorjevog spodmola i Male Triglavce (slika 177: uzorci 1–3) sličniji današnjim zajednicama u unutrašnjosti Slovenije nego onima koje danas naseljavaju slovenski Kras (slika 179). Na području središnje Slovenije, naime, do sličnih intenzivnih ljudskih intervencija u vegetaciju nikada nije došlo.

5.4 Špiljski sedimenti, klimatski uvjeti i promjene u okolišu

Špilje predstavljaju neprocjenjiv izvor informacija za proučavanje paleookoliša zbog njihove dugotrajne uporabe te činjenice da su u špiljskim sedimentima često očuvani ključni arheološki i okolišni podaci. Istraživanjem taložnih i posttaložnih procesa u špiljama, moguće je rekonstruirati uvjete u okolišu koji su ih kontrolirali. Špilje su među prvim arheološkim nalazištima na kojima su u proučavanju arheoloških taložina primijenjene sedimentološke tehnike poput granulometrijske analize, analize oblika i sastava čestica itd. Špiljski su sedimenti prvi na kojima je primijenjena arheološka mikromorfologija sedimenata, što je omogućilo prepoznavanje važnih posttaložnih procesa značajnih za paleoklimatske interpretacije (Bordes 1972; Laville i sur. 1980; Goldberg 1979a; Goldberg 1979b; Courty i sur. 1989; Farrand 2000; Karkanis i Goldberg 2017). Među hrvatskim špiljskim arheološkim nalazištima najznačajnije istraživanje koje povezuje karakteristike sedimenata s klimatskim uvjetima jest ono koje su proveli M. Malez i D. Rukavina (1975) te M. Malez, An. Šimunić i Al. Šimunić (1984) na sedimentima špilje Vindije.

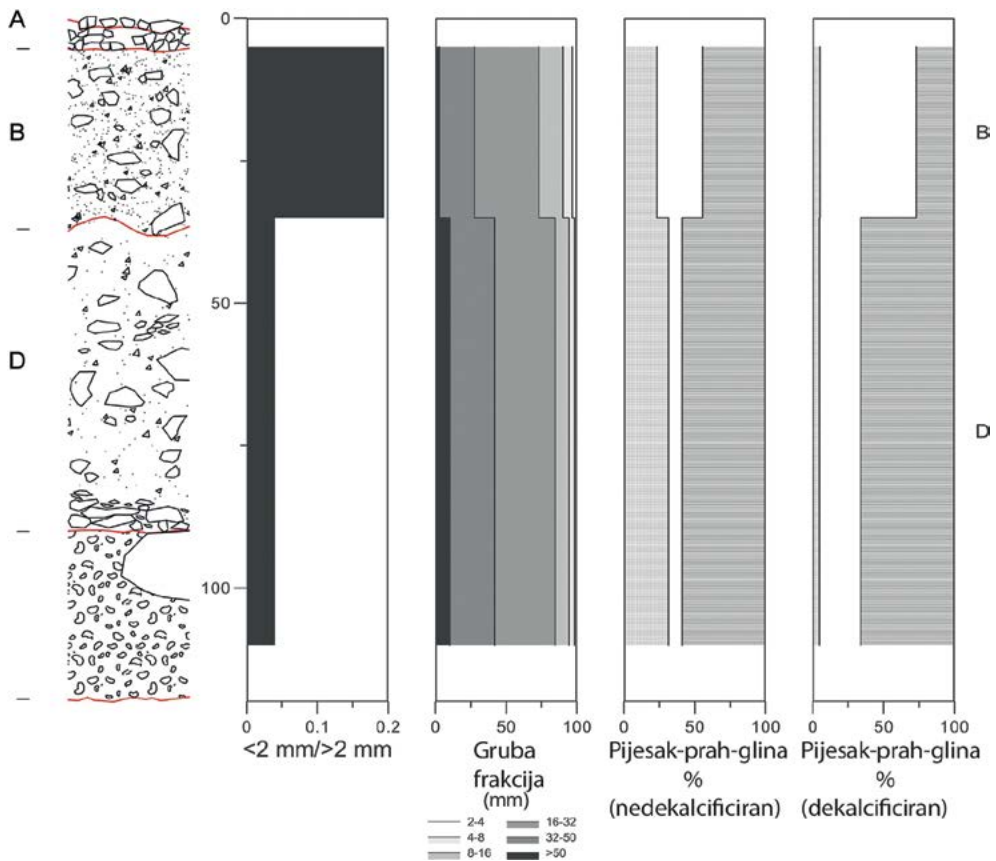
Mikromorfološke analize provedene na špiljskim sedimentima u Francuskoj jasno su pokazale naizmjenične epizode kolvijacije i nastanka speleotema te krioklastizma uslijed izmjene toplijih i hladnijih te vlažnih i suhих klimatskih uvjeta (Goldberg 1979a; Courty 1989). Krioturbacije - procesi povezani sa zamrzavanjem i odmrzavanjem sedimentata smatraju se posebno informativnim o klimatskim promjenama u špiljama, pogotovo kada se izmjenjuju sa sedimentima koje ti procesi nisu zahvatili (van Vliet-Lanoë 1985; Karkanis i Goldberg 2019).

Tijekom hladnijih razdoblja izraženiji su procesi poput razaranja matične stijene uslijed smrzavanja, krioturbacije, otapanje vapnenca, ispiranje sedimentata i nanosa vjetrom (Malez i sur. 1984). Upravo smo takve procese uočili u sedimentima Mujine pećine, taloženim tijekom gornjeg pleistocena (MIS 3), odnosno u razdoblju srednjega paleolitika kada su špilju koristili neandertalci između 45.000 i 39.000 godina prije sadašnjosti (vidi I. dio 4.7). Mujina pećina nalazi se u Dalmaciji, sjeverno od Kaštela, nedaleko ceste koja vodi prema Labinštini. Smještena je otprilike 260 metara iznad razine mora, a ulaz u špilju gleda prema Kaštelanskom zaljevu, otprilike 60 metara iznad današnjeg dna dubokog krškog kanjona. U neposrednoj okolici špilje na površini se pojavljuje jako okršeni vapnenac. Niz strme padine kanjona i među stjenovitim izdancima spuštaju se sipari, od kojih jedan ulazi u pećinu s južne strane ulaza (Boschian i Gerometta 2020). Špilja je dugačka 10 metara i široka 8 metara (Karavanić i sur. 2008). Arheološka iskopavanja otkrila su stratigrafski slijed od 2 m podijeljen u najmanje osam slojeva (A, B, C, D1, D2, E1, E2 i E3), uključujući bogatu musterijensku industriju (Karavanić i Bilich-Kamenjarin 1997). Stratigrafske jedinice Mujine pećine uglavnom su kontinuirani slojevi ili leće koje se stanjuju prema unutrašnjosti pećine. Svaki sloj uzorkovan je za granulometrijsku analizu (slika 180), pri čemu je veličina uzorka iznosila od 15 do 20 kg zbog velike količine kamenja. Krupnozrnata (>2 mm) komponenta je mjerena na cjelovitom uzorku s preciznošću od 1φ suhim prosijavanjem i vaganjem izravno na terenu. Dvodimenzionalne procjene oblika klasta provedene su na frakciji veličine 16-32 mm, koja je najzastupljenija u gotovo svim slojevima (Gerometta 2017). Dominantnu komponentu sedimentata u u špilji predstavlja kršje (slika 108) koje nastaje raspadanjem matične stijene uslijed zamrzavanja vode u njenim pukotinama ili je taložen u špilju iz sipara uz sam špiljski ulaz. Doprinos ovih komponenti u nastanku slojeva može se procijeniti prema količini svakog oblika klasta jer se svod i zidovi špilje obično lome u izdužene klaste, dok je kamenje iz sipara uglavnom izometričnog oblika (Boschian i sur. 2017; Boschian i Gerometta 2020).

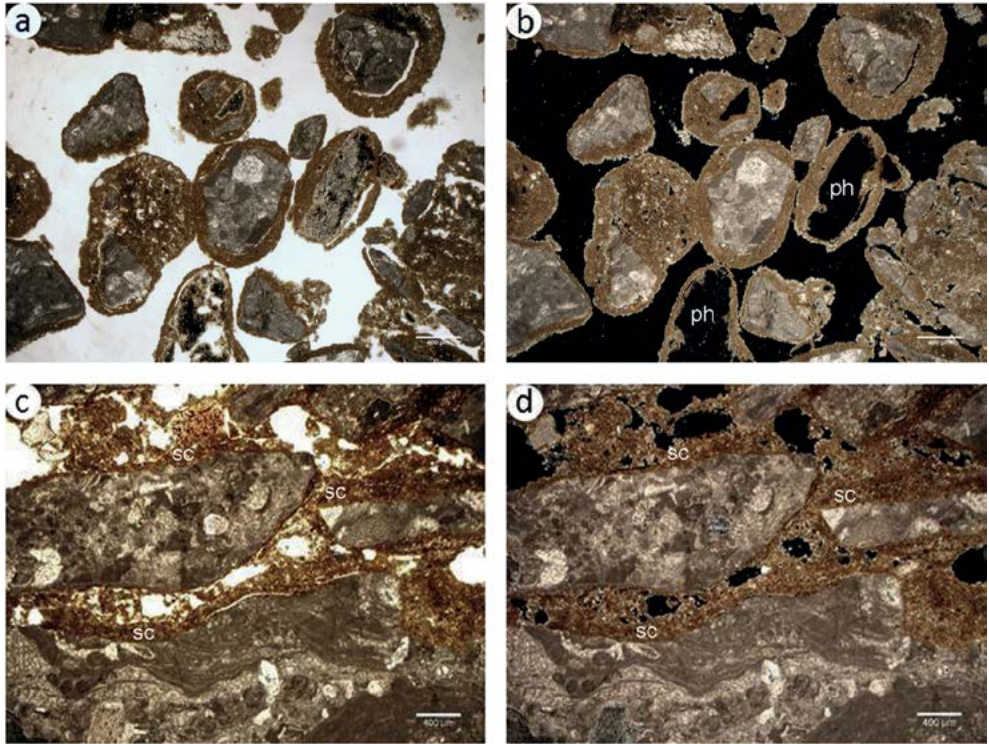
Matriksa je uvijek manje od 20%, ali varira znatno i unutar jednog sloja. U nekim slojevima je vrlo oskudan (A-1, B-2/3, C-4 i D-5), a najobilniji je u slojevima E1-6 i E3A-10 (slika 180; Boschian i Gerometta 2020).

Gruba frakcija sedimenta je relativno oskudna na mikroskopskoj razini; veći klasti su gotovo isključivo vapnenici ili kulturni ostaci, a fina komponenta sedimenta ne zauzima uvijek cijeli prostor među kamenjem. Građa sedimenta jest

uglavnom zrsne potpore, ostavljajući široke praznine u međuprostorima zrna. Mikrostruktura je gotovo uvijek zrnasta, slabo do dobro razvijena te manje ili više poremećena kanalima i drugim prazninama. U nekim slučajevima je mikrostruktura poluuglata i grudasta s umjereno do jako razdvojenim agregatima (jedinica B), ili opnasto-zrnata (jedinica D-5). Zrnata mikrostruktura (slika 181a-b) može se pojaviti u sedimentima podložnim smrzavanju (Van Vliet-Lanoë 2010, i tamo navedena bibliografija), dok grudasta agregacija može biti posljedica naknadnog skupljanja i bubrenja relativno glinovitog sedimenta u ciklusima vlaženja/isušivanja. Pojava siltnih pokrova na klastima (slika 181c-d) potvrđuje pretpostavku o sezonskom smrzavanju sedimenta u donjim jedinicama (E) dominira točkasta mikrostruktura povremeno sa složenijim uzorcima strijalne (E2A-8) ili paralelno prugate (E3C-12) b-građe. B-građa se u jedinicama B-3, E2A-8 i E3C-12 pojavljuje oko zrna i oko pora.



Slika 180: Granulometrijski profil u kvadrantu D6 (prema Boschian i sur. 2017, Slika 6). Slijeva nadesno: pojednostavljeni stratigrafski slijed, omjer fine/grube frakcije (<2 mm/>2mm), granulometrije grube frakcije, granulometrije fine frakcije (nedekalcificirane i dekalificirane). Preuzeto iz: G. Boschian i sur. 2017, 19, 7).



Slika 181: Mikrofotografije mikropresjeka sedimenata Mujine pećine (prema Boschian i sur. 2017, Slika 10). a) kriogena zrnasta mikrostruktura; uzdignuti i djelomično vertikalizirani siltni pokrovi koji sasvim prekrivaju skeletna zrna, bez analizatora, jedinica D-5. b) kao u a, s analizatorom; amorfna fosfatična zrna (ph) pojavljuju se među prekrivenim zrnima skeleta; opaža se da oko zrna nema b-građe, koja je uobičajena za siltna pokrova. c) siltni pokrovi (sc) na vapnenačkim klastima, bez analizatora, jedinica D-4. d) kao u a, s analizatorom. Preuzeto iz: G. Boschian i sur. 2017, 24, 10).

Ove su karakteristike b-građe u skladu s prethodno spomenutim ciklusima vlaženja i sušenja (Boschian i Gerometta, 2020, 11-14).

Nodule Fe i / ili Mn oksida često se javljaju u svim jedinicama; prisutni su i glineni agregati (pedorelikti) s kvarcnim zrcima (slika 181a-b), a ponekad i točkasta b-građa te crvenkasti glineni agregati, tj. papule prema Breweru (1976) (slika 181c) i povremenim „kotrljanim” pedološkim tvorevinama (slika 181d). Zajedno sa slabim sortiranjem čestica, sve su to pokazatelji koluvijalnih procesa (Goldberg, 1979a; Coutry i sur. 1989; Boschian, 1997).

Sedimenti Mujine pećine ukazuju na tri glavna prirodna procesa taloženja: 1) nakupljanje krioklastičnog kršja 2) kršje iz sipara koji se nalazi neposredno uz ulaz u špilju, 3) ispiranje finog sedimenta. Aktivnost sipara povećavala se kroz vrijeme te je

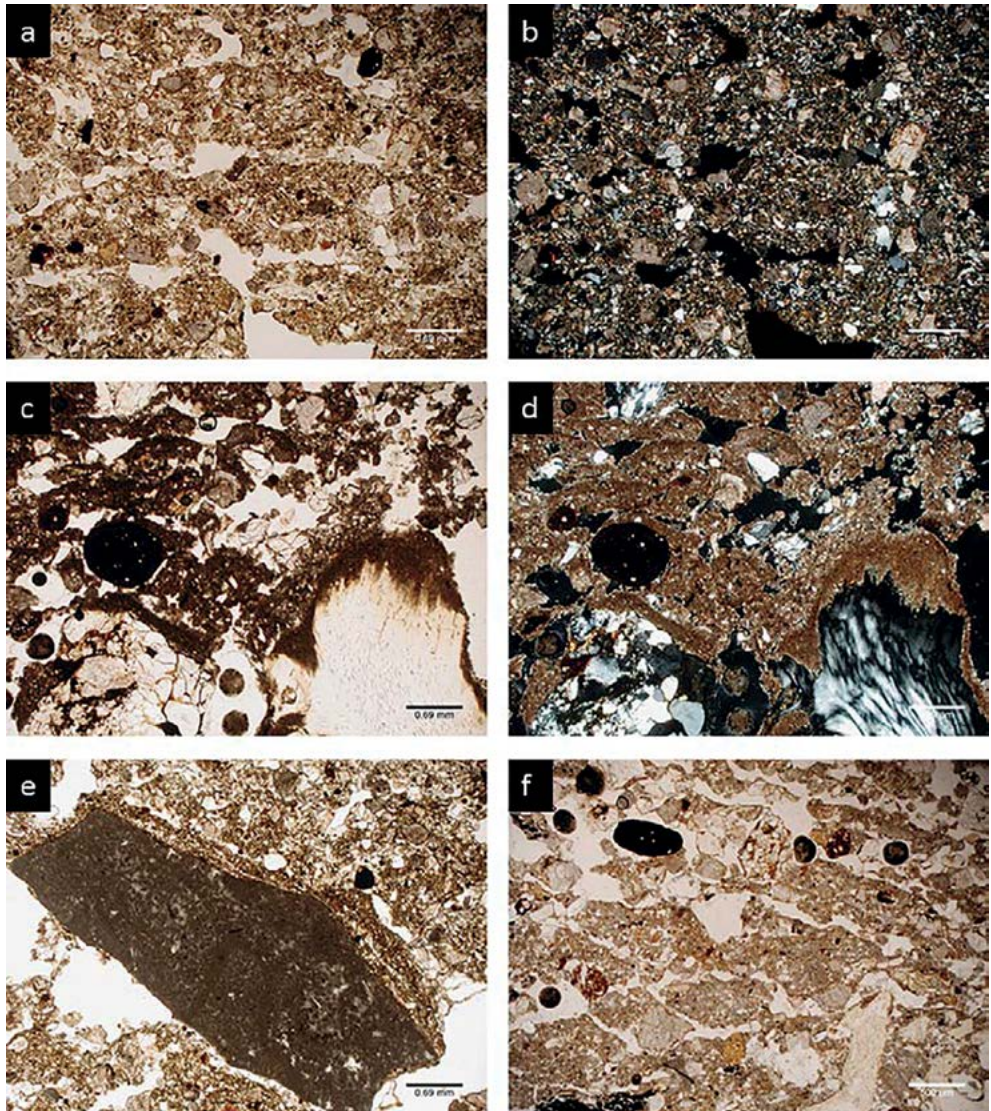
postala sve važnijom u slojevima od D do B, koji su također mnogo deblji, što upućuje na veće stope taloženja.

Matriks, iako uvijek manji od 20%, više je zastupljen u nižim jedinicama, gdje dostiže vrhunac u E3A i stalno se smanjuje prema gore, s drugim maksimumom u E1-6. Neznatne razlike pokazuju da je matriks najnižih i najgornjih jedinica mješavina praha i nešto gline, uz iznimku E2B-9 (prah) i E2A-8 (gline), dok slojevi D-5, D i E1-6 imaju glinoviti matriks. Od svih slojeva, jedino je sediment sloja E2B-9 u granicama primarnog prapora koji bi mogao predstavljati hladni i vrlo suhi Heinrichov događaj H5 (Boschian i sur. 2017; Boschian i Gerometta 2020).

Uzorci Mujine pećine uklapaju se u praporna paleotla otoka Suska (Cremaschi, 1990; Mikulčić Pavlaković i sur. 2011; Wacha i sur. 2011), ali imaju manje pijeska, što ukazuje na distalno taloženje prapora i/ili gubitak energije vjetra koji se penje prema pećini. Jedinice D-5, D i E1-6 uključuju crvenkastu glinu s Fe-oksidima koji, iz Alfisola koji nastaje izvan špilje kao tlo crvenica, zatim koluviraju unutar špilje. Na mikroskopskoj razini, koluvij sugeriraju pedorelikti alohtonog sedimenta ili tla, prethodno nataloženi izvan špilje i preneseni u nju ispiranjem. Pedorelikti su uobičajeni i u glinom siromašnoj E2A, što također upućuje na ispiranje gline (Boschian i sur. 2017; Boschian i Gerometta 2020).

Skupine slojeva E2A-8 / E1-7 i E1-6 / D-5 predstavljaju dva slična ciklusa koji sadrže tanki sloj s mnogo matriksa prekriven debljom akumulacijom kršja s malo matriksa. Ovi ciklusi predstavljaju snažnu eroziju tla i otjecanje, nakon čega slijedi reaktivacija sipara, što upućuje na nestabilnost padina u svježim i jako promjenjivim ciklusima vlažnih i suhih uvjeta. Ciklusi zamrzavanja i odmrzavanja prepoznatljiviji su na mikromorfološkoj razini u D-4 i D-5, gdje siltne pokrovi na elementima grube frakcije svjedoče o fazama sezonskog zamrzavanja tijekom taloženja D4 ili kasnije. Svi ovi podaci upućuju na hladnu ili svježju klimu sa sušim oscilacijama. U najgornjim jedinicama brzo se nakupilo kamenje iz sipara, dok su najniže jedinice taložene polako i postojano, kada je hladna i suha klima favorizirala taloženje eolske prašine (ili epizodično ispiranje svježje taloženog prapora). O toplijim epizodama svjedoče finije frakcije u jedinicama E3C-12 i E3B-11. Na mikromorfološkoj razini, posebice u slojevima E2A-8 i E3C-12, mali ulomci kostiju (veličine od krupnog pijeska do praha) vrlo su česti, a ponekad su gorjeli na relativno niskoj temperaturi. Negoreni dio ovih kostiju mogao je nastati uslijed glodanja i probave karnivora, ali treba napomenuti da u sloju E3C-12, gdje su ti fragmenti najčešći, nisu opaženi koproliti karnivora. Posljedično, one su antropogene i ukazuju ili na intenzivno namjerno lomljenje kostiju i naknadno zagrijavanje za ekstrakciju koštane srži, tipično za neandertalsko ponašanje (Rabinovich i Hovers 2004; Roebroeks i Villa 2011) ili na upotrebu kostiju, ili vjerojatnije masne komponente kostiju, kao goriva, u okolišu koji je oskudijevao drvom (Bosco i sur. 2009; Douka i sur. 2012). Unatoč toplijim oscilacijama, sedimenti upućuju na hladne uvjete s još hladnijim vrhuncima, što se podudara s klimatskom varijabilnošću MIS3.

Vapnenačko kršje kakvo nalazimo u Mujinoj pećini vrlo je često sastav špiljskih sedimenata diljem Sredozemlja. U Europi, glavni proces odlamanja većih blokova i manjih ulomaka stijena sa svoda i zidova špilja uzrokovan je zaleđivanjem i odleđivanjem vode koja prodire u pukotine u stijeni što ukazuje na hladnije klimatske uvjete u vrijeme taloženja (Barton i Clark 1993; Goldberg i Macphail 2006). Iako se



Slika 182: Mikrofotografije: a) SJ 100, lečasta mikrostruktura, bez analizatora; b) SJ 100, lečasta mikrostruktura, s analizatorom; c) SJ 90, prugasta građa i siltne pokrovi, bez analizatora; d) SJ 90, prugasta građa i siltne pokrovi, s analizatorom; e) SJ 100, stratificirani siltne pokrova fragment vapnenca, bez analizatora; f) SU 90, lečasta mikrostruktura, s analizatorom.

velika količina nataloženog kršja ne može uvijek objasniti procesima smrzavanja i odmrzavanja (vidi npr. Farrandovu interpretaciju taloženja u špilji Franchthi u Grčkoj; Farrand 2000), u našem slučaju je kriogensko porijeklo ovih procesa potvrđeno mikromorfologijom. Lećaste mikrostrukture (*ice lensing*), siltni pokrovi, vertikalizirani elementi, mrazom razlomljeni ulomci i prugasta građa – sve su ovo jasni pokazatelji smrzavanja sedimenta.

Osim pleistocenskih sedimenata s kulturnim ostacima srednjeg paleolitika, krioturbacije (slika 182) su uobičajene i u sedimentima s artefaktima pripisanim gornjem paleolitu (primjerice u Romualdovoj pećini u Istri, u špilji Zali nedaleko Ogulina, u Zemunici u Dalmaciji). Jedna posebnost uočena je u špilji Zali, gdje i holocenski mezolitički i barem neki od brončanodobnih sedimenata imaju slične mikroskopske karakteristike. Duboko sezonsko smrzavanje sedimenta nije u skladu s razdobljem i pretpostavljenim toplijim klimatskim uvjetima koji bi trebali odgovarati taloženju tijekom srednjeg i kasnog holocena (brončano doba). Ipak, treba istaknuti da depresija u kojoj se nalazi Zala predstavlja specifičan ekotop, gdje karakteristike sadašnje biljne biocenoze ukazuju na prosječne temperature niže od okolice. Takva specifičnost možda je također pojačala utjecaj niskih temperatura tijekom kasnog glacijala i ranog holocena, uzrokujući snažne krioturbaciju u sedimentima. U Zali su tako krioturbacije poput konvolucija i ledenih klinova (vidi I. dio 4.7, slika 117) sigurno premjestile paleolitičke nalaze vertikalno i horizontalno kroz stratigrafski slijed Tragovi dubokog sezonskog smrzavanja sedimenta također sugeriraju da su temperature varirale kroz godinu, što ukazuje na snažan sezonski kontrast (Gerometta 2017). U Zali je podzemni tok rijeke prenosio sedimente u ulaznu dvoranu (kojom su se služili ljudi i životinje). Tijekom kasnog pleistocena-ranog holocena, protok rijeke morao je biti mnogo jači nego što je to danas, na što ukazuje krupnija veličina zrna. Ovi procesi su u skladu s podacima kojima raspolažemo iz Pupićine i Vešanske peći (Miracle 2007) na obroncima Učke, u Istri. Kanjonska udolina Vela Draga periodično je bila izložena visokom vodostaju, donosno plavljenju, vjerojatno zbog periodičnih jakih kiša, što je vidljivo u sedimentima navedenih nalazišta.

Iako nam geoarheologija može pružiti relevantne podatke o klimatskim oscilacijama i uvjetima u okolišu, prije konačne interpretacije, potrebno je razmotriti i druge okolišne pokazatelje, poput mikro- i makrobotaničkih ostataka, životinjskih ostataka i svih ostalih podataka prikupljenih iz sedimenata.

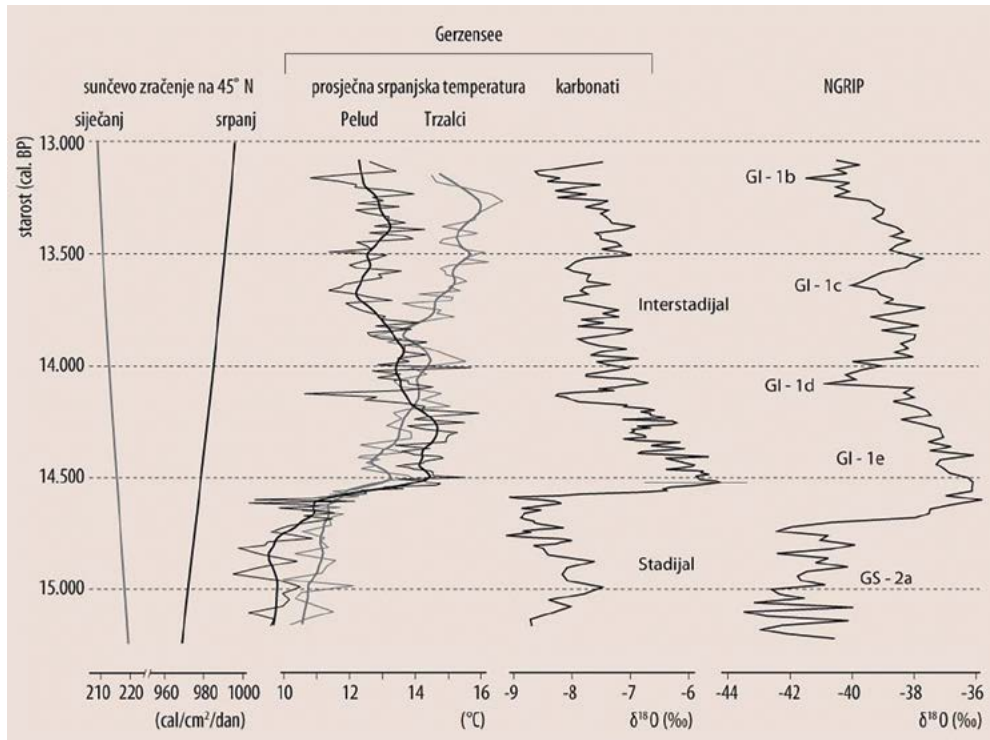
6 Klimatske i gospodarske promjene u prostoru i vremenu

6.1 Utjecaj klime na vegetaciju

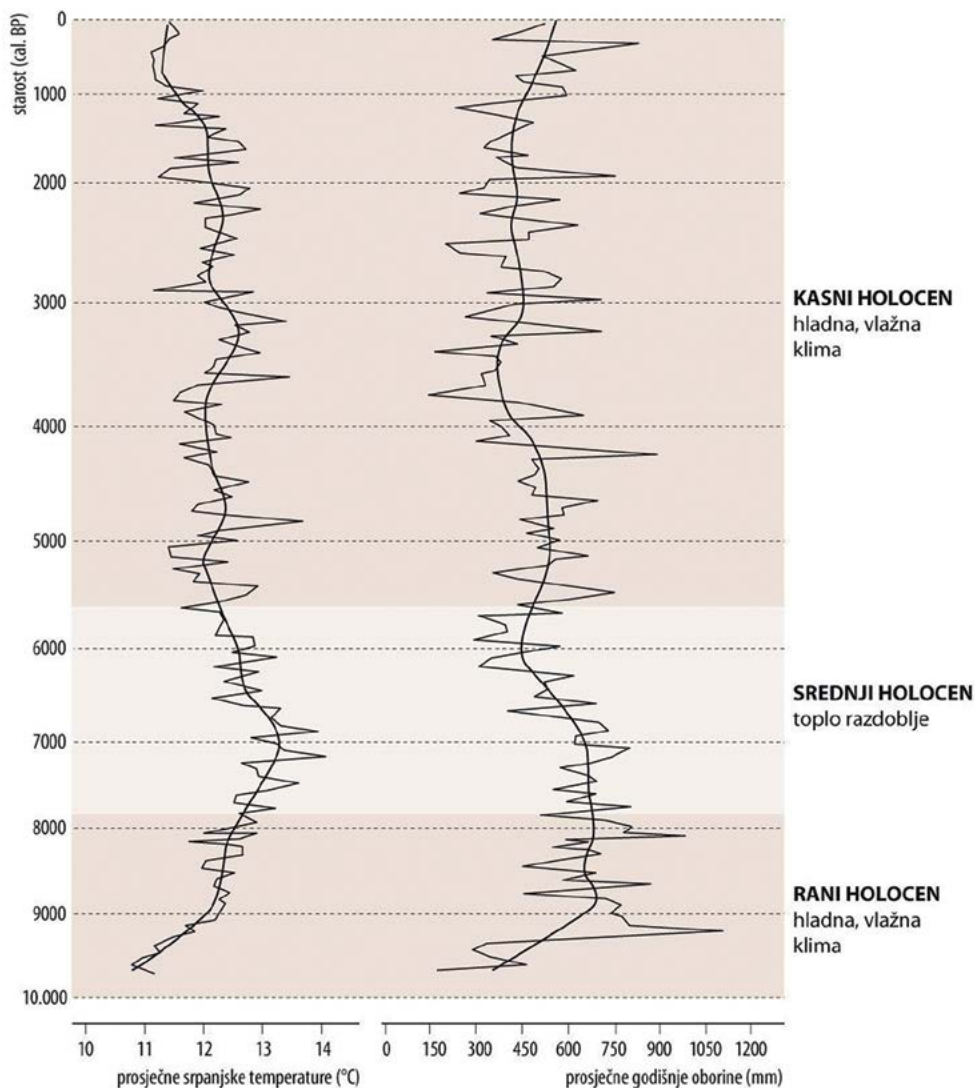
Iako vegetacija reagira na klimatske promjene, na razvoj biljaka utječu brojni drugi čimbenici, stoga palinološka istraživanja nisu jedina i osnovna metoda proučavanja nekadašnje klime (vidi I. dio/1.7). U nastavku ćemo predstaviti prednosti i nedostatke palinoloških i drugih istraživačkih metoda koje se primjenjuju u rekonstrukciji podneblja te s pomoću nekoliko primjera ilustrirati kako nam paleoklimatski podaci pomažu razumjeti uzroke promjena vegetacije u vremenu i prostoru.

Palinološke paleoklimatske rekonstrukcije temelje se na analogijama između današnje i nekadašnje vegetacije, pri čemu pelud današnjih biljaka (kao pojedine taksonne ili skupine taksona koji uspjevaju u poznatim klimatskim uvjetima, npr. Prentice i sur. 1992; Prentice i Webb 1998; Klotz 1999; Salonen i sur. 2012; 2013) uspoređujemo s nekadašnjim i na temelju toga donosimo zaključke o klimatskim uvjetima u prošlosti (npr. Huntley i Prentice 1988; Guiout i sur. 1989; Peyron i sur. 1998; Seppä i Birks 2001; Seppä i sur. 2004; Feurdean i sur. 2008 i ondje navedena literatura). Pritom uvažavamo četiri osnovne pretpostavke: 1. količinu i razmještaj biljaka određuje klima, utjecaj drugih čimbenika manje je važan, 2. današnji ekološki procesi i reakcije biljaka na klimatske promjene zbivali su se i u prošlosti, 3. moderna vegetacija je u ravnoteži (ekvilibriju) s klimom, 4. za nekadašnje **biljne zajednice** postoje današnje analogije (Birks i Seppä 2004). Navedene četiri pretpostavke ne vrijede uvijek (Birks 1981; Davis i Botkin 1985; Prentice 1986; Brubaker 1986; Ritchie 1986; Bennett i Willis 1995, vidi I. dio/1.7). Čovjekov utjecaj na vegetaciju (bio) je u nekim razdobljima i geografskim područjima važniji od klime, stoga ne iznenađuje da je mnogo palinoloških rekonstrukcija paleoklimate izrađeno tek za razdoblja hladnije klime (npr. vrhunac zadnjeg ledenog doba i kasni glacijal) i za područje sjeverne Europe (Skandinavije) i Alpa, gdje zbog niskih temperatura klima predstavlja vrlo ograničavajući čimbenik za rast biljaka, a čovjekov utjecaj na okoliš manje je intenzivan nego drugdje u Europi.

Nekadašnja klima u Rumunjskoj (planinski lanac Gutâiului, Feuerdan i sur. 2008; Klotz 1999) i švicarskim Alpama (jezero Gerzensee, Lotter i sur. 2012) bila je u kasnom glacijalu (prije otprilike 15.000 – 11.700 godina) hladnija (osobito zimi) i sličnija **kontinentalnoj** (manje oborina, veće razlike između godišnjih doba) nego što je danas. Zatopljenja u kasnoglacijalnim interstadijalima bila su brza. A. Lotter i sur. (2012) srpanjske su temperature za vrijeme kasnoglacijalnog interstadijala (GI-1, oko 14.600. – 13.000. cal. BP) rekonstruirali analizom fosilnog peluda i kukaca – **trzalaca** (Chironomidae, mušice) u bušotini iz jezera Gerzensee (Švicarska, slika 183). Zatopljenje na početku interstadijala prije 14.650 godina dogodilo se brzo (za 50 – 100 godina), slično kao i drugdje u Europi i svijetu (npr. Lotter i sur. 1992; Rosen i sur. 2014, također u okolici Bledskog jezera, Andrič i sur. 2009). Na porast prosječne srpanjske temperature ukazuju pelud (za čak 4 – 5 °C), trzalci (za 2 – 3 °C) i povećane vrijednosti



Slika 183: Rekonstrukcija kasnoglacijalne temperature jezera Gerzensee na temelju peluda, trzalaca i koncentracije izotopa kisika ($\delta^{18}\text{O}$). Rezultate uspoređujemo s količinom Sunčeva zračenja na 45° sjeverne širine (prva krivulja) i odnosom izotopa kisika ($\delta^{18}\text{O}$) u grenlandskom ledu bušotine NGRIP (zadnja krivulja). Primjećujemo dvije hladne oscilacije, koje su prepoznate i na drugim nalazištima u srednjoj Europi i u grenlandskom ledu (GI-1d i GI-1b). Prema prijedlogu: Lotter i sur. 2012, slika 4.



Slika 184: Procjena prosječnih holocenskih srpanjskih temperatura i ljetne količine oborina u jezeru Tsuolbmajavri (Finska); prema prijedlogu: Seppä i Birks 2001, slika 6.

odnosa izotopa kisika ($\delta^{18}\text{O}$) u sedimentu i **dvoljušturaca** (rakovi dvoljušturci) za 3 ‰ (Von Grafenstein i sur. 2013). Paleoklimatske rekonstrukcije na temelju peluda i trzalaca također se mnogo razlikuju. Pelud ukazuje na to da je nakon početnog zatopljenja uslijedio postupni pad temperature tijekom cijelog interstadijala, dok trzalci govore upravo suprotno te ukazuju na daljnje postupno zatopljenje. Autori spomenutu

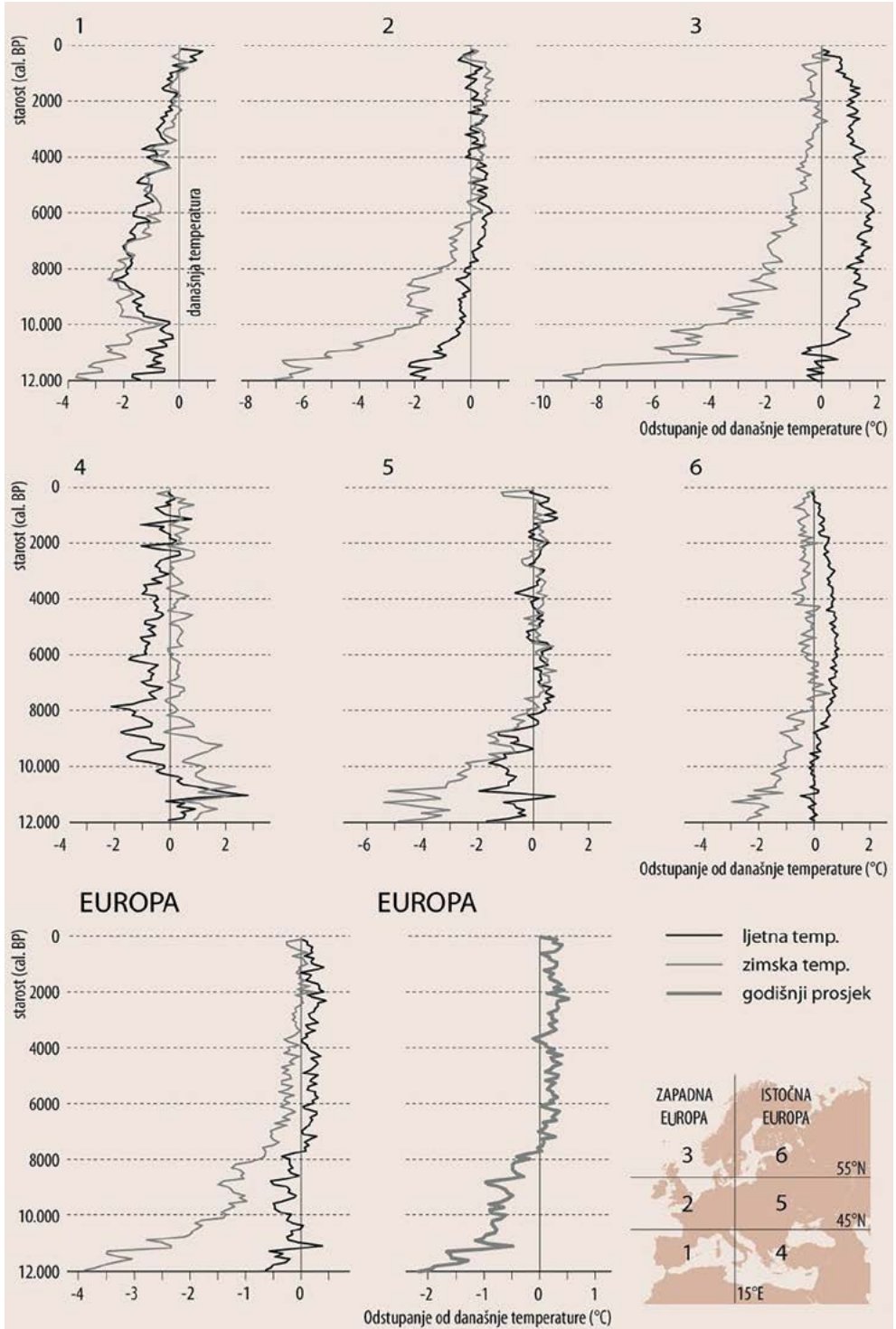
suprotnost tumače činjenicom da je vegetacija osjetljivija na promjene godišnjih doba, hladne zime i količinu oborina nego što su to trzalci, koji su vođeni organizmi. Zimi se njihove ličinke sklone ispod leda, zato na njih pretpostavljene sve niže zimske temperature nisu utjecale (Lotter i sur. 2012), dok su na toplija ljeta snažnije reagirali.

Rekonstrukcije holocenske klime rjeđe su. Seppä i Birks (2001) na temelju peluda iz jezera Tsuolbmajavri na sjeveru Finske rekonstruirali su temperature i godišnju količinu oborina za posljednjih 9900 godina (slika 184). Otkrili su da je klima u sjevernoj Skandinaviji na početku holocena bila sličnija oceanskoj nego što je danas, s niskim prosječnim srpanjskim temperaturama (11 – 12 °C) i visokom godišnjom količinom oborina (600 – 800 mm), što možemo povezati sa snažnijim zapadnim vjetrovima, koji su donosili vlažan zrak s Atlantika. Slično su zaključili i istraživači bušotina u **dubokomorskim** sedimentima i grenlandskom ledu (O'Brien i sur. 1995; Bond i sur. 1997; Dahl-Jensen i sur. 1998), pretpostavivši da je kruženje u oceanima i atmosferi u ranom holocenu bilo važnije od količine Sunčeva zračenja. U srednjem holocenu ljetne su temperature na sjeveru Skandinavije porasle na 12,5 – 13 °C, što je za 1,4 – 1,7 °C više nego danas, količina oborina se smanjila (čak ispod 450 mm godišnje). U posljednjih 5700 godina prosječne vrijednosti srpanjskih temperatura pale su (s iznimkom toplog i suhog razdoblja između 3600. – 3200. cal. BP) te su posljednjih 2000 godina bile najhladnije.

Je li klima u preostaloj (srednjoj i južnoj) Europi bila slična onoj u Skandinaviji? Davis i suradnici (2003), uspoređujući današnji i fosilni pelud, otkrili su da su krajem posljednjeg ledenog doba prosječne godišnje temperature linearno rasle u cijeloj Europi, a ustalile su se prije otprilike 7800 godina, kad se otopio sav led nakupljen na vrhuncu posljednjeg zaleđenja (slika 185). Veće razlike između pojedinih dijelova Europe javljaju se kod sezonskih temperatura. U sjevernoj Europi temperatura je najprije rasla postigavši prije 6000 godina ljetni maksimum, potom je došlo do zahlađenja, što se podudara sa Seppä-Birksovima zaključcima (2001). Temperature u srednjoj Europi bile su slične onima na sjeveru, no bez izrazitih trendova; klimatski optimum prije 6000 godina bio je izrazitiji u zapadnom no istočnom dijelu srednje Europe. Obrazac temperaturnih promjena u južnoj Europi bio je upravo suprotan od onog na sjeveru: ranoholocenska klima u južnoj Europi bila je hladnija i, čini se, vlažnija od današnje. Rekonstrukcija vodostaja jezera na Sredozemlju (Magny i sur. 2013) pokazala je da je



Slika 185: *Palinološka rekonstrukcija holocenskih ljetnih, zimskih i prosječnih godišnjih temperatura u južnoj, srednjoj i sjevernoj Europi. Davis i suradnici (Davis i sur. 2003) holocenske su temperature u Europi rekonstruirali uspoređujući 2363 palinološka uzorka prikupljena s površine i uzorke fosilnog peluda iz 510 bušotina. Današnji i fosilni pelud usporedili su metodom neuronskih mreža. Prema prijedlogu: Davis i sur. 2003, slika 3 i 5.*

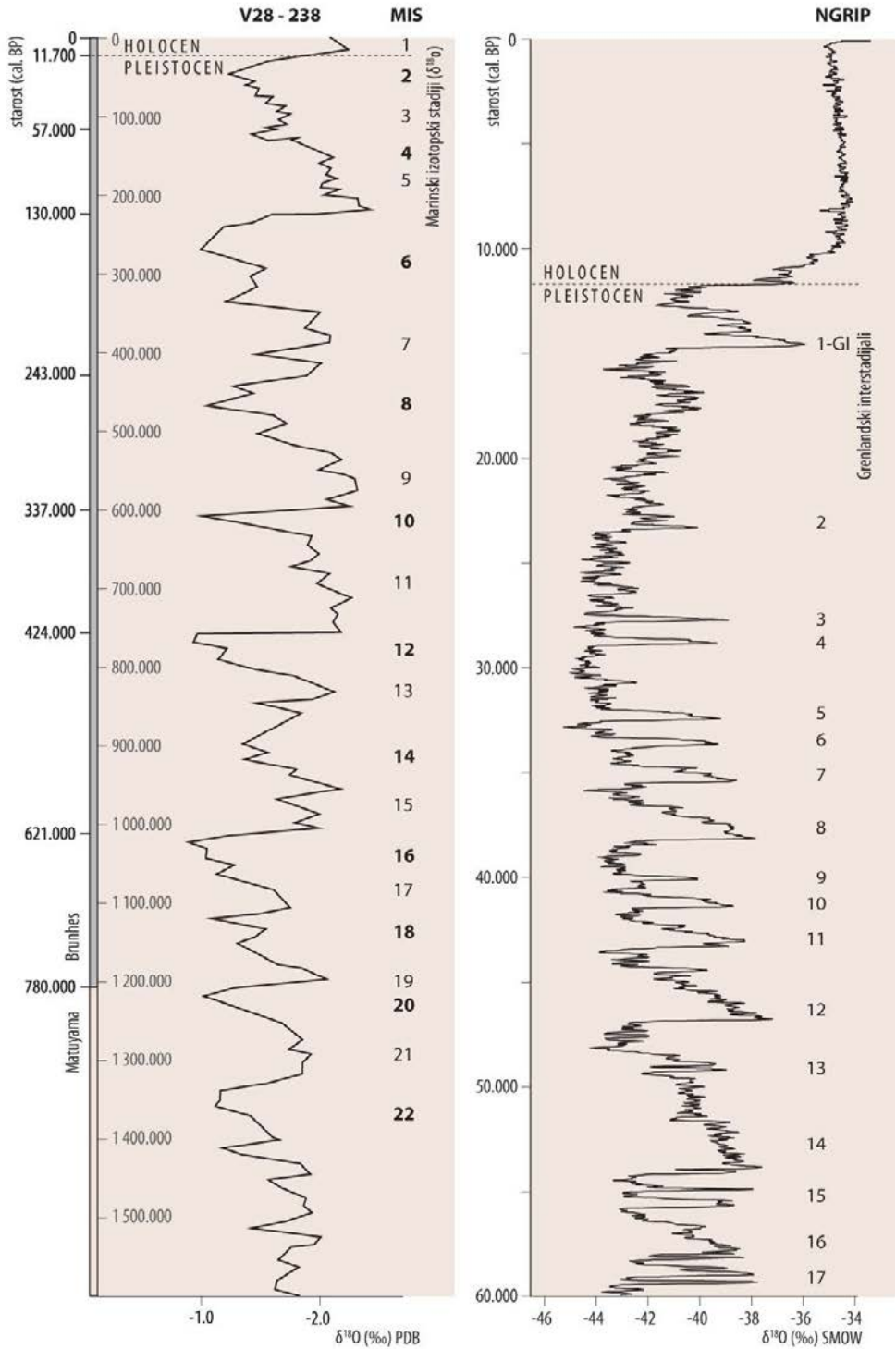


razina onih u južnom Sredozemlju (južno od 40° N, npr. jezera Pergusa i Trifoglietti) bila najviša u razdoblju između 10.300. i 4500. godine prije sadašnjosti (vlažne zime i ljeta), dok na sjeveru (npr. jezera Ledro i Accessa) primjećujemo hidrološki minimum (vlažne zime i suha ljeta 9000. – 4500. prije sadašnjosti). Uslijedilo je zatopljenje sa sušim uvjetima, osobito u južnom i zapadnom Sredozemlju.

Spomenuti primjeri govore da su palinološka istraživanja primjerena za proučavanje duljih (tisućljetnih) i izraženijih klimatskih trendova ili promjena. Utjecaj klime na kraće (desetogodišnje/stoljetne) i manje intenzivne promjene (lokalne/regionalne) vegetacije često nije bio utvrđen (vidi I. dio/1.7), stoga je vrlo važno da o nekadašnjim klimatskim uvjetima ne donosimo zaključke samo na temelju peluda, već dobivene rezultate usporedimo s rezultatima drugih, neovisnih metoda proučavanja nekadašnjeg podneblja (npr. Lotter i sur. 2012, vidi uokvireni tekst na str. 314). U te metode spadaju npr. analiza astronomskih (orbitalnih) parametara Zemlje i **multidisciplinarna** istraživanja (vidi uokvireni tekst na str. 315) paleookolišnih arhiva, koje možemo podijeliti u tri skupine: 1. ledenjaci (Grenland, Antarktika), 2. dubokomorski sedimenti (Atlantik) i 3. kopneni arhivi (jezera, cretovi, špilje, drveće, arheološka nalazišta).



Slika 186: Odnos izotopa kisika ($\delta^{18}\text{O}$) u planktonskim foraminiferama dubokomorskih sedimenata (bušotina V28, 238, otprilike posljednjih milijuna godina; lijeva krivulja) i u grenlandskom ledu (bušotina NGRIP, otprilike posljednjih 60.000 godina, desna krivulja). Nazubljen oblik krivulje ukazuje na izmjenu toplih i hladnih razdoblja (ledenih i međuledenih doba s 100.000-godišnjem ciklusom, koji se slažu s Milankovićevim ciklusima ekscentričnosti Zemljine orbite i klimatskih promjena unutar njih). Marinski izotopski stadiji (eng. marine isotope stages MIS, 1 – 22) dubokomorske bušotine V28 – 238 označavaju topla (interglacijali, neparni brojevi, npr. 1 = holocen) i hladna razdoblja (glacijali, parni brojevi). Na desnoj strani vremenske ljestvice prikazana je ocjena starosti prema prvoj objavi (Shackleton i Opdyke 1973), a na lijevoj najnovija (listopad 2014.) kronostratigrafska shema Komisije za stratigrafiju Međunarodnog geološkog udruženja: <http://www.stratigraphy.org>. Niže (negativnije) vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ u kontinentalnom ledu i više vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ u sedimentima karakteristične su za hladnija razdoblja (vidi uokvireni tekst na str. 314); na istoj ljestvici krivulje bi imale zrcalni oblik. Klima posljednjeg ledenog doba (MIS 2) nije bila samo hladna. Promjene vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ u grenlandskom ledu (bušotina NGRIP, desna krivulja) jasno govore da je, osim hladnijih razdoblja grenlandskih stadija (GS – označeni samo na slici 187), dolazilo i do zatopljenja, interstadijala (GI 1 – 17). Primjeri takvih klimatskih promjena u kasnom glacijalu jesu interstadijal Bølling-Allerød (GI-1, oko 14.700. – 12.900. cal. BP), nakon kojega je slijedio **mlađi drijaz** (GS-1, oko 12.900. – 11.700. cal. BP), posljednje zahlađenje prije prelaska u holocen (slika 187). I u tom slučaju vidimo da su zatopljenja bila vrlo brza, zahlađenja pak nešto postupnija. Prema prijedlogu: Shackleton i Opdyke 1973; Svensson A. i sur. 2008, slika 3 i Lowe i sur. 2008, slika 1.



PALEOKLIMATSKA ISTRAŽIVANJA

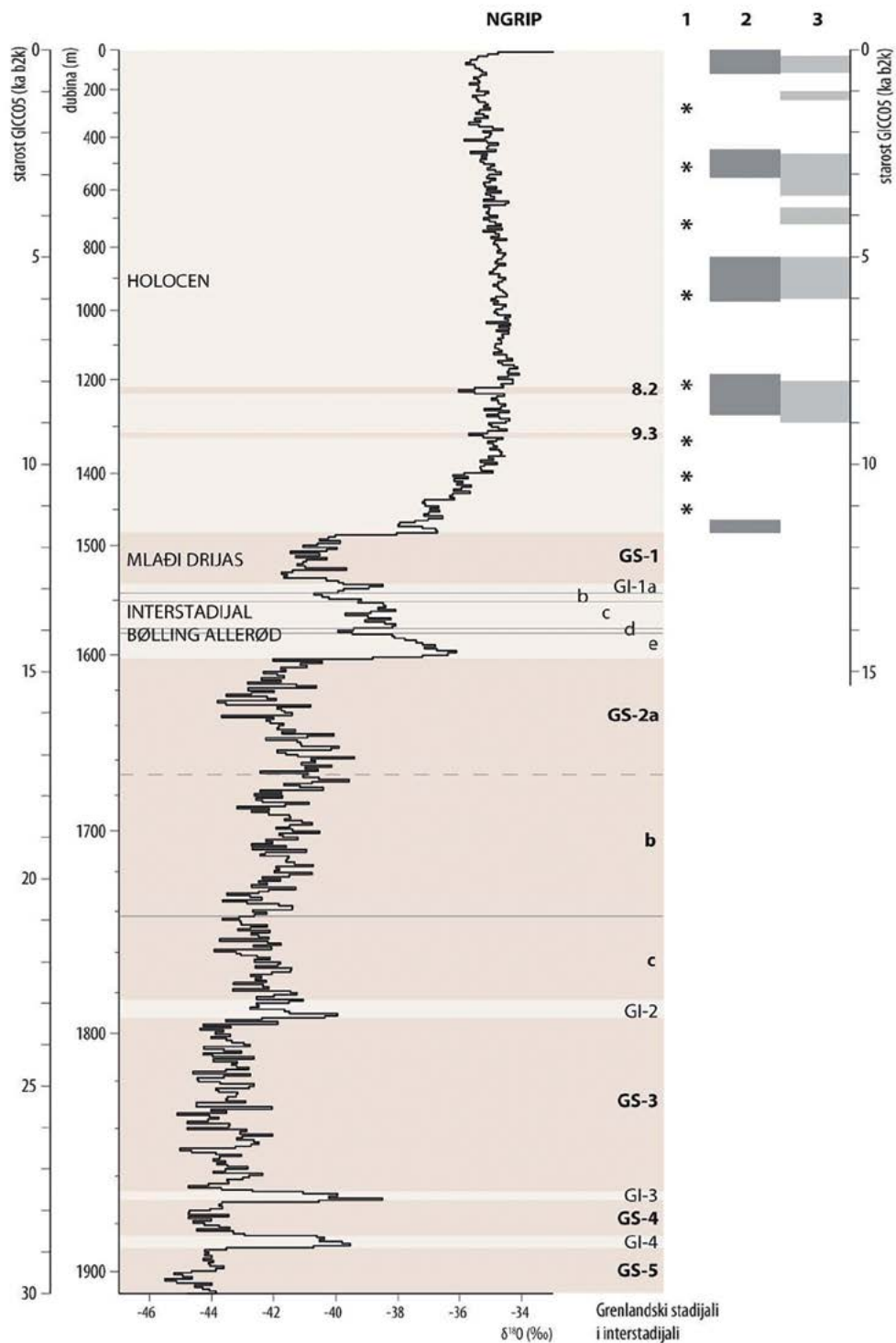
Količina Sunčeva zračenja koje je dospjelo do Zemlje u prošlosti je ovisila o Zemljinim orbitalnim parametrima (tj. naklonu zemaljske osi i njene udaljenosti od Sunca). Orbitalni parametri koji se mijenjaju ciklično (Milankovićeve ciklusi; oko 100.000, 40.000 i 21.000 godina; Milankovitch 1930; Imbrie i Imbrie 1979) utječu na izmjenu ledenih i međuledenih doba. Na klimu osim Sunčeva zračenja utječu i drugi čimbenici (npr. sudari s asteroidima i tektonika ploča, zbog koje se mijenjaju intenzitet vulkanizma i položaj kontinenata, što utječe na kruženje tvari u atmosferi i oceanima), stoga klimatski ciklusi koje možemo promatrati u paleoekološkim zapisima u grenlandskim sedimentima (Shackleton i Opdyke 1973) i grenlandskom ledu (Dansgaars i sur. 1993; vidi slika 186) nisu uvijek (bili) potpuno točni.

Temperatura utječe na kemijski sastav atmosfere i oceana. Odnos izotopa kisika ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) u nekadašnjim morima te posljedično i u sedimentima i morskim organizmima koji kisikove atome ugrađuju u svoje kućice (npr. **foraminifere** i **dijatomeje**), mijenja se s obzirom na klimu. Kada morska voda ishlapi taložeći se u ledenim kapama, s njome ishlape i lakši izotopi kisika (^{16}O), dok teži izotopi (^{18}O) većinom ostaju u oceanima. Odnos izotopa kisika u ledu i u sedimentima ovisi o temperaturi zraka tijekom kondenzacije vodene pare i u literaturi se obično prikazuje kao odstupanje ($\delta^{18}\text{O}$ ‰) od standardnih materijala. Niže (negativne) vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$ u kontinentalnom ledu karakteristične su za hladnija (ledenodobna) razdoblja. Upravo suprotno vrijedi za morske sedimente. U hladnijim razdobljima, kada je ledeni pokrivač veći i zato je više lakših izotopa kisika zarobljeno u ledu, morska voda obogaćena je težim izotopima kisika (pozitivne vrijednosti $\delta^{18}\text{O}$). Izotopi kisika prisutni su i u jezerima (karbonatni sediment, dvoljušturci, mekušci), godovima drveća, koraljima, sigama i tresetu, no interpretacija tih arhiva zbog složenijeg kruženja tvari često je zahtjevnija nego kod morskih sedimenata i leda. Na izotopski sastav jezerske vode osim temperature zraka utječu i količina i izvor oborina te ishlapljivanje (Siegenthaler i Eicher 1986; Leng 2003). Istraživanje u jezeru Ammersee u južnoj Njemačkoj pokazalo je npr. da su na izotopski sastav kućica dvoljušturaca utjecale karakteristike lokalnih oborina, koje su pak ovisile o temperaturi zraka (Von Grafenstein i sur. 1999). Rezultati Von Grafensteina i suradnika ukazuju na to da su kasnoglacialne i ranoholocenske klimatske promjene u srednjoj Europi bile vrlo slične onima u Skandinaviji, no na Grenlandu klima je ipak bila hladnija od one u srednjoj Europi. Na početku holocena klima se u srednjoj Europi zagrijala više nego na Grenlandu, da bi se potom (10.000. – 8700. cal. BP) razlike među regijama smanjile (Von Grafenstein i sur. 1999).

MULTI-PROKSI ISTRAŽIVANJA

Paleoekolozi nekadašnju klimu ne mogu proučavati neposredno, analizirati mogu samo fosilne ostatke biljaka i životinja te geokemijski sastav sedimenta, na temelju kojih potom možemo pretpostaviti nekadašnje okolišne uvjete. Što više različitih paleoekoloških istraživanja provedemo, to će naša informacija o nekadašnjem okolišu biti detaljnija. Takva multidisciplinarna istraživanja, u kojima svako istraživanje pridonosi procjeni (aproksimacija, približnost, eng. *proxy*) paleookolišnih uvjeta, nazivaju se **multi-proksi** istraživanja. Primjeri multi-proksi istraživanja jesu gore opisana analiza bušotine iz jezera Gertzensee, Bledskog jezera (Andrič i sur. 2009) i analiza bušotine »Na mahu« (II. dio/5.1).

Najpoznatija su istraživanja grenlandskog leda (bušotine GRIP, GISP2 i NGRIP) i sjevernoatlantskog dubokomorskog sedimenta (slika 186). Kemijske analize i mjerenja stabilnih izotopa u ledu i sedimentu pokazala su da je klima u posljednjem ledenom dobu (otprilike posljednjih 100.000 godina) bila vrlo nestabilna, s razdobljima postupnog (2 – 3 tisućljeća) zahlađenja, koja su završila s najhladnijim fazama (tzv. Heinrichovi događaji). Nakon njih svaki je put slijedilo brzo (u desetljećima) zagrijavanje atmosfere (tzv. Dansgaard-Oeschgerov događaji, Shackleton i Opdyke 1973; GRIP Members 1993; Dansgaard i sur. 1993; slika 186). Nakon posljednjeg zatopljenja, na prijelazu kasnog glacijala u holocen (prije oko 11.700 godina), većih promjena u holocenskoj klimi nije bilo (slika 187). Temperatura na području Grenlanda i sjevernog Atlantika bila je tijekom holocenskog klimatskog optimuma, prije otprilike 8000 – 8500 godina, za 2 – 3 °C toplija od današnje (Stuvier i sur. 1995; Dahl-Jensen i sur. 1998), a posljednjih 5000 godina postupno se rashladila. Taj opći trend povremeno su prekidala kraća hladna razdoblja, kada su se ledene gore s područja sjeverno od Islanda širile prema jugu, sve do Velike Britanije, noseći sa sobom komadiće kamenja i vulkanskog stakla s Islanda (tzv. *ice-rafted debris* (IRD) *events*, odnosno Bondovi događaji, Bond i sur. 1997), alpski ledenjaci su napredovali (Denton i Karlén 1973), a klima je postala sve hladnijom i vlažnijom (slika 187). Ta hladna razdoblja javljaju se u nejednakim tzv. tisućljetnim ciklusima (otprilike svakih 1470 ± 500 godina). U holocenskom zapisu grenlandskog leda $\delta^{18}\text{O}$ (s iznimkom zahlađenja prije 8200 godina) nisu vidljivi, no prepoznali su ih s mjerenjima nečistoća (morske soli i čestica kopnene prašine) u grenlandskom ledu (O'Brien i sur. 1995) te analizom planktonskih foraminifera i **granulometrijskom analizom** dubokomorskih sedimenata (Bond i sur. 1997). Točna datacija tih hladnih razdoblja među pojedinim se arhivima i regijama ponešto razlikuje (slika 187), što može biti posljedica različite kronologije ili pak (osobito u drugoj polovici holocena, O'Brien i sur. 1995) sve većih međuregionalnih razlika. Mayewski i sur. (2004), uspoređujući 50 arhiva po cijelom

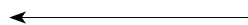


svijetu, odredili su sljedeća razdoblja brzih klimatskih promjena: 9000. – 8000, 6000. – 5000., 4200. – 3800., 3500. – 2500., 1200. – 1000. i 600. – 150. cal. BP (vidi sliku 187). Ta se razdoblja tek djelomično podudaraju sa šest hladnih razdoblja koja su odredili Wanner i suradnici (2011) (8200., 6300., 4700., 2700., 1550. i 550. cal. BP; sa značajnim razlikama među regijama, za Alpe vidi Haas i sur. 1998a), pretpostavljajući da se zahlađenja nisu javljala u ciklusima te da su njihovi uzroci bili različiti (npr. otapanje leda u sjevernom Atlantiku, slabo Sunčevo zračenje, erupcije vulkana i promjene u kruženju oceanskih struja).

