

Morfometrična in kronostratigrafska analiza ter paleoklimatska razlaga jamskih sedimentov v Divjih babah I, Slovenija.

Ivan TURK, Drago SKABERNE, Bonnie A. B. BLACKWELL in Janez DIRJEC

Izvleček

Na podlagi novih datacij ESR in analize klastičnih sedimentov smo ocenili relativno paleotemperaturo, vlago in hitrost sedimentacije v času nastajanja sedimentov v profilu paleolitskega najdišča Divje babe I (Slovenija). Analiza sedimentov temelji na izbranih morfoloških in drugih lastnostih klastičnih sedimentov. Relativna ocena paleotemperature je interno preverjena s pelodno analizo. Kronostratigrafske in morfometrične izsledke smo primerjali z globalnimi paleoklimatskimi zapisi ($\delta^{18}\text{O}$ in pelod) v jedrih ledu in globokomorskih ter terestričnih sedimentov. Na podlagi dobre primerljivosti smo kronološko mesto domnevne musterjenske piščali postavili v Dansgaard-Oeschgerjev dogodek 14 (= Interstadial Moershoofd in Glinde) v OIS 3, mesto ostalih najdb pa od vključno Dansgaard-Oeschgerjevega dogodka 8 (= Interstadial Les Cottés in Denekamp) v OIS 3 do vključno Interglaciala (OIS 5e) v globalni kronologiji zadnjega glacialno-interglacialnega ciklusa. V Sloveniji, deželi klasičnega krasa, je to prvi poskus direktne primerjave klimatokronologije paleolitskega jamskega najdišča z globalno klimatokronologijo in preko nje s paleolitskimi jamskimi najdišči v drugih kraških regijah v zahodni Evropi.

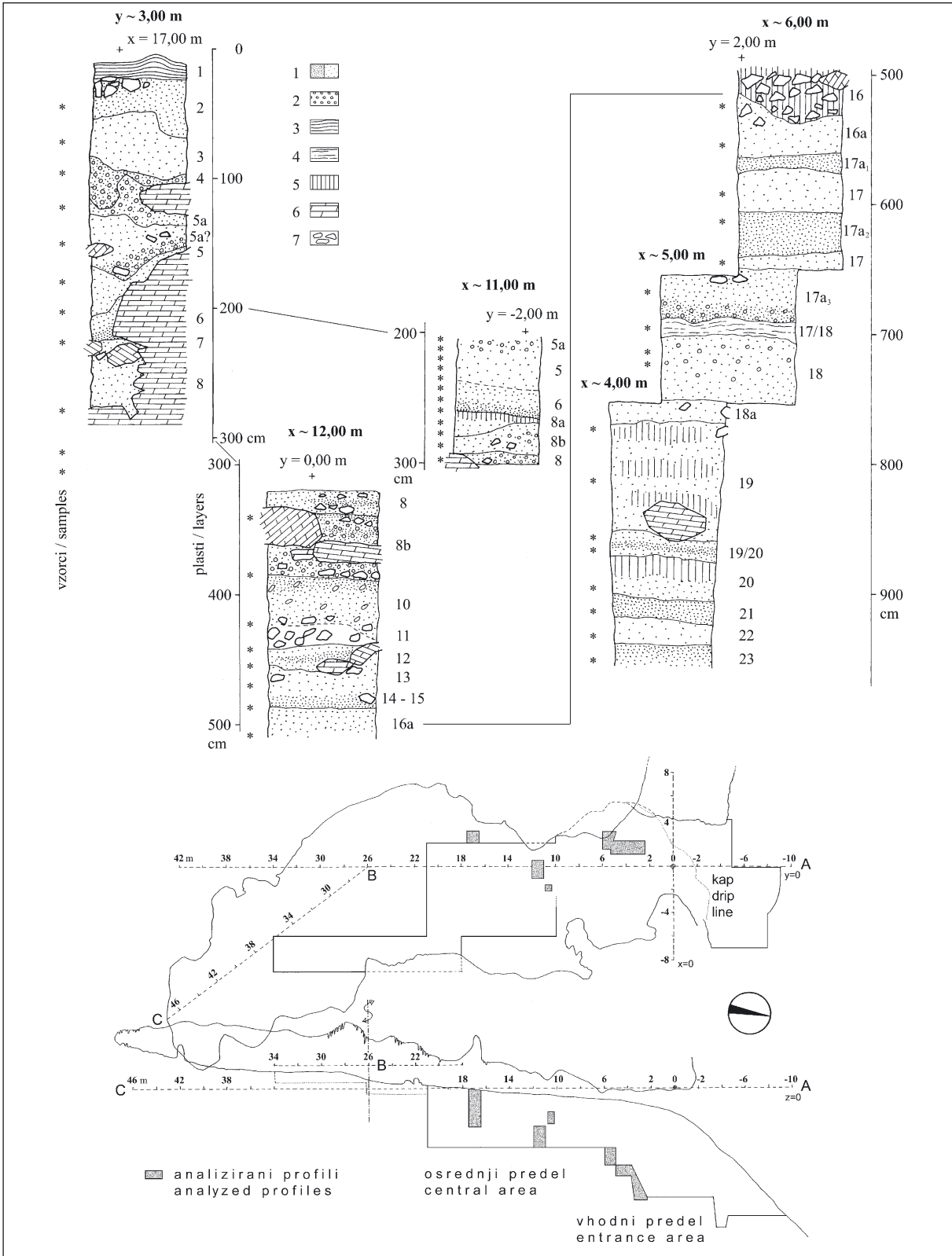
1. UVOD

Najdba sporne piščali v Divjih babah I je sprožila val teoretskih razmišljanj, ki so pomembna tudi za biološki in kulturno-tehnološki (biokulturni) razvoj rodu Homo (Omerzel-Terlep 1997; M. Brodar 1999; Miller 1999; Nettle 1999; Tod 1999; Trehub 1999). Zato menimo, da je za sedanje in bodoče hipoteze nujno potrebna čim bolj zanesljiva kronologija najdišča kot celote in kompleksa plasti 8 s piščaljo kot dela te celote. Hkrati bi želeli z zaneslivejšimi kronološkimi izhodišči omejiti možnosti za različne špekulativne razlage, ki jih porajajo takšne najdbe. Ne nazadnje želimo nadgraditi temeljne geološko-kronološke in kulturno-historične ugotovitve dolgoletnega vodje projekta Divje babe I dr. M. Brodarja (1999), ki letos slavi visoki jubilej.

Abstract

New ESR dates coupled with morphometric analyses of the clastic sediments and diagenetic aggregates were used to determine sedimentation rates, as well as relative humidity and especially paleotemperatures during sediment formation for the Palaeolithic deposits at Divje babe I (Slovenia). Sediment was analyzed for post-depositional frost weathering (cataclasis or congelifraction), pre-depositional corrosion on the ancient cave walls and aggregate formation. Paleotemperature determinations were verified by comparing with palynological determinations. In comparing the Divje babe I paleoclimatic curve with global $\delta^{18}\text{O}$ and palynological paleoclimatic records, the Palaeolithic sequence at Divje babe I correlates well with Dansgaard-Oeschger (DO) Events (= pollen Interstadials) in Oxygen Isotope Stage (OIS) 3 to OIS 5e inclusive. Layer 8, which hosted the purported flute correlates with the DO Event 14 (= Moershoofd and Glinde Interstadials) within OIS 3. This study represents the first attempt to directly correlate climatostratigraphic features in a Slovenian cave with global paleoclimatic events, and hence with other Palaeolithic sites.

Naša dolgoletna želja je bila izdelati globalno, absolutno kronologijo najdišča Divje babe I. Prve korake smo naredili leta 1986, ko smo pridobili 30 radiokarbonskih AMS datumov za različne plasti in materiale, kar je bilo tedaj za srednjepaleolitska najdišča nekaj izjemnega (Brown et al. 1988; Nelson 1991, tab. 1; Nelson 1997). Nekako istočasno je bila v Divjih babah I uspešno izpeljana prva obsežnejša pelodna analiza (Turk et al. 1988-1989). Z naslednjim korakom leta 1993 smo predlagali, žal preuranjeno, posodobitev kronologije slovenskih paleolitskih najdišč na podlagi primerjav z globalnimi kontinuiranimi pelodnimi, lednimi in globokomorskimi profili (Turk, Verbič 1993). Sledilo je pridobivanje novih radiometričnih datumov z metodo ESR, predvsem za plasti, ki so bile starejše od 40,000 let in zato na meji ali zunaj dosega radiokarbonske AMS metode (Lau et



Sl. 1: Analizirani profili in njihova lokacija. Legenda: 1-dolomitna peščeno-meljasta osnova, 2-močno preperel grušč, 3-stalagmitna skorja, 4-drobtinčasta siga, 5-cementiran dolomitni grušč, 6-posamezni dolomitni bloki in dolomitna živoskalna podlaga, 7-dolomitni bloki, zaobljeni in oglati.
 Fig. 1: The sedimentary profiles analyzed in the study and their locations (see groundplan and longitudinal section of the cave). Legend: 1-dolomite sand and silt matrix. 2 - intensely weathered dolomite fragments, 3 - stalagmitic flowstone (massive speleothem), 4 - flowstone concretions, 5 - calcite and phosphate cemented dolomite fragments, 6 - isolated dolomite blocks and dolomite bedrock, 7 - rounded and angular dolomite blocks.

al. 1997). Trenutno razpolagamo z več kot 70 metodološko različno pridobljenih datacij, ki se nanašajo na različne plasti. Skrben izbor teh datacij predstavlja hrbtnico kronologije najdišča (*tab. 1; sl. 10*). Divje babe I so tako prvo paleolitsko najdišče v Sloveniji in eno redkih v Evropi s kronologijo, določeno z različnimi, povsem neodvisnimi metodami.

Istočasno z datiranjem s priznano metodo ESR smo po profilih (*sl. 1*) izvedli še obsežno preliminarno sedimentološko raziskavo 48 vzorcev s povprečno maso 31,4 kg. Pri tem smo prišli do ideje, kako bi lahko izdelali globalno paleotemperaturno krivuljo jamskih usedlin na podlagi posedimentnih fragmentov grušča. Idejo smo zlahka nadgradili z nekaterimi drugimi dognanji, kar vse je predmet te razprave. Ker veliko raziskav (radiometričnih, palinoloških, paleontoloških in sedimentoloških) še poteka, je razprava zgolj okvirna.

2. TEORETSKA IZHODIŠČA PREUČEVANJA JAMSKIH SEDIMENTOV

Podlaga za kronologijo pleistocena so od samega začetka velike klimatske spremembe, zapisane v usedlinah skupaj z njihovo paleontološko vsebino. V jamskem okolju so pretekle klimatske spremembe nedvomno pustile najpopolnejši zapis v samih sedimentih in šele po tem v njihovi paleontološki in arheološki vsebini (Laville et al. 1980).

Jamske usedline so se bodisi odlagale bodisi spreminjale ves čas, ki je zajet v sedimentnem profilu. Deli kronološkega zapisa manjkajo samo pri celovitih erozijskih vrzelih. V Divjih babah I za takšne vrzeli ni bilo pogojev, saj imamo zanesljivo izpričano samo delno delovanje erozije na pobočju pred jamo in na samem vhodu (Turk 1997b; M. Brodar 1999). Drugi najpopolnejši kronološki zapis v najdišču predstavljajo fosilni ostanki jamskega medveda, ki so prisotni skoraj v vseh plasteh. Sledi pelodni in kot zadnji arheološki zapis. Potem sta tu še zapisa ostale sesalske favne, vključno z zelo pomembnimi malimi sesalci. Od vseh okritih zapisov je sedimentnemu zapisu po popolnosti, enoznačnosti in neposrednosti enakovreden samo pelodni zapis (prim. Laville et al. 1980: 97 s, 350; Girard et al. 1990).

Za razlago klimatokronologije najdišča smo zato izbrali sedimentni in pelodni zapis. Pri obeh je pomembno, da poznamo ritem sedimentacije, ki je sestavljen iz odlaganja in mirovanja. Govorimo o sedimentacijskih ciklikih, ki jih ločijo sedimentacijske vrzeli - hiati (prim. Miskovsky 1974; Farrand 1975b; Laville et al. 1980; Osole 1986; Campy, Chaline 1993; Bintz et al. 1997). Za ugotavljanje sedimentacijskih hiatov ni notnega kriterija. Pri klastičnih se-

dimentih so glavni kriteriji za določevanje hiatov posedimentne spremembe in odlaganje kemičnih usedlin (Farrand 1975b, 52, 62; Laville et al. 1980; Campy 1989; Campy et al. 1989). Paleoklimatske razlage pa običajno upoštevajo še porazdelitve velikosti zrn sedimentov (S. Brodar 1958; M. Brodar 1959; Miskovsky 1974; Laville 1975; Farrand 1975a; 1975b; Laville et al. 1980). V obeh primerih gre predvsem za kombinacijo različnih kvantitativnih in semikvantitativnih podatkov brez ocene njihove napake (za osnove glej Miskovsky 1987). Takšne podatke je med seboj težko uskladiti že v okviru najdišča, kaj šele na širši lokalni ali regionalni ravni. Paleoklimatske razlage profilov in njihovo medsebojno usklajevanje ni objektivno, ampak je stvar izkušenj in občutka posameznika (prim. Laville et al. 1980, 134, 349; Farrand 1988, 305 s).

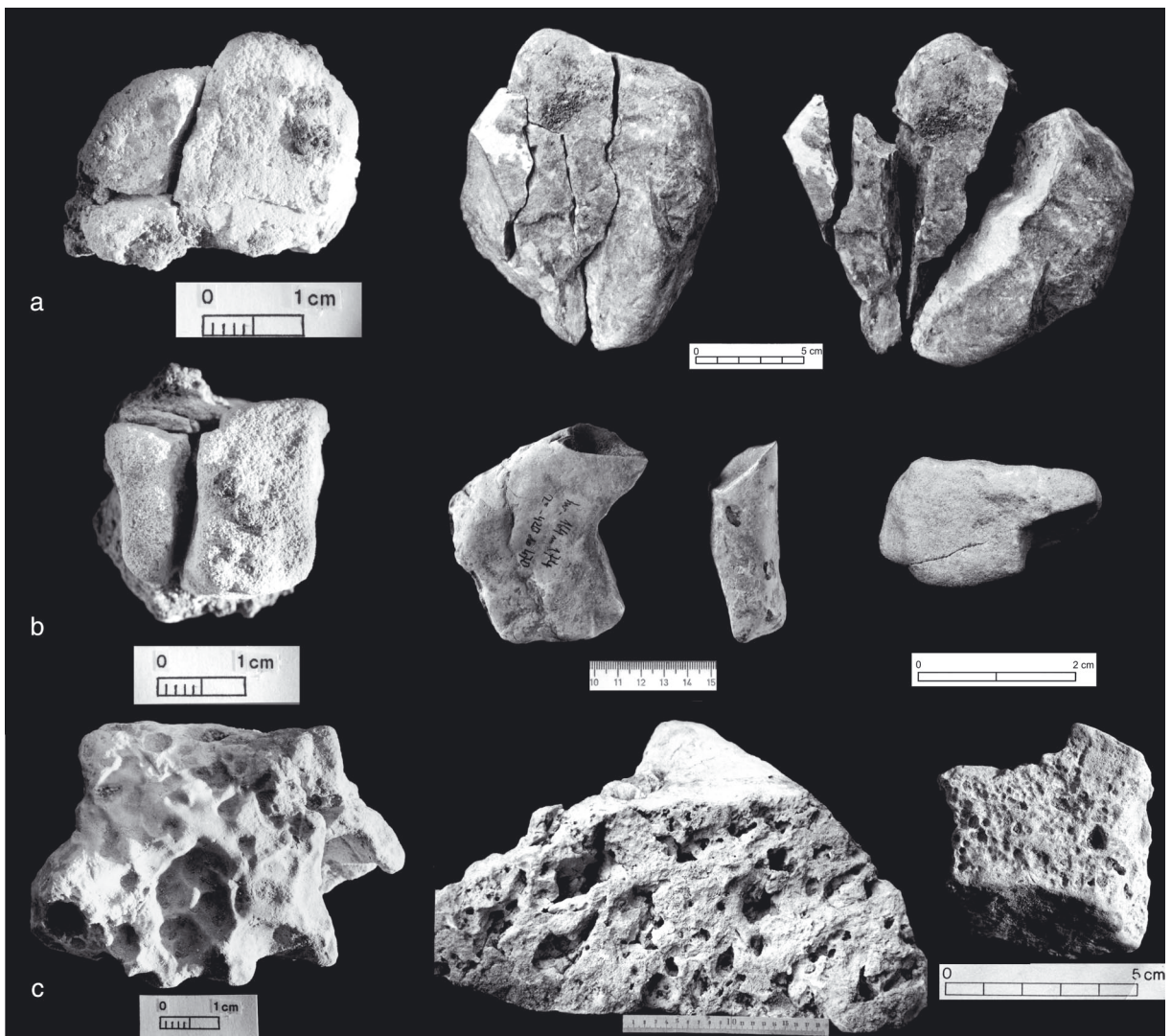
Pri razlagi paleoklime se pripisuje (ali se je pripisovalo) velik pomen velikosti in količini krioklastičnega materiala, ki je "zapletena funkcija časa (števila zamrzovalnih-odmrzovalnih ciklusov), temperature (moči zmrzali) in vlage (stopnje prepojenosti z vodo). Pri tem je velikost krioklastičnega materiala obratno sorazmerna, količina pa premo sorazmerna s časom, temperaturo in vlago. Pri tem je moteče, da se ne da oceniti prispevek vsakega posameznega dejavnika, ker ni neodvisne kvantitativne ocene enega, dveh ali vseh treh dejavnikov" (Farrand 1975a, 19).

