

O nespornosti arheoloških radiokarbonskih datacij starejših od 30000 let BP

©Robert Hedges, Paul Pettitt

Radiocarbon Accelerator Unit, University of Oxford

Abstract: We make a critical assessment of radiocarbon dates measured close to the age limit of the technique. We discuss and classify sources of error in the dating, as these dominate the ultimate age obtainable. We show that, in addition to errors that can be estimated by the laboratory, other evidence must be included. We discuss external evidence, assessing the archaeological and chemical consistency of dates that may be compared with each other. Our conclusion is, that the great majority of dates, on all materials, can be trusted up to at least 41 ka BP. This holds specifically for Oxford AMS dates, but it is also very likely to hold more widely.

Ključne besede: radiokarbonsko datiranje, mlajši paleolitik, ocena.

Uvod

V tem članku nameravamo predstaviti kritično oceno radiokarbonskih datacij, katerih izmerjeni rezultati se približujejo starostni omejitvi metode. V večjem delu se sicer ukvarjava z datacijami, ki so bile narejene v Oxfordu, vendar meniva, da so sklepi splošno sprejemljivi. Prav tako meniva, da bi lahko bil najin pristop splošno sprejet ter da bi to ustvarilo večje zaupanje do datacij za to obdobje, ki se pojavljajo v objavah.

Nespornost arheološke radiokarbonske datacije lahko pojmuje kot dvodelno. Na eni strani gre za vprašanje, če je dejanska starost vzorca pravilna (znotraj citiranega razpona), na drugi strani pa se postavlja vprašanje, če lahko starost vzorca korektno predstavlja starost arheološkega dogodka ali ostanka. Čeprav obeh delov ni mogoče popolnoma ločiti, se bova v besedilu ukvarjala zgolj s prvim delom. Vendar je obseg, do katerega je arheološka informacija povezana s starostjo vzorca, odvisen od posameznih okoliščin vzorca – to je od stratigrafske interpretacije konteksta – ter je zato nemogoče postavljati generalizacije. Pa vendar ostaja razmerje med vzorcem in arheološko interpretacijo vitalnega pomena ter zahteva prav tako kritično preverbo, kot jo zahteva tudi sama radiokarbonska datacija. Zato se v tem članku ukvarjava predvsem z ocenitvijo dokazov, da se citirane datacije res nahajajo znotraj navedenih standardnih

deviacij. To je pomembno predvsem za datacije, ki so starejše od 30,000 let, kajti pri njih postajajo standardne deviacije veliko večje ter jih je potrebno še posebno natančno oceniti.

Pri starosti 30,000 let je vsebnost ^{14}C reducirana na 2,5% moderne vrednosti (1950 AD). Zato je lažje pojmovati meritve iz tega časovnega razpona v terminih % modernih (pmc). Prav tako je pri tem poudarjena pomembnost, ki jo kaže standardna deviacija, kot nam prikazuje enačba, ki kaže ultimativno starost radiokarbonske datacije:

$$\text{ultimativna starost (pmc)} = 2 \times \text{standardna deviacija (pmc)}$$

Potemtakem standardna deviacija določa sposobnost določitve ultimativne starosti.

Standardna deviacija

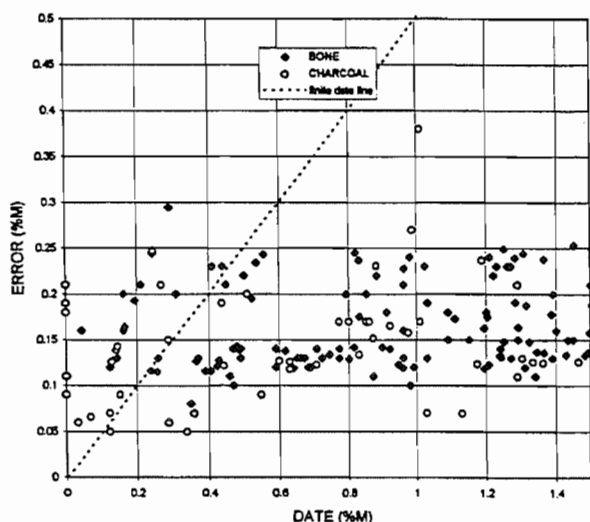
Obstajajo tri glavne komponente pri oceni napake radiokarbonske datacije. Te so:

1. napaka, ki je posledica končnih statističnih izračunov;
2. vsaka dodatna naključna napaka pri merjenju količine ^{14}C v pripravljenem vzorcu;
3. napaka, ki je posledica negotovosti pri zamenjavi vsebine ^{14}C kot posledice laboratorijskega oplenitvenja (vedno obstaja majhna dodatna kontaminacija z ogljikom).