Grenlandski ledenjaci i atlantski dubokomorski sedimenti pružaju nam informacije o nekadašnjoj globalnoj klimi i događanjima u sjeverozapadnoj Europi i Atlantiku, no na klimu su u različitim dijelovima Europe utjecali i regionalni klimatski uvjeti, koje možemo rekonstruirati pomoću kopnenih paleokolišnih arhiva. Korelacija između različitih vrsta arhiva posljednjih je godina stoga postala jedno od najvažnijih područja istraživanja (grupa INTIMATE, eng. *Integration of Ice-core, Marine and Terrestrial records*, Lowe i sur. 2008; Blockey i sur. 2012).

Usporedba kopnenih paleokolišnih arhiva pokazala je da je intenzivnost pojedinih zatopljenja na sjeveru i jugu Europe bila različita. Promjene klime na toplijem jugu bile su manje i događale su se postupno (Moreno i sur. 2014). S obzirom na gornju granicu šume u različitim dijelovima Alpa, istraživači zaključuju da je holocenski maksimum ljetnih temperatura u srednjim i istočnim Alpama započeo prije (oko 10.000. – 5000. cal. BP) nego u sjevernoalpskoj regiji (oko 6000. – 4000. cal. BP) (Heiri i sur. 2014). Klimatske promjene u istočnoj Europi nisu zaostajale za onima u sjeverozapadnoj Europi, bile su slabijeg intenziteta, zato su se otvorene borealne šume čak i tijekom najhladnijih razdoblja mogle rasprostrirati sve do 55° sjeverne geografske širine (npr. Poljske i Češke). Hladna klima više je utjecala na vegetaciju sjevernog dijela istočne Europe, dok je vegetacija južnog dijela spomenute regije bila stabilnija, ali i više stepska (kontinentalna) (Feurdean i sur. 2014).

U Sloveniji, koja se nalazi na prijelazu između sjeverne i južne te istočne i zapadne Europe, paleoklimatska istraživanja vrlo su rijetka. Provedena su klimatsko-stratigrafska istraživanja pleistocenskih sedimenata s nalazišta Divje babe (Turk i sur. 2007),



Slika 187: Koncentracija $\delta^{18}\text{O}$ u grenlandskoj bušotini NGRIP. Prema vrijednostima $\delta^{18}\text{O}$ u bušotini NGRIP, u holocenu nije bilo ekstremnih zahlađenja (s iznimkom hladnih strujanja prije 9300 i 8200 godina). Unatoč tome događala su se povremena zahlađenja holocenske klime, na što ukazuju: 1. promijenjeni sastav dubokomorskih sedimenata (Bond i sur. 1997, IRD događaji), 2. povišene vrijednosti nečistoća u grenlandskom ledu (O'Brien i sur. 1995), podaci o proširenosti ledenjaka (Denton i Karlén 1973) i 3. usporedba rezultata istraživanja različitih arhiva (Mayewski i sur. 2004, RCC). Raster označava razdoblja s hladnijom klimom prema vrijednostima $\delta^{18}\text{O}$ u bušotini NGRIP. Vremenska ljestvica ka b2k izražena je u tisućljećima prije 2000. godine po. Kr. (vidi II. dio/Uvod). Prema prijedlogu: Lowe i sur. 2008, slika 1.



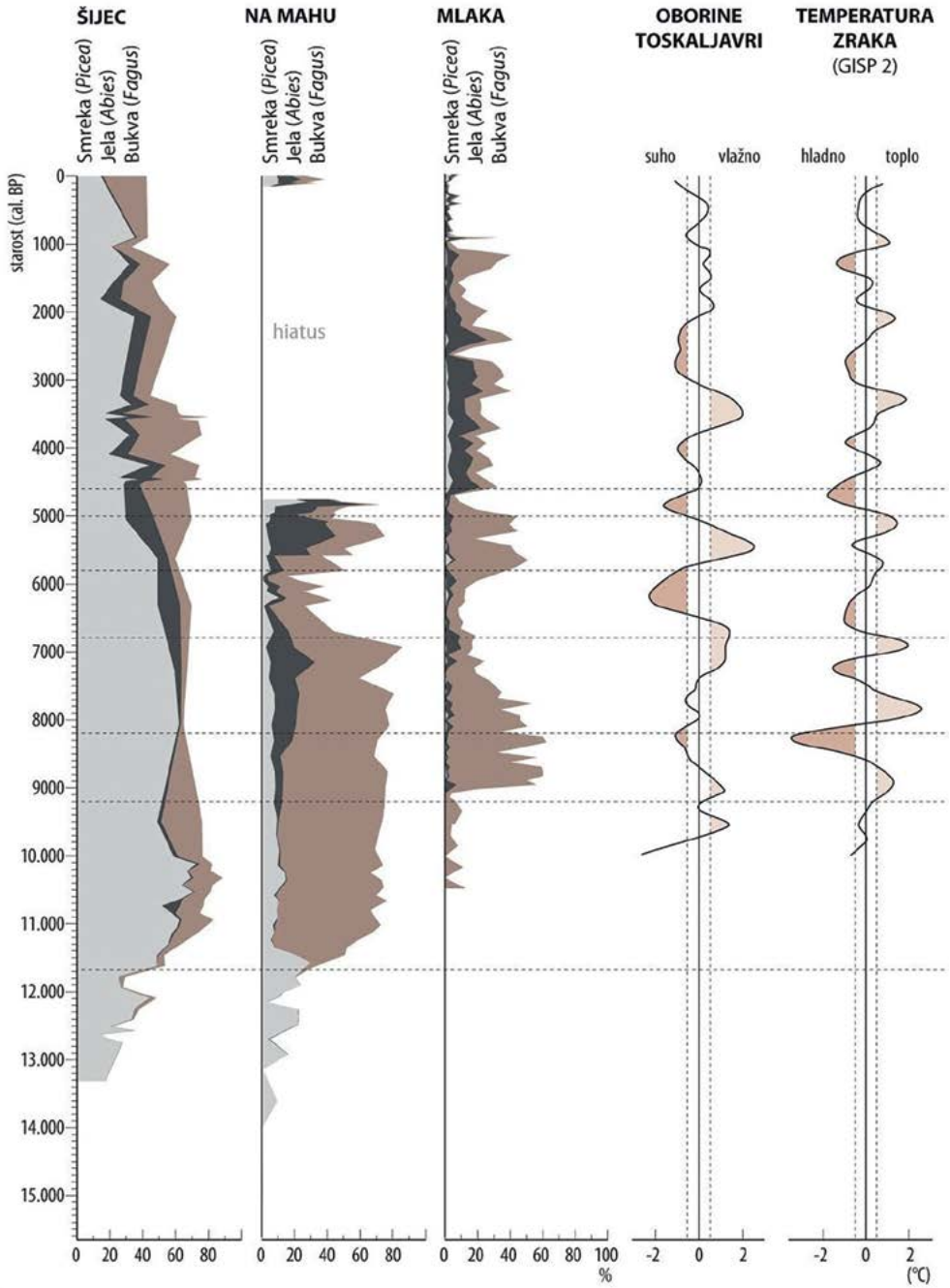
Slika 188: Palinološka nalazišta Šijec (Pokljuka, 1200 m nadmorske visine), „Na mahu” (Ljubljansko barje, 290 m nadmorske visine) i Mlaka (Bela krajina, 150 m nadmorske visine) leže na sjecištu od sjeverozapada Slovenije prema jugoistoku, u smjeru od hladnijeg i vlažnijeg prema toplijem i sušem podneblju.

dendroklimatska istraživanja posljednjih 500 godina u Alpama (Levanič 2012; Hafner i sur. 2014) i analize $\delta^{18}\text{O}$ u kasnoglacijalnom/ranoholocenskom sedimentu Bledskog jezera (Andrič i sur. 2008). Istraživanje paleoklime za cijelo holocensko razdoblje još nije provedeno, stoga o nekadašnjim klimatskim uvjetima većinom donosimo tek posredne zaključke na temelju vegetacije (npr. sastava šume) i usporedbama s paleoklimatskim istraživanjima u drugim regijama Europe. U nastavku predstavljamo razvoj holocenske šume na primjeru triju nalazišta koja se nalaze uzduž klimatskog gradijenta, od Julijskih Alpa (Šijec, Pokljuka) na sjeverozapadu, preko srednje Slovenije („Na mahu”, Ljubljansko barje), do Bele krajine (Mlaka) na jugoistoku (slika 188).

Kratki, pojednostavljeni peludni dijagrami prikazuju glavne promjene u sastavu šume tijekom vremena (slika 189). Razvoj šume na odabranim lokacijama zbog različitih je prirodnih datosti i čovjekova utjecaja prilično različit, no primjećujemo i neke sličnosti. Brzo širenje bukve (*Fagus*) na prijelazu kasnog glacijala u holocen (11.700. cal. BP) povezano je s lokalnom prisutnošću pojedinih stabala ove vrste u kasnom glacijalu (Culiberg i Šercelj 1998) i brzim zatopljenjem. U Beloj krajini, zbog vjerojatno nešto aridnije klime, bukva se proširila kasnije (Andrič 2007), dok je smreka (*Picea*) na Pokljuci zbog hladnije klime tijekom cijelog holocena bila zastupljenija nego u drugim regijama Slovenije. Druge veće promjene u sastavu holocenske šume povezane su s porastom bukve i/ili jele (*Abies*) prije otprilike 9200, 8200 – 7000, 5800 – 5000 i 4600 godina, što možemo povezati s razdobljima vlažnije (i u manjoj mjeri nešto



Slika 189: Kratki peludni dijagrami za visoki cret Šijec (preliminarni i do sada neobjavljeni podaci), Ljubljansko barje (bušotina „Na mahu”, Andrič i sur. 2008) i močvarno stanište Mlaka u Beloj krajini (Andrič 2007), koji prikazuju udio smreke, jele i bukve. Vodoravne isprekidane crte označavaju razdoblja najznačajnijih promjena vegetacije. Peludne dijagrame uspoređujemo s ocjenama prosječnih godišnjih temperatura (prema vrijednostima $\delta^{18}\text{O}$ grenlandske bušotine GISP 2, Alley 2000) i prosječne godišnje količine oborina (na temelju palinoloških istraživanja finskog jezera Toskaljavri, Seppä i Birks 2002). Prema prijedlogu: Wanner i sur. 2011, slika 1.



hladnije) klime (Tinner i Lotter 2006), dok je smanjenje spomenutih dvaju taksona (6750. – 5800. i oko 4800. cal. BP) možda posljedica nešto suše klime ili čovjekova utjecaja na okoliš (Andrič 2007, Andrič i sur. 2008). Veći postotak smreke na Pokljuci i nešto niži postotak jele i bukve (također zbog vrlo intenzivnog čovjekova utjecaja) u Beloj krajini, u usporedbi s Ljubljanskim barjem, možemo povezati s klimatskim gradijentom od hladnije i vlažnije k sušoj i toplijok klimi u smjeru SZ – JI.

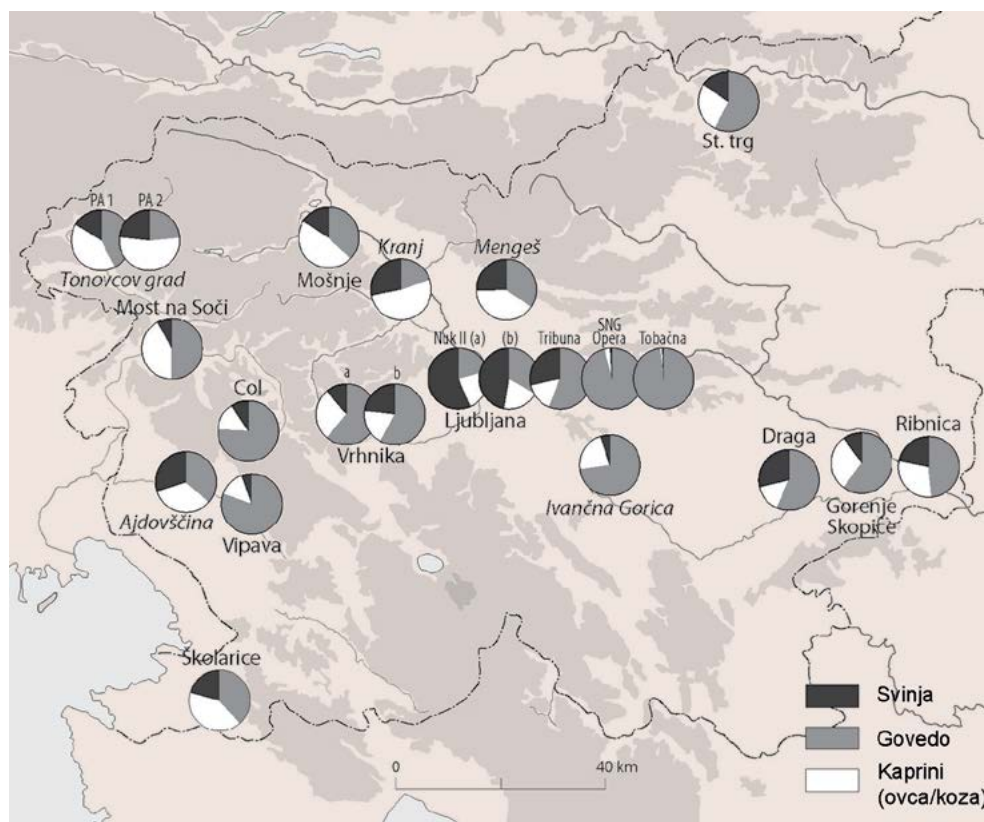
Zanimljivo je da su promjene u sastavu šume u prvoj polovici holocena (prije oko 6000. cal. BP) na Pokljuci bile upravo suprotne od onih na oba nizinska nalazišta. U razdobljima porasta broja drveća bukve/jele u Ljubljanskom barju i u Beloj krajini (npr. 9200., 8200. cal. BP) udio bukve na Pokljuci se smanjio, a porastao udio smreke. Suprotno se dogodilo u razdoblju između 6750. i 5800. cal. BP, kada se postotak bukve i jele u Ljubljanskom barju i u Beloj krajini smanjio, a na Pokljuci se povećao. Usporedba s rekonstrukcijom holocenske količine oborina i temperature (slika 189), koju su izradili Wanner i suradnici (2011), otkriva nam da su za rast šuma na Pokljuci u hladnim razdobljima, u prvoj polovici holocena najveći ograničavajući čimbenik vjerojatno bile niske temperature (9200. i 8200. cal. BP), na koje je smreka manje osjetljiva (Ellenberg 1988; Mlakar 1990), dok je u toplijim nizinama rast šuma više ograničavala niska količina oborina (6750. – 5800. cal. BP).

Na ovom mjestu naša će se interpretacija zaustaviti. Naime, ne želimo se uloviti u začarani krug u kojem bismo klimatske promjene objašnjavali promjenama vegetacije i obratno. Čovjekov utjecaj na vegetaciju bio je jednako važan (Andrič i Willis 2003), stoga zaključke o nekadašnjoj klimi teško možemo donositi samo na temelju promjena vegetacije. Potrebna su nam nova, neovisna paleoklimatska istraživanja.

6.2 Govedarstvo u jugoistočnim Alpama tijekom uspona i pada Rimskog Carstva

Pripitomljavanje prvih životinja nakon psa i s time povezani razvoj stočarstva jedan je od najvažnijih koraka u gospodarskom i društvenom razvoju čovječanstva. Govedo, svinja, ovca, koza, konj, mačka, pas, kokoš, ali i ljama, vodeni bivol ili npr. puran pripitomljavanjem su postali važan izvor mesa, masti, krvi, jaja a s vremenom i ostale hrane (poput mlijeka), te naravno kože, vune, dlake, tetiva, gnojiva, radne snage, pa čak i društva (poput psa, mačke) te mnogo drugih dobara potrebnih za gospodarsku, društvenu i tehnološku dobrobit čovjeka. Paralelno s razvojem stočarstva rasla je i raznolikost trgovine, prijevoza i tržišta proizvoda, što nikako ne smijemo zanemariti prilikom arheozooloških istraživanja složenih društava. Također, značajne su sve političke, društvene, vjerske, vojne i tehnološke promjene unutar društva, budući da su obično snažno utjecale na razvoj lokalnog ili čak globalnog gospodarstva. Kako bismo ilustrirali složenost svih tih odnosa i njihovih promjena u prostoru i vremenu, u nastavku pogledajmo sažeti prikaz studije o važnosti goveda u **romaniziranom** području jugoistočnih Alpa (Toškan 2013; Toškan i Roglič 2022).

Istraživanjem je obuhvaćeno 8579 ostataka domaćeg goveda (*Bos taurus*) s 29 nalazišta, odnosno konteksta nalaza iz razdoblja od sredine 1. stoljeća pr. Kr. do 6. stoljeća po. Kr. s područja današnje Slovenije. Od navedene građe, sedam skupova nalaza uključivalo je manje od stotinu taksonomski određenih kostiju i zuba, što je omogućilo samo uvid u spektar gospodarski najvažnijih životinjskih vrsta na pojedinim nalazištima. Većina ih je ipak bila opsežnija, što je omogućilo vjerodostojnu procjenu razmjera (!) eksploatacije pojedinih **domestikata** (Davis 1987, 46). Tako je pregled podataka o postocima zastupljenosti različitih vrsta sisavaca na nalazištima pokazao da u prosjeku čak 90 posto (raspon: 66,6–99,2 %) taksonomski određenih ostataka pripada domaćem govedu, kaprinima i svinji. Među materijalom iz razdoblja od sredine

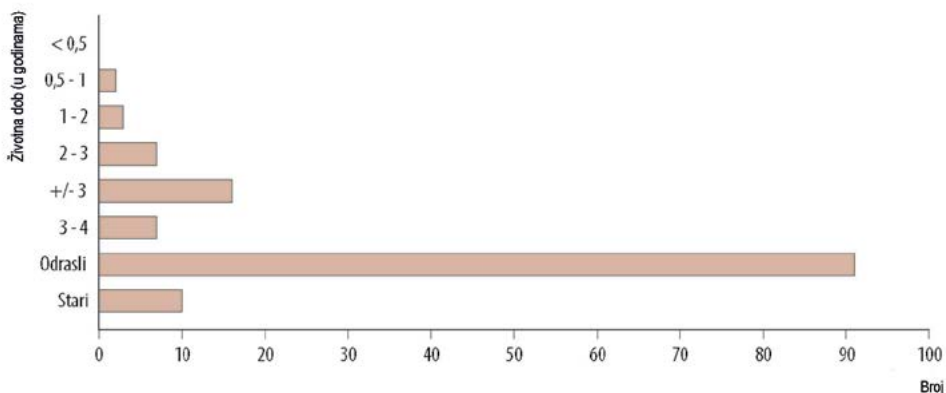


Slika 190: Odnos između udjela domaćeg goveda (*Bos taurus*), svinje (*Sus domesticus*) i ovce i/ili koze (*Caprinae*) unutar analiziranog materijala iz rimskog razdoblja s područja Slovenije s najmanje stotinu taksonomski određenih ostataka. Konteksti iz razdoblja od sredine 1. stoljeća pr. Kr. do otprilike 4. stoljeća po. Kr. napisani su običnim stilom fonta, dok su oni iz razdoblja od 4. do 6. stoljeća po. Kr. napisani u kurzivu. Skraćenice: Tonovcov grad PA1/PA2 – kasnoantička faza 1/kasnoantička faza 2; Vrhnika a/b – Kočevarjev vrt/Kočevarjev vrt-Elektro; NUK II a/b – vojni vježbovni logor/Emona.

1. stoljeća pr. Kr. do 4. stoljeća po. Kr., prema broju nalaza u pravilu prevladava govedo. Takvu sliku pokazuje čak 12 od ukupno 16 nalazišta smještenih u to razdoblje, pri čemu je u osam slučajeva udio goveda čak premašivao 50 posto (slika 190). Navedeni podaci nedvojbeno dokazuju tadašnju veliku važnost govedarstva, koje je očigledno bilo vodeća grana stočarstva u jugoistočnom alpskom području. Kasnije, u razdoblju od otprilike 4. do 6. stoljeća, slika se bitno promijenila (vidi u nastavku).

No, ostanimo još u razdoblju procvata Rimskog Carstva (od 1. stoljeća pr. Kr. do 4. stoljeća po. Kr.) i pogledajmo rezultate analize podataka o dimenzijama cjelovitih dugih kostiju udova. Najveća duljina pojedinih kostiju poput nadlaktične, palčane, kosti pešća, bedrene, goljenične i kosti stopala povezana je s veličinom životinja, pa je na temelju tih mjera moguće pouzdano procijeniti visinu životinje u njezinom **grebenu** (Matolcsi 1970). Rezultati su pokazali da su u tadašnjim stadima prevladavale velike životinje napredne rimske pasmine. Riječ je o pasmini koju su uzgojili na Apeninskom poluotoku, a širenjem Rimskog Carstva prenesena je i u druge dijelove Europe, Mediterana i šire (Bökönyi 1974, 127–133). U analiziranim primjercima iz pojedinih rimskodobnih konteksta iz Slovenije (N = 101), visina u grebenu iznosila je u prosjeku nešto manje od 125 cm, što se u potpunosti podudara s vrijednostima za već spomenutu rimsku pasminu u širem srednjoeuropskom prostoru (raspon: 120–140 cm; Bökönyi 1974, 128). Nasuprot tome, tradicionalno govedo željeznog doba, na kojem se temeljio lokalni uzgoj stoljećima prije dolaska Rimljana, obično je mjerilo samo do 110 cm visine u grebenu (vidi npr. Bökönyi 1994, 194–196).

Podaci o veličini kostiju pešća i stopalnih kostiju također su korisni za procjenu omjera zastupljenosti spolova (vidi npr. Davis i sur. 2012). Više od toga! Zbog promjena



Slika 191: Profil smrtnosti domaćeg goveda s različitih rimskodobnih lokaliteta u Sloveniji, dobiven na temelju podataka o stupnju istrošenosti žvačne površine donjih kutnjaka. Podaci se odnose na nalaze iz razdoblja od sredine 1. stoljeća pr. Kr. do otprilike 4. stoljeća po. Kr. (N = 133). Korištena je metodologija koju je objavila Grant (1982).

u hormonskoj slici koje uzrokuje **kastracija**, te posljedičnim razlikama u rastu pojedinih kostiju, u načelu je moguće razlikovati bikove od volova na temelju veličine i oblika kostiju pešća i stopalnih kostiju (Clutton-Brock 1999, 37). Toškan (2013, 46–47) je među analiziranim materijalom s već spomenutih rimskodobnih lokaliteta utvrdio sličan udio ženki i mužjaka, pri čemu su među potonjima prevladavali volovi. Isti su i rezultati analize spolno-specifičnih morfoloških obilježja dovoljno dobro očuvanih primjeraka zdjelica (usp. Greenfield 2006a).

Procjene o omjeru zastupljenosti spolova nadalje su stavljene u odnos s rezultatima analize podataka o stupnju istrošenosti žvačne površine kutnjaka, što ukazuje na životnu dob pojedinih životinja u trenutku klanja/smrti (slika 191; vidi uokvireni tekst na str. 132, 133). Na temelju očite prevlasti ostataka odraslih životinja formulirana je teza prema kojoj je tadašnje govedarstvo bilo prvenstveno usmjereno na iskorištavanje pojedinih sekundarnih proizvoda, a ne toliko na proizvodnju mesa i masti. S obzirom na sličan udio volova i krava, čini se kako su u tom smislu podjednako iskorištavani i fizička snaga tih životinja za rad u polju i za prijevoz tereta, kao i njihova mliječnost (vidi I. dio/3.7). Prvo od navedenog izravno potvrđuju i nalazi kostiju sa specifičnim patološkim deformacijama, čiji se nastanak obično povezuje s izloženošću kostura dugotrajnim fizičkim (pre)opterećenjima (vidi I. dio/3.7; slika 77b, c). Unatoč neosporno velikom gospodarskom značenju pojedinih sekundarnih proizvoda u stočarstvu, meso tih zdravih životinja, nakon klanja također je završavalo na stolovima. Zapravo, zbog opće rasprostranjenosti ondašnjeg govedarstva i relativno velike mase krava, bikova i volova, sasvim je jasno da je govedina bila glavni izvor bjelančevina za lokalno stanovništvo. Možda je i to razlog zašto ona nije pretjerano cijenjena u kulinarstvu (vidi npr. MacKinnon 2004, 217).

Važan segment istraživanja bio je posvećen otkrivanju različitih aspekata društveno-ekonomske, funkcionalne ili čak etničke diferencijacije tadašnjeg društva. Takve su razlike, očekivano, bile najuočljivije unutar većih gradova. Tako se solidna zastupljenost kulinarski vrlo popularne divljači i domaćih svinja među materijalom s lokacije NUK II (uzorak NUK IIb), koja se nalazi unutar zidina nekadašnje Emone, tumači kao odraz višeg statusa tamošnjeg stanovništva u usporedbi sa stanovnicima predgrađa. Dostupni arheozoološki podaci s perifernijih lokacija uglavnom ukazuju na prevlast ostataka goveda, dok divljači gotovo u potpunosti nema. Dijelom bi to mogao biti i odraz funkcionalne diferencijacije stanovništva. Lokacija NUK II navodno je u vrijeme procvata rimske Emone bila namijenjena javnim termama i povezanim trgovačkim i obrtnim djelatnostima. Nasuprot tome, kosti s periferije ili čak izvan urbaniziranog područja grada potjecale su iz pojedinih proizvodnih jezgri (npr. lončarska četvrt na području lokacije SNG Opera) ili poljoprivrednih površina (lokacija Tobačna).

U tom smislu poseban komentar zaslužuje evidentirani većinski udio svinja na području pretpostavljenog ranorimskog vojnog vježbališta na lokaciji NUK II (uzorak NUK IIa; slika 190). Naime, činjenica je da među arheozoološkim materijalom iz

približno istovremenih naselja s autohtonim stanovništvom s područja središnje Slovenije prevladavaju ostaci goveda, dok svinje uglavnom zaostaje čak i za ovcama i kozama (Andrič i sur. 2012, 413). S obzirom da je većinski dio vojnog osoblja koji se ulogorio na lokaciji NUK II bio italskog podrijetla, kojima je svinjetina zapravo bila važan dio kulinarske tradicije, netipični taksonomski sastav arheozoološkog materijala s dotičnog nalazišta mogao bi odražavati etničko podrijetlo tih ljudi. Naposljetku, do sličnih se zaključaka došlo i prilikom istraživanja nekih drugih približno istovremenih vojnih logora s većinskim italiskim osobljem na rubu tadašnjeg Rimskog Carstva (npr. King 1999, 144). Skup analizirane građe s nalazišta NUK II je vrlo skroman (NISP = 114), no sličnu sliku pokazuju i rezultati analiza nekih drugih istovremenih ranorimska nalazišta u blizini (npr. Vojaković i sur. 2019; Toškan 2021).

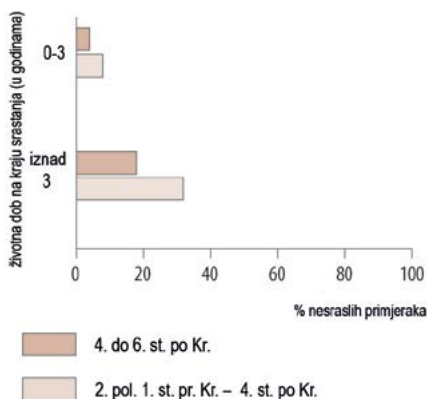
S prijelazom iz 4. u 5. stoljeće po. Kr. na području Zapadnog Rimskog Carstva (pa tako i današnje Slovenije) započinje razdoblje kasne antike, koje okvirno traje do 600. godine. Vrijeme je to izražene sigurnosne i političke nestabilnosti, što je ubrzalo propadanje gradova i drugih naselja u nizinskom svijetu uspostavljanjem novih utvrđenih visinskih postaja na udaljenijim i stoga manje izloženim područjima (Ciglencečki 1999, 287). Naravno, te su se promjene očitovala i u lokalnom gospodarstvu, prvenstveno kroz težnju ka sve većoj samodostatnosti pojedinih zajednica. U stočarstvu to se vrlo jasno pokazalo u opadanju obujma govedarstva zbog povećanog uzgoja manje zahtjevnih kaprina, svinja i peradi. Tako je od šest analiziranih skupova nalaza iz kasnoantičkoga doba govedo doista prevladavalo samo u jednom (Ivančna Gorica), a u materijalu s Tonovcovog grada (prva kasnoantička faza ili PA1) njegov udio bio je usporediv s udjelom kaprina, dok su drugdje više ili manje očito prevladale pojedine manje domaće životinje (ovca, koza, svinja; slika 190).

Paralelno s opadanjem raširenosti govedarstva u ondašnjem stočarstvu došlo je i do velikih promjena u samom sastavu stada goveda. Kao što pokazuje prosječno smanjenje veličine kostiju spomenute stoke za više od deset posto u odnosu na prethodno stanje, težište ove stočarske grane prebacilo se s velike rimske pasmine na tradicionalne lokalne oblike niskoga rasta, koji su bili manje zahtjevni za uzgoj. Do određenih promjena došlo je i u spolnom sastavu i dobnoj strukturi tadašnjih stada, i to u smjeru povećanja udjela ženki i povećanja prosječne dobi pri klanju. Nažalost, mnogi su analizirani uzorci količinski prilično skromni, što bi, naravno, moglo negativno utjecati na vjerodostojnost prikazanih rezultata. S druge strane, trend uočenih promjena zapravo se čini logičnim u svjetlu tadašnjih društvenih prilika. Tako bi povećanje udjela krava moglo odražavati nuždu stanovnika pojedinih visinskih naselja za što većom samodostatnošću u hrani, uključujući i povećanu potrebu za iskorištavanjem mlijeka. Prije toga, u razdoblju procvata Rimskog Carstva, kravlje mlijeko na području Italije uopće nije bilo osobito popularno, iako je baš predalpska regija bila poznata po dobrom mlijeku (MacKinnon 2004, 94, 205–206). Osim toga, prilikom selidbe u visinske postaje došlo je do smanjenja optimalnih poljoprivrednih površina i pašnjaka,

što je prisililo seljake na pronalaženje kompromisa između potrebe za osiguravanjem dovoljnih količina krmiva za stoku s jedne strane i poljoprivrednih kultura za sebe i svoje obitelji s druge. Pri tome, zamjenom volova kravama, koje su se vjerojatno počele intenzivnije koristiti i kao radna stoka, značajno su smanjili potrebu za pašnjacima.

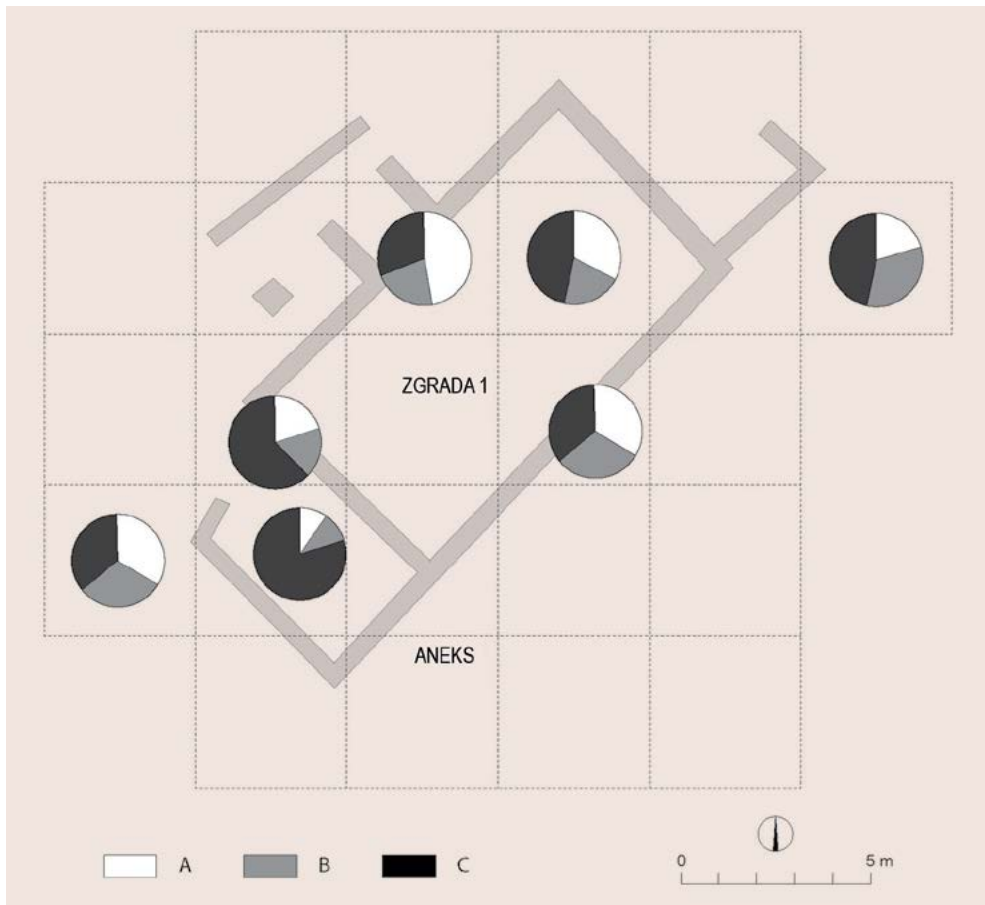
U kontekstu takvog razmišljanja moguće je pronaći i objašnjenje za pretpostavljeno povećanje prosječne dobi goveda pri klanju. Da se to zaista dogodilo, očito je iz smanjenja udjela koštanih ostataka s još nesraslim epifizama i dijafizama među ostacima kosturnih elemenata kod kojih ovo srastanje završava u dobi od oko tri godine. To zapravo znači da je zaklan znatno manji broj teladi do tri godine životne dobi nego prije (vidi uokvireni tekst na str. 120; slika 192). Zapravo, čak i u vrijeme procvata rimske države, takva klanja, koja su imala za cilj iskorištavanje ukusnijeg mesa mlađih životinja, obično su se događala samo unutar velikih specijaliziranih centara za uzgoj goveda. Samo tamo, naime, promišljeno uklanjanje određenog broja teladi ne bi ugrozio reproduktivnu sposobnost stada. Prosječni mali poljoprivrednik iz ruralnog naselja ili - ako govorimo o kasnoantičkom razdoblju - stanovnik zabačenog visinskog naselja, koji je morao dati prednost uzgoju goveda kao radne snage, a možda i za mužu, obično si ne bi mogao tako nešto priuštiti (MacKinnon 2004, 208–211, 215–217).

Unatoč brojnim očitim pokazateljima pada životnog standarda kasnoantičnog stanovništva u ovom dijelu Europe, rezultati analiza raspodjele životinjskih ostataka u prostoru ipak pokazuju postojanje određenih društvenih i možda i funkcionalnih uvjetovanih razlika u prehrani pojedinih slojeva. Unutar naselja Ajdovski gradec iznad Vranja u istočnoj Sloveniji, 50 km od Zagreba, udio nalaza svinja i ribe u njegovom prestižnom, središnjem dijelu bio je znatno veći nego na njegovim rubovima (Bartosiewicz 1999a, 315). Slično, Toškan (2013, 57) je natprosječno visok udio kostiju najmesnatijih dijelova goveda na području crkvenog kompleksa Tonovcovog grada iznad Kobarida u zapadnoj Sloveniji, uvjetno povezao sa specifičnom ulogom svećenika i njihovih suradnika u tadašnjem društvu. Na navedenom je nalazištu ustanovljena još očitija razlika u zastupljenosti kosturnih ostataka više ili



Slika 192: Udio kostiju domaćeg goveda s nesraslim epifizama i dijafizama među ostacima ulomaka kosturnih elemenata, kod kojih se spomenuto srastanje završava prije navršene treće godine života (gore) ili nakon nje (dolje). Podaci se odnose na rimskodobna nalazišta s područja Slovenije i prikazani su odvojeno za materijal iz razdoblja od sredine 1. stoljeća pr. Kr. do otprilike 4. stoljeća po. Kr. (N = 1014) i za onaj iz razdoblja od 4. do 6. stoljeća po. Kr. (N = 91).

manje cijenjenih dijelova tijela goveda među materijalom iz unutrašnjosti glavnog prostora tzv. zgrade 1 i onog iz njegovog znatno manje kvalitetno izgrađenog i neprimjereno manjeg aneksa (slika 193). Vjerojatnost da je ta razlika samo plod slučajnosti manja je od pet posto. Na temelju navedenog i uzimajući u obzir neke druge razlike između ta dva prostora (površina, kvaliteta gradnje, arheološki nalazi; Ciglenečki i sur. 2011, 80–93), višak kostiju iz manje mesnatih dijelova trupla goveda, kaprina i svinja na području prizidane prostorije treba shvatiti kao odraz razlike između prehrambenih navika gospodara (glavna zgrada) i njihovih slugu (prizidana prostorija).



Slika 193: Udio zastupljenosti ostataka najmesnatijih (kategorija A), srednje mesnatih (kategorija B) i najmanje mesnatih dijelova tijela (kategorija C) domaćeg goveda, kaprina i svinja unutar arheozoološkog materijala druge kasnoantičke faze Tonovcovog grada s područja zgrade 1, njezinog aneksa i njihove neposredne okoline. Podaci su prikazani po kvadratima veličine 4 x 4 m, odnosno samo ako je unutar pojedinog kvadranta pronađeno najmanje 20 taksonomski određenih kostiju i zuba.

Završni dio istraživanja o značaju goveda u romaniziranom jugoistočnoalpskom prostoru bio je posvećen prepoznavanju uloge ove vrste u duhovnom svijetu antičkog čovjeka (Toškan 2013, 49–53). Nažalost, dostupni podaci za provođenje takve studije su izrazito skromni, ali je udio goveda unutar pojedinih groblja i jedinog arheozoološki analiziranog rimskog svetišta na prostoru današnje Slovenije, gotovo uvijek znatno zaostajao za vrijednostima iz pojedinih naseobinskih konteksta. Čini se, dakle, da je simbolička uloga ove domaće životinje bila relativno skromna. Naravno, valja spomenuti i mogućnost da su preci u grobove ili u svetišta uglavnom polagali/prinosili već očišćeno goveđe meso, a da su kosti već odbačene negdje drugdje.

7 Informativna vrijednost prema procjeni prikupljenih uzoraka

Prirodoslovna istraživanja u arheologiji nemali broj puta imaju važnu ulogu i u analizama tzv. po svojoj procjeni prikupljenih arheobotanički ili arheozoološki zanimljivih uzoraka, koje arheolozi na terenu primjećuju golim okom te ih namjerno skupljaju (vidi I. dio/2.4.1), odnosno uzorkuju zajedno sa što više sedimenta oko njih. U laboratoriju arheobiolozi nalaz u cijelosti obrađuju na odgovarajući način (očiste ga, dokumentiraju, poduzorkuju) i analiziraju različitim pristupima. U nastavku predstaviti ćemo tri primjera takvih arheobotaničkih istraživanja.

7.1 Fosilni izmet ili koproliti

Različite studije dokazale su da se neke sjemenke, zrnca, listići pljeve i mikroostaci, npr. pelud, spore gljiva, fitoliti, mikrougljen, ostaci kukaca i jajašca parazita tijekom prolaska kroz probavni trak životinja ili ljudi, mogu očuvati do prepoznatljivosti (npr. Charles 1998; Hall i Kenward 1998; Akeret i Jacomet 1997; Kühn i Hadorn 2004; Marti 2004; Haas 2004; Kühn i sur. 2013; Tolar i sur. 2021; Kühn i sur. u tisku).

S obzirom na to da su se domaće životinje u prošlosti kretale neograničeno i unutar naseljena prostora, u arheološkim se slojevima često može otkriti njihov izmet (slika 194). Različite analize tih fosilnih izmeta ili koprolita mogu neposredno utjecati na rasprave o prapovijesnom sustavu stočarstva, hranjenja i o povijesti, odnosno nastanku kulturnog krajolika (Maier 2004; Herbig 2009b). Važan izvor arheobotaničkih podataka može biti i čovjekov izmet, koji sadrži neprobavljene komadiće biljaka, npr. žitne mekinje i manje sjemenke, koje su cijele progutali tijekom jela (npr. Maier 2001; Dickson 1989; Britton i Huntley 2011). Prevladavajuća količina žitnih mekinja može nam poslužiti kao dokaz o npr. velikoj važnosti žitarica u čovjekovoj prehrani.

Prepoznavanje koprolita tijekom iskopavanja često je otežano (Kühn i sur. 2013), zato ih najčešće otkrijemo tek tijekom spiranja sedimenta, odnosno flotacije organskih

ostataka (vidi I. dio/2.5.1, slika 41), dakle tijekom laboratorijskog rada nakon iskopavanja. Koproliiti ovaca i koza te malih sisavaca (npr. miševa) mogu se lako prepoznati jer se iz tijela luče u obliku „bobica”, plutaju (flotiraju) na površini vode (vidi I. dio/2.5.1; slika 194a i b) te se tijekom nježnog spiranja uhvate na sitima. Veće količine kompaktnog materijala koji bi mogao predstavljati ostatke defekacije preživača (npr. goveda), kao i gnoj, teže su prepoznatljive (Akeret i Rentzel 2001; Jacomet 2013; Kühn i sur. 2013; slika 194c). Unatoč mogućoj zabrinutosti za zdravlje, životinjski izmet predstavlja izniman arheobotanički nalaz, zato ih je na terenu potrebno primjereno uzorkovati i očuvati za kasnija intenzivnija istraživanja (npr. Akeret i sur. 1999; Kühn i sur. 2013; Tolar i sur. 2021; Kühn i sur. u tisku; vidi primjere u nastavku).

Na nalazištu Arbon-Bleiche 3 otkrivena je veća količina fosilnog izmeta, osobito ovaca i koza, te nekoliko primjeraka govedeg, čak i ljudskog izmeta, koji je točnije određen tek nakon pregledavanja njegova sadržaja (Kühn i Hadorn 2004). Naime, ljudski izmet od životinjskog se razlikuje po tome što su u njemu očuvani biljni ostaci sličnog raspona poput onih očuvanih u posudama u kojima su pripremali hranu. U njima je tako pronađeno npr. mnogo koštanih fragmenata te ostataka uzgojenih (pelud žitarica, mekinje, ostaci sjemenki lana) i sakupljenih biljaka (npr. perikarpi jabuka). Analiza ljudskog izmeta omogućava nam osim rekonstrukcije nekadašnjeg jelovnika rekonstrukciju tadašnjih prehrambenih navika ljudi, npr. jesu li svu identificiranu hranu jeli zajedno, tj. kombinirano ili su svaku vrstu hrane jeli posebno (Maier 2001; Kühn i Hadorn 2004; Britton i Huntley 2011). Na nekim je koproolitima bilo moguće otkriti i znakove bolesti, npr. crijevnih parazita, koji nam pružaju saznanja o higijeni i zdravlju ljudi. U više koprolita otkriveni su npr. ostaci trakavice (npr. Le Bailly i sur. 2003; Le Bailly i Bouchet 2004; Marti 2004; Tolar i sur. 2021).

Više puta se pokazalo da je otkriti izvor izmeta i utvrditi radi li se uopće o izmetu vrlo teško. U tome nam mogu pomoći **mikromorfološka** i arheobotanička analiza. Akeret i Rentzel (2001) analizirali su pretpostavljene ostatke govedeg izmeta s nalazišta Arbon-



Slika 194: Koproliiti s nalazišta Stare gmajne: a) malih sisavaca veličine miševa; b) koza ili ovaca, c) goveda i d) psa.

Bleiche 3 otkrivši da se od kozjeg ili ovčjeg razlikuju po obliku, dok je sadržaj biljnih makroostataka bio sličan. Mikromorfološkim analizama potvrdili su pretpostavku o govedem izmetu, čija je karakteristika slojevita struktura i manji udio **alohtonog** materijala iz okoliša (npr. mulja), dok je unutrašnjost izmeta više rahla, vanjski slojevi su pak nešto gušći i zbijeni (također Courty i sur. 1991; Macphail i sur. 1997).

U interpretaciji biljnih makroostataka u ostacima izmeta s arheološkog nalazišta, može nam pomoći analiza recentnog izmeta (npr. Akeret i Rentzel 2001; Tolar 2013a) i poznavanje karakteristika probavnog sustava pojedine životinjske vrste (npr. Atkeson i sur. 1934; Gardener i sur. 1993). Istraživanja govore da sjemenke većih biljnih vrsta kroz probavni trak prolaze u različitim stanjima, ovisno o veličini, obliku i tvrdoći ovojnice sjemena. Zaključak je da će se u izmetu očuvati barem nekoliko sjemenki koje su bile konzumirane u većim količinama. Analiza četiriju primjeraka govedeg izmeta s nalazišta Arbon-Bleiche 3 tako je npr. pokazala da se govedo hranilo prvenstveno šumskim biljkama i onima koji rastu uz rub šume. U njima su pronađeni ostaci lišća listopadnog drveća, iglice obične jele (*Abies alba*) te također u većoj mjeri i ostaci jelovine. Na taj je način ustanovljeno da većih travnatih površina vrlo vjerojatno nije bilo mnogo, što potvrđuje i nekoliko arheobotaničkih i palinoloških istraživanja s alpskih sojeničkih naselja (vidi II. dio/5.2; npr. Jacomet i sur. 1989, 245; Hosch i Jacomet 2004, 150; Haas i Magny 2004; Brombacher i Hadorn 2004; Kühn i Hadorn 2004; Haas 2004; Kohler-Schneider i Caneppele 2009; Tolar i sur. 2011; 214; Jacomet 2014). Tome su se očito prilagodile i tadašnje životinje. Prehrana današnjeg goveda temelji se naime na biljkama s livada i travnjaka. Ljudi su domaće životinje vrlo vjerojatno i u prošlosti dodatno hranili ostacima vršidbe žitarica i slamom. Analiza sadržaja biljnih ostataka u koproilitima omogućila je i rekonstrukciju sezone defekacije. U trima od četiriju uzoraka izmeta otkriveni su, između ostalog, i ostaci bijele imele, karakteristične za zimsku krmu još iz povijesnih razdoblja (npr. Troels-Smith 1960). Jedna podvrsta te zimzelene biljke (*Viscum album ssp. abietis*) tipičan je parazit upravo na jelama, najčešće prepoznatoj vrsti u istraženim govedim koproilitima. Zaključak da je u naselju prisutan (očuvan) samo zimski gnoj podupiru i brojne bodlje ružovki, najvjerojatnije kupina (*Rubus fruticosus agg.*) i komadići lišća papratnjača – obje predstavljaju karakterističnu zimsku krmu. Po toj je činjenici također moguće zaključiti da su ljeti životinje bile na ispaši izvan naselja (Akeret i Rentzel 2001). Isto su zaključili i Kühn i Hadorn (2004), koji su još detaljnijom analizom očuvanih **epidermi**, a ne samo biljnih makroostataka (tj. sjemenki, listova/iglica i bodlji), u arheološkom izmetu s nalazišta Arbon-Bleiche 3 otkrili da se u krmu goveda, osim jele i bijele imele, dodavao i bršljan (*Hedera helix*) te suho lišće i vrba iva. Veliki udio ostataka jele u govedem izmetu ukazuje i na to da su ljudi životinje hranili u naselju, jer su debla jele na tom nalazištu bila najtraženija za konstrukciju sojenica (vidi II. dio/4.2), dok su grančice i iglice ovog drveta predstavljale otpadni materijal, koji su najvjerojatnije iskoristili za zimsku krmu. Moguće je da su papratnjače i kupine životinje popasle izvan naselja jer su do njih mogle doći i same.

BRŠLJAN I BIJELA IMELA, BILJKE OTROVNE ZA LJUDE, U PROŠLOSTI VAŽNA ZIMSKA KRMA

Iako cijela biljka bršljana sadrži otrovnu tvar hederin, koja je opasna za čovjeka, u šumi je životinjama važan izvor hrane, osobito u zimsko vrijeme. Srne rado brste njegovo lišće, plodovima se hrane ptice raznoseći tako sjeme (Brus 2008). Neki dijelovi biljke sadrže i određena ljekovita svojstva, zato se vjerojatno upotrebljavala i u te svrhe.

I bijela imela, osobito njeni plodovi, sadrži otrovne tvari opasne za čovjekovo zdravlje. Unatoč tome ta nam je biljka, osobito njeno zimzeleno lišće, koje prema tradicionalnom shvaćanju sakupljamo zimi, s iznimnim zdravstvenim učincima, poznata već tisućljećima. Njeni plodovi također su se upotrebljavali i za izradu klopki, odnosno ljepila za hvatanje manjih životinja (ptica, puhova itd.). Više o prehranbenim vrijednostima zimzelenih biljaka i njihove višenamjenske upotrebe u prapovijesti možemo pronaći u članku Hejcmana i suradnika (2014).

S obzirom na to da je koprolite ovaca i koza mnogo lakše prepoznati (slika 194b), na njima je bio obavljen i najveći broj istraživanja, prvo palinoloških (npr. Troels-Smith 1955b; Körber-Grohne 1982; Richard 1986; Haas i Hadorn 1998; Haas i sur. 1998b), kasnije i botaničkih makroostataka (tj. sjemenki, plodova, ostataka grana, lišća, iglica i drvenih ostataka; npr. Rasmussen 1993; Akeret i Jacomet 1997; Karg 1998). Analize 311 primjeraka fosilnog izmeta koza odnosno ovaca s nalazišta Arbon-Bleiche 3 bolje su polazište za razumijevanje ekonomije domaćih životinja nego što su to samo četiri otprije istražena goveđa izmeta s istog nalazišta. Unatoč tome zaključci su slični, i to da su svi uzorci izmeta defecirani u razdoblju od kasne jeseni do ranog proljeća, dakle u zimsko vrijeme (Akeret i sur. 1999). Svih 311 uzoraka koprolita analizirano je makroskopski (biljni makroostaci), a 20 i mikroskopski (npr. pelud, ostaci epiderme). U njima se očувало tek nešto biljnih makrofosila, a još manje sjemenki i plodova. Pelud je također bio prisutan u niskim koncentracijama, s iznimkom peluda lijeske (*Corylus avellana*) i johe (*Alnus glutinosa*). Prepoznate su dvije glavne vrste prehrane, obje karakteristične za zimu: prvu, najčešću vrstu čine ostaci kupina (i bodlji na lišću i stabljikama) i općenito mala količina peluda – što je najvjerojatnije pokazatelj zimske ispaše, možda i krme, jer je kupina jedna od rjeđih biljnih vrsta u Europi koja i zimi ostaje zelenom, a osim toga njeno je lišće omiljena hrana koza (Wessely 1877; Watson 1958). I plodovi kupine mogu biti zimska hrana jer se dugo zadržavaju na biljci, čak i u osušenu stanju. S obzirom na to da biljka naraste samo do 2 metra, životinje je mogu same dosegnuti, što vjerojatno znači da su se još do kasne zime pasle u blizini naselja. Kada je započelo razdoblje visokog snijega, koje je smanjilo mogućnost ispaše, na red je došla prehrana krmom. To dokazuje i druga, rjeđa vrsta koprolita, koja sadrži ostatke biljaka za krmu, osobito iglice i pelud jele te prašnike rano cvatućeg drveća/grmlja poput lijeske i johe (Akeret i sur. 1999). U nekoliko ostataka izmeta biljni se

makroostaci, koji su imali vrlo nisku peludnu koncentraciju, nisu očuvali, što ponovno potvrđuje pretpostavku da se u naselju očuvao isključivo zimski izmet. Istraživanje koprolita s Arbon-Bleiche 3 pretpostavlja sezonsku brigu ljudi za domaće životinje u 4. tisućljeću pr. Kr., jer sve ukazuje na to da su ih hranili krmom držeći ih u naselju samo u zimsko vrijeme, tj. kada, zbog visokog snijega, nisu mogle pasti same. Veći dio godine (i jedan dio zime) životinje su slobodne pasle izvan naselja. Koproliti koji su se očuvali u naselju dokazuju da su životinje u zimsko vrijeme djelomično držane u naselju (vjerojatno noću i za vrijeme nedostatka hrane zbog snijega), a djelomično su se pasle izvan naselja. Sve ukazuje na to da se životinje nisu držale u naselju tijekom godine (tj. od kasnog proljeća do jeseni) – što možda već upućuje na godišnju (sezonsku) ispašu u „planinama“, dakle seobu životinja u regije s drugačijim klimatskim uvjetima (također npr. Akeret i Jacomet 1997). Istraživanje govori i o tome da je ishrana krmom (lišćem/iglicama/granama) važnija za govedo, što je razumljivo, s obzirom na to da su neolitički poljoprivrednici sigurno više cijenili govedo nego sitnu stoku. Govedo je nedvojbeno i teže preživljavalo zimu jer zahtijeva više krme, koja mora biti kvalitetnija i raznovrsnija. Samo četiri nalaza kravljeg izmeta to ne mogu dokazati, stoga su potrebna daljnja istraživanja, do kojih će prvenstveno doći s novim otkrićima koprolita.

O tome da su veće grane jele bile važna zimska krma, govore i ostaci te biljke na drugim alpskim sojeničkim naseljima na kojima sojenice nisu bile građene na drvenim stupovima od jelovine, već na hrastovim i jasenovim (kao i sojenice u Ljubljanskom barju), što znači da jelove grane nisu predstavljale otpadni građevinski materijal, kao što je to slučaj na nalazištu Arbon-Bleiche 3, već su ih u naselje donosili za krmu i silažu. Odgovarajući na pitanje što je još uopće od biljaka primjereno za zimsku krmu, moramo uvažiti rezultate drugih istraživanja. Poznato nam je da u okolici sojeničkih naselja vrlo vjerojatno nije postojalo mnogo travnatih površina, dakle niti sijeno za zimu (npr. Behre i Jacomet 1991; Brombacher i Jacomet 1997; Hodgson i sur. 1999; vidi također II. dio/5.2). Važniju ulogu moglo bi imati skladištenje suhog lišća drveća, što potvrđuju dva rezultata višestrukih istraživanja. Primijećene su očite oscilacije u peludnom dijagramu različitih vrsta drveća u neolitik, npr. opadanje brijesta (*Ulmus sp.*), što se smatra posljedicom namjernog obrezivanja (npr. Faegri 1940; 1944; Kalis 1988). Nadalje, u arheološkim slojevima također često otkrivene grane i grančice brijesta – interpretirane su kao ostatak prehrane s brijestovim lišćem ili granama (npr. Rasmussen 1989a; 1989b; 1993).

Sustavnom prikupljanju i kartiranju prema vlastitoj procjeni prikupljenih uzoraka (nalaza), koprolita također, mogu pridonijeti i njihove moguće koncentracije na određenom području izvan ili unutar kuća, koje će tako pomoći u prepoznavanju mjesta vršidbe i rekonstrukciji uporabe nasebinskog prostora (npr. Maier 2001; Tolar i sur. 2023).

7.2 Materijal otkriven u predmetu izrađenom od nepotpuno pečene gline

Tijekom iskopavanja sojeničkog naselja Stare gmajne (datirana oko 3160. – 3100. cal BC) 2006. godine, arheolozi Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a naišli su na predmet izrađen od nepotpuno pečene gline, koji se u cijelosti očuvao (slika 195), no „nesretnim” se ili možda „sretnim” slučajem, tijekom iskopavanja u gornjem dijelu odlomio (vidi sliku 196). Nakon čišćenja pokazalo se da se radi o iznimno velikom, 22 cm visokom i 14,4 cm širokom utegu u obliku piramide, koji se činio šupljim (Velušček 2009b, 68).

Glineni, vodom natopljeni materijal, odnosno sediment koji je ispunjavao uteg u laboratoriju smo pažljivo iskopali iz utega te ga flotirali (odnosno nježno sprali) na sitima s otvorima veličine 2 mm i 0,355 mm. Na sitima su se uhvatili karbonizirani i napola karbonizirani biljni makroostaci, većinom ostaci vršidbe žitarica (tj. listići pljeve i komadići rahisa; vidi I. dio/2.2., slike 32 i 34) (slika 197; Tolar i sur. 2016). Otkrili smo da je unutrašnjost utega bila ispunjena originalnim glinenim materijalom koji su stanovnici sojeničkog naselja rabili za izradu većih glinenih predmeta, kao što je npr. rečeni uteg, a ne sedimentom koji bi uteg ispunio nakon prestanka njegove uporabe (Tolar i sur. 2016).



Slika 195: Stare gmajne (iskopavanja 2006.), glineni uteg „in situ”; preuzeto prema: Velušček 2009b, 68, slika 3.21.



Slika 196: Stare gmajne (iskopavanja 2006.), uteg tijekom čišćenja; preuzeto prema: Velušček 2009b, slika 3.22.



Slika 197: Karbonizirani i napola karbonizirani ostaci vršidbe žitarica u materijalu iz utega izrađenog od nepotpuno pečene gline: a) ulomci rahisa s ostacima pljeve jednozrne pšenice (*Triticum monococcum*), b) ostaci pljeve dvozrne pšenice (*Triticum dicoccum*), c) ulomci rahisa ječma (*Hordeum vulgare*); preuzeto prema: Tolar i sur. 2016.



Slika 198: Ostatak pljeve dvozrne pšenice (a), ulomak rahisa s ostacima pljeve jednozrne pšenice (b), ulomak rahisa ječma (c).

Glini su namjerno dodavani ostaci vršidbe žitarica kako bi se predmet povezao, odnosno učvrstio. Dodavanje biljnog materijala glini, osobito za izolaciju zidova i učvršćivanje većih posuda, u različitim je dijelovima svijeta u to vrijeme već bio široko prihvaćen postupak (npr. Ernst i Jacomet 2005; Borojević 2006, 125; Kohler-Schneider 2007, 212), no na slovenskim arheološkim nalazištima dosad ga još nismo uspjeli dokazati. Ovom smo prilikom mogli po prvi puta sustavno istražiti takav biljni materijal, pri čemu smo uspjeli ocijeniti količinu i vrstu odnosno tip te čistoću listića pljeve žitarica korištenih za učvršćivanje glinenog materijala. U gotovo litri nepečene gline tako smo identificirali više od 1800 karboniziranih i napola karboniziranih, dobro očuvanih i lako prepoznatljivih ostataka žitarica (osobito ulomaka rahisa i pljeve; vidi slike 197 i 198), ječma, dvozrne i jednozrne pšenice (više o tome Tolar i sur. 2016). Time smo ponovno potvrdili uzgoj triju vrsta žitarica u Ljubljanskom barju u 4. tisućljeću pr. Kr. (Tolar i sur. 2011; 2012).

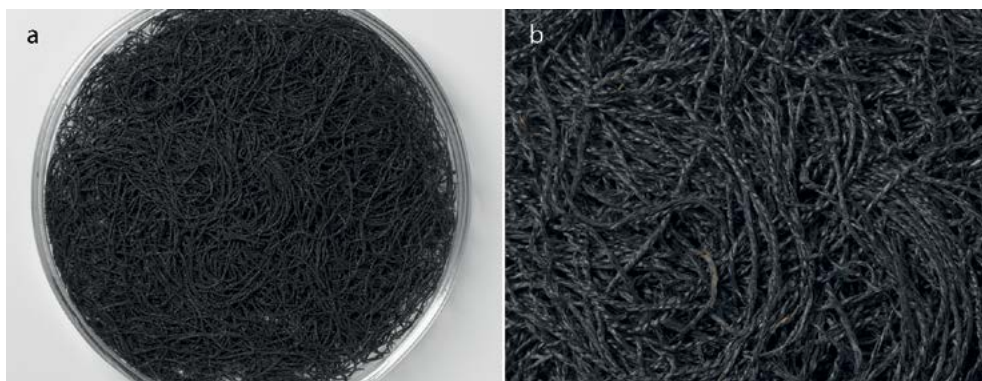
7.3. Ostaci tekstila, konopca ili niti

Rijetki nalazi tekstila, konopaca ili niti također spadaju među arheobotaničke uzorke prikupljene prema vlastitoj procjeni kojima se bavimo na osobit način i iz kojih pokušavamo dobiti što više informacija. Ostaci karbonizirane eneolitičke pređe, koji su nedavno otkriveni u sojeničkom naselju Stare gmajne (Velušček 2009c; Pajagič Bregar i sur. 2009), pri pronalasku bili su slijepljeni u neprepoznatljiv grumen blatne zemlje (slika 199). Pažljivo je oko arheologa grumen blata s gotovo neprimjetno isprepletenim nitima prepoznalo kao moguću arheološku rukotvorinu. Detaljnija analiza, koja je uslijedila nakon nježnog konzervatorskog čišćenja organskih ostataka u blatu, pokazala je da se radi o pougljenim ostacima isprepletenih niti biljnog izvora (slika 200), uz koje se očuvalo i nekoliko (zajedno 18) karboniziranih zrna ječma. Osim karbonizacije zbog, pretpostavlja se, požara (sloj u kojem je otkrivena pređa bio je paljevinski), očuvanju od oko 5100 godina starog organskog artefakta nedvojbeno su pripomogli i anaerobni uvjeti u ilovastom cretnom tlu.