Krioklastični material nastaja tako s krušenjem jamskega stropa in sten kot posedimentno z drobljenjem na tleh. Pogoji zamrzovanja in odmrzovanja na stropu in stenah so drugačni kot v/na tleh (prim. S. Brodar 1931, 113). Delež (količina) posamezne frakcije zato nastaja in se spreminja na več načinov: a) z dotokom ene ali več frakcij, b) s posedimentnim razpadanjem ene ali več frakcij in c) z dotokom in po-sedimentnim razpadanjem istih ali različnih frakcij. Tako nikoli ne vemo, kateri deleži frakcij so se dejansko povečali in kateri zmanjšali. Porazdelitev velikosti zrn krioklastičnega materiala je tako funkcija vseh mogočih genetskih kombinacij in je s sedanjimi metodami ne moremo ločiti na posamezne genetske sestavine. Tako granulometrični podatki niso pravi klimatski kazalci ampak paraklimatski, ki se obravnavajo samostojno (prim. M. Brodar 1959) ali sintetično z drugimi kolikor toliko enoznačnimi podnebno pogojenimi, na sedimentih se odražajočimi kazalci (prim. Webb 1998, 127).

Če se hočemo izogniti večjim odstopanjem, ki nastanejo pri takšnih sintetičnih klimatskih kronologijah zaradi vključevanja nekaterih paraklimatskih parametrov, in glavnim težavam, ki nastajajo pri kronoklimatskem usklajevanju različnih sedimentoloških podatkov, moramo izbrati eno samo kvalitativno-quantitativno lastnost sedimenta, ki najboljše pred

stavlja določen klimatski parameter in eno samo kvalitativno-kvantitativno lastnost za ugotavljanje hiatov. Izbrana lastnost mora biti kar se da neposredno povezana s pojavom, ki ga proučujemo. Različne izbrane lastnosti se morajo po možnosti med seboj izključevati in biti vedno in povsod prisotne. Tako se namreč izognemo posledicam nenadzorovanih medsebojnih povezav in prevladi motečih stranskih in lokalnih vplivov na sedimente ter pridemo do globalno primerljivih izsledkov. Ključne sedimentne lastnosti morajo biti kvantitativno opredeljene s podano oceno napake in po možnosti tudi odstopanja od reference oziroma standarda, ki se nanaša na sedanje razmere. Oboje pogrešamo pri analizah v vseh zgoraj citiranih temeljnih delih.

V jamskem okolju ustrezajo zgornjim zahtevam: 1.) zadnja generacija posedimentnih fragmentov gruščca, ki jih lahko neposredno povežemo z delovanjem zmrzali v/na tleh in posredno z zimskimi temperaturami (*sl. 2*); 2.) klasti korozijsko reliefno razjedenega jamskega svoda, ki jih lahko neposredno povežemo z občasnimi hiati v odlaganju klastičnih usedlin (*sl. 2*) in 3.) agregati, ki jih lahko (ne)posredno povežemo z vlag o (Turk, Dirjec 1997, sl. 3.6). Vse lastnosti so odvisne od temperature in vlage in so različno močno izražene v sedimentih, nastalih v jamah tako v apnencu kot v dolomitu. Izbrane lastnosti se med seboj izključujejo, saj so korozijsko reliefne razjede povezane predvsem z dogajanjem na jamskem svodu (kondenzna in druga vlaga), posedimentno fragmen-



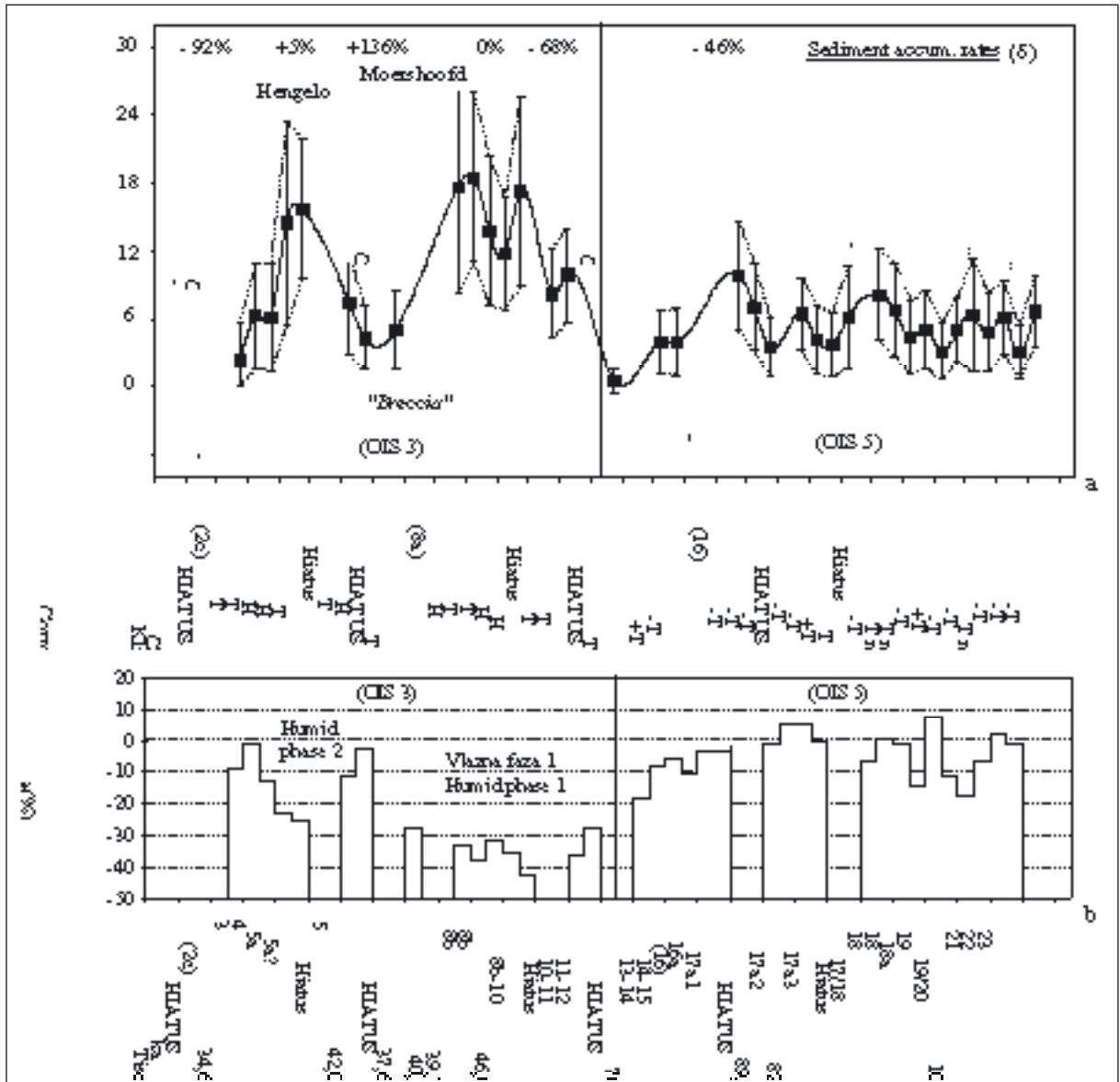
Sl. 2: Primerki a-b) posedimentnih fragmentov, vključno z razpokanimi klasti in c) korozijsko reliefno razjedenih klastov. Vse iz različnih plasti najdišča Divje babe I.

Fig. 2: Clasts from various layers at Divje babe I. a) A partly cemented frost-cracked dolomite clast suggests an initial phase of frost shattering, while the conjoined fragments of a rounded dolomite clast indicate one generation of congelifraction without subsequent additional weathering. b) A partly cemented frost-cracked dolomite clast and rounded dolomite clasts with one freshly broken surface suggest congelifraction immediately before the overlying sediments were deposited. c) Dolomite fragments from the original cave wall and ceiling show various condensation corrosion features and have been polished by cave bears rubbing the surfaces (see Slabe 1995).

tiran grušč in agregati pa izključno z dogajanjem v sedimentih, natančneje v/na tleh (meteorna voda, ki primeži v jamo). Pri tem je pomembno, da jih lahko zvezno zasledujemo v vseh profilih brez erozijskih vrzeli, ki jih ni prizadela krioturbacija.

Od izbranih lastnosti je klimatsko najpomembnejša lastnost, ki opredeljuje temperaturo. To je relativna zastopanost posedimentno fragmentiranega grušč.

Posedimentni fragmenti so polzaobljeni ali zaobljeni klasti, ki jih je na/v jamskih tleh "zdrobila"



Sl. 3: Kondenzna in talna vlaga. a) Interpretirana krivulja krušenja jamskega svoda na podlagi deležev reliefno korodiranih dolomitnih klastov >40 mm. Pokončne črte označujejo interval 95 % zaupanja posameznih vrednosti (kvadratici). Dodana so odstopanja (%) hitrosti sedimentiranja od hitrosti sedimentiranja kompleksa plasti 8 in topli (T) ter hladni (H) odseki s temperaturne krivulje (glej sl. 9: c). Variacije temperature v toplim zgodnjem glacialu so označene + in -. b) Krivulja odstopanj volumske mase ene (<math>x < 3\text{ mm}</math> grain size class) od treh analiziranih frakcij, ki vsebujejo agregate, od volumske mase (1,40 g/cm³) iste dolomitne frakcije brez agregatov v pobočnih sedimentih pod Divjimi babami I (Turk 1997a, sl. 1.4).

Fig. 3: Sedimentary indicators of condensation and soil moisture in the cave environment. a) The variation in condensation corrosion on the cave ceiling, as determined from the frequency of corrosion etching on dolomite clasts, $x > 40$ mm in size (see Fig. 2c). Error bars depict the 95% confidence interval for the individual values. Individual corrosion phases are correlated with periods of sedimentary nondeposition (hiatuses). At the top, the variation in sedimentation rate relative to that for Layer 8 are listed, while at the bottom, the paleoclimatic interpretations are noted (T = warm, H = cold; see Table 2; Fig. 9: c). Temperature variations in warm phase 9 are marked + and -. b) The variation in post-depositional aggregates in the 0.5 mm <math>x < 3\text{ mm}</math> grain size class at Divje babe I. The aggregate frequency has been defined as the total mass of the sediment fraction per unit volume. The Δ notation was calculated by comparing the individual measurements with the total mass of the same fraction per unit volume (1.40 g/cm³) for the aggregate-free dolomite fraction found in the talus slope sediment below Divje babe I (Turk, 1997a, Fig. 1.4).

zmrzal. Mehanizem "drobljenja" zmrzali (kongelifrakcija) je na podlagi številnih laboratorijskih poskusov dobro poznan (za pregled novejšje literature in izsledkov glej Blikra, Longva 1995). Pri dolomitu nastanejo pri kongelifrakciji blokov vse manjše frakcije (lasten poskus). Prisotnost različnih soli pa lahko še pospeši proces mehanskega razpadanja - preperevanja (ibid.).

Tako zaobljevanje kot "drobljenje" je neprekinjeno potekalo samo v/na jamskih tleh. Oba procesa lahko zasledujemo v različno zaobljenih klastih in/ali fragmentih različnih pokolenj. Vse te oblike in pokolenja običajno najdemo skupaj. Ne manjka tudi razpokanih klastov in sestavljivih fragmentov, ki so najboljši dokaz za kongelifrakcijo (sl. 2). Fragmenti zadnje generacije so fragmentirani klasti in/ali nji-

Tab. 1: Izbor radiometričnih datacij.

Table 1: Selected radiometric dates.

Plast / Layer	Vzorci / Samples	Radiometrična starost (1000 let) / Radiometric age (ka)													
	Globina / Depth (cm)	OIS	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
			OIS 1	OIS 2	OIS 3			OIS 4		OIS 5a-d			OIS 5e		
HIATUS		OIS 2-1	Pedogenesis + Diagenesis												
2	38-48	OIS 3	^{14}C (AMS): 35,3 (34,6-35,7)						ORINJASJEN / AURIGNACIAN						
3	64-72								?						
4	91-100								?						
5a upper	126-136								?						
5a? lower	146-157								?						
Hiatus			Pedogenesis												
5	177-186								?						
6	196-207		^{14}C (AMS): 43,4 (42,0-44,6)						MUSTERJEN / MOUSTERIAN						
HIATUS			Diagenesis												
7	224-232		ESR: 44,6 (37,6-51,6)						Piščal / Flute						
8a	"Breccia"		ESR: 46,6 (40,9-52,3)												
8c	274-284														
8b upper	303-312														
8b middle	312-321														
8b lower	337-345		^{14}C (AMS): 49,2 (46,0-51,5)												
8b-10	376-388														
Hiatus			Diagenesis												
10-11	408-418														
11-12	431-444	OIS 3													
HIATUS		OIS 4													
? 12-13	454-463	OIS 5a							*ESR: 77,5 (70,8-84,2) *ESR: 85,1 (78,5-91,7)						
13-14	463-474								ESR: 79,2 (70,6-87,8)						
14-15	485-495														
16	Breccia														
16a upper	506-517								ESR: 73,9 (59,7-88,1)						
16a lower	520-530														
17a1	550-560														
HIATUS		OIS 5b													
17	576-600								ESR: 104,1 (89,0-119,2)						
17a2 upper	602-612														
17a2 lower	644-655								ESR: 101,1 (82,4-119,8)						
17a3	666-676								(76,5-90,9) $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$: 83,7						
Hiatus			Diagenesis												
17/18	690-700														
18 upper	712-721														
18 lower	721-731														
18a	770-783														
19	812-825														
19/20	860-870														
19/20 hearth	870-879	OIS 5d?													
20	895-905	OIS 5e?	*ESR: 48,4 (44,5-52,3)						$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$: 80,5			ESR: 114,7 (105,1-124,3)			
21	913-923		Napaka / Error !						(70,8-90,2)						
22	935-945														
23	945-958														

* First series of ESR dates (preliminary dating).

** ^{14}C (AMS) dates on associated bone and charcoal samples.

^{14}C (AMS): Erle NELSON, Canada.

Uranium series: Teh-Lung KU, USA.

ESR: Bonnie BLACKWELL, USA.