Dodatno pa obstaja tudi napaka, ki je posledica negotovosti pri odstranjevanju vsega "kontaminirajočega" ogljika v vzorcu, ki se je nabral med tem, ko je bil vzorec zakopan. Pri normalnih pogojih je napaka številka 1 dominantna pri vzorcih, mlajših od 20 do 25 ka BP, napaka številka 2 je navadno le minornega pomena ter je zagotovo zanemarljiva pri "starejših" datumih. V resnici je dominantna napaka številka 3, ki jo imenujemo LGBE (Laboratory Generic Background Error). Napaka, ki sva jo dodatno navedla v začetku tega odstavka, pa se imenuje SSE (Sample Specific Error) ter je prav tako vredna upoštevanja. Vendar pa za nobeno

specifično datacijo ni mogoče zanesljivo določiti SSE (to bo prikazano kasneje).

LGBE, ki je neodvisna od samega vzorca, se lahko oceni na podlagi meritev laboratorijskih testnih vzorcev, vendar je odvisna od specifične vrste kemijske obdelave vzorca. Velikokrat vsebuje komponento, ki se manjša, če povečujemo vzorec. Pri večini laboratorijev leži ocenjena LGBE med 0,2 do 0,05 pmc. Navadno je standardna deviacija velik odstotek (20 do 50%) dejanskega laboratorijsko generiranega ozadja, tako da je pomembno delo na zmanjševanju LGBE. Slika 1 kaže celotno navedeno standardno deviacijo v odnosu na starost za vzorce oglja in kosti OxA datacij, ki so starejše od 30 ka BP.



Slika 1 : Ocene napak za datacije, narejene na vzorcih kosti, ki so natisnjene proti pmc (odstotku modernega ogljika) za vsak vzorec. Črtkana linija definira področje (na vrhu levo), v katerem bo vsaka točka, ki prikazuje datacijo, interpretirana kot neskončna (to je datacija "večja od ...").

Ker pa je SSE po definiciji specifična za vzorec, jo je nemogoče oceniti na podlagi izvajanja testnih meritev na merilnih aparaturah. Na primer, meritve kosti znanih starosti (ali zelo starih kosti) nam lahko do neke mere pojasni, do katere mere kemijska predobdelava odstranjuje kakršnekoli kontaminatorje, ki bi lahko vplivali na vzorec. Vendar je to neuporabno za kosti, ki so bile

podvržene različnim kemijskim vplivom iz okolja. Očitno si laboratoriji prizadevajo, da bi z metodami kemijske predobdelave zreducirali SSE na ravni, ki ležijo pod LGBE, vendar je to nemogoče zagotoviti.

Glede na fundamentalne vloge, ki jih igrajo laboratorijske napake, ter zavedajoč, kako težko je oceniti ostanke kontaminirajočega radioaktivnega ogljika, postaja ocena datacij glede na zunanje razloge vedno bolj pomembna.

Vrednotenje na osnovi zunanjih dokazov

Zatečemo se lahko k štirim različnim prijemom:

- primerjava z drugimi "absolutnimi" metodami datiranja;
- konsistentnost z drugimi arheološkimi horizonti v regiji;
- konsistentnost s stratigrafijo znotraj samega najdišča;
- konsistentnost z vzorci iz različnih materialov ali kemikalij znotraj stratuma.