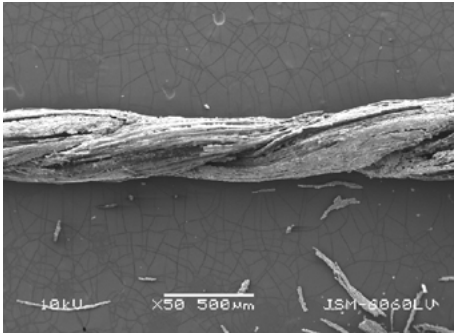
Kao suradnici Instituta za arheologiju ZRC-a SAZU-a, u suradnji s Tekstilnim fakultetom i Konzervatorskim odjelom Narodnog muzeja u Ljubljani, taj smo iznimni nalaz istražili i dokumentirali što je preciznije moguće. Osnova pređe jesu dvije tanje niti koje tvore iznimno fina vlakna i koja su jednakomjerno usukana u obliku slova S (slika 201; Pajagič Bregar i sur. 2009). Čini se kao da je otkrivena pređa uvijena u klupko i spremna za tkanje platna, odnosno finijeg tekstila ili za uvijanje konopca (npr. Leuzinger 2002). Očišćena vlakna pregledali smo pod **skenirajućim/pretražnim elektronskim mikroskopom** koji omogućava povećanje do 400 puta (slika 202) otkrivši da se radi o vlaknima celuloznog biljnog izvora, što je potvrdila i kemijska analiza. Potonja je također potvrdila odsutnost lignina, što znači da se ne radi o drvenom materijalu. Naime, u razdoblju iz kojeg nalaz tekstila potječe za izradu takvih predmeta često su se upotrebljavala i vlakna kore drveta (npr. Müllauer i Ramsel



Slika 199: Stare gmajne (iskopavanja 2006.), ostaci pređe odmah nakon otkrića; preuzeto prema: Pajagič Bregar i sur. 2009, 309, slika 15.1.



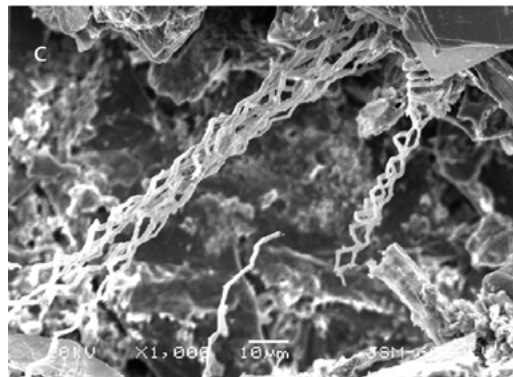
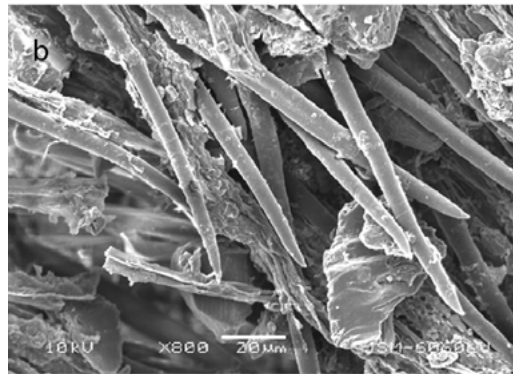
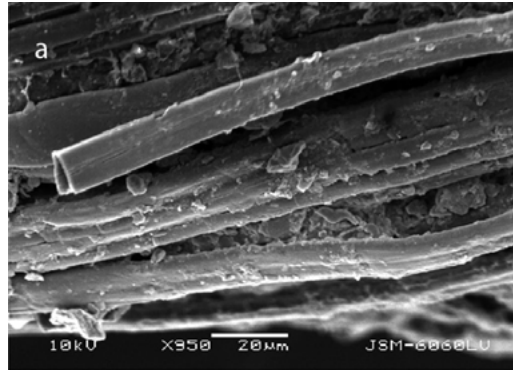
Slika 200: Pređa s nalazišta Stare gmajne nakon restauracije (a) i detalj (b); preuzeto prema: Pajagič Bregar i sur. 2009, 316, slika 15.7.



Slika 201: Svaka pojedina jedinica pougljene pređe sastoji se od dviju uvijenih niti; preuzeto prema: Pajagič Bregar i sur. 2009, 311, slika 15.3.

2007; Reichert 2007; A. Rast osobno priopćenje).

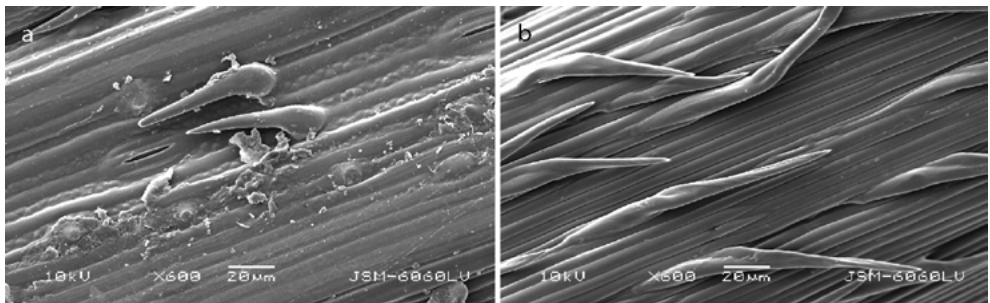
Uvid u anatomsku građu arheološke pređe skenirajućim elektronskim mikroskopom pokazao je tri karakteristična svojstva (znakove) na arheološkim biljnim vlaknima (slika 203; Pajagič Bregar i sur. 2009). Opisane karakteristike triju vrsta vlakana pokušali smo potražiti na vlaknima nekih recentnih biljaka koje bi mogle biti potencijalni izvor arheološkog vlaknastog materijala. Dobro vidljivo preplitanje dviju (odnosno triju) vrsta vlakana (slika 202) dovelo nas je do zaključka da se možda radi o biljci sa stabličnim i duljim sjemenskim vlaknima, dakle sa sjemenkama/plodovima obavijenima listićima pljeve i resicama, kao što su plodovi trava. Postoji također mogućnost da je pređa bila ispredena vlaknima dviju ili više različitih vrsta biljaka. Za precizniju identifikaciju proučili smo i međusobno usporedili elektronske slike vlakana nekih biljnih vrsta:



Slika 202: Prisutnost triju vrsta vlakana u pređi: a) dulja, ravna, glatka stablična vlakna, b) kraća, glatka, na krajevima zašiljena sjemenska vlakna i c) spiralne strukture između vlakana; preuzeto prema: Pajagič Bregar i sur. 2009, 312, slika 15.4.

- lana (*Linum usitatissimum*), za vrijeme postojanja sojeničkih naselja uzgajana biljna vrsta
- konoplje (*Cannabis sativa*), koja se kao **kulturna biljka** na slovenskom tlu navodno pojavila tek u srednjem vijeku (tj. pred kraj 15. stoljeća; prema izvorima iz srednjovjekovnih urbarija [Ž. Zwitter, osobno priopćenje]), no kao biljka najvjerojatnije je u srednjoj Europi bila poznata i korištena već u željezno doba (npr. Werneck 1949; Swidrak 1999; Boenke 2007), a zasigurno s dolaskom Rimljana (npr. Dörfler 1990) te od oko 500. godine po. Kr. predstavlja karakterističnu kulturnu biljku korištenu za dobivanje tekstilnih vlakana (Simmonds 1979)
- ovsika (*Bromus sp.*), čije su pougljene sjemenke često prisutne u kulturnim slojevima sojeničkih naselja
- kovilja (*Stipa sp.*), čije makroostatke još nismo otkrili na cretnim sojeničkim naseljima, no biljka je zanimljiva za usporedbu zbog karakterističnih dugih „sjemenskih” vlakana – na produljenoj su resi obućenca naime gusto raspoređene nekoliko milimetara dugačke dlačice
- zobi (*Avena sp.*), za vrijeme postojanja sojeničkih naselja još nepoznate korisne biljke, koju smo kao vrstu s dugim „sjemenskim” vlaknima, odnosno resastim produžecima (vidi I. dio/2.2, slika 32) – na površini obućenca nalaze se dlačice slične kao i kod kovilja – usporedili smo s ostalim, u istraživanje uključenim vrstama

Na temelju mikroskopskih snimaka (slike 201 – 203) i činjenica preuzetih iz literature (npr. Herzog 1955; A. Rast, osobno priopćenje), isključili smo mogućnost da su u otkrivenim isprepletenim vlaknima prisutni lan i konoplja (detalji u Pajagič Bregar i sur. 2009, 312–313). Najveće sličnosti s arheološkim vlaknima pokazivala su stabljična vlakna ovisa (slika 203a) i sjemenska vlakna kovilja (slika 203b), dakle vrsta iz porodice trava (Poaceae). Za precizniju identifikaciju, tj. utvrđivanje o kojoj se vrsti iz porodice trava radi, potrebna nam je veća referentna zbirka vlakana biljaka koje su prepoznate točno u vrstu te snimljene skenirajućim elektronskim mikroskopom.



Slika 203: Stabljična vlakna ovsika (a) i sjemenska vlakna kovilja (b) pod skenirajućim elektronskim mikroskopom pokazuju neke sličnosti s vlaknima pređe sa Starih gmajni; preuzeto prema: Pajagič Bregar i sur. 2009, 314, slika 15.6.

Otkrićem pređe i istraživanjem njenih vlakana, osim što smo ponovno potvrdili odlične spretnosti i vještine stanovnika sojeničkih naselja, možda smo dospjeli na dobar put na kojem ćemo otkriti zašto žitelji sojeničkog naselja Stare gmajne nisu rabili lan za tekstilno vlakno iako im je ta biljka već bila poznata te su je čak i uzgajali (Tolar i sur. 2010; Tolar i Velušček 2009). Dodatna istraživanja, osobito na lanenim sjemenkama (vidi npr. Herbig i Maier 2011; također u II. dijelu/3.3), pomoći će nam odgovoriti na to pitanje. Trenutno možemo samo biti skloniji pretpostavci da je otkrivena pređa s nalazišta Stare gmajne bila ispredena od vlakana nedrvenaste biljne vrste, najvjerojatnije vrste iz porodice trava.

8 Arheozologija i zooarheologija

8.1 O kultu špiljskog medvjeda

Već je u uvodnom arheozoološkom poglavlju prvog dijela ove knjige (str. 81) spomenuto da se pri istraživanju životinjskih ostataka s arheoloških nalazišta pozornost može usmjeriti ili na više antropološka/arheološka pitanja ili na pretežno zoološka. Izbor prvoga, tzv. zooarheološkog pristupa, znatno je češći, a tom okviru pripadaju i svi do sada prikazani primjeri istraživanja životinjskih ostataka u ovoj knjizi. U nastavku se ukratko osvrnimo na neka malo više arheozoološka istraživanja, kojima je dodirna točka proučavanje biologije izumrlog špiljskog medvjeda.

Špiljski medvjed (*Ursus spelaeus*) daleko je najzastupljenija životinjska vrsta na mnogim europskim arheološkim i paleontološkim nalazištima iz posljednjeg glacijala (vidi npr. Rakovec 1973; Miracle 1991). Ova zvijer vjerojatno je bila isključivi biljojed (Rabeder i sur. 2000; Pacher i Stuart 2009; Bocherens 2019; Terlato i sur. 2019), a izumrla je prije otprilike 24.000–23.000 godina (Terlato i sur. 2017). Njihove kosti pronađene su u brojnim špiljama na širem prostoru Euroazije (Kurtén 1976; Knapp i sur. 2009) i često predstavljaju više od 90 posto svih sakupljenih životinjskih nalaza unutar nekog nalazišta (npr. Rakovec 1958, 372; Malez 1963, 74; Pohar 1981, tab. 13; Pacher 2003, 119). Nekad se smatralo da je riječ o jedinstvenoj vrsti, ali novijim morfološkim i filogenetskim istraživanjima ustanovljeno je da je u gornjem pleistocenu koegzistiralo nekoliko vrsta i/ili podvrsta špiljskih medvjeda (npr. *U. ingressus*, *U. s. spelaeus*, *U. s. ladinicus*, *U. s. eremus*), različite veličine, koje su nastanjivale različita geografska područja i vjerojatno se nisu miješale (Baca i sur. 2016; Barlow i sur. 2018; Gretzinger i sur. 2019). Na prostoru današnjih Hrvatske i Slovenije manji broj uzoraka je određen kao *U. ingressus*, ali ovdje ćemo se zadržati na općoj odredbi (*U. spelaeus sensu lato*). Špiljski medvjed je već desetljećima predmet intenzivnih znanstvenih istraživanja koja se često protežu i u područje arheozologije. Riječ je o vrsti koja je, barem u razdoblju **zimskog sna**, bila čvrsto vezana uz špiljske brloge, uslijed čega se razvio kompetitivni odnos s čovjekom. Kao primjer takve izvorne arheozoološke

studije, pogledajmo radove nekoliko različitih autora, koji su proučavali ostatke špiljskog medvjeda sa nalazišta starijeg kamenog doba *Divje babe I* kod Cerkna u današnjoj Sloveniji (Debeljak 2002; Turk [ur.] 2007; 2014).

Divje babe I je 45 m duga i do 15 m široka špilja, smještena 230 m iznad korita rijeke Idrijce nedaleko od zaseoka Reka. Tamo su između 1978. i 1999. godine provedena sustavna iskopavanja u angažmanu Instituta za arheologiju (Znanstvenoistraživački centar SAZU), pri čemu su otkriveni arheološki ostaci starosti otprilike od 115.000 do 40.000 godina prije sadašnjosti (Turk [ur.] 2014). Samo u posljednjem desetljeću terenskih istraživanja, kada je svih 260 m³ iskopanog sedimenta isprano kroz sita (otvora oka: 10 mm, 3 mm i 0,5 mm), dokumentirano je više od 940.000 kostiju i 73.000 zuba špiljskog medvjeda. Prema nekim procjenama, radilo bi se o ostacima najmanje 1000 do 1200 različitih jedinki (Turk 2014, 321). Za njih se, kao i za druge slične slučajeve, smatra da su uglavnom umrli prirodnom smrću tijekom zimskog sna, pred samo buđenju ili neposredno nakon njega (usp. Kurtén 1976, 109–114). Teza da bi ljudi provodili specijalizirani lov na špiljskog medvjeda po uzoru na lov na neke druge životinje u stručnim se krugovima već dugo shvaćala kao besmislica.

a



b



Slika 204: Primjeri kostiju špiljskog medvjeda iz Divjih baba I s urezima (a) i tragovima ugriza zvijeri (b). Prema predlošku: Turk 2014, slika 15.1 i Turk i Dirjec 1997, slika 9.2.

Pojedinačni nalazi kostiju sa specifičnim oštećenjima ili s tragovima rezanja (slika 204a; vidi i Withalm 2004b; Wojtal i sur. 2014) svjedoče o tome da je ova velika zvijer povremeno ipak i bila žrtva ledenodobnih lovaca. No, takvi su ostaci općenito iznimno rijetki, čak rjeđi od izgrizanih kostiju. Tako je, primjerice, u slučaju Divjih baba I od ukupno 939.723 analiziranih koštanih ostataka iz središnjeg dijela špilje evidentirano svega 15 primjeraka s tragovima rezanja, a čak 25 puta više primjeraka s tragovima grizenja. To pokazuje da je lov na špiljskog medvjeda od strane lokalnog stanovništva morao biti prilično izniman događaj i da su ponekad neke druge veće zvijeri bile aktivnije u tom pogledu (slika 204b; Turk i sur. 2014, 322–323). Slične podatke imamo i za prostor današnje Hrvatske. Postoje brojne paleontološke studije skupova nalaza ostataka špiljskih medvjeda, ali im je svima zajednički fokus na biološkim obilježjima vrste i prepoznavanju populacijskih razlika na temelju osteometrije (npr. Jambrešić i sur. 2000), zastupljenosti različitih morfotipova pojedinih zuba (npr. Paunović 1988; Seetah i sur. 2011) ili razlika u spolnoj i dobnoj strukturi životinja (npr. Miracle 2011). Detaljne tafonomske analize provedene su na vrlo malom broju uzoraka, a rezultati su skromni. Tako, iako su na nalazištu Hušnjakovo brdo kraj Krapine najbrojniji ostaci upravo špiljskog medvjeda (Miracle 2007, 30; 2011, 85), antropogeni tragovi rezanja evidentirani su na svega 2,2 % kostiju (Miracle 2007, 80). Od preostalih nalazišta s ostacima špiljskih medvjeda, arheozoološke analize provedene su na dijelu materijala iz špilje Vindije u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i Mujine pećine kod Trogira u Dalmaciji. U oba slučaja nisu evidentirani nikakvi tragovi mesarenja na koštanim ostacima ove vrste (Brajković i Miracle 2008; Karavanić i Patou-Mathis 2009, 399; Miracle 2005, 92, tab. 4). Može se reći da, zanemarimo li nedokazane spekulacije o lovu na medvjede (vidi npr. Malez 1965, 16) i postojanju tzv. kulta špiljskog medvjeda u Veternici (Malez 1983), s izuzetkom Krapine, zasad ne postoje jasni dokazi o tome da su paleolitički lovci (neandertalci i anatomski moderni ljudi) na prostoru Hrvatske lovili špiljske medvjede, iako su vjerojatno povremeno dolazili u kontakt, o čemu svjedoče brojna nalazištima u kojima imamo dokaze o naizmjeničnom korištenju iste lokacije od strane ljudi i medvjeda.

Poznavanje dobne strukture fosilne populacije često je presudno za potpunije razumijevanje problematike lova na špiljskog medvjeda. U slučaju Divjih baba I, dob pojedinih životinja u trenutku smrti procijenjena je na temelju razvijenosti korijena i istrošenosti žvačne površine mliječnih donjih četvrtih pretkutnjaka (dPM_4 ; $N = 921$) te debljine korijena odnosno relativne širine korijenskog kanala (vidi sliku 54) trajnih donjih prvih kutnjaka (M_1 ; $N = 488$; Debeljak 2002). Kod potonjeg u obzir je uzet i broj slojeva u **zubnom cementu** (Debeljak 2002; vidi uokviren tekst na str. 113). Činjenicu da su upravo spomenuta dva zuba (tj. dPM_4 i M_1) odabrana za procjenu dobne strukture treba pripisati pretpostavci da su kod špiljskih medvjeda donji prvi kutnjaci izbijali gotovo istovremeno s ispadanjem mliječnih četvrtih pretkutnjaka, odnosno prije prve godine života. Stoga je navedenim metodološkim pristupom bilo

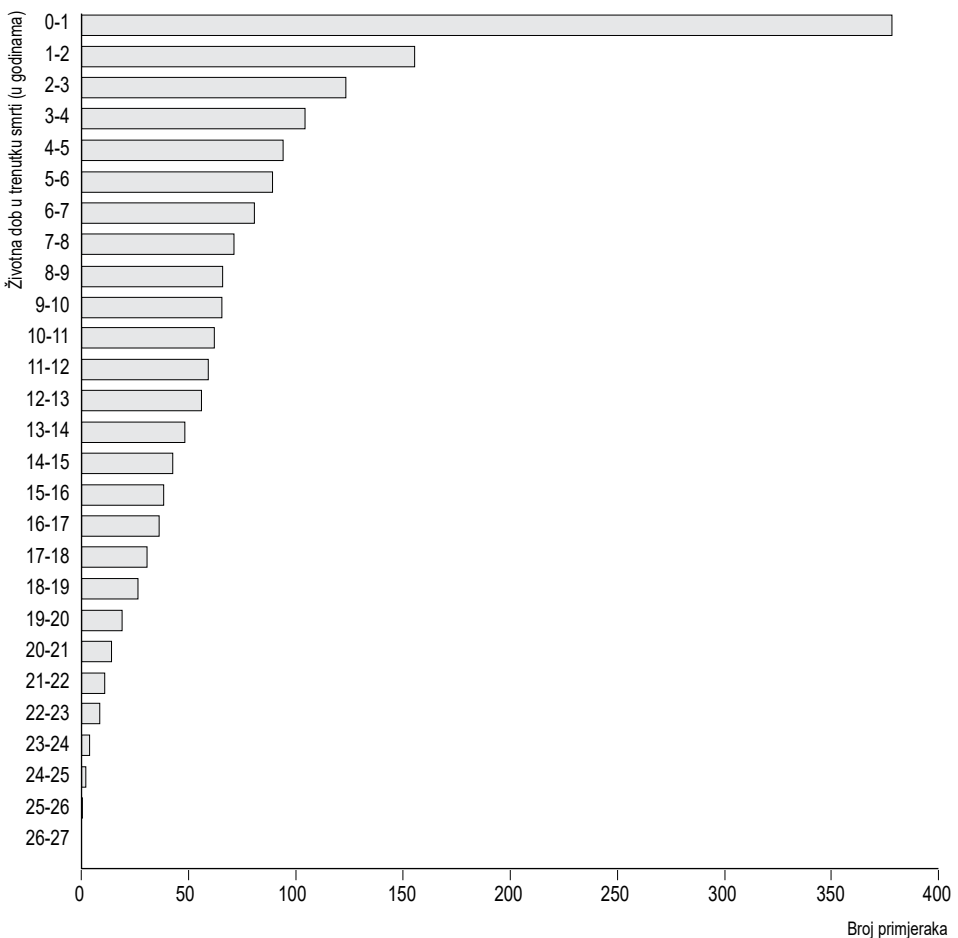
moguće obuhvatiti gotovo sve dobne skupine bez međupraznine (Debeljak 2002, 49–64). Osim toga, ova vrsta procjene životne dobi u trenutku smrti smatra se vrlo preciznom, osobito što se tiče brojanja slojeva prirasta zubnog cementa (Debeljak 2002, 60). Slojevi u zubnom cementu nastaju cikličnim izmjenjivanjem razdoblja zimskog sna, odnosno hibernacije, kada dolazi do zastoja u prehrani, a posljedično i taloženja zubnog cementa, i aktivnih faza života tijekom ostatka godine, kada se nastavlja taloženje zubnog cementa. Stoga je određivanje životne dobi pojedine životinje na temelju broja cementnih slojeva prilično nepogrešiva metoda.

Sada o rezultatima! Njima je pokazana jasna prevlast ostataka mladunaca do godine života, dok je smrtnost starijih životinja puno niža (slika 205). Iznimno veliki broj mliječnih donjih četvrtih pretkutnjaka medvjedića u dobi od jednog do četiri mjeseci, Debeljak (2002, 199–200) pripisuje smrtnosti tijekom prve zime i ranog proljeća, u vrijeme kada su mladunci s majkom već napuštali brlog. Bolesti, napadi odraslih mužjaka ili drugih grabežljivaca među najvjerojatnijim su uzrocima tako visoke smrtnosti (npr. Bellemain i sur. 2006; Diedrich 2011, 64–67), kao i odvajanje od majke. Sljedeći vrhunac u smrtnosti zabilježen je kod medvjeda u dobi od godinu dana, koji su uginuli u svojoj drugoj zimi. Prethodno navedenim uzrocima uginuća može se pribrojiti izgladnjivanje (ako mladunče nije uspjelo nakupiti dovoljno masnih zaliha tijekom jeseni), a možda i nemogućnost uspostavljanja posebnog metabolizma koji bi omogućio uspješnu **hibernaciju** (Nelson i sur. 2007, 350). Na temelju prikazanih rezultata visoka smrtnost mladunčadi u Divjim babama I može se objasniti prirodnom smrtnošću tamošnjih špiljskih medvjeda, iako bismo u ovom slučaju očekivali nešto veći udio (vrlo) starih životinja. Među mogućim razlozima oskudnosti kostiju i zuba medvjeda takve životne dobi Debeljak (2002, 159) navodi mogućnost da su napustili brlog i uginuli negdje na otvorenom, ili da na nekim nalazištima – uključujući i Divje babe I – starije životinje uopće nisu zimovale. Čini se da također treba uzeti u obzir i vjerojatnu spolno specifičnu selektivnost špiljskog medvjeda u odabiru brloga (npr. Miracle 2011, 107).

Daljnja istraživanja bila su usmjerena na utvrđivanje potencijalnog utjecaja klime na smrtnost špiljskih medvjeda. Rezultati su zapravo pokazali postojanje statistički značajnih razlika između različitih **razina sedimentata**, nataloženih u različitim klimatskim uvjetima te brojnosti i vrste ostataka medvjeda u njima (Turk 2003; 2014, 325–327). U tome su ključnu ulogu imale temperatura i (osobito) vlaga. Ne samo da su razdoblja dužih zima produljila trajanje zimskog sna, što je često bilo kobno za medvjede bez adekvatno povećanih masnih zaliha, već se tijekom hladnijih faza posljednjeg glacijala navodno znatno promijenila i spolna struktura životinja koje su zimovale u špilji (Jambrešić i Turk 2007, 379; Toškan 2007b, 386–391). Povrh svega, ustanovljen je jasan porast udjela dominantnih mužjaka, što je vjerojatno uzrokovalo povlačenje ženki s mladuncima u udaljenije brloge. Poznato je da susreti odraslih mužjaka i mladunaca mogu biti pogubni za potonje (Bellemain i sur. 2006).

Istovremeno, rezultati su pokazali nešto smanjen udio uginulih jednogodišnjih mladunaca (trebali su pratiti majke u druge, teže dostupne brloge) i povećanu smrtnost tek osamostaljenih, ali još uvijek relativno slabih i neiskusnih starijih mladunaca (dob: dvije do četiri godine; Turk 2014, 325). S druge strane, pri procjeni dobne strukture mora se uzeti u obzir i tafonomski čimbenik, jer poznato je da su tijekom formiranja različitih slojeva zubi propadali različitim intenzitetom (Turk i Dirjec 2007, 281–282).

Na temelju navedenog može se stoga vjerodostojno tvrditi da ledenodobni posjetitelji Divjih baba I u pravilu nisu lovili špiljskog medvjeda. No, to ne znači da su nužno bili ravnodušni prema tako velikoj količini kostiju i brojnim leševima. Kako inače objasniti očite koncentracije medvjeđih kostiju i zuba u pojedinim vatrištima i ognjištima (Turk



Slika 205: Zbroj mliječnih lijevih donjih četvrtih pretkutnjaka i lijevih donjih prvih kutnjaka špiljskog medvjeda iz Divjih baba I po dobnim skupinama. Podaci se odnose na građu iz slojeva 2 do 10 (tj. oko 40.000–67.000 pr. Kr.; Blackwell i sur. 2007). Prema predlošku: Debeljak 2002, slika 35.

i sur. 2014)? Ili iznimna skromnost setova mladekamenodobnih (polu)proizvoda израđenih ljudskom rukom, iako je u špilji otkriveno najmanje 21 ognjište i vatrište? S tim u vezi, broj ostataka obične lovne divljači ostao je neobično malen te ne prelazi brojku tisuću (Toškan 2007a). Tu su i izrazita razlomljenost te, zbog izravne izloženosti vatri, česta pougljenjenost ili čak **kalcificiranost** koštanih nalaza u blizini ognjišta, relativno dobra zastupljenost predmeta od kosti u odnosu na izrađevine od kamena, otkriće navodne antropomorfne figurice od škriljevca i, prije svega, bedrena kost mlađeg špiljskog medvjeda s pravilnim perforacijama u nizu, što neki autori smatraju da je najstariji poznati glazbeni instrument na svijetu (Turk 2014). Sve te činjenice koje upućuju na simboličko ponašanje proturječe definiciji Divjih baba I kao lovne stanice u smislu uobičajenog tumačenja ovakvih špiljskih nalazišta u ovom dijelu Europe (tj. privremenog logora odakle su lovci odlazili na pohode; Turk 2014, 329; Toškan 2007a, 244–249). Sumnja se da je špilja ranije bila korištena kao ritualni prostor, čija je uloga mogla biti usko povezana sa snažnom fizičkom prisutnošću špiljskog medvjeda i povezanim metafizičkim tumačenjima rođenja, smrti i drugih povezanih događaja (Turk 2014, 329).

U skladu s time čine se i indicije koje upućuju na uklanjanje nekih kosturnih elemenata uglavnom odraslih medvjeda iz špilje ili barem njihovo prenošenje u arheološki neistražena područja. Primjerice, utvrđen je nedostatak atraktivnih velikih očnjaka odraslih mužjaka, što je općenito najizraženije upravo naslagama s relativno velikim brojem nalaza iz starijeg kamenog doba (Toškan 2007b, 390–391; Turk i Dirjec 2007, 285–287). Zastupljenost lubanja i bedrenih kostiju također je skromna, za što postoje dobre analogije u neandertalskim ukopima diljem Europe (Turk i sur. 2014, 301–305). U vezi s navodnim obredima u Divjim babama I pozornost svakako zaslužuju pojedinačni više ili manje cjelovito sačuvani primjerci lubanja (N = 6; Toškan 2007c), od kojih neke svojim rasporedom, položajem i orijentacijom snažno ukazuju na mogućnost planskog smještaja u prostoru (Turk i sur. 2014, 281–282). Iako paleolitički lovci nisu utjecali na akumulaciju kostiju špiljskih medvjeda u Divjim babama I, odnosno nema dokaza da su ih lovili i donášali njihove ostatke u špilju, rezultati prikazanih arheozooloških studija pokazuju da je ova zvijer ipak imala važnu ulogu u životima ljudskih posjetitelja špilje. Time se posredno daje odgovor na pitanje zašto su ljudi u zimi ulazili u medvjede brlog i riskirali susret sa špiljskim medvjedom, ako nema uvjerljivih znakova lova na njega? Na kraju, ali ne manje važno, iz navedenog proizlazi još jedna, za čitatelja ove knjige možda i najvažnija spoznaja. Naime, arheozoologija i zooarheologija zapravo su snažno isprepletene grane iste znanosti, koje nije moguće jasno razdijeliti.

9 Primjeri arheobotaničkih i palinoloških istraživanja u Hrvatskoj

9.1 Arheobotanička istraživanja podmorskih nalazišta u Hrvatskoj: primjer s podvodnog rimskog arheološkog lokaliteta uvale Bijeca

Biljni makroostaci dokumentirani su već na više od 70 hrvatskih nalazišta, iz razdoblja sve od ranog neolitika pa do srednjeg vijeka, no tek su rijetka bila i arheobotanički detaljnije istražena (npr. Šoštarić i sur. 2006; Reed 2016; Reed i sur. 2019; Reed i Ožanić Roguljić 2020; Reed i sur. 2022a, 2022b i 2022c). Neka od važnijih arheobotaničkih nalazišta u Hrvatskoj nalaze se uz jadransku obalu, gdje su biljni makroostaci iznimno dobro očuvani u nepougljenom, vodom natopljenom stanju. Potopljeni u moru, zaštićeni su od aerobne razgradnje i raspadanja. Na nekim tzv. podvodnim nalazištima već su bile obavljene uspješne arheobotaničke analize koje potvrđuju izniman istraživački potencijal organskih ostataka. Među važnijima spomenimo rimska nalazišta na obali Istre (npr. Veli Brijun, Poreč, Zambratija, uvala Bijeca, Flaciusova ulica u Puli; Šoštarić i Küster 2001; Reed 2016; Essert i sur. 2018; Šoštarić i Koncani Uhač 2019; Matika i sur. 2022) i Dalmacije (npr. Zaton kod Zadra, Casca na otoku Pagu; Gluščević i sur. 2006; Krajačić 2009; Šoštarić i sur. 2010; Tiller i sur. 2016; vidi II.dio/9.2, slika 211).

Vodom natopljeni biljni ostaci očuvani u rimskodobnim slojevima ostataka luka kao i naselja uz more (npr. rimskih vila i s njima povezanih konstrukcija, npr. ribogojilišta) prije svega pružaju različite informacije o tadašnjim prehrambenim navikama, poljodjelskim aktivnostima, uvezenoj hrani (osobito egzotičnom voću) i skladištenju odnosno proizvodnji ponajprije vina te maslinovog ulja, koji su se ondje pripremali za izvoz, odnosno transport u druge krajeve. S druge strane, tu su i ostaci sjemenki/plodova prehrambeno manje važnih taksona te ostaci drva i ugljena, koji nude druge vrste informacija, prije svega o tadašnjim uvjetima u okolišu. U naseobinskim slojevima

obično prevladavaju ostaci sjemenki/plodova korova i ruderalne vegetacije, koji potvrđuju ljudsku aktivnost, odnosno prisutnost. Radi se o tipičnim biljnim taksonima koji dobro uspijevaju u okolini ljudskih naseobina i uz putove, dakle na mjestima čovjekova djelovanja. Osim spomenutih vrsta možemo naići i na neke druge vrste koje indiciraju tadašnje ekološke uvjete, kao što su npr. vodostaj ili blizina pitke vode (močvare, rijeke ili jezera), rub šume i šumu ili pašnjak, odnosno travnjak. Zanimljivo je npr. da su na više arheobotanički istraženih hrvatskih nalazišta uz more (Veli Brijun, uvala Bijeca, Flaciusova ulica, Zaton, Casca; vidi II. dio/9.2, slika 211) otkriveni ostaci slatkovodne obalne vegetacije, koji govore u prilog postojanja izvora pitke vode na tim lokacijama u rimskom razdoblju (vidi gore navedene reference).

Na primjeru arheobotaničkog istraživanja preliminarno prikupljenih uzoraka sedimenta iz podvodnog nalazišta uvale Bijeca u Medulinu, u blizini važnog antičkog mjesta Pule (*Pola*) (vidi II. dio/9.2, slika 211), u nastavku ćemo prikazati istraživački potencijal i važnost takvih istraživanja, koja bi u budućnosti u arheološkim istraživanjima podmorskih nalazišta morala postati standardna.



Slika 206: Uvala Bijeca: arheobotanički ostaci na morskom dnu. Foto: A. Prekalj.

Tijekom arheološkog iskopavanja podvodnog rimskodobnog nalazišta uvale Bijeca, između 2015. i 2019. godine, preliminarno su za arhebotaničke analize s morskog dna bila prikupljena četiri uzorka sedimenta (Matika i sur. 2022; Matika i sur. u pripremi). Uzorkovanje se provodilo i na temelju procjene prikupljena uzorka, dakle na temelju osobne procjene podvodnog istraživača na mjestima koja su ukazivala na veće mogućnosti nakon otkrića arheobotaničkih ostataka (tj. sjemenki, plodova, drva i ugljena vidljivih golim okom; npr. slika 206), i nasumično s arheološki prepoznatih stratigrafskih jedinica u kojima biljni makroostaci tijekom ronjenja nisu bili vidljivi



Slika 207: Primjeri ostataka uzgojenih biljaka s nalazišta uvale Bijeca: a) maslina (*Olea europaea*), b) vinova loza (*Vitis vinifera*) i c) zob (*Avena sativa*). Foto: D. Valoh.



Slika 208: Primjeri ostataka divljih biljaka koje su povremeno sakupljali, a možda čak i uzgajali, s nalazišta uvale Bijeca: a) pinija (*Pinus pinea*), b) smokva (*Ficus carica*), c) kupina (*Rubus fruticosus* agg.). Foto: D. Valoh.

golim okom. Iako su uzorci volumenom bili maleni, od 120 do 1600 ml (sva četiri zajedno 2250 ml), arheobotanički bili su iznimno bogati. Ukupno je bilo identificiran 831 ostatak sjemenki/plodova iz 45 biljnih taksona. Prevladavali su (99 %) biljni ostaci očuvani u vodom natopljenom, dakle nepougljenom stanju. Volumenom najveći uzorak (U4_2019 s 1600 ml) i arheobotančki najbogatiji uzorak U7_2015 (220 ml) sadržavali su statistički zadovoljavajuću količinu sjemenki/plodova, prema Van der Veenu i Fielleru (1982). Stoga predlažemo da se ubuduće s takvih nalazišta, s obzirom na otežano uzorkovanje pod vodom, sakupljaju uzorci veličine barem 1500 ml sedimenta, iako se za vodom natopljene sedimente s npr. neolitičkih sojeničkih naselja predlaže uzimanje barem 3000 ml/uzorak (Hosch i Jacomet 2001; Tolar i sur. 2010). Prepoznate biljne taksone mogli smo grupirati u čak sedam ekološko-gospodarskih skupina biljaka: uzgojene (9 % ID taksona), sakupljane (22 %), korovno-ruderalne



Slika 209: Neke identificirane sjemenke/plodovi okolišne vegetacije, vrlo vjerojatno recentnog porijekla: a) arapska vija (*Medicago arabica*), b) morska resa (*Cymodocea nodosa*), c) vodeni žabnjak (*Ranunculus aquatilis*), d) bijela loboda (*Chenopodium album*), e) primorska rupija (*Ruppia maritima*) i f) podvodnica (*Najas flexilis*). Foto: D. Valoh.

(33 %), vodeno-obalne (11 %), biljke travnjaka (7 %), šumske - uz rub šume (11 %) i skupina morskih trava (7 %). Sjemenke/plodovi potonjih najvjerojatnije su recentnog porijekla (vidi sliku 209). Među prehranbenim taksonima bili su prepoznati: maslina, vinova loza, zob, možda čak i mak (koji bi mogao rasti i kao korov u žitu) od uzgojenih vrsta (slika 207) te smokva, kupina, piniya (bor), bukvice (bukva), žir (hrast), lješnjak, svib, trešnja/višnja i bazga vjerojatno kao divlje, možda i sakupljane pa čak i već uzgojene vrste voća (npr. smokva i trešnja/višnja) (slika 208).

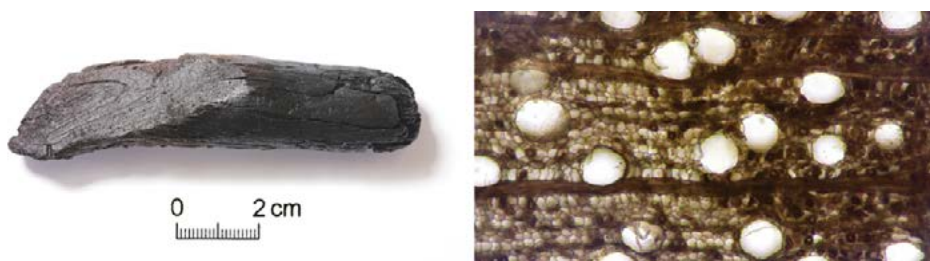
Ostaci okolišne vegetacije govore o barem četirima habitatskim vrstama: korovno-ruderalnim (npr. bijela loboda, lucerna, falopija i dr.), slatkovodnim, odnosno obalnim (vodeni žabnjak, jezerski oblič i dr.), biljkama travnjaka (npr. žabnjak), šumskim - uz šume (grab, bor i dr.) i naravno današnjim - morski habitat (primorska rupija, podvodnica i morska resa; slika 209).

U svim četirima uzorcima sedimenta pronašli smo i ostatke drva i ugljena. Kod ugljena smo prepoznali 7 različitih taksona: maslina, jasen, obični grab, bor, lijeska, hrast i drvo iz porodice ružovki (*Rosaceae*). Posebno je bio identificiran još i komad obrađena drva od javora (slika 210).

U uzorku U4_2019 očuvani su bili i vodom natopljeni drveni dijelovi potopljenog sanduka, izrađenog od hrastova drva (*Quercus* sp.), koji je možda služio za skladištenje usjeva.

Velika raznovrstnost drva i ugljena ukazuje na poprilično raznoliku šumsko-grmoliku vegetaciju u okolici morskog nalazišta koju su tadašnji stanovnici upotrebljavali također za ogrjev. Za konstrukcijske namjene radije su birali hrast i vjerojatno javor.

O prilično raznolikoj nekadašnjoj šumskoj vegetaciji morskih krajeva u Hrvatskoj govori i R. Šoštarić (2005) u svom radu, koji temelji prvenstveno na palinološkim istraživanjima na otoku Mljetu i na dvama mjestima u unutrašnjosti Hrvatske (rijeka Neretva i Bokanjačko blato; vidi II. dio/9.2, slika 211), čiji rezultati potvrđuju, odnosno slažu se s razvojem vegetacije priobalnih krajeva. Autorica zaključuje da je u razdoblju oko 8000 - 6000 cal BC na hrvatskoj obali uspijevala miješana termofilna šuma hrasta



Slika 210: Komad obrađenog drva nepoznate namjene. Drvo: javor (*Acer* sp.). Foto: D. Valoh.

crnike (*Quercus ilex*) s grabom (*Carpinus/Ostrya*) i jasenom (*Fraxinus ornus*), koji je kasnije (oko 6000 - 4000 cal BC) zamijenila zimzelena vegetacija u kojoj je prevladavala zelenika (*Phillyrea*) i borovica (*Juniperus*). Nakon 4000 cal BC i u rimskom razdoblju ponovno prevlada hrast crnika (*Q. ilex*), a češće se je javljao i bor (*Pinus*). Zahvaljujući svojoj prehrambenoj vrijednosti i stoga popularnosti kod Rimljana, povećao se udio oraha (*Juglans*) i maslina (*Olea*), a u arheobotaničkim ostacima iz tog razdoblja tipična je i pojava rogača (*Ceratonia*), kestena (*Castanea*), mogramnja (*Punica*), koji nedvojbeno dokazuju čovjekov utjecaj na vegetaciju.

Dosadašnja arheobotanička istraživanja s drugih (pod)morskih hrvatskih arheoloških nalazišta pokazuju sličnu sliku očuvanosti i raznovrstnosti sjemenki/plodova kao što su ovdje navedena s nalazišta uvale Bijeca (slike 207, 208). Od tipične mediteranske vegetacije na većini su arheoloških nalazišta najbrojnije očuvane sjemenke/plodovi prehrambeno važnih taksona, kao što su maslina, vinova loza, smokva i češeri te sjemenke bora (pinije), koje su tadašnji stanovnici sakupljali, čak i uzgajali te donosili u naselje (Essert i sur. 2018; Gluščević i sur. 2006; Šoštarić i Küster 2001; Tillier i sur. 2016). Zbog preskromnog i nesustavnog preliminarnog uzorkovanja sedimenta (ukupno je bilo sakupljeno i analizirano tek 2250 ml sedimenta) za arheobotaničke analize na nalazištu uvale Bijeca između 2015. i 2019. godine, nažalost, kod tog nalazišta trenutno još ne možemo govoriti o prehrambenom gospodarstvu i mogućoj luksuznoj, odnosno nešto raznolikijoj biljnoj prehrani, koja bi uključivala vrste kao što su datulje, bademi, breskve, trešnje, orasi, nar, dinje, krastavci, različite vrste žitarica i mahunarki te začinskog bilja i začina karakterističnih za rimsko doba (npr. Reed 2016; Gluščević i sur. 2006; Essert i sur. 2018).

Hrvatska podmorska nalazišta svakako posjeduju izniman istraživački potencijal, slično kao i sojenička naselja u Ljubljanskom barju u Sloveniji, stoga je ubuduće potrebno sustavno uzorkovanje sedimenta i uspostavljanje primjerenih metoda rada i na terenu (način uzorkovanja s dna mora; vidi I.dio/1.2, str. 74-77) i u laboratoriju (način flotiranja i pregledavanja; vidi I.dio/1.2, str. 77-82). S krhkim i vodom natopljenim arheobotaničkim ostacima moramo postupati nježno i upotrebljavati najmanje sito, s otvorima od barem 0,355 mm. Organski ostaci koji se ulove na situ moraju se cijelo vrijeme čuvati u vodom natopljenom stanju i na hladnom.

9.2 Palinološka istraživanja u Hrvatskoj: primjer Čepičkog polja

Iako prva palinološka istraživanja u Hrvatskoj sežu u 60-e godine 20. stoljeća (npr. Gigov i Nikolić 1960; Beug 1967), palinološki je istražen manji broj nalazišta od arheobotaničkih. Većina istraživanja provodila se na jadranskoj obali i u zaleđu (slika 211). Posljednjih godina broj novih, multidisciplinarnih paleoekoloških istraživanja snažno se povećava (Jamšek Rupnik i Novak 2021), a provedena su bila i prva istraživanja peluda u srednjoj Hrvatskoj (Bakrač i sur. 2015; Hruševar i sur. 2020).



Slika 211: Zemljopisna karta Hrvatske s nalazištima, odnosno lokacijama istraživanja koja se spominju u tekstu.

Najdulja palinološka sekvencija bila je analizirana na otoku Cresu (Vransko jezero, Schmidt i sur. 2000), gdje je u kasnom glacijalu i ranom holocenu uspijevala miješana šuma u kojoj su rasli bor (*Pinus*), hrast (*Quercus*), breza (*Betula*) i jasen (*Fraxinus*). Prije više od 9000 godina, kada je klima postala vlažnijom (Wunsam i sur. 1999), počela se je širiti bukva (*Fagus*). Prvi utjecaji čovjeka (sječa šume) vidljivi su već u neolitikumu i osobito u bronačno doba (nakon 5000 cal. BP) kada, slično kao u Istri (vidi dolje), zimzelene vrste drveća počinju istiskivati listopadne. Sličan razvoj vegetacije bio je prepoznat i na otoku Mljetu (Jahns, Bogaard 1998), gdje je ranoholocenske miješane hrastove šume nešto ranije, već prije oko 8000 godina, zamijenila sve otvorenijsa, zimzelena vegetacija u kojoj su prevladavali zelenika (*Phillyrea*) i borovica



Slika 212: Čepičko polje, mjesto bušenja; Foto: M. Andrič.

(*Juniperus*). Prije 6400 godina proširile su se šume hrasta crnike (*Quercus ilex*), koji u Dalmaciji prevladava i danas (Jahns i Bogaard 1998).

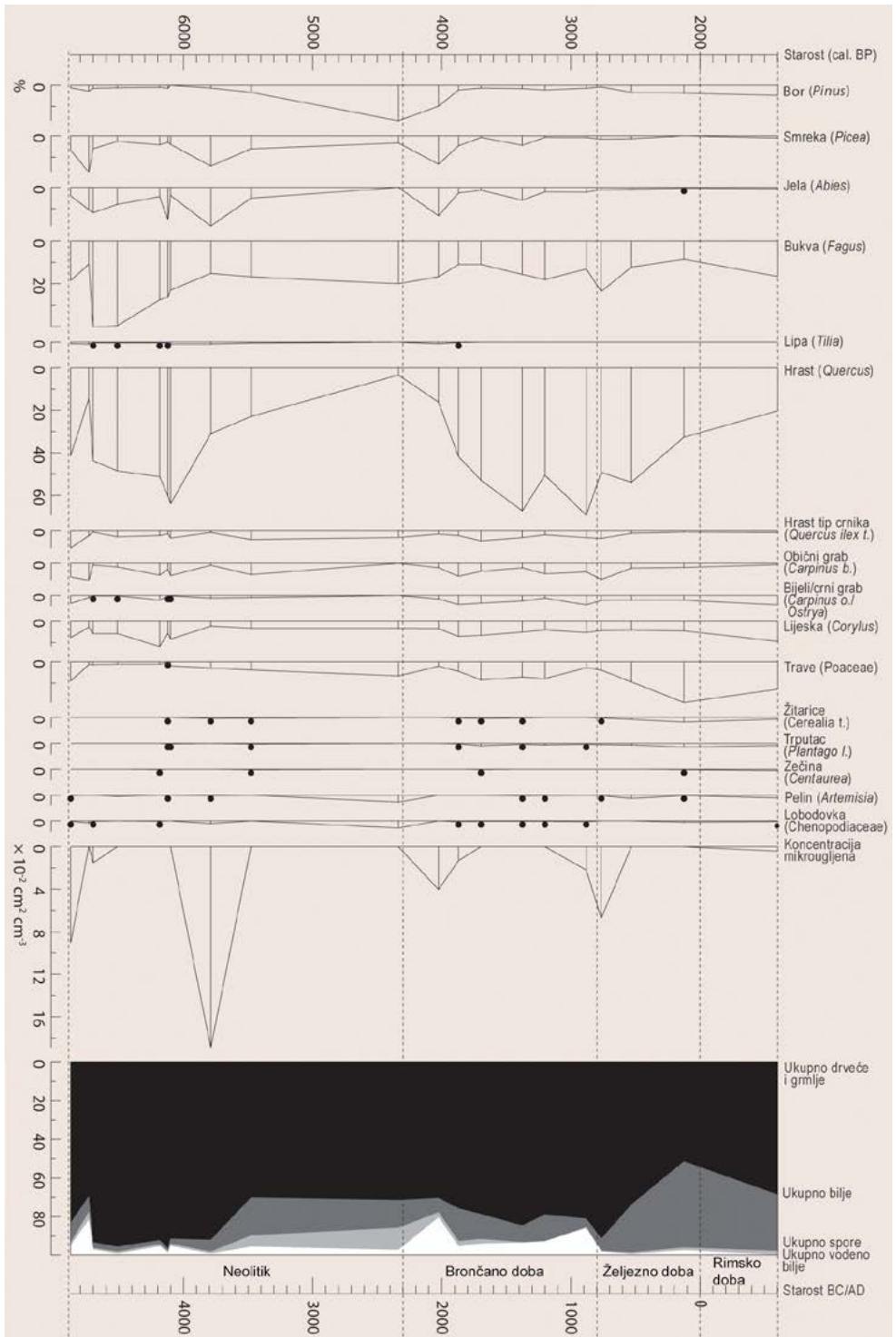
U cijeloj su Istri u srednjem holocenu najprije prevladavale miješane hrastove šume, kasnije se je pojas zimzelene makije proširio na obalu (Beug 1967, 1977), što se slaže s rezultatima arheobotaničkih istraživanja na ostalim morskim područjima (Šoštarić 2005). Istraživanja u uvali Busuja (Kaniewski i sur. 2018) pokazala su da je zimzelena vegetacija počela nadomještati listopadnu prije oko 5000 godina. Tada se počinje javljati pelud masline (*Olea*) i vinove loze (*Vitis*). Obalne borovo-hrastove šume u kojima su rasli bor (*Pinus*), hrast crnika (*Quercus ilex*), krvara (*Sanguisorba*) i resulja (*Mercurialis*) proširile su se u brončano doba, prije 4300 godina (tj. oko 2300 cal. BC), dok grmlje – vrjesovke (*Ericaceae*), borovica (*Juniperus*),

deveternik (*Helianthemum*), bušin (*Cistus*), zelenika (*Phillyreae*), tršlja (*Pistacia*) prevladava nakon 3850 cal. BP (tj. nakon 1850 cal. BC, Kaniewski i sur. 2018).

U kasnom holocenu (nakon 4200 cal. BP) važan je bio utjecaj klime, no jednako tako bio je u brončano doba i čovjekov utjecaj na vegetaciju, koji je „zamaskirao“ klimatski signal. Većina znanstvenika pretpostavlja da se je sredozemna makija, tj. zimzelena sklerofilna grmolika vegetacija razvila kao odgovor na kasnoholocensku suhu klimu te intenzivan čovjekov utjecaj na okoliš od brončanog doba nadalje (Jalut i sur. 2000; Reille i sur. 1992; Roberts i sur. 2011; Sadori i sur. 2011). U Istri su maslinu i vinovu lozu počeli uzgajati vjerojatno već u bronačno doba (Kaniewski i sur. 2018). Čovjekov utjecaj ojačao je i u unutrašnjosti Istre, u Ćićariji je npr. prije oko 3100 godina nastao vrlo otvoren krajolik sličan današnjem (Andrič, Willis 2003; Andrič 2004; Andrič 2006). Orah (*Juglans*) i kesten (*Castanea*) vjerojatno su se proširili u rimsko doba (Schmidt i sur. 2000; Šoštarić 2005). Razvoj vegetacije posljednjih 2000 godina u sredozemnom dijelu Hrvatske nije najbolje istražen, no detaljnije je bio analiziran na



Slika 213: Čepičko polje, peludni dijagram.



vlažnom području Blatuša (botanički rezervat Đon, srednja Hrvatska), gdje su prije dva tisućljeća prevladavale bukovo-hrastove šume.

Zbog čovjekova utjecaja te su se šume osobito u srednjem vijeku postepeno krčile; istraživači su rekonstruirali i hidrološke promjene na vlažnom području (npr. prijelaz creta siromašnog hranjivim tvarima u cret bogat hranjivi tvarima u malom ledenom dobu; Hruševan i sur. 2020).

Zanimljiv uvid u razvoj nekadašnje vegetacije i čovjekov utjecaj na okoliš u neolitiku nude nam istraživanja u Čepićkom polju (Istra; slika 211). Čepićko polje nekada je prekrivalo plitko jezero, koje su 1932. godine u potpunosti isušili, što je dovelo do propadanja fosilnog peluda. Godine 2004. na istočnom smo dijelu polja (slika 212) napravili 17,4 m duboku testnu bušotinu kako bismo testirali očuvanost peluda.

U većem dijelu bušotine pelud je bio potpuno uništen, no u njenu donjem dijelu (slika 213) dio paleookolišnog zapisa, koji se je taložio između 6800 i 1400 cal. BP, nasreću se ipak očuvao (Balbo i sur. 2006). Na temelju očuvanog peluda pretpostavljamo da su prije 6600 godina Čepićko polje okruživale miješane šume u kojima su prevladavali bukva (*Fagus*), hrast (*Quercus*, prevladavao je listopadni tip), jela (*Albies*) i lijeska (*Corylus*) (slika 213). Nakon 6500 cal. BP udio drveća, osobito bukve, počeo je opadati, a geološke analize ukazuju na nešto nižu razinu jezera zbog suših hidroloških uvjeta (više karbonata i organskih tvari, Balbo i sur. 2006). Prije 6150 godina porastao je udio mikroskopskog ugljena, pojavila su se i prva peludna zrnca žitarica (*Cerealia*). To se slaže s arheološkom slikom naseljenosti, naime u okolici su bila otkrivena neolitička arheološka nalazišta i možemo pretpostaviti da je došlo do sječe i paljenja šume te otvaranja krajolika za potrebe poljoprivrede i stočarstva. U dijelu bušotine koji je datiran između 4300 i 4100 cal. BP, pelud se nije očuvao, vjerojatno zbog suhih hidroloških uvjeta. U brončano i željezno doba čovjekov je utjecaj na okoliš ojačao. Upad udjela peluda drveća i grmlja prije 3900 godina ukazuje na otvaranje krajolika, poljoprivredu (pelud žitarica /*Cerealia*/) i stočarstvo (indikatori ispaše: trave /*Poaceae*/, uskolisni trputac /*Plantago lanceolata*/), a sedimentološke analize na vlažnije hidrološke uvjete i brže taloženje sedimenta (Balbo i sur. 2006). U gornjih 13 metara, gdje je sediment zbog hidromelioracije bio potpuno isušen i oksidiran, pelud se nalažost nije očuvao. Suha i vruća ljeta utječu na visinu podzemne vode i ugrožavaju niže slojeve, u kojima je još 2004. godine pelud bio očuvan.

LITERATURA

- Aaby B. i Berglund B. E. 1986. Characterization of peat and lake deposits. U: B. E. Berglund [ur.], *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Caldwell, The Blackburn Press, 231–246.
- Adelsberger K. A. 2017. Sedimentology. U: A. S. Gillbert [ur.], *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer, 764–772.
- Akeret Ö. 2005. Plant remains from a Bell Beaker site in Switzerland, and the beginnings of *Triticum spelta* (spelt) cultivation in Europe. *Vegetation History and Archaeobotany* 14, 279–286.
- Akeret Ö. i Jacomet S. 1997. Analysis of plant macrofossils in goat/sheep faeces from the Neolithic lake shore settlement of Horgen Scheller—an indication of prehistoric transhumance? *Vegetation History and Archaeobotany* 6, 235–239.
- Akeret Ö. i Rentzel P. 2001. Micromorphology and plant macrofossil analysis of cattle dung from Neolithic lake shore settlement of Arbon-Bleiche 3. *Geoarchaeology* 16(6), 687–700.
- Akeret Ö., Haas J. N., Leuzinger U. i Jacomet S. 1999. Plant macrofossils and pollen in goat/sheep faeces from the Neolithic lake-shore settlement Arbon Bleiche 3, Switzerland. *The Holocene* 9(2), 175–182.
- Albarella U. 2017. Zooarchaeology in the twenty-first century. U: U. Albarella, M. Rizzetto, H. Russ, K. Wickers i S. Viner-Daniels [ur.], *The Oxford Handbook of Zooarchaeology*. Oxford, Oxford University Press, 3–21.
- Allaby R., Brown T. i Fuller D. 2010. A simulation of the effect of inbreeding on crop domestication genetics with comments on the integration of archaeobotany and genetics: a reply to Honne and Heun. *Vegetation History and Archaeobotany* 19, 151–158.
- Allen M. J. 2017. Land snails in archaeology. U: M. J. Allen [ur.], *Molluscs in Archaeology: methods, approaches and applications*. Oxford, Oxbow Books, 6–29.
- Allen, M. J. i Payne, B. 2017. Molluscs in archaeology: an introduction. U: M. J. Allen [ur.], *Molluscs in Archaeology: methods, approaches and applications*. Oxford, Oxbow Books, 1–4.
- Allentoft M. E. 2013. Recovering samples for ancient DNA research – guidelines for the field archaeologist. *Antiquity* 87(338). Dostupno na: <http://antiquity.ac.uk/projgall/allentoft338/>.
- Alley R. B. 2000. The Younger Dryas cold interval as viewed from central Greenland. *Quaternary Science Reviews* 19, 213–226.
- Alley R. B., Meese D. A., Shuman C. A., Gow A. J., Taylor K. C., Grootes P. M., White J. W. C., Ram M., Waddington E. D., Mayewski P. A. i Zielinski G. A. 1993. Abrupt increase in Greenland snow accumulation at the end of Younger Dryas event. *Nature* 362, 527–529.

- Alpak H., Mutuş R. i Onar V. 2004. Correlation analysis of the skull and long bone measurements of the dog. *Annals of Anatomy* 186, 323–330.
- Anderberg A.-L. [ur.]. 1994. *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species with Morphological Descriptions. Part 4: Resedaceae-Umbelliferae*. Uddevalla, Schweden, Risbergs Tryckeri AB.
- Andersen S. T. 1970. The relative pollen productivity and pollen representation of North European trees, and correction factors for tree pollen spectra. *Danmarks Geologiske Undersøgelse II* (96), 1–99.
- Andreson R. S. i van Devender T. R. 1991. Comparison of pollen and macrofossils in packrat (*Neotoma*) middens: a chronological sequence from the Waterman Mountains of southern Arizona, U.S.A. *Review of Palaeobotany and Palynology* 68, 1–28.
- Andrews P. 1990. *Owls, Caves and Fossils*. London, Natural History Museum publications.
- Andrič M. 2001. *Transition to Farming and Human Impact on the Slovenian Landscape*. Doktorska disertacija, University of Oxford.
- Andrič M. 2004. Paleookolje v Sloveniji in severnem delu hrvaške Istre v pozni prazgodovini. The vegetation of Slovenia and northern Istria in late prehistory. *Arheološki vestnik* 55, 509–525.
- Andrič M. 2006a. Ali lahko analiza pelodnega zapisa v kulturni plasti arheološkega najdišča pove, kakšna vegetacija je rasla v okolici? Primer: Resnikov prekop. U: A. Velušček [ur.], *Resnikov prekop: najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, Ljubljana, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU in Založba ZRC, 103–113.
- Andrič M. 2006b. Prapoče pollen core and Holocene vegetation change in northern Istria. Peludna jezgra iz Prapoča i promjene vegetacije za holocena u sjevernoj Istri. V: *Prehistoric herders of northern Istria. The archaeology of Pupičina cave, Volume 1., Pretpovijesni stočari sjeverne Istre. Arheologija Pupičine peći, 1. svezak*, Monografije i katalogi 14, edited by Preston T. Miracle and Sašo Forenbaher, 31–62, Pula: Arheološki muzej Istre.
- Andrič M. 2007. The Holocene vegetation development in Bela krajina (Slovenia) and the impact of first farmers on the landscape. *The Holocene* 17(6), 763–776.
- Andrič M. 2009. Holocenske paleoekološke in paleohidrološke razmere na Ljubljanskem barju – prispevek k diskusiji. *Arheološki vestnik* 60, 317–331.
- Andrič M. 2020. Arheološka naselbina Stare gmajne in rastlinstvo Ljubljanskega barja v 4. tisočletju cal. BC. *Documenta Praehistorica* 47, 420–445, DOI: 10.4312/dp.47.24.
- Andrič M. i Karger D. N. 2024. The Holocene vegetation history and land-use in the Northern Dinaric Karst. U: B. Fuerst-Bjeliš, J. Mrgić, H. Petrić, M. Zorn i Z. Zwitter [ur.], *Environmental Histories of the Dinaric Karst*, Springer.
- Andrič M. i Willis K. J. 2003. The phytogeographic regions of Slovenia: a consequence of natural environmental variation or prehistoric human activity? *Journal of Ecology* 91, 807–821.

- Andrič M., Kroflič B., Toman M. J., Ogrinc N., Dolenc T., Dobnikar M. i Čermelj B. 2008. Late quaternary vegetation and hydrological change at Ljubljansko barje (Slovenia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 270, 150–165.
- Hydrobiologia* 631, 121–141.
- Andrič M., Massaferrero J., Eicher U., Ammann B., Leuenberger M. C., Martinčič A., Marinova E. i Brancelj A. 2009. A multi-proxy Late-glacial palaeoenvironmental record from Lake Bled, Slovenia.
- Andrič M., Martinčič A., Štular B., Petek F. i Goslar T. 2010. Land-use changes in the Alps (Slovenia) in the fifteenth, nineteenth and twentieth centuries AD: A comparative study of the pollen record and historical data. *The Holocene* 20(7), 1023–1037.
- Andrič M., Toškan B., Dirjec J. i Gaspari A. 2012. Arheološki in okoljski zapis v sedimentu vodne kotanje iz začetka 1. stoletja n. št. na lokaciji NUK II v Ljubljani, U: A. Gaspari i M. Erič [ur.], *Potopljena preteklost. Arheologija vodnih okolij in raziskovanje podvodne kulturne dediščine v Sloveniji*. Ljubljana, Didakta, 409–416.
- Andrič M., Tolar T. i Toškan B. 2016. *Okoljska arheologija in paleoekologija. palinologija, arheobotanika in arheozoologija*, Ljubljana, Založba ZRC.
- Angelucci D. E. 2022. *Elementi di geoarcheologia. Minerali, sedimenti, suoli*. Roma, Carocci.
- Angelucci D. E., Boschian G., Fontanals M., Pedrotti A. i Vergès J. M. 2009. Shepherds and karst: the use of caves and rock-shelters in the Mediterranean region during the Neolithic. *World archaeology* 41(2), 191–214.
- Appleby P. G. 2001. Chronostratigraphic techniques in recent sediments. U: W. M. Last i J. P. Smol [ur.], *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 171–203.
- Appleby J. E. P. i Miracle P. T. 2012. Sacred spaces, sacred species: Zooarchaeological perspectives on ritual uses of caves. U: H. Moyes [ur.], *Sacred Darkness: A Global Perspective on the Ritual Use of Caves*. Boulder, University Press of Colorado, 275–284.
- Arbuckle B. S. 2018. Early History of Animal Domestication in Southwest Asia. U: H. H. Shugart [ur.], *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. Oxford, Oxford University Press. DOI 10.1093/acrefore/9780199389414.013.548.
- Arbuckle B. S., Price M. D., Hongo H. i Öksüz B. 2016. Documenting the initial appearance of domestic cattle in the Eastern Fertile Crescent (northern Iraq and western Iran). *Journal of Archaeological Science* 72, 1–9. DOI 10.1016/j.jas.2016.05.008.
- Armitage P. 1982. A system for ageing and sexing the horn cores of cattle from British post-medieval sites (with special reference to unimproved British longhorn cattle). U: B. Wilson, C. Grigson i S. Payne [ur.], *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. BAR – British series 109, Oxford, Archaeopress, 37–54.
- Armitage P. L. 1989. The use of animal bones as building material in post-medieval Britain. U: D. Serjeantson, T. Waldron [ur.], *Diet and Crafts in Towns. The evidence of animal remains from the Roman to the Post-Medieval periods*. BAR – British series 199, Oxford, Archaeopress, 147–160.