ESR ages are Linear Uptake ages.

hovi fragmenti, ki imajo najbolj svež lom na sicer bolj ali manj zaobljenih in preperelih klastih, za katerega je značilna nepreperela ploskev, obdana z ostrimi robovi. Ti fragmenti so nastali v/na tleh v intervalih med različnimi zveznimi ali nezveznimi sedimentacijskimi dogodki. Kakor hitro so bili fragmenti zadnje generacije enkrat prekriti z zadostno količino mlajšega sedimenta, so se v prvotni obliki lahko ohranili do danes.

Na nastanek posedimentnih fragmentov vpliva več dejavnikov: čas izpostavljenosti klastov, fizikalne lastnosti in sestava kamnine, vlaga (v odvisnosti od primesi osnove - matriksa) in temperatura. V našem jamskem okolju so med naštetimi dejavniki vlaga (vključno s primesjo osnove) in lastnosti kamnine (dolomita) manj pomembni spremenljivki. Lastnosti kamnine lahko vzamemo celo kot konstanto. Med spremenljivkama, časom izpostavljenosti klastov (trajanjem hiata) in temperaturo, pa dajemo slednji večji pomen. Tako naj bi bila količina zadnje generacije posedimentnih fragmentov grušča predvsem funkcija nizkih zimskih temperatur.

Proces "drobljenja" v/na tleh in njegovi proizvodi so v jamskem okolju že dolgo znani. Proces je poznan tudi v drugih (vlažnih) sedimentnih okoljih iz zadnjega glaciala in zajema tudi nekarbonatne kamnine (Blikra, Longva 1995; Ehlers 1996, 114 in sl. 60). Vendar je kronoklimatski potencial tega pojava ostal do danes slabo izkoriščen (Bonifay 1956; Miskovsky 1974, sl. 133, 145, 155; Laville 1975, t. 72; Laville et al. 1980, 61, 87). Zanimivo je, da veliko raziskovalcev posedimentne fragmente v jamskih najdiščih ni sistematično obravnavalo (prim. Farrand 1975a; 1975b), kar še posebej velja za slovenski prostor.

Korozijsko reliefno razjedeni klasti jamskega svoda ne potrebujejo nobene dodatne razlage, razen da korozija poteka tudi pri zelo nizkih temperaturah (Slabe 1995; Turk, Bastiani 2000). Vendar se kvantitativnega proučevanja reliefno razjedenih klastov ni doslej še nihče sistematično lotil ne pri nas ne drugod. Pojav korozije jamskega svoda pa je vsaj v Sloveniji dobro raziskan (Slabe 1995).

Agregati so proizvod pedogenetsko-diagenetskih procesov. V Divjih babah I tvorijo agregate večinoma fosfatni mineralni cementi, ki povezujejo manjša zrna ali klaste v brečo. Za njihov nastanek je potrebna vlaga. Izvor fosfatov pa so predvsem masovni ostanki jamskega medveda (Turk et al. 1988; Turk, Bastiani 2000).

Ne da bi še naprej razpravljali o procesih korozije in mehanskega preperevanja, ki kontinuirano potekata še danes v vsaki jami, in o drugih sedimentoloških podatkih, ki bodo po potrebi objavljeni drugod, preidimo takoj k kronoklimatski razlagi profila na podlagi izsledkov analize izbranih lastnosti.

3. HIATI

Preden razložimo krivuljo relativne zastopanosti posedimentnih fragmentov, ki predstavlja poleg pelodne krivulje najboljši približek paleotemperaturnim nihanjem, moramo ugotoviti prekinitve - hiate v različno hitri sedimentaciji jamskih sedimentov. Posedimentni fragmenti namreč kažejo delovanje zmrzali predvsem na koncu hiata. Seveda pa s sedanjimi metodami določanja starosti ne moremo določiti trajanja relativno kratkih prekinitiev sedimentacije, lahko pa z datacijami posameznih plasti in z njihovimi debelinami ocenimo hitrost sedimentacije (*tab. 2*) (prim. Farrand 1975b, 51 s). Pri tem je potrebno poudariti, da so v obravnavani časovni razpon, za katerega določamo hitrost sedimentacije, vključene tudi morebitne prekinitve sedimentacije - hiati. Iz *tabele 2* je razvidno, da je bilo odlaganje klastičnih sedimentov v zgodnjem glacialu (kisikova izotopska stopnja 5d-5a, odslej OIS) počasnejše kot v interpleniglacialu (OIS 3). V obravnavanih časovnih intervalih je bila na območju profila zabeležena med plastema 8a in 6 največja hitrost sedimentacije (*tab. 2*).

Prekinitve sedimentacije - hiate nam najzanesljiveje pokaže krivulja zastopanosti reliefno korodiranih klastov jamskega svoda, večjih od 40 mm (*sl. 3: a*). Manj zanesljiv je stratigrafski položaj vsakega posameznega hiata, ki ga ni mogoče zanesljivo umestiti samo na podlagi značilnosti sedimentov, še zlasti če vzorčenje ni zvezno. Pri ugotavljanju hiatov nam pomagajo tudi radiometrično določene starosti plasti (glej *tab. 1*).

Krivulja zastopanosti reliefno korodiranih klastov je sestavljena iz dveh različnih delov (*sl. 4: d*). Razmejitev obeh delov krivulje sovпада z večkrat, neodvisno, dobro datirano mejo (74.000 let pr. n. š., *sl. 9: a*) med OIS 5 in 4, ki je tudi splošno priznana meja med zgodnjim glacialom (OIS 5d-5a) in zgodnjim glacialnim vrhuncem (OIS 4).

Na krivulji so opazni trije izrazitejši minimumi zastopanosti reliefno korodiranih klastov, katerim dvakrat sledi hitro povečanje njihove količine v sedimentu. Ti minimumi nakazujejo tri izrazitejše hiate, med katerimi je imela vlaga čas korodirati strop in stene jame (korozijska faza) (*tab. 1; sl. 3: a*).

Prvi izrazitejši hiat je med plastema 12-13 in 11-12, ki ga vežemo na mejo med zgodnjim glacialom (OIS 5d-5a) in zgodnjim glacialnim vrhuncem (OIS 4) oziroma na OIS 4. Ta zastoj je dokumentiran z največjim porastom reliefno korodiranih klastov, z brečo in z ESR datumi (Turk, Bastiani 2000). Odraža se tudi v slabši ohranjenosti fosilnih in paleolitskih najdb. Pred tem je klastično sedimentacijo pogosto spremljalo nastajanje breč in samo izjemoma sige (*sl. 3a*). Sigaste prevleke na grušču in "drobtinčasta" siga v plasti 17/18 so nastali v hiatu, ki izjemoma ni pov-

ezan z izdatnejšo korozijo jamskega svoda. Proti koncu zgodnjega glaciala so bili zastoji v sedimentaciji vse pogostejši in izrazitejši, breč pa je bilo vse manj, medtem ko je siga nastajala samo v obliki zelo tankih prevlek

Drugi pomembni hiat je med plastema 7 in 6 v območju interpleniglaciala (OIS 3). Ta zastoj je dokumentiran predvsem z brečo v plasti 8a, ki je najobsežnejša in kompaktna breča v celotnem profilu (Turk, Bastiani 2000). Ker je bila sedimentacija med plastjo 8a in 6 najhitrejša, postane vprašljiva korozijska faza. Vendar je do te lahko prišlo tudi v slabše dokumentiranem hiatu (znaki pedogeneze) med plastjo 5 in 5a? (prim. Turk 1997b; 1997c). Kompleks plasti 8 se je odložil približno enako hitro kot ostale interpleniglacialne plasti 2-6 (tab. 2). V kompleksu plasti 8 je največ celih in anatomsko grupiranih paleontoloških najdb in najboljša ohranjenost paleolitskih ognjišč. Interpleniglacialne plasti vsebujejo največ reliefno korodiranih klastov v celotnem profilu in najmanj breč in sige v obliki tankih prevlek (sl. 3: a). Pač pa je na tem odseku največ agregatov (sl. 3: b).

Najzanesljivejši pa je tretji, zadnji hiat, ki mu pripadajo nedotaknjeni reliefno korodirani predeli

Tab. 2: Hitrost sedimentacije. Glej tudi tab. 1.
Table 2: Sedimentation rate. See also Table 1.

Kronostratigrafija Chronostratigraphy			Debelina sedimentov Sediment thickness		Hitrost sedimentacije Sedimentation rate	
Plast Layer	Starost pr. s. Age (ka)	Razpon Span (ky)	Plasti Layers	cm	mm/leto mm/y	δ (%)*
2	35	35	1-2	40	0,011	-92
6	43	8	2-6	119	0,149	5
8a	45	2	6-8a	67	0,335	136
8 sp./lower	50	5	8a-8 sp.	71	0,142	0
?12-13	76	26	8 sp.-(?12-13)	118	0,045	-68
17a ₂ sp./lower	101	25	(?12-13)-17a ₂ sp.	192	0,077	-46
20	115	14	17a ₂ sp. - 20	250	0,18	27

* δ vrednost smo izračunali tako, da smo posamezno hitrost sedimentacije primerjali s hitrostjo sedimentacije zgoraj in spodaj datiranega kompleksa plasti 8 (Nelson 1997, Tab. 4.2).

* The δ notation was calculated by comparing the individual sedimentation rate with the sediment accumulation rate of dated unit 8 (Nelson 1997, Table 4.2)

današnjega jamskega svoda. Ta hiat še vedno traja. Na tleh mu pripada stalagmitna skorja, kalcitna breča in zaobljen, nepreperel grušč s kalcitnimi, prstenimi ali glinastimi oblogami (plast 2a in 2b). Podobne kombinacije pojavov ni nikjer v raziskanem delu profila. To pomeni, da v glacialnih hiatih ni bilo nikoli takšnih pogojev, kot so bili v holocenu.

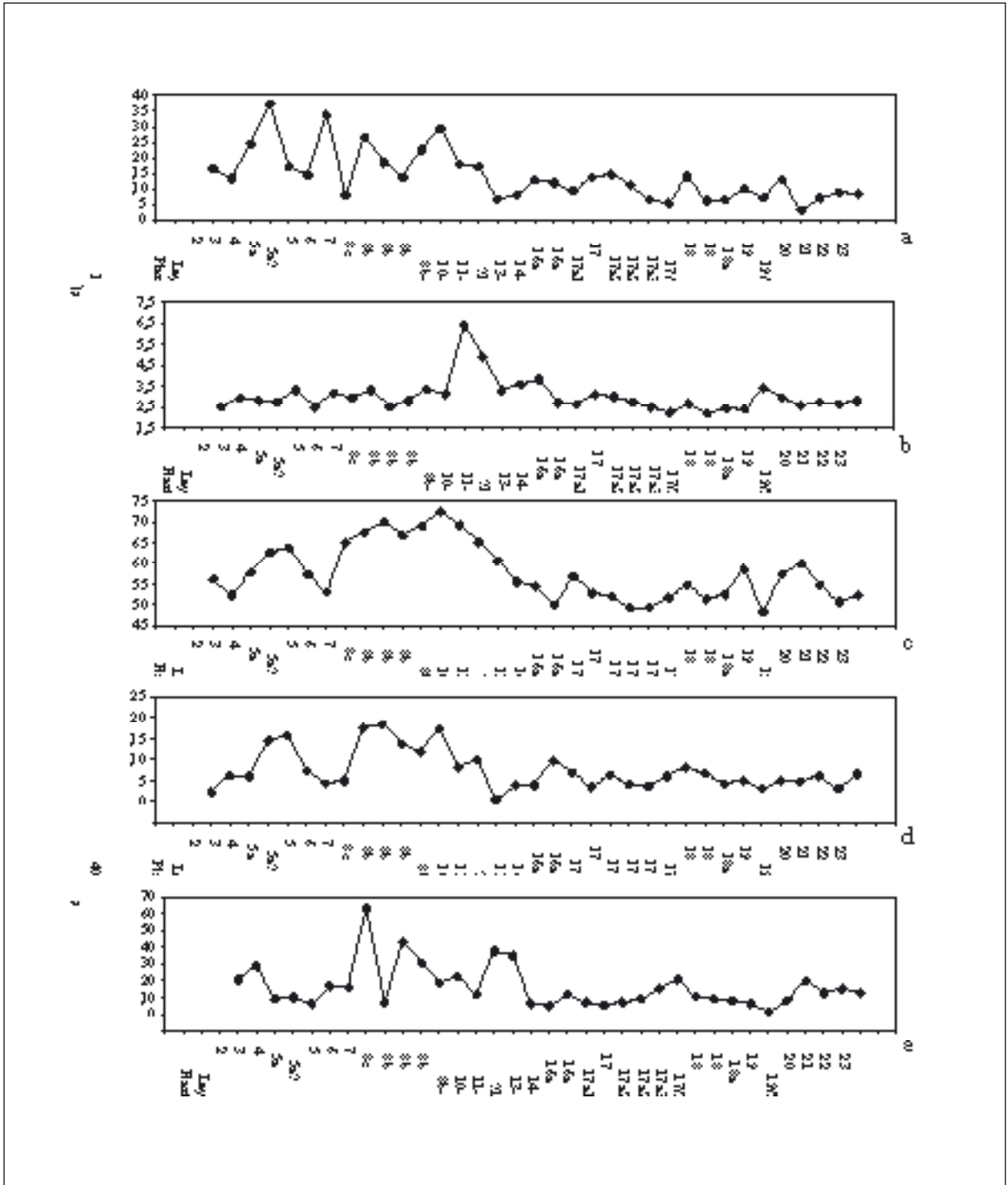
Ker korozijsko reliefno korodirani klasti poleg hiatov predstavljajo tudi kondenzno (in drugo?) vlago (prim. Slabe 1989, 213 ss), so v značilni statistični korelaciji z agregati ($r = 0,71$, $p < 0,05$, $n = 35$) (sl. 4:

c,d). Značilen je časovni zamik med "korozijsko in vlažno fazo". Slabo raziskan odnos (zaradi tafonomskih težav) obstaja med agregati in masovnimi fosilnimi ostanki jamskega medveda (sl. 4: c,e) (prim. Turk et al. 1988).

Ritmu odlaganja sedimentov zelo dobro sledijo fosilni ostanki jamskega medveda in druge sesalske favne ter paleolitske najdbe. Največja gostota vseh naštetih najdb je namreč prav v neposredni bližini hiatov (sl. 4: e) (prim še Turk, Bastiani 2000, sl. 7). To lahko povežemo predvsem z večjo akumulacijo nekaterih ostankov (npr. jamskega medveda) v času trajanja hiatov in v določeni meri s toplejšimi obdobji v času trajanja nekaterih hiatov ali s toplejšimi obdobji pred hiati ali po njih. Slednje pride v poštev predvsem za paleolitske najdbe.

Hiati predstavljajo pomemben element lokalnih (najdiščnih) in regionalnih kronologij (Miskovsky 1974; Laville 1975; Farrand 1975b; Campy, Chaline 1993). Tako ima paleotemperaturna krivulja Divjih bab I (sl. 9: c) več časovnih vrzeli (hiatov), ki so izključno posledica prekinitev v sedimentaciji klastičnih usedlin, ki jih nakazuje predvsem zastopanost reliefno korodiranih klastov. Najmanj reliefno korodiranih kosov je nedvomno v usedlinah, ki predstavljajo tople odseke. Krušenje jamskega svoda zaradi delovanja zmrzali je bilo tedaj najmanj-še. Največ reliefno korodiranih kosov je v usedlinah, ki predstavljajo tako hladne do mrzle kot tople odseke. Vsekakor moramo računati z možnostjo, da je nekaj takšnih kosov nastalo tudi posedimentno kolikor toliko istočasno s tistimi na jamskem svodu. Njihovo večjo ali manjšo prisotnost v usedlinah lahko ocenimo na podlagi podobnih pojavov na kosteh. Poleg tega je reliefna korodiranost odvisna tudi od litologije. Več reliefno korodiranih kosov najdemo v jamah, ki so nastale v apnencu, kot v jamah, ki so se izoblikovale v dolomitu.