Med naštetimi je zgolj prva metoda popolnoma neodvisna. Vendar so pri alternativnih metodah datiranja, kot sta termoluminescenca ter ESR, možne občutne napake, prav tako pa primerjava trpi zaradi še ne dobro dokumentiranih korekcij kalibracijske krivulje pri teh metodah (Kitagawa, van der Plicht 1998). Zaradi tega absolutne metode datiranja še vedno ne morejo poskrbeti za ustrezno kontrolo datacij.

Konsistentnost znotraj arheoloških horizontov in med njimi

V času med 50 do 30 ka BP smo v Evraziji pričali najdbam, ki jih uvrščamo v mlajši srednji in starejši mlajši paleolitik, ter verjetno trenutno najbolj intenzivno preučevanem fenomenu paleolitskih raziskav – izumrtju neandertalcev in širitvi anatomske modernih ljudi – procesu, ki ga arheološko zaznamuje prehod iz srednjega v mlajši paleolitik. Bolj specifično imamo zraven aurignacijskega opravlja z različnimi "prehodnimi" industrijami, kot je châtelperronien iz severnega dela Iberskega polotoka in južne Francije.

Za obdobje > 30 ka je bilo v Oxfordu narejenih okoli 400 datacij. Znotraj tega vzorca lahko sekvence datacij primerjamo z notranjo konsistenco ali pa jih primerjamo z drugimi najdišči iz dane regije. Tak pristop sva izbrala tukaj za pozno moustérienske in zgodnje mlajšepaleolitske industrije.

Španija: V Oxfordu so bili datirani vzorci iz El Castilla, L'Arbrede ter Reclau Viver iz Katalonije (Hedges et al. 1994) ter Vanguard in Gorham's Cave iz Gibraltarja (Stringer et al. 2000). V Castillu se sekvenca šestih datacij oglja ujema s stratigrafsko sekvenco, ta se razteza od 40 do 37 ka BP, ter s tem potrjuje, da je mlajši paleolitik dosegel severno Španijo pred približno 40 ka BP. Tudi v Arbredi so bili rezultati notranje konsistentni, vendar nekoliko mlajši kot v Castillu. Dva vzorca kosti iz Reclau Viver objemata najstarejšo in najmlajšo starost Aurignaciena s teh dveh najdišč z datacijo približno 30 ka za aurignacienski horizont ter z datacijo približno 40 ka za horizont arhaičnega aurignaciena, ki se je nahajal 80 cm globlje. V nasprotju s temi pa je datacija kosti iz srednjepaleolitske plasti v Ermetons pokazala starost približno 33 ka starost, ki jo izkopavalci pojmujejo kot zanesljivo. V Vanguard Cave v Gibraltarju je majhna serija datacij kosti in oglja konsistentna ter kaže, da je bila jama zasuta do današnje ravni že pred 40 ka leti BP. Obsežnejša sekvenca datacij je bila pridobljena iz vzorcev oglja in kosti iz zgornjih depozitov Gorham's Cave, ki so, čeprav je delo šele v začetnji stopnji, notranje konsistentni. Najmlajši srednji paleolitik je datiran na približno 45 ka, najstarejše mlajšepaleolitske industrije pa se pojavijo pred približno 30 ka BP. Kasnejše mlajšepaleolitske industrije, ki se pojavijo nad tem horizontom, so stare okoli 30 ka (štirje vzorci iz istega horizonta so statistično identične starosti) in 25 ka BP. Prav tako je konsistentna s stratigrafijo najdišča tudi sekvenca petih datacij iz Gabasa Cave ter kaže za moustérienske plasti na tem najdišču starosti večje od 50 ka BP. Tri datacije kosti iz Pena Miel kažejo na vztrajanje moustériena do približno 40 ka in pojav aurignaciena na najdišču pred približno 37 ka BP.

Italija: V Riparo Mochi je bilo datiranih pet vzorcev oglja iz plasti, ki vsebujejo starejši aurignacien s klinicami Dufur (Hedges et al. 1994) ter kažejo starost od 33 do 35 ka za starejši mlajši paleolitik te regije, ki je mlajši od tistega na Iberskem polotoku in starejši od francoskega. Datacije so interno konsistentne ter kažejo na starost približno 35 ka za dno plasti ter 33/32 ka za njen vrh. V Grotta di Fumane pa je projekt datiranja fragmentov oglja, ki je še v teku, dal rezultate, katerih starosti so nekonsistentne s stratigrafijo ter so lahko premladi (zagotovo v primerjavi z drugimi določitvami, ki so bile narejene v Utrechtu). Menimo, da je to lahko posledica tafonomije vzorcev, zato trenutno raziskujemo problem s obsežnejšim programom datiranja.