- Arnold J. R. i Libby W.F. 1949. Age determinations by radiocarbon content: Checks with samples of known age. *Science* 110, 678–680.
- Arnold J. R. i Libby W. F. 1951. Radiocarbon dates. *Science* 113, 111–120.
- Arobba D., Bulgarelli F., Camin F., Caramiello R., Larcher R. i Martinelli L. 2014. Palaeobotanical, chemical and physical investigation of the content of an ancient wine amphora from the northern Tyrrhenian sea in Italy. *Journal of Archeological Science* 45, 226–233.
- Assarson G. i Granlund E. 1924. En metod för pollenanalys av minerogena jordarter. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 46, 76–82.
- Assefa. Z., Lam, Y. M. i Mienis, H. K. 2008. Symbolic Use of Terrestrial Gastropod Opercula during the Middle Stone Age at Porc-Epic Cave, Ethiopia. *Current Anthropology* 49 (4), 746-756.
- Atkeson F. W., Hulbert H. W. i Warren T. R. 1934. Effects of bovine digestion and of manure storage on the viability of weed seeds. *Journal of American Society of Agronomy* 26, 390–397.
- Audoin-Rouzeau F. 1995. Pour une histoire de l'élevage et de l'alimentation en Europe de l'Antiquité aux Temps Modernes. *Histoire & Mesure* 10(3–4), 277–312.
- Austin R. M., Sholts S. B., Williams L., Kistler L. i Hofman C. A. 2019. To curate the molecular past, museums need a carefully considered set of best practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (5), 1471-1474. DOI 10.1073/pnas.1822038116.
- Ayala G., Canti M., Heathcote J., Sidell J. i Usai R. 2007. *Geoarchaeology: Using earth sciences to understand the archaeological record*. Hawthornes, Nottingham, Centre for Archaeology. English Heritage Publishing.
- Babić K., Mihelić D. i Trbojević Vukičević T. 2002. *Komparativna anatomija koštanog sustava sisavaca i ptica*, 2. izdanje. Zagreb, Veterinarski fakultet.
- Baca M., Popović D., Stefaniak K., Marciszak A., Urbanowski M., Nadachowski A. i Mackiewicz P. 2016. Retreat and extinction of the Late Pleistocene cave bear (*Ursus spelaeus sensu lato*). *The Science of Nature* 103 (92), 1-17. DOI 10.1007/s00114-016-1414-8.
- Bailey D. W. [ur.] 1998. *The Archaeology of Value. Essays on prestige and the processes of valuation*. Oxford, Archaeopress.
- Baillie M. G. L. 1995. *A Slice Through Time. Dendrochronology and precision dating*. London, Routledge.
- Bajd B. 2012. *Moji prvi morski polži in školjke: preprost določevalni ključ*. Ljubljana, Hart, Harting.
- Bajnóczi B., Schöll-Barna G., Kalicz N., Siklósi Z., Hourmouziadis G. H., Ifantidis F., Kyparissi-Apostolika A., Pappa M., Veropoulidou R. i Ziota C. 2012. Tracing the source of Late Neolithic *Spondylus* shell ornaments by stable isotope geochemistry and cathodoluminescence microscopy. *Journal of Archaeological Science* 40, 874–882.
- Baker J. i Brothwell D. 1980. *Animal Diseases in Archaeology*. London, New York, Academic Press.

- Baker P. i Worley F. 2014. *Animal Bones and Archaeology. Guidelines for best practice*. London, English Heritage.
- Bakrač K., Krznarić Škrivanko M., Miko S., Iljanić N., Hasan O. 2015. First palynological results from the archaeological site of Sopot, Croatia, *Geologia Croatica* 68 (3), 303–311.
- Balasse M. 2002. Reconstructing dietary and environmental history from enamel isotopic analysis: Time resolution of intra-tooth sequential sampling. *International Journal of Osteoarchaeology* 12 (3), 155-165. DOI 10.1002/oa.601.
- Balasse M., Smith A. B., Ambrose S. H. i Leigh S. R. 2003. Determining sheep birth seasonality by analysis of tooth enamel oxygen isotope ratios: The Late Stone Age site of Kasteelberg (South Africa). *Journal of Archaeological Science* 30 (2), 205-215. DOI 10.1006/jasc.2002.0833.
- Balasse M., Renault-Fabregon L., Gandois H., Fiorillo D., Gorczyk J., Bacvarov K. i Ivanova M. 2020. Neolithic sheep birth distribution Results from Nova Nadezhda (sixth millennium BC, Bulgaria) and a reassessment of European data with a new modern reference set including upper and lower molars. *Journal of Archaeological Science* 118, 105-139. DOI 10.1016/j.jas.2020.105139.
- Balbo A. L., Andrić M., Rubinić J., Moscariello A. i Miracle P. T. 2006. Palaeoenvironmental and archaeological implications of a sediment core from Polje Čepić, Istria, Croatia. *Geologia Croatica* 59(2), 107–122.
- Barbir A., Vukosavljević N. i Vujević D. 2020. Eating well on Adriatic palaeoshore – Marine and Terrestrial Molluscs as Evidence of Late Pleistocene and Early Holocene Cuisine in Vlakno Cave, Dugi otok, Croatia. U: N. Marković i J. Bulatović [ur.], *Animal Husbandry and Hunting in the Central and Western Balkans Through Time*. Oxford, Archaeopress, 1-9.
- Barker P. 1998. *Tehnike arheološkega izkopavanja*. Ljubljana, Slovensko arheološko društvo, Uprava RS za kulturno dediščino.
- Barlow A., Cahill J. A., Hartmann S., Theunert C., Xenikoudakis G., Fortes G. G., Pajmans J. L. A., Rabeder G., Frischauf C., Grandal-d'Anglade A., Garcia-Vázquez A., Murtskhvaladze M., Saarma U., Anijalg P., Skrbinšek T., Bertorelle G., Gasparian B., Bar-Oz G., Pinhasi R., Slatkin M., Dalén L., Shapiro B. i Hofreiter M. 2018. Partial genomic survival of cave bears in living brown bears. *Nature Ecology & Evolution* 2, 1563-1570. DOI 10.1038/s41559-018-0654-8.
- Barnekow L., Possnert G. i Sandgren P. 1998. AMS ¹⁴C chronologies of Holocene lake sediments in the Abisko area, northern Sweden – a comparison between dated bulk sediment and macrofossil samples. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 120, 59–67.
- Barone R. 1976. *Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome I: Ostéologie*. Paris, Vigot Frères.
- Barth F. E. 2001. Bronzezeitliche Fleischverarbeitung in Hallstatt. *Arheološki vestnik* 52, 139–142.
- Barton M. C. i Clark G. A. 1993. Cultural and Natural Formation Processes in Late Quaternary Cave and Rockshelter Sites of Western Europe and Near East. U: P. Goldberg, D. T. Nash i M. D. Petraglia [ur.] *Formation Processes in Archaeological Context. Vol. Monographs in World Archaeology* 17. Madison, Wisconsin, Prehistory Press, 33-52.

- Bartosiewicz L. 1991. Faunal material from two Hallstatt Period settlement in Slovenia. *Arheološki vestnik* 42, 199–206.
- Bartosiewicz L. 1996. Camels in antiquity: the Hungarian connection. *Antiquity* 70(268), 447–453.
- Bartosiewicz L. 1999a. Recent developments in archaeozoological research in Slovenia. *Arheološki vestnik* 50, 311–322.
- Bartosiewicz L. 1999b. Animal husbandry and medieval settlement in Hungary. *Beiträge zur Mittelalterarchäologie in Österreich* 15, 139–155.
- Bartosiewicz L. 2001. Archaeozoology or zooarchaeology?: a problem from the last century. *Archaeologia Polona* 39, 75–86.
- Bartosiewicz L. 2002. Dogs from the Ig pile dwellings in the National Museum of Slovenia. *Arheološki vestnik* 53, 77–89.
- Bartosiewicz L. 2008. Taphonomy and palaeopathology in archaeozoology. *Geobios* 41, 69–77.
- Bartosiewicz L. i Dirjec J. 2001. Camels in antiquity: Roman Period finds from Slovenia. *Antiquity* 75, 279–285.
- Bartosiewicz L. i Gál E. 2013. *Shuffling Nags, Lame Ducks: The Archaeology of Animal Disease*. Oxford, Oxbow.
- Bartosiewicz L., Van Neer W. i Lentacker A. 1997. *Draught cattle: their osteological identification and history*. Annales: Sciences zoologiques 281, Tervuren, Musée Royal de l'Afrique Centrale.
- Bartosiewicz L., Choyke A. M. i Gál E. 2009. Odnosi med ljudmi in živalmi v prazgodovini. V: P. Turk, J. Istenič, T. Knific i T. Nabregoj [ur.], *Ljubljana – kulturna dediščina reke*. Ljubljana, Narodni muzej Slovenije, 56–57.
- Bar-Yosef Mayer D. E. [ur.] 2005. *Archaeomalacology. Molluscs in former environments of human behaviour*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, Avgust 2002. Oxford, Oxbow Books.
- Bate D. M. A. 1937. Palaeontology: the fossil fauna of the Wady el-Mughara caves. V: D. A. E. Garrod i D. M. A. Bate [ur.], *The Stone Age of Mount Carmel. Part 2*. Oxford, Clarendon Press, 137–240.
- Batič F., Šircelj H. i Turk B. [ur.]. 2004. *Pregled rastlinskega sistema*. Učbenik za študente argonomije, zootehnike in veterine, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo.
- Batič F., Košmrlj-Levačič B., Martinčič A., Cimerman A., Turk B., Gogala N., Seliškar A., Šercelj A. i Kosi G. [ur.]. 2011. *Botanični terminološki slovar*. Ljubljana, Založba ZRC.
- Becker C. 1998. Can animal bones reflect household activities? A case study from a prehistoric site in Greece. V: P. Anreiter, L. Bartosiewicz, E. Jerem in W. Meid [ur.], *Man and the Animal World*. Archaeolingua 8, Budapest, Archaeolingua alapítvány, 79–86.
- Becker C., Benecke N., Grabundžija A., Küchelmann H. C., Pollock S., Schier W., Schoch C., Schrakamp I., Schütt B. i Schumacher M. 2016. The Textile Revolution. Research into the Origin and Spread of Wool Production between the Near East and Central Europe.

- U: G. Graßhoff i M. Meyer [ur.], Space and Knowledge. Topoi Research Group Articles, eTopoi. *Journal for Ancient Studies*, Special Volume 6, 102-151. DOI 10.17169/FUDOCS_document_000000025988.
- Behre K.-E. 1981. The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams. *Pollen et spores* 23, 225–245.
- Behre, K.-E. 1988. The Role of Man in European Vegetation History. V: B. Huntley in T. Webb [ur.], *Vegetation History*. Dodrecht, Kluwer Academic Publishers, 633–672.
- Behre K.-E. 2007. Evidence for Mesolithic agriculture in and around central Europe? *Vegetation History and Archaeobotany* 16, 203–219.
- Behre K.-E. 2008a. Collected seeds and fruits from herbs as prehistoric food. *Vegetation History and Archaeobotany* 17, 65–73.
- Behre K.-E. 2008b. Comment on: 'Mesolithic agriculture in Switzerland? A critical review of the evidence' by W. Tinner, E. H. Nielsen and A. F. Lotter. *Quaternary Science Reviews* 27, 1467–1468.
- Behre K.-E. i Jacomet S. 1991. The ecological interpretation of archaeological data. U: W. A. Van Zeist, K. Wasylikowa i K. E. Behre [ur.], *Progress in Old World Palaeoethnobotany*. Rotterdam, Balkema, 81–108.
- Behrensmeyer A. K. 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology* 4(2), 150–162.
- Beijerinck W. [ur.]. 1947. *Zadenatlas der Nederlandsche flora*. Wageningen, H. Veenman und Zonen.
- Bellemain E., Swenson J. E. in Taberlet P. 2006. Mating strategies in relation to sexually selected infanticide in a non-social carnivore: the brown bear. *Ethology* 112(3), 238–246.
- Bello S. M. i Parfitt S. A. 2023. Taphonomic approaches to distinguishing chewing damage from knapping marks in Palaeolithic faunal assemblages. *Journal of Archaeological Science: Reports* 51, 1-15. DOI 10.1016/j.jasrep.2023.104183.
- Bendrey R. 2007a. Ossification of the interosseous ligaments between the metapodials in horses: a new recording methodology and preliminary study. *International Journal of Osteoarchaeology* 17, 207–213.
- Bendrey R. 2007b. New methods for the identification of evidence for biting on horse remains from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 34, 1036–1050.
- Benecke N. 2002. *Zu den Anfängen der Pferdehaltung in Eurasien*. Aktuelle archäozoologische Beiträge aus drei Regionen. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 43, 187–226.
- Bengtsson L. i Enell M. 1986. Chemical analysis. U: B. E. Berglund [ur.] *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, Caldwell, The Blackburn Press, 423–451.
- Bennett K. D. 1988. Post-glacial vegetation history: Ecological considerations. U: B. Huntley i T. Webb III. [ur.], *Vegetation History*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 699–724.
- Bennett K. D. 1996. Determination of the number of zones in a biostratigraphical sequence. *New Phytologist* 132, 155–170.

- Bennett K. D. 1998. *Documentation for PSIMPOLL 3.00 and PSCOMB 1.03: C programs for plotting pollen diagrams and analysing pollen data*. Dostupno na: <http://chrono.qub.ac.uk/psimpoll/psimpoll.html>.
- Bennett K. D. i Willis K. J. 1995. The role of ecological factors in controlling vegetation dynamics on long temporal scales. *Giornale botanico italiano* 129(1), 243–254.
- Bennett K. D. i Willis K. J. 2001. Pollen. U: J. P. Smol, H. J. B. Birks in W. M. Last [ur.], *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, algal, and siliceous indicators*. Dordrecht, Kluwer Academic publishers, 5–32.
- Bennett K. D., Tzedakis P. C. i Willis K. J. 1991. Quaternary refugia of north European trees. *Journal of Biogeography* 18, 103–115.
- Berggren G. [ur.]. 1969. *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland) with Morphological Descriptions. Part 2: Cyperaceae*. Stockholm, Swedish Natural Science Research Council.
- Berggren G. [ur.]. 1981. *Atlas of Seeds and Small Fruits of Northwest-European Plant Species (Sweden, Norway, Denmark, East Fennoscandia and Iceland) with Morphological Descriptions. Part 3: Saliaceae-Cruciferae*. Stockholm, Swedish Natural Science Research Council.
- Bergström A., Frantz L., Schmidt R., Ersmark E., Lebrasseur O., Girdland-Flink L., Lin A. T., Storå J., Sjögren K.-G., Anthony D., Antipina E., Amiri S., Bar-Oz G., Bazaliiskii V. I., Bulatović J., Brown D., Carmagnini A., Davy T., Fedorov S., Fiore I., Fulton D., Germonpré M., Haile J., Irving-Pease E. K., Jamieson A., Janssens L., Kirillova I., Horwitz L. K., Kuzmanovic-Cvetkovic J., Kuzmin Y., Losey R. J., Ložnjak Dizdar D., Mashkour M., Novak M., Onar V., Orton D., Pasarić M., Radivojević M., Rajković D., Roberts B., Ryan H., Sablin M., Shidlovskiy F., Stojanović I., Tagliacozzo A., Trantalidou K., Ullén I., Villalueva A., Wapnish P., Dobney K., Götherström A., Linderholm A., Dalén L., Pinhasi R., Larson G. i Skoglund P. 2020. Origins and genetic Legacy of prehistoric dogs. *Science* 370 (6516), 557-564. DOI 10.1126/science.aba9572.
- Bernardini F., Montagnari Kokelj E., Demarchi G. i Alberti A. 2009. Izmenjava in oskrbovalne strategije na Ljubljanskem barju v 4. tisočletju pr. Kr. Na podlagi arheometričnih raziskav kamnitih orodij. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 251–280.
- Beug H.-J. 1967. On the forest history of the Dalmatian coast. *Review of Palaeobotany and Palynology* 2, 271–279.
- Beug H.-J. 1977. Vegetationsgeschichte Untersuchungen im Küstenbereich von Istrien (Jugoslawien). Studies on the vegetation history of the coastal area of Istria (Yugoslavia). *Flora* 166 (4), 357–381.
- Beug H.-J. 2004. *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. München, Verlag Dr. Friedrich Pfeil.
- Billamboz A. 2004. Dendrochronology in lake-dwelling research. U: F. Menotti [ur.], *Living on the Lake in Prehistoric Europe*. London and New York, Routledge, 117–131.

- Billamboz A. i Tegel W. 2001. Dendrochronology: doing the splits between archaeology and natural sciences. V: M. Kaenel Dobbertin in O. Ueli Bräker [ur.], *Tree Rings and People, International Conference on the Future of Dendrochronology*. Davos, Swiss Federal Research Institute.
- Binford L. R. 1981. *Bones. Ancient men and modern myths*. New York, Academic Press.
- Birks H. J. B. 1981. The use of pollen analysis in the reconstruction of past climates: a review. U: T. M. L. Wigley, M. J. Ingram i G. Farmer [ur.], *Climate and History. Studies in Past Climates and their Impact on Man*. Cambridge, Cambridge University Press, 111–138.
- Birks H. J. B. i Birks H. H. 1980. *Quaternary Palaeoecology*. London, Edward Arnold.
- Birks H. J. B. i Gordon A. D. 1985. *Numerical Methods in Pollen Analysis*. London, Academic Press.
- Birks H. J. B. i Seppä H. 2004. Pollen-based reconstructions of late-Quaternary climate in Europe – progress, problems, and pitfalls. *Acta Palaeobotanica* 44(2), 317–334.
- Birks H. J. B., Line M. i Persson T. 1990. Quantitative estimation of human impact on cultural landscape development, V: H. H. Birks, P. Kaland in D. Moe [ur.], *The cultural landscape – past, present and future*. Cambridge, Cambridge University Press, 229–240.
- Birks H. J. B., Lotter A. F., Juggins S. i Smol J. P. [ur.] 2012. *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Vol. 5: Data handling and numerical techniques*. Dordrecht, Springer.
- Björck S. i Wohlfarth B. 2001. ¹⁴C chronostratigraphic techniques in palaeolimnology. U: W. M. Last i J. P. Smol [ur.], *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 205–245.
- Blackwell B. A. B., Yu E. S. K., Skinner A. R., Turk I., Blickstein J. I. B., Turk J., Yin V. S. W. i Lau B. 2007. ESR-datiranje najdišča Divje babe I, Slovenija. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 123–157.
- Blanc G. A. i Blanc A. C. 1958–59. Il bove della stipe votiva del Niger Lapis nel Foro Romano. *Bullettino di Paleontologia Italiana* 12(67–68), 7–57.
- Blockley S. P. E., Lane C. S., Hardiman M., Rasmussen S. O., Seierstad I. K., Steffensen J. P., Svensson A., Lotter A. F., Turney C. S. M. i Ramsey C. B. 2012. Synchronisation of palaeoenvironmental records over the last 60,000 years, and an extended INTIMATE event stratigraphy to 48,000 b2k. *Quaternary Science Reviews* 36, 2–10.
- Blumenschine R. J. 1995. Percussion marks, tooth marks, and experimental determinations of the timing of hominid and carnivore access to long bones at FLK *Zinjanthropus*, Olduvai Gorge, Tanzania. *Journal of Human Evolution* 29, 21–51.
- Boardman S. i Jones G. 1990. Experiments on the effects of charring on cereal plant components. *Journal of Archaeological Science* 17, 1–11.
- Bocherens, H. 2019. Isotopic insights on cave bear palaeodiet. *Historical Biology* 31 (4), 410–421. DOI 10.1080/08912963.2018.1465419.

- Bocherens H. i Mariotti A. 1994. Défense isotopiques. Pour distinguer ivoire de mammoth et ivoire d'éléphant. *Pour la Science* 202, 20.
- Bocherens H., Bridault A., Drucker D. G., Hofreiter M., Münzel S. C., Stiller M. i van der Plicht J. 2014. The last of its kind? Radiocarbon, ancient DNA and stable isotope evidence from a late cave bear (*Ursus spelaeus* ROSENMÜLLER, 1794) from Rochedane (France) *Quaternary International* 339–340, 179–188.
- Boessneck J., Müller H.-H. i Teichert M. 1964. Osteologische Unterscheidungsmerkmale zwischen Schaf (*Ovis aries* Linné) und Ziege (*Capra hircus* Linné). *Kühn-Archiv* 78,1–129.
- Bogaard A. 2002. Questioning the relevance of shifting cultivation to Neolithic farming in the loess belt of Europe: evidence from the Hambach Forest experiment. *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 155–168.
- Bogaard A. [ur.]. 2004. *Neolithic Farming in Central Europe. An archaeobotanical study of crop husbandry practices*. London, Routledge.
- Bogaard A., Jones G. i Charles M. 2005. The impact of crop processing on the reconstruction of crop sowing time and cultivation intensity from archaeobotanical weed evidence. *Vegetation History and Archaeobotany* 14, 505–509.
- Bökönyi S. 1968. Data on Iron age horses of Central and Eastern Europe. U: H. Henecken [ur.], *Mecklenburg collection, part I*. Peabody Museum Bulletin 25, Cambridge, Peabody Museum of Archaeology and Ethnology, 3–71.
- Bökönyi S. 1970. A new method for the determination of the number of individuals in an animal bone material. *American Journal of Archaeology* 74, 291–292.
- Bökönyi S. 1974. *History of domestic mammals in Central and Eastern Europe*. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- Bökönyi S. 1984. *Animal Husbandry and Hunting in Tâc-Gorsium. The vertebrate fauna of a Roman town in Pannonia*. Budapest, Akadémiai Kiadó.
- Bökönyi S. 1994. Analiza živalskih kosti. U: S. Gabrovec [ur.], *Stična I. Naselbinska izkopavanja*. Katalogi in monografije 28, Ljubljana, Narodni muzej Slovenije, 190–213.
- Bökönyi S. 1995. Problems with using osteological materials of wild animals for comparisons in archaeozoology. *Anthropologia Közlemények* 37, 3–11.
- Bole J. 1969. *Ključni za določevanje živali. IV: Mehkužci = Mollusca*. Ljubljana, Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani, Društvo biologov Slovenije.
- Bollongino R., Burger J., Powell A., Mashkour M., Vigne J.-D. i Thomas M. G. 2012. Modern taurine cattle descend from small number of near-eastern founders. *Molecular Biology and Evolution* 29(9), 2101–2104.
- Bond G., Showers W., Chesbey M., Lotti R., Almasi P., deMenocal P., Priore P., Cullen H., Hajdas I. i Bonani G. 1997. A pervasive millennial-scale cycle in north Atlantic Holocene and Glacial climates. *Science* 278, 1257–1266.
- Bordes, F. 1972. *A Tale of Two Caves*. New York, Harper and Row.

- Borojević K. [ur.] 2006. *Terra and Silva in the Pannonian Plain. Opovo agro-gathering in the Late Neolithic*. Oxford, BAR International Series 1563.
- Borrini M., Mariani P. P., Murgia C., Rodriguez C. i Tumbarello M. V. 2012 - Contextual Taphonomy: Superficial bone alterations as contextual indicators. *Journal of Biological Research* 85 (1), 217-219. DOI 10.4081/jbr.2012.4115.
- Boscato P., Boschian G., Caramia F. i Gambassini P. 2009. Il Riparo del Poggio a Marina di Camerota (Salerno): culture ed ambiente. *Rivista di Scienze Preistoriche* 59, 5-40.
- Boschian G. 1997. Sedimentology and Soil Micromorphology of the Late Pleistocene and Early Holocene Deposits of Grotta dell'Edera (Trieste Karst, NE Italy). *Geoarchaeology* 12 (3), 227-249.
- Boschian G. 2006. Geoarchaeology of Pupičina cave. U: P. T. Miracle i S. Forenbaher [ur.], *Prehistoric Herders of Northern Istria: The Archaeology of Pupičina Cave*. Monografije i katalogi 14, Vol. 1. Pula, Arheološki muzej Istre, 123-162.
- Boschian G. i Gerometta K. 2016. Promjenjivi okoliš taloženja špilje Zale: geoarheološka perspektiva. U: N. Vukosavljević i I. Karavanić [ur.], *Arheologija špilje Zale. Od paleolitičkih lovaca skupljača do rimskih osvajača*. Modruš, Katedra Čakavskog sabora Modruše, 49-72.
- Boschian G. i Gerometta K. 2020. Geoarheologija Mujine pećine. U: I. Karavanić i I. Kamenjarin [ur.] *Mujina pećina: geoarheologija i litička analiza*. Zagreb, FF Press i Muzej grada Kaštela, 29-58.
- Boschian G. i Montagnari-Kokelj E. 2000. Prehistoric shepherds and caves in the Trieste Karst (Northeastern Italy). *Geoarchaeology: An International Journal* 15(4), 331-371.
- Boschian G., Gerometta, K., Ellwood B. B., Karavanić I. 2017. Late Neandertals in Dalmatia: Site formation processes, chronology, climate change and human activity at Mujina Pećina, Croatia. *Quaternary International* 450, 12-35. DOI 10.1016/j.quaint.2016.09.066.
- Boschin F. i Crezzini J. 2012. Morphometrical analysis of cut marks using a 3D digital microscope. *International Journal of Osteoarchaeology* 22(5), 549-562.
- Boschin F. i Toškan B. 2012. Changes in cattle body size in Slovenia from the Iron Age to the Early Middle Age. U: J. De Grossi Mazzorin, D. Saccà, C. Tozzi [ur.], *Atti del 6° Convegno nazionale di archeozoologia*, Parco dell'Orecchiella, maj 2009. Lecce, Associazione Italiana di ArcheoZoologia, 393-395.
- Bourgeois J. C. 1986. A pollen record from the Agassiz Ice Cap, northern Ellesmere Island, Canada. *Boreas* 15, 345-354.
- Božič D. 2011. O okostju jamskega medveda in lobanji divjega prašiča iz Mokriške jame. V: B. Toškan [ur.], *Drobci ledenodobnega okolja*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, Ljubljana, Založba ZRC, 267-274.
- Božičević S. 2005. Limska Draga. U: M. Bertoša i R. Matijašić [ur.], *Istarska enciklopedija* Zagreb, Leksikografski zavod Miroslav Krleža.
- Bradley L. R., Giesecke T., Halsall K. i Bradshaw R. H. W. 2013. Exploring the requirement for anthropogenic disturbance to assist the stand-scale expansion of *Fagus sylvatica* L. outside southern Scandinavia. *The Holocene* 23(4), 579-586.

- Bradshaw R. H. W. 1981. Modern pollen-representation factors for woods in south-east England. *Journal of Ecology* 69, 45–70.
- Bradshaw R. H. W. i Lindbladh M. 2005. Regional spread and stand-scale establishment of *Fagus sylvatica* and *Picea abies* in Scandinavia. *Ecology* 86, 1679–1686.
- Bradshaw R. H. W. i Webb III. T. 1985. Relationships between contemporary pollen and vegetation data from Wisconsin and Michigan, USA. *Ecology* 66, 721–737.
- Brajković D. i Miracle P. 2008. Middle Palaeolithic and Early Upper Palaeolithic subsistence practices at Vindija cave, Croatia. U: A. Darlas i D. Mihailović [ur.], *The Palaeolithic of the Balkans*. BAR International Series 1819. Oxford, Archaeopress, 107–116.
- Branscombe T. L., Bosch M. D. i Miracle P. T. 2020. Seasonal shellfishing across the East Adriatic Mesolithic-Neolithic transition: Oxygen isotope analysis of *Phorcus turbinatus* from Vela Spila (Croatia). *Environmental Archaeology* 26 (5), 497–510. DOI 10.1080/14614103.2020.1721695.
- Bregant T. 1964. Poročilo o raziskovanju kolišča in gradbenih ostalin ob Resnikovem prekopu pri Igu. *Poročilo o raziskovanju neolita in eneolita v Sloveniji* 1, 7–24.
- Brewer, R. 1964. *Fabric and Mineral Analysis of Soils*. New York, John Wiley and Sons.
- Brglez I. [ur.] 2013. *Veterinarski terminološki slovar*. Ljubljana, Založba ZRC.
- Bright P. W. 1999. *Martes martes* (Linnaeus, 1758). V: A. J. Mitchell-Jones, G. Amori, W. Bogdanowicz, B. Kryštufek, P. J. H. Reijnders, F. Spitzenberger, M. Stubbe, J. B. M. Thissen, V. Vohralík in J. Zima [ur.], *The Atlas of European Mammals*. London, San Diego, T & AD Poyser Natural History, 344–345.
- Bright Ross J. G., Peters W., Ossi F., Moorcroft P. R., Cordano E., Eccel E., Bianchini F., Ramanzin M. i Cagnacci F. 2021. Climate change and anthropogenic food manipulation interact in shifting the distribution of a large herbivore at its altitudinal range limit. *Scientific Reports* 11, 7600, 1–12. DOI 10.1038/s41598-021-86720-2.
- Britton K. i Huntley J. 2011. New evidence for the consumption of barley at Romano-British military and civilian sites, from the analysis of cereal bran fragments in faecal material. *Vegetation History and Archaeobotany* 20, 41–52.
- Broadman S. i Jones G. 1990. Experiments on the Effects of Charring on Cereal Plant Components. *Journal of Archaeological Science* 17, 1–11.
- Brochier J. É. 1983. Bergeries et feux de bois néolithiques dans le Midi de la France: caractérisation et incidence sur le raisonnement sédimentologique. *Quartär* 33(34), 181–193.
- Brochier J. É. 1988. Sédimentologie, environnement et activités humaines du Néolithique aux temps historiques: les sédiments anthropiques de l'abri de Fontjuvenal. U: J. Guilaine [ur.], *Six millénaires d'histoire de l'environnement: étude interdisciplinaire de l'abri sous roche de Font-Juvénal (Conques sur L'Aude)*. Toulouse, Centre d'anthropologie des sociétés rurales, 20–30.

- Brochier J. É. 1990. Des techniques géo-archéologiques au service de l'étude des paysages et de leur exploitation. U: J. L. Fiches, S. E. van der Leeuw, [ur.], *Archéologie et espaces. Actes X rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Antibes, A.P.D.C.A., Association pour la promotion et la diffusion des connaissances archéologiques 453–472.
- Brochier J. É. 1991. Géoarchéologie du monde agropastoral. U: J. Guilaine [ur.], *Pour une archéologie agraire*. Paris, A. Colin, 303–322.
- Brochier J. É. 1995. Estudi geoarqueològic dels dipòsits holocens de la Balma de la Margineda: capes de 1 a la 6. U: J. Guilaine, M. Martzluf [ur.], *Les excavacions a la Balma de la Margineda (1979–1991)*. Andorra, Edicions del Govern d'Andorra, 56–90.
- Brochier J. É. 1996. Feuilles ou fumiers? Observations sur le rôle des poussières sphérolitiques dans l'interprétation des dépôts archéologiques holocènes. *Anthropozoologica* 24, 19–30.
- Brochier J. É. 2002. Les sédiments anthropiques – Méthodes d'étude et perspectives. U: J. C. Miskovsky [ur.], *Géologie de la Préhistoire: Méthodes, Techniques et Applications, Association pour l'étude de l'environnement de la préhistoire*. Paris, Géopré, Presses universitaires de Perpignan 453–477.
- Brochier J. E. i Claustre F. 2000. Le parçage des bovins et le problème des litières du Néolithique final à l'Âge du Bronze dans la Grotte de Bélesta. U: J. Gascó i F. Treinen-Claustre [ur.], *Habitats, économies et sociétés du Nord-Ouest méditerranéen de l'Age du bronze au premier Age du fer: XXIVe Congrès préhistorique de France*. Société Préhistorique Française, 27–36.
- Brochier J. É., Villa P., Giacomarra M. i Tagliacozzo A. 1992. Shepherds and sediments: geoethnoarchaeology of pastoral sites. *Journal of anthropological archaeology* 11(1), 47–102.
- Brodar S. 1951. Paleolitski sledovi v Postojnski jami. *Razprave IV. razreda SAZU* 1, 245–284.
- Brodar S. i Brodar M. 1983. *Potočka zijalka, visokoalpska postaja*. Dela I. razreda SAZU 24, Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti.
- Brombacher C. 1997. Archaeobotanical investigations of Late Neolithic lakeshore settlements (Lake Biel, Switzerland). *Vegetation History and Archaeobotany* 6, 167–186.
- Brombacher C. i Hadorn P. 2004. Untersuchungen der Pollen und Makroreste aus den Profilsäulen. U: S. Jacomet, U. Leuzinger, J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon/Bleiche 3: Umwelt und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröff Amt Archäol Kanton Thurgau, Kanton Thurgau, 50–65.
- Brombacher C. i Jacomet S. 1997. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt: Ergebnisse archäobotanischer Untersuchungen. U: J. Schibler [ur.], *Ökonomie und Ökologie neolithischer und bronzezeitlicher Ufersiedlungen am Zürichsee*. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich 20, Zürich, Fotorotar, 220–279.
- Brooks J. i Shaw G. 1968. Identity of sporopollenin with older kerogen and new evidence for the possible biological source of chemicals in sedimentary rocks. *Nature* 220, 678–679.
- Brown D. i Anthony D. 1998. Bit wear horseback riding and the Botai site in Kazakstan. *Journal of Archaeological Science* 25, 331–347.

- Brown T. A., Allaby R. G., Brown K. A., O'Donoghue K. i Sallares R. 1994. DNA in wheat seeds from European archaeological sites. *Cellular and Molecular Life Sciences* 50 (6), 571–575.
- Brubaker L. B. 1986. Responses of tree populations to climatic change. *Vegetatio* 67, 119–130.
- Brus R. 2004. *Drevesne vrste na Slovenskem*. Ljubljana, Mladinska knjiga.
- Brus R. 2005. *Dendrologija za gozdarje*. Univerzitetni učbenik, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive vire.
- Brus R. 2008. *Sto grmovnih vrst na Slovenskem*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- Brus R. 2012. *Drevesa in grmi Jadrana*. Ljubljana, Založba Modrijan.
- Bryant V. M. Jr. i Holloway R. G. 1983. The role of palynology in archaeology. U: M. S. Schiffer [ur.], *Advances in Archaeological Method and Theory*, Vol. 6. New York, Academic Press, 191–223.
- Buckley M. 2018. Zooarchaeology by Mass Spectrometry (ZooMS) Collagen Fingerprinting for the Species Identification of Archaeological Bone Fragments. U: C. M. Giovas i M. J. LeFebvre [ur.], *Zooarchaeology in Practice*. New York, Springer, 227–247. DOI:10.1007/978-3-319-64763-0_12.
- Buckley M., Whitcher Kansa S., Howard S., Campbell S., Thomas-Oates J. i Collins M. 2010. Distinguishing between archaeological sheep and goat bones using a single collagen peptide. *Journal of Archaeological Science* 37 (1), 13–20. DOI 10.1016/j.jas.2009.08.020.
- Budja M. 1992. Neolithic and eneolithic settlement patterns in Bela krajina region of Slovenia. *Memoire del Museo civico di storia naturali di Verona (Iia Serie), Sezione Scienze Dell'uomo* 4, 119–127.
- Budja M. i Mlekuž D. 2008. Settlements, landscape and palaeoclimate dynamics on the Ižica floodplain of the Ljubljana Marshes. *Documenta Praehistorica* 35, 45–54.
- Budja M., Ogrinc N., Žibrat Gašperič A., Potočnik D., Žigon D. i Mlekuž D. 2013. Transition to farming – transition to milk culture: a case study from Mala Triglavca, Slovenia. *Documenta Praehistorica* 40, 97–117.
- Budnar-Lipoglavšek A. 1944. Rastlinski ostanki in mikrostratigrafija mamutovega najdišča v Nevljah. *Prirodoslovna izvestja* 1, 93–188.
- Budnar-Tregubov A. 1958. Palinološko raziskovanje barij na Pokljuki in na Pohorju. *Geologija* 4, 192–220.
- Budnar-Tregubov A. 1961. Mikropaleobotanička iztraživanja uglja iz Kočevja i Kanižarice. *Vesnik Zavoda za geološko i geofizičko istraživanje* 19, ser. A, 277–287.
- Bullock P., Fedoroff N., Jungerius A., Stoops G., Tursina T. i Babel U. 1985. *Handbook for Soil Thin Section Description*. Wolverhampton, Waine Research Publications.
- Butzer K. W. 1964. *Environment and Archaeology: An Ecological Approach to Prehistory*. Chicago, Aldine Publishing Company.
- Butzer K. W. 1973 Spring sediments from the Acheulian site of Amanzi (Uitenhage District, South Africa). *Quaternaria* 17, 299–318.

- Butzer K. W. 1974. Geo-archaeological interpretation of Acheulian calc-pan sites at Doornlaagte and Rooddam (Kimberly, South Africa). *Journal of Archaeological Science* 1, 1-25.
- Butzer K. W. 1982. *Archaeology as Human Ecology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Canti M. G. 1997. An investigation of microscopic calcareous spherulites from herbivore dung. *Journal of Archaeological Science* 24(3), 219–231.
- Canti M. G. 1998. The micromorphological identification of faecal spherulites from archaeological and modern materials. *Journal of Archaeological Science* 25(5), 435–444.
- Canti M. G. 2003. Aspects of the chemical and microscopic characteristics of plant ashes found in archaeological soils. *Catena* 54(3), 339–361.
- Canti M. G. i Brochier J. É. 2017a. Faecal Spherulites. U: C. Nicosia i G. Stoops [ur.], *Archaeological soil and sediment micromorphology*, John Wiley & Sons, Ltd, 51-54.
- Canti M. G. i Brochier J. É. 2017b. Plant ash U: C. Nicosia i G. Stoops [ur.], *Archaeological soil and sediment micromorphology*. Oxford, John Wiley & Sons, Ltd., 147–154.
- Capaldo S. D. 1998. Simulating the formation of dual-patterned archaeofaunal assemblages with experimental control samples. *Journal of Archaeological Science* 25, 311–330.
- Cappers R. T. J. i Bottema S. [ur.]. 2002. *The Dawn of Farming in the Near East*. Studies in Early Near Eastern Production, Subsistence, and Environment 6, Berlin, Ex. Oriente.
- Cappers R. T. J., Bekker R. M. i Jans J. E. A. [ur.]. 2006. *Digitale Zadenatlas van Nederland (Digital Seed Atlas of the Netherlands)*. Groningen, Barkhuis Publishing & Groningen University Library.
- Cappers R. T. J., Neef R. i Bekker R. M. [ur.]. 2009. *Digital Atlas of Economic Plants (3 vol.)*. Groningen Archaeological Studies 9, Groningen, Barkhuis & Groningen University Library.
- Carrión J. S., Munera M., Navarro C., Burjachs F., Dupré M. i Walker M. J. 1999. The paleoecological potential of pollen records in caves: the case of Mediterranean Spain. *Quaternary Science Reviews* 14, 1061–1073.
- Catt J. A. [ur.] 1990. Paleopedology manual. *Quaternary International* 6, 1990, 1–96.
- Chaix L. in Méniel P. 2005. *Manual de arqueozoología*. Barcelona, Editorial Ariel.
- Chaplin R. E. 1971. *The Study of Animal Bones from Archaeological Sites*. London, Seminar Press.
- Charles M. 1998. Fodder from dung: the recognition and interpretation of dung-derived plant material from archaeological sites. *Environmental Archaeology* 1, 111–122.
- Cheddadi R., Vendramin G. G., Litt T., François L., Kageyama M., Lorentz S., Laurent J.-M., de Beaulieu J.-L., Sadori L., Jost A. i Lunt D. 2006. Imprints of glacial refugia in the modern genetic diversity of *Pinus sylvestris*. *Global Ecology and Biogeography* 15, 271–282.
- Chessa B., Pereira F., Arnaud F., Amorim A., Goyache F., Mainland I., Kao R. R., Pemberton J. M., Beraldi D., Stear M., Alberti A., Pittau M., Iannuzzi L., Banabazi M. H., Kazwala R., Zhang Y.-P., Arranz J. J., Ali B. A., Wang Z., Uzun M., Dione M., Olsaker I., Holm L.-E., Saarma U., Ahmad S., Marzanov N., Eythorsdottir E.,

- Holland M. J., Ajmone-Marsan P., Bruford M. W., Kantanen J., Spencer T. E. i
Palmarini M. 2009. Revealing the history of sheep domestication using retrovirus integrations. *Science* 324(5926), 532–536.
- Choyke A. M. i Bartosiewicz L. [ur.] 2001. *Crafting Bone: Skeletal technologies through time and space*. BAR – International series 937, Archaeopress, Oxford.
- Chrószcz A., Janeczek M., Pasicka E. i Klećkowska-Nawrot J. 2013. Height at the withers estimation in the horses based on the internal dimensions of cranial cavity. *Folia Morphologica* 73 (2), 143–148. DOI 10.5603/FM.2014.0021.
- Ciglencečki S. 1999. Results and problems in the archaeology of the Late Antiquity in Slovenia. *Arheološki vestnik* 50, 287–309.
- Ciglencečki S., Modrijan Z. i Milavec T. 2011. *Poznoantična utrjena naselbina Tonovcov grad pri Kobaridu. Naselbinski ostanki in interpretacija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 23, Ljubljana, Založba ZRC.
- Claassen, C. 1998. *Shells*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Clark R. L. 1982. Point count estimation of charcoal in pollen preparations and thin sections of sediment. *Pollen and Spores* 24, 523–535.
- Clarke D. E. 1979. Mesolithic Europe: the economic basis. U: D. E. Clarke [ur.], *Analytical Archaeologist*. London, Academic Press, 207–262.
- Clutton-Brock J. 1999. *A Natural History of Domesticated Mammals*. Cambridge, Cambridge University Press.
- CNTRL 2020 – C. N. de ressources T. et L. CNTRL, FUMIER : Définition de FUMIER, Ortolang-Outils et Ressources pour un traitement Optimisé de la Langue, 2020, <https://www.cnrtl.fr/definition/fumier> (7 November 2020).
- Cohen A. i Serjeantson D. 1996. *A Manual for the Identification of Bird Bones from Archaeological Sites*. London, Archetype Publications.
- COHMAP Members. 1988. Climatic changes of the last 18.000 years: Observations and model simulations. *Science* 241, 1043–1052.
- Coles G. M., Gilbertson D. D., Hunt C. O. i Jenkins R. D. S. 1989. Taphonomy and palynology of cave deposits. *Cave Science* 16, 83–89.
- Colledge S. i Conolly J. [ur.]. 2007. *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. University College London Institute of Archaeology Publications, Walnut Creek, London, Left Coast Press.
- Conard N. J., Steven J. W. i Andrew W. K. 2008. How heating and cooling and wetting and drying can destroy dense faunal elements and lead to differential preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 266, 236–245.
- Cooke R. G. i Ranere A. J. 1999. Precolumbian fishing on the Pacific coast of Panama. U: M. Blake [ur.], *Pacific Latin America in Prehistory*. Pullman, Washington State University Press, 103–121.

- Courty M. A., Goldberg P. i Macphail R. 1989. *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Courty M. A., Macphail R. I. i Watzet J. 1991. Soil micromorphological indicators of pastoralism; with special reference to Arene Candide, Finale Ligure, Italy. *Rivista di Studi Liguri* 57, 127–150.
- Crabtree P. J. 1990. Zooarchaeology and complex societies. Some uses of faunal analysis for the study of trade, social status and ethnicity. U: M. B. Schiffer [ur.], *Archaeological method and theory*, 2. Tucson, The University of Arizona Press, 155–205.
- Crégut-Bonnoure E. 1996. Famillie des Mustelidae. V: C. Guérin in M. Patou-Mathis [ur.], *Les grandes mammifères Plio-Pléistocènes d'Europe*. Paris etc., Masson, 180–195.
- Cremaschi M. 1990. Stratigraphy and palaeoenvironmental significance of the loess deposits on Susak Island (Dalmatian archipelago). *Quaternary International* 5, 97–106.
- Cremaschi M. 2000./2008. *Manuale di Geoarcheologia*. Roma-Bari, Editori Laterza.
- Cristiani E., Radini A., Borić D., Robson H. K., Caricola I., Carra M., Mutri G., Oxilia G., Zupancich A., Šlaus M. i Vujević D. 2018. Dental calculus and isotopes provide direct evidence of fish and plant consumption in Mesolithic Mediterranean. *Scientific Reports* 8, 8147, 1–12. DOI 10.1038/s41598-018-26045-9.
- Crowley T. J. 1983. The geologic record of climatic change. *Reviews of Geophysics* 21(4), 828–877.
- Cubic-Curik V., Novosel D., Brajkovic V., Rota Stabelli O., Krebs S., Sölkner J., Šalamon D., Ristov S., Berger B., Trivizaki S., Bizelis I., Ferenčaković M., Rothhammer S., Kunz E., Simčić M., Dovč P., Bunevski G., Bytygi H., Marković B., Brka M., Kume K., Stojanović S., Nikolov V., Zinovieva N., Schönherz A. A., Guldbrandtsen B., Čačić M., Radović S., Miracle P., Vernesi C., Curik I. i Medugorac I. 2022. Large-scale mitogenome sequencing reveals consecutive expansions of domestic taurine cattle and supports sporadic aurochs introgression. *Evolutionary Applications* 15, 663–678. DOI 10.1111/eva.13315.
- Culiberg M. 1984. Karpološke in ksilotomske raziskave kolišča na Partih: izkopavanja 1981. *Poročila o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita Slovenije* 12, 91–101.
- Culiberg M. 1988. *Aspekti kasnoglacialne vegetacije u Sloveniji*. Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu.
- Culiberg M. 1991. *Late Glacial Vegetation in Slovenia. Kasnoglacialna vegetacija v Sloveniji*. Dela IV. razreda SAZU, 29, Ljubljana, SAZU.
- Culiberg M. 2004. Makroskopski rastlinski ostanki – semena in oglje. U: I. Turk [ur.], *Ovsenik, M. Viktorjev spodmol in Mala Triglavca: prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 88–91.
- Culiberg M. 2006. Rastlinski ostanki z arheološkega najdišča Resnikov prekop. U: A. Velušček [ur.], *Resnikov prekop: najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, Ljubljana, Založba ZRC, 129–132.
- Culiberg M. 2007. Paleobotanične raziskave v Divjih babah I. U: I Turk [ur.], *Divje babe I. Paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. I. Del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Inštitut za arheologijo in Založba ZRC, 167–175.

- Culiberg M. i Šerclj A. 1978. Ksilotomske in palinološke analize ostankov s kolišča na Partih pri Igu – izkopavanja 1977. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 6, 95–99.
- Culiberg M. i Šerclj A. 1980. Paleobotanične raziskave kolišča na Partih – izkopavanja 1978. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 8, 89–94.
- Culiberg M. i Šerclj A. 1986. Karpološke in antrakotomske analize iz Ajdovske jame pri Nemški vasi. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita Slovenije* 14, 111–118.
- Culiberg M. i Šerclj A. 1991. Razlike v rezultatih raziskav makroskopskih rastlinskih ostankov s kolišč na Ljubljanskem barju in pelodnih analiz – dokaz človekovega vpliva na gozd. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 19, 249–257.
- Culiberg M. i Šerclj A. 1995. Karpološke in antrakotomske analize iz prazgodovinskih višinskih naselij na Dolenjskem. *Arheološki vestnik* 46, 169–176.
- Culiberg M. i Šerclj A. 1998. Pollen and charcoal of mesophilic arboreal vegetation from pleistocene sediments in Slovenia - evidence of microrefuges. Pelod in lesno oglje mezofilnega drevja v pleistocenskih sedimentih v Sloveniji – dokaz mikrorefugijev. *Razprave IV. razreda SAZU* 39, Ljubljana, 236–254.
- Culiberg M. i Zupančič M. 2002. Ob osemdestletnici palinologa Alojza Šerclja, *Razprave IV. Razreda SAZU* 43(2), 11–21.
- Currie L. A. 2004. The remarkable metrological history of radiocarbon dating (II). *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology* 109(2), 185–217.
- Cuvier G. 1800. *Mémoires sur les espèces d'éléphants vivants et fossiles*. Paris.
- Cvitkušić B. i Komšo D. 2015. Display modes of personal ornaments in the Upper Palaeolithic sites of Istria, Croatia. *Collegium Antropologicum* 39 (2), 481–488.
- Čarni A., Marinček A., Seliškar A. i Zupančič M. 2003. Vegetation Map of Slovenian Forest Plant Associations, Ljubljana, ZRC SAZU. Dostupno na: <http://bijh.zrc-sazu.si/bio/si/zbirke/400/400.asp>.
- Čarni A., Košir P., Marinšek A., Šilc U. i Zelnik I. 2007. Changes in structure, floristic composition and chemical soil properties in succession of birch forests. *Periodicum Biologorum* 109, 13–20.
- Čufar K. [ur.]. 2001. *Opisi lesnih vrst*. Učbenik za študente. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Čufar K. [ur.]. 2002. i 2006. *Anatomija lesa*. Univerzitetni učbenik, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Čufar K. 2007. Dendrochronology and past human activity: a review of advances since 2000. *Tree-ring Research* 63(1), 47–60.
- Čufar K. 2010. Dendrokronološka metoda za datiranje lesa v Sloveniji. *Argo* 53(1), 30–33.
- Čufar K. i Korenčič T. 2006. Raziskave lesa z Resnikovega prekopa in radiokarbonsko datiranje. U: A. Velušček [ur.], *Resnikov prekop, najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, Ljubljana, Založba ZRC, 123–128.

- Čufar K. i Levanič T. 1998. Referenčne kronologije za dendrokronološko datiranje v Sloveniji – stanje 1997. *Arheološki vestnik* 49, 63–70.
- Čufar K. i Levanič T. 1999. Dendrokronologija kot metoda za datiranje lesa. *Dela-Papers RES* (Publikacije restavratorskega centra RS) 4, 31–37.
- Čufar K. i Velušček A. 2012. Les s koliščarskih naselbin na Ljubljanskem barju in njegov raziskovalni potencial. *Les* 64(3/4), 49–56.
- Čufar K., Tišler V. i Gorišek Ž. 2002. Arheološki les – njegove lastnosti in raziskovalni potencial. *Arheološki vestnik* 53, 69–75.
- Čufar K., Tolar T. i Trajković J. 2006. Drvo s tri arheološka nalazišta u Hrvatskoj i mogućnosti njegova istraživanja. Wood from three archaeological sites in Croatia and its research potential. *Drvna industrija* 57(2), 67–73.
- Čufar K., Kromer B., Tolar T. i Velušček A. 2010. Dating of 4th millennium BC pile-dwellings on Ljubljansko barje, Slovenia. *Journal of Archaeological Science* 37, 2031–2039.
- Čufar K., Velušček A. i Kromer B. 2013. Two decades of dendrochronology in the pile dwellings of the Ljubljansko barje, Slovenija. U: N. Bleicher [ur.], *Dendro. Chronologie Typologie Ökologie. Festschrift für André Billamboz zum 65. Geburtstag*. Stuttgart, Janus Verlag, 35–40.
- Dahl-Jensen D., Monsegaard K., Gundestrup N., Clow G. D., Johnsen S. J., Hansen A. W. i Balling N. 1998. Past temperatures directly from the Greenland ice sheet. *Science* 282, 268–271.
- Dall W. H. 1877. On succession in the shell-heaps of the Aleutian Islands. *Contributions to North American Ethnology* 1, 41–91.
- Daly K. G., Mattiangeli V., Hare A. J., Davoudi H., Fathi H., Doost S. B., Amiri S., Khazaeli R., Decruyenaere D., Nikandeh J., Richter T., Darabi H., Mortensen P., Pantos A., Yeomans L., Bangsgaard P., Maskhour M., Zeder M. A. i Bradley D. G. 2021. Herded and hunted goat genomes from the dawn of domestication in the Zagros Mountains. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 118 (25), 1-9. DOI 10.1073/pnas.2100901118.
- Daniau A.-L., Bartlein P. J., Harrison S. P., Prentice I. C., Brewer S., Friedlingstein P., Harrison-Prentice T. I., Inoue J., Izumi K., Marlon J. R., Mooney S., Power M. J., Stevenson J., Tinner W., Andrić M., Atanassova J., Behling H., Black M., Blarquez O., Brown K. J., Carcaillet C., Colhoun E. A., Colombaroli D., Davis B. A. S., D'Costa D., Dodson J., Dupont L., Eshetu Z., Gavin D. G., Genries A., Haberle S., Hallett D. J., Hope G., Horn S. P., Kassa T. G., Katamura F., Kennedy L. M., Kershaw P., Krivonogov S., Long C., Magri D., Marinova E., McKenzie G. M., Moreno P. I., Moss, P., Neumann F. H., Norström E., Pairet C., Rius D., Roberts N., Robinson G. S., Sasaki N., Scott L., Takahara H., Terwilliger V., Theventon F., Turner R., Valsecchi V. G., Vannièrè B., Walsh M., Williams N. i Zhang Y. 2012. Predictability of biomass burning in response to climate changes. *Global Biogeochemical Cycles* 26, 1–12.
- Dansgaard W., Johnsen S. J., Clausen H. B., Dahl-Jensen D., Gundestrup N. G., Hammer C. U., Hvidberg C. S., Steffenson J. P., Sveinbjörnsdóttir A. E., Jouzel J. i Bond G. 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364, 218–220.
- Davis B. A. S., Brewer S., Stevenson A. C., Guiot J. i Data Contributors. 2003. The temperature of Europe during the Holocene reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* 22, 1701–1716.

- Davis M. B. 1963. On the theory of pollen analysis. *American Journal of Science* 261, 897–912.
- Davis M. B. 1981. Quaternary history and stability of forest communities. U: D. C. West, H. H. Shugart i D. B. Botkin [ur.], *Forest Succession. Concepts and Application*. New York, Springer-Verlag, 132–152.
- Davis M. B. in Botkin D. B. 1985. Sensitivity of cool-temperate forests and their fossil pollen record to rapid temperature change. *Quaternary Research* 23, 327–340.
- Davis S. J. M. 1987. *The Archaeology of Animals*. London, Routledge.
- Davis S. J. M., Svensson E. M., Albarella U., Detry C., Götherström A., Pires A. E. i Ginja C. 2012. Molecular and osteometric sexing of cattle metacarpals: a case study from 15th century AD Beja, Portugal. *Journal of Archaeological Science* 39(5), 1445–1454.
- Debeljak I. 2002. *Dinamika umrljivosti in paleoekologija jamskega medveda iz najdišča Divje babe I*. Doktorska disertacija, Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani.
- Debeljak I. 2007. Fossil population structure and mortality of the cave bear from the Mokrica cave (North Slovenia). *Acta carsologica* 36(3), 475–484.
- Debeljak I. 2008. Arheozoologija: študijsko gradivo za študente arheologije. Ljubljana. Dostupno na:
<http://arheologija.ff.uni-lj.si/studij/gradivo/zoo/Arheozoologija.pdf>.
- deFrance S. D. 2009. Zooarchaeology in complex societies: political economy, status, and ideology. *Journal of Archaeological Research* 17, 105–168.
- De Grossi Mazzorin J. i Tagliacozzo A. 1997. Dog remains in Italy from the Neolithic to the Roman period. *Anthropozoologica* 25–26, 429–440.
- Denes A., Papp N., Babai D., Czucz B. i Molnar Z. 2012. Wild plants used for food by Hungarian ethnic groups living in the Carpatian Basin. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 81 (4), 381–396.
- Dennell R. [ur.]. 1983. *European Economic Prehistory (A New Approach)*. London, Academic Press.
- Denton G. E. i Karlén W. 1973. Holocene climate variations – their pattern and possible cause. *Quaternary Research* 3, 155–205.
- Deschmann K. 1875a. Die Pfahlbautenfunde auf dem Laibacher Moore. U: J. Frischauf, V. Grabner, R. Klemensiewicz [ur.], *Tageblatt der 48. Versammlung Deutscher Naturforscher und Aertzte in Graz*, 18–24 Sept. 1875. Graz, 277–279.
- Deschmann K. 1875b. Die Pfahlbaufunde aus dem Laibacher Moore. *Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanhalt* 15, 275–284.
- Deschmann K. 1878. Ueber die vorjährigen Funde im Laibacher Pfahlbau. *Mittheilungen der anthropologischen Gesellschaft* 3/4. Band VIII. Wien, 1–20.
- Devièse T., Karavanić I., Comesky D., Kubiak C., Korlević P., Hajdinjak M., Radović S., Procopio N., Buckley M., Pääbo S. i Higham T. 2017. Direct dating of Neanderthal remains from the site Vindija Cave and implications for the Middle to Upper Paleolithic transition.

- Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (40), 10606-10611. DOI 10.1073/pnas.1709235114.
- Diamond J. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418, 700–707.
- Dickson C. 1989. The Roman army diet in Britain and Germany. U: U. Körber-Grohne i H. Küster [ur.]. *Archäobotanik: Symposium der Universität Hohenheim*, 11-16 Juli 1988, Stuttgart. Berlin, Cramer, 135–154.
- Dickson J. H., Oeggl K. i Handley L. L. 2005. The Iceman reconsidered. *Scientific American* 15, 4–13.
- Diedrich C. G. 2011. Late Pleistocene lion *Panthera leo spelaea* (Goldfuss 1810) skull and other postcranial remains from the Sloup cave in the Moravian Karst, Czech Republic. U: B. Toškan [ur.], *Drobci ledenodobnega okolja*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, Ljubljana, Založba ZRC, 59–68.
- Dimbleby G. W. 1985. *The Palynology of Archaeological Sites*. London, Academic Press.
- Dimínguez-Rodrigo M. 1999. The study of skeletal part profiles: an ambiguous taphonomic tool for zooarchaeology. *Complutum* 10, 15–24.
- Dirjec J., Tomazo Ravnik T., Topličanec M. i Toškan B. 2012. Zaščitna arheološka izkopavanja na lokaciji SNG Opera (Ljubljana). U: I. Lazar i B. Županek [ur.], *Emona – med Akvilejo in Panonijo*. Koper, Univerzitetna založba Annales, 27–47.
- Divers D., Killock D. i Armitage P. 2002. Post-medieval development at 8 Tyres Gate, Bermondsey. *London Archaeologist* 10(3), 69–75.
- Dolinar K. [ur.] 1985. *Biologija*. Ljubljana, Cankarjeva založba.
- Dolinar Z. i Šoos, E. (1961) Die Vertebraten der Nekropolis bei Brod. Drenovac. *Acta anatomica* 46, 168.
- Domac R. 1989. *Mala flora Hrvatske*. Zagreb, Školska knjiga.
- Dörfler W. 1990. Die Geschichte des Hanfanbaus in Mitteleuropa auf Grund palynologischer Untersuchungen und von Grossrestnachweisen. *Praehistorische Zeitschrift* 65, 218–244.
- Douka K., Grimaldi S., Boschian G., Del Lucchese A., Higham T. F. G. 2012. A new chronostratigraphic framework for the Upper Palaeolithic of Riparo Mochi (Italy). *Journal of Human Evolution* 62, 286–299.
- Driesch A. von den 1976. A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites. *Peabody Museum Bulletin* 1, 1–136.
- Driver J. C. 2011. Identification, classification and zooarchaeology. *Ethnobiology Letters* 2, 19–39.
- Drobne K. 1973. Favna koliščarskih naselbin na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 24, 217–224.
- Drucker D. G., Bridault A., Iacumin P. i Bocherens H. 2009. Bone stable isotopic signatures (¹⁵N, ¹⁸O) as tracers of temperature variation during the Late-glacial and early Holocene: case study on red deer *Cervus elaphus* from Rochedane (Jura, France). *Geological Journal* 44, 593–604.