Krajši hiati (do največ nekaj 1000 let) se povezujejo predvsem s pedogenetskimi in diagenetskimi procesi, ki so potekali intenzivneje v toplejših in vlažnejših obdobjih glaciala. Predstavljajo zanesljivo podlago za pedostratigrafijo. Pedogenetski in diagenetski horizonti, ki jih povezujemo z brečami in sigami, so razviti tudi v profilu Divjih bab I. (sl. 9: b) (Turk, Bastiani 2000). Nekatere lahko stratigrafsko povežemo z ugotovljenimi hiati. Drugi niso stratigrafsko povezani z njimi ali pa na podlagi reliefno korodiranih klastov nismo ugotovili vseh hiatov (npr. med plastmi 17a³ in 17/18). Vendar mislimo, da vsekakor obstaja neposredna povezava med hiati in brečami, le da breča lahko nastane tudi globlje v jamskih sedimentih brez prave stratigrafske povezave s hiatom (prim. Miskovsky 1974, 298; Farrand 1975b, 58). Takšni primeri lahko povzročajo velika kronološka odstopan-



Sl. 4: Odnos med a) posedimentnimi fragmenti grušča, b) povprečno velikostjo grušča, c) agregati, d) reliefno korodiranimi klasti in e) fosilnimi ostanki jamskega medveda. Opomba: Povprečno velikost grušča smo izračunali na podlagi števila zrn (n), mase zrn (m) in specifične mase dolomita ($2,9 \text{ g/cm}^3$). Agregate predstavljajo vrednosti $>50\%$, ker smo prikazali procent volumske mase (g/cm^3) frakcije sedimenta od specifične mase dolomita ($2,9 \text{ g/cm}^3$) in ga odšteli od 100.

Fig. 4: The variation in sedimentary features at Divje babe I. a) The frequency of post-depositionally produced rubble fragments in the $10 \text{ mm} < x < 40 \text{ mm}$ size class. The percentage was derived by comparing the number of fragments to the total number of rounded clasts. b) The average clast volume - grain size for rubble in the $10 \text{ mm} < x < 65 \text{ mm}$ grain size class. The volume (v in cm^3) was calculated from the number of grains (n), mass of grains (m in g) and density for dolomite ($2,9 \text{ g/cm}^3$): $v = m / (n * 2,9)$. c) The relative abundance of aggregates. It was recalculated from data in Fig. 3: b. The percentage was calculated from the density for dolomite and subtracted from 100. d) The relative number frequency of clasts etched by condensation corrosion in the $x > 40 \text{ mm}$ grain size class. This frequency was calculated from the number of clasts showing etching relative to the total number of clasts. e) The frequency of fossil *Ursus spelaeus* (cave bear) remains represented by permanent and deciduous teeth. The frequency numbers have been normalized for sediment volume of $0,018 \text{ m}^3$.

ja, če gradimo kronoklimatologijo le na brečah. To pomeni, da je treba stratigrafijo hiatov preveriti z neodvisnimi in čim neposrednejšimi kazalci zastojev v odlaganju avtohtonih klastičnih usedlin. Takšni kazalci so predvsem absolutni datumi, stalagmitne skorje, nekatere obloge na klastih in reliefno korodirani klasti od velikosti blokov do srednje velikega grušča. Manjši klasti so se pokazali za manj primerne. Kronološko ne smemo podcenjevati nobenega, tudi še tako kratkega hiata, saj so se izrazite spremembe okolja, povezane s klimo (npr. padcem povprečne temperature za >10 °C), zgodile v sto do nekaj sto letih (Allen et al. 1999). To pa daleč presega časovno ločljivost večine, če ne vseh paleolitских jamskih profilov (toda glej Farrand 1988, 305).

Poleg krajših so za jamske usedline značilni tudi zelo dolgi hiati (10.000 in več let). Takšen hiat je v Divjih babah I v bližini obeh glacialnih vrhuncev (OIS 4 in OIS 2) in v zgodnjem glacialu (OIS 5b). Odsotnost usedlin iz obeh glacialnih vrhuncev je kot kaže splošna značilnost za ožja periglacialna območja v Sloveniji in drugod v alpskem in prialpskem svetu

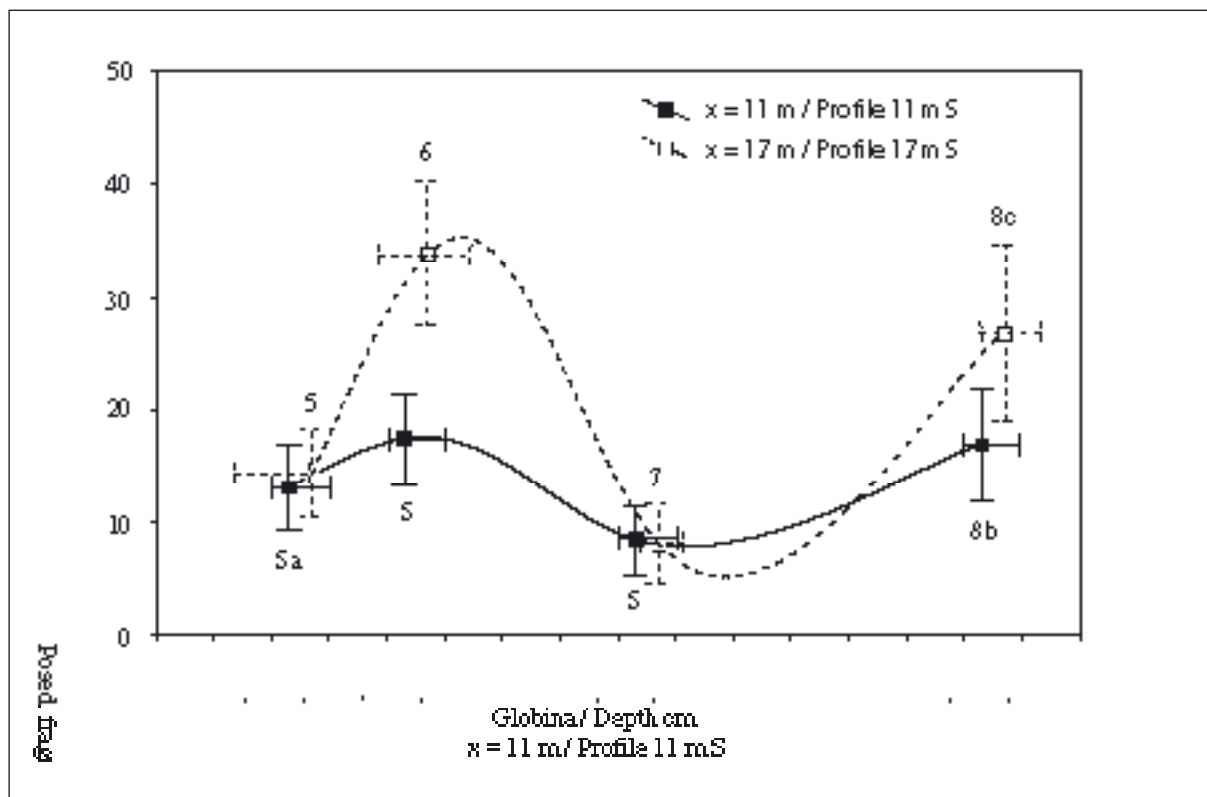
(Osole 1986; Campy, Chaline 1993; Bintz et al. 1997). V daljših hiatih je nastajala tudi siga, vendar le, če je bil teren nad jamo poraščen (Kempe, Rosendahl 1999). Več sige je v zgodnjem glacialu, v interpleniglacialu pa samo v sledovih. Slednje razlagamo s povečano interpleniglacialno erozijo strmih pobočij nad jamo.

4. PALEOTEMPERATURA IN VLAGA

Temperaturo, ki je glavni klimatski parameter, lahko najbolje ocenimo s pomočjo posedimentnih fragmentov grušča in ostankov peloda. Preden razložimo krivuljo, moramo odgovoriti na dve vprašanji.

Prvo vprašanje je vprašanje reprezentativnosti krivulje oziroma njene ponovljivosti v različnih profilih in najdiščih.

Analize posedimentnih fragmentov v večjih ali manjših frakcijah so potrdile rezultat, ki smo ga dobili na podlagi skrbno izbrane analizirane frakcije ($r = 0,53$ in $0,89$, $p < 0,001$, $n = 35$ in 12). Prav tako

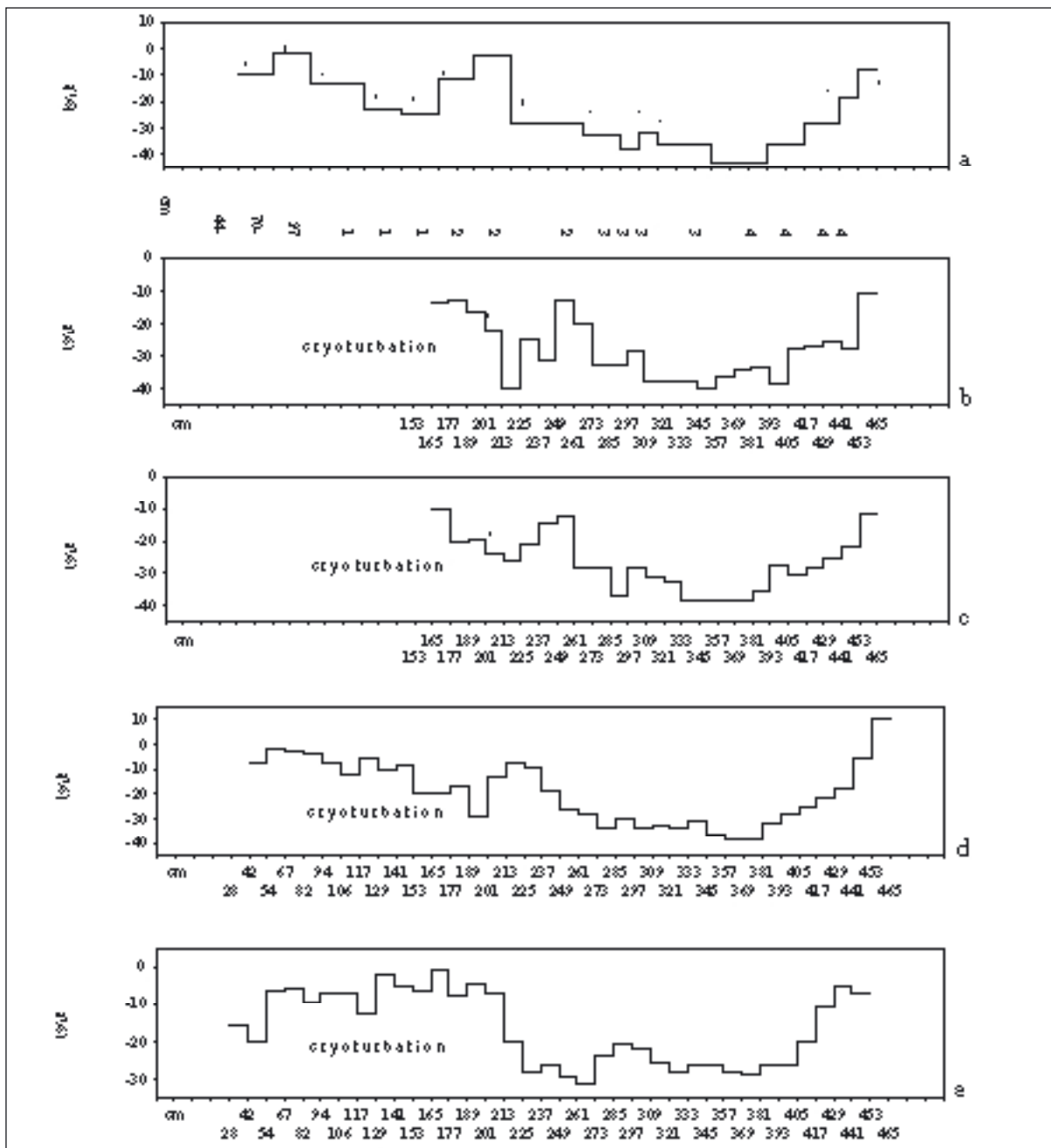


Sl. 5: Primerjava krivulj posedimentnih fragmetov $<40>10$ mm v profilu $x = 11$ in $x = 17$ m. Vzorce iz obeh profilov smo vzporedili na podlagi korigiranih globin, upoštevajoč nagib plasti, projiciranih v profil $x = 11$ m. Navedene so globine in plasti iz obeh profilov. Oznake plasti se, glede na globine, po profilih razhajajo (glej sl. 1). Navpične črte označujejo interval 99 % zaupanja v posamezne vrednosti (kvadrati). Vodoravne črte označujejo interval zaupanja pri vzporejanju globin vzorcev.

Fig. 5: The relative variation in post-depositional fragmentation in the $10 \text{ mm} < x < 40 \text{ mm}$ grain size class. Samples of the two profiles, those at 11 m S and 17 m S , were compared after the sedimentary units had been correlated for depth relative to the profile at 11 m S , given the dip between the two profiles. The error bars indicate the 99% confidence interval. The numbers beside each point indicate the field layer labels at the depth noted on the horizontal scale (see Fig. 1).

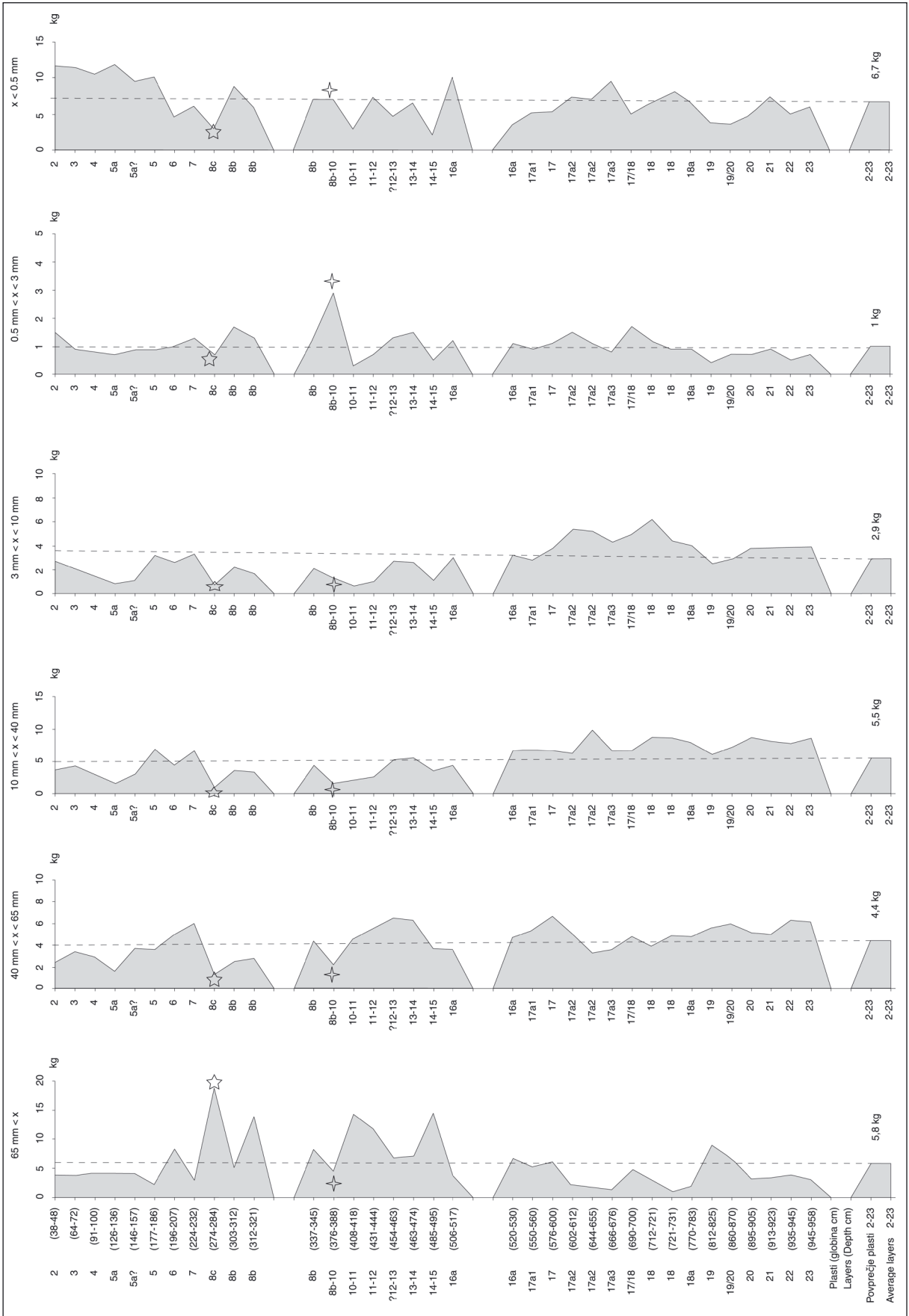
se ujema rezultati iz dveh precej oddaljenih profilov (sl. 9: c,d). Večje razhajanje je samo v amplitudi, medtem ko ostaja potek krivulj nespremenjen (sl. 5). Podobno smo ugotovili pri drugih analiziranih lastnostih (prim. tudi M. Brodar 1959; Farrand

1975b, 32). Tako je npr. zelo močna in značilna korelacija med različnimi frakcijami agregatov ($r = 0,82$ in $0,90$, $p < 0,05$, $n = 35$ in 12). Značilno korelacijo ($r = 0,67$ in več, $p < 0,05$, $n = 36$ in 12) pa smo, kljub moteči krioturbaciji, ugotovili tudi med vseb-



Sl. 6: Krivulje odstopanj volumske mase ene ($<3>0,5$ mm) od treh analiziranih frakcij, ki vsebujejo agregate, od iste dolomitne frakcije brez agregatov v pobočnih sedimentih pod Divjimi babami I (Turk 1997a, sl. 1.4). a) Po plasteh ob kvadratu 24, b-e). Po globinah v kvadratih 5, 7, 34 in 45. Vzorce iz vseh kvadratov smo vzporedili na podlagi korigiranih globin, upoštevajoč nagib plasti, projiciranih v kvadrat 34 (=d).