Jugovzhodna Evropa: Serija šestih datacij oglja, kosti in zob iz jame Bacho Kiro iz Bolgarije je bila z izjemo enega konsistentna s stratigrafijo ter je nakazovala pojav prehodnega "Bachokiriana" pred okoli 38 ka BP. Ta vzorec je izviral iz plasti nad vzorcem, ki je bil v Gröningenu datiran na > 43 ka (Hedges et al. 1994). Datacije aurignaciena so konsistentne z datacijami tega drugod v Evropi - stare so okoli 33 ka BP. Šest datacij vzorcev oglja iz jame Temnata v Bolgariji je bilo prav tako interno konsistentnih ter so pokazali pojav aurignaciena v podobno starem obdobju - to je med približno 38 do 40 ka BP.

Ukrajina: V Oxfordu so bili datirani številni vzorci s Krima. Starejši mlajši paleolitik z najdišča Siuren I je star približno 31 do 28 ka BP, kar se ujema z vztrajanjem srednjega paleolitika od približno 35 do 31 ka BP. Sekvenca osmih vzorcev kosti in zob iz Buran Kaye III je prav tako notranje konsistentna ter pada v tri razpone: med 29 in 27, 31 do 29 ter 35 do 30 ka BP. Datacije najmlajše skupine so statistično iste strosti, zato je nemogoče odmisлити možnost, da se nanašajo na eno poselitev (kiik-koban). Enako je z osamljeno meritvijo med 31 in 29 ka BP. Rezultati kažejo, da so najdišče večkrat uporabili izdelovalci kiik-kobana v času med 34 in 27 ka BP oziroma vsaj med 31 in 29 ka BP. Vendar meniva, da ne moremo odstraniti možnosti, da sta dve dataciji (Oxa-4129 (zob) in Oxa-4130 (kost)), ki sta stari

33 do 32 ka, premladi za srednji paleolitik. Yanichev in sodelavci (1996, 318) menijo, da sodijo ti rezultati: "... med mlajše, vendar ne nemogoče...". Glede na datacijo aurignacijska iz Buran Kaye II so Yanichev in sodelavci (1996, 318) sklenili, da je datacija 28700 ± 620 še kar sprejemljiva. V Starosel'u sta bili dve dataciji kosti iz srednjepaleolitske plasti statistično iste starosti in sta se tudi prekrivali v starosti z dodatnimi vzorci iz nedavnih izkopavanj Southern Methodist University. Najbolj previdno branje rezultatov kot celote nam da starost, ki s 33 ka BP pomeni terminus ante quem za srednji paleolitik z najdišča Starosel'e. Na dveh najdiščih pa se je pojavilo nekaj težav. V datirani sekvenci z najdišča Kabazi II sta bili opazni dve kronološki sekvenci - ena z dvema datacijama za staroseliansko oziroma za moustérien tipa Kabasi ter druga s tremi datacijami za moustérien tipa Kabasi. Dejstvo, da sta sekvenci stratigrafsko nekonsistentni, verjetno kaže na premeščanje datiranega materiala na najdišču, vendar je nemogoče oceniti ali gre pri tem za ostanke starejših materialov ali vdor mlajših. Na splošno moramo zaključiti, da je srednji paleolitik z najdišča Kabazi II star med 35 do 31 ka BP. Najdišče Zaskalnaya je produciralo sekvenco datacij, za katere arheolog Kolosov meni, da so premlade, medtem ko so konsistentne s stratigrafijo in stare med 30 do 39 ka BP (Hedges et al. 1996). Zagotovo je, da je stanje ohranitve kolagena v kosteh s tega najdišča zelo slabo. Direktna primerjava z datacijami vzorcev, ki so bili predhodno pripravljeni za kolagensko metodo, ni bila narejena, vendar sta dva kostna vzorca, datirana s kolagensko metodo, med najstarejšimi ter dajeta vtis, da so standardne metode priprave vzorcev v tem primeru neprimerne za datiranje najdišča ter da je ta hip nemogoče natančneje razsvetliti razloge za zmedo.