- Duerst J. U. 1908. Animal remains from the excavations at Anau. U: R. Pumpelly, *Explorations in Turkestan. Expedition of 1904*. Washington, Carnegie Institute, 341–399.
- Dular J. 1985. *Arheološka topografija Slovenije. Topografsko področje XI (Bela krajina)*. Ljubljana, SAZU.
- Dular. J. 2007. Pferdegräber und Pferdebestattungen in der hallstattzeitlichen Dolenjsko-Gruppe. U: M. Blečić, M. Črešnar, B. Hänsel, A. Hellmuth, E. Kaiser, C. Metzner-Nebelsick [ur.], *Scripta praehistorica in honorem Biba Teržan*. Situla 44, Ljubljana, Narodni muzej Slovenije, 737–752.
- Eaton G. F. 1898. The prehistoric fauna of Block Island, as indicated by its ancient shell-heaps. *American Journal of Science* 156, 137–159.
- Efremov I. A. 1940. Taphonomy: a new branch of paleontology. *Pan-American Geologist* 74, 81–93.
- Egeland C. P., Pobiner B. L., Merritt S. R. i Kunitz S. 2024. Actualistic butchery studies in zooarchaeology: Where we've been, where we are now, and where we want to go. *Journal of Anthropological Archaeology* 73, 1-15. DOI 10.1016/j.jaa.2023.101565.
- Ellenberg H. 1988. *Vegetation Ecology of Central Europe*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Emmerling-Skala A. 2005. „Sultan der Gemüsegärten“?–der Weisse Gänsefuß (*Chenopodium album* L.) als Nahrungspflanze. Lennestadt, VEN.
- Erdtman G. 1934. Über die Verwendung von Essigsäureanhydrid bei Pollen-untersuchungen. *Svensk botanisk tidskrift* 28, 354–358.
- Erdtman G. 1969. *Handbook of Palynology*. Copenhagen, Munksgaard.
- Ernst M. i Jacomet S. 2005. The value of the archaeobotanical analysis of desiccated plant remains from old buildings: methodological aspects and interpretation of crop weed assemblages. *Vegetation History and Archaeobotany* 15, 45–56.
- Erny-Rodmann C., Gross-Klee E., Haas J. N., Jacomet S. i Zoller H. 1997. Früher 'human impact' und Ackerbau im Übergangsbereich Spätmesolitikum-Frühneolitikum im schweizerischen Mittelland. *Jahrbuch der Schweizerischen Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte* 80, 27–56.
- Ervynck A. 2004. *Orant, pignant, laborant*. The diet of the three orders in the feudal society of medieval north-western Europe. U: S. O'Day, W. Van Neer i A. Ervynck [ur.], *Behaviour behind Bones. The zooarchaeology of ritual, religion, status and identity*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, August 2002, Oxford, Oxbow Books, 215–223.
- Essert S., Koncani Uhač I., Uhač M., Šoštarić R. 2018. Plant remains and amphorae from the Roman harbour under Flacius Street in Pula (Istria, Croatia). *Archaeological and Anthropological Sciences* 10(4), 955–971. DOI 10.1007/s12520-016-0410-4.
- Evans J. G. 1972. *Land Snails in Archaeology*. London, Seminar Press.
- Evin A., Cucchi T., Escarguel G., Owen J., Larson G., Vidarsdottir U. S. i Dobney K. 2014. Using traditional biometrical data to distinguish West Palearctic wild boar and domestic pigs in

- the archaeological record: new methods and standards. *Journal of Archaeological Science* 43, 1–8.
- Faegri K. 1940. Quartärgeologische Untersuchungen im westlichen Norwegen. Bergens Museums Arbok 1939-40. *Naturvitenskapelig Rekke* 7, 1–201.
- Faegri K. 1944. On the introduction of agriculture in western Norway. *Geologiska Föreningens I Stockholm Förhandlingar* 66, 449–462.
- Faegri K. i Iversen J. 1989. *Textbook of Pollen Analysis*, Fourth edition, edited by K. Faegri, P. E. Kaland and K. Krzywinski. New Jersey, The Blackburn Press.
- Fages A., Hanghøj K., Khan N., Gaunitz C., Seguin-Orlando A., Leonardi M., McCrory Constantz C., Gamba C., Al-Rasheid K. A. S., Albizuri S., Alfarhan A. H., Allentoft M., Alquraishi S., Anthony D., Baimukhanov N., Barrett J. H., Bayarsaikhan J., Benecke N., Bernáldez-Sánchez E., Berrocal-Rangel L., Biglari F., Boessenkool S., Boldgiv B., Brem G., Brown D., Burger J., Crubézy E., Daugnora L., Davoudi H., de Barros Damgaard P., de Los Angeles de Chorro Y de Villa-Ceballos M., Deschler-Erb S., Detry C., Dill N., do Mar Oom M., Dohr A., Ellingvåg S., Erdenebaatar D., Fathi H., Felkel S., Fernández-Rodríguez C., García-Viñas E., Germonpré M., Granado J. D., Hallsson J. H., Hemmer H., Hofreiter M., Kasparov A., Khasanov M., Khazaeli R., Kosintsev P., Kristiansen K., Kubatbek T., Kuderna L., Kuznetsov P., Laleh H., Leonard J. A., Lhuillier J., Liesau von Lettow-Vorbeck C., Logvin A., Lõugas L., Ludwig A., Luis C., Arruda A. M., Marques-Bonet T., Matoso Silva R., Merz V., Mijiddorj E., Miller B. K., Monchalov O., Mohaseb F. A., Morales A., Nieto-Espinet A., Nistelberger H., Onar V., Pálsdóttir A. H., Pitulko V., Pitskhelauri K., Pruvost M., Rajic Sikanjic P., Rapan Papeša A., Roslyakova N., Sardari A., Sauer E., Schafberg R., Scheu A., Schibler J., Schlumbaum A., Serrand N., Serres-Armero A., Shapiro B., Sheikhi Seno S., Shevnina I., Shidrang S., Southon J., Star B., Sykes N., Taheri K., Taylor W., Teegen W.-R., Trbojević Vukičević T., Trixl S., Tumen D., Undrakhbold S., Usmanova E., Vahdati A., Valenzuela-Lamas S., Viegas C., Wallner B., Weinstock J., Zaibert V., Clavel B., Lepetz S., Mashkour M., Helgason A., Stefánsson K., Barrey E., Willerslev E., Outram A. K., Librado P. i Orlando L. 2019. Tracking five millennia of horse management with extensive ancient genome time series. *Cell* 177 (6), 1419-1435. DOI 10.1016/j.cell.2019.03.049.
- Farrand W. R. 2000. *Depositional History of Franchthi Cave. Sediments, Stratigraphy, and Chronology*. Bloomington/Indianapolis, Indiana University Press.
- Favre P. 2002. Archäobotanik. U: C. Achour-Uster i sur. [ur.], *Die Seeufersiedlungen in Horgen. Die neolithischen und bronzezeitlichen Fundstellen Dampfschiffsteg und Scheller*. Monographien der Kantonsarchäologie Zürich und Egg, 150–181.
- Feldman M. i Kislev M. E. 2007. Domestication of emmer wheat and evolution of free-threshing tetraploid wheat. *Israel Journal of Plant Sciences* 55, 207–221.
- Fernandez E., Thaw S., Brown T. A., Arroyo-Pardo E., Buxo R., Serret M. D. i Araus J. L. 2013. DNA analysis in charred grains of naked wheat from several archaeological sites in Spain. *Journal of Archaeological Science* 40, 659–670.
- Fernández-Jalvo Y. i Andrews P. 2016. *Atlas of Taphonomic Identifications*. New York, Springer.
- Ferro M. M., Tedeschi L. O. i Atzori A. S. 2017. The comparison of the lactation and milk yield and composition of selected breeds of sheep and goats. *Translational Animal Science* 1 (4), 498-506. DOI 10.2527/tas2017.0056.

- Feurdean A., Klotz S., Brewer S., Mosbrugger V., Tămaş T. i Wolfarth B. 2008. Lateglacial climate development in NW Romania – Comparative results from three quantitative pollen-based methods. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 265, 121–133.
- Feurdean A., Liakka J., Vannierra B., Marinova E., Mossburger V. i Hickler T. 2013. Holocene fire regime drivers in the lowlands of Transylvania (Central-Eastern Europe): a data-model approach. *Quaternary Science Reviews* 81, 48–61.
- Feurdean A., Persoiu A., Tantau I., Stevens T., Marković S., Magyari E. K., Onac B., Andrić M., Connor S., Galka M., Hoek W. Z., Lamentowicz M., Sümegi P., Persoiu I., Kolaczek P., Kuneš P., Marinova E., Slowinski M., Michczyńska D., Stancikaite M., Svensson A., Veski S., Fărcaş S., Tămaş T., Zernitskaya V., Timar A., Tonkov S., Toth M., Willis K. J., Płóciennik M. i Gaudeny T. 2014. Climate variability and associated vegetation response throughout Central and Eastern Europe (CEE) between 8 and 60 kyrs ago. *Quaternary Science Reviews* 106, 206–224.
- Fink J. i Kukla G. J. 1977. Pleistocene climate in central Europe: at least 17 interglacials after the Olduvai event. *Quaternary Research* 7, 363–371.
- Firbas F. 1923. Pollenanalytische Untersuchungen einiger Moore der Ostalpen. *Lotos* 71, 187–242.
- Firbas F. 1934. Über die Bestimmung der Walddichte und der Vegetation walddloser Gebeite mit Hilfe der Pollenanalyse. *Planta* 22, 109–145.
- Forchhammer G., Steenstrup J. i Worsaae J. 1851. *Undersøgelser i geologisk-antiquarisk Retning*. København, B. Lunos Boktykkeri.
- Forenbaher S. 2019. Trans-Adriatic contacts and the transition to farming. *Eurasian Prehistory* 15 (1/2), 25–46.
- Forenbaher S. 2021. Početak sezonskog stočarstva u Dalmaciji. *Archaeologia Adriatica* 15, 73–85.
- Forenbaher S. i Miracle P. 2006. The spread of farming in the Eastern Adriatic. *Documenta Praehistorica* 33, 89–100.
- Forenbaher S. i Vranjican P. 1985. Vaganačka pećina. *Opuscula archaeologica* 10(1), 1–21.
- Frame S. 2008. Prehrana i gozbe u Grapčevoj špilji. U: S. Forenbaher i T. Kaiser [ur.], *Grapčeva špilja: pretpovijesni stan, tor i obredno mjesto*. Split, Književni krug, 85–121.
- Frantz L. A. F., Haile J., Lin A. T., Scheu A., Geörg C., Benecke N., Alexander M., Linderholm A., Mullin V. E., Daly K. G., Battista V. M., Price M., Gron K. J., Alexandri P., Arbogast R.-M., Arbuckle B., Bălăşescu A., Barnett R., Bartosiewicz L., Baryshnikov G., Bonsall C., Boric D., Boroneanţ A., Bulatović J., Çakırlar C., Carretero J.-M., Chapman J., Church M., Crooijmans R., De Cupere B., Detry C., Dimitrijević V., Dumitraşcu V., du Plessis L., Edwards C. J., Ereš C. M., Erim-Özdoğan A., Ervynck A., Fulgione D., Gligor M., Götherström A., Gourichon L., Groenen M. A. M., Helmer D., Hongo H., Horwitz L. K., Irving-Pease E. K., Lebrasseur O., Lesur J., Malone C., Manaseryan N., Marciniak A., Martlew H., Mashkour M., Matthews R., Motuzaitė Matuzevičiūtė G., Maziar S., Meijsaard E., McGovern T., Megens H.J., Miller R., Mohaseb A. F., Orschiedt J., Orton D., Papathanasiou A., Pearson M. P., Pinhasi R., Radmanović D., Ricaut F.-X., Richards M., Sabin R., Sarti L., Schier W., Sheikh S., Stephan

- E., Stewart J. R., Stoddart S., Tagliacozzo A., Tasić N., Trantalidou K., Tresset A., Valdiosera C., van den Hurk Y., Van Poucke S., Vigne J.-D., Yanevich A., Zeeb-Lanz A., Triantafyllidis A., Gilbert M. T. P., Schibler J., Rowley-Conwy P., Zeder M., Peters J., Cucchi T., Bradley D. G., Dobney K., Burger J., Evin A., Girdland-Flink L. i Larson G. 2019. Ancient pigs reveal a near-complete genomic turnover following their introduction to Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (35), 17231-17238. DOI 10.1073/pnas.1901169116.
- Freljih M. 1986. Breg pri Škofljici – mezolitsko najdišče na Ljubljanskem barju. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 16, 21–58.
- Fries M. i Hafsten U. 1965. Asbjornsen's peat sampler the prototype of the Hiller sampler. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 87, 307–313.
- Fritz G. J. 1995. New dates and data on early agriculture: the legacy of complex hunter-gatherers. *Annual of the Missouri Botanical Garden* 82, 3–15.
- Froyd C. A. i Willis K. J. 2008. Emerging issues in biodiversity & conservation management: The need for a palaeoecological perspective. *Quaternary Science Reviews* 27, 1723–1732.
- Fryda, J. 2005. Gastropods. U: R. C. Selley, L. R. M. Cocks i I. R. Plimer [ur.], *Encyclopedia of Geology*, Volume 2. Amsterdam, Elsevier Academic Press, 378-388.
- Fuller J. D., Foster R., McLachlan J. S. i Drake N. 1998. Impact of human activity on regional forest composition and dynamics in Central New England. *Ecosystems* 1, 76–95.
- Fuller D., Asouti E. i Purugganan M. D. 2012. Cultivation as slow evolutionary entanglement: comparative data on rate and sequence of domestication. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 131–145.
- Fumić T. i Mikuš T. 2011. Janjetina. *Meso XIII*, 105-108.
- Gaastra J. S. 2016. The Quadratic Crown Height Method and bovidae: Aging sheep (*Ovis aries*), goats (*Capra hircus*) and cattle (*Bos taurus*). *Journal of Archaeological Science: Reports* 10, 172-190. DOI 10.1016/j.jasrep.2016.09.022.
- Gaastra J. S. i Vander Linden M. 2018. Farming data: Testing climatic and palaeoenvironmental effect on Neolithic Adriatic stockbreeding and hunting through zooarchaeological meta-analysis. *The Holocene* 28 (7), 1181-1196. DOI 10.1177/0959683618761543.
- Gaastra J. S., Greenfield H. J. i Vander Linden M. 2018. Gaining traction on cattle exploitation: zooarchaeological evidence from the Neolithic Western Balkans. *Antiquity* 92 (366), 1462-1477. DOI 10.15184/aqy.2018.178.
- Gaastra J. S., de Vareilles A. i Vander Linden M. 2022. Bones and seeds: An integrated approach to understanding the spread of farming across the Western Balkans. *Environmental Archaeology* 27, 44-60, DOI 10.1080/14614103.2019.1578016 [2019].
- Gallo G., Fyhrie M., Paine C., Ushakov S. V., Izuho M., Gunchinsuren B., Zwyns N. i Navrotsky A. 2021. Characterization of structural changes in modern and archaeological burnt bone: Implications for differential preservation bias. *PLoS ONE* 16 (7), 1-23. DOI 10.1371/journal.pone.0254529.
- Gams I. 1988. Klimatsko nihanje po zadnji vojni pri nas. *Proteus* 50, 347–349.

- Gardener C. J., McIvor J. G. i Jansen A. 1993. Passage of legume and grass seeds through the digestive tract of cattle and their survival in faeces. *Journal of Applied Ecology* 30, 63–74.
- Gardner A. 1999a. *The Impact of Neolithic Agriculture on the Environments of South-east Europe*. Doktorska disertacija, University of Cambridge.
- Gardner A. 1999b. The ecology of the Neolithic environmental impacts – re-evaluation of existing theory using case studies from Hungary & Slovenia. *Documenta Praehistorica* 26, 163–183.
- Gardner A. i Willis K. J. 1999. Prehistoric farming and the postglacial expansion of beech and hornbeam: a comment on Küster. *The Holocene* 9(1), 119–121.
- Gaspari A. 2010. *Apud horridas gentis. Začetki rimskega mesta Colonia Iulia Emona*. Ljubljana, Muzej in galerije mesta Ljubljane.
- Gaspari A., Bekljanov Zidanšek I., Krajšek J., Masaryk R., Miškec A. i Novšak M. 2014. Novejša arheološka spoznanja o Emoni med zatonom prazgodovinske skupnosti in gradnjo rimskega mesta (druga polovica 1. stol. pr. n. št. in začetek 1. stol. n. št.). U: M. Ferle [ur.], *Emona: mesto v imperiju*. Ljubljana, Muzej in galerije mesta Ljubljane, 135–165.
- Gaunitz C., Fages A., Hanghøj K., Albrechtsen A., Khan N., Schubert M., Seguin-Orlando A., Owens I. J., Felkel S., Bignon-Lau O., de Barros Damgaard P., Mittnik A., Mohaseb A. F., Davoudi H., Alquraishi S., Alfarhan A. H., Al-Rasheid K. A. S., Crubézy E., Benecke N., Olsen S., Brown D., Anthony D., Massy K., Pitulko V., Kasparov A., Brem G., Hofreiter M., Mukhtarova G., Baimukhanov N., Lõugas L., Onar V., Stockhammer P. W., Krause J., Boldgiv B., Undrakhbold S., Erdenebaatar D., Lepetz S., Mashkour M., Ludwig A., Wallner B., Merz V., Merz I., Zaibert V., Willerslev E., Librado P., Outram A. K. i Orlando L. 2018. Ancient genomes revisit the ancestry of domestic and Przewalski's horses. *Science* 360 (6384), 111–114. DOI 10.1126/science.aao3297.
- Gerbauld P., Gillis R., Vigne J.-D., Tresset A., Bréhard S. i Thomas M. G. 2016. Statistically robust representation and comparison of mortality profiles in archaeozoology. *Journal of Archaeological Science* 71, 24–32. DOI 10.1016/j.jas.2016.05.001.
- Germonpré M., Sablin M. V., Stevens R. E., Hedges R. E. M., Hofreiter M., Stiller M. i Désprés V. R. 2009. Fossil dogs and wolves from Palaeolithic sites in Belgium, the Ukraine and Russia: osteometry, ancient DNA and stable isotopes. *Journal of Archaeological Science* 36(2), 473–490.
- Germonpré M., Sablin M. V., Lázničková-Galetová M., Désprés V. R., Stevens R. E., Stiller M. i Hofreiter M. 2015. Palaeolithic dogs and Pleistocene wolves revisited: a replay to Morey (2014). *Journal of Archaeological Science* 54, 210–216.
- Gerometta K. 2017. Late pleistocene to holocene cave geoarchaeology on the eastern Adriatic coast and in its hinterland. Doktorska disertacija. Zagreb, Filozofski fakultet u Zagrebu.
- Gerometta K. i Boschian G. 2022. Stocari i špilje u Hrvatskoj - novi geoarheološki podaci iz špiljskih sedimenata. *Vjesnik Arheološkog muzeja u Zagrebu* 55(1), 9–41. DOI 10.52064/vamz.55.1.1.
- Gifford-Gonzalez D. 2018. *An Introduction to Zooarchaeology*. New York, Springer.

- Gigov A. i Nikolić V. 1960. Rezultati analize polena na nekim tresavama u Hrvatskoj, *Glasnik prirodnjačkog muzeja u Beogradu*, s. B, 15, 3–26.
- Gill N. T. i Vear K. C. [ur.]. 1966. *Agricultural Botany*. London, Duckworth.
- Gillis R., Chaix L. i Vigne J.-D. 2011. An assessment of morphological criteria for discriminating sheep and goat mandibles on a large prehistoric archaeological assemblage (Kerma, Sudan). *Journal of Archaeological Science* 38 (9), 2324–2339. DOI 10.1016/j.jas.2011.04.012.
- Gillis R. E., Gaastra J. S., Vander Linden M. i Vigne J.-D. 2022. A species specific investigation into sheep and goat husbandry during the Early European Neolithic. *Environmental Archaeology* 27(1), 8–19. DOI 10.1080/14614103.2019.1615214 [2019].
- Glenn-Lewin D. C., Peet R. K. i Velben T. T. [ur.]. 1992. *Plant Succession. Theory and Prediction*. London, Chapman & Hall.
- Gobet E., Tinner W., Hubschmid P., Jansen I., Wehrli M., Ammann B. i Wick L. 2000. Influence of human impact and bedrock differences on the vegetational history of the Insubrian Southern Alps. *Vegetation History and Archaeobotany* 9, 175–178.
- Glušćević S., Jurišić M., Šoštarić R., Vujčić Karlo S. 2006. Evidence for the nutrition of sailors from the Roman harbour at Zaton near Zadar. *Archaeologia maritima mediterranea* 3, 146–161.
- Goldberg P. 1979a. Micromorphology of Pech-de-l’Aze II sediments. *Journal of Archaeological Science*, 6(1), 17–47.
- Goldberg P. 1979b. Micromorphology of sediments from Hayonim Cave, Israel. *Catena*, 6(2), 167–181.
- Goldberg P. i Macphail R. I. 2006. *Practical and Theoretical Geoarchaeology*. Oxford, Blackwell Publishing.
- Goldberg P. i Sherwood S. C., 2006. Deciphering human prehistory through the geoarchaeological study of cave sediments. *Evolutionary Anthropology*, 15(1), 20–36.
- Goodfriend G. A. 1992. The use of land snail shells in paleoenvironmental reconstruction. *Quaternary Science Reviews* 11(6), 665–685.
- Goren Y. 1999. On Determining Use of Pastoral Cave Sites: A Critical Assessment of Spherulites in Archaeology. *Journal of the Israel Prehistoric Society* 29, 123–128.
- Gorjanović-Kramberger D. 1906. *Der diluviale Mensch von Krapina in Kroatien. Ein Beitrag zur Paläoanthropologie*. Weisbaden, Kneidels Verlag.
- Gorjanović-Kramberger D. 1911. *Arctomys marmotta* Schreib. iz Krapine. *Vijesti Geološkog povjerenstva* 1, 52–54.
- Gorjanović-Kramberger D. 1912. Fosilni proboscidi Hrvatske i Slavonije. *Djela JAZU XXI*, 1–24.
- Gorjanović-Kramberger D. 1913. Fosilni rioncerotidi Hrvatske i Slavonije s osobitim obzirom na *Rhinoceros mercki* iz Krapine. *Djela JAZU XXII*, 1–70.
- Goslar T., van der Knaap W. O., Hicks S., Andrić M., Czernik J., Goslar E., Räsänen S. i Hyötylä H. 2005. Radiocarbon dating of modern peat profiles: Pre- and post-bomb ¹⁴C variations in the construction of age-depth models. *Radiocarbon* 47(1), 115–134.

- Goslar T., van der Knaap W. O., Kamenik C. i van Leeuwen J. F. N. 2009. Free-shape 14C age-depth modelling of an intensively dated modern peat profile. *Journal of Quaternary Science* 24(5), 481–499.
- Govedič M. 2004. Ribe na arheološkem najdišču Hočevarica. U: A. Velušček [ur.], *Hočevarica. Eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana, Založba ZRC, 133–151.
- Govedič M. 2006. Ostanke rib. U: A. Gaspari [ur.], *Zalog pri Verdu, tabor kamenodobnih lovcev na zahodnem robu Ljubljanskega barja*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 11, Ljubljana, Založba ZRC, 195–197.
- Gozdnogospodarski načrt za GGE Pokljuka 1996–2005 (2001), Bled, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Bled.
- Granadeiro J. P. i Silva M. A. 2000. The use of otoliths and vertebrae in the identification and size-estimation of fish in predator-prey studies. *Cybium* 24(4), 383–393.
- Grant A. 1982. The use of tooth wear as a guide to the age of domestic ungulates. U: B. Wilson, C. Grigson i S. Payne [ur.], *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. BAR – British series 109, Oxford, Archaeopress, 91–108.
- Grau-Sologestoa I. 2015. Livestock management in Spain from Roman to post-medieval times: a biometrical analysis of cattle, sheep/goat and pig. *Journal of Archaeological Science* 54, 123–134.
- Gray J., Massa D. i Boucot A. J. 1982. Caradocian land plant microfossils from Libya. *Geology* 10, 197–201.
- Grayson D. K. 1984. *Quantitative Zooarchaeology: topics in the analysis of archaeological faunas*. Orlando, Academic Press.
- Greenfield H. J. 1988. Special studies: Bone consumption by pigs in a contemporary Serbian village: implications for the interpretation of prehistoric faunal assemblages. *Journal of Field Archaeology* 15(4), 473–479.
- Greenfield H. J. 2006a. Sexing fragmentary ungulate acetabulae. U: D. Ruscillo [ur.], *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, Avgust 2002, Oxford, Oxbow Books, 68–86.
- Greenfield H. J. 2006b. The social and economic context for domestic horse origins in Southeastern Europe: a view from Ljuljaci in the Central Balkans. U: S. L. Olsen, S. Grant, A. M. Choyke, L. Bartosiewicz [ur.], *Horses and Humans: the Evolution of Human-Equine Relationships*. BAR – International series 1560, Oxford, Archaeopress, 221–244.
- Greenfield H. J. 2010. The secondary products revolution: the past, the present and the future. *World Archaeology* 42(1), 29–54.
- Greenfield H. J. [ur.] 2014. *Animal Secondary Products: Domestic Animal Exploitation in Prehistoric Europe, the Near East and the Far East*. Oxford, Oxbow Books.
- Greif T. 1997. Prazgodovinska kolišča na Ljubljanskem barju. *Arheo* 18, 1–95.

- Gretzinger J., Molak M., Reiter E., Pfrengle S., Urban C., Neukamm J., Blant M., Conard N. J., Cupillard C., Dimitrijević V., Drucker D. G., Hofman-Kamińska E., Kowalczyk R., Krajcarz M. T., Krajcarz M., Münzel S. C., Peresani M., Romandini M., Ruff I., Soler J., Terlato G., Krause J., Bocherens H. i Schuenemann V. J. 2019. Large-scale mitogenomic analysis of the phylogeography of the Late Pleistocene cave bear. *Scientific Reports* 9, 10700, 1–11. DOI 10.1038/s41598-019-47073-z.
- Grigson C. 1982. Sexing Neolithic domestic cattle skulls and horn cores. U: B. Wilson, C. Grigson in S. Payne [ur.], *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. BAR – British series 109, Oxford, Archaeopress, 7–24.
- Grime J. P. 1973. Competitive exclusion in herbaceous vegetation. *Nature* 242, 344–347.
- Grimm E. C. 2003. TILIA and TILIA GRAPH, PC spreadsheet and graphics software for pollen data. *INQUA Working Group on Data Handling Methods Newsletter* 4, 5–7.
- Grimšičar A. i Očepek V. 1967. Vrtini BV-1 in BV-2 na Ljubljanskem barju. *Geologija* 10, 279–303.
- GRIP Membres. 1993. Climate instability during the last interglacial period recorded in the GRIP ice core. *Nature* 364, 203–207.
- Guimaraes S., Arbuckle B. S., Peters J., Adcock S. E., Buitenhuis H., Chazin H., Manaseryan N., Uerpmann H.-P., Grange T. i Geigl E.M. 2020. Ancient DNA shows domestic horses were introduced in the southern Caucasus and Anatolia during the Bronze Age. *Science Advances* 6 (38), 1–10. DOI 10.1126/sciadv.abb0030.
- Guiout J., Pons A., de Beaulieu J. L. i Reille M. 1989. A 140,000 year climatic reconstruction from two European records. *Nature* 338, 309–313.
- Guiry E., Karavanić I., Šošić Klindžić R., Hillier M., Talamo S., Radović S. i Richards M. P. 2017. Stable isotope palaeodietary and radiocarbon evidence from the Early Neolithic site of Zemunica, Dalmatia, Croatia. *European Journal of Archaeology* 20 (2), 235–256.
- Guthrie R. D. 1990. *Frozen Fauna of the Mammoth Steppe: the Story of Blue Babe*. London, The University of Chicago Press.
- Haas J. N. 1996. Pollen and plant macrofossil evidence of vegetation change at Wallisellen-Langachermoos (Switzerland) during the Mesolithic-Neolithic transition 8500–6500 years ago. *Dissertationes Botanicae* 267, 1–67.
- Haas J. N. 2004. Mikroskopische Analyse von Schaf-/Ziegenkoprolithen. U: S. Jacomet, U. Leuzinger, J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3: Umwelt und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröff Amt Archäol Kanton Thurgau, Kanton Thurgau, 351–355.
- Haas J. N. i Hadorn P. 1998. Die Vegetations- und Kulturlandschaftsgeschichte des Seebachtals von der Mittelsteinzeit bis zum Frühmittelalter anhand von Pollenanalysen. U: A. Hasenfratz i M. Schnyder [ur.], *Das Seebachtal–Eine archäologische und paläoökologische Bestandesaufnahme*. Archäologie im Thurgau 4, Frauenfeld, Hube rund Co AG., 221–255.
- Haas J. N. i Magny M. 2004. Schichtgenese und Vegetationsgeschichte. U: S. Jacomet, U. Leuzinger, J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt*

- und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröff Amt Archäol Kanton Thurgau, Kanton Thurgau, 41–49.
- Haas J. N., Richoz I., Tinner W. i Wick L. 1998a. Synchronous Holocene climatic oscillations recorded on the Swiss Plateau and at timberline in the Alps. *The Holocene* 8(3), 301–309.
- Haas J. N., Karg S. i Rasmussen P. 1998b. Beech leaves and twigs used as winter fodder: examples from historic and prehistoric times. *Environmental Archaeology* 1, 81–86.
- Habermehl K.-H. 1985. *Die Altersbestimmung bei Wild- und Pelztieren. Möglichkeiten und Methoden. Ein praktischer Leitfaden für Jäger, Biologen und Tierärzte*. Hamburg, Parey.
- Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A. i Sertić Perić M. 2011. *Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata: strukture i funkcije*. Zagreb, Alfa.
- Hafner P., McCarroll D., Robertson I., Loader N. J., Gagen M., Young G. H. F., Bale R. J., Sonninen E. i Levanič T. 2014. A 520 year record of summer sunshine for the eastern European Alps based on stable carbon isotopes in larch tree rings. *Climate Dynamics* 43, 971–980.
- Halasz G., Veres A., Kozma P., Kiss E., Balogh A., Galli Z. S., Szöke A., Hoffmann S. i Heszky L. 2005. Microsatellite fingerprinting of grapevine (*Vitis vinifera* L.) varieties of the Carpathian Basin. *Vitis* 44, 173–180.
- Hall A. R. i Kenward H. 1998. Disentangling dung: pathways to stable manure. *Environmental Archaeology* 1, 123–126.
- Halstead P. 1996. Pastoralism of household herding? Problems of scale and specialization in early Greek animal husbandry. *World Archaeology* 28 (1), 20–42. DOI 10.1080/00438243.1996.9980329.
- Halstead P. 1998. Mortality models and milking: Problems of uniformitarianism, optimality and equifinality reconsidered. *Anthropozoologica* 27, 3–20.
- Halstead P., Collins P. i Isaakidou V. 2002. Sorting the sheep from the goats: Morphological distinctions between the mandibles and mandibular teeth of adult *Ovis* and *Capra*. *Journal of Archaeological Science* 29 (5), 545–553. DOI 10.1006/jasc.2001.0777.
- Haneca K., Čufar K. i Beekman H. 2009. Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe. *Journal of Archaeological Science* 36(1), 1–11.
- Harper E. M. 2005. Bivalves. U: R. C. Selley, L. R. M. Cocks i I. R. Plimer [ur.], *Encyclopedia of Geology*, Volume 2. Amsterdam, Elsevier Academic Press, 369–378.
- Harris E. C. 1979./1989. *Principles of archaeological stratigraphy*, London; New York, Academic Press.
- Havinga A. J. 1964. Investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores. *Pollen et spores* 6, 621–635.
- Haynes G. 1983. A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bones. *Paleobiology* 9(2), 164–172

- Heer O. 1865. Die Pflanzen der Pfahlbauten. *Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich für das Jahr 1866*, 68, 1–54.
- Heiri O., Koinig K. A., Spötl C., Barrett S., Brauer A., Drescher-Schneider R., Gaar D., Ivy-Ochs S., Kerschner H., Luetscher M., Moran A., Nicolussi K., Preusser F., Schmidt R., Schoenich P., Schwörer C., Sprafke T., Terhorst B. i Tinner W. 2014. Palaeoclimate records 60–80 ka in the Austrian and Swiss Alps and their forelands. *Quaternary Science Reviews* 106, 186–205.
- Heiss A. G. i Oeggl K. 2009. The plant remains from the Iceman site – new results on the glacier mummy's environment. *Vegetation History and Archaeobotany* 18, 23–35.
- Hejcman M., Hejcmanova P., Stejskalova M. i Pavlu V. 2014. Nutritive value of winter-collected annual twigs of main European woody species, mistletoe and ivy and its possible consequences for winter foddering of livestock in prehistory. *The Holocene* 24 (6), 659–667.
- Helbaek H. 1950. Tollundmandens sidste maaltid (The last meal of Tollund Man). *Kuml* 1950, 311–341.
- Helbaek H. 1954. Prehistoric food plants and weeds in Denmark. A survey of archaeobotanical research 1923–1954. *Danmarks Geologisk Undersogelse 2 Raekke* 80, 250–261.
- Helbaek H. 1958. Grauballemandens sidste maaltid (The last meal of Grauballe Man). *Kuml* 1958, 83–116.
- Helbaek H. 1960. Comment on *Chenopodium album* as a food plant in prehistory. *Bericht des Geobotanischen Institutes der Eidgenössische Technische Hochschule, Stiftung Rübel* 31, Zürich, 16–19.
- Helmer D. 1995. Biometria i arqueozoologia a partir d'alguns exemples del Pròxim Orient. *Cota zero: revista d'arqueologia i ciència* 11, 51–60.
- Helmer D. 2000. Discrimination des genres *Ovis* et *Capra* à l'aide des prémolaires inférieures 3 et 4 et interprétation des âges d'abattage; L'exemple de Dikili Tash (Grèce). *Anthropozoologica* 31, 29–38.
- Herbig C. 2002. *Archäobotanische Untersuchungen in der spätneolithischen Moorsiedlung Torwiessen II im Federseemoor (Stadt Buchau, Kreis Biberach)*. Master thesis, University of Frankfurt/Main.
- Herbig C. 2009. Recent archaeobotanical investigations into the range and abundance of Neolithic crop plants in settlements around Lake Constance and in Upper Swabia (south-west Germany) in relation to cultural influences. *Journal of Archaeological Science* 36, 1277–1285.
- Herbig C. [ur.]. 2009. *Archäobotanische Untersuchungen in neolithischen Feuchtbodensiedlung am westlichen Bodensee und in Oberschwaben*. Frankfurter Archäologische Schriften 10, Bonn, Verlag Dr. Rudolf Habelt.
- Herbig C. i Maier U. 2011. Flax for oil or fibre? Morphometric analysis of flax seeds and new aspects of flax cultivation in Late Neolithic wetland settlements in southwest Germany. *Vegetation History and Archaeobotany* 20, 527–533.

- Hernández Fernández M. 2001. Bioclimatic discriminant capacity of terrestrial mammal faunas. *Global Ecology and Biogeography* 10(2), 189–204.
- Herzog A. [ur.]. 1955. *Mikrophotographischer Atlas der Technisch Wichtigen Pflanzenfasern*. Berlin, Verlag von Julius Springer.
- Hicks S. 1985. Modern pollen deposition records from Kuusamo, Finland. Seasonal and annual variation. *Grana* 24, 167–184.
- Hicks S. i Birks H. J. B. 1996. Numerical analysis of modern and fossil pollen spectra as a tool for elucidating the nature of fine-scale human activities in boreal areas. *Vegetation History and Archaeobotany* 5, 257–225.
- Higham C. F. W. 1968. Patterns of prehistoric economic exploitation on the Alpine Foreland. *Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich* 113, 41–92.
- Hill C. L. 2017. Geoarchaeology, History. U: A. S. Gillbert [ur.], *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer, 292–303.
- Hillman G. 1981. Reconstructing crop husbandry practices from charred remains of crops. U: R. Mercer [ur.], *Farming Practice in British Prehistory*. Edinburgh University Press, 123–162.
- Hillman G. 1986. Plant foods in ancient diet: the archaeological role of palaeofeces in general and Lindow Man's gut contents in particular. U: I. M. Stead, J. B. Bourke i D. Brothwell [ur.], *Lindow Man: The Body and the Bog*. London British Museum Publications, 99–115.
- Hillman G. 1996. Late Pleistocene changes in wild plant foods available to hunter-gatherers of the Northern Fertile Crescent: Possible preludes to cereal cultivation. U: D. R. Harris [ur.], *The Origins and Spread of Agriculture and Pastoralism in Eurasia*. London, University Colledge London Press, 195–203.
- Hillson S. 1992. *Mammal bones and teeth. An introductory guide to methods of identification*. London, Institute of Archaeology.
- Hincak Z., Mihelić D. i Bugar A. 2007. Cremated Human and Animal Remains of the Roman Period - Microscopic Method of Analysis (Šepkovčica, Croatia). *Collegium Antropologicum* 31 (4), 1127–1134.
- Hodgson J. G., Halstead P., Wilson P. J. i Davis S. 1999. Functional interpretation of archaeobotanical data: making hay in the archaeological record. *Vegetation History and Archaeobotany* 8, 261–271.
- Hofreiter M., Capelli C., Krings M., Waits L., Conard N., Münzel S., Rabeder G., Nagel D., Paunović M, Jambrešić G., Meyer S., Weiss G. i Pääbo S. 2002. Ancient DNA analyses reveal high mitochondrial DNA sequence diversity and parallel morphological evolution of Late Pleistocene cave bears. *Molecular Biology and Evolution* 19(8), 1244–1250.
- Hopf M. 1969. Plant remains and early farming in Jericho. U: P. J. Ucko in G. W. Dimbleby [ur.], *The Domestication and Exploitation of Plants and Animals*. London, Duckworth, 361–381.
- Hosch S. i Jacomet S. 2001. New aspects of archaeological research in central European Neolithic lake dwelling sites. *Environmental Archaeology* 6, 59–71.

- Hosch S. i Jacomet S. 2004. Ackerbau und Sammelwirtschaft. Ergebnisse der Untersuchung von Samen und Früchten. V: S. Jacomet, U. Leuzinger i J. Schibler [ur.], *Die neolithische Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3: Umwelt und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröff Amt Archäol Kanton Thurgau, Kanton Thurgau, 112–157.
- Hruševar D., Bakrač K., Miko S., Iljanić N., Hasan O., Mamić M., Puljak T., Vucić A., Husnjak Malovec K., Weber M. i Mitić B. 2020. Environmental history in Central Croatia for the last two millennia – vegetation, fire and hydrological changes under climate and human impact / Dvije tisuće godina okolišnih promjena na području središnje Hrvatske – vegetacija, požari i hidrologija utjecani klimatskim prilikama i ljudskim pritiskom. *Prilozi Instituta za arheologiju u Zagrebu* 37, 117–164.
- Hua Q., Barbetti M. i Rakowski A. Z. 2013. Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2010. *Radiocarbon* 55 (4), 2059–2072.
- Hughes N. F. 1976. *The Enigma of Angiosperm Origins*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Huisman H., Ismail-Meyer K., Sageidet B. M. i Joosten I. 2017. Micromorphological indicators for degradation processes in archaeological bone from temperate European wetland sites. *Journal of Archaeological Science* 85, 13–29. DOI 10.1016/j.jas.2017.06.016.
- Huntley B. 1988. Europe. U: B. Huntley i T. Webb III. [ur.], *Vegetation History*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 341–383.
- Huntley B. i Birks H. J. B. 1983. *An Atlas of Past and Present Pollen Maps for Europe: 0 – 13000 Years Ago*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Huntley B. i Prentice C. 1988. July temperatures in Europe from pollen data, 6000 years before present. *Science* 241, 687–241.
- Huntley B., Alfano M. J., Allen J. R. M., Pollard D., Tzedakis P. C., de Beaulieu J.-L., Grüger E. i Watts W. 2003. European vegetation during Marine Oxygen Isotope Stage 3. *Quaternary Research* 59, 195–212.
- Hvalec S., Masaryk R., Badovinac D., Vojaković P., Hrustel J., Žerjal T., Porenta S., Češarek D., Firšt S., Bekljanov-Zidanšek I., Plestenjak A. i Zorović M. 2009. *Utrip Tribune. Doživetje arheološkega vsakdana*. Ljubljana, Arhej, d. o. o.
- Imbrie J. i Imbrie K. P. 1979. *Ice Ages: Solving the Mystery*. London, Macmillian.
- Ingold T. 1980. *Hunters, Pastoralists and Ranchers: Reindeer Economies and their Transformations*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ioannidou, E. 2003. The effect of dog scavenging on a modern cattle, pig and sheep bone assemblage. *Archaeofauna* 12, 47–59.
- Istenič J. [ur.] 2010. Prispevki srečanja Naravoslovne raziskave premične arheološke dediščine v Sloveniji 1998–2008. Ljubljana, 17.–18. Februar 2009, *Argo* 53(1), 25–117.
- Iversen J. 1941. Landnam i Danmarks Stenalder. *Danmarks Geologiske Undersøgelse* 2 (66), 1–65.
- Jackson T. i Hobbs J. 2009. Ecological restoration in the light of ecological history. *Science* 325, 567–569.

- Jackson N., Maddocks I. G., Watts J. E., Scobie D., Mason R. S., Gordon-Thomson C., Stockwell S. i Moore G. P. M. 2020. Evolution of the sheep coat: the impact of domestication on its structure and development. *Genetics Research*, 102, 1-8. DOI 10.1017/S0016672320000063.
- Jacobson G. L. i Bradshaw R. H. W. 1981. The selection of sites for palaeovegetational studies. *Quaternary Research* 16, 80–96.
- Jacomet S. 1990. Veränderungen von Wirtschaft und Umwelt während des Spätneolithikum im westlichen Bodenseegebiet. Ergebnisse samenanalytischer Untersuchungen an einem Profilblock aus der Horgener Schichtabfolge von Sipplingen-Osthafen (Tauchsondierung Ruoff 1980). Siedlungsarchäologie im Alpenvorland 2. *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* 37, 295–324.
- Jacomet S. 2006. Plant Economy of the Northern Alpine Lake Dwelling area: 3500-2400 BC cal. U: S. Karg, R. Baumeister, H. Schlichtherle i D. E. Robinson [ur.], *Economic and Environmental Changes during the 4th and 3rd Millenia BC*. Proceedings of the 25th Symposium of the AEA Sept. 2004 in Bad Buchau, Germany. *Environmental Archaeology* 11(1), 65–85.
- Jacomet S. [ur.]. 2006. *Bestimmung von Getreidefunden aus archäologischen Ausgrabungen (Identification of Cereal Remains from Archaeological Sites)*. Univerzitetni učbenik, IPAS, Basel University.
- Jacomet S. 2007a. Neolithic plant economies in the northern Alpine foreland from 5500–3500 BC cal. V: S. Colledge in J. Conolly [ur.], *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. University College London Institute of Archaeology Publications, Left Coast Press, Walnut Creek, 221–258.
- Jacomet S. 2007b. Use in Environmental Archaeology. U: S. Elias [ur.], *Encyclopedia of Quaternary Science. Plant macrofossil methods and studies*. Oxford University Press, 2384–2412.
- Jacomet S. 2009. Plant economies and village life in Neolithic lake dwellings at the time of the Alpine Iceman. *Vegetation History and Archaeobotany* 18, 47–59.
- Jacomet S. [ur.]. 2010. *Vorlesung: Einführung in die Archäobotanik*. Univerzitetni učbenik, IPNA, Basel University.
- Jacomet S. 2013. Archaeobotany. Analyses of Plant Remains from Waterlogged Sites. V: F. Menotti in A. O’Sullivan [ur.], *The Oxford Handbook of Wetland Archaeology*. Oxford University Press, 497–514.
- Jacomet S. 2014. Subsistence economy and its impact on the environment: the potential of on-site-data from Neolithic lakeshore settlements. U: *Culture, Climate and Environment Interactions at Prehistoric Wetland Sites*. Konferenca v Bernu, Bern Universität, 20.
- Jacomet S. i Brombacher C. 2005. Reconstructing intra-site patterns in Neolithic lakeshore settlements: the state of archaeobotanical research and future prospects. U: P. Della Casa in M. Trachsel [ur.], *WES 04–Wetland Economies and Societies. Proceedings of the International Conference in Zürich, 10-13 March 2004*. Zürich, Chronos, 69–94.
- Jacomet S. i Kreuz A. [ur.]. 1999. *Archäobotanik. Aufgaben, Methoden und Ergebnisse vegetations- und agrargeschichtlicher Forschungen*. Stuttgart, Ulmer.

- Jacomet S., Brombacher C. i Dick M. [ur.]. 1989. *Archäobotanik am Zürichsee. Ackerbau, Sammelwirtschaft und Umwelt von neolithischen und bronzezeitlichen Seeufersiedlung im Raum Zürich. Ergebnisse von Untersuchungen pflanzlicher Makroreste der Jahre 1979–1988.* Zürich, Orell Füssli Verlag.
- Jacomet S., Leuzinger U. i Schibler J. [ur.]. 2004. *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft.* Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröffentlichung des Amtes für Archäologie des Kanton Thurgau, Kanton Thurgau.
- Jacomet S., Hüster-Plogmann H. i Schibler J. [ur.]. 2007. *Archäobiologischer Feldkurs 2007.* IPNA, Universität Basel.
- Jacquat C. i Martinoli D. 1999. *Vitis vinifera* L.: wild or cultivated? Study of the grape pips found at Petra, Jordan; 150 B. C.–A. D. 40. *Vegetation History and Archaeobotany* 8, 25–30.
- Jahns S. i van der Bogaard C. 1998. New palynological and tephrostratigraphical investigations of two salt lagoons on the island of Mljet, south Dalmatia, Croatia, *Vegetation History and Archaeobotany* 7, 219–234.
- Jalut G., Esteban A. A., Bonnet L., Thierry G. i Fontugne M. 2000. Holocene climatic changes in the western Mediterranean, from south-east France to south-east Spain. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 160, 255–290. DOI 10.1016/s0031-0182(00)00075-4.
- Jambrešič G. i Turk I. 2007. Velike dolge kosti jamskega medveda iz najdišča Divje babe I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija.* Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 369–384.
- Jambrešič G., Nikolić V. i Paunović M. 2000. Femoral morphology of cave bears from Croatia. *Beiträge zur Paläontologie* 25, 167–169.
- Jamšek Rupnik P. i Novak A. [ur.]. 2021. 6th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology. Seas, Lakes and Rivers, September 27–29, 2021, Ljubljana, Slovenia, https://www.geo-zs.si/PDF/Monografije/6thRMQG_BookOfAbstracts.pdf
- Jandal J. M. 1996. Comparative aspects of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 22 (2), 177–185 DOI 10.1016/S0921-4488(96)00880-2.
- Janis C. i Jarman P. J. 1996. Kopitarji. U: D. Macdonald [ur.], *Velika enciklopedija. Sesalci.* Ljubljana, Založba Mladinska knjiga, 468–479.
- Janžekovič F. i Malez V. 2004. Ptiči (Aves) na eneolitskem kolišču Hočevarica. U: A. Velušček [ur.], *Hočevarica. Eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju.* Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana, Založba ZRC, 155–167.
- Janžekovič F., Malez V. i Velušček A. 2005. Najdbe ptičjih kosti s koliščarskih naselbin na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 56, 49–58.
- Jeraj M. 2002. Archaeobotanical evidence for early agriculture at Ljubljansko barje (Ljubljana Moor), central Slovenia. *Vegetation History and Archaeobotany* 11, 277–287.
- Jeraj M. 2004. Paleobotanične raziskave na kolišču Hočevarica. U: A. Velušček [ur.], *Hočevarica, eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju.* Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana, Založba ZRC, 56–64.

- Jeraj M., Velušček A. i Jacomet S. 2009. The diet of Eneolithic (Copper Age, Fourth millennium cal B.C.) pile dwellers and the early formation of the cultural landscape south of the Alps: a case study from Slovenia. *Vegetation History and Archaeobotany* 18(1), 75–89.
- Jesse S. 1955. Novoodkriti kolišči na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 6(2), 264–267.
- Jones G. 1987. A statistical approach to the archaeological identification of crop processing. *Journal of Archaeological Science* 14, 311–323.
- Jones G., Valamoti S. i Charles M. 2000. Early crop diversity: a »new« glume wheat from northern Greece. *Vegetation History and Archaeobotany* 9(3), 133–146.
- Jones S., Taylor J. i Ash F. [ur.]. 2004. *Seed Identification Handbook. Agriculture, Horticulture and Weeds (2nd edition)*. Cambridge, NIAB.
- Jones G., Jones H., Charles C., Colledge S., Jones M., Leigh F., Lister D., Powell W., Smith L. i Brown T. 2012. Phylogeographic analysis of barley DNA as evidence for the spread of Neolithic agriculture through Europe. *Journal of Archaeological Science* 39, 3230–3238.
- Jones G., Charles M., Colledge S., Jones M., Leigh F., Lister D., Powell W., Smith L., Brown T. i Jones H. 2013. Barley DNA evidence for the routes of agricultural spread into Europe following multiple domestications in W. Asia. *Antiquity* 87, 701–713.
- Jowsey P. C. 1966. An improved peat sampler. *New Phytologist* 65, 245–248.
- Jurišić M. 1989. Ukopi životinja na Vučedolu. *Opuscula Archaeologica* 14, 17-31.
- Jurkovičová, L., Sázelova, S., Hromadová, B., Polanská, M. i Komoróczy, B. 2018. Morphoscopical approach in material agent analysis: Cut marks produced by stone and metal tools from Early Bronze Age site Pasohlávky (Czech Republic). *Quaternary International* 472, Part A, 97-107. DOI 10.1016/j.quaint.2018.01.022.
- Kaiser T. i Forenbaher S. 2016. Navigating the Neolithic Adriatic. U: K. T. Lillios i M. Chazan [ur.], *Fresh Fields and Pastures New: Papers Presented in Honor of Andrew M. T. Moore*. Leiden, Sidestone Press, 145-164.
- Kalis A. K. 1988. Zur Umwelt des frühneolithischen Menschen: ein Beitrag der Pollenanalyse. U: H. Küster [ur.], *Der prähistorische Mensch und seine Umwelt. Festschrift für Udelgard Körber-Grohne zum 65. Geburtstag*. Stuttgart, Konrad Theiss Verlag, 125–137.
- Kalis A. J., Meurers-Balke J. van der Borg K., von den Driesch A., Rähle W., Tegtmeier U. i Thiemeyer H. 2001. Der La-Hoguette-Fundhorizont in der Wilhelma von Stuttgart-bad Cannstatt. Athrakologische, archäopalynologische, bodenkundliche, malakozoologische, radiometrische und säugetierkundliche Untersuchungen. U: B. Gehlen, M. Heinen, A. Tillman [ur.], *Zeit-Räume, Gedenkschrift für Wolfgang Taute 2*. Bonn, Deutsche Gesellschaft für Ur- und Frühgeschichte, 649–672.
- Kalis A. J., Merkt J. i Wunderlich J. 2003. Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe – human impact and natural causes. *Quaternary Science Reviews* 22, 33–79.
- Kaniewski D., Marriner N., Morhange C., Rius D., Carre M.-B., Faivre S i Van Campo E. 2018. Croatia's mid-Late Holocene (5200-3200 BP) coastal vegetation shaped by human societies. *Quaternary Science Reviews* 200, 334–350.

- Karavanić I. i Bilich-Kamenjarin I. 1997. Musterijensko nalazište Mujina pećina kod Trogira. Rezultati trogodišnjih iskopavanja. *Opuscula Archaeologica* 21, 195-204.
- Karavanić I., Ahern J., Šošić R. i Vukosavljević N. 2007. Pećina Zala. *Hrvatski arheološki godišnjak* 3, 213–216.
- Karavanić I., Miracle P. T., Culiberg M., Kurtanjek D., Zupanić J., Golubić V., Paunović M., Mauch Lenardić J., Malez V., Šošić R., Janković I. i Smith F. H. 2008. The Middle Paleolithic from Mujina Pećina, Dalmatia, Croatia. *Journal of Field Archaeology* 33, 259-277.
- Karavanić I. i Patou-Mathis M. 2009. Middle/Upper Paleolithic Interface in Vindija Cave (Croatia): New Results and Interpretations. U: M. Camps i P. Chauhan [ur.], *Sourcebook of Paleolithic Transitions*. New York, Springer, 397-405. DOI 10.1007/978-0-387-76487-0_26.
- Karavanić I., Vukosavljević N., Šošić Klindžić R., Težak-Gregl T., Halamić J., Bošnjak Botica T. i Nahod, B. 2015. *Pojmovnik kamenoga doba*. Zagreb, FF Press; Institut za hrvatski jezik i jezikoslovlje.
- Karkanas P. T. i Goldberg P. 2017. Cave Settings. U: A. S. Gillbert [ur.], *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer, 108-118.
- Karkanas P. T. i Goldberg P. 2019. *Reconstructing Archaeological Sites. Understanding the Geoarchaeological Matrix*. Oxford, John Wiley & Sons Ltd.
- Karg S. 1998. Winter- and spring-foddering of sheep/goat on the Bronze Age site of Fiave-Carera, Northern Italy. *Environmental Archaeology* 1, 87–94.
- Keepax C. A. 1981. Avian egg-shell from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 8(4), 315–335.
- Kelso G. K. i Solomon A. M. 2006. Applying modern analogs to understand the pollen content of coprolites. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 237, 80–91.
- Kempe S., Al-Malabeh A., Döppes D., Frehat M., Henschel H.-V. i Rosendahl W. 2006. Hyena caves in Jordan. *Scientific Annals, School of Geology, Aristotele University of Thessaloniki*, Special volume 98, 201–212.
- Kent S. 1981. The dog: an archaeologist's best friend or worst enemy – the spatial distribution of faunal remains. *Journal of Field Archaeology* 8(3), 367–381.
- Kiehl J. T. i Shields C. A. 2005. Climate simulation of the latest Permian: implications for mass extinction. *Geology* 33(9), 757–760.
- Kimpe K., Jacobs P. A. i Waelkens M. 2005. Identification of animal fats in late Roman cooking pots of Sagalassos (Southwestern Turkey). U: J. Mulville i A. K. Outram [ur.], *The Zooarchaeology of Fats, Oils, Milk and Dairying*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, August 2002, Oxford, Oxbow Books, 183–192.
- King A. 1999. Animals and the Roman army: the evidence of animal bones. U: A. Goldsworthy, I. Haynes [ur.], *The Roman Army as a Community*. Journal of Roman Archaeology, Supplementary series 34, Portsmouth, J. H. Humphrey, 139–149.
- Klein R. G. i Cruz-Urbe K. 1984. *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. Chicago, London, The University of Chicago Press.

- Klippel W. E. i Synsteliën J. A. 2007. Rodents as taphonomic agents: bone gnawing by brown rats and gray squirrels. *Journal of Forensic Sciences* 52(4), 765–773.
- Klotz S. 1999. *Neue Methoden der Klimarekonstruktion auf quartäre Pollinsequenzen der französischen Alpe*. Doktorska disertacija, Eberhard Karls University, Tübingen.
- Knapp M., Rohland N., Weinstock J., Baryshnikov G., Sher A., Nagel D., Rabeder G., Pinhasi, R. Schmidt H. A. i Hofreiter M. 2009. First DNA sequences from Asian cave bear fossils reveal deep divergences and complex phylogeographic patterns. *Molecular Ecology* 18 (6), 1225–1238, DOI 10.1111/j.1365-294X.2009.04088.x.
- Kohler-Schneider M. 2007. Early agriculture and subsistence in Austria: a review of neolithic plant records. U: S. Colledge i J. Conolly [ur.], *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. London, Left Coast Press, 209–220.
- Kohler-Schneider M. i Caneppele A. 2009. Late Neolithic agriculture in eastern Austria: archaeological results from sites of the Baden and Jevišovice Cultures (3600–2800 B.C.). *Vegetation History and Archaeobotany* 18, 61–74.
- Korošec J. 1953. Nova kolišča na Ljubljanskem barju – poročilo. *Arheološki vestnik* 4(2), 256–263.
- Korošec J. 1954. Novi stratigrafski podatki kolišč na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 5(1), 5–18.
- Korošec J. 1964. Kulturne ostaline na kolišču ob Resnikovem prekopu, odkrite v letu 1962. *Poročilo o raziskovanju neolita in eneolita v Sloveniji* 1, 25–46.
- Körber-Grohne U. 1982. Der Schacht in Fellbach-Schmidlen aus botanischer und stratigraphischer Sicht. U: D. Planck [ur.], *Eine neuentdeckte keltische Viereckschanze in Fellbach-Schmidlen, Rems-Murr-Kreis*. Germania 60, Mainz, Verlag Philipp von Zabern, 154–168.
- Körber-Grohne U. 1991. Identification methods. U: W. A. Van Zeist, K. Wasylikowa i K.-E. Behre [ur.], *Progress in Old World Palaeoethnobotany. A Retrospective View on the Occasion of 20 Years of the International Work Group for Palaeoethnobotany*. Rotterdam/Brookfield, Balkema, 3–24.
- Kotlík P., Deffontaine V., Mascheretti S., Zima J., Michaux J. R. i Searle J. B. 2006. A northern glacial refugium for bank voles (*Clethrionomys glareolus*). *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103(40), 14860–14864.
- Knörzer K. H. 1971a. Pflanzliche Grossreste aus der Rössenerzeitlichen Siedlung bei Langweiles, Kreis Jülich. *Bonner Jahrbücher* 171, 9–33.
- Knörzer K. H. 1971b. Urgeschichtliche Unkräuter im Rheinland. Ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Segetalgesellschaften. *Vegetatio* 23, 89–111.
- Krajačić M. 2009. *Biljni makrofosili iz Antičke luke u Zatonu kraj Nina*. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- Krauskopf C. 2005. Plemstvo in predmeti iz njegovega vsakdanjika. Raziskave materialne kulture 13. in 14. stoletja. *Arheo* 23, 47–62.

- Kreuz A. 2007. Archaeobotanical perspectives on the beginning of agriculture north of the Alps. U: S. Colledge i J. Conolly [ur.], *The Origins and Spread of Domestic Plants in Southwest Asia and Europe*. University College London Institute of Archaeology Publications, Left Coast Press, Walnut Creek, 259–294.
- Kreuz A. i Schäfer E. 2011. Weed finds as indicators for the cultivation regime of the early Neolithic Bandkeramik culture? *Vegetation History and Archaeobotany* 20, 333–348.
- Kreuz A. i Stika P. 2009. Bericht zur archäobotanische Untersuchung der pflanzlichen Großreste der Fundstelle AK15 Groß-Gerau, "Auf Esch". U: C. Wenzel [ur.], *Groß-Gerau I Der römische Vicus von Groß-Gerau, "Auf Esch": Die Baubefunde des Kastellvicus und der Siedlung des 2. – 3. Jahrhunderts*. Bonn, 311–330.
- Kreuz A., Marinova E., Schäfer E. i Wiethold J. 2005. A comparison of early Neolithic crop and weed assemblages from the Linearbandkeramik and the Bulgarian Neolithic cultures: differences and similarities. *Vegetation History and Archaeobotany* 14, 237–258.
- Kroflič B. 2007. *Kremenaste alge v usedlinah Ljubljanskega barja*. Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani.
- Krumbein W. C. 1934. *Size frequency distributions of sediments*. Journal of Sedimentary Petrology, 4(2), 65–77.
- Krumbein W. C. i Sloss L. L. 1963. *Stratigraphy and Sedimentation*, 2. izd. San Francisco, W. H. Freeman.
- Kubišna W. L. 1938. *Micropedology*. Ames, IA, Collegiate Press.
- Kryštufek B. 1980. Nekaj o prehrani sov na Ljubljanskem barju. *Biosistematika* 6(1), 91–92.
- Kryštufek B. 1985. *Mali sesalci*. Naša rodna zemlja 4: mali sesalci, Ljubljana, Prirodoslovno društvo Slovenije.
- Kryštufek B. 1991. *Sesalci Slovenije*. Ljubljana, Prirodoslovni muzej Slovenije.
- Kryštufek B. 1997. Mali sesalci (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). U: I. Turk [ur.], *Moustérienska »koščena piščal« in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, Ljubljana, Založba ZRC, 85–98.
- Kryštufek B. i Griffiths H. 1999. Mediterranean v. continental small mammal communities and the environmental degradation of the Dinaric Alps. *Journal of Biogeography* 26(1), 167–177.
- Kryštufek B. i Janžekovič F. 1999. *Ključ za določanje vretenčarjev Slovenije*. Ljubljana, DZS.
- Kryštufek B. i Tvrtković N. 1990. Variability and identity of the jackals (*Canis aureus*) of Dalmatia. *Annalen des Naturhistorische Museums in Wien. Serie B für Botanik and Zoologie* 91, 7–25.
- Legge, A. J. i Moore, A. M. T. 2011. Clutching at straw: the Early Neolithic and the dispersal of Agriculture. U: A. Hadjikoimis, E. Robinson i S. Viner [ur.], *The Dynamics of Neolithisation in Europe*. Oxford, Oxbow Books, 177–196.

- Kunst K. G. i Galik A. 2000. Essen und Fasten in mittelalterlichen Klöstern aus archäozoologischer Sicht. V: H. Adler [ur.], *Fundort Kloster: Archäologie im Klösterreich*. Katalog zur Ausstellung im Stift Altenburg, 1. 5. – 1. 11. 2000, Fundberichte aus Österreich Materialhefte, Reihe A., Heft 8, Wien, Verlag Ferdinand Berger & Söhne, 249–258.
- Kurtén B. 1976. *The Cave Bear Story. Life and death of a vanished animal*. New York, Columbia University Press.
- Kutzbach J. E. i Guetter P. J. 1986. The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18.000 years. *Journal of the Atmospheric Sciences* 43, 1726–1759.
- Kutzbach J. E., Guetter P. J., Behling P. J. i Sehling R. 1993. Simulated climate changes: Results of COHMAP climate-model experiments, U: H. E. Wright, Jr., J. E. Kutzbach, T. Webb III., W. F. Ruddiman, F. A. Street-Perrott i P. J. Bartlein [ur.], *Global Climates since the Last Glacial Maximum*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 24–93.
- Kühn M. i Hadorn P. 2004. Pflanzliche Makro- und Mikroreste aus Dung von Wiederkäuern. U: S. Jacomet, U. Leuzinger i J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröffentlichungen des Amtes für Archäologie des Kantons Thurgau, Kanton Thurgau, 327–357.
- Kühn M., Maier U., Herbig C., Ismail-Meyer K., Le Bailly M. i Wick L. 2013b. Methods for the examination of cattle, sheep and goat dung in prehistoric wetland settlements with examples of the sites Alleshausen-Taschenwiesen and Alleshausen-Grundwiesen (around cal 2900 BC) at Lake Federsee, south-west Germany. *Journal of Environmental Archaeology* 18(1), 43–57.
- Kysely R. 2008. Frogs as part of the Eneolithic diet: archaeological records from the Czech Republic (Kutna Hora-Denemark site, Rivnac Culture). *Journal of Archaeological Science* 35, 143–157.
- Lamoureux S. 2001. Varve chronology techniques. V: W. M. Last i J. P. Smol [ur.], *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 247–260.
- Lancelotti C., Madella M. 2012. The ‘invisible’ product: developing markers for identifying dung in archaeological contexts. *Journal of Archaeological Science* 39(4), 953–963. DOI 10.1016/j.jas.2011.11.007.
- Larcher W. 1995. *Physiological Plant Ecology*. Berlin, Springer-Verlag.
- Lauwerier R. C. G. M. 1983. A meal for the dead. Animal bone finds in Roman graves. *Palaeohistoria* 25, 183–193.
- Laville H., Rigaud J.-P. i Sackett, J. 1980. *Rock Shelters of the Perigord*. New York, Academic.
- López G. I. 2017. Grain Size Analysis. U: A. S. Gillbert [ur.], *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer, 341–348.
- Le Bailly M. i Bouchet F. 2004. Etude paleoparasitologique des coprolithes humains. U: S. Jacomet, U. Leuzinger i J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12. Frauenfeld, Veröff Amt Archäol Kanton Thurgau, Kanton Thurgau, 372–377.