Fig. 6: The variation in aggregate abundances in the grain size class $0.5 \text{ mm} < x < 3 \text{ mm}$ at Divje babe I. Sediment was analyzed: a) in discontinuous slices of varying thickness by sedimentary layers in the profile at Quadrate 24, b-e) in continuous slices 11-12 cm thick in Quadrates 5, 7, 34 and 45. The aggregate frequency was calculated as the total mass of sediment fraction per unit volume (g/cm^3). The \bar{a} notation was calculated by comparing the individual measurements with the total mass of the same fraction per unit volume ($1.40 \text{ g}/\text{cm}^3$) of the aggregate-free dolomite fraction found in the talus slope sediment below Divje babe I (Turk, 1997a, Fig. 1.4). For easier comparisons, samples from these profiles were plotted after the individual depths had been corrected for relative differences in depth considering the dip between the profile at Quadrate 24 (= Fig. 6: a) and that in Quadrate 34 (= Fig. 6: d).



nostjo agregatov v devetih profilih (prim. tudi *sl. 6: a-c*). Zato mislimo, da so vzorci posedimentnih fragmentov iz kateregakoli profila dovolj reprezentativni za celoten jamski prostor. Z oddaljenostjo od vhoda se spreminja predvsem amplituda vrednosti, medtem ko ostaja globalni potek vrednosti po profilih bolj ali manj nespremenjen.

Drugo pomembno vprašanje je problem zveznosti oziroma nezveznosti vzorčevanja.

Preizkus na agregatih je pokazal, da lahko, med ostalim, vpliva na natančnost in zanesljivost izsledkov analize tudi nezvezno vzorčevanje (po plasteh) (*sl. 6: a-c*). Pri zveznem vzorčevanju smo ugotovili tudi pri debelozrnatih klastičnih usedlinah več podrobnosti (večja natančnost) in tudi tista odstopanja, ki smo jih z nezveznim vzorčevanjem preskočili (večja zanesljivost) (prim. tudi *sl. 9: b in c*). Vizualno določene plasti so namreč v našem primeru samo stratigrafske enote delovne narave, ki jim ne moremo popolnoma zaupati, kar še zlasti velja pri korelacijah med profili (*sl. 5*). Zato je v analitskem postopku zelo koristno preveriti lastnosti plasti z lastnostmi bolj zanesljivih stratigrafskih enot, ki so opredeljene izključno z globino. Pri tem pa je treba upoštevati pod kakšnim kotom so bili sedimenti odloženi.

Porazdelitev velikosti zrn (*sl. 7*), ki je ključnega pomena za opis in primerjavo usedlin, lahko strnemo v naslednje ugotovitve:

Vzorci ($n = 20$) plasti profila, ki so radiometrično opredeljene v interglacial? in zgodnji glacial, vsebujejo večjo količino grušč (frakcije $>3<65$ mm) kot vzorci ($n = 15$) plasti, ki so uvrščeni v interpleniglacial. Pri blokih (>65 mm) in drobnem pesku ter melju ($<0,5$ mm) je slika ravno obratna (*sl. 8*).

Povprečna prostornina ali velikost zrn grušč ($<65>10$ mm) je največja v bližini zgodnjega glacialnega vrhunca (OIS 4) oziroma na prehodu v interpleniglacial (*sl. 4: b*). Razlike med interglacialnim? in zgodnjeglacialnim delom profila na eni strani in interpleniglacialnim delom profila na drugi strani, ki na *sl. 4b* niso vidne, postanejo izrazitejše, če grušč razčlenimo na posamezne frakcije. V delu profila, ki pripada interglacialu? in zgodnjemu glacialu, je povprečna velikost zrn debelega grušč ($<65>40$ mm) statistično značilno manjša pri meji zaupanja $p < 0,07$ kot v delu profila, ki pripada interpleniglacialu. Ocena temelji na realni normalni porazdelitvi vrednosti.

Povprečna velikost srednjega grušč ($<40>10$ mm), na podlagi katerega smo določili posedimentne fragmente, je v obeh kronoloških delih profila precej izenačena. Zato velikost klastov teoretično ni mogla bistveno vplivati na obliko krivulje posedimentnih fragmentov (prim. Laville et al. 1980). Izenačena velikost srednjega grušč je lahko delni rezultat posedimentnega razpadanja večjega grušč na/v tleh (prim. Farrand 1975a, 18). Vsekakor ta pojav zahteva razlago, ki pa jo je, zaradi slabega poznavanja zapletenega mehanizma nastajanja vseh velikosti grušč, težko podati.

Zastopanost posedimentnih fragmentov je v obratnem sorazmerju z zastopanostjo frakcije $<40>10$ mm ($r = -0,74$, $p < 0,001$, $n = 35$). Podoben odnos smo ugotovili tudi v drugem precej oddaljenem profilu. Zato količina posedimentnih fragmentov ni odvisna od količine frakcije $<40>10$ mm, ki se spreminja od plasti do plasti. Pri tem je vseeno ali klaste štejemo ali tehtamo. Med številčnim in masnim deležem je namreč zelo močna in značilna korelacija ($r = 0,98$, $p < 0,001$, $n = 35$).

V profilu $x = 12$ m v vhodnem delu jame (plasti 16a-8b spodaj) so vse vrednosti posedimentnih fragmentov in reliefno korodiranih klastov, ki predstavljajo cel nihaj v eni in drugi krivulji (*sl. 4: a,d*). To je zanesljiv dokaz za to, da na fragmentacijo in korozijo niso vplivali samo dejavniki jamskega mikrookolja, temveč tudi in predvsem globalna klima. Posledice globalnih klimatskih sprememb se v različnih predelih jame razlikujejo samo po magnitudi, medtem ko ostali parametri ostajajo nespremenjeni. Podobno lahko sklepamo za različna najdišča.

Interno sedimentološko preverjanje je potrdilo pravilnost teorije, ki povezuje posedimentne fragmente izključno z zimskimi temperaturami in vlago. Vsi izsledki so smiselni in se dobro ujemajo z dosežanimi splošnimi teoretskimi ugotovitvami o vplivih klime na odlaganje klastičnih jamskih usedlin (Laville et al. 1980). Zato lahko podrobneje obdelamo krivuljo na *sl. 4: a*.

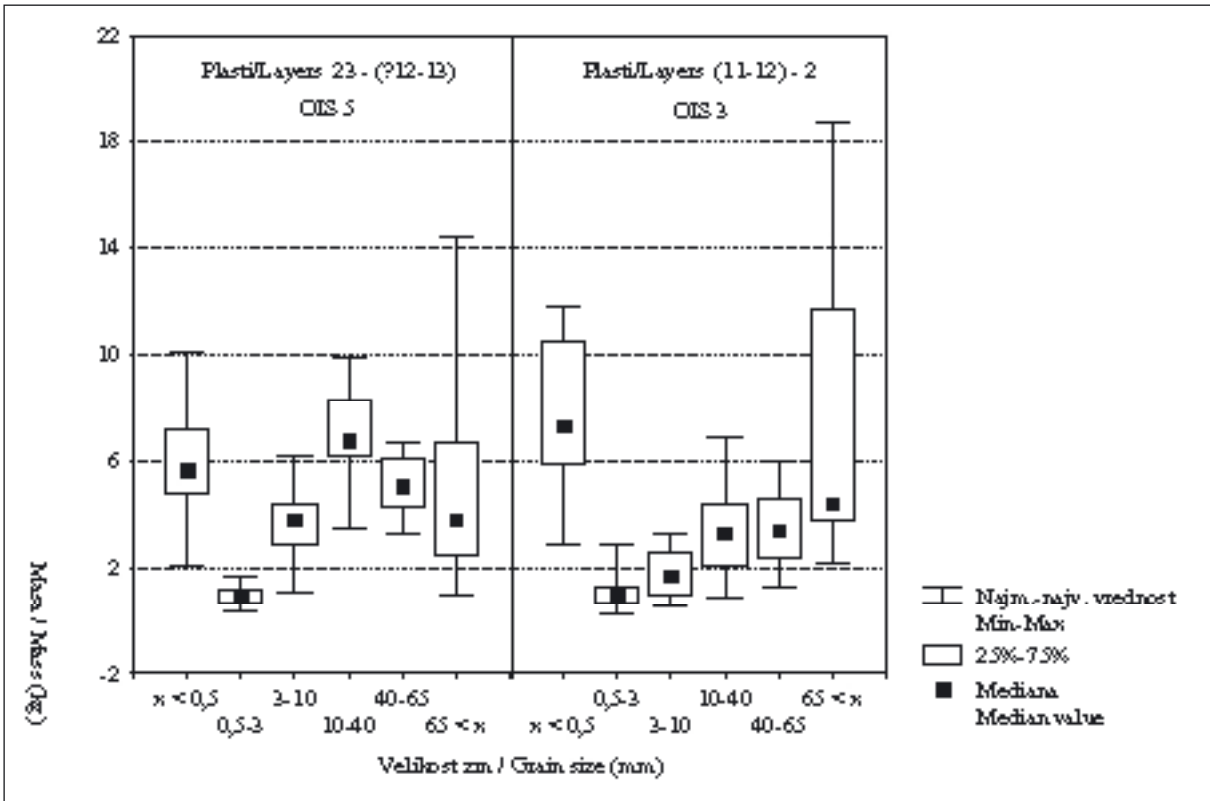
Krivuljo posedimentnih fragmentov smo naredili na podlagi frakcije grušč $<40>10$ mm. Vzorci analizirane frakcije so šteli povprečno 465 kosov. Zato je standardna napaka pri deležih posedimentnih fragmentov največ $\pm 2,9$ %. Krivuljo zastopanosti posedimentnih fragmentov (*sl. 4: a*), ki pokriva 38 % profila, lahko naredimo neposredno primerljivo z globalnimi

Sl. 7: Prostorninsko uteženi količinski deleži posameznih analiziranih frakcij v profilu. Podano je povprečje vseh plasti vsake frakcije. Z zvezdico so označene najbolj odstopajoče vrednosti dveh plasti: 8c in 8b-10. Dobili smo jih na podlagi standardnega odstopanja (SD) od mediane. $SD >+3$ je pri frakciji >65 mm v plasti 8c in pri frakciji $<3>0,5$ mm v plasti 8b-10.

Fig. 7: The distribution of the individual grain size classes in the profiles at Divje babe I. The absolute frequency values have been normalized to a uniform sediment volume of 0.018 m^3 . The dotted line on each plot indicates the average abundance for that grain size class averaged over all the layers. The most outlying values of two layers: 8c and 8b-10 are marked by stars. We obtained them on the basis of standard deviation (SD) from the median. SD is $>+3$ with the grain size class $65 \text{ mm} < x$ in layer 8c and with the grain size class $0.5 \text{ mm} < x < 3 \text{ mm}$ in layer 8b-10.

paleoklimatskimi krivuljami tako, da relativne zastopanosti posedimentnih fragmentov odštejemo od 1. Ker v popolnoma odkopanem vhodnem delu Divjih bab I (izkopavanja 1980-1986) nismo mogli več dobiti referenčnega vzorca sedanje klime, krivulja ni ustrezno standardizirana (sl. 9: c). Interpretirane

odseke tople ali zmerne paleoklime na orientacijski krivulji zastopanosti posedimentnih fragmentov predstavljajo neparne številke, odseke hladne ali mrzle paleoklime pa parne številke (pri kronoloških primerjavah bomo pred njih dajali oznako *D. b.*). Odseke 3-6 smo preverili z analizo zvezno vzorčevanega in



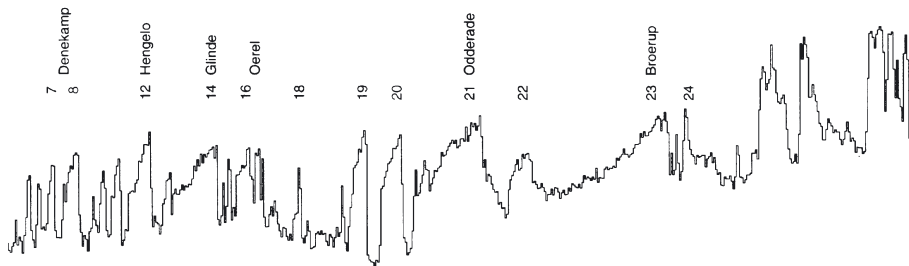
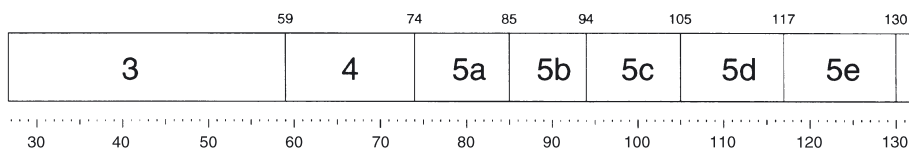
Sl. 8: Prostorninsko uteženi količinski deleži posameznih analiziranih frakcij v združenih interglacialno - zgodnjeglacialnih in interpleniglacialnih plasteh. Glej razlike in podobnosti med enimi in drugimi sedimenti.

Fig. 8: The grain size distribution in combined Layers 2-12 and 13-23 at Divje babe I. See differences and similarities in clastic sediments between OIS 3 and OIS 5. Absolute frequency values have been normalized to a uniform sediment volume of 0.018 m³.