Francija: Z najdišča Combe Sauniere v Franciji je bilo narejenih 50 datacij. Celotna sekvenca daje dober kronološki razpon od približno 34 ka do 14 ka BP. Od petih izstopajočih datacij lahko štiri pripišemo dislokacijam stratigrafije, ena pa je verjetno posledica prenizke vsebnosti kolagena. Dobljene starosti arheoloških skupkov se ujemajo z drugimi z najdišč iz Francije, predvsem z auri-

gnacienom in mlajšim périgordienom iz Abri Pataud (Mellars, Bricker 1986) ter châtelperronianom iz Grotte du Renne, Arcy-sur-Cure (Hedges et al. 1994).

Nemčija: V Nemčiji je bila datirana serija vzorcev, ki padajao v časovni razpon nad 30 ka z najdišča Geissenkloosterle. Rezultati spet kažejo notranjo konsistentnost, prav tako pa se datacije bazalne aurignacijske plasti ujemajo z drugimi najdišči v regiji, kot sta Vogelherd in Hohlefels.

Izrael: Iz vzorcev oglja so bile narejene številne datacije (Hedges et al. 1990; Hedges et al. 1994). Rezultati kažejo, da se v obdobju 43 do 37 nahaja zgodnji ahmarian, levantinski aurignacien pa v obdobju od 36 do 28 ka BP. TL datacije srednjepaleolitskih plasti so pokazale starost $51,9 \pm 3,5$ ka, radiometrična datacija iste plasti pa $> 44,8$ ka BP.

Konsistentnost s stratigrafijo najdišča

V idealnih razmerah bi izpis radiometričnih starosti moral s povečanjem globine prikazovati monotono večanje vrednosti do ocenjenega limita, od tam naprej pa bi rezultati morali ostati statični. V praksi je tako obravnavanih le malo najdišč in tudi če so, je število izmerjenih datacij majhno. Dober primer tega, kaj se lahko zgodi, je datiranje jame Divje babe I (Nelson 1997). Vendar je potrebno previdno interpretirati rezultate. Vprašanje je, če je izenačenje datacij v stratigrafiji v resnici posledica izenačenja starosti depozitov ali pa je v resnici limit datacijske metode?

Lahko pa se zgodi tudi obratno. Sekvenca moustérienskih plasti z najdišča Gabasa (Oxa-5671 do Oxa-5675) je dala neskončne rezultate, vendar so bili ti stratigrafsko urejeni. Tako obnašanje je v resnici statistično smiselno ter nam potrjuje, da so bile te datacije korektno izmerjene (vzorci so bili oglje). Drugo najdišče, kjer je limit datacije konsistenten s stratigrafijo, je Kebara (Hedges et al. 1994), pa čeprav stratigrafija ni enostavna. Tukaj se limit metode pokaže pri starosti 44 ka BP.

Vendar je pri večini najdišč datiranih oziroma je mogoče datirati le nekaj plasti. Tako je stratigrafska urejenost