- Le Bailly M., Leuzinger U. i Bouchet F. 2003. Diocotophymidae Eggs from Coprolites from the Neolithic Site of Arbon-Bleiche 3 (Switzerland). *Journal of Parasitology* 89, 1073–1076.
- Leben F. 1988. Novoodkrite prazgodovinske plasti v jamah na Krasu. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 16, 65–76.
- Legge A. J. i Moore A. M. T. 2011. Clutching at straw: the Early Neolithic and the dispersal of Agriculture. U: A. Hadjikoumis, E. Robinson i S. Viner [ur.], *The Dynamics of Neolithisation in Europe*. Oxford, Oxbow Books, 177-196.
- Lemoine X., Zeder M. A. Bishop K. J. i Rufolo S. J. 2014. A new system for computing dentition-based age profiles in *Sus scrofa*. *Journal of Archaeological Science* 47, 179-193. DOI 10.1016/j.jas.2014.04.002-
- Lemut M. 1997. Rastlina meseca novembra, Vinska trta (*Vitis vinifera*). *Proteus* 60(3), 136–139.
- Leng M. J. 2003. Stable-isotopes in lakes and lake sediment archives. U: A. Mackay, R. Battarbie, J. Birks i F. Oldfield [ur.], *Global Change in the Holocene*. London, Arnold, 124–139.
- Leroi-Gourhan A. 1956. Notes sur l'analyse pollinique des sédiments quaternaires des grottes. *Congrès préhistorique de France, XVe session, Poitiers, 1955*, 671–675.
- Leuzinger U. [ur.]. 2000. *Die jungneolithische Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3, Befunde*. Archäologie im Thurgau 9. Frauenfeld, Huber und Co AG.
- Leuzinger U. 2002. Textilherstellung. U: A. de Capitani, S. Deschler-Erb, U. Leuzinger, E. Marti-Grädel i J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3, Funde*. Archäologie im Thurgau 11. Frauenfeld, Huber und Co AG, 115–134.
- Levanič T. 2012. Dendrokronologija in njena uporabnost za rekonstrukcijo paleookolja. U: M. Andrič [ur.], Dolgoročne spremembe okolja 1, *Opera Instituti Archaeologici Sloveniae* 25. Ljubljana, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU in Založba ZRC, 63–70.
- Levanič T. i Čufar K. 1999. Dendrokronološko datiranje objektov v Sloveniji. *Les v restavratorstvu, Dela-Papers Res RS* 4/1999, 38–47.
- Levine M. A. 1982. The use of crown height measurements and eruption-wear sequences to age horse teeth. U: B. Wilson, C. Grigson i S. Payne [ur.], *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites*. BAR – British series 109, Oxford, Archaeopress, 223–250.
- Levine M. A. 2005. Domestication and early history of the horse. U: D. M. Mills, S. M. McDonnell [ur.], *The Domestic Horse: the origins, development and management of its behaviour*. Cambridge, Cambridge University Press, 5–22.
- Libby W. F. 1955. *Radiocarbon Dating*. Chicago, University of Chicago Press.
- Libby W. F., Andreson E. C. i Arnold J. R. 1949. Age determination by radiocarbon content: world-wide assay of natural radiocarbon. *Science* 109, 227–228.
- Librado P., Khan N., Fages A., Kusliy M. A., Suchan T., Tonasso-Calvière L., Schiavinato S., Alioglu D., Fromentier A., Perdereau A., Aury J.-M., Gaunitz C., Chauvey L., Seguin-Orlando A., Der Sarkissian C., Southon J., Shapiro B., Tishkin A. A., Kovalev A. A., Alquraishi S., Alfarhan A: H., Al-Rasheid K. A. S., Seregély T., Klassen L., Iversen R., Bignon-Lau O.,

- Bodu P., Olive M., Castel J.-C., Boudadi-Maligne M., Alvarez N., Germonpré M., Moskal-del Hoyo M., Wilczyński J., Pospuła S., Lasota-Kuś A., Tunia K., Nowak M., Rannamäe E., Saarma U., Boeskorov G., Lõugas L., Kysely R., Peške L., Bălăşescu A., Dumitraşcu V., Dobrescu R., Gerber D., Kiss V., Szécsényi-Nagy A., Mende B. G., Gallina Z., Somogyi K., Kulcsár, G. Gál, E. Bendrey, R. Allentoft M. E., Sirbu G., Dergachev V., Shephard H., Tomadini N., Grouard S., Kasparov A., Basilyan A. E., Anisimov M. A., Nikolskiy P. A., Pavlova E. Y., Pitulko V., Brem G., Wallner B., Schwall C., Keller M., Kitagawa K., Bessudnov A. N., Bessudnov A., Taylor W., Magail J., Gantulga J.-O., Bayarsaikhan J., Erdenebaatar D., Tabaldiev K., Mijiddorj E., Boldgiv B., Tsagaan T., Pruvost M., Olsen S., Makarewicz C. A., Valenzuela Lamas S., Albizuri Canadell S., Nieto Espinet A., Pilar Iborra M., Lira Garrido J., Rodríguez González E., Celestino S., Olària C., Arsuaga J. L., Kotova N., Pryor A., Crabtree P., Zhumatayev R., Toleubaev A., Morgunova N. L., Kuznetsova T., Lordkipanize D., Marzullo M., Prato O., Bagnasco Gianni G., Tecchiati U., Clavel B., Lepetz S., Davoudi H., Mashkour M., Berezina N. Y., Stockhammer P. W., Krause J., Haak W., Morales-Muñiz A., Benecke N., Hofreiter M., Ludwig A., Graphodatsky A. S., Peters J., Kiryushin K. Y., Iderkhangai T.-O., Bokovenko N. A., Vasiliev S. K., Seregin N. N., Chugunov K. V., Plasteeva N. A., Baryshnikov G. F., Petrova E., Sablin M., Ananyevskaya E., Logvin A., Shevnina I., Logvin V., Kalieva S., Loman V., Kukushkin I., Merz I., Merz V., Sakenov S., Varfolomeyev V., Usmanova E., Zaibert V., Arbuckle B., Belinskiy A. B., Kalmykov A., Reinhold S., Hansen S., Yudin A. I., Vybornov A. A., Epimakhov A., Berezina N. S., Roslyakova N., Kosintsev P. A., Kuznetsov P. F., Anthony D., Kroonen G. J., Kristiansen K., Wincker P., Outram A. i Orlando, L. 2021. The origins and spread of domestic horses from the Western Eurasian steppes. *Nature* 598, 634-640. DOI 10.1038/s41586-021-04018-9.
- Lin M., Miracle P. i Barker G. 2016. Towards the identification of the exploitation of cattle labour from distal metapodials. *Journal of Archaeological Science* 66, 44-56. DOI 10.1016/j.jas.2015.12.006.
- Lloveras L., Nadal J. i Fullola J. M. 2020. Distinguishing the taphonomic signature of wolves from humans and other predators on small prey assemblages. *Scientific Reports* 10, 1-13. DOI 10.1038/s41598-020-64716-8.
- Lipej L. i Gjerkeš M. 1996. Diet of the tawny owl (*Strix aluco*) in the karst environment near Škocjanske jame (SW Slovenia). *Acta carsologica* 25, 351-363.
- Livingstone D. A. 1955. A lightweight piston sampler for lake deposits. *Ecology* 36, 137-139.
- Lotter A. F. 1999. Late-glacial and Holocene vegetation history and dynamics as evidenced by pollen and plant macrofossil analyses in annually laminated sediments from Soppensee (Central Switzerland). *Vegetation History and Archaeobotany* 8, 165-184.
- Lotter A., Eicher U., Birks H. J. B. i Siegenthaler U. 1992. Late-glacial climatic oscillations as recorded in Swiss lake sediments. *Journal of Quaternary Science* 7, 187-204.
- Lotter A. F., Heiri O., Brooks S., van Leeuwen J. F. N., Eicher U. i Ammann B. 2012. Rapid summer temperature changes during Termination 1a: high-resolution multi-proxy climate reconstructions from Gertensee (Switzerland). *Quaternary Science Reviews* 36, 103-113.
- Lowe J. J., Rasmussen S. O., Björck, S., Hoerk W. Z., Steffensen J. P., Walker M. J. C., Yu Z. C. i skupina INTIMATE. 2008. Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North

- Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group. *Quaternary Science Reviews* 27, 6–17.
- Lyman R. L. i Wolverton S. 2023. Quantification in Zooarchaeology and Palaeoethno(Archaeo) botany. U: A. M. Pollard, R. A. Armitage i C. A. Makarewicz [ur.], *Handbook of Archaeological Sciences Volume 2*, Second Edition. Hoboken, John Wiley & Sons Ltd., 1211-1225. DOI 10.1002/9781119592112.ch60.
- Luff R. M. i Moreno García M. 1995. Killing cats in the medieval period, an unusual episode in the history of Cambridge, England. *Archaeofauna* 4, 93–114.
- Lupo K. D. 2007. Evolutionary foraging models in zooarchaeological analysis: recent applications and future challenges. *Journal of Archaeological Research* 15, 143–189.
- Lyman R. L. 1987. On the analysis of vertebrate mortality profiles: sample size, mortality type, and hunting pressure. *American Antiquity* 52(1), 125–142.
- Lyman R. L. 1999. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Lyman R. L. 2008. *Quantitative paleozoology*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Lyman R. L. 2015. On the variable relationship between NISP and NTAXA in bird remains and mammal remains. *Journal of Archaeological Science* 53, 291–296.
- MacKinnon M. 2004. Production and Consumption of Animals in Roman Italy. Integrating the zooarchaeological and textual evidence. *Journal of Roman Archaeology*, Supplementary series 54, Portsmouth, Rhode Island, J. H. Humphrey.
- MacKinnon M. 2006. Supplying exotic animals for the Roman amphitheatre games: new reconstructions combining archaeological, ancient textual, historical and ethnographic data. *Mouseion (Series III)* 6, 1–25.
- Macphail R. I., Courty M. A., Hather J. i Watez J. 1997. The soil micromorphological evidence of domestic occupation and stabilizing activities. U: R. Maggi [ur.], *Arene Candide: A Functional and Environmental Assessment of the Holocene Sequence*. Roma: II Calamo, Ed. Candide, 53–88.
- Madgwick R. i Mulville J. 2015. Reconstructing depositional histories through bone taphonomy: extending the potential of faunal data. *Journal of Archaeological Science* 53, 255-263. DOI 10.1016/j.jas.2014.10.015.
- Magnell O. i Carter R. 2007. The chronology of tooth development in wild boar – a guide to age determination of linear enamel hypoplasia in prehistoric and medieval pigs. *Veterinarija ir zootechnika* 40(62), 43–48.
- Magny M. 2004. Holocene climate variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations and its probable impact on prehistoric human settlements. *Quaternary International* 113, 65–79.
- Magny M. i Haas J. N. 2004. A major widespread climatic change around 5300 cal. year BP at the time of the Alpine Iceman. *Journal of Quaternary Science* 19, 423–430.
- Magny M., Combourieu-Nabout N., de Beaulieu J. L., Bout-Roumazeilles V., Colombaroli D., Desprat S., Francke A., Joannin S., Ortu E., Peyron O., Revel M., Sadori L., Siani G., Sicre M. A., Samartin S., Simmoneau A., Tinner W., Vannièrè B., Wagner B., Zanchetta G.,

- Anselmetti F., Brugiapaglia E., Chapron E., Debret M., Desmet M., Didier J., Essallami L., Galop D., Gilli A., Haas J. N., Kallel N., Millet L., Stock A., Turon J. L. i Wirth S. 2013. North-south palaeohydrological contrasts in the central Mediterranean during the Holocene: tentative synthesis and working hypotheses. *Climate of the Past* 9, 2043–2071.
- Magri D., Vendarmin G. G., Comps B., Dupanloup I., Geburek T., Gömöry D., Latałowa M., Litt T., Paule L., Roure J. M., Tantau I., van der Knaap W. O., Petit R. J. i de Beaulieu J.-L. 2006. A new scenario for the Quaternary history of European beech populations: palaeobotanical evidence and genetic consequences. *New Phytologist* 171, 199–221.
- Maher Jr. L. J. 1972. Nomograms for computing 95% limits of pollen data. *Review of Palaeobotany and Palynology* 13, 85–93.
- Maier P. L. 1989. The date of the nativity and chronology of Jesus. U: J. Finegan, J. Vardaman i E. M. Yamauchi [ur.]. *Chronos, Kairos, Christos: Nativity and Chronological Studies*. Eisenbrauns, 113–132.
- Maier U. 1996. Morphological studies of free-threshing wheat ears from Neolithic site in southwest Germany, and the history of naked wheats. *Vegetation History and Archaeobotany* 5, 39–55.
- Maier U. 2001. Archäobotanische Untersuchungen in der neolithischen Ufersiedlung Hornstaad-Hörnle IA am Bodensee. U: U. Maier i R. Vogt [ur.], *Siedlungsarchäologie im Alpenvorland VI. Botanische und pedologische Untersuchungen zur Ufersiedlung Hornstaad-Hörnle IA*. Stuttgart, Konrad Theiss Verlag, 9–384.
- Maier U. 2004. Archäobotanische Untersuchungen in jung- und endneolithischen Moorsiedlungen am Federsee (mit einem Beitrag von Richard Vogt). U: J. Köninger i H. Schlichtherle [ur.], *Ökonomischer und ökologischer Wandel am vorgeschichtlichen Federsee. Archäologische und naturwissenschaftliche Untersuchungen*. Gaienhofen-Hemmenhofen, Landesdenkmalamt Baden-Württemberg, 71–159.
- Maier U. i Harwath A. 2011. Detecting intra-site patterns with systematic sampling strategies. Archaeobotanical grid sampling of the lakeshore settlement Bad Buchau – Torwiesen II, southwest Germany. *Vegetation History and Archaeobotany* 20, 349–365.
- Malez M. 1961. *Megaceros giganteus* (Blumenbach) iz naplavine Save kod Siska. *Geološki vjesnik* 14, 345–354.
- Malez, M. 1963. Kwartarna fauna pećine Veternice u Medvednici. *Palaeontologia Jugoslavica* 5, 1–200.
- Malez M. 1965. *Cerovačke pećine. Die Höhlen von Cerovac. The Cerovac caves. Le grottes de Cerovac*. Zagreb, Izdanja Speleološkog društva Hrvatske no. 1.
- Malez M. 1975. Hijenske pećine iz doba pleistocena na području Hrvatske. *Rad JAZU* 371, 307–316.
- Malez M. 1979. Kwartarna fauna Jugoslavije. *Praistorija jugoslavenskih zemalja I: paleolit i mezolit*, 55–79, Sarajevo.
- Malez M. 1979. Historijat istraživanja kvartara. *Praistorija jugoslavenskih zemalja I: paleolit i mezolit*, 197–219, Sarajevo.

- Malez M. 1981. Fosilni vertebrati na području Biokova i njihovo paleoekološko značenje. *Acta Biokovica* 1, 39-70.
- Malez M. 1983. Prilog poznavanju kulta spiljskog medvjeda u paleolitiku Hrvatske. *Zbornik za narodni život i običaje južnih Slavena* 49, 333-347.
- Malez M. 1985. Vrsta *Gulo gulo* (L.) (Mustelidae, Carnivora) u gornjem pleistocenu Istre i Dalmacije. *Razprave IV. Razreda SAZU* 26, Zbornik radova I. Rakovca, 69-96.
- Malez M. i Rukavina D. 1975. Krioturbacijske pojave u gornjopleistocenskim naslagama pećine Vindije kod Donje Voće u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. *Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti* 371, 245-265.
- Malez M. i Turk I. 1990. *Cuon alpinus europaeus* Bourguignat (Carnivora, Mammalia) iz mlajšega pleistocena Apnarjeve jame pri Celju. *Geologija* 33, 215-232.
- Malez M., Šimunić An. i Šimunić Al. 1984. Geološki, sedimentološki i paleoklimatski odnosi spilje Vindije i bliže okolice. *Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti* 411, 231-264.
- Malez V. 2007. Fosilni ostanki avifavne iz Divjih bab I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 185-192.
- Maltby M. 1989. Urban-rural variations in the butchering of cattle in Romano-British Hampshire. V: D. Serjeantson i T. Waldron [ur.], *Diet and crafts in towns*. BAR – British Series 199, Oxford, Archaeopress, 75-106.
- Maltby M. 2007. Chop and change. Specialist cattle carcass processing in Roman Britain. U: B. Croxford, N. Ray i R. Roth [ur.], *TRAC 2006. Proceedings of the 16th Annual Theoretical Roman Archaeology Conference, Cambridge 2006*. Oxford, Oxbow, 59-76.
- Mandel R. D. i Holliday V. T. 2017. Paleoenvironmental Reconstruction. U: A. S. Gillbert [ur.], *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer, 588-601.
- Manen J. F., Bouby L., Dalnoki O., Marival P., Turgay M. i Schlumbaum A. 2003. Microsatellites from archaeological *Vitis vinifera* seeds allow a tentative assignment of the geographical origin of ancient cultivars. *Journal of Archaeological Science* 30, 721-729.
- Mangafa M. i Kotsakis K. 1996. A new method for the identification of wild and cultivated charred grape seeds. *Journal of Archaeological Science* 23, 409-418.
- Marciniak A. i Pollard J. 2015. Animals and social relations. U: C. Fowler, J. Harding i D. Hofmann [ur.], *The Oxford Handbook of Neolithic Europe*. Oxford, Oxford University Press, 745-759.
- Marín-Arroyo A. B., González-Rabanal B., Arteché J. L., Fatás P. I. González Morales M., R. 2023. Bone weathering in an Atlantic environment: preliminary results of the Global Weathering Project in Spain. *Quaternary Science Advances* 12, 100112. DOI 10.1016/j.qsa.2023.100112.

- Marinček L. i Čarni A. 2002. *Komentar k vegetacijski karti gozdnih združb Slovenije v merilu 1:400.000. Commentary to the vegetation map of forest communities of Slovenia in a scale of 1:400,000*. Ljubljana, Založba ZRC and Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU.
- Marković M. 1980. Narodni život i običaji sezonskih stočara na Velebitu. *Zbornik za narodni život i običaje Južnih Slavena* 48, 5-139.
- Marti H. 2004. Parasitologische Untersuchungen von Wiederkäufer-Exkrementen. U: S. Jacomet, U.
- Leuzinger i J. Schibler [ur.], *Die jungsteinzeitliche Seeufersiedlung Arbon Bleiche 3. Umwelt und Wirtschaft*. Archäologie im Thurgau 12, Frauenfeld, Huber und Co AG, 358–361.
- Marti-Grädel E., Deschler-Erb S., Hüster-Plogmann H. i Schibler J. 2003. Early evidence of economic specialization or social differentiation: a case study from the Neolithic lake shore settlement 'Arbon-Bleiche 3' (Switzerland). U: S. O'Day, W. Van Neer in A. Ervynck [ur.], *Behaviour behind Bones. The zooarchaeology of ritual, religion, status and identity*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, august 2002, Oxford, Oxbow Books, 164–176.
- Marti-Grädel E., Deschler-Erb S., Hüster Plogmann H. i Schibler J. 2004. Early evidence of economic specialization or social differentiation: a case study from the Neolithic lake shore settlement 'Arbon-Bleiche 3' (Switzerland). U: S. Jones O'Day, W. van Neer i A. Ervynck [ur.], *Behaviour Behind Bones: the Zooarchaeology of Ritual, Religion, Status and Identity*. Proceedings of the 9th ICAZ Conference, Durham 2002. Oxford, Oxbow Books, 164–176.
- Martinčič A. [ur.], Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B. i Vreš B. 1999/2007. *Mala flora Slovenije, Ključ za določanje praprotnic in semenk*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- Martiniaková M., Grosskopf B., Omelka R., Dammers K., Vondráková M. i Bauerová M. 2007. Histological study of compact bone tissue in some mammals: a method for species determination. *International Journal of Osteoarchaeology* 17(1), 82–90.
- Matika D., Tolar T., Koncani Uhač I. 2022. *Plant macroremains from the Roman underwater archaeological site Uvala Bijeca*. The annual meeting 2022 of DEGUWA e.V. on Uderwater Archaeology IN POSEIDONS REALM XXVII. Archaeological Museum of Istra (AMI) May 16 – May 22 in Pula, Istria (CRO). Poster presentation.
- Matika D., Tolar T., Koncani Uhač I. (u pripremi). Plant macroremains from the Roman underwater archaeological site Uvala Bijeca.
- Matolcsi J. 1970. Historische Erforschung der Körpergrösse des Rindes auf Grund von ungarischem Knochenmaterial. *Zeitschrift für Tierzüchtung und Züchtungsbiologi* 87(2), 89–137.
- Mauch Lenardić J. i Marjanac Lj. 2005. Od geološko-paleontološke zbirke i laboratorija za krš do Zavoda za paleontologiju i geologiju kvartara. U: B. Sokač [ur.], *Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara: 1955. – 2005*. Zagreb, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 17-19.
- Maurizio A. [ur.]. 1927. *Die Geschichte unserer Pflanzennahrung von den Urzeiten bis zur Gegenwart*. Berlin, Paul Parey.

- Mason P. i Andrič M. 2009. Neolithic/Eneolithic settlement patterns and Holocene environmental changes in Bela krajina (south-eastern Slovenia). *Documenta Praehistorica* 36, 327–335.
- Mayewski P. A., Rohling E. E., Stager J. C., Karlén W., Maasch K. A., Meeker L. D., Meyerson E. A., Gasse F., van Kreveld S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R. R. i Steig E. J. 2004. Holocene climate variability. *Quaternary Research* 62, 243–255.
- Märkle T. [ur.]. 2000. *Wildpflanzen der Cortaillod moyen-zeitlichen Besiedlung von Concise-sous-Colacho, Kt. Waadt, Schweiz*. Magistrska naloga, Universität Tübingen.
- Mazinani M. i Rude B. 2020. Population, world production and quality of sheep and goat products. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences* 15 (4), 291-299. DOI 10.3844/ajavsp.2020.291.299.
- McClure S. B. i Podrug E. (2016) Villages, landscapes, and early farming in northern Dalmatia. U: K. T. Lillios i M. Chazan [ur.], *Fresh Fields and Pastures New: Papers Presented in Honor of Andrew M. T. Moore*. Leiden, Sidestone Press, 117-144.
- McClure S. B., Magill C., Podrug E., Moore A. M. T., Harper T. K., Culleton B. J., Kennett D. J. i Freeman, K. H. 2018. Fatty acid specific $\delta^{13}\text{C}$ values reveal earliest Mediterranean cheese production 7,200 years ago. *PLoS ONE* 13 (9), 1-15. DOI 10.1371/journal.pone.0202807.
- McClure S. B., Podrug E., Jović J., Monroe S., Radde H. D., Triozzi N., Welker M. H. i Zavodny E. 2022. The zooarchaeology of Neolithic farmers: herding and hunting on the Dalmatian coast of Croatia. *Quaternary International* 634, 27-37. DOI 10.1016/j.quaint.2022.06.013.
- McGarry S. F. i Caseldine C. 2004. Speleothem palynology: an undervalued tool in Quaternary studies. *Quaternary Science Reviews* 23, 2389–2404.
- McGuire J. L. 2010. Geometric morphometrics of vole (*Microtus californicus*) dentition as a new paleoclimate proxy. Shape change along geographic and climatic clines. *Quaternary International* 212, 198–205.
- Meese D. A., Gow A. J., Grootes P., Mayewski P. A., Ram M., Stuvier M., Taylor K. C., Waddington E. D. i Zielinski G. A. 1994. The accumulation record from the GISP2 core as an indicator of climate change throughout the Holocene. *Science* 266, 1680–1682.
- Melik A. 1927. *Kolonizacija Ljubljanskega barja*. Ljubljana, Tiskovna zadruga.
- Mellars P. 1976. Fire ecology, animal populations and man: a study of some ecological relationships in prehistory. *Proceedings of Prehistoric Society* 42, 15–45.
- Méniel P. 1991. Les animaux dans les sanctuaires gaulois du Nord de la France. U: J.-L. Brunaux [ur.], *Les sanctuaires celtiques et leurs rapport avec le monde méditerranéen*. Dossiers de Protohistoire 3, Paris, Editions Errance, 257–267.
- Méniel P. 2007. La boucherie et les Sacrifices bovins en Gaule aux IIe et Ier siècles avant notre ère. *Food & History* 5(1), 225–245.
- Mercer H. C. 1897. The finding of the remains of the fossil sloth at Big Bone Cave, Tennessee, in 1896. *Proceedings of the American Philosophical Society* 36, 36–70.

- Meyers P. A. 1997. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology* 114, 289–302.
- Miklavžič J. 1965. Premena belokranjskih steljnikov v gozdove. *Zbornik inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije* 4, 1–87.
- Mikulčić Pavlaković S., Crnjaković M., Tipljaš D., Šoufek M., Wacha L., Frechen M. i Lacković D. 2011. Mineralogical and geochemical characteristics of Quaternary sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia). *Quaternary International* 234, 32–49. DOI 10.1016/j.quaint.2010.02.005.
- Mikuž V. 2004. Dodatek: morski polži in školjke v Viktorjevem spodmolu. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 106–107.
- Mikuž V. i Turk I. 2004. Malakofavna. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca. Prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 197–199.
- Milankovitch M. 1930. *Matematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen*. Berlin, Gebrueder Borntraeger.
- Miller Rosen, A. 1986. *Cities of Clay: The Geoarchaeology of Tells*. Chicago, University of Chicago Press, Prehistoric Archeology and Ecology Series.
- Mills W. C. 1906. Exploration of the Baum prehistoric village site. *Ohio Archaeological and Historical Quarterly* 15(1), 1–96.
- Miracle P. T. 1991. Carnivore dens or carnivore hunts? A review of Upper Pleistocene mammalian assemblages in Croatia and Slovenia. *Rad HAZU* 458, 193–219.
- Miracle P. T. 1995. *Broad-spectrum adaptations re-examined: Hunter-Gatherer responses to Late Glacial environmental changes in the Eastern Adriatic*. Neobjavljena doktorska disertacija. Ann Arbor, University of Michigan.
- Miracle P. T. 1997. Early Holocene foragers in the karst of northern Istria. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita u Sloveniji XXIV*, 43–61.
- Miracle P. T. 2001. Feast or famine? Epipalaeolithic subsistence in the northern Adriatic basin. *Documenta Praehistorica XXVIII*, 177–197.
- Miracle P. 2002. Mesolithic Meals from Mesolithic Middens. U: P. Miracle i N. Milner [ur.] *Consuming passions and patterns of consumption*. Cambridge, McDonald Institute for Archaeological Research, 65–88.
- Miracle P. 2005. Late Mousterian subsistence and cave use in Dalmatia: the zooarchaeology of Mujina Pećina, Croatia. *International Journal of Osteoarchaeology* 15 (2), 84–105. DOI 10.1002/oa.736.
- Miracle P. T. 2007a. *The Krapina Paleolithic Site: Zooarchaeology, taphonomy, and catalogue of the faunal remains*. Zagreb, Croatian Natural History Museum.
- Miracle P. T. 2007b. The Late Glacial „Great Adriatic Plain”: „Garden of Eden” or „No Man’s Land” during the Epipalaeolithic? A view from Istria (Croatia). U: R. Whallon [ur.], *Environments and Cultural Relations around the Adriatic*. Oxford, Archaeopress, 41–51.

- Miracle P. T. 2011. Sex and size of the Krapina cave bears. U: B. Toškan [ur.], *Drobci ledenodobnega okolja: zbornik ob življenjskem jubileju Ivana Turka*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, Ljubljana, Založba ZRC, 85–110.
- Miracle P. i Brajković D. 1992. Revision of the ungulate fauna and Upper Pleistocene stratigraphy of Veternica cave (Zagreb, Croatia). *Geologia Croatica* 45, 1–14.
- Miracle P. T. i Brajković D. 2010. The palaeoecological significance of the Pleistocene mammalian fauna from Veternica Cave, Croatia. Revision of the lagomorpha, canidae, mustelidae and felidae. *Geologia Croatica* 63 (2), 207-224. DOI 10.4154/gc.2010.18.
- Miracle P. i Forenbaher S. 2006. Vertebrate Faunal Remains at Pupičina Cave / Ostaci faune kraljeznjaka iz Pupičine peći. U: P. T. Miracle i S. Forenbaher [ur.], *Prehistoric Herders of Northern Istria: The Archaeology of Pupičina Cave, Vol. 1 / Pretpovijesni stočari sjeverne Istre: Arheologija Pupičine peći, sv. 1*, Monografije i katalozi 14. Pula, Arheološki muzej Istre, 63-122.
- Miracle P. i Pugsley L. B. 2006. Vertebrate Faunal Remains at Pupičina Cave / Ostaci faune kraljeznjaka iz Pupičine peći. U: P. T. Miracle i S. Forenbaher [ur.], *Prehistoric Herders of Northern Istria: The Archaeology of Pupičina Cave, Vol. 1 / Pretpovijesni stočari sjeverne Istre: Arheologija Pupičine peći, sv. 1*, Monografije i katalozi 14. Pula, Arheološki muzej Istre, 259-399.
- Miracle P. i Sturdy D. 1991. Chamoix and the Karst of Herzegovina. *Journal of Archaeological Science* 18, 89–108.
- Miracle P., Galanidou N. i Forenbaher S. 2000. Pioneers in the hills: Early Mesolithic foragers at Šebrn Abri (Istria, Croatia). *European Journal of Archaeology* 3 (3), 293-329. DOI 10.1179/146195700807860837.
- Miracle P. T., Mauch Lenardić J. i Brajković D. 2010. Late glacial climates, „Refugia”, and faunal change in Southeastern Europe: Mammalian assemblages from Veternica, Velika Pećina, and Vindija caves (Croatia). *Quaternary International* 212 (2), 137-148. DOI 10.1016/j.quaint.2009.06.003.
- Miranda-de-la Lama, G. C. i Mattiello, S. 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research* 90 (1-3), 1-10. DOI 10.1016/j.smallrumres.2010.01.006.
- Mlakar J. 1990. *Dendrologija. Drevesa in grmi Slovenije*. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije.
- Mlekuž D. 2003. Early herders of the Eastern Adriatic. *Documenta Praehistorica* 30, 139–151.
- Mlekuž D. 2005. The ethnography of the Cyclops: Neolithic pastoralists in the eastern Adriatic. *Documenta Praehistorica* XXXII, 15-51. DOI 10.4312/dp.32.2.
- Mlekuž D. 2006. Meat or milk? Neolithic economies of Caput Adriae. U: A. Pessina i P. Visentini [ur.], *Preistoria dell'Italia Settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini*. Udine, Comune di Udine, Museo Friulano di storia naturale, 453-458.
- Mlekuž D. 2007. ‚Sheep are your mother’: rhyta and the interspecies politics in the Neolithic of the eastern Adriatic. *Documenta Praehistorica* XXXIV, 267-280. DOI 10.4312/dp.34.20.

- Mlekuž D. 2013. The birth of the herd. *Society & Animals* 21 (2), 150-161.
- Mlekuž D., Budja M. i Ogrinc N. 2006. Complex settlement and the landscape dynamic of the Iščica floodplain (Ljubljana Marshes, Slovenia). *Documenta Praehistorica* 33, 253–271.
- Mlekuž D., Žibrat Gašparič A., Horvat M. i Budja M. 2012. Houses, pots and food: the pottery from Maharski prekop in context. *Documenta Praehistorica* 39, 325–338.
- Mlinar M. i Gerbec T. 2011. *Keltskih konj topòt. Najdišče Bizjakova hiša v Kobaridu*. Tolmin, Tolminski muzej.
- Moe D. 1983. Palynology of sheep's faeces: relationship between pollen content, diet and local pollen rain. *Grana* 22, 105–113.
- Monks G. G. 1981. Seasonality studies. U: M. B. Schiffer [ur.], *Advances in Archaeological Method and Theory* 4. New York, Academic Press, 177–240.
- Moore A., Menđušić M., Brown L., Colledge S., Giegengack R., Higham T., Hršak V., Legge A., Marguš D., McClure S., Palmer C., Podrug E., Reed K., Smith J. i Zaninović J. 2019. *Early Farming in Dalmatia. Pokrovnik and Danilo Bitinj: two Neolithic villages in southeast Europe*. Oxford, Archaeopress.
- Moore P. D., Webb J. A. i Collinson M. E. 1991. *Pollen Analysis*. Second edition, Oxford, Blackwell science.
- Morales A. i Rosenlund K. 1979. *Fish bone measurements: An Attempt to Standardize the Measuring of Fish Bones from Archaeological Sites*. Copenhagen, Steenstrupia.
- Moran N. C. i O'Connor T. P. 1994. Age attribution in domestic sheep by skeletal and dental maturation: a pilot study of available sources. *International Journal of Osteoarchaeology* 4, 267–285.
- Moreno A., Svensson A., Brooks S. J., Connors S., Engels S., Fletcher W., Genty D., Heiri O., Labuhn I., Persiou A., Peyron O., Sadori L., Valero-Garcés B., Wulf S., Zanchetta G. i data contributors. 2014. A compilation of Western European terrestrial records 60-8 ka BP: towards an understanding of latitudinal climatic gradients. *Quaternary Science Reviews* 106, 167–185.
- Mukherjee A. J., Copley M. S., Berstan R., Clark K. A. i Evershed R. P. 2005. Interpretation of $\delta^{13}\text{C}$ values of fatty acids in relation to animal husbandry: food processing and consumption in prehistory. U: J. Mulville i A. K. Outram [ur.], *The Zooarchaeology of Fats, Oils, Milk and Dairying*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, avgust 2002, Oxford, Oxbow Books, 77–93.
- Munson P. J. 2000. Age-correlated differential destruction of bones and its effect on archaeological mortality profiles of domestic sheep and goats. *Journal of Archaeological Science* 27, 391–407.
- Musil R. 1985. Paleobiography of terrestrial communities in Europe during the Last Glacial. *Sborník Národního muzea v Praze, Řada B* 16(1–2), 1–84.
- Müllauer N. i Ramsil P. C. 2007. *Herstellungstechnische Untersuchungen an Hohlblechreifen aus dem Latenezeitlichen Gräberfeld von Mannersdorf am Leithagebirge, Niederösterreich*. Archäologisches Korrespondenzblatt 37, 67–84.

- Müller W., Fricke H., Halliday A. N., McCulloch M. T. i Wartho J.-A. 2003. Origin and migration of the Alpine Iceman. *Science* 302, 862–866.
- Mysłajek R. W., Nowak S., Rožen A., Kurek K., Figura M. i Jędrzejewska B. 2016. Ecology of the European Badger (*Meles meles*) in the Western Carpathian Mountains: A review. *Wildlife Biology in Practice* 12 (3), 36–50.
- Naderi S., Rezaei H.-R., Pompanon F., Blum M. G. B., Negrini R., Naghash H.-R., Balkiz O., Mashkour M., Gaggiotti O. E., Ajmone-Marsan P., Kence A., Vigne J.-D. i Taberlet P. 2008. The goat domestication process inferred from large-scale mitochondrial DNA analysis of wild and domestic individuals. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 105(46), 17659–17664.
- Nagel T., Diaci J., Jerina K., Kobal M. i Roženbergar D. 2015. Simultaneous influence of canopy decline and deer herbivory on regeneration in conifer-broadleaf forest. *Canadian Journal of Forest Research* 45, 265–274.
- Neef R., Cappers R. T. J. i Bekker R. M. [ur.]. 2012. *Digital Atlas of Economic Plants in Archaeology*. Groningen, Barkhuis and Groningen University Library.
- Nelson E., Angerbjörn A., Lidén K. i Turk I. 2007. Stabilni izotopi in metabolizem jamskega medveda iz najdišča Divje babe I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 347–355.
- Neumann K., Schoch W., Détienne P. i Schweingruber F. H. [ur.]. 2001. *Woods of the Sahara and the Sahel: An Antomical Atlas*. Stuttgart, Paul Haupt Verlag.
- Nielsen E. H. 2003. Das spätmesolithikum und die neolithisierung in der Schweiz. *Archäologische Informationen* 26(2), 275–297.
- Nielsen E. H. 2004. The seventh and sixth millennia transition in Switzerland. U: E. A. Walker, F. F. Wenban-Smith i F. Healey [ur.], *Lithics in Action: Papers from the Conference Lithic Studies in the Year 2000*. Oxford, 185–196.
- Nielsen E. H. 2009. The Mesolithic background for the Neolithisation process. *Documenta Praehistorica* 36, 151–158.
- Niggemann S., Mangini A., Richter D. K. i Wurth G. 2003. A palaeoclimate record of the last 17,600 years in stalagmites from the B7 cave, Sauerland, Germany. *Quaternary Science Reviews* 22, 555–567.
- O'Brien S. R., Mayewski P. A., Meeker, L. D., Meese, D. A., Twickler, M. S. i Whitlow, S. I. 1995. Complexity of Holocene Climate as reconstructed from a Greenland ice core. *Science* 270, 1962–1964.
- O'Connor T. 2000. *The Archaeology of Animal Bones*. Phoenix Mill, Sutton Publishing.
- Odar B. 2012. Potočka zijavka. Fertility rites in The Raining cave. *Studia mythologica Slavica* 15, 9–34.
- Odgaard B. V. i Rasmussen P. 2000. Origin and temporal development of macro-scale vegetation patterns in the cultural landscape of Denmark. *Journal of Ecology* 88, 733–748.

- Oeggl K. 2000. The diet of the Iceman. V: S. Bortenschlager i K. Oeggl [ur.], *The Iceman and his Natural Environment (The man in the Ice, Vol. 4)*. Wien, Springer, 89–115.
- Oeggl K. 2001. Pollen analyses of the Iceman's colon content. V: D. K. Goodman i R. T. Clarke [ur.], *Proceedings of the IX. International Palynological Congress, 1996*. Houston, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 511–516.
- Oeggl K., Kofler W. i Schmidl A. 2005. New aspects to the diet of the Neolithic Tyrolean Iceman »Ötzi«. *Journal of Biological Research* 80, 344–347.
- Oros Sršen, A., Kralj, J. i Šešelj, L. 2017. The late-Holocene avifaunal assemblage from the island of Palagruža (Croatia): The earliest record of the Northern Gannet in the Adriatic Sea. *The Holocene* 27 (10), 1540-1549. DOI 10.1177/0959683617693897.
- Orrù M., Grillo O., Lovicu G., Venora G. i Bacchetta G. 2013. Morphological characterisation of *Vitis vinifera* L. seeds by image analysis and comparison with archaeological remains. *Vegetation History and Archaeobotany* 22, 231–242.
- Orton D., Gaastra J. i Vander Linden M. 2016. Between the Danube and the Deep Blue Sea: Zooarchaeological meta-analysis reveals variability in the spread and development on Neolithic farming across the Western Balkans. *Open Quaternary* 2 (6), 1-26. DOI 10.5334/oq.28.
- Oueslati T., Robin S. i Marquis P. 2006. A multidisciplinary approach towards the definition of the status of the Gallo-Roman city of Paris: ceramic and animal-resource production and provisioning. V: M. Maltby [ur.], *Integrating Zooarchaeology*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, avgust 2002, Oxford, Oxbow Books, 98–108.
- Outram A. K. 2001. A new approach to identifying bone marrow and grease exploitation: why the 'indeterminate' fragments should not be ignored. *Journal of Archaeological Science* 28, 401–410.
- Outram A. K. 2004. Identifying dietary stress in marginal environments: bone fats, optimal foraging theory and the seasonal round. V: M. Mondini, S. Muñoz, S. Vickler [ur.], *Colonisation, Migration, and Marginal areas. A zooarchaeological approach*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, avgust 2002, Oxford, Oxbow Books, 74–85.
- Outram A. K., Stear N. A., Bendrey R., Olsen S., Kasparov A., Zaibert V., Thorpe N. i Evershed R. P. 2009. The earliest horse harnessing and milking. *Science* 323(5919), 1332–1335.
- Örni A., Haas J. N., Leuzinger U. i Jacomet S. 1999. Plant macrofossils and pollen in goat/sheep faeces from the Neolithic lake-shore settlement Arbon Bleiche 3, Switzerland. *The Holocene* 9, 175–182.
- Pacher M. 2003. Upper Pleistocene cave assemblages at alpine sites in Austria and adjacent regions. *Preistoria Alpina* 39, 115–127.
- Pacher, M. i Stuart, A. J. 2009. Extinction chronology and palaeobiology of the cave bear (*Ursus spelaeus*). *Boreas* 38 (2), 189-206. DOI 10.1111/j.1502-3885.2008.00071.x.

- Pajagič B. G., Velušček A., Tolar T., Strlič M., Bukošek V., Kolar J. i Ravbar I. 2009. Raziskave in konserviranje preje z Ljubljanskega barja. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 309–318.
- Parfit S. A. i Bello S. M. 2024. Bone tools, carnivore chewing and heavy percussion: assessing conflicting interpretations of Lower and Upper Palaeolithic bone assemblages. *Royal Society Open Science* 11 (1), 1-35. DOI 10.1098/rsos.231163.
- Park S. D. E., Magee D. A., McGettigan P. A., Teasdale M. D., Edwards C. J., Lohan A. J., Murphy A., Braud M., Donoghue M. T., Liu Y., Chamberlain A. T., Rue-Albrecht K., Schroeder S., Spillane C., Tai S., Bradley D. G., Sonstegard T. S., Loftus B. J. i MacHugh D. E. 2015. Genome sequencing of the extinct Eurasian wild aurochs, *Bos primigenius*, illuminates the phylogeography and evolution of cattle. *Genome Biology* 16 (234), 1-15. DOI 10.1186/s13059-015-0790-2.
- Parmesan C. i Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421, 37–42.
- Pasarić M. i Trbojević Vukičević T. 2016. Eneolithic cattle burial from Aljmaš-Podunavlje and Osijek-Retfala, Croatia. *International Journal of Osteoarchaeology* 26 (5), 842-852. DOI 10.1002/oa.2485.
- Paunović M. 1988. Morphometrische und morphogenetische Untersuchungen der Ursidenzähne aus den Höhlen Nordwestkroatiens. *Palaeontologia Jugoslavica* 36, 1-40.
- Paunović M. 1990. *Vodozemci iz prošlosti i sadašnjosti. Određivanje skeletnih djelova*. Zagreb, Hrvatsko prirodoslovno društvo.
- Paunović M. 2004. Ostanke ektotermnih vretenčarjev v Viktorjevem spodmolu. V: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca. Prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 108–113.
- Paušič I., Škornik S. i Kaligarič M. 2012. Spremembe agrobiodiverzitete v zadnjih 150 letih na podlagi raziskave semen iz gradbenega materiala cimprane hiše. U: M. Andrič [ur.], *Dolgoročne spremembe okolja 1*, Opera instituti Archaeologici Sloveniae 25, Ljubljana, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU in Založba ZRC, 71–80.
- Pavšič J. i Dirjec J. 2004. Morski skat na Ljubljanskem barju. U: A. Velušček [ur.], *Hočevarica, eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana, Založba ZRC, 152–154.
- Pavšič J. i Turk I. 1989. Prva najdba *Panthera pardus* (Linné) in nove najdbe vrste *Gulo gulo* Linné v Sloveniji. *Razprave IV. razreda SAZU* 30, 129–160.
- Payne S. 1972. Partial recovery and sample bias: the results of some sieving experiments. U: E.S. Higgs [ur.], *Papers in Economic Prehistory*. Cambridge, Cambridge University Press, 49–64.
- Payne S. 1973. Kill-off patterns in sheep and goats: the mandibles from Aşvan Kale. *Anatolian Studies* 23, 281–303.
- Payne S. 1985. Morphological distinctions between the mandibular teeth of young sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*. *Journal of Archaeological Science* 12 (2), 139-147. DOI 10.1016/0305-4403(85)90058-5.

- Payne S. 1987. Reference codes for wear states in the mandibular cheek teeth of sheep and goats. *Journal of Archaeological Science* 14, 609–614.
- Payne S. i Bull G. 1988. Components of variation in measurements of pig bones and teeth, and the use of measurements to distinguish wild from domestic pig remains. *Archaeozoologia* 2(1,2), 27–65.
- Payne S. i Munson P. 1985. Ruby and how many squirrels? The destruction of bones by dogs. V: N. R. J. Fieller, D. D. Gilbertson i N. G. A. Ralph [ur.], *Palaeobiological investigations*. BAR – International series 266, Oxford, Archaeopress, 31–40.
- Pearsall D. M. 2000. *Palaeoethnobotany. A handbook of procedures*. Second edition. London, Academic Press.
- Pejkić B. [ur.]. 1980. *Oplemenjivanje voćaka i vinove loze*. Beograd, Naučna knjiga.
- Pennington W. 1986. Lags in adjustment of vegetation to climate caused by the pace of soil development: evidence from Britain. *Vegetatio* 67, 105–118.
- Peres T. M. 2010. Methodological issues in zooarchaeology. U: A. M. VanDerwarker i T. M. Peres [ur.], *Integrating Zooarchaeology and Paleoethnobotany: a Consideration of Issues, Methods and Cases*. New York itd., Springer, 15–36.
- Perkins D. 1973. The beginnings of animal domestication in the near-east. *American Journal of Archaeology* 77, 279–282.
- Petit R. J., Aguinagalde I., de Beaulieu J.-L., Bittkau C., Brewer S., Cheddadi R., Ennos R., Fineschi S., Grivet D., Demesure-Musch B., Palmé A., Martin J. P., Rendell S. i Vendramin G. G. 2003. Glacial refugia: hotspots but not melting pots of genetic diversity. *Science* 300, 1563–1565.
- Petrequin P. [ur.]. 1997. *Les sites littoraux neolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura) III. Chalain station 3, 3200-2900 av. J.-C. 3.*, Paris, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme.
- Petrucci G. 2006. Proposta di metodo per l'analisi delle tracce di macellazione su reperti faunistici di età protostorica e storica. *Aquileia Nostra* 77, 166–215.
- Peyron O., Guiot J., Cheddadi R., Trasov P., Reille M., de Beaulieu J.-L., Bottema S. i Andrieu V. 1998. Climatic reconstruction in Europe for 18,000 yr BP from pollen data. *Quaternary Research* 49, 183–196.
- Pilaar Birch S. E. 2013. Stable isotopes in zooarchaeology: an introduction. *Archaeological and Anthropological Sciences* 5, 81-83. DOI 10.1007/s12520-013-0126-7.
- Pilaar Birch S. E. 2017. Neolithic subsistence at Vela Špilja on the island of Lošinj, Croatia. U: Rowley-Conwy, P., Serjeantson, D. I Halstead, P. [ur.], *Economic Zooarchaeology: Studies in Hunting, Herding and Early Agriculture*. Oxford, Oxbow Books, 263-268.
- Pilaar Birch S. E., Miracle P. T., Stevens R. E. i O'Connell T. C. 2016. Late Pleistocene/Early Holocene migratory behavior of ungulates using isotopic analysis of tooth enamel and its effects on forager mobility. *PLoS ONE* 11 (6), 1-19. DOI 10.1371/journal.pone.0155714.
- Piltaver A. 2007. O stari trti iz Vinj. *Proteus* 69(9), 10, 390–399.

- Pizarro-Monzo M., Prendergast M. E., Gidna A. O., Baquedano E., Mora R., Gonzalez-Aguilera D., Mate-Gonzalez M. A. i Domínguez-Rodrigo M. 2021. Do human butchery patterns exist? A study of the interaction of randomness and channelling in the distribution of cut marks on long bones. *Journal of the Royal Society Interface* 18, 1-13. DOI 10.1098/rsif.2020.0958.
- Pluskowski A. 2012. *The Ritual Killing and Burial of Animals: European Perspectives*. Oxford, Oxbow books.
- Pohar V. 1981. Pleistocenska favna iz Jame pod Herkovimi pečmi. *Geologija: razprave in poročila* 24(2), 241–284.
- Pohar V. 1983. Holocenska favna iz Lukenjske jame. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 11, 33–72.
- Pohar V. 1988. Živalski kostni ostanki kot pridatki prazgodovinskih grobov v Ajdovski jami pri Nemški vasi. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 16, 85–102.
- Pohar V. 1990. Sesalska makrofavna v starejšem holocenu. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 18, 43–49.
- Pohar V. 1991. *Poznoglacialna sesalska favna v Sloveniji*. Doktorska disertacija, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- Pohar V. 1997. Late Glacial mammal macrofauna in Slovenia. *Quartär* 47/48, 149–158.
- Pohar V., Culiberg M. i Pavlovec R. 2002. Globoki vrtini na Ljubljanskem barju v luči pelodne analize. *Razprave IV. razreda SAZU*, 43-2, 191–202.
- Pokines J. T., Faillance K., Berger J., Pirtle D., Sharpe M., Curtis A., Lombardi K. I Admans J. 2018. The effects of repeated wet-dry cycles as a component of bone weathering. *Journal of Archaeological Science: Reports* 17, 433-441. DOI 10.1016/j.jasrep.2017.11.025.
- Pollmann B., Jacomet S. i Schlumbaum A. 2005. Morphological and genetic studies of waterlogged *Prunus* species from the Roman *vicus Tasgetium* (Eschenz, Switzerland). *Journal of Archaeological Sciences* 32, 1471–1480.
- Popkin P., Baker P., Worley F., Payne S. i Hammon A. 2012. The sheep project (1): Determining skeletal growth, timing of epiphyseal fusion and morphometric variation in unimproved Shetland sheep of known age, sex, castration status and nutrition. *Journal of Archaeological Science* 39, 1775–1792.
- Pott R. 1988. Impact of human influences by extensive woodland management and former land-use in north western Europe. U: F. Salbitano [ur.], *Human Influence on Forest Ecosystems Development in Europe*. ESF-FERN-CNR, 263–278.
- Powers M. C. 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 23(2), 117–119.
- Prentice I. C. 1985. Pollen representation, source area, and basin size: toward a unified theory of pollen analysis. *Quaternary Research* 23, 76–86.
- Prentice I. C. 1986. Vegetation responses to past climatic variation. *Vegetatio* 67, 131–141.

- Prentice C. i Webb III. T. 1998. BIOME 6000: reconstructing global mid-Holocene vegetation patterns from palaeoecological records. *Journal of Biogeography* 25, 997–1005.
- Prentice I. C., Cramer W., Harrison S. P., Leemans R., Monserud R. A. i Solomon A. M. 1992. A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography* 19(2), 117–134.
- Price T. D. [ur.] 2000. *Europe's First Farmers*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Price T. D. [ur.] 2023. *Isotopic proveniencing and mobility: The current state of research*. New York, Springer.
- Pruvost M., Schwarz R., Bessa Correia V., Champlot S., Braguier S., Morel N., Fernandez-Jalvo Y., Grange T. i Geigl E.-M. 2007. Freshly excavated fossil bones are best for amplification of ancient DNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104 (3), 739-744. DOI 10.1073/pnas.0610257104.
- Pucher E. 1989–90. Der frühneuzeitliche Knochenabfall eines Wirtshauses neben der Salzburger Residenz. *Jahresschrift* 35–36, 71–133.
- Pyron M. i Brown K. M. 2015. Introduction to Mollusca and the Class Gastropoda. U: J. H. Thorp i D. C. Rogers [ur.], *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates – Volume I: Ecology and General Biology*, 4th Edition. Amsterdam, Elsevier Academic Press, 383-421.
- Rabeder G., Nagel D. i Pacher M. 2000. *Der Höhlenbär*. Stuttgart, Jan Thorbecke Verlag.
- Rabinovich R. i Hovers E. 2004. Faunal analysis from Amud Cave: Preliminary results and interpretations. *International Journal of Osteoarchaeology* 14 (3-4), 287-306.
- Radović D., Oros Sršen A., Radović J. i Frayer D. W. 2015. Evidence for Neandertal jewelry: Modified white-tailed eagle claws at Krapina. *PLoS ONE* 10 (3), 1-14. DOI 10.1371/journal.pone.0119802.
- Radović S. 2009. Analiza ostataka faune sisavaca s nalazišta Crno vrilo. U: B. Marijanović [ur.], *Crno vrilo 2*. Zadar, Sveučilište u Zadru, Zavod za arheologiju, 53-66.
- Radović S. 2011. Ekonomija prvih stočara na Jadranu: značenje lova i stočarstva u prehrani neolitičkih ljudi. Neobjavljena doktorska disertacija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu.
- Radović S. 2014. Prehrana u neolitiku Hrvatske: značenje lova i stočarstva / Diet in the Croatian Neolithic: The importance of hunting and herding. U: J. Balen, T. Hršak i R. Šošić Klindžić [ur.], *Darovi zemlje: neolitik između Save, Drave i Dunava / Gifts of the Earth: The Neolithic between the Sava, Drava and Danube*. Zagreb, Arheološki muzej u Zagrebu, Muzej Slavonije, Filozofski fakultet u Zagrebu, 166-177.
- Radović S. i Ložnjak Dizdar D. 2020. Why me? – A story about funerals and feasting from animal perspective. U: D. Ložnjak Dizdar i M. Dizdar [ur.], *Late Bronze Mortuary Practices and Society in the Carpathian Basin*. Zagreb, Institut za arheologiju, 136-149.
- Radović S. i Oros Sršen A. 2017. Subsistence change in eastern Adriatic hinterland during the Late Pleistocene and Early Holocene: Archaeozoology of Zemunica Cave (Croatia). U: M. Mărgărit i A. Boroneanț [ur.], *From hunters-gathers to farmers: Human adaptations at the end of the Pleistocene and the first part of the Holocene*. Targoviște, Editura Cetatea de Scaun, 341-365.

- Radović S. i Radić Rossi I. 2016. A camel skeleton from the Roman villa in Caska (Island of Pag, Croatia). U: A. Konestra [ur.], *TRADE: Transformations of Adriatic Europe 2nd-9th century. Programme and Book of Abstracts*. Zadar, University of Zadar, Department of Archaeology, 79.
- Radović S., Spry-Marqués V. P. i Vujević D. 2021. A tale of foxes and deer, or how people changed their eating habits during the Mesolithic at Vlakno cave (Croatia). U: D. Borić, D. Antonović, i B. Mihailović [ur.], *Foraging Assemblages, Volume 2*. Belgrade, New York, Serbian Archaeological Society, The Italian Academy for Advanced Studies in America, Columbia University, 374-381.
- Rainsford C., O'Connor. T. i Miracle P. 2014. Fishing in the Adriatic at the Mesolithic-Neolithic transition: Evidence from Vela Spila, Croatia. *Environmental Archaeology* 19 (3), 311-320. DOI 10.1179/1749631414Y.0000000018.
- Rakovec I. 1935. Diluvialni svizci iz južnovzhodnih Alp. *Prirodoslovne razprave* 2, 245–292.
- Rakovec I. 1938. Ein Moschusochs aus der Höhle Potočka zijalka (Ostkarawanken). *Prirodoslovne razprave*, 253–262.
- Rakovec I. 1940. Diluvialni kozorogi Slovenije in Dalmacije. *Razprave matematično-prirodoslovnega razreda AZU* 1, 55–76.
- Rakovec I. 1958. Pleistocenski sesalci iz Jame pri Črnem Kalu. *Razprave IV. razreda SAZU* 4.
- Rakovec I. 1973. Razvoj kvartarne sesalske favne v Sloveniji. *Arheološki vestnik* 24, 225–270.
- Ramsey C. B., Staff R. A., Bryant C. L., Brock F., Kitagawa H., van der Plicht J., Scholaut G., Marshall M. H., Brauer M., Lamb H. F., Payne R. L., Tarasov P. E., Haraguchi T., Gotanda K., Yonenobu Y., Tada R. i Nakagawa T. 2012. A complete terrestrial radiocarbon record for 11.2 to 52.8 kyr B.P. *Science* 338, 370–374.
- Rapp G. R. i Hill C. L. 1998. (1. izd.). 2006. (2. izd.) *Geoarchaeology: The Earth-Science Approach to Archaeological Interpretation*, 2. izdanje. New Haven, Yale University Press.
- Rasmussen P. 1989a. Leaf foddering in the earliest neolithic agriculture. Evidence from Switzerland and Denmark. *Acta Archaeologica* 60, 71–85.
- Rasmussen P. 1989b. Leaf-foddering of livestock in the Neolithic: Archaeobotanical evidence from Weier, Switzerland. *Journal of Danish Archaeology* 8, 51–71.
- Rasmussen P. 1993. Analysis of goat/sheep faeces from Egolzwil 3, Switzerland: evidence for branch and twig foddering of livestock in the Neolithic. *Journal of Archaeological Science* 20, 479–502.
- Rasmussen S. O., Andresen K. K., Svensson A. M., Steffensen J. P., Vinther B. M., Clausen H. B., Siggard-Andresen M.-L., Johnsen S. J., Larsen L. B., Dahl-Jensen D., Bigler M., Röthlisberger R., Fischer H., Goto-Azuma K., Hansson M. E. i Ruth U. 2006. A new Greenland ice core chronology for the last glacial termination. *Journal of Geophysical Research* 111, 1–16.
- Ready E. 2010. Neandertal man the hunter: a history of Neandertal subsistence. *Vis-à-vis: Explorations in Anthropology* 10(1), 58–80.

- Rebolledo S., Béarez P., Zurro D., Santoro C. M. i Latorre C. 2021. Big fish or small fish? Differential ichthyoarchaeological representation revealed by different recovery methods in the Atacama Desert Coast, Northern Chile. *Environmental Archaeology* 28 (4), 270-284. DOI 10.1080/14614103.2021.1886647.
- Redding, R. W. 1984. Theoretical determinations of a herder's decisions: Modeling variation in the sheep/goat ratio. U: J. Clutton-Brock i C. Grigson [ur.], *Animals and Archaeology: 3. Early Herders and their Flocks*. BAR International Series 202, Oxford, BAR Publishing, 223-239.
- Reed K. 2016. Archaeobotany in Croatia: An overview. *Vjesnik arheološkog muzeja u Zagrebu* 49, 7–28.
- Reed K. i Ožanić Roguljić I. 2020. The Roman Food System in Southern Pannonia (Croatia) from the 1st–4th century A. D. *Open Archaeology* 6(1), 38–62.
- Reed K., Sabljic S., Šoštarić R., Essert S. 2019. Grains from ear to ear: the morphology of spelt and free-threshing wheat from Roman Mursa (Osijek), Croatia. *Vegetation History and Archaeobotany* 28, 623–634.
- Reed K., Smuk A., Tkalčec T., Balen J., Mihaljević M. 2022a. Food and agriculture in Slavonia, Croatia, during the Late Middle Ages: the archaeobotanical evidence. *Vegetation History and Archaeobotany* 31, 347–361.
- Reed K., Leleković T., Lodwick L., Fenwick R., Pelling R., Kroll H. 2022b. Food, farming and trade on the Danube frontier: plant remains from Roman Aelia Mursa (Osijek, Croatia). *Vegetation History and Archaeobotany* 31, 363–376.
- Reed K., Balen J., Drnić I., Essert S., Kalafatić H., Mihaljević M., Zavodny E. 2022c. Unearthing millet in Bronze and Iron Age Croatia. V: Kirleis W., Dal Corso M., Filipović D. [ur.], *Millet and what else? The wider context of the adoption of millet cultivation in Europe*. Scales of transformation 14. Sidestone Press Academics, 95–106.
- Regner F., Hack R., Gangl H., Leitner G., Mandl K. i Tiefenbrunner W. 2004. Genetic variability and incidence of systematic diseases in wild vines (*Vitis vinifera* ssp. *sylvestris*) along the Danube. *Vitis* 43, 123–130.
- Reichert A. 2007. Zwischen Rinde und Holz: Bast–textiles Material der Steinzeit. U: M. Fansa [ur.], *Holz-Kultur, von der Urzeit bis in die Zukunft*, Oldenburg, Verlag Phillip von Zabern in Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 203–230.
- Reille M. 1992. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du nord*. Marseille, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, URA CNRS.
- Reille M. 1995. *Pollen et Spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplement 1*. Marseille, Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie.
- Reille M. i Pons A. 1992. The ecological significance of sclerophyllous oak forests in the west part of Mediterranean basin: A note on pollen analytical data. *Vegetatio* 99/100, 13–17.
- Reimer P. J., Baillie M. G. L., Bard E., Bayliss A., Beck J. W., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Buck C. E., Burr G. S., Edwards R. L., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Hajdas I.,

- Heaton T. J., Hogg A. G., Hughen K. A., Kaiser K. F., Kromer B., McCormac F. G., Manning S. W., Reimer R. W., Richards D. A., Southon J. R., Talamo S., Turney C. S. M., van der Plicht J. i Weyhenmeyer C. E. 2009. IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon* 51, 1111–1150.
- Reimer P. J., Bard E., Bayliss A., Warren Beck J., Blackwell P. G., Bronk Ramsey C., Buck C. E., Cheng H., Lawrence Edwards R., Friedrich M., Grootes P. M., Guilderson T. P., Haflidason H., Hajdas I., Hatté C., Heaton T. J., Hoffmann D. L., Hogg A. G., Hughen K. A., Felix Kaiser K., Kromer B., Manning S. W., Niu M., Reimer R. W., Richards D. A., Marian Scott E., Southon J. R., Staff R. A. Turney C. S. M. i van der Plicht J. 2013. Intcal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal. BP. *Radiocarbon* 55(4), 1969–1887.
- Reitz E. J. i Wing E. S. 2008. *Zooarchaeology*. Cambridge manuals in archaeology, Cambridge, Cambridge University Press.
- Relke J. 2007. Interpreting the Bucrania of Çatalhöyük: James Mellaart, Dorothy Cameron, and Beyond. *Anthrozoos* 20(4), 317–328.
- Remmert H. 1991. The mosaic-cycle concept of ecosystems – An overview. U: H. Remmert [ur.], *The Mosaic-Cycle Concept of Ecosystems*. Ecological Studies 85. Berlin, Springer-Verlag, 1–21.
- Reynard L. M. i Hedges R. E. M. 2008. Stable hydrogen isotopes of bone collagen in palaeodietary and palaeoenvironmental reconstruction. *Journal of Archaeological Science* 35, 1934–1942.
- Richard H. 1986. Analyse pollinique des niveaux archeologiques et des coprolithes. U: P. Petrequin [ur.], *Les Sites Littoraux Neolithiques de Clairvaux-les Lacs, Jura, I: Problematique Generale. L'Exemple de la Station III*, Paris, Edition de la Maison des Sciences de l'Homme, 149–153.
- Richards M. P. i Britton K. [ur.] 2020. *Archaeological Science: An Introduction*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Riedel A. 1977. I resti animali della Grotta delle Ossa (Škocjan). *Atti del Museo Civico di Storia Naturale, Trieste* 30(2), 125–208.
- Riedel A. 1979. A cattle horn cores deposit of Roman Aquileia. *Padusa*, 15(1–4), 3–74.
- Riedel A. 1993. Die Tierknochenfunde des römischen Lagervicus von Traismauer/Avgustiana in Niederösterreich. *Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, Serie A* 95, 179–294.
- Riedel A. 1994. Archaeozoological investigations in North-eastern Italy: the exploitation of animals since the Neolithic. *Preistoria Alpina* 30, 43–94.
- Rigler L. 1985. *Veterinarski anatomski slovar*. Ljubljana, Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Znanstvenoraziskovalni center SAZU.
- Ritchie J. C. 1986. Climate change and vegetation response. *Vegetatio* 67, 65–74.
- Rizner, M., Vukosavljević, N. i Miracle, P. 2009. The paleoecological and paleodietary significance of edible land snails (*Helix*. sp.) across the Pleistocene-Holocene transition on the eastern Adriatic coast. U: S. McCartan, R. Schulting, G. Warren i P. Woodman [ur.], *Mesolithic Horizons*. Oxford, Oxbow Books, 527–532.