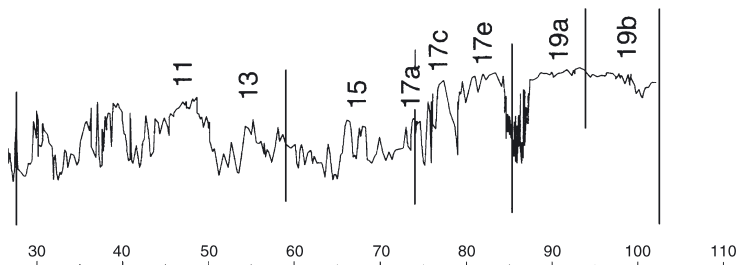
Sl. 9: a) Samostojno datirana krivulja GRIP (Summit)- $\delta^{18}\text{O}$ za izotopske stopnje 3-5e. Tekoče številke 8-24 označujejo Dansgaard-Oeschgerjeve dogodke, ki so korelirani s klasičnimi interstadiali (Weissmüller 1997, sl. 1). b) Samostojno datirana krivulja drevesnih vrst v profilu Lago Grande di Monticchio za izotopske stopnje 3-5b. Tekoče številke 5b-19b označujejo interne interstadialne dogodke (Allen et al. 2000, sl. 3: e). c) Neodvisno datirana krivulja zastopanosti posedimentnih fragmentov v frakciji <40>10 mm profila Divje babe I in njena orientacijska klimatokronološka razlaga. Vrednosti so razlika od 100. Tekoče številke 1-9i označujejo tople (neparna števila) in hladne odseke (parna števila). Navpične črte označujejo interval 99 % zaupanja za posamezne vrednosti (kvadratki). d) Podrobna krivulja zastopanosti posedimentnih fragmentov v frakciji <40>10 mm v delu zvezno vzorčevanega profila $x = 11$ m (plasti 5-8c) Divjih bab I, kjer je bila najdena piščal. Odstopanja (δ) so računana od začasnega modernega standarda, ki je z arheološkimi najdbami in holocenski stalagmitno skorjo datiran v holocenski mrzli dogodek pred 5. st. n. š.

Mogoča je direktna primerjava obeh profilov Divje babe I s spreminjanjem $\delta^{18}\text{O}$ vrednosti v profilu ledu GRIP (Summit) in z zastopanostjo drevesnih vrst v profilu Monticchio na podlagi radiometrične kronologije. Zaradi lažjega sporazumevanja so na krivulji Divje babe I označeni korelati klasičnih zahodnoevropskih interstadialov.

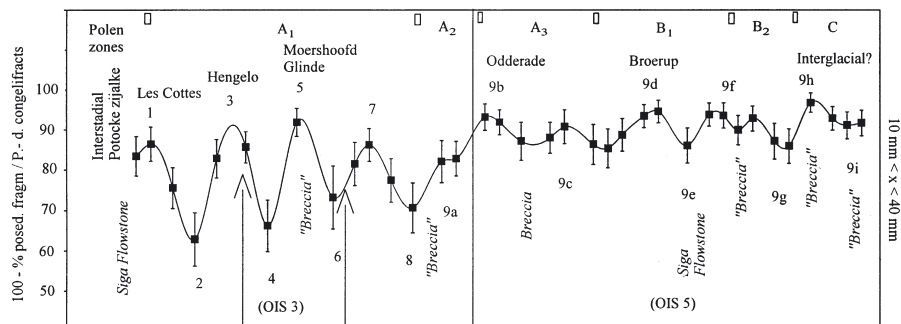
Fig. 9: The paleoclimatic interpretation from variation of the post-depositional fragments frequency at Divje babe I compared with that from $\delta^{18}\text{O}$ and pollen data. The Divje babe I curves were dated by AMS ¹⁴C and ESR. The classic Western European Interstadials are marked on the Divje babe I curves for easier comparison. General agreement occurs between the two Divje babe I profiles and the $\delta^{18}\text{O}$ and pollen curves. a) The GRIP(Summit) curve showing $\delta^{18}\text{O}$ variation globally in OIS 3-5e. The numbers mark the Dansgaard-Oeschger (DO) events that have been correlated with classic European interstadials (Weissmüller, 1997, Fig. 1). b) The pollen frequency for tree species in the Lago Grande di Monticchio for OIS 3-5b. Odd numbers mark regional interstadial events (Allen et al., 2000, Fig. 3: e). c) The relative frequency of post-depositional fragments in the 10 mm < x < 40 mm grain size fraction at Divje babe I subtracted from 100. Odd numbers mark warm climatic phases while even numbers mark cold phases. Error bars denote the 99% confidence interval. d) The relative frequency of post-depositional fragments in the 10 mm < x < 40 mm grain size fraction in the continuously sampled section of the profile at 11 m S (Layers 5-8c) at Divje babe I. The flute was found in Layer 8a. The δ notation was calculated by comparing the individual measurements with the modern reference, which is dated with archaeological finds and a Holocene stalagmite crust deposited prior to 500 a at Divje babe I.



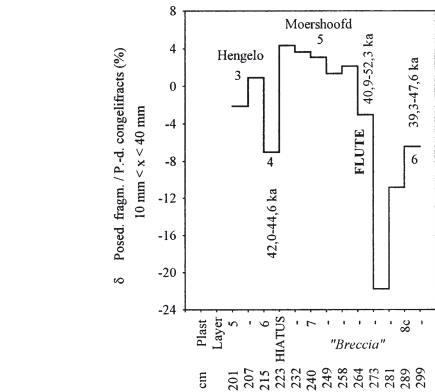
a



b



c



d

standardiziranega kontrolnega profila (interval vzorčevanja < 10 cm) in tako izboljšali razločnost krivulje (*sl. 9: d*). S statistično metodo najmanjših kvadratov lahko ugotovimo "trend" padanja paleotemperature od interglaciala? proti sredini interpleniglaciala, ki predstavlja globalni pojav. Sočasno s padcem povprečne letne temperature se je povečala tudi vlažnost v jamskem okolju (prim. *sl. 4: c* in *9: c*). To lahko, kljub nepoznavanju padavin, razložimo s premo sorazmernim odnosom med temperaturo in potencialnim izhlapevanjem in transpiracija (PET) v okolju (Verheyne et al. 1991, tab. 1). Manjše PET (nižja temperatura) pri stalni količini padavin povečuje količino "nekondenzne" vlage v jamskem okolju (mezeča meteorna voda), ki se odraža v večji količini agregatov. Večje PET (višja temperatura) pri stalni količini padavin pa povečuje količino kondenzne vlage v jamskem okolju, ki se odraža v močnejši koroziji jamskega svoda. To je lahko pravšnje izhodišče za analizo odnosa med krivuljami sedimentnih fragmentov, agregatov in reliefno korodiranih klastov, vključno z zamiki med krivuljami (prim. *sl. 4: a,c* in *d*).

Primerjava obeh krivulj zastopanosti sedimentnih fragmentov grušča (*sl. 9: b,c*) in drugih paleotemperaturnih krivulj (*sl. 9: a*) kaže, da se odseki na obeh krivuljah klimatokronološko dobro ujemajo z $\delta^{18}\text{O}$ paleotemperaturno krivuljo jeder GRIP (Summit) in GISP2 grenlandskega ledu kot tudi z drugimi paleo-klimatskimi krivuljami, določenimi na podlagi morskih sedimentov v severnem Atlantiku in jezerskih usedlin s pelodom v zahodni Evropi in Sredozemlju, ki so datirane v zadnji interglacialno-glacialni cikel (prim. Allen et al. 1999, sl. 3; Guiot 1990; Guiot et al. 1989, sl. 2. Za principe in metodologijo glej Ehlers 1996, 230 ss). Te neprekinjene krivulje imajo ločljivost od nekaj sto do tisoč let. Naša samostojno datirana prekinjena krivulja ima bistveno slabšo ločljivost. Temu je krivo sedimentacijsko okolje in nezvezno vzorčevanje. Oboje ustvarja kronološke praznine. Kronološko ločljivost zmanjšujejo tudi datacije z velikimi standardnimi napakami. Kronološko ločljivost orientacijske paleotemperaturne krivulje Divjih bab I je mogoče izboljšati samo z zveznim vzorčevanjem (prim. *sl. 9: c* in *d*). Vendar je to vzorčevanje nesmiselno v usedlinah, ki jih je prizadela krioturbacija in/ali soliflukcija. V Divjih babah I so takšne plasti 2-5a, kjer ne moremo pričakovati boljših rezultatov, kot jih trenutno imamo.

Vsakaršen dvom v veljavnost GRIP- $\delta^{18}\text{O}$ krivulje za naš prostor za obdobje zadnjega glaciala lahko izključimo na podlagi popolnega ujemanja GRIP- $\delta^{18}\text{O}$ krivulje, z nam najbližjo, samostojno datirano, pelodno

krivuljo iz najdišča Lago Grande di Monticchio v južni Italiji (Allen et al. 1999; Watts et al. 2000). Korelacija med jedri ledu GRIP in jedri globokomorskih sedimentov na eni strani ter številnimi bolj ali manj dolgimi in neprekinjenimi pelodnimi profili v Evropi na drugi strani, je bila potrjena z odkritjem Dansgaard-Oeschgerjevih "interstadijalnih" dogodkov v plasteh grenlandskega ledu in Heinrichovih "stadijalnih" dogodkov v globokomorskih usedlinah severnega Atlantika (Broecker 1994; Dansgaard et al. 1993). Nobenega dvoma ni, da vsi našeti profili kažejo iste globalne spremembe paleoklime, ki jih lahko sedaj prvič sledimo tudi v profilu sedimentov Divjih bab I.

Glavno neodvisno kontrolo paleotemperaturne krivulje, opredeljene na podlagi porazdelitve sedimentnih fragmentov znotraj najdišča, omogoča pelodni diagram (za osnove glej Girard 1987). Interglacialno-zgodnjeglacialni in interpleniglacialni kompleks naše orientacijske krivulje se odlično ujemata z izsledki internih pelodnih analiz (Šercelj, Culiberg 1991). Interglacial? in zgodnji glacial sta v najdišču zastopana s fazo bukve (pelodne cone C-A2), interpleniglacial pa s fazo brez bukve in s prevlado iglavcev nad listavci (pelodna cona A1), kar kaže na bistveno različne klimatske pogoje.

Na izsledkih pelodnih analiz slonijo danes tudi vse manj sporne paleoklimatske razlage in povezave paleolitskih jamskih profilov. Tako je H. Laville zadnje radikalne popravke svoje regionalne klimatokronološke sheme naredil proti pričakovanju na podlagi novih izsledkov pelodnih analiz in ne na podlagi novih sedimentoloških raziskav (Laville et al. 1986).

Vlažnen odsek interpleniglacialnega dela profila Divje babe I, ki ga kažeta krivulji agregatov (*sl. 3: b* in *4: c*) in korodiranih kosov jamskega svoda (*sl. 4: d*), ima dobro primerjavo v ocenah PET v pelodnem profilu Monticchio. Tu je povečana vlažnost zabeležena med 50.000 in 40.000 let p. s. z izrazitim vrhuncem ok. 50.000 p. s. (Allen et al. 1999, sl. 3: h). Podobno je v drugih pelodnih profilih, kjer so bile podane ocene padavin (Guiot et al. 1989, sl. 3).

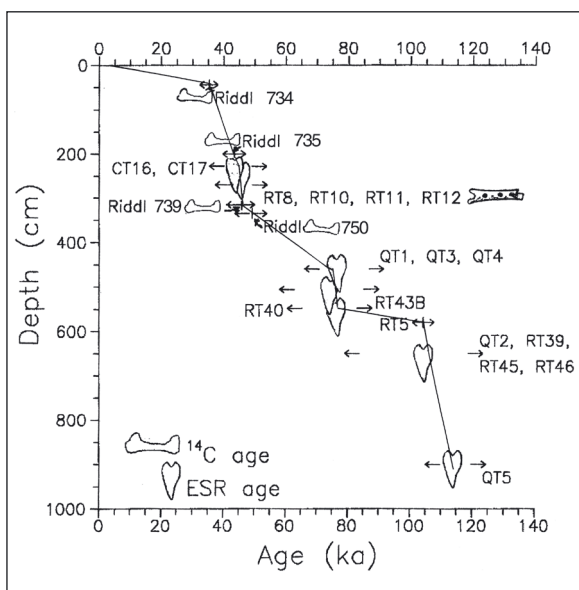
Znano je, da je bil zgodnji glacial bolj vlažen kot interpleniglacial. Kako se to odraža v jamskem sedimentnem okolju, kjer moramo v spremenljivi glacialni klimi računati z interakcijo med kondenzno in "nekondenzno" vlago, ni popolnoma jasno. Prav tako ni jasno, kakšen vpliv na padavine je imela interpleniglacialna regresija morja. Profil Divjih bab I kaže, da je slika vlage, ki so jo dale pelodne analize na eni in sedimentne na drugi strani, zapletena. Možnost, da je na vegetacijo poleg temperature in vlage vplival še kakšen globalni dejavnik (npr. spreminjanje vsebnosti CO_2 v ozračju), ni izključena (prim. Watts et al. 2000).

5. KRONOLOŠKE OPORNE TOČKE

Glavno oporo kronološki razlagi profila nedvomno predstavljajo radiometrični datumi (*tab. 1; sl. 10*). Pomembno je, kako se ti datumi skladajo z relativno kronologijo najdišča.

V profilu Divje babe I je kronološko najpomembnejša neodvisno dobljena letnica ≈ 74.000 let pr. n. š. Ta v zmernem pasu zanesljivo označuje začetek zadnjega glaciala v ožjem pomenu besede ("full Glacial") oziroma prehod iz OIS 5 v OIS 4 (Weissmüller 1997; Allen et al. 1999). V našem primeru letnica ≈ 74.000 let pr. n. š. sovpada z najjasneje izraženo sedimentološko mejo v celotnem analiziranem profilu. Ta je dobro dokumentirana na podlagi štirih neodvisnih sedimentnih lastnosti (*sl. 4: a-d*) in preverjena z analizo peloda. Pomembno datumsko mejo ≈ 74.000 let pr. n. š. bolj ali manj natančno predstavlja plast 13 oziroma bolj zanesljivo globina 454 cm v tipskem profilu $x = 12$ m (*tab. 1*). Zaradi naklona plasti je treba v smeri osi y na vsak meter oddaljenosti od profila $x = 12$ m prišteti 3 cm, če se pomikamo naprej po osi y ali odšteti 3 cm, če se pomikamo v obratni smeri.

Za datumsko mejo (< 74.000 let pr. n. š.) imamo eno zanesljivo (≈ 43.000 pr. s. oziroma ≈ 41.000 pr. n.



Sl. 10: ESR in ^{14}C starosti za Divje babe I. Za plasti 7-20, ki so izven dosega ^{14}C metode, je bilo narejenih 30 neodvisnih datacij z metodo ESR (elektronska spinska rezonanca) na zobni sklenini (^{14}C datacije so povzete po Nelson 1997; nekatere ESR datacije so povzete po Blackwell et al. 2000; Lau et al. 1997). Črta prikazuje hitrosti sedimentiranja na podlagi ESR datacij.

Fig. 10: ESR and ^{14}C ages for Divje babe I. For the layers beyond the maximum ^{14}C dating limit, ESR (electron spin resonance) in tooth enamel was used to determine 30 independent dates for Layers 7 through 20 (^{14}C data from Nelson, 1997; some ESR data from Blackwell et al., 2000; Lau et al., 1997). Line indicates sediment accumulation rates.