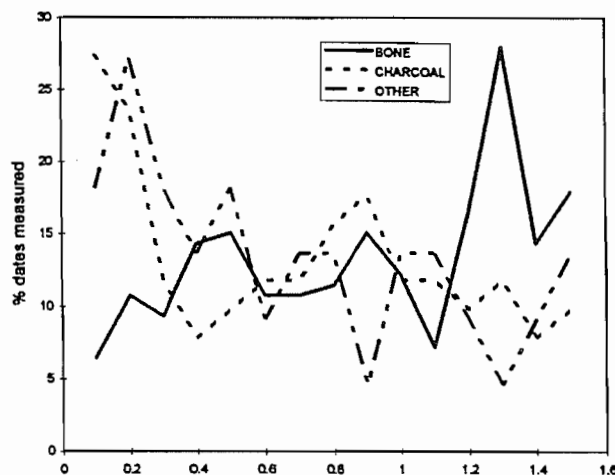
edina pomoč pri oceni ustreznosti datacij. Dodatno pa oceno otežujejo izstopajoče vrednosti. Za skupino datacij iz iste plasti ni nenavadno, da producirajo "nepravilno" vrednost, ki jo navadno pripisujemo tafonomskim procesom. Preverila sva stratigrafsko integriteto vseh najdišč, starejših od 30 ka BP, ki smo jih datirali. Od 27 jih 16 ni mogoče natančneje testirati (zaradi premajhnega števila vzorcev ali preslabo razvite stratigrafije), od ostalih 11 jih ima 10 datacije, ki so stratigrafsko konsistentne (seveda z občasnimi izstopanji), eno najdišče pa je nekonsistentno, pri čemer ni jasno, zakaj je temu tako (vzorci so oglje).

Konsistentnost z datiranjem v drugih laboratorijih

Različni laboratoriji uporabljajo včasih različne postopke, vendar pa naj bi bile vse datacije iz iste plasti najdišča podvržene več ali manj isti SSB napaki ter naj bi tako producirale enako nepravilne datacije. Vendar pa je ujemanje potreben, če ne že dovoljšen kriterij. Specifične primerjave niso zelo pogoste, vendar lahko ugotovimo, da se datacije, strejše od 30 ka iz Oxforda, ujemajo s tistimi iz Arizone (AA) za Castillo, iz Groningena (GrN) za Bacho Kiro in Gorham's Cave ter z Gif Tandem (GIF-Tan) in Pretorio (Pta) za Kebaro.

Primerjave med tipi vzorcev in kemijskimi sestavami vzorcev

Slika 2 kaže splošno distribucijo datacij (v pmc), izmerjenih v Oxfordu, ki so razdeljene na kosti, oglje ter drugo. Oblika distribucije je odraz mnogih faktorjev tafonomskega, arheološkega interesa etc. Vendar pa ni presenetljivo, da so številni vzorci prestari, da bi dali končne rezultate (to je da so < 0,2 - 0,3 pmc). Vendar pa to ne velja za kosti, kar morda kaže, da če obilica kostnih vzorcev sledi isti distribuciji kot oglje ter "drugi" materiali, te velikokrat vsebujejo dodatnih 0,2 pmc. To je najverjetneje posledica neodstranljive kontaminacije (kot SSBE). Dejstvo pa je, da ni nobenih dokazov, da je ta potencialna SSBE v povprečju večja od 0,25 pmc ter tako zgolj pojača zaupanje v kostne vzorce, ki so mlajši od 0,4 pmc.



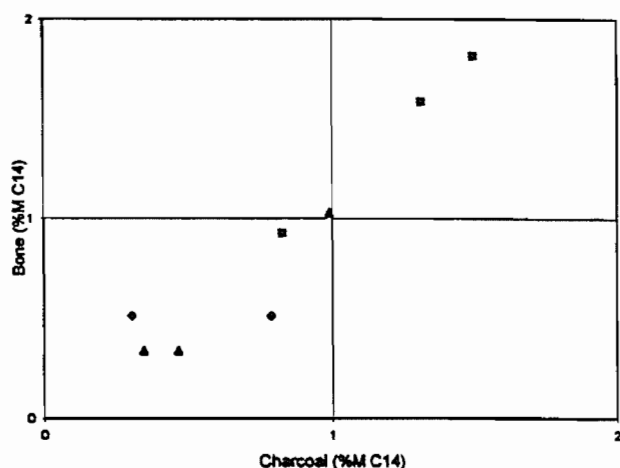
Slika 2: Distribucija datacij, izmerjenih za tri tipe surovin (kosti, oglje, drugo) za različne starosti (natisnjene kot pmc). Pozorni bodite na manjšo količino kosti, datiranih z najdišč, ki dajejo datacije tudi pri vrednostih, ki so manjše od 0,3% modernih.