- Roberts N., Stevenson T. C., Davis B., Cheddadi R., Brewer S., Rosen A. 2004. Holocene climate, environment and cultural change in the circum-Mediterranean region. V: *Past Climate Variability through Europe and Africa*, Battarbee R. W., Gasse F., Catherine E. Stickley C. E. (ur.), Dordrecht: Kluwer, 343–362.
- Roberts N., Brayshaw D., Kuzucuoğlu C., Perez R. i Sadori L. 2011. The mid-Holocene climatic transition in the Mediterranean: Causes and consequences. *The Holocene* 21(1), 3–13, <https://doi.org/10.1177/0959683610388058>
- Rodríguez J., Holzchen E., Caso-Alonso A. I., Berndt J. O., Hertler C., Timm I.J. i Mateos A. 2023. Computer simulation of scavenging by hominins and giant hyenas in the late Early Pleistocene. *Scientific Reports* 13, 14283, 1-13. DOI 10.1038/s41598-023-39776-1.
- Roebroeks W. i Villa P. 2011. On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 108(13), 5209-5214. DOI 10.1073/pnas.101811610.
- Rolett B. V. i Chiu M.-Y. 1994. Age estimation of prehistoric pigs (*Sus scrofa*) by molar eruption and attrition. *Journal of Archaeological Science* 21, 377–386.
- Rooney J. 1997. Equid paleopathology. *Journal of Equine Veterinary Science* 17(8), 430–446.
- Rosen J. L., Brook E. J., Severinghaus J. P., Blunier T., Mitchell L. E., Lee J. E., Edwarda J. S. i Gkinis V. 2014. An ice core record of near-synchronous global climate changes at the Bölling transition. *Nature Geoscience* 7(6), 459–463.
- Roth J. P. 1999. *The logistics of the Roman army at war (264 B.C.-A.D. 235)*. Leiden, Boston, Köln, Brill.
- Rowley-Conwy P. 1996. Resti faunistici del tardiglaciale e dell'olocene. U: A. Guerreschi [ur.], *Il sito preistorico del Riparo di Biarzo*. Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale 39, Udine, Museo Friulano di Storia Naturale, 61–80.
- Russell N. 2012. *Social Zooarchaeology. Humans and Animals in Prehistory*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Rütimyer L. 1861. *Die Fauna der Pfahlbauten der Schweiz*. Neue Denkschriften der Allgemeinen Schweizerischen Gesellschaft für die Gesamten Naturwissenschaften 19, Basel, Basel Schweighauser.
- Ryder M. L. 1969. Changes in the fleece of sheep following domestication (with a note on the coat of cattle). U: P. J. Ucko i G. W. Dimbleby [ur.], *The domestication and exploitation of plants and animals*. London, Gerald Duckworth & Co. Ltd., 495-521.
- Ryder M. L. 1973. The use of the skin and coat in studies of changes following domestication. U: J. Matolcsi [ur.], *Domestikationsforschung und geschichte der haustiere*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 163-168.
- Ryder M. L. 1992. Wool fibres in cloth remains throw light on fleece evolution. *Circaea* 9 (1), 7-9.
- Sabatini, S., Bergerbrant, S., Brandt, L. Ø., Margaryan, A. i Allentoft, M. E. 2019. Approaching sheep herds origins and the emergence of the wool economy in continental Europe during the Bronze Age. *Archaeological and Anthropological Sciences* 11, 4909-4925. DOI 10.1007/s12520-019-00856-x.

- Salamini F., Ozkan H., Brandolini A., Schafer-Pregl R. i Martin W. 2002. Genetics and geography of wild cereal domestication in the Near East. *Nature Reviews Genetics* 3, 429–441.
- Salonen J. S., Seppä H., Luoto M., Bjune A. E. i Birks H. J. B. 2012. A North European pollen-climate calibration set: analysing the climatic responses of a biological proxy using novel regression tree methods. *Quaternary Science Reviews* 45, 95–110.
- Salonen J. S., Seppä H. i Birks H. J. B. 2013. The effect of calibration data set selection on quantitative palaeoclimatic reconstructions. *The Holocene* 23(11), 1650–1654.
- Salvagno L., Fraser T., Grau-Sologestoa I. i Albarella U. 2021. A method to assess wear rate in pig teeth from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science* 127, 105331. DOI 10.1016/j.jas.2021.105331.
- Sánchez Goñi M. F., Eynaud F., Turon J. L. i Shackleton N. J. 1999. High resolution palynological record off the Iberian margin: direct land-sea correlation for the Last Interglacial complex. *Earth and Planetary Science Letters* 171, 123–137.
- Sadori L., Jahns S. i Peyron O. 2011. Mid-Holocene vegetation history of the central Mediterranean. *The Holocene* 21(1), 117–129. DOI 10.1177/0959683610377530.
- Schaller O. 1992. *Illustrated Veterinary Anatomical Nomenclature*. Stuttgart, Ferdinand Enke Verlag.
- Schier, W. 2015. Central and Eastern Europe. U. C. Fowler, J. Harding i D. Hofmann [ur.], *The Oxford Handbook of Neolithic Europe*. Oxford, Oxford University Press, 99–120.
- Schibler J. i Jacomet S. 2010. Short climatic fluctuations and their impact on human economies and societies: the potential of the Neolithic lake shore settlements in the Alpine foreland. *Environmental Archaeology* 15(2), 173–182.
- Schibler J., Jacomet S., Hüster-Plogmann H. in Brombacher C. 1997. Economic crash in the 37th and 36th centuries cal. BC in Neolithic lake shore sites in Switzerland. *Anthropozoologica* 26–26, 553–570.
- Schibler J., Breitenlechner E., Deschler-Erb S., Goldenberg G., Hanke K., Hiebel G., Hüster-Plogmann H., Nicolussi K., Marti-Grädel E., Pichler S., Schmidl A., Schwarz S., Stopp B. i Oeggl K. 2011. Miners and mining in the Late Bronze Age: a multidisciplinary study from Austria. *Antiquity* 85, 1259–1278.
- Schiffer, M. B. 1983. Toward the Identification of Formation Processes. *American Antiquity* 48(4), 675–706.
- Schiffer M. B. [ur.]. 1987. *Formation Processes of the Archaeological Record*. Albuquerque (NM), University of New Mexico Press.
- Schlichtherle H. 1981. Cruciferen als Nutzpflanzen in neolithischen Ufersiedlungen Südwestdeutschlands und der Schweiz. *Zeitschrift für Archäologie* 15, 113–124.
- Schlichtherle H., Bleicher N., Dufraisse A., Kieselbach P., Maier U., Schmidt E., Stephan E. i Vogt R. 2010. Bad Buchau-Torwiesen II: Baustrukturen und Siedlungsabfälle als Indizien der Sozialstruktur und Wirtschaftsweise einer endneolithischen Siedlung am Federsee. U: E. Claßen, T. Doppler i B. Ramminger [ur.], *Familie-Verwandschaft-Sozialstrukturen*:

- Sozialarchäologische Forschungen zu neolithischen Befunden. Fokus Jungsteinzeit. Ber AG-Neolithikum 1.* KerpenLoogh, Welt und Erde Verlag, 157–178.
- Schlichtherle H., Vogt R., Maier U., Herbig C., Schmidt E., Ismail-Meyer K., Kühn M., Wick L. i Dufraisse A. [ur.]. 2011. *Die endneolithische Moorsiedlung Bad Buchau-Torwiesen II am Federsee. Band 1: Naturwissenschaftliche Untersuchungen.* Stuttgart, Janus-Verlag Freiburg.
- Schlumbaum A. i Jacomet S. 1998. Coexistence of Tetraploid and Hexaploid Naked Wheat in a Neolithic Lake Dwelling of Central Europe: Evidence from Morphology and Ancient DNA. *Journal of Archaeological Science* 25, 1111–1118.
- Schlumbaum A., Tensen M. i Jaenicke-Despres V. 2008. Ancient plant DNA in archaeobotany. *Vegetation History and Archaeobotany* 17, 233–244.
- Schmid E. 1972. *Atlas of Animal Bones for Prehistorians, Archaeologists and Quaternary Geologists.* Amsterdam, London, New York, Elsevier Publishing Company.
- Schmid W. 1910. Archäologischer Bericht aus Krain. II. Der Pfahlbau von Notranje gorice am Laibacher Moor. *Jahrbuch für altertumskunde* 4, 90–110.
- Schmidt, R., J. Müller, R. Dreschner-Schneider, R. Kirsai, K. Szeroczyńska i A. Barić. 2000. Changes in Lake Level and Trophy at Lake Vrana, a Large Karstic Lake on the Island of Cres (Croatia), with Respect to Palaeoclimate and Anthropogenic Impacts during the Last Approx. 16,000 Years. *Journal of Limnology* 59(2), 113–130.
- Schmitt D. N. i Lupo K. D. 2008. Do faunal remains reflect socioeconomic status? An ethnoarchaeological study among Central African farmers in the northern Congo Basin. *Journal of Anthropological Archaeology* 27, 315–325.
- Schoch W. H., Pawlik B. i Schweingruber F. H. [ur.]. 1988. *Botanical Macro-remains. An atlas for the determination of frequently encountered and ecologically important plant seeds.* Stuttgart, Verlag Paul Haupt.
- Schoch W., Heller I., Schweingruber F. H. i Kienast F. 2004. *Wood Anatomy of Central European Species.* Dostupno na: www.woodanatomy.ch.
- Schütz C., Strien H.-C., Taute W. i Tillmann A. 1991. Ausgrabungen in der Wilhelma von Stuttgart-bad Cannstatt: die erste Siedlung der alteolithischen La-Hoguette-Kultur. *Archäologische Ausgrabungen in Bade-Württemberg*, 45–49.
- Schwartz C. 1988. The Neolithic Animal Husbandry of Smilčić and Nin. U: J. Chapman, J. Bintliff, V. Gaffney i B. Slapšak [ur.], *Recent Developments in Yugoslav Archaeology.* BAR International Series 431. Oxford, BAR Publishing, 45-75.
- Schwartz C. 1996. The faunal remains. U: J. Chapman, R. Shiel i Š. Batović [ur.], *The Changing Face of Dalmatia: Archaeological and Ecological Studies in a Mediterranean Landscape.* New York, London, Leicester University Press, The Society of Antiquaries of London, 186-187.
- Schweingruber F. H. [ur.]. 1978/1990. *Mikroskopische Holz-anatomie.* Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research.
- Seetah K. 2018. *Humans, Animals, and the Craft of Slaughter in Archaeo-Historic Societies.* Cambridge, Cambridge University Press. DOI 10.1017/9781108553544.

- Seetah T. K., Cardini A. i Miracle P. T. 2011. Can *morphospace* shed light on cave bear spatial-temporal variation? Population dynamics of *Ursus spelaeus* from Romualdova pećina and Vindija (Croatia). *Journal of Archaeological Science* 39 (2), 500-510. DOI 10.1016/j.jas.2011.10.005.
- Shahack-Gross R., Marshall F., Weiner S. 2003. Geo-ethnoarchaeology of pastoral sites: the identification of livestock enclosures in abandoned Maasai settlements. *Journal of Archaeological Science* 30(4), 439-459.
- Sharma R., Kumar V., Kumar R. 2019. Distribution of phytoliths in plants: a review. *Geology, Ecology, and Landscapes* 3(2), 123-148. DOI 10.1080/24749508.2018.1522838.
- Seppä H. i Birks H. J. B. 2001. July mean temperature and annual precipitation trends during the Holocene in the Fennoscandian tree-line area: pollen-based climate reconstructions. *The Holocene* 11(5), 527-539.
- Seppä H. i Birks H. J. B. 2002. Holocene climate reconstructions from the Fennoscandian tree-line area based on pollen data from Toskaljavri. *Quaternary Research* 57, 191-199.
- Seppä H., Birks H. J. B., Odland A., Poska A. i Veski S. 2004. A modern pollen-climate calibration set from northern Europe: developing and testing a tool for palaeoclimatological reconstructions. *Journal of Biogeography* 31, 251-267.
- Shackleton N. J. i Opdyke N. D. 1973. Oxygen-isotope and palaeomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific core V 28-238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 to 10^6 year scale. *Quaternary Research* 3, 39-55.
- Sharpe, A. E. i Krigbaum, J. [ur.] 2022. *Isotope Research in Zooarchaeology: Methods, Applications, and Advances*. Gainesville, University Press of Florida.
- Sheratt A. 1981. Plough and pastoralism: aspects of the secondary products revolution. V: I. Hodder, G. Isaac in N. Hammond [ur.], *Pattern of the Past: Studies in honour of David Clarke*. Cambridge, Cambridge University Press, 261-305.
- Siegenthaler U. i Eicher U. 1986. Stable oxygen and carbon isotope analysis. U: B. E. Berglund [ur.], *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. New Jersey, The Blackburn Press, 407-422.
- Sierra A., Balasse M., Rivals F., Fiorillo D., Utrilla P. i Saña M. 2021. Sheep husbandry in the early Neolithic of the Pyrenees: New data on feeding and reproduction in the cave of Chaves. *Journal of Archaeological Science Reports* 37, 102935. DOI 10.1016/j.jasrep.2021.102935.
- Sierra A., Balasse M., Radović S., Orton S., Fiorillo D. i Presslee S. 2023. Early Dalmatian farmers specialized in sheep husbandry. *Scientific Reports*, 13, 10355. DOI: 10.1038/s41598-023-37516-z.
- Silver I. A. 1969. The Ageing of Domestic Animals. U: D. R. Brothwell i E. S. Higgs [ur.], *Science in Archaeology: a Comprehensive Survey of Progress and Research*. London, Thames and Hudson, 283-302.
- Simmonds N. W. [ur.]. 1979. *Evolution of Crop Plants*. London, Longman Group Limited.
- Simmons I. G. 1996. *The Environmental Impact of Later Mesolithic Hunters*, Edinburgh, Edinburgh University Press.

- Sinding M.-H. S., Arneborg J., Nyegaard G. i Gilbert M. T. P. 2015. Ancient DNA unravels the truth behind the controversial GUS Greenlandic Norse fur samples: the bison was a horse, and the muskox and bears were goats. *Journal of Archaeological Science* 53, 297–303.
- Slapnik R. 2004. Holocenski kopenski in sladkovodni polži (Gastropoda) v Viktorjevem spodmolu. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca. Prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, 92–105, Ljubljana, Založba ZRC.
- Smartt J. i Simmonds N. W. [ur.]. 1995. *Evolution of Crop Plants*. London, Longman Scientific and Technical, UK.
- Smith B. D. 1984. Chenopodium as a prehistoric domesticate in eastern North America: Evidence from Russell Cave, Alabama. *Science* 226, 165–167.
- Smith B. D. 1985. The role of Chenopodium as a domesticate in pre-maize garden systems of the eastern United States. *Southeastern Archaeology* 4, 51–72.
- Smith B. D. 1987. The economic potential of *Chenopodium berlandieri* in prehistoric eastern North America. *Journal of Ethnobiology* 7, 29–54.
- Smith B. D. [ur.]. 1995. *The Emergence of Agriculture*. New York, Scientific American Library.
- Smith B. D. 2001. Low-Level Food Production. *Journal of Archaeological Research* 9(1), 1–43.
- Smith B. D. [ur.]. 2002/2007. *Rivers of Change*. Tuscalosa, Alabama, University of Alabama Press.
- Sommer R. S. in Nadachowski A. 2006. Glacial refugia of mammals in Europe: evidence from fossil records. *Mammal Review* 36, 251–265.
- Spohn M. in Spohn R. [ur.]. 2008. *Novi vodnik – Katera cvetlica je to?* (slo. izdaja). Olševsek, Založba narava.
- Stefanović M., Bogdanowicz W., Adavoudi R., Martínez-Sosa F., Doan K., Flores-Manzanero A., Srinivas Y., Banea O. C., Čirović D., D'Amico G., Djan M., Giannatos G., Hatlauf J., Hayrapetzan V., Heltai M., Homel K., Hulva P., Ionică A. M., Jhala Y. V., Juránková J., Kaboli M., Khosravi R., Kopaliani N., Kowalczyk R., Krofel M., Lanszki J., Lapini L., Lymberakis P., Männil P., Markov G., Mihalca A. D., Miliou A., Modrý D., Molchan V., Ostrowski S., Pakeltytė G., Ruņģis D. E., Šnjegota D., Szabó L., Tryfonopoulos G. A., Tsingarska E., Volokh A. M., Wójcik J. M. i Pilot M. 2024. Range-wide phylogeography of the golden jackals (*Canis aureus*) reveals multiple sources of recent spatial expansion and admixture with dogs at the expansion front. *Biological Conservation* 290, 110448. DOI 10.1016/j.biocon.2024.110448.
- Stein J. i Rapp G. Jr. 1978. Archaeological sediments. U: G. Rapp i S. E. Aschenbren [ur.]. *Excavations at Nichoria in Southwest Greece, Vol. 1, Site, environs, and techniques*. Minneapolis, University of Minnesota Press, 234–257.
- Stika H. P. i Heiss A. 2013. Plant cultivation in the Bronze Age. U: H. Fokkens i A. Harding [ur.], *The Oxford Handbook of European Bronze Age*. Oxford, Oxford University Press, 340–361.
- Stiller M., Molak M., Prost S., Rabeder G., Baryshnikov G., Rosendahl W., Münzel S., Bocherens H., Grandal-d'Anglade A., Hilpert B., Germonpré M., Stasyk O., Pinhasi R., Tintori A.,

- Rohland N., Mohandesan E., Ho S. Y.W., Hofreiter M. i Knapp M. 2014. Mitochondrial DNA diversity and evolution of the Pleistocene cave bear complex. *Quaternary International* 339–340, 224–231.
- Stiner M. C. 1994. *Honor among Thieves: A Zooarchaeological Study of Neandertal Ecology*. Princeton, Princeton University Press.
- Stiner M. C. 1999. Palaeolithic mollusc exploitation at Riparo Mochi (Balzi Rossi, Italy): food and ornaments from the Aurignacian through Epigravettian. *Antiquity* 73(282), 735–754.
- Stiner M. C., Munro N. D., Buitenhuis H., Duru G. i Özbaşaran M. 2022. An endemic pathway to sheep and goat domestication at Aşikli Höyük (Central Anatolia, Turkey). *Proceedings of the National Academy of Science* 119 (4), 1–9. DOI 10.1073/pnas.2110930119.
- Stockmarr J. 1972. Tablets with spores used in absolute pollen analysis. *Pollen et spores* 13, 615–621.
- Stoermer E. F. i Smol J. P. [ur.]. 1999. *The Diatoms. Applications for the Environmental and Earth Sciences*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Stokes P. 2000. A cut above the rest? Officers and man at South Shields Roman fort. U: P. Rowley-Conwy [ur.], *Animal Bones, Human Societies*, 145–151, Oxbow books, Oxford, Oakville.
- Stokes P. i Rowley-Conwy P. 2002. Iron Age Cultigen? Experimental Return Rates for Fat Hen (*Chenopodium album* L.). *Environmental Archaeology* 7, 95–99.
- Stoops, G. 2003. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Section*. Madison, Wisconsin, Soil Science Society of America, Inc.
- Stoops G., Marcelino V. i Mees, F. [ur.]. 2010. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Amsterdam, Elsevier.
- Stritar A. i Lobnik F. 1985. Pedološke raziskave kolišča Parte pri Igu. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 13, 67–74.
- Stummer A. 1911. Zur Urgeschichte der Rebe und des Weinbans. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien* 41, 283–296.
- Stuvier M., Grootes P. M. i Braziunas T. F. 1995. The GISP2 $\delta^{18}\text{O}$ of the past 16,500 years and the role of the sun, ocean, and volcanoes. *Quaternary Research* 44, 341–354.
- Stuiver M., Reimer P. J., Bard E., Beck J. W., Burr G. S., Hughen K. A., Kromer B., McCormac G., van der Plicht J. i Spurk M. 1998. INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24,000–0 cal. BP. *Radiocarbon* 40, 1041–1083.
- Sugita S. 1994. Pollen representation of vegetation in quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology* 82 (4), 881–897.
- Sugita S., Gaillard M.-J. i Broström A. 1999. Landscape openness and pollen records: a simulation approach. *The Holocene* 9(4), 409–421.
- Sun X. J., Song C. Q., Wang F. Y. i Sun M. R. 1997. Vegetation history of the Loess Plateau of China during the last 100,000 years based on pollen data. *Quaternary International* 37, 25–36.

- Sunseri C. K. 2015. Taphonomic and metric evidence for marrow and grease production. *Journal of California and Great Basin Anthropology* 35 (2), 275–290.
- Sutton O. G. 1947. The problem of diffusion in the lower atmosphere. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 73, 257–276.
- Sutton O. G. 1953. *Micrometeorology*. New York, McGraw-Hill.
- Svensson A., Andersen K. K., Bigler M., Clausen H. B., Dahl-Jensen D., Davies S. M., Johnsen S. J., Muscheler R., Parrenin F., Rasmussen S. O., Röthlisberger R., Seierstad I., Steffensen J. P. i Vinther B. M. 2008. A 60 000 year Greenland stratigraphic ice core chronology. *Climate of the Past* 4, 47–57.
- Svensson E. M., Götherström A. i Vretemark M. 2008. A DNA test for sex identification in cattle confirms osteometric results. *Journal of Archaeological Science* 35(4), 942–946.
- Swidrak I. 1999. A Celtic, La Tène trade centre in Ramsautal in the Dürrenberg, Austria: macrofossil data towards reconstruction of environment and food plants. *Vegetation History and Archaeobotany* 8, 113–116.
- Sykes N. i Symmons R. 2007. Sexing cattle horn-cores: problems and progress. *International Journal of Osteoarchaeology* 17 (5), 514–523. DOI 10.1002/oa.891.
- Šercelj A. 1955a. Še nekaj momentov k novim raziskavam na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 6(1), 141–145.
- Šercelj A. 1955b. Palinološki profil kolišča pri Kamniku pod Krimom. *Arheološki vestnik* 6(2), 269–271.
- Šercelj A. 1963. Razvoj würmske in holocenske gozdne vegetacije v Sloveniji. Razprave 4. razreda SAZU 7, 363–418.
- Šercelj A. 1965. Paleobotanične raziskave in zgodovina Ljubljanskega barja. *Geologija* 8, 5–27.
- Šercelj A. 1966. Pelodne analize pleistocenskih sedimentov Ljubljanskega barja. Razprave IV. razreda SAZU, 9(9), 431–303.
- Šercelj A. 1971. Postglacialni razvoj gorskih gozdov v severozahodni Jugoslaviji. Razprave IV. Razreda SAZU 14(9), Ljubljana, SAZU.
- Šercelj A. 1975. Analize makroskopskih in mikroskopskih rastlinskih ostankov s kolišča ob Maharskem prekopu, izkopavanja 1973. in 1974. leta. Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji 4, 115–122.
- Šercelj A. 1981/82. Pomen paleobotaničnih raziskav na koliščih Ljubljanskega barja. Poročila o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita Slovenije 9/10, 101–106.
- Šercelj A. 1988. Palynological evidence of human impact on the forests in Slovenia. U: F. Salbitano [ur.], *Human Influence on Forest Ecosystems Development in Europe*. ESF-FERN-CNR, 49–57.
- Šercelj A. 1991. Zanimive karpološke najdbe v dveh rimskih grobovih v Rabelčji vasi pri Ptujju. *Arheološki vestnik* 41, 309–312.

- Šercelj A. 1996. *Začetki in razvoj gozdov v Sloveniji*. Dela IV. razreda SAZU 35, Ljubljana, SAZU.
- Šercelj A. i Culiberg M. 1980. Paleobotanične raziskave kolišča na Partih: izkopavanja 1978. *Poročila o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita Slovenije* 8, 83–87.
- Šercelj A. i Culiberg M. 1984. Rastlinski ostanki iz Ajdovske jame pri Nemški vasi. *Poročila o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita Slovenije* 12, 33–37.
- Šercelj A. i Culiberg M. 1985. Rastlinski ostanki v paleolitskih postajah v Sloveniji. *Poročilo o raziskovanju paleolitika, neolitika in eneolitika v Sloveniji* 13, 53–65.
- Šercelj A. i Culiberg M. 1991. Palinološke in antrakotomske raziskave sedimentov iz paleolitske postaje Divje babe I. *Razprave SAZU* 32, 129–152.
- Šilc U. i Andrič M. 2012. Dolgoročen vpliv človeka na biotsko raznovrstnost: Primerjava fitocenoloških in palinoloških rezultatov (Bela krajina). U: M. Andrič [ur.], *Dolgoročne spremembe okolja*. Opera instituti Archaeologici Sloveniae 25, Ljubljana, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU in Založba ZRC, 55–61.
- Šinkovec I. 2012. Kolišče na Špici v Ljubljani. U: A. Gaspari i M. Erič [ur.], *Potopljena preteklost: arheologija vodnih okolij in raziskovanje podvodne kulturne dediščine v Sloveniji*. Ljubljana, Didakta, 251–258.
- Škvor Jernejčič B. i Toškan B. 2018. Ritual use of dogs and wolves in the Late Bronze and Early Iron Age in the South-Eastern Alpine region. New evidence from the archaeo(zoo)logical perspective. U: Costamagno, S. [ur.], *Animal symbolisé, animal exploité: du Paléolithique à la Protohistoire*. New edition [online]. Paris, Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 249–278. DOI 10.4000/books.cths.4278.
- Šoberl L., Gašparič A. Ž., Budja M. i Evershed R. P. 2008. Early herding practice revealed through organic residue analysis of pottery from the early Neolithic rock shelter of Mala Triglavca, Slovenia. *Documenta Praehistorica* XXXV, 253–260.
- Šošić Klindžić R., Radović S., Težak-Gregl T., Šlaus M., Perhoč Z., Altherr R., Hulina M., Gerometta K., Boschian G., Vukosavljević N., Ahern J. C. M., Janković I., Richards M. i Karavanić I. 2015. Late Upper Paleolithic, Early Mesolithic and Early Neolithic from the Cave Site Zemunica near Bisko (Dalmatia, Croatia). *Eurasian Prehistory* 12 (1–2) 3–46.
- Šoštarić R. 2005. The development of postglacial vegetation in coastal Croatia. *Acta Botanica Croatica* 64 (2), 383–390.
- Šoštarić R. i Koncani Uhač I. 2019. Arheobotanička analiza. U: I. Koncani Uhač, G. Boetto, M. Uhač [ur.], *Zambratija: Prapovijesni šivani brod, Rezultati arheološkog istraživanja, analiza i studija*. Arheološki muzej Istre, Monografije i katalozi 33, 148–149.
- Šoštarić R. i Küster H. 2001. Roman plant remains from Veli Brijun (Island of Brioni). Croatia. *Vegetation History and Archaeobotany* 10, 227–233.
- Šoštarić R., Dizdar M., Kušan D., Hršak V. i Mareković S. 2006. Comparative Analysis of Plant Finds from Early Roman Graves in Ilok (*Cuccium*) and Šćitarjevo (*Andautonia*), Croatia. A Contribution to Understanding Burial Rites in Southern Pannonia. *Collegium Antropologium* 30, 315–319.

- Šoštarić R., Krajačić M., Gluščević S., Mareković S. i Jelaska S. D. 2010. *Plant macrofossils from Roman harbour in Zaton near Zadar (Croatia)*. Poster 15th conference of the International Work Group for Palaeoethnobotany (31 may – 5 june 2010).
- Šoštarić R., Radović S., Jelinčić Vučković K. i Ožanić Roguljić I. 2015. Diet at the Roman Village of Virovitica Kiškorijska South, Croatia. *Collegium Antropologicum* 39 (4), 829-842.
- Tanno K. i Willcox G. 2006. How fast was wild wheat domesticated? *Science* 311, 1886.
- Tanno K. i Willcox G. 2012. Distinguishing wild and domestic wheat and barley spikelets from early Holocene sites in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 107–115.
- Taylor W. T. T. i Barrón-Ortiz C. I. 2021. Rethinking the evidence for early horse domestication at Botai. *Scientific Reports* 11, 7440, 1-11. DOI 10.1038/s41598-021-86832-9.
- Teegen, W.-R. 2005. Linear enamel hypoplasia in medieval pigs from Germany. U: J. Davies, M. Fabiš, I. Mainland, M. Richards i R. Thomas [ur.]: *Diet and Health in Past Animal Populations*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, avgust 2002, Oxford, Oxbow Books, 89–92.
- Teichert M. 1969. Osteometrische Untersuchungen zur Berechnung der Widerristhöhe bei vor- und frühgeschichtlichen Schweinen. *Ethnographisch-Archäologische Zeitschrift* 10, 517–525.
- Terlato G., Bocherens H., Romandini M., Nannini N., Hobson K. A. i Peresani M. 2019. Chronological and isotopic data support a revision for the timing of cave bear extinction in Mediterranean Europe. *Historical Biology* 31 (4), 474-484, DOI: 10.1080/08912963.2018.1448395.
- Thomas, R. i Miller, H. 2018. Zooarchaeology and Stable Isotopes. U: López Varela, S. L. [ur.], *The Encyclopedia of Archaeological Sciences*, Online Edition. Hoboken, John Wiley & Sons Ltd., 1-6. DOI 10.1002/9781119188230.saseas0626.
- Tilby E., Miracle P. i Barker G. 2021. The Microvertebrates of Shanidar Cave: Preliminary taphonomic findings. *Quaternary* 5 (1), 1-22. DOI 10.3390/quat5010004.
- Tillier M., Bouby L., Rovira N. i Lefevre D. 2016. Carpologie en contexte portuaire romain: Economie végétale et environnement des sites de Caska (Ile de Pag, Croatie), du Castélou/Mandirac (Narbonne) et d'Arles Rhône 3. *Les Ports dans L'Escape Mediterraneeen Antique. Narbonne et Les Systemes Portu Aires Fluvio-Lagunaires*, Archeologique de Narbonnaise RAN 44, 381–396.
- Tinner W. i Lotter A. F. 2006. Holocene expansions of *Fagus sylvatica* and *Abies alba* in central Europe: where are we after eight decades of debate? *Quaternary Science Reviews* 25, 526–549.
- Tinner W., Hubschmidt P., Wehrli M., Ammann B. i Condera M. 1999. Long-term forest fire ecology and dynamics in southern Switzerland. *Journal of Ecology* 87, 273–289.
- Tinner W., Condera M., Gobet E., Hubschmid P., Wehrli M. i Ammann B. 2000. A palaeoecological attempt to classify fire sensitivity of trees in the southern Alps. *The Holocene* 10(5), 565–574.

- Tinner W., Condera M., Ammann B. i Lotter A. 2005. Fire ecology north and south of the Alps since the last ice age. *The Holocene* 15(8), 1214–1226.
- Tinner W., Nielsen E. H. i Lotter A. 2007. Mesolithic agriculture in Switzerland? A critical review of the evidence, *Quaternary Science Reviews* 26, 1416–1431.
- Tinner W., Nielsen E. H. i Lotter A. F. 2008. Evidence for Late-Mesolithic agriculture? A reply to Karl-Ernst Behre. *Quaternary Science Reviews* 17, 1468–1470.
- Tišljar J. 2004. *Sedimentologija klastičnih i silicijskih taložina*. Zagreb, Institut za geološka istraživanja u Zagrebu.
- Todaro M., Dattena M., Acciaoli A., Bonanno A., Bruni G., Caroprese M., Mele M, Sevi A. i Trabalza Marinucci M. 2015. Aseasonal sheep and goat milk production in the Mediterranean area: Physiological and technological insights. *Small Ruminant Research* 126 (1), 59–66. DOI 10.1016/j.smallrumres.2015.01.022.
- Tolar T. 2011. *Arheobotanične raziskave na najdiščih z Ljubljanskega barja*. Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- Tolar T. 2013a. Prehrana medveda s Kureščka. *Gea* 23(4), 10–12.
- Tolar T. 2013b. Analiza oglja. V: B. Štular [ur.], *Grad Smednik: raziskave 2011–2012*. Monografije CPA 2, Ljubljana, Zavod za varstvo kulturne dediščine Slovenije, 91–95.
- Tolar T. 2018. Primerjava različnih metod vzorčenja in priprave arheobotaničnih vzorcev z eneolitskih kolišč Strojanova voda in Maharski prekop na Ljubljanskem barju = Comparison of different sampling and treatment methods in order to reconstruct plant economies at the Eneolithic pile-dwellings of Strojanova voda and Maharski prekop at Ljubljansko barje. *Arheološki vestnik* 69, 461–498. <http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-B5S3MWG5>.
- Tolar T. (u pripremi). Pojav pomembnejših kulturnih rastlin na Slovenskem: pregled arheobotaničnih raziskav. U: M. Andrič M. [ur.], *Dolgoročne spremembe okolja II*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae, Ljubljana, Založba ZRC.
- Tolar T. i Andrič M. (u pripremi). Human impact on the environment and plant economy of Neolithic pile dwellers at SE part of Ljubljansko barje, Slovenia.
- Tolar T. i Velušček A. 2009. Discovery of flax (*Linum usitatissimum*) at Ljubljansko barje, Slovenia. *Histria antiqua* 18(1), 187–194.
- Tolar T. i Zupančič M. 2009. Novoodkrite lesene najdbe s Starih gmajn pri Verdu. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 235–244.
- Tolar Korenčič T., Jakše J. i Korošec Koruza Z. 2008. The oldest macroremains of *Vitis* from Slovenia. *Vegetation History and Archaeobotany* 17, 93–102.
- Tolar T., Čufar K. i Velušček A. 2008. Leseno toporišče kladvaste sekire s kolišča Stare gmajne na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 59, 49–56.
- Tolar T., Jacomet S., Velušček A. i Čufar K. 2010. Recovery techniques for waterlogged archaeological sediments: a comparison of different treatment methods for samples from Neolithic lake shore settlements. *Vegetation History and Archaeobotany* 19, 53–67.

- Tolar T., Jacomet S., Velušček A. i Čufar K. 2011. Plant economy at a late Neolithic lake dwelling site in Slovenia at the time of the Alpine Iceman. *Vegetation History and Archaeobotany* 20, 207–222.
- Tolar T., Velušček A. i Čufar K. 2012. Arheobotanične raziskave na kolišču Stare gmajne, datiranjem na osnovi raziskav lesa. *Les* 64, 106–115.
- Tolar, T., Velušček A., Dirjec J. i Jacomet S. 2014. Cereal chaff used as a temper in a loam-weight : new evidence from a Slovenian Late Neolithic pile-dwelling site. U: *Culture, Climate and Environment Interactions at Prehistoric Wetland Sites*. Abstract book, poster. Bern, University of Bern, 51 str.
- Tolar T., Jacomet S. i Velušček A. 2016. Cereal chaff used as a temper in loam-weights: new evidence from a Slovenian Eneolithic pile-dwelling site (ca. 3100 cal BC). *Vegetation History and Archaeobotany*. DOI 10.1007/s00334-015-0549-4.
- Tolar T., Galik A., Le Bailly M., Dufour B., Caf N., Toškan B., Bužan E., Zver L., Janžekovič F., Velušček A. 2021. Multi-proxy analysis of waterlogged preserved Late Neolithic canine excrements. *Vegetation history and archaeobotany* 30(3), 107-118. DOI: 10.1007/s00334-020-00805-y.
- Tolar T., Caf N., Le Bailly M. 2023. The dog or its master?: interdisciplinary study on coprolite from the Pile-Dwelling Site Stare Gmajne. U: V. Koprivnik i D. Salecl [ur.], *Srečanja tisočletij = The convergence of millennia*. Museoeurope: the collected volume of the symposium 19.-21. 10. 2023: [= Zbornik mednarodnega simpozija 19.-21. 10. 2023]. Maribor: Pokrajinski muzej; = Regional Museum, 78-91. Zbirka Museoeurope, 8. https://museum-mb.si/wp-content/uploads/2023/10/MuseoEurope_2023.pdf
- Tomek T. i Bocheński Z. M. 2009. *A key for the identification of domestic bird bones in Europe: Galliformes and Columbiformes*. Kraków, Institute of Systematics and Evolution of Animals, Polish Academy of Sciences.
- Torelli N. [ur.]. 1990. *Les in skorja. Slovar strokovnih izrazov*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Torelli N. [ur.]. 1991. *Makroskopska in mikroskopska identifikacija lesa (ključi)*. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- Tornero C., Balasse M., Bréhard S., Carrère I., Fiorillo D., Guilaine J., Vigne J.-D. i Manen C. 2020. Early evidence of sheep lambing de-seasoning in the Western Mediterranean in the sixth millenium BCE. *Scientific Reports* 10, 12798, 1-11. DOI 10.1038/s41598-020-69576-w.
- Toševski A., Grgec D. i Padovan B. 2012. Osnovno o genezi, sestavi i trošenju eocenskog fliša hrvatskog obalnog pojasa. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik* 25, 47-62.
- Toškan B. 2006. Cave bear metapodials from Divje babe I (western Slovenia). *Scientific Annals, School of Geology, Aristotele University of Thessaloniki*, Special volume 98, 147–158.
- Toškan B. 2007a. Ostanke velikih sesalcev iz Divjih bab I: stratigrafija, taksonomija in biometrija. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 221–278.

- Toškan B. 2007b. Morfometrična študija metapodijev jamskega medveda iz Divjih bab I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 385–433.
- Toškan B. 2007c. Metrična študija lobanj jamskega medveda iz Divjih bab I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 357–367.
- Toškan B. 2008a. Climate and cave bear body size: strong relationship or just a flirt? *Stalactite* 58(2), 35–41.
- Toškan B. 2008b. Živalstvo v koliščarski dobi. U: J. Pavšič [ur.], *Ljubljansko barje: neživi svet, rastlinstvo, živalstvo, zgodovina in naravovarstvo*. Ljubljana, Društvo Slovenska matica, 153–158.
- Toškan B. 2009a. Small terrestrial mammals (Soricomorpha, Chiroptera, Rodentia) from the Early Holocene layers of Mala Triglavca (SW Slovenia). *Acta carsologica* 38(1), 117–133.
- Toškan B. 2009b. Artefakti iz kosti, rogovij in zob z bakrenodobnih kolišč Stare gmajne in Blatna Brezovica. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 287–307.
- Toškan B. 2009c. Živalstvo v obdobju koliščarjev. U: P. Turk, J. Istenič, T. Knific i T. Nabregoj [ur.], *Ljubljana – kulturna dediščina reke*. Ljubljana, Narodni muzej Slovenije 53–55.
- Toškan B. 2010a. Živalski ostanki kot surovina za izdelavo artefaktov. *Argo* 53(1), 90–97.
- Toškan B. 2010b. Frequenza degli elementi scheletrici rispetto ai manufatti: sull'interpretazione del tipo di insediamenti mesolitici sulla base dei resti di cervo. U: A. Tagliacozzo, I. Fiore, S. Marconi i U. Tecchiati [ur.], *Atti del 5° Convegno nazionale di archeozoologia*, Rovereto, 10.–12. november 2006. Rovereto, Museo civico di Rovereto, 331–338.
- Toškan B. 2011a. Živalski ostanki. U: A. Velušček [ur.], *Spaha*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 22, Ljubljana, Založba ZRC, 265–281.
- Toškan B. 2011b. Analiza živalskih kostnih ostankov. U: M. Mlinar i T. Gerbec, *Keltskih konj topòt: najdišče Bizjakova hiša v Kobaridu*. Tolmin, Tolminski muzej, 43–50.
- Toškan B. 2012. Mali sesalci kot orodje za prepoznavanje paleookoljskega zapisa – vloga tafonomije ali drobnih tisk, ki ga ne gre zanemariti. U: M. Andrič [ur.], *Dolgoročne spremembe okolja 1*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 25, Ljubljana, Založba ZRC 9–24.
- Toškan B. 2013. Domače govedo v romaniziranem jugovzhodnoalpskem prostoru: arheozoološki pogled. *Keria* 15(1), 35–72.
- Toškan B. i Achino K. F. 2020. Archaeozoological insights into the social complexity at the Bronze Age settlement of Monkodonja. U: B. Teržan i K. Mihovilić [ur.], *Monkodonja 3: istraživanje protourbanog naselja brončanog doba Istre, Knjiga 3: Nalazi od metala, gline i kamena te ljudskih i životinjskih kostiju*. Monografije i katalogi 34. Pula, Arheološki muzej Istre, 476–516.

- Toškan B. i Dirjec J. 2004a. Ostanke velikih sesalcev v Viktorjevem spodmolu. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 135–167.
- Toškan B. i Dirjec J. 2004b. Hočevarica – analize ostankov makrofavne. U: A. Velušček [ur.], *Hočevarica, eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana, Založba ZRC, 76–132.
- Toškan B. i Dirjec J. 2006a. Ostanke sesalske favne na Resnikovem prekopu, Ljubljansko barje. U: A. Velušček [ur.], *Resnikov prekop: najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, Ljubljana, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU in Založba ZRC 139–154.
- Toškan B. i Dirjec J. 2006b. Veliki sesalci. U: A. Gaspari [ur.], *Zalog pri Verdu, tabor kamenodobnih lovcev na zahodnem robu Ljubljanskega barja*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 11, Ljubljana, Založba ZRC, 165–188.
- Toškan B. i Dirjec J. 2010. Ekonomska specializacija in socialna diferenciacija v poznobronastodobnem in zgodnježeleznodobnem Ormožu: arheozoološki pogled. U: J. Dular i M. Tomanič Jevremov [ur.], *Ormož, utrjeno naselje iz pozne bronaste in starejše železne dobe*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 18, Ljubljana, Založba ZRC, 99–121.
- Toškan B. i Dirjec J. 2011a. Sesalska makrofavna. U: Z. Modrijan i T. Milavec [ur.], *Poznoantična utrjena naselbina Tonovcov grad pri Kobaridu. Najdbe*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 24, Ljubljana, Založba ZRC, 303–388.
- Toškan B. i Dirjec J. 2011b. Velike podnebne spremembe, razkrite na podlagi malih fosilov. Nekdanje okolje na meji med zgodnjim in srednjim würmom v okolici Divjih bab I. U: B. Toškan [ur.], *Drobci ledenodobnega okolja: zbornik ob življenjskem jubileju Ivana Turka*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 21, Ljubljana, Založba ZRC, 155–179.
- Toškan B. i Dirjec J. 2012. Sesalska makrofavna z območja rimskodobne poselitve na Grubljah pri Vipavi. *Arheološki vestnik* 63, 139–157.
- Toškan B. i Kryštufek B. 2004. Ostanke malih sesalcev (Insectivora, Chiroptera, Rodentia) v Viktorjevem spodmolu. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 114–134.
- Toškan B. i Kryštufek B. 2006. Noteworthy rodent records from the Upper Pleistocene and Holocene of Slovenia. *Mammalia* 70(1–2), 99–105.
- Toškan B. i Kryštufek B. 2007. Mali terestrični sesalci (Erinaceomorpha, Soricomorpha, Chiroptera, Rodentia) iz Divjih bab I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC 193–219.
- Toškan B. i Štular B. 2008. Pes ali volk? Analiza kanidnega skeleta iz grobišča na Pristavi. U: A. Pleterski [ur.], *Zgodnjerednjeveška naselbina na blejski Pristavi: najdbe*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 14, Ljubljana, Založba ZRC, 153–157.
- Traverse A. 1988. *Palaeopalynology*. Boston, Unwin Hyman.

- Trbojević Vukičević. T. 2006. *Arheozoološko i tafonomsko istraživanje eneolitičkog goveda Vučedola*. Neobjavljena doktorska disertacija. Zagreb, Sveučilište u Zagrebu.
- Trbojević-Vukičević T., Marenjak T. S., Kužir S. i Čataj L. 2011. Archaeological and archaeozoological evidence of milk as a food in the territory of Croatia. *Mljekarstvo* 61 (4), 319-325.
- Troels-Smith J. 1955a. Karakterisering af lose jordater. Characterization of unconsolidated sediments. *Danmarks Geologiske Undersøgelse IV* 3(10), 1-73.
- Troels-Smith J. 1955b. Pollenanalytische Untersuchungen zu einigen schweizerischen Pfahlbauproblemen. U: W. U. Guyan [ur.], *Das Pfahlbauproblem*. Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz 11, Basel, Birkhäuser, 11-68.
- Troels-Smith J. 1960. Ivy, mistletoe and elm. Climate indicators-fodder plants. *Danmarks Geologiske Undersøgelse IV, Raekke 4*, 4-32.
- Tsartianidou V., Kapsona V. V., Sánchez-Molano E., Basdagianni Z., Carabaño M. J., Chatziplis D., Arsenos G., Triantafyllidis A. i Banos G. 2021. Understanding the seasonality of performance resilience to climate volatility in Mediterranean dairy sheep. *Scientific Reports* 11, 1889, 1-11. DOI: 10.1038/s41598-021-81461-8.
- Tucker M. E. i Jones S. J. 2023. *Sedimentary petrology*. John Wiley & Sons Ltd.
- Tuniz C., Bernardini F., Turk I., Dimkaroski L., Mancini L. i Dreoss D. 2012. Did Neanderthals play music? X-ray computed microtomography of the Divje babe I »flute«. *Archaeometry* 54(3), 581-590.
- Turk I. 2003. Kako bolje izkoristiti arheološko metodo izkopavanja v kasnejši analizi in razlagi izsledkov. Izkušnje izkopavanj v Divjih babah I, Slovenija. *Arheološki vestnik* 54, 9-30.
- Turk I. 2004a. Opredelitev najdb iz Viktorjevega spodmola. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 72-81.
- Turk I. 2004b. Ostanke ektotermnih vretenčarjev. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 200.
- Turk I. [ur.] 2004. *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC.
- Turk I. 2007. Izhodišča, tehnika in metoda dela pri raziskovanju najdišča Divje babe I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I.: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji, Del 1: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 25-38.
- Turk I. [ur.] 2007. *Divje babe I.: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC.
- Turk J. 2009. Petrološka sestava in izvor kamnitih najdb z najdišč Stare gmajne in Blatna Brezovica. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 281-286.

- Turk I. 2014. Jamski medved, plen neandertalskih lovcev ali žival posebnega pomena? U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 2. del: Arheologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 29, Ljubljana, Založba ZRC, 321–336.
- Turk I. [ur.] 2014. *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 2. del: Arheologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 29, Ljubljana, Založba ZRC.
- Turk I. i Dirjec J. 1988–89. Divje babe I – poskus uporabe statistične analize množičnih živalskih ostankov v paleolitski arheologiji. I. Določljivi skeletni ostanki jamskega medveda. *Arheološki vestnik* 39–40, 61–94.
- Turk I. i Dirjec J. 1990. Divje babe I – poskus uporabe statistične analize množičnih živalskih ostankov v paleolitski arheologiji. II. Razbite dolge mozgovne kosti jamskega medveda. *Arheološki vestnik* 41, 25–42.
- Turk I. i Dirjec J. 1991. Divje babe I – poskus uporabe statistične analize množičnih živalskih ostankov v paleolitski arheologiji. III. Kostni fragmenti. *Arheološki vestnik* 42, 5–22.
- Turk I. i Dirjec J. 1997. Tafonomija dolgih cevastih kosti okončin jamskega medveda. U: I. Turk [ur.], *Moustérienska »koščena piščal« in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, Ljubljana, Založba ZRC, 115–118.
- Turk I. i Dirjec J. 2007. Jamski medved v najdišču Divje babe I: tafonomsko-stratigrafska analiza. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Založba ZRC, 279–203.
- Turk I. i Kapun G. 2007. Fosilne dlake jamskega medveda v najdišču Divje babe I, U: I. Turk [ur.], *Divje babe I. Paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 1. Del: Geologija in paleontologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Inštitut za arheologijo in Založba ZRC, 341–346.
- Turk I. i Velušček A. 2004. Najdbe keramike. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 87.
- Turk I., Bavdek A., Perko V., Culiberg M., Šercelj A., Dirjec J. i Pavlin P. 1992. Acijev spodmol pri Petrinjah. *Poročilo o raziskovanju paleolita, neolita in eneolita v Sloveniji* 20, 27–48.
- Turk I., Modrijan Z., Prus T., Culiberg M., Šercelj A., Perko V., Dirjec J. i Pavlin P. 1993. Podmol pri Kastelcu – novo večplastno arheološko najdišče na Krasu, Slovenija. *Arheološki vestnik* 44, 45–96.
- Turk I., Bastiani G., Pflaum M., Lauko T., Cimerman F., Kosel F., Grum J. i Cevc P. 2001. Nove analize »piščali« iz Divjih bab I (Slovenija). *Arheološki vestnik* 52, 25–79.
- Turk I., Toškan B. i Dirjec J. 2004. Sesalska favna. U: I. Turk [ur.], *Viktorjev spodmol in Mala Triglavca, prispevki k poznavanju mezolitskega obdobja v Sloveniji*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 9, Ljubljana, Založba ZRC, 201–167.
- Turk I., Skaberne D., Orel B., Turk J., Kranjc A., Slemenik-Perše L. i Meden A. 2007. Sedimenti v najdišču Divje babe I. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I. Paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji, 1. Del: Geologija in paleontologija*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 13, Ljubljana, Inštitut za arheologijo in Založba ZRC, 63–121.

- Turk I., Dirjec J. i Turk M. 2014. Prikaz kurišč in ognjišč s poudarkom na obognjiščnih dejavnostih v osrednjem jamskem prostoru. U: I. Turk [ur.], *Divje babe I: paleolitsko najdišče mlajšega pleistocena v Sloveniji. 2. del: Arheologija*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 29, Ljubljana, Založba ZRC, 269–319.
- Turney C. S. M. i Lowe J. J. 2001. Thephrochronology. U: W. M. Last i J. P. Smol [ur.], *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Volume 1: Basin analysis, coring, and chronological techniques*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 451–471.
- Tvrtković, N. 2006. Dinarski voluhar. U: N. Tvrtković [ur.], *Crvena knjiga sisavaca Hrvatske*. Zagreb, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaščitu prirode, 69–70.
- Udden J. A., 1898. *The Mechanical Composition of Wind Deposits*. Rock Island, Lutheran Augustana Book Concern. Augustana Library Publication, Vol. 1.
- Uerpmann H. 1995. Domestication of the horse: when, where and why? U: L. Bodson [ur.]: *Le cheval et les autres équidées: aspects de l'histoire de leur insertion dans les activités humaines*. Colloques d'histoire des connaissances zoologiques 6, Liège, Université de Liège, 15–29.
- Ulmansky S. 1913. Untersuchungen über das Wild- und Hausschwein des Pfahlbaues im Laibacher Moo rund über einige von diesen Schweinen abstammende rezente Rassen. *Mitteilungen der landwirtschaftlichen Lehrkanzeln der k.k. Hochschule für Bodenkultur, Wien 2*.
- van der Veen M. [ur.]. 2003. *Luxury Foods*. World Archaeology 34(3), London, Routledge.
- Upex B. i Dobney K. 2020. Vertebrate Zooarchaeology. U: M. P. Richards i K. Britton [ur.], *Archaeological Science: An Introduction*. Cambridge, Cambridge University Press, 215–232.
- van den Berg M., Loonen M. J. J. E. i Çakırlar C. 2020. Judging a reindeer by its teeth: A user-friendly tooth wear and eruption pattern recording scheme to estimate age-at-death in reindeer (*Rangifer tarandus*). *International Journal of Osteoarchaeology* 31 (3), 417–428. DOI 10.1002/oa.2961.
- van der Veen M. 2007. Formation processes of desiccated and carbonized plant remains—the identification of routine practice. *Journal of Archaeological Science* 34, 968–990.
- van der Veen M. i Fieller N. R. J. 1982. Sampling seeds. *Journal of Archaeological Science* 9, 287–298.
- Vandorpe P. i Jacomet S. 2007. Comparing different pre-treatment methods for strongly compacted organic sediments prior to wet-sieving: a case study on Roman waterlogged deposits. *Environmental Archaeology* 12, 207–214.
- Van Kolfschoten T. 1995. On the application of fossil mammals to the reconstruction of the palaeoenvironment of northwestern Europe. *Acta zoologica Cracoviensia* 18, 249–259.
- Van Vliet-Lanoë B. 1985. Frost effects in soils. U: J. Boardman [ur.], *Soils and Quaternary Landscape Evolution*. Chichester, Wiley, 117–158.
- Varela, S., Lobo, J. M., Rodriguez, J. i Batra, P. 2010. Were the Late Pleistocene climatic shanges responsible for the disappearance of the European spotted hyena populations? Hindcasting a species geographic distribution across time. *Quaternary Science Reviews* 29 (17–18), 2027–2035. DOI 10.1016/j.quascirev.2010.04.017.

- Vareschi V. 1934. Pollen analysen aus Gletschereis. *Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1934*, 81–89.
- Velbe F. 1954. *Opis, vrednost in zdravje domačih živali v zvezi z zavarovanjem*. Ljubljana, Knjižnica Državnega zavarovalnega zavoda.
- Velušček A. 2004. Hočevarica: terenske raziskave, predstavitev najdb in naravoslovne analize, 3.1 Terenske raziskave, stratigrafija in najdbe. U: A. Velušček [ur.], *Hočevarica – Eneolitsko kolišče na Ljubljanskem barju*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 8, Ljubljana, Založba ZRC, 33–55.
- Velušček A. 2005. Kraška planota jugozahodne Slovenije in Ljubljansko barje v neo-eneolitski dobi – primerjalna študija. U: A. Mihevc [ur.], *Poselitev in raba zakraselega sveta zahodne Slovenije v preteklosti*. Ljubljana, Založba ZRC, 199–219.
- Velušček A. 2006. Resnikov prekop – sondiranje, arheološke najdbe, kulturna opredelitev in časovna uvrstitev. U: A. Velušček [ur.], *Resnikov prekop, najstarejša koliščarska naselbina na Ljubljanskem barju*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 10, Ljubljana, Inštitut za arheologijo in Založba ZRC, 19–85.
- Velušček A. 2009a. Koliščarska naselbina Stare gmajne pri Verdu. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 49–63.
- Velušček A. 2009b. Keramični in glinasti artefakti. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 63–71.
- Velušček A. 2009c. Drugo gradivo. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 72–78.
- Velušček A. i Čufar K. 2002. Dendrokronološke raziskave kolišč na Ljubljanskem barju – stanje 2001. *Arheološki vestnik* 53, 59–67.
- Velušček, A., Čufar K. i Levanič T. 2000. Parte - Išica, arheološke in dendrokronološke raziskave. *Arheološki vestnik* 51, 83–107.
- Velušček A., Čufar K. i Zupančič M. 2009. Prazgodovinsko leseno kolo z osjo s kolišča Stare gmajne na Ljubljanskem barju. U: A. Velušček [ur.], *Koliščarska naselbina Stare gmajne in njen čas*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 16, Ljubljana, Založba ZRC, 197–222.
- Velušček A., Toškan B. i Čufar K. 2011. Zaton kolišč na Ljubljanskem barju. *Arheološki vestnik* 62, 51–82.
- Verbič T. 2006. Geološki i pedološki pregled sedimentov iz jedrnikov. U: A. Gaspari [ur.], *Zalog pri Verdu, tabor kamenodobnih lovcev na zahodnem robu Ljubljanskega barja*, Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 11, Ljubljana, Inštitut za arheologijo ZRC SAZU in Založba ZRC, 33–37.
- Verdugo M. P., Mullin V. E., Scheu A., Mattiangeli V., Daly K. G., Delsler P. M., Hare A. J., Burger J., Collins M. J., Kehati R., Hesse P., Fulton D., Sauer E. W., Mohaseb F. A., Davoudi H., Khazaeli R., Lhuillier J., Rapin C., Ebrahimi S., Khasanov M., Vahidi S. M. F., MacHugh D. E., Ertuğrul O., Koukoulis-Chrysanthaki C., Sampson A., Kazantzis G., Kontopoulos

- I., Bulatovic J., Stojanović I., Mikdad A., Benecke N., Linstädter J., Sablin M., Bendrey R., Gourichon L., Arbuckle B. S., Mashkour M., Orton D., Horwitz L. K., Teasdale M. D. i Bradley D. G. 2019. Ancient cattle genomics, origins, and rapid turnover in the Fertile Crescent. *Science* 365, 173-176. DOI 10.1126/science.aav1002.
- Vermeij G. J. 1993. *A Natural History of Shells*. Princeton, Princeton University Press.
- Vidas L., Silvestrini S., Lugli F., Romandini M., Real C., Radović S., Janković I. i Benazzi S. 2023. Filling in the blanks: The application of palaeoproteomics in faunal analysis. U: I. Miloglav [ur.], *Proceedings from the 10th Scientific Conference Methodology and Archaeometry*. Zagreb, Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 9-20.
- Vigne J.-D. 1995. *Détermination ostéologique des principaux éléments du squelette appendiculaire d'Arvicola, d'Elyomis, de Glis et de Rattus*. Fiches d'ostéologie animale pour l'archéologie, Série B: mammifères 6, Valbonne, Centre de Recherches Archéologiques du CNRS.
- Vigne J.-D. i Helmer D. 2007. Was milk a "secondary product" in the Old World Neolithisation process? Its role in the domestication of cattle, sheep and goats. *Anthropozoologica* 42(2), 9-40.
- Vigne J.-D. i Valladas H. 1996. Small mammal fossil assemblages as indicators of environmental change in northern Corsica during the last 2500 years. *Journal of Archaeological Science* 23, 199-215.
- Vigne J.-D., Carrère I., Briois F. i Guilaine J. 2011. The early process of mammal domestication in the Near East. *Current Anthropology* 52(S4), S255-S271.
- Vinščak T. 1989. Kuda idu „Horvatski nomadi“. *Studia Ethnologica* 1, 79-98.
- Vitezović S. 2016. *Metodologija proučavanja praistorijskih koštanih industrija*. Beograd, Srpsko arheološko društvo.
- von Grafenstein U., Erlenkeuser H., Brauer A., Jouzel J. i Johnsen S. J. 1999. A mid-European decadal isotope-climate record from 15,500 to 5000 years B. P. *Science* 284, 1654-1657.
- von Grafenstein U., Belemeheri S., Eicher U., van Raden U. J., Erlenkeuser H., Andersen N. i Ammann B. 2013. The oxygen and carbon isotopic signatures of biogenic carbonates in Gerzensee, Switzerland, during the rapid warming around 14,685 years BP and the following interstadial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 391, 25-32.
- Vukosavljević N. i Karavanić I. [ur.] 2015. *Arheologija špilje Zale. Od paleolitičkih lovaca skupljača do rimskih osvajača*. Modruš, Katedra Čakavskog sabora Modruše.
- Vuorela I. 1973. Relative pollen rain around cultivated fields. *Acta Botanica Fennica* 102, 1-27.
- Wacha L., Mikulčić Pavlaković S., Frechen M. i Crnjaković M. 2011. The Loess Chronology of the Island of Susak, Croatia. *Quaternary Science Journal* 60 (1), 153-169. DOI 10.3285/eg.60.1.11.
- Walker D. 1982. Vegetation's fourth dimension. *New Phytologist* 90, 419-429.
- Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S. P. i Jetel M. 2011. Structure and origin of Holocene cold events. *Quaternary Science Reviews* 30, 3109-3123.