š.) in dovolj natančno ($-1.400 + 1.200$ let) letnico v plasti 6 (= odsek *D. b. 4*). Ta mrzli odsek interpleniglacialnega profila Divjih bab I ima vzporednice v vseh samostojno datiranih profilih, ki kažejo potek zadnje poledenitve na 1000 in manj let natančno. Pomembno je, da se odsek *D. b. 4* kronološko ujema tudi z izračunanimi najnižjimi vrednostmi zimskih temperatur v treh samostojno datiranih pelodnih profilih: Grande Pile, Les Echets in Monticchio (Guiot 1990, sl. 12; Allen et al. 1999, sl. 3: f). Nizke temperature so tedaj trajale približno 2000 let. V Divjih babah I je nastalo v mrzlem in vlažnem jamskem okolju v tem času veliko krioklastičnega materiala predvsem s preperevanjem stranskih polic. V bistvu gre za rigolit, ki se je sedimentiral, odvisno od naklona in poteka polic, zelo hitro skupaj z drugimi krioklastičnimi sedimenti. Zato lahko v sedimentih tega odseka pričakujemo lateralno največ odstopanj v celotnem analiziranem profilu (*sl. 6: a-e*) (prim. Turk 1997b, 37 s). Pred tem je bilo najdaljše toplo obdobje interpleniglaciala, ki je trajalo 6,400 let in je med drugim zabeleženo v coni 11 profila Monticchio ter v Dansgaard-Oeschgerjevem dogodku 14 v profilu GRIP (Summit)- $\delta^{18}\text{O}$ (*sl. 9: a*) (Watts et al. 2000). Temu toplemu obdobju kronostratigrafsko ustreza topli odsek *D. b. 5*.

Pred datumsko mejo (> 74.000 let pr. n. š.) imamo več radiometričnih letnic, vendar niso niti zanesljive niti natančne (*tab. 1*), kar je splošen problem večine profilov, tudi kontinuiranih. Zlasti problematične so datacije odsekov *D. b. 9b* in *D. b. 9c*, ki sta stratigrafsko ločena, vendar radiometrično istočasna. Težko je postaviti tudi mejo med zgodnjim glacialom in interglacilom. Probleme bi bolje osvetlili z dodatnimi datacijami, ki bi vključevale tudi najgloblje, odkopane plasti, in z zveznim vzorčevanjem usedlin.

Za datumsko mejo (< 74.000 let pr. n. š.) so nastali povprečno največji klasti v avtohtoni gruščnati frakciji jamskih sedimentov, narasla je vsebnost reliefno korodiranih klastov in agregatov, povečala se je hitrost sedimentacije in posedimentnega drobljenja avtohtonih klastičnih usedlin na/v jamskih tleh (*sl. 4: a-d*). To povezujemo s pogostimi padci zimske temperature in z občasnimi povečanju vlažnosti (prim. Miskovsky 1974, 293; Laville et al. 1980; toda glej Farrand 1975a, 19 s; 1975b, 53). Padcu zimskih temperatur je nedvomno sledil tudi padec poletnih temperatur, ki ga izpričujejo izrazite spremembe v pelodni coni A1 tik za datumsko mejo. V coni A1 preliminarne pelodnega diagrama dokončno izgine bukev in prevladajo iglavci nad listavci (Šercelj, Culiberg 1991). Močno se poveča delež trav in zelišč (*ibid.*). Za tipični interpleniglacialni kompleks (plast 8), ki sodi po pelodu med bogatejše, predvidevamo, da je delež določenih travniških vrst verjetno precenjen zaradi vpliva jamskega medveda.

Zato je težko sklepati na takratno okolje. Trend padanja temperature se nadaljuje s krajšimi ali daljšimi toplimi prekinitvami vse do plasti 4.

Pelodna slika za datumsko mejo vsekakor izdaja nasplošno nekoliko hladnejšo klimo od sedanje z občasnimi zelo mrzlimi obdobji (*Selaginella*, *Helianthemum*), ki so se menjavala s toplejšimi, z več listavcev. Gozd, predvsem iglasti, ni nikoli povsem izginil (ibid.). Ugotovitve so skladne z izsledki v mnogo bolj južno ležečem pelodnem profilu Monticchio (Allen et al. 1999). Tam izgine bukev popolnoma šele v poznem glacialnem vrhuncu, medtem ko je zelo skromno zastopana skozi ves interpleniglacial in zelo bogato v zgodnjem glacialu (ibid., sl. 2). Poleg tega nobeden od enajstih interstadialov, določenih v tem profilu od začetka interpleniglaciala do 35.000 pr. s., ni bil tako topel, kot je holocen. Podobno sliko vegetacije, čeprav bolj fragmentarno, poznamo z območja Benetk (Bartolomi et al. 1977). Bukve je tudi tu značilna za zgodnji glacial.

Klimatski odseki za datumsko mejo vsebujejo posamične najdbe tipične arktične in alpinske favne ter flore, kot so: polarna lisica (plast 8b-10, neobjavljeno), kozorog, gams, alpski svizec (krioturbatni kompleks plasti 2-5a in plast 8), snežna voluharica (krioturbatni kompleks plasti 2-5a, plast 8), severni netopir (krioturbatni kompleks plasti 2-5a), sončece (plast 6 in 8), alpska drežica (plast 4 in 8) in posamične najdbe tipične zmerne favne in flore, kot so: ostrouhi netopir (plast 5), krt (plast 4 in 5), polh (plast 7), jež (plast 10), bršljan (plast 8) (Šercelj, Culiberg 1991; Kryštufek 1997; Turk, Dirjec 1997).

Pred datumsko mejo (>74.000 let pr. n. š.) so poleg značilnih predstavnikov zmerne klime, kot so: bukev (večina plasti) in krt (plast 14, 16 in 17a₁), tudi predstavniki alpskih vrst, kot so: alpska drežica (plast 13) brezova miš (plast 13-14) in snežna voluharica (plasti 13-16a), ki kažejo na hladnejše klimatske odseke (Šercelj, Culiberg 1991 in neobjavljeni podatki, ki nam jih je posredoval Borut Toškan).

Paleolitske najdbe so za interno kronološko usklajevanje manj pomembne, saj je njihova časovna ločljivost bistveno slabša, kot se je v začetku mislilo. V poštve pridejo le, če ni drugih možnosti. Kar zadeva izsledke naših analiz skromnih paleolitskih horizontov, kot tudi mnenj tujih strokovnjakov, menimo, da se dobro ujemajo z neodvisno kronologijo najdišča (prim. Turk, Bastiani 2000; Otte 2000; toda glej M. Brodar 1999).

Edini problem, ki je povezan samo z delom profila pred datumsko mejo, je temperaturna ločljivost. Vpadljiva je velika razlika med amplitudami zimskih temperatur v zgodnjem glacialu in interpleniglacialu (sl. 9: c). Topli "interstadialni" odseki interpleniglaciala so bili vsi brez izjeme dejansko nekoliko hladnejši od toplih vrhuncev zgodnjega glaciala (prim.

Allen et al. 1999). To je razvidno tudi na naši krivulji. Moteča izjema je samo zelo topel odsek *D. b. 5*. Periodična nihanja zimskih paleotemperatur, ocenjena na podlagi sestave peloda v profilu Monticchio, so bila dejansko zelo velika v vsem interpleniglacialu in neznatna v zgodnjem glacialu od 102.000 do 85.000 pr. n. š. (Allen et al. 1999, sl. 3: f). To se dobro ujema z ustreznimi kronološkimi odseki na naši krivulji zimskih paleotemperatur v profilu Divje babe I, ocenjenih na podlagi posedimentnih fragmentov (sl. 9: c). Upošteva ves zgodnji glacial in interglacial, so bila tedaj nihanja zimskih paleotemperatur v zahodni Evropi celo večja kot v interpleniglacialu (Guiot 1990, sl. 12). To pa se ne ujema z našimi izsledki.

Vzrok nekaterim nepravilnostim nesistematske narave so lahko predvsem sedimentacijske vrzeli, ki izkrivljajo prvotno sliko zaradi pojava palimpsesta. Vprašanje, ki ga takšna razlaga sproži, je, zakaj se potem odsek *D. b. 9* kljub hiatom tako dobro ujema z delom krivulje GRIP (Summit) - $\delta^{18}O$, ki predstavlja OIS 5. Da bi bila temu vzrok sedimentacija brez hiatov, ne pride v poštev (glej *tab. 1, 2*). Nasprotje takšnega ujemanja kljub hiatom je nepopolno ujemanje odseka *D. b. 8* (in *D. b. 9a*) z odsekom krivulje GRIP (Summit)- $\delta^{18}O$, ki predstavlja OIS 4, kar je lahko posledica nesporno ugotovljenih sedimentacijskih vrzeli (sl. 9: a,c). Vprašanje bi morda dodatno osvetlili z zveznim vzorčevanjem odseka *D. b. 9*.

Zaradi povprečno 12 °C nižje povprečne temperature najbolj mrzlega meseca v obdobju celotnega glaciala na območju srednjega Sredozemlja (Allen et al. 1999) je zmrzal segla precej globlje v jamo Divje babe I, kot se to dogaja danes. Sledove krioturbarije lahko sledimo v zgornjih plasteh profila sedimentov več kot 20 m od sedanjega jamskega vhoda v notranjost jame. Ker nakazuje krioturbarija območje stalno zmrznjenih tal (permafrost) na globini dobrih 2 metrov, za obstoj katerih je potrebna povprečna letna temperatura zraka pod - 4 °C (deglrd 1993), lahko sklepamo, da je po odložitvi plasti 2 v določenem obdobju glacialnega maksimuma (OIS 2) vladala v jami posebna mezoklima s povprečno letno temperaturo zraka pod - 4 °C. To je bilo mogoče zaradi permafrosta, majhnega vhoda in senčne lege, kar je poleti preprečevalo ogrevanje jamskega zraka do stopnje, ko bi se odtajal debelejši ali celotni sloj permafrosta, ki je hladil jamo. Jama je bila v tem času sicer dostopna, vendar zaradi mraza popolnoma neobljudena (za nekoliko drugačne razlage prim. Turk 1997b, 35 s in M. Brodar 1999, 39). Prekinjena je bila tudi sedimentacija. V zgodnjem glacialnem vrhuncu (OIS 4) je bila krioturbarija zelo šibka kljub bistveno večjemu vhodu. Verjetno je prav velik vhod preprečeval nastanek in obstanek globoko zmrznjenih tal in z njimi povezane močnejše krioturbarije. S tem

v zvezi je zanimivo odkritje zmrznjenih usedlin v vhodnem predelu Potočke zijalke (S. Brodar 1934, 145) in močne krioturbacije mlajšepleistocenskih sedimentov v jamah z velikimi in osončenimi vhodi (S. Brodar 1960).

6. KRONOLOŠKE POVEZAVE

Profil Divjih bab I omogoča kronološke povezave na lokalni in regionalni ravni. Paradoks je, da so povezave na regionalni ravni trenutno zaneslivejše od povezav na lokani ravni.

Kronološka primerjava profila Divje babe I z drugimi jamskimi profili v Sloveniji je zaenkrat teoretično mogoča samo na podlagi paleontoloških in paleolitskih najdb (prim. M. Brodar 1999). V Sloveniji sicer imamo nekaj jamskih profilov (Črni kal, Betalov spodmol), ki veljajo za tipske (S. Brodar 1958; Osole 1990, 1991). Vendar do nadaljnjega niso arheološko lito-, bio- in kronostratigrafsko primerljivi s profilom iz Divjih bab I (prim. M. Brodar 1999, 39 s). Vzrok za to je po našem predvsem metodološke in ne litostratigrafske narave, kot meni M. Brodar (ibid.). Vsa paleolitska najdišča v Sloveniji, razen Divjih bab I, sestavljajo namreč regionalno sintetično kronološko shemo z dvema do tremi tradicionalnimi stadiali (W I, W III in pogojno W II) in dvema interstadialoma (W I/II in W II/III). Te sheme, ki nima samostojne kronologije in je v svojem bistvu samo stratigrafska, se brez dodatnih sedimentoloških in palinoloških analiz, podprtih z radiometričnimi datumi, ne da spreminjati. Shema je rezultat določene metode dela, ki so jo narekemale tedanje možnosti. Enako je tu predlagana klimatokronologija Divjih bab I rezultat drugačne metode dela in novih možnosti. Če je prvotna metoda v primeru Divjih bab I odpovedala (prim. M. Brodar 1999, 39 s), je sklicevanje na lokalne ali regionalne posebnosti (ibid.; prim. tudi Laville et al. 1980) samo izgovor za nemoč stroke, da z ustreznimi metodami poišče odgovor na zastavljeno vprašanje. Če ni ustrezne metode in argumentiranega odgovora, najdejo plodna tla različna ugibanja, ki nimajo moči dokaza, četudi so pravilna. Vendar je pravilnost le slučajna.

Po mnenju M. Brodarja (ibid.) je ostalo ključno kronološko vprašanje v Divjih babah I zaradi premajhnega upoštevanja geološkega vidika odprto. Kljub temu je podal kronološko razlago profila Divjih bab I in pri tem uporabil priljubljeno kulturno-historično metodo. Profil je vzporedil z Interstadialom Potočke zijalke, ki ga postavlja "pred drugo polovico zadnje poledenitve" (M. Brodar 2000, 9), in morda s paleolitskimi najdbami v poselitvenem horizontu D v Betalovem spodmolu, ki se stratigrafsko pripisuje poznemu mus-

terjenu (glej Osole 1991). Obstoj musterjena v Divjih babah I (prim. Turk, Bastiani 2000) pa je M. Brodar s tipološko analizo ovrgel. Zato ga je moral nadomesti z doslej drugje neznano "kulturo Divjih bab I", ki je nekakšen nadomestek za naš musterjen tipa Divje babe I (Bastiani et al. 2000). Po njegovem mnenju v profilu Divjih bab I tudi ni sledu preteklega interglaciala, ki naj bi bil geološko lahko razpoznaven. V obdobju tega interglaciala bi morali najti musterjen in bi tako rešili odprto kronološko vprašanje.

S stališči M. Brodarja bi se strinjali, če temu ne bi nasprotovali vsi doslej zbrani kronološki podatki za profil Divjih bab I. Zato bomo eksplicitno podali našo širšo razlago profila v arheološkem kronološkem smislu, ki je implicitno razvidna že iz orientacijske paleotemperaturne krivulje, izpeljane iz zastopanosti posedimentno fragmentiranih klastov (sl. 9: b).

Interstadial Potočke zijalke je bil do tukaj predlagane razlage profila Divjih bab I za zahteve stroke zelo pomanjkljivo kronološko opredeljen (glej M. Brodar 1971; S. Brodar, M. Brodar 1983). Dejansko ga je grobo opredeljevala samo nadmorska višina dveh alpskih orinjasjenskih najdišč, Potočke zijalke (1700 m) in Mokriške jame (1500 m). T. i. "klimatska krivulja", dobljena na podlagi granulometrične analize usedlin iz Mokriške jame (M. Brodar 1959; 1979, 26), je po tem, kar zdaj vemo o možnostih interpretacije granulometrije v jamskem sedimentnem okolju, brez vsake kronoklimatske vrednosti. Bolj kot vse drugo o Potočki zijalki in okoli nje je danes pomembno ugotoviti točen čas po njej imenovanega regionalnega interstadiala v razgibani klimatokronološki krivulji zadnje poledenitve. Ta beleži v času 10.000-letnega trajanja evropskega orinjasjena kar šest (pelodnih) interstadialov. Takšno krivuljo utemeljitelj novega interstadiala žal vztrajno zavrača (M. Brodar 1967, 238; 1971, 46; 1999, 51). Iz tega sledi njegovo istovetenje interstadiala Potočke zijalke z interpleniglacialom (M. Brodar 1999, 49 s), ki je sestavljen iz najmanj 13 (pelodnih) interstadialov (Dansgaard et al. 1993, sl. 1; Watts et al. 2000, sl. 3). V njih in v pripadajočih mrzlih odbobjih se v Evropi zvrstijo paleolitske najdbe od vključno musterjena do vključno gravetjena. Brodarjeva nedavna uvrstitev Potočke zijalke pred drugo polovico zadnje poledenitve (torej pred leto 60.000 pr. n. š.) je verjetno neljuba pomota. Če avtor misli resno, in mu uspe to tudi dokazati, bo treba korenito spremeniti kronologijo paleolitika, začevši pri Divjih babah I.