Primerjava med datacijami kosti in oglja iz istih kontekstov

Relativno redka najdišča vsebujejo ustrezne primerjave med kostmi in ogljem za to obdobje in le majhno število točk s štirih različnih najdišč lahko natisnemo za primerjavo (Slika 3). Rezultati ne kažejo nobenih sistematičnih razlik med "pari" kosti in oglja z istega najdišča - tudi pri datacijah > 40 ka BP. Vendar bi večje število datacij ojačalo to trditev.

Primerjave med datacijami kosti, pripravljenih z različnimi tehnikami

Slika 4 kaže primerjavo meritev, narejenih na istem kostnem vzorcu z rutinsko metodo (v glavnem oblika ekstrakcije kolagena, ki ji sledi želatinizacija ter čiščenje z izmenjavo ionov) (Law, Hedges 1989) v primerjavi s specifično presnovo kolagena v tripeptide ter njihovim čiščenjem z HPLC (Van Klinken et al. 1994). V dveh primerih je priprava "tripeptidov" dala starejše rezultate

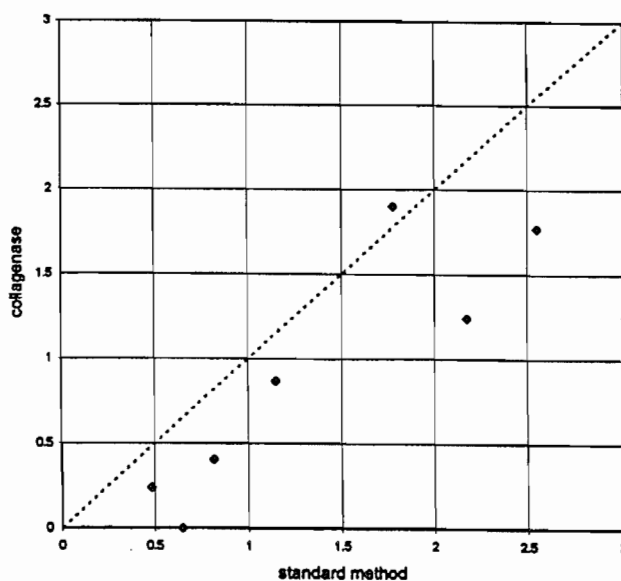


Slika 3: Primerjava vzorcev kosti in oglja iz istih plasti iz treh različnih najdišč.

in pregled datacij kaže, da obdelava tripeptidov daje datacije, starejše za približno 0,2 pmc. Vendar pa vzorci niso bili naključno izbrani in je procedura, pri kateri bi izvedli poglobljeno primerjavo tripeptidne metode, zelo draga. Kljub vsemu pa lahko zaključimo, da vsaj nekaj kosti, vključno s tistimi, ki vsebujejo precejšen delež kolagena, lahko vsebujejo majhno stopnjo SSB napake na ravni okoli 0,2 pmc. Seveda drugi vzorci lahko, in to se očitno tudi dogaja, vsebujejo veliko višje ravni SSBE (to so signifikantne razlike na grafu), vendar so te verjetno dokaj redke. Pri vsem tem je jasna potreba po izboljšanju kemijskih postopkov za določitev starosti kostnih vzorcev, ki so starejši od 30 ka BP.

Sklep

Skoraj vse datacije, upoštevane v tem besedilu, so bile narejene v zadnjih desetih letih v Oxfordu in za iz njih sledeče generalizacije ni nujno, da ustrezajo tudi drugim radiokarbonskim datacijam. Vendar pa, če upoštevamo splošno ujemanje med laboratoriji ter splošno podobnost metod in pristopov, je prav verjetno, da lahko tukaj dobljene rezultate apliciramo tudi na datacije iz drugih laboratorijev.



Slika 4: Primerjava datacij iste kosti, izmerjenih s standardno in kolagensko metodo.