- Warinner C., Richter K. i Collins M. J. 2022. Paleoproteomics. *Chemical Reviews* 122, 13401–13446. DOI 10.1021/acs.chemrev.1c00703.
- Warmuth V., Eriksson A., Bower M. A., Barker G., Barrett E., Hanks B. K., Li S., Lomitashvili D., Ochir-Goryaeva M., Sizonov G. V., Soyonov V. i Manica A. 2012. Reconstructing the origin and spread of horse domestication in the Eurasian steppe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)* 109(21), 8202–8206.
- Waters M. R. 1992. *Principles of Geoarchaeology: A North American Perspective*. Tucson, London University of Arizona Press.
- Watson W. C. R. [ur.]. 1958. *Handbook of the Rubi of Great Britain and Ireland*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Webb III. T. 1986. Is vegetation in equilibrium with climate? How to interpret late-Quaternary pollen data. *Vegetatio* 67, 75–91.
- Webb III. T. i Kutzbach J. E. 1998. An introduction to ,Late Quaternary climates: Data synthesis and model experiments. *Quaternary Science Reviews* 17, 465–471.
- Weinstock J. 2006. Environment, body size and sexual dimorphism in Late Glacial reindeer. U: D. Ruscillo [ur.], *Recent Advances in Ageing and Sexing Animal Bones*. Proceedings of the 9th conference of the International council of archaeozoology, Durham, avgust 2002, Oxford, Oxbow Books, 247–253.
- Wentworth C. K., 1922. A scale of grade and class terms of clastic sediments. *Journal of Geology*, 30(5), 377–392.
- Werneck H. L. [ur.]. 1949. *Ur-und frühgeschichtliche Kultur-und Nutzpflanzen in den Ostalpen und am Rande des Böhmerwaldes*. Schriftenreihe O.-Ö. Landesbaudirektion 6, Linz, Landesregierung.
- Wessely J. [ur.]. 1877. *Das Futterlaub, seine Zucht und Verwendung*. Wien, Moritz Perles.
- White T. E. 1953. A method of calculating the dietary percentage of various food animals utilized by Aboriginal peoples. *American Antiquity* 18(4), 396–398.
- Whitlock C. i Larsen C. 2001. Charcoal as a fire proxy. U: J. P. Smol, H. J. B. Birks i W. M. Last [ur.], *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments. Volume 3: Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 75–97.
- Wilckens M. 1877. Ueber die Schädelknochen des Rindes aus dem Pfahlbau des Laibacher Moores. *Mitteilungen der anthropologischen Gesellschaft, Wien* 7, 165.
- Wilkinson K. i Stevens C. [ur.]. 2003/2008/2011. *Environmental Archaeology. Approaches, techniques and applications*. Stroud, The History Press.
- Willcox G. 2004. Measuring grain size and identifying Near Eastern cereal domestication: evidence from the Euphrates valley. *Journal of Archaeological Science* 31, 145–150.
- Willcox G., Nesbitt M. i Bittmann F. 2012. From collecting to cultivation: transitions to a production economy in the Near East. *Vegetation History and Archaeobotany* 21, 81–83.
- Wilson B. 1999. Displayed or concealed? Cross cultural evidence for symbolic and ritual activity depositing Iron Age animal bones. *Oxford Journal of Archaeology* 18, 297–305.

- Wilson H. D. i Heiser C. B. 1979. The origin and evolutionary relationships of 'hauazontle' (*Chenopodium nuttalliae* Safford), domesticated chenopod of Mexico. *American Journal of Botany* 66, 198–206.
- Willis K. J. 1992. The late Quaternary vegetational history of north-west Greece III. A comparative study of two contrasting sites. *New Phytologist* 121, 139–155.
- Willis K. J. 1994. The vegetational history of the Balkans. *Quaternary Science Reviews* 13, 769–788.
- Willis K. J. i Bennett K. D. 1994. The Neolithic transition – fact or fiction? Palaeoecological evidence from the Balkans. *The Holocene* 4(3), 326–330.
- Willis K. J. i Birks, H. J. B. 2006. What is natural? The need for long-term perspective in biodiversity and conservation. *Science* 314, 1261–1265.
- Willis K. J. i McElwain J. C. 2002. *The Evolution of Plants*. Oxford, Oxford University Press.
- Willis K. J. i van Andel T. H. 2004. Trees or no trees? The environments of central and eastern Europe during the last glaciation. *Quaternary Science Reviews* 23, 2369–2387.
- Willis K. J., Rudner E. i Sümegi P. 2000. The full-glacial forests of central and southeastern Europe. *Quaternary Research* 53, 203–213.
- Willner W., Di Pietro R. i Bergmeier E. 2009. Phytogeographical evidence for post-glacial dispersal limitation of European beech forest species. *Ecography* 32(6), 1011–1018.
- Withalm G. 2004a. Analysis of the cave bear metapodial bones from Potočka zijalka (Slovenia). V: M. Pacher, V. Pohar in G. Rabeder [ur.], *Potočka zijalka, palaeontological and archaeological results of the campaigns 1997–2000*. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 13, Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 149–160.
- Withalm G. 2004b. New evidence for cave bear hunting from Potočka zijalka (Slovenia). V: M. Pacher, V. Pohar in G. Rabeder [ur.], *Potočka zijalka, palaeontological and archaeological results of the campaigns 1997–2000*. Mitteilungen der Kommission für Quartärforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften 13, Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 219–234.
- Wojtal P., Wilczyński J., Nadachowski A. i Münzel S. C. 2014. Gravettian hunting and exploitation of bears in Central Europe. *Quaternary International* 359–360, 58–71.
- Wraber M. 1956. *Gozdna in steljniška vegetacija Bele krajine*. Ljubljana, Neobjavljeno poročilo, Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU.
- Wraber T. 1983. **Širjenje** pelinolistne ambrozije v Sloveniji. *Proteus* 45(8), 315–316.
- Wright H. E. 1967. A square-rod piston sampler for lake sediments. *Journal of Sedimentary Petrology* 37, 975–976.
- Wright E. i Viner-Daniels S. 2015. Geographical variation in the size and shape of the European aurochs (*Bos primigenius*). *Journal of Archaeological Science* 54, 8–22.
- Wunsam S., Schmidt R. i Muller J. 1999. Holocene lake development of two Dalmatian lagoons (Malo and Veliko Jezero, Isle of Mljet) in respect to changes in Adriatic sea level and climate. *Paleogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 146, 251–281.

- Wyman J. 1868. On the fresh-water shell-heaps of the St. Johns River, East Florida. *American Naturalist* 2(8), 393–403.
- Wyman J. 1875. Fresh-water shell mounds of the St. Johns River, Florida. *Memoirs of the Peabody Academy of Science* 4, 3–94.
- Yurtman E., Özer O., Yüncü E., Dilşad Dağtaş N., Koptekin D., Gökhan Çakan Y., Özkan M., Akbaba A., Kaptan D., Atağ G., Vural K. B., Gündem C. Y., Martin L., Kılınç G. M., Ghalichi A., Açı S. C., Yaka R., Sağlıcan S., Kempe Lagerholm V., Krzewińska M., Günther T., Morell Miranda P., Pişkin E., Şevketoğlu M., Bilgin C. C., Atakuman Ç., Erdal Y. S., Sürer E., Altınışık N. E., Lenstra J. A., Yorulmaz S., Abazari M. F., Hoseinzadeh J., Baird D., Bıçakçı E., Çevik Ö., Gerritsen F., Özbal R., Götherström A., Somel M., Togan İ. i Özer F. 2021. Archaeogenetic analysis of neolithic sheep from Anatolia suggests a complex demographic history since domestication. *Communications Biology* 4, 1–11. DOI 10.1038/s42003-021-02794-8.
- Yravedra J. i Uzquiano P. 2013. Burnt bone assemblages from El Esquilleu cave (Cantabria, Northern Spain): deliberate use for fuel or systematic disposal of organic waste? *Quaternary Science Reviews* 68, 175–190.
- Zárate M. A. 2017. Eolian Settings: Loess. U: A. S. Gillbert [ur.], *Encyclopedia of Geoarchaeology*. Dordrecht, Heidelberg, New York, London, Springer, 233–238.
- Zeder M. A. 1991. *Feeding Cities. Specialized animal economy in the ancient Near East*. Washington, Smithsonian Institution Press.
- Zeder M. A. 2012. The domestication of animals. *Journal of Anthropological Research* 68(2), 161–190.
- Zeder M. A., Emshwiller E., Smith B. D. i Bradley D. G. 2006. Documenting domestication: the intersection of genetics and archaeology. *Trends in Genetics* 22(3), 139–155.
- Zeder M. A. 2012. Pathways to animal domestication. U: P. Gepts, T. R. Famula, R. L. Bettinger, S. B. Brush, A. B. Damania, P. E. McGuire i C. O. Qualset [ur.], *Biodiversity in Agriculture. Domestication, evolution, and sustainability*. Cambridge, Cambridge University Press, 227–259.
- Zeder M. A. i Pilaar S. E. 2010. Assessing the reliability of criteria used to identify mandibles and mandibular teeth in sheep, *Ovis*, and goats, *Capra*. *Journal of Archaeological Science* 37, 225–242.
- Zeiler J. T. 1987. Exploitation of fur animals in Neolithic Swifterbant and Hazendonk (Central and Western Netherlands). *Palaeohistoria* 29, 245–263.
- Zohar I. i Belmaker M. 2005. Size does matter: methodological comments on sieve size and species richness in fishbone assemblages. *Journal of Archaeological Science* 32 (4), 635–641. DOI 10.1016/S0305-4403(03)00037-2.
- Zohary D. i Hopf M. [ur.]. 2000/2004. *Domestication of Plants in the Old World*. Oxford, Oxford University Press.

- Zortéa T., Segat J. C., Conte R. A., Barreta D. A., Silva A. W. L., Paulino A. T. i Baretta D. 2021. Effects of sheep manure in agricultural soils on the behavior of *Folsomia candida* and initial growth and development of *Avena sativa*. *Brazilian Journal of Biology* 81 (4), 1030-1035. DOI 10.1590/1519-6984.234126.
- Zupančič M. i Wraber T. 1989. Fitogeografija. *Enciklopedija Slovenije* 3. Ljubljana, Mladinska knjiga, 118–119.
- Zvelebil M. 1986. Mesolithic Prelude and Neolithic Revolution. U: M. Zvelebil [ur.], *Hunters in Transition*. Cambridge, Cambridge University Press, 5–15.
- Zvelebil M. 1994. Plant use in the Mesolithic and its role in the transition to farming. *Proceedings of the Prehistoric Society* 60, 35–74.
- Zvelebil M. i Zvelebil K. V. 1988. Agricultural Transition and Indo-European Dispersals. *Antiquity* 62, 574–583.

MREŽNI IZVORI:

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/kako-je-potrebno-vzeti-vzorice-za-pelodno-analizo#v>

<http://calib.org/calib/calib.html>

<https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html>

<http://www.stratigraphy.org>

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/raziskovalna-dejavnost-dendrokronologija#v>

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/arheobotanika-raziskovalna-oprema#v>

<http://iza2.zrc-sazu.si/sl/strani/arheobotanika-referen%C4%8Dna-zbirka#v>

<https://geologyistheway.com/sedimentary/packing/>

<https://www.fao.org/soils-portal/en/>

<https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/soil-texture-calculator>

Pojmovnik

Pojmovnik stručnih izraza

apsolutna datacija – datiranje predmeta/događaja u kalendarsko vrijeme; izraženo je brojem godina, točno u milijun, tisuću, čak i u godinu (suprotno je relativna datacija – starost izražena nazivom razdoblja, npr. kenozoik, holocen, srednji vijek)

aerobni (oksični) uvjeti – okoliš s prisutnošću kisika (suprotno od **anaeroban [anoksičan]**)

aeropalinologija – znanstvena disciplina koja se bavi praćenjem, predviđanjem i proučavanjem zasićenosti zraka (alergenim) cvjetnim prahom

alogamne biljke – biljke koje se oprašuju cvjetnim prahom drugih istovrstnih biljaka s pomoću vjetra ili kukaca (suprotno od **autogamne**), jer je autogamija na različite načine spriječena

alohton – pojam se odnosi na uvezene biljne i životinjske vrste koje su u regiju donesene iz nekog drugog područja te kemijske tvari koje potječu iz okolice jezera ili močvare (suprotno: **autohton**)

aluvij, aluvijalni sediment – nanosi rastresitog materijala koji su rijeke, potoci i poplavne vode odložile na kopno. Rijeke se dijele na dionice u kojima se materijal prvenstveno taloži, tok riječnog korita kod rastresitog se materijala često mijenja. Karakteristični oblici aluvijalnih nanosa jesu aluvijalna lepeza – taložno tijelo konusnog oblika na prijelazu vodenog toka sa strmine u ravnicu – i aluvijalna ravnica – poplavna ravnica nastala povremenim plavljenjem rijeke.

ampelomorfologija – disciplina koja se bavi proučavanjem raznovrsnosti oblika vinove loze, a između ostalog izvodi i morfološka mjerenja sjemenki vinove loze kojima utvrđujemo pripadaju li sjemenke udomaćenoj (tj. **kultiviranoj**) ili divljoj (pod)vrsti te kojim kultivarima (sortama) udomaćene vinove loze

anaerobni (anoksični) uvjeti – okruženje bez prisutnosti kisika (suprotno od **aeroban [oksičan]**).

- antropogen** – stvoren ljudskom djelatnošću
- apikalni** – na vrhu, vršni (suprotno: **bazalni**)
- areal** – područje rasprostranjenosti (npr. određenog biljnog **taksona** ili **zajednice**)
- artefakt** – u arheologiji predstavlja predmet koji je djelo ljudskih ruku
- asimilati** – organske ili anorganske tvari koje organizmi primaju iz okoliša i probavljaju u vlastitu tvar (npr. tvari koje nastaju tijekom procesa fotosinteze u zelenim dijelovima biljke)
- autogamne biljke** – biljke koje se samooprašuju, zbog čega je količina peluda niska, a građa cvijeta prilagođena
- autohton** – pojam se odnosi na samonikle (nativne) biljne i životinjske vrste koje su u regiji prirodno prisutne i nisu donesene iz drugih područja, te kemijske tvari koje su nastale u jezeru ili močvari i u njima se također taložile (suprotno: **alohton**); označava porijeklo, odnosno prirodni **areal** neke životinjske ili biljne vrste i tvari
- bazalni** – osnovni; u botanici: koji se tiče dna; **baza** je mjesto/točka na kojoj su npr. sjeme ili plod pričvršćeni na matičnu biljku (suprotno: **apikalni**)
- biljna zajednica** – zajednica biljnih vrsta koje uspijevaju na određenom području, u sličnim životnim uvjetima i koja je nastala kao posljedica međusobnih odnosa između biljaka i odnosa biljka – okoliš (primjer, šumska zajednica bukve i obične jele)
- bjeljika** – obično rubni dio debla ili grane s još živim (parenhimskim) stanicama koje sadrže rezervne tvari (npr. škrob) (Torelli 1990); vidi također: **srž**
- bentos** – organizmi koji žive na dnu jezera, rijeka i mora, primjer: školjke, koralji, bentos **dijatomeja** (alge kremenjašice) (suprotno od **plankton** – organizmi koji lebde u vodi; nekton – organizmi koji aktivno plivaju)
- biocenoza** – zajednica biljnih i životinjskih vrsta u nekom **biotopu** (Dolinar [ur.] 1985)
- biometrijsko istraživanje** – mjerenja **morfoloških** znakova (dužina, širina i sl.) organizama i njihovih ostataka/dijelova
- bioprodukcija** – procesi u organizmima (npr. disanje, fotosinteza) koji utječu na okolišne uvjete i pridonose povećanju biomase
- biotop** – u prostornom smislu više-manje ograničena topografska jedinica (npr. močvara, planinska padina, izvor, krška jama) s karakterističnom kombinacijom neživih ekoloških čimbenika (npr. svjetlost, toplina, voda, tla) koji određenoj zajednici biljaka i životinja omogućuju opstanak (Dolinar [ur.] 1985)
- botanička morfologija (morfologija biljaka)** – znanost o građi i obliku biljaka
- brakteja** – preobraženi cvijet u cvjetnoj regiji koji je po obliku drugačiji od listova stabljike, npr. krovnog lista; brakteje su, između ostalog, i pljeva kod trava (žitarica također) koja tijesno obavija zrno
- bujadnice** – područja u Beloj krajini u kojima uspijeva brezova šuma i bujad te koja se barem jednom godišnje pokose za stelju, čime se održava i kiselost podloge

- cvjetnjače** – biljke s cvijetom koji nosi organe za razmnožavanje; obično u njih spadaju i golosmejenjače koje nisu obuhvaćene engleskim izrazom *flowering plants*
- datacija, datiranje** – vremensko određivanje pojave, nastanka nečega (npr. naselja)
- dekompozicija** – mikrobnopropadanje odumrlih organskih tvari
- dendroklimatologija** – znanstvena disciplina koja **dendrokronološke** podatke koristi za rekonstrukcije klimatskih promjena u vremenu i prostoru
- dendrokronologija** – znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem **godova** u drvu u svrhu datiranja povijesnog ili arheološkog drva (vidi I. dio/2.6.1)
- digestor** – komora s dobrom ventilacijom u kojoj se rukuje opasnim kemikalijama (npr. kiselinama), čije udisanje može imati štetne posljedice na zdravlje znanstvenika
- dijatomeje** – jednostanične alge s kosturom od kremena ili silicijeva dioksida ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)
- diseminacija** (životinjskih vrsta) – širenje (životinjskih vrsta) na nekom području
- dobročudna novotvorina** – skup abnormalnih stanica nekog tkiva kada genetske promjene pokrenu nekontroliranu staničnu diobu kod koje novotvorina ne prodire u susjedna tkiva
- domestikacija** – udomaćivanje životinja, ponekad i biljaka; uzgoj domaćih životinja i čovjeku korisnih biljaka (ne nužno **kultivara**)
- domestik** – udomaćena životinja/biljka, češće se koristi kod životinja
- drvni trak** – radijalni agregat stanice u drvetu i kori; također flotacija sedimenta na sitima; tkiva koja su namijenjena protoku hranjivih tvari u radijalnom smjeru debela drveta
- dubokomorske bušotine** – bušotine izrađene na dnu oceana (npr. Atlantika) za potrebe paleookolišnih i paleoklimatskih istraživanja
- dvospolni cvijet** – cvijet s prašnicima i plodnim listovima (kod **kritosjemenjača** sraslih u tučak) (sinonim: **jednodomni cvijet**)
- $\delta^{13}\text{C}$ – odnos između ugljikovih **stabilnih izotopa** ^{13}C i ^{12}C , izražen u promilima (‰) u skladu s dogovorenim standardima
- $\delta^{15}\text{N}$ – odnos između dušikovih **stabilnih izotopa** ^{15}N i ^{14}N , izražen u promilima (‰) u skladu s dogovorenim standardima
- ekofakt** – arheološko-biološki **artefakt**; arheološki ostatak koji je biološki (organski), dakle koji izvire iz prirodnog okoliša
- ekologija** – znanstvena disciplina koja se bavi proučavanjem odnosa između živih bića i odnosa živih bića s okolišem
- ekosustav** – ekološka jedinica koja sjedinjuje **biotop** i **biocenozu** (Dolinar [ur.] 1985)
- egzokarp** – vanjski **perikarp**
- endokarp** – unutarnji **perikarp**, često drvenasta oblika (olupina koštice ili koštica ploda)
- epiderma** – primarno vanjsko tkivo; u botanici: površinski sloj stanice na primarnom biljnom tijelu (pousmina), često s jako zadebljanim i **kutikulastim** vanjskim stijenkama; ponekad se sastoji od više od jednog sloja stanica (Torelli 1990)

- eutrofni okoliš** – okoliš bogat hranjivim tvarima (suprotno: **oligotrofni okoliš**)
- facijes** - tip taložine koja se svojim sastavom i načinom pojavljivanja razlikuje od drugih; taložina koja je produkt jedinstvenog seta aktivnosti i ponašanja
- fenotip, fenotipski** – svojstva pojedinog organizma koja se razvijaju zbog genetskog zapisa (genotipa) i utjecaja okoliša te su vidljiva npr. u vanjskom izgledu, ponašanju te u biokemijskim i fiziološkim obilježjima
- fibula** – spona, kopča za odjeću
- filogenetski, filogenija** – znanost koja proučava evolucijski razvoj živih bića te ih prema zajedničkim taksonomskih obilježjima svrstava u pojedine **taksone**
- fitoliti** – mikroskopske silikatne čestice (oko 5 – 200 μm) koje nastaju u stanicama i međustaničnom tkivu biljaka, često u ovojnici sjemena. Građeni su od amorfnog kremena (SiO_2), mogu još sadržavati i manju količinu vode i nekih elemenata (npr. Al, Fe, N, C). Prema njihovu obliku, kod nekih biljaka i vrsta fitolita možemo odrediti kojoj vrsti/rodu/porodici biljaka pripadaju. Mnogo fitolita nalazi se u travama, dakle žitaricama, kukuruzu, riži, bambusu, palmama i tikvama.
- fiziologija** – znanost u biologiji koja proučava životne (fiziološke) procese organizama, npr. disanje i fotosintezu
- fiziološki stresor** – stimulans (poticajno sredstvo) **fiziološkog stresa** (npr. nedostatak kisika, visoka/niska temperatura, fizička opterećenost)
- flora** – biljke, često zajednički naziv za sve biljne svojte nekog područja i razdoblja
- flotacija** – prosijavanje sedimenta na sitima vodnim mlazom
- fluvijalni sediment** – riječni ili aluvijalni talog
- foraminifere** (krednjaci) – jednostanični organizmi (praživotinje) s kućicom od kalcijeva karbonata (CaCO_3). Neke su **planktonske**, druge pak **bentoške**. Važne su za nastanak morskih sedimenata. Analiza izotopskog sastava njihovih kućica često se koristi u istraživanju nekadašnjeg okoliša.
- fosil** – okamenjeni ostatak, otisak (npr. otisak lista) ili trag (npr. stopa dinosaura) organizma iz geološke prošlosti
- fosilizacija** – proces kojim se organizam nakon smrti pretvara u **fosil**
- gametofit** – biljni organizam na kojem se razvijaju stanice spolnog razmnožavanja (**haploidne gamete**), usp. zeleni pokrov mahovine; u sjemenjača gametofit je mikroskopske veličine i skriven unutar tkiva sporofita
- genetika** – znanost o naslijeđu, nasljednom materijalu
- geološka starost** – starost npr. ostataka nekog organizma, izmjerena od razdoblja njegova postojanja do danas
- glacijal** – dulje hladnije razdoblje, **ledeno doba**, kada je led prekrivao veliko područje Zemlje. Glacijali su se izmjenjivali s toplijim razdobljima (**interglacijali**), čak je i tijekom glacijala klima ponekad bila nestabilna: hladna razdoblja unutar glacijala jesu **stadijali**, a toplija **interstadijali**. Takve oscilacije karakteristične su

i za kraj **pleistocena** (kasnog glacijala), npr. interstadijal Bølling-Allerød (oko 14.700 – 12.900 cal. BP) i stadijal mlađeg drijasa (oko 12.900 – 11.700 cal. BP), vidi poglavlje II/6.1 i sl. 136, 137).

god – u drvetu i kori godišnji prirast u poprečnom ili radijalnom presjeku (Torelli 1990); sastoji se od **ranog i kasnog drveta**

golo zrno – zrno trava (žitarica također) koji nakon zrelosti ispadne iz klasića te je obavijeno nesraslim pljevicama (suprotno: **pljevičasto zrno**)

golozrne žitarice – nepljevičaste žitarice

golosjemenjača – vrsta sjemenjače kod koje se sjemeni zametci nalaze slobodni na plodnom listu, a sjeme nije obavijeno plodnom ovojnicom (kažemo da je sjeme „golo”); u tu skupinu spadaju npr. poznatije četinjače (suprotno: **kritosjemenjača**)

granulometrijska analiza – mjerenje veličine ulomaka (u **sedimentu**) i njihovo svrstavanje u razrede po veličini (npr. glina, **prah**, pijesak)

greben – prednji, izbočeni dio leđa nekih životinja (npr. konj, govedo, jelen)

gvalica – neprobavljeni dijelovi ptičjeg plijena koji neke vrste (npr. sove) povrate; sadržaj ovisi o vrsti prehrane, a mogu ga činiti ostaci biljaka, kukaca, kostiju, zuba, pera i dlaka

habitatna vrsta – biljna ili životinjska zajednica karakteristična za neki **habitat** (stanište), na kojemu se razvila i opstaje zahvaljujući sklopu određenih neživih čimbenika (npr. tlo, klima, prisutnost i kvaliteta vode, svjetlost)

halaza – **bazalni dio sjemene ovojnice u kritosjemenjača**

haploidna stanica – stanica (npr. peludno zrnce odmah nakon nastanka, spermij) koja sadrži jednu skupinu **kromosoma**

heterodontno zubalo – zubalo koje se sastoji od morfološki diferenciranih zuba (npr. sjekutići, očnjaci, pretkutnjaci, kutnjaci)

hijat – prekid u vremenu, prostoru ili događaju (slijedu događaja, procesu); u knjizi pojam *hijat* upotrebljavamo kada se je na paleoekološkim nalazištima taloženje sedimenta prekinulo ili je dio sedimenta kasnije bio uklonjen

hibernacija (zimski san) – stanje tjelesne neaktivnosti živih bića (npr. jež, puh, svizac) tijekom kojeg se uspori rad srca, smanji tjelesna temperatura, probava i sl. kako bi se u zimsko vrijeme, uslijed nedostatka izvora hrane, smanjila potrošnja energije

hidrologija – znanost o površinskoj vodi

hipoplazija – vodoravne brazde na caklini zuba koje mogu nastati uslijed zaraze, nedostatne količine i/ili kvalitete hrane, ozljede, nasliedno i sl.

holocen – Posljednje, najmlađe geološko razdoblje **kvartara** koje je započelo krajem zadnjeg slijeda **ledenih doba (pleistocena)**, prije oko 11.700 godina (11.700 cal BP). Riječ izvire iz grčkog jezika: *hólos* = cijeli, potpuni; *kainós* = novi. Holocen dolazi nakon posljednjeg grenlandskog ledenodobnog zahlađenja (OIS 1 odnosno GS 1) te se podudara s prvim marinskim izotopskim stadijem (MIS 1).

holocenska pridošlica – životinjska ili biljna vrsta koja se na nekom prostoru naselila tek nakon završetka razdoblja ledenih doba, odnosno pleistocena, tj. u **holocenu**

- in situ** – arheološke predmete te ostatke biljaka i životinja možemo pronaći u sedimentu gdje su bili isprva odloženi. U tom slučaju, pronađeni su *in situ*; zaštititi *in situ*: na mjestu pronalaska, a ne npr. u muzeju.
- interglacijal** – toplije razdoblje između dvaju uzastopna **glacijala**, međuledeno doba
- interstadijal** – toplije razdoblje **glacijala** (npr. interstadijal Bølling-Allerød)
- istraživački potencijal** – istraživačka snaga, raspoloživost; potencijal istraživača / istraženog objekta
- jari usjevi (jarine)** – ratarske kulture koje se siju u proljeće, a dozrijevaju u kasno ljeto
- jednodomni cvijet** – **dvospolni cvijet** (cvijet s prašnicima i plodnim listovima, odnosno tučcima)
- kalcificirana kost** – kost koja je bila dulje vrijeme izložena vrlo visokim temperaturama te se je zbog oksidacije obojila u bijelo
- kasni glacijal** – kraj posljednjeg ledenog doba (pleistocena), oko 15.000 – 11.700 godina prije sadašnjosti, za koji su karakteristične klimatske oscilacije (vidi **glacijal**); podneblje je postalo sve toplije
- kasno drvo** – drvo koje nastane krajem sezone rasta (tj. u kasno ljeto odnosno jesen); provodne stanice koje ga tvore imaju debele stanične stijenke i uske lumene (suprotno: **rano drvo**)
- kastracija** – uklanjanje spolnih žlijezda, tj. testisa ili jajnika
- kenozoik** – geološko razdoblje koje je započelo prije oko 65 milijuna godina, a dijeli se na tercijar i **kvartar**
- kladistika** – suvremena grana **filogenetske** sistematike koja se bavi proučavanjem sličnosti između organizama i njihovom diobom prema zajedničkim svojstvima koje proizlaze od posljednjeg zajedničkog pretka
- kolagensko vlakno** – Snažni svežnjevi kolagena kao glavne strukturalne bjelančevine različitih vezivnih tkiva. Nalazimo ga i u hrskavici, kostima i zubima. Najčešće se javlja u obliku duguljastih vlakana (tzv. kolagenska vlakanca).
- kontaminacija** – onečišćenje, miješanje, oboljenje; kod palinoloških istraživanja onečišćenje uzorka sedimentom i/ili peludom koji je stariji, mlađi ili dolazi s druge lokacije, što može otežati pravilnu interpretaciju rezultata istraživanja
- kontinentalna klima** – klima za koju su karakteristične hladne zime i topla, suha ljeta, zajednička godišnja količina oborina je niska; javlja se samo na sjevernoj Zemljinoj polutki, npr. u istočnoj Europi
- koprolit** – fosilizirani izmet
- kora** (drveta) – krajnje vanjsko tkivo debila drveta, namijenjeno zaštititi od vanjskih utjecaja i protoku **asimilata** od listova prema korijenu; sastoji se od živog, provodnog dijela i neživog, zaštitnog dijela (ili **luba**)
- kriofilan** – koji voli niske temperature (flora i fauna)
- kriptogamne biljke ili tajnocvjetke** – naziv za biljke koje se razmnožavaju sporama i kod kojih nije uočljivo spolno razmnožavanje (Dolinar [ur.] 1985) (npr. papratnjače, mahovine)

- kritosjemenjača** – cvjetnjača kod koje je sjemeni zametak zaštićen u plodnici tučka koja se sazrijevanjem razvije u plod (Batič i sur. [ur.] 2011), suprotno: **golosjemenjača**
- kromosomi** – nitaste tvorbe u jednostaničnoj jezgri, nositelji nasljednih čimbenika (gena)
- kromosom Y** – jedan od spolnih **kromosoma** sisavaca; muške spolne stanice imaju po jedan kromosom X i jedan Y, ženske spolne stanice pak dva kromosoma X
- kronologija** – znanost o vremenskom slijedu događaja; u **dendrokronologiji**: krivulja koja prikazuje prosječan slijed godišnjeg prirasta drveta u debljinu (vidi također **referentna kronologija**)
- kultivar** – **kulturna**, uzgojena biljka (odlika, sorta), rodnijih i kvalitetnijih osobina (npr. veće sjemenke); uzgojena mutacijom, križanjem ili selekcijom prirodnih vrsta
- kultiviran** – udomaćen, uzgojen (vidi II. dio/3)
- kulturna biljka** – čovjeku korisna biljka koju je počeo namjerno uzgajati i s vremenom (mutacijom, križanjem i selekcijom) uzgojio u današnje, rodnije i kvalitetnije uzgajane sorte (**kultivare**)
- kutikula** – voštana prevlaka kod većine kopnenih biljaka koju izlučuju vanjske stanice
- kvartar** – posljednje geološko razdoblje **kenozoika**, dijeli se na **pleistocen** (2,58 milijuna godina – 11.700 cal BP) i **holocen** (11.700 cal. BP do danas). Nekada se je u kronologiji početak kenozoika postavljao u oko 1,78 milijuna godina prije sadašnjosti, no danas se početak pleistocena stavlja u početak magnetskog razdoblja Matuyama (2,58 milijuna godina prije sadašnjosti). (<http://stratigraphy.org>).
- laminiran sediment** – Slojevit sediment ili sedimentna stijena koja nastaje zbog cikličnih promjena u nanosu sedimenta. U dubokim jezerima, na primjer, talože se godišnji slojevi (varve) sedimenta karakteristične boje i kemijskog sastava s obzirom na godišnje doba u kojem su se taložile, slično kao **godovi** u drvetu.
- ledeno doba** – hladno razdoblje, **glacijal**; ponekad se pojam „posljednje ledeno doba” koristi i u širem značenju kao sinonim za **pleistocen**
- lidarske snimke** – LiDAR (eng. *Light Detection and Ranging*) jest tehnika snimanja iz zraka koja se provodi odašiljanjem laserskih zraka. Koristi se za izradu digitalnih modela zemljine površine, u arheologiji npr. za snimanje površine na područjima obraslima gustom vegetacijom.
- linearna interpolacija** – utvrđivanje vrijednosti funkcija između susjednih točaka s poznatom vrijednošću na dijagramu. U palinologiji se koristi za utvrđivanje starosti sedimenta između radiokarbonsko datiranih točaka, s pretpostavkom da je brzina taloženja sedimenta bila jednakomjerna ili pak matematičkim modeliranjem na kraćim dijelovima pretpostavimo manje promjene u brzini sedimentacije (npr. II. dio/1.1).

lub – neživi dio **kore** drveta

medijan – srednja vrijednost u nizu brojeva (npr. mjerenje) kod koje je polovica izmjerenih vrijednosti manja, a polovica veća od medijana; vidi II. dio/3.2, uokvireni tekst na stranicama 178. – 188.

mejotička dioba (mejoza) – Stanična dioba u dvije faze kod kojih se broj kromosoma reducira na polovinu, odnosno cijepanje jedne majčinske stanice s dvostrukim brojem kromosoma u četiri stanice koje imaju jednostruki broj kromosoma. Time dobijemo **haploidne** spolne stanice (gamete) ili **haploidne** spore, iz kojih se razvije gametofitna generacija.

melisopalinologija – znanost koja se bavi proučavanjem cvjetnog praha (peluda) u medu; analizom peluda istražujemo postupak oprašivanja i navike pčela, a možemo i utvrditi porijeklo i vrstu meda

mezokarp – središnji dio **perikarpa**, često drvenasti, sočni dio ploda

mezotrofni okoliš – hranjivim svojstvima srednje bogat okoliš (vidi također **oligotrofno**, **eutrofno**)

mikromorfologija sedimenta ili tla - proučavanje uzoraka sedimenta ili tla i pripadajućega arheološkog materijala na mikroskopskoj razini.

mikromorfološki – **morfologija** mikrosvojstava (svojstva koja nisu vidljiva golim okom, već mikroskopom)

mikroutočište – manje područje u kojem su se uslijed odgovarajućih mikroklimatskih uvjeta biljne (ili životinjske) vrste uspjele sačuvati od nepovoljnih klimatskih uvjeta i iz kojeg su se ponovno proširile nakon završetka nepovoljnog razdoblja

mineralizacija – Proces kruženja tvari koji se temelji na razgradnji mrtvih organskih tvari, koje pak zamijene anorganski spojevi, bez obzira na prisutnost kisika. Odvija se uz suradnju brojnih mikroorganizama. Uz prisutnost kisika organske tvari oksidiraju, njegovom odsutnošću pak odvija se proces redukcije i to slijedom faza.

mitohondrijska DNK (mtDNK) – Nosilac genetske informacije u mitohondrijima, tj. onim strukturnim i funkcionalnim jedinicama stanice u kojima se odvija stanično disanje. Većina je ostale deoksiribonukleinske kiseline (DNK) kod životinjskih, biljnih i ljudskih stanica prisutna u njihovoj staničnoj jezgri. Važno je znati da se mtDNA prenosi većinom po majčinoj liniji.

mlađi drijas – posljednje **kasnoglacijalno** hladno razdoblje, koje je nastupilo tik pred **holocenskim** zatopljenjem podneblja; podudara se s grenlandskim stadijalom GS-1 (12.900 – 11.700 cal. BP)

monofiletska skupina – taksonomska skupina organizama koja obuhvaća zajedničkog pretka i sve njegove potomke

morfološki, **morfologija** – znanost koja proučava oblik biljnog i životinjskog tijela, osobito njihovu građu; njome utvrđujemo oblik i dimenziju tijela i njegove dijelove

multidisciplinarno istraživanje – istraživanje u kojemu, pri proučavanju zajedničke pojave, surađuju stručnjaci iz različitih znanosti

- multiproksi istraživanje** – multidisciplinarno istraživanje u kojemu se paleoekološka istraživanja provode na istom uzorku (npr. sedimenta, drva)
- nepljevičaste žitarice** – žitarice s **golim zrnima**, koja nakon zrenja ispadaju iz klasića i nisu snažno obavijena pljevicama (suprotno: **pljevičaste žitarice**)
- nereprezentativan** – nevjerodostojan, nepouzdan, koji na neodgovarajući način posreduje (interpretira) rezultate istraživanja (suprotno: **reprezentativan**); u statistici označava premalen uzorak, koji zato ne predstavlja nužno opće stanje
- nukleotid** – element koji gradi nukleinsku kiselinu (DNK), sastoji se od organske baze, šećera pentoze i ostatka fosforne kiseline
- nuklid** – vrsta atoma s točno određenim sastavom atomske jezgre (tj. brojem protona i neutrona)
- očinska linija nasljeđivanja** – nasljeđivanje koje se prenosi s oca na sina
- oligotrofni okoliš** – okoliš siromašan hranjivim tvarima (suprotno: **eutrofni okoliš**)
- ontogenetska starost** – starost organizma od trenutka oplodnje jajne stanice nadalje
- oscilacija** – variranje; u ovoj knjizi pojam se koristi kod opisivanja brzih i kratkotrajnih klimatskih promjena u duljim razdobljima, za razliku od sezonskih oscilacija između godišnjih doba
- osteoporoza** – bolest za koju je karakteristično smanjenje kvalitete i količine koštane čvrstoće te povećan rizik od prijeloma kosti već od blagih udaraca ili relativno manje opterećenosti
- ostrakodi** – **dvoljušturci** (*Ostracoda*); podrazred rakova s ljušturom od kalcijeva karbonata; analiza izotopskog sastava njihovih ljuštura često se koristi u istraživanjima nekadašnjeg podneblja
- ozimine (ozimi usjevi)** – Siju se u jesen, dozrijevaju u proljeće/ljeto.
- paleoekologija** – znanost o odnosu između organizama i okoliša u geološkoj prošlosti
- paleoekološko nalazište** – lokacija (npr. jezero, tresetište) na kojoj se provodi paleoekološko istraživanje
- paleoekonomija** – znanost koja proučava gospodarstvo naših predaka
- paleontologija** – znanost o životu i razvoju živog svijeta u geološkoj prošlosti; uključuje proučavanje taksonomije, evolucije i ekologije fosilnih organizama te njihove stratigrafske i geografske rasprostranjenosti
- paleookoliš** – nekadašnji okoliš, vegetacija ili životinjski svijet
- paleoproteomika** – biomolekularna istraživačka disciplina usredotočena na ekstrakciju i analizu proteina iz arheozooloških organskih ostataka. Od više paleoproteomičkih metoda u arheozoologiji je najraširenija tzv. zooarheologija masenom spektrometrijom, odnosno ZooMS (Zooarchaeology of Mass Spectrometry).
- pedologija** – znanost koja proučava svojstva tla, njihov nastanak i razvoj (pedološki procesi)

- perikarp** – ovojnica koja obavija sjeme i nastaje iz plodnice tučka (usplođe)
- plankton** – organizmi koji lebde u vodi (obično blizu površine) i nisu aktivni plivači (npr. planktonske **dijatomeje**, planktonski **krednjaci**)
- pleistocen** – Geološko razdoblje, stariji dio kvartara (početak od prije oko 2.600.000 i kraj prije 11.700 godina), za koje su karakteristične klimatske oscilacije te izmjena ledenih i međuledenih doba. Iz Zemljine povijesti poznato nam je barem pet ledenih doba (u razdoblju prije kvartara najmanje četiri) za koja su karakteristični široki ledeni pokrovi na sjevernoj i južnoj polutki.
- pljeva** – sastavni dio žitnog klasića koji obavija zrno; poseban oblik **brakteje**
- pljevičaste žitarice** – žitarice sa zrnima (**pljevicama**) koja nakon sazrijevanja ispadaju zajedno sa sraslim pljevicama (suprotno: **nepljevičaste žitarice**)
- pljevica** – zrno trave (žitarica) koje nakon zrenja ispada iz klasića obavijeno pljevom (suprotno: **golo zrno**)
- plod** – Nastaje iz plodnice tučka. Sastoji se od jednog ili više sjemenki i **perikarpa**, koji obavija sjemenke. Omogućava širenje sjemenki.
- plod tobolca** – suhi plod s više sjemenki iz kojeg se nakon sazrijevanja istresu sjemenke (npr. lan)
- plodni list** – preobraženi listovi sjemenki na kojima se razvijaju **sjemeni zametci** i iz njih, nakon oplodnje, sjeme; kod **kritosjemenjača** jedan ili više plodnih listova izraste u tučak
- populacijska gustoća** – broj osoba na jedinici površine ili volumena
- praškasti sediment** – sadrži prah tj. mineralne dijelove veličine 0,002 – 0,05 mm, koji su veći od gline (< 0,002 mm) i manji od pijeska (0,05 – 2 mm)
- prapovijest** – najstarije razdoblje ljudskog razvoja za koje još nemamo pisane izvore; prapovijesna arheološka razdoblja jesu kameno, bakreno, brončano i željezno doba
- predak** – divlja životinjska vrsta čiji su predstavnici u procesu **domestikacije** predstavljali polazište za razvoj odgovarajuće domaće vrste životinja (npr. divlja svinja predak je domaće europske svinje)
- radiokarbonsko (C14-) datiranje** (= datiranje radioaktivnim ugljikovim izotopom [¹⁴C]) – Najčešće korištena radiometrična datacijska metoda u **kvartarnoj paleoekologiji** i arheologiji. Upotrebljava se za utvrđivanje starosti (**sub**)**fosilnih** biljnih i životinjskih ostataka, na temelju odnosa između radiokarbonskog i **stabilnog** ugljikova izotopa (¹⁴C : ¹²C) koje sadrže. Tom metodom možemo datirati uzorke mlađe od oko 50.000 godina.
- rahitis** – bolest kostiju za koju je karakteristično omekšavanje koštanog tkiva, najčešće zbog nedostatka vitamina D
- rano drvo** – drvo nastalo na početku sezone rasta (tj. u ranoproljetnim ili ranoljetnim mjesecima); provodne stanice koje ga tvore imaju tanke stanične stijenke i široke lumne (suprotno: **kasno drvo**)

- referentan** – usporedben, za usporedbu; na primjer, referentna zbirka recentnih vrsti sjemenki i plodova ili životinjskih ostataka (slika 61)
- referentna kronologija** – u dendrokronologiji to je **kronologija** koju dobijemo mjerenjem slijeda godišnjeg prirasta drveta u debljinu te je apsolutno datirana; njome možemo datirati još nedatirane kronologije (vidi I. dio/2.6.1)
- reprezentativan** – vjerodostojan, koji dobro predstavlja stvarno stanje, npr. uzorkovanje koje zbog veličine uzorka omogućava da nasumična odstupanja neće utjecati na prepoznavanje općeg stanja
- rezolucija** – razlučivanje; u ovoj knjizi viša rezolucija znači da je u istraživanju bilo analizirano mnogo uzoraka koji su iz bušotine prikupljeni na vrlo malim prostornim i vremenskim razmacima, stoga viša rezolucija znači veću točnost istraživanja
- romanizacija** – uvođenje rimske kulture, latinskog jezika i općih životnih običaja na područjima koje je osvojio antički Rim
- rožnate ploče (ljuske)** – koštane tvorbe u obliku jedne ili više pločica, ljuski i drugih sličnih struktura u usmini kože brojnih vrsta gmazova i vodozemaca; kod sisavaca javlja se tek iznimno (npr. pasanci); sinonim: osteoderm
- ruderalni okoliš, vegetacija** – karakterističan okoliš u blizini čovjekovih nastambi, također uz putove i ceste, u kojem zbog jako pognojenih, odnosno **antropogeno** opterećenih tala (npr. utabanih, prekopenih ili s visokim udjelom dušika) prevladavaju određene (zovemo ih ruderalne) biljne vrste (npr. bijela loboda, kopriiva); okoliš stalno izložen smetnjama (gaženje, vožnja, ratarstvo) koje uzrokuje čovjek
- samonikao – autohton** (suprotno: **alohton**)
- sediment** – taložni materijal koji se sastoji od nevezanih zrnaca (minerali, ulomci stijena, ostaci organizama) u vodenom okolišu ili na kopnu; vezanjem zrnaca iz sedimenata nastaju sedimentne stijene
- sedimentacija** – taloženje sedimenta
- sedimentacijska razina** – više-manje vodoravan sloj sedimenta na nekom nalazištu koji uvažava mogući upad (nagib) slojeva i zato predstavlja relativno vrijeme; sve što se je dogodilo u određenoj debljini sedimenta pripada određenoj sedimentacijskoj razini (Turk 2003, 10)
- sedimentologija** – grana geologije koja proučava sastav, građu i nastanak **sedimenata** i sedimentnih stijena
- sekvencija/slijed** – slijed ulomaka, djelića koji zajedno sastavljaju cjelinu ili slijed (različitih dijelova) sedimenata u stratigrafskom stupcu
- sekvenciran** – razdijeljen po sljedovima, npr. stupac sedimenta (vidi II. dio/1.2 i 5.2, slika 125)
- sferuliti** - male, bezbojne i prozirne sferične strukture kalcijevog karbonata sastavljene od radijalnozrakasti igličastih kristala pravilnoga oblika, veličine od 4 do 12 µm, a ponekad i do 20 µm; nastaju u crijevima preživača

- sjeme ili sjemenka** – biljna tvorevina koja se trajno širi; razvija se iz **sjemenog zametka** nakon oplodnje u plodnici tučka kod **kritosjemenjača** ili na plodnim listovima kod **golosjemenjača**
- sjemeni zametak** – organ biljke u plodnici tučka odnosno na plodnim listovima iz kojeg će se nakon uspješnog oprašivanja i oplodnje razviti **sjeme**
- sinkronizirati** – vremenski uskladiti, utvrditi istodobnost
- srž** – unutrašnji sloj rastućeg drveta u kojem su stanice odumrle, a rezervne tvari koje su sadržavale (npr. škrob) uklonile su se ili se promijenile u sržne tvari (Torelli 1990); srž može biti neobojena (smreka, jela) ili obojena (hrast, bor)
- spore** – različito oblikovane stanice koje omogućavaju nespolno razmnožavanje biljaka (npr. gljiva, algi, papratnjača i mahovina) i kojima za daljnji razvoj nije potrebna oplodnja
- sporopolenin** – mješavina kompleksnih biopolimera koji se vjerojatno sastoje od karotenoida i njihovih estera; sporopolenin gradi vanjsku ovojniciu (eksinu) peluda i spora te staničnu stijenku nekih vrsta zelenih algi
- stabilni izotopi** – atomi kemijskog elementa koji u jezgri imaju jednaki broj protona i različiti broj neutrona, pri tome je jezgra stabilna; suprotno se u nestabilnim izotopima atomska jezgra tijekom procesa nuklearnog raspadanja spontano raspadne u drugu atomsku jezgru
- stadijali** – najhladniji dijelovi **glacijala**; to su npr. razdoblja širenja ledenjaka, kada su se ledeni vrhovi u Atlantiku pomaknuli južnije no obično (tzv. eng. *Heinrich events*)
- stratigrafija** – grana geologije koja slojeve prema njihovu međusobnom položaju, fosilnom inventaru, litološkim, geokemijskim ili geofizikalnim svojstvima razvrstava po starosti (<http://stratigraphy.org>)
- subfosilni ostatak** – još nedovršen fosiliziran ostatak npr. biljke/životinje, dakle proces fosilizacije još uvijek traje ili zbog promijenjenih uvjeta u okolišu u kojem se nalazi, ili jer sam proces fosilizacije nije dovršen.
- sukcesija** – U (paleo)ekološkim istraživanjima označava vremenski slijed karakterističnih faza vegetacije na određenom staništu, novoj površini (odnosno površini koja nastane zbog smetnje kao što je sječa šume, požar, sipara). Najprije površinu brzo prekriju brzorastuće i manje zahtjevne, pionirske biljne vrste, koje promijene okoliš te stvore uvjete za širenje zahtjevnijih vrsta, koje su uspješnije u utrci za prostor i svjetlost.
- tafocenoza** – skup ostataka mrtvih organizama koje smo pronašli u nekom arheološkom ili paleontološkom kontekstu i koji su, dakle, uspješno odolijevali uništavajućem djelovanju tafonomskih čimbenika na sediment i u njemu; to je faza koja slijedi nakon **tanatocenoze** (Lyman 1999)
- tafonomija** – znanstvena disciplina koja se bavi istraživanjima procesa od smrti organizma do njegova očuvanja u **(sub)fosilnom** zapisu. Ti procesi (raspadanje,

transport, sedimentacija, fosilizacija) na ostatke različitih organizama djeluju selekcijski i u znatnoj mjeri određuju sastav fosilnih zajednica. Za pravilnu interpretaciju paleoekološkog zapisa stoga je nužno dobro poznavanje tafonomskih procesa.

takson – sistematikom prepoznata i imenovana skupina srodnih organizama (npr. rod, vrsta, podvrsta); vidi II. dio/Uvod

taksonomija – grana koja se bavi sistematikom živih bića; cilj je taksonomije uređenje sustava živih bića na temelju srodstvenih veza i evolucijskih veza (**filogenija**); vidi II. dio/Uvod

tanatocenoza – skup ostataka mrtvih organizama koji su bili dio biocenoze (Lyman 1999)

tefra – piroklastični sediment (sediment koji se sastoji od ulomaka nastalih erupcijom vulkana), bez obzira na veličinu zrnaca

tefronkronologija – metoda datiranja koja se temelji na korelaciji horizonata **tefre**

tipologija – razvrstavanje predmeta (također priča, jezika) po njihovim obilježjima; u arheologiji na temelju tipoloških karakteristika nekih arheoloških predmeta možemo odrediti njihovu starost i porijeklo/kulturu

trzalci (*Chironomidae*) – porodica kukaca iz reda dvokrilaca

umjetna selekcija – postupak kojim čovjek mijenja genski zapis životinja ili biljaka tako što će za razmnožavanje odabrati samo predstavnike vrste s poželjnim svojstvima (npr. davanje više mlijeka, mesa i masti, veća izdržljivost i sl.)

U/Th datiranje – metoda utvrđivanja starosti uzoraka koji sadrže kalcijev karbonat ili fosfat (npr. sige, koralji, zubi, starosti do 500.000 godina), s obzirom na količinu radioaktivnih izotopa torija (^{230}Th) i urana (^{234}U)

uzda – za neposredno upravljanje životinjom stavlja se životinji na glavu; sastoji se od **žvala** i remenja

vegetacija – biljni pokrov koji zajedno tvore sve biljne vrste nekog područja i vremena

vegetativno razmnožavanje – razmnožavanje bez oplodnje i razmjene genetskog materijala. Biljke se mogu razmnožavati širenjem podanaka, zakorjenjivanjem izdanaka, širenjem višestaničnih struktura npr. pupoljaka. Često se vegetativno razmnožavanje odvija usporedno sa spolnim (suprotno: spolno razmnožavanje).

skenirajući/pretražni elektronski mikroskop (SEM) – oblik skenirajućeg mikroskopa koji osim visoke razlučivosti posjeduje i veliku dubinsku oštrinu te je stoga namijenjen trodimenzionalnom promatranju površina i analizi struktura s velikim povećanjem

zajednica – karakteristična kombinacija biljnih vrsta na određenom staništu koja je nastala prilagodbom na okolišne čimbenike (Batič i sur. [ur.] 2011)

zbirni plodovi – tvorba nastala iz više **plodnih listova**, koja se sastoji od više plodnica (Dolinar [ur.] 1985)

zeljaste biljke (zeleni) – u ovoj knjizi pojam „zeljaste biljke” („pelud zeljastih biljaka”) označava biljke bez trajne drvene stabljike iznad zemlje

zimska letargija – poseban oblik gladovanja tijekom klimatskih i prehrambeno nepovoljnog dijelova godine s mogućnošću neutraliziranja otrovnih produkata probave; fiziološko stanje slično zimskom snu (**hibernaciji**), ali s manje izraženim padom tjelesne temperature, manjim smanjenjem frekvencija otkucaja srca i sl.

zubni cement – mineralizirano tkivo koje pokriva površinu na korijenskom dijelu zuba (vidi sliku 54)

žrvanj – kamena naprava za mljevenje, najčešće se koristi za mljevenje zrna žitarica u brašno

žvale – dio **uzde** koji se nalazi u ustima konja

Pojmovnik engleskih stručnih pojmova

awn – osje, tanki krajnji izbojci na **obuvenu** žitnog zrna (v. sliku 32)

background pollen – pozadinski pelud

before present (BP) – starost u godinama prije sadašnjosti, tj. prije 1950. godine, utvrđena **radiokarbonskim datiranjem**

bracts – zalistak ili brakteja, **pljevice** kod trava i žitarica (v. sliku 32)

by-products – ostaci vršidbe žitarica (v. sliku 34)

crop processing – načini (ili tehnike) ljuštenja žitarica (tj. odvajanje zrna od pljeve) (v. sliku 34)

cultivated plants – **kulturne biljke**; čovjeku korisne biljke koje je namjerno počeo uzgajati i s vremenom (mutacijom, križanjem i selekcijom) uzgojio u današnje, plodnije i kvalitetnije uzgojene vrste (**kultivare**)

domesticated plants – „udomaćene”, uzgojene biljke (ne nužno **kultivari**)

floral bracts – cvjetne **pljevice** (v. sliku 32)

free-shape algorithm – algoritam za vijugaste krivulje

free-threshing cereals – **nepljevičaste** žitarice ili žitarice s nesraslim pljevicama (sinonim: *naked cereals*, v. dolje; suprotno: *cereals*, v. dolje)

general linear line-fitting by singular value decomposition – linearna interpolacija s dekompozicijom matrice na singularne vrijednosti

glume – pljeva u klasiću kod trava, žitarica (v. sliku 32)

glume base – dno pljeve bez rahisa (v. sliku 32)

glume cereals – **pljevičaste** žitarice ili žitarice sa sraslim pljevicama (sinonim: *hulled cereals*, v. gore; suprotno: *naked cereals*; v. dolje)

hard water effect – utjecaj tvrde vode na rezultate **radiokarbonskog datiranja**

hulled barley – obični ječam sa sraslim **pljevicama** (suprotno: *naked cereals*; v. dolje)

hulled cereals – **pljevičaste** žitarice ili žitarice s priraslim pljevicama (sinonim: *glume cereals*, v. gore; suprotno: *naked cereals*, v. dolje)

ice-rafted debris (IRD) events – hladnija razdoblja, odnosno Bondovi događaji (v. II. dio/6.1)

judgment sampling – uzorkovanje prema nahodanju (suprotno: *surface sampling*, v. dolje)

lemma – obuvenac u klasiću kod trava, žitarica (v. sliku 32)

- loss-on-ignition analysis* – utvrđivanje količine organskih i anorganskih tvari u sedimentu gubitkom nastalim žarenjem
- MNE (Minimum Number of Elements)* – najmanji broj elemenata; jedan od načina prikaza količine ostataka koštanih elemenata u arheozoološkom gradivu (v. I. dio/3.6.1)
- MNI (Minimum Number of Individuals)* – najmanji broj jedinki; jedan od načina prikaza količine životinjskih ostataka u arheozoološkom gradivu (v. I. dio/3.6.1)
- multi-proxy* – multidisciplinarno, multiproksi istraživanje kod kojih se paleoekološka istraživanja provode na istom uzorku (npr. sedimentu, drvu)
- naked barley* – obični ječam s nesraslim **pljevicama** (suprotno: *hulled barley*, v. gore)
- naked cereals* – **nepljevičaste** žitarice ili žitarice s nesraslim **pljevicama** (sinonim: *free-threshing cereals*, v. gore)
- NISP (Number of Identified Specimens)* – broj određenih ostataka; jedan od načina prikaza količine životinjskih ostataka u arheozoološkom gradivu (v. I. dio/3.6.1)
- palea* – košuljica u klasiću kod trava, žitarica (v. sliku 32)
- panicle* – vlat kod trava, žitarica također
- (PAR) pollen accumulation rates* – brzina taloženja peluda
- profile sampling* – uzorkovanje s prikupljanjem stratigrafskih stupaca sedimenta iz profila iskopne sonde
- rachis* – rahis, vreteno klasića kod trava, žitarica također (v. sliku 32)
- random surface sampling* – uzorkovanje s površine prema nahodjenju (suprotno: *systematic surface sampling*; v. gore)
- (relevant) pollen source area* – (relevantno) izvorno područje peluda
- spike* – klas trave, žitarica (v. sliku 32)
- spikelet* – klasić kod trava, žitarica (v. sliku 32)
- spikelet axis* – os klasića (v. sliku 32)
- spikelet fork* – kraći ulomak rahisa zajedno s **pljevom** (v. sliku 32)
- summer crop weeds* – pljeva **jarine** (suprotno: *winter crop weeds*)
- surface sampling* – uzorkovanje s površine
- systematic surface sampling* – sustavno uzorkovanje s površine
- tempering* – povezati, odnosno učvrstiti (npr. glineni predmet)
- ubiquity* – sveprisutnost (v. uokvireni tekst na str. 72)
- variety* – sorta ili **kultivar**
- wash over* – spiranje (flotiranje) sedimenta na sitima (sinonim: *wet sieving*; v. gore)
- waterlogged* – vodom natopljen
- wet (water) sieving* – spiranje (flotiranje) sedimenta na sitima (sinonim: *wash over*; v. gore)
- winter crop growing* – **ozimina**
- winter crop weeds* – pljevice **ozimine**

Prilog 1: Dokumentiranje spiranja sedimenta iz kulturnog sloja za analizu biljnih makroostataka

ident. br. uzorka:		datum uzorkovanja na terenu:	
ime spiratelja:		datum i vrijeme spiranja uzorka:	
arheološko nalazište:		vrsta naseobine:	
arheološko razdoblje:		br. kvadrata:	
br. poduzorka:		stratigrafska jedinica:	
VRSTA SPIRANJA:		VRSTA SEDIMENTA:	
polufлотacija	<input type="text"/>	organsko	<input type="text"/>
»gold-wash«	<input type="text"/>	ilovača	<input type="text"/>
mokro flotiranje	<input type="text"/>	»polžarica«	<input type="text"/>
flotiranje	<input type="text"/>	pjeskovito	<input type="text"/>
ostalo:	<input type="text"/>	ostalo:	<input type="text"/>
VOLUMEN UZORKA:			
uzorkovanje na terenu (kg/l):	<input type="text"/>		
prije spiranja (l):	<input type="text"/>		
nakon spiranja (ml):	organsko	anorgansko	poduzorak – prikupljanje za analizu
2-mm frakcija	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0,355-mm frakcija	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
POHRANA UZORKA:		UZORAK S TERENA:	
mokro, hladnjak, tamno,	<input type="text"/>	mokar	<input type="text"/>
suho	<input type="text"/>	suh	<input type="text"/>
PRISUTNOST MATERIJALA:		NAPOMENE:	
ugljen	<input type="text"/>		
sjemenke, plodovi	<input type="text"/>		
drvo, grane, listići	<input type="text"/>		
keramika	<input type="text"/>		
opeka	<input type="text"/>		
metal	<input type="text"/>		
kosti	<input type="text"/>		
mekušci (kućice, ljuske)	<input type="text"/>		
ribe	<input type="text"/>		
drugo:	<input type="text"/>		
LEGENDA:	X	pojedinačno	
	XX	nekoliko	
	XXX	mного	

Prilog 2: Klasifikacija materijala u uzorku/poduzorku br. _____

anorganski materijal		2 mm	0,355 mm
	kamenje		
	konkrekcije		
	grumen ilovače		
	ostalo:		
arheološki nalazi			
	keramika, opeka		
	metalni predmeti		
	staklo		
	obrađano drvo		
	tekstil, koža		
	ostalo:		
biljni nalazi			
a) mineralizirani	plodovi, sjemenke		
	fragm. drva		
	ukupni org. materiala/izmet, hrana		
	ostalo:		
b) karbonizirani	plodovi, sjemenke		
	fragm. drva		
	kora, lub		
	grane, listići		
	amorfni objekti		
	ostalo:		
c) subfosilni, nekarbonizirani	plodovi, sjemenke		
	fragm. drva		
	kora, lub		
	grane, listići		
	korijenje		
	ukupni org. materiala/izmet, hrana		
	ostalo:		
d) raspadnuto	ostaci:		
e) slano konzerviranje	ostaci:		
f) metalno konzerviranje	ostaci:		
životinjski nalazi			
a) kosti, zubi	kosti, zubi velikih sisavaca		
	kosti, zubi malih sisavaca		
	ptice		
	vodozemci, gmazovi		
	kralješci riba		
	riblje ljuske		
b) mekušci	kućice, ljuske		
c) drugi životinjski ostaci	kukci		
	kukci-ličinke		
	ostalo		

LEGENDA: X pojedinačno
 XX malo
 XXX mnogo
 XXXX prevladava

Maja Andrič, palinologinja

maja.andric@zrc-sazu.si

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske
akademije znanosti in umetnosti,
Inštitut za arheologijo

Tjaša Tolar, arheobotaničarka

tjasa.tolar@zrc-sazu.si

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske
akademije znanosti in umetnosti,
Inštitut za arheologijo

Siniša Radović, arheozoolog

sradovic@hazu.hr

Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti,
Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara

Borut Toškan, arheozoolog

borut.toskan@zrc-sazu.si

Znanstvenoraziskovalni center Slovenske
akademije znanosti in umetnosti,
Inštitut za arheologijo

Katarina Gerometta, geoarheologinja

katarina.gerometta@unipu.hr

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli,
Filozofski fakultet,
Centar za interdisciplinarna
arheološka istraživanja krajolika

ISBN 978-953-377-051-2



9 789533 770512