Generalni sklep, do katerega sva prišla, potrjuje, da dajejo zunanji dokazi za validacijo radiometričnih datacij starejših od 40 ka, najboljšo oporo za oceno njihove pravilnosti. (Predvsem, da končne datacije ni treba razumeti kot datacijo "mlajšo od".) Da v razponu 40 do 45 ka BP ni dokazov za dosledne napake datacij z vzorcev oglja in kosti. Celostno se notranji dokazi za konsistenco ujemajo z zunanjimi - sprejemljivo se ujemajo "pari" vzorcev kosti in oglja, obstajajo pa dokazi, da je radiokarbonska vsebnost kosti dokaj pogosto (vendar ne uniformno) precenjena za približno 0,2 pmc.

Ta študija kaže nadaljnjo potrebo po reduciranju laboratorijsko generiranega ozadja ter s tem povezane negotovosti in je poskus ocenitve specifičnih ozadij vzorcev. Prav tako upava, da je mogoče tukaj uporabljeno metodologijo uporabiti širše ter da sva tako pomagala h kritični oceni radiometričnih datacij tega časovnega obdobja.

Zahvala

Rada bi se zahvalila članom Oxford Radiocarbon Accelerator Unit za izdelavo teh rezultatov. Del predstavljenega dela je podprla NERC.

Prevod Boris Kavur

Literatura

- HEDGES, R. E. M., HUSLEY, R. A., LAW, L. A., BRONK, C. R. 1990, Radiocarbon dates from the Oxford AMS System. *Archaeometry Datelist 10*, - *Archaeometry* 32 (1), str. 101-108.
- HEDGES, R. E. M., HUSLEY, R. A., BRONK RAMSEY, C. VAN KLINKEN, G. J. 1994, Radiocarbon dates from the Oxford AMS System. *Archaeometry Datelist 18*, - *Archaeometry* 36 (2) str. 227-374.
- HEDGES, R. E. M., HUSLEY, R. A., PETTIT, P. B., BRONK RAMSEY, C., VAN KLINKEN, G. J. 1996, Radiocarbon dates from the Oxford AMS System. *Archaeometry Datelist 21*, - *Archaeometry* 38 (1), str. 181-207.
- KITAGAWA, H., PLICHT, J. VAN DER 1998, Atmospheric radiocarbon calibration to 45 000 yr BP: late glacial fluctuations and cosmogenic isotope production. - *Science* 279, str. 1187-1190.
- LAW, I. A., HEDGES, R. E. M. 1989, A semi-automated bone pretreatment of older and contaminated samples. - *Radiocarbon* 31 (3), str. 247-253.
- MELLARS, P. A., BRICKER, H. M. 1986, Radiocarbon Accelerator dating in the earlier upper Palaeolithic. - V: GOWLET, J. A. J., HEDGES, R. E. M. (ur.) 1986 *Archaeological Results from Accelerator Dating*. Oxford University Committee for Archaeology Monograph 11, Oxford, str. 70-80.
- NELSON, D. E. 1997, Radiocarbon dating of bone and charcoal from Divje Babe I cave. - V: TURK, I. (ur.) 1997, *Mousterian Bone Flute and Other Finds from Divje Babe I Cave in Slovenia*. Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, Ljubljana, str. 51-65.
- STRINGER, C. B., BARTON, R. N. E., CURRANT, A. P., FINLAYSON, J. C., GOLDBERG, P., MAC-PHAILL, R. PETTIT, P. B. 1999, Gibraltar Palaeolithic revisited: Excavations at Gorhams and Vanguard Caves 1995-97. - V: DAVIES, W., CHARLES, R. (ur.) 1999, *Dorothy Garrod and the Progress of the Palaeolithic Studies in the Prehistoric Archaeology of the Near East and Europe*. Oxbow Books, Oxford, str. 83-96.
- VAN KLINKEN, G. J., BOWLES, A. D., HEDGES, R. E. M. 1994, Radiocarbon dating of peptides isolated from contaminated fossilbone collagen by collagenase digestion by reversed-phase chromatography. - *Geochim. Cosmochim. Acta* 58 (11), str. 2543-2551.
- YANICHEV, A. A., STEPANCHUK, V. N., COHEN, YU. 1996, Buran-Kaya III and Skalistiy Rockshelter: two new dated Late Pleistocene sites in the Crimea. - *Préhistoire Européenne* 9, str. 315-324.