Divje babe I so edino paleolitsko najdišče v Sloveniji, v katerem lahko neodvisno od kakršnihkoli kronoloških shem sledimo globalni potek klime obdobja, starejšega od orinjasjena. V Divjih babah I nastopi orinjasjen v toplem odseku *D. b. I*, ki je datiran 35.300 p. s. (*tab. 1*). Zaradi močne krioturbacije, ki

je zajela zgornji del profila (plasti 2-5a), za to območje ni mogoče izdelati podrobnejše in zaneslivejše krivulje zimskih paleotemperaturnih nihanj od obstoječe krivulje (*sl. 9: c*). Na tem odseku tudi pelod zaenkrat ne omogoča zanesljivo slediti spremembam v okolju, ki so bile neposredno povezane s klimo (prim. Šercelj, Culiberg 1991). Mikrofavna iz plasti 2 in 3, ki je zaradi dolgega hiata lahko kontaminirana, pa kaže na rahlo hladnejšo klimo od današnje (Kryštufek 1997). Vendar je bilo podnebje še vedno zmerno.

Upoštevajoč vse do zdaj zbrane podatke in primerjavo paleotemperaturnih krivulj v območju odsekov *D. b. 1-6* (*sl. 9: c*), oprte na radiometrično kronologijo, sklepamo, da lahko plast 2 z značilnimi orinjasjenskimi najdbami in odsek *D. b. 1* vzporejamo ali z Dansgaard-Oeschgerjevimi (odslej D.-O.) dogodkom 8 ali z dogodki 9-11 na GRIP- $\delta^{18}O$ krivulji (*sl. 9: a,c*). Odsek *D. b. 5* pa naj bi radiometrično-kronološko in po dolžini trajanja popolnoma ustrezal D.-O. dogodku 14 (*sl. 9: a,d*). Iz tega sledi, da bi odsek *D. b. 3* lahko vzporejali z D.-O. dogodkom 12 (Interstadial Hengelo) ali njegovo interferenco z D.-O. dogodkom 11 (*sl. 9: a,c*). Vsi našteti in drugi D.-O. dogodki imajo svoje ekvivalente v pelodnih interstadialih terestričnih zapisov, ki samo izjemoma nastopajo tudi v paleolitskih jamskih najdiščih, zaenkrat predvsem v Franciji in Španiji (Leroi-Gourhan, Leroi-Gourhan 1964; Leroi-Gourhan 1984; Bastin et al. 1976; Burjachs, Julià 1994; Carrión et al. 1999). Z D.-O. dogodkom 8 na GISP2- $\delta^{18}O$ krivulji, kateremu naj bi kronostratigrafsko ustrezal odsek *D. b. 1*, je zelo verjetno povezan pelodni Interstadial Les Cottés (Weissmüller 1997, 97). V tem interstadialu imamo v Franciji kastelperonjen in znamenito najdbo neandertalca v kastelperonjski plasti najdišča St. Césaire (Leroi-Gourhan 1984). Najdba je radiokarbonsko datirana v čas ok. 35.000-34.000 pr. s. Zaporedje radiokarbonsko datiranih pelodnih interstadialov v ključnih paleolitskih najdiščih iz tega obdobja v Franciji (Arcy-sur-Cure, St. Césaire, Les Tambourets) in Španiji (Abric Romani) lahko v grobih obrisih zasledujemo tudi v odsekih *D. b. 1-7* naše orientacijske krivulje in v pripadajočih paleolitskih najdbah iz plasti 2-8 (prim. *sl. 9: c* in Leroi-Gourhan, Leroi-Gourhan 1964; Laville et al. 1985; Leroi-Gourhan 1984; Girard et al. 1990; Weissmüller 1997, 100; Carrión et al. 1999, 1064). T. i. prehod iz srednjega v mlajši paleolitik je v srednji in zahodni Evropi vezan za obdobje od vključno Interstadiala Hengelo (Van der Hammen 1971a) do vključno Interstadiala Les Cottés (Bastin et al. 1976) v srednjem interpleniglacialu (ok. 43.000-34.000 pr. s.). V Divjih babah I ustrezajo temu obdobju arheološko in kronoklimatsko odseki *D. b. 3-1* ali plasti 5-2. Pred tem ne moremo govoriti o mlajšem paleolitu, če

upoštevamo kronološki vidik. V danem primeru bi bilo tudi nesmiselno graditi kronologijo samo na paleolitskih najdbah (tipološki stratigrafiji), kot se je že poskušalo (prim. tudi M. Brodar 1999). Večina takšnih poskusov, ki zadevajo srednji paleolitik in prehodno obdobje med srednjim in mlajšim paleolitikom, se je namreč slej ko prej izkazala za napačno predvsem zaradi slabe ločljivosti samostojnih arheoloških kronologij.

V starejšem odseku interpleniglaciala (ok. 59.000-43.000 pr. s.) sta vsaj dva izrazita interstadiala (eden od njih je klasični Moershoofd), ki ju vzporejamo z odseki *D. b. 5* in *7* (*sl. 9: a-c*). Piščal, ki je bila najdena v zgornji breči kompleksa plasti 8 (glej Turk, Bastiani 2000), je iz konca odseka *D. b. 5*, ki smo ga vzporedili z D.-O. dogodkom 14 in pelodnim Interstadialom Moershoofd (Hammen 1971b). To je bil nedvomno najdaljši interstadial v interpleniglacialu, ki je trajal celih 6.400 let (Watts et al. 2000). Med odsekom *D. b. 5* in *4* imamo izrazit hiat, ki delno sovпада z najbolj vlažnim obdobjem v celotnem profilu (Turk, Bastiani 2000) (glej tudi *sl. 3: a,b; 4: c,d*). Ta hiat bi morda lahko povezali z ekstremno vlažnim bivšim interstadijem W I-II po Lavillu (Laville 1975, 372; Laville et al. 1984; 1986) in z njegovim enako vlažnim korelatom v južni Franciji (Miskovsky 1974, 292). Francoski, sedaj že bivši, W II-III (Laville et al. 1986), edini pravi interstadial v Lavillovi in Miskovskyjevi shemi, bi lahko našel vzporednice v neizrazitem hiatu v odseku *D. b. 3* in v sledečih odsekih *D. b. 2-1*.

Vse primerjave Divjih bab I z regionalnimi kronološkimi shemami v Franciji in drugod bodo lažje, ko bodo izvedeni tudi pedogenetski in diagenetski procesi v profilu in analizirani novi pelodni vzorci. Profil Divjih bab I ima namreč celoten sedimentni potencial klasičnih francoskih jamskih najdišč, na katerih je slonela Lavillova regionalna shema. Tako bi bilo mogoče ponoviti vse njegove postopke in dobiti "sintetično paraklimatsko zaporedje" (Webb 1998, 127) à la Combe Grenal. Vendar to ne bi bilo smiselno, če upoštevamo probleme, ki so jih povzročile t. i. regionalne jamske kronologije nasproti neodvisno določenim globalnim kronologijam (glej Farrand 1988; Laville et al. 1983, 1986).

V ekstremno vlažnem obdobju, med odsekoma *D. b. 4-5* ali nekoliko starejšem prav tako vlažnem in tudi mrzlem obdobju odseka *D. b. 7*, so bili lahko erodirani sedimenti v bližnjih Matjaževih kamrah, kjer imamo podobne najdbe kamene industrije kot v musterjenskih plasteh Divjih bab I. Te najdbe je F. Osole (1976) kronološko opredelil v Würm I. Preostanek starejših usedlin v Matjaževih kamrah (plasti 3-6) je po tem scenariju lahko samo iz zgodn-

jega glaciala ali kvečjemu iz zgodnjega glacialnega vrhunca. To pomeni, da so bile F. Osoletove ugotovitve pravilne kljub pomanjkanju zanesljivih in neodvisnih kronoloških podatkov v najdišču Matjaževe kamre.

Naslednji topli odsek *D. b. 7* je klimatokronološko težko primerljiv z GRIP- $\delta^{18}\text{O}$ krivuljo. Po stratigrafskem zaporedju bi moral ustrezati D.-O. dogodkom 15-17, vendar so ti starejši za najmanj 2.500-6.500 let, odvisno od tega kateri posamezni dogodek vzporejamo z odsekom *D. b. 7*. Profil Monticchio kaže v začetku teh dogodkov še ekstremno vlažno, nato pa ekstremno suho klimo, ki postane na koncu zopet bolj vlažna (Allen et al. 1999, sl. 3: a). Zimske temperature so bile v času dogodka 15 nižje, kot v dogodku 14, ki smo ga vzporedili z odsekom *D. b. 5* (Allen et al. 1999, sl. 3: f). Upoštevajoč oba glavna klimatska parametra in radiokarbonsko AMS-datacijo, ki je na meji zmogljivosti metode, se odsek *D. b. 7* še najbolj prilega D.-O. dogodku 15. Ta kompleksni interstadial naj bi trajal največ 2.000 let.

Od vključno odseka *D. b. 8* do datumske meje (≈ 74.000 let pr. n. š.) je potek krivulje zelo sumaren. Vzrok sta najmanj dva hiata. Zaradi počasne sedimentacije (*tab. 2*) je bil vsaj en hiat zelo dolg (ok. 30.000 let sodeč po datacijah ESR) ali pa je bilo hiatov več od predvidenih. Edino kar zanesljivo vemo, je, da tu nastopi zgodnji glacialni vrhunec (OIS 4), za katerega je značilen izostanek sedimentacije, in da v usedlinah ni pustil na prvi pogled vidnih sledov. Vsekakor sta na tem delu profila dve plasti, ki po sedimentnih značilnostih zelo odstopata od vseh ostalih plasti v profilu. To sta plast 10-11, ki ima povprečno največje kose grušča, in plast 8b-10, ki vsebuje največ drobnega peska in melja v obliki agregatov (*sl. 4: b,c; 7*). Odsek *D. b. 8* ali *9a* bi morda lahko vzporedili z Lavillovo fazo IX v njegovem Würmu I, ki predstavlja prehod iz dolgotrajne zmerne (zgodnje glacialne) v dolgotrajno mrzlo (glacialno) klimo (Laville et al. 1983; 1986). V takem primeru ne moremo v Lavillovo shemo uvrstiti kompleksa plasti 8 (odseki *D. b. 6-7*). Olajševalna okoliščina v kronološki zagati je, da so se usedline tega kompleksa odložile zelo hitro, t. j. v približno 5.000 letih (*tab. 2*).

Odseku *D. b. 8* sledi zgodnjeglacialni del profila z odseki *D. b. 9b-9g*. Sedimenti mlajšega dela profila (*D. b. 9b-9c*) so se odložili relativno počasi (*tab. 2*), kar bi lahko povezali s hiati (datacije ESR predvidevajo zelo dolg hiatus med plastjo 17 a1 in plastjo 17). Sedimenti starejšega dela profila (*D. b. 9d-9h*) pa so se, kot kažejo nove in stare datacije (*tab. 1*), odložili bistveno hitreje. Odsekom *D. b. 9b-9g* pripada skoraj polovica vseh paleolitskih najdb iz Divjih bab I, t. j. paleolitski horizonti E2-G. Uvrstitvi teh

najdb v musterjen *sensu lato* je težko oporekati. Razen M. Brodarja (1999) tega ni zaenkrat nihče poskušal. Kulturno-historični vidik, ki gradi na tipologiji, in ga je pri tem uporabil M. Brodar (1999), pa ni edini vidik za razlago teh najdb. Na to smo opozorili v naši najnovejši analizi kamenih artefaktov iz Divjih bab I (Bastiani et al. 2000) in na to opozarja tudi zadnja študija F. Blaserja (neobjavljeno).

Rezultati tipološke analize paleolitskega gradiva Divjih bab I M. Brodarja niso sporni, sporna pa je njegova kulturno-historična razlaga rezultatov. Zakaj? Industrije popolnoma mlajšepaleolitskega habitusa, vendar z razvito levalva (lahko tudi drugačno) tehnologijo, se pojavijo že pred 70.000 leti. Razprostranjene so od Levante do zahodne Evrope, sodeč po najdiščih: Jabrud in Tabun-Mt. Carmel (Jelinek 1990; Kozłowski 1990, 425), Korolevo I (Allsworth-Jones 1990, 176), Asprochaliko (Huxtable et al. 1992), Erguillière-Port-Racine (Cliquet, Revillion 1990), Reincourt-Les Baupaume (Ameloot-Van der Heijden 1993), Rocourt (Otte 1990, 438s) in drugih (Kozłowski 1990, 421; Mellars 1989, 364). Za vsa je značilen velik odstotek klin - tudi do 40 % (Reynolds 1980, 270; Revillion 1993), in močna mlajšepaleolitska skupina orodij, med katerimi so tudi orodja s strmo retušo, npr. nož s hrptom. Del horizonta E se kronološko in tehnološko, lahko tudi oblikovno, dobro vklaplja v to skupino, ki nima dejanske zveze s pojavom orinjasjena in anatomsko modernega človeka v Evropi.

Ostane nam še najtežja naloga, da kronoklimatsko opredelimo začetek profila (glej tudi Brodar 1999). Zaradi nedokončanega datiranja spodnjega dela profila ne moremo zagotovo opredeliti meje med preteklim interglacialom in zgodnjim glacialom. Kronostrati-grafsko pride v poštev predvsem interval med odsekom *D. b. 9h* in *9g*. Interglacialu lahko tako pripadajo vse starejše plasti od vključno plasti 20, ki vključujejo tudi najstarejši paleolitski horizont H. V teh plasteh se zvrsti največi delež breč na debelino usedlin. Znano je namreč, da je bil interglacial zelo vlažen, kar velja zlasti za njegov konec (Guiot et al. 1989). ESR starost plasti 20 že dosega starost interglaciala, določeno z metodo U-TH (Slowey et al. 1996). Nekatere direktne datacije kažejo, da je bil pretekli interglacial (OIS 5e) samo enkrat daljši od najdaljšega interstadiala (6.400 let) in bi trajal največ 12.000 let (ibid.). V tako kratkem času, ki ga lahko podaljšamo največ za 10.000 let (Dansgaard et al. 1993), v sedimentih Divjih bab I ne moremo pričakovati velikih sprememb, ki jih nekje globlje v neodkopanih usedlinah pričakuje M. Brodar (1999). Še zlasti, če je bila sedimentacija kljub vsemu prekinjena in če zato ni večjih sedimentnih razlik med interglacialom in začetkom zgodnjega glaciala.

7. ZAKLJUČEK

Analiza usedlin iz najdišča Divje babe I je odprla možnost za direktno povezavo dolgih paleolitskih jamskih profilov z zapisi jeder, ki kažejo najpopolnejši in podroben razvoj paleoklime v zadnjem interglacialno-glacialnem ciklusu na severni polobli. Samostojna paleotemperaturna krivulja, podprta z lastno kronologijo, pomeni izhod iz labirinta lokalnih sintetičnih kronologij, ki se jih kljub dovolj veliki bazi podatkov ne da zanesljivo uskladiti med seboj, kaj šele z dobro usklajenimi zapisi jeder v ledu, morju in jezerih (prim. Laville et al. 1984).

Pri tukaj interpretirani klimatokronološki rešitvi za samosvoje jamsko okolje je treba poudariti predvsem dvoje:

Predlagana kronologija Divjih bab I je popolnoma neodvisna. Tega ne moremo trditi za vse prejšnje jamske kronologije v Sloveniji, ki se zgledujejo po različnih zdaj že zastarelih kronoloških shemah. Te sheme so bile vnaprej sprejete pri vseh kronoloških razlagah, tako da so se v sedimentih iskale značilnosti, ki jim najbolj ustrezajo. Tako so nastale tudi prejšnje klimatokronološke razlage profila Divjih bab I, ki v marsičem odstopajo od tu predlagane interpretacije (Turk et al. 1989; Turk 1997c; Turk, Bastiani 2000). Te propadle kronološke poskuse bi še najbolje označili kot sintetične para-klimatske kronologije.

Kot drugo je potrebno poudariti nadregionalni značaj prikazane kronologije. To je ravno nasprotno od vseh dosedanjih jamskih kronologij, ki poudarjajo lokalno naravo jamskih usedlin in dopuščajo paleoklimatsko-ekološke sklepe le na regionalni ravni (Farrand 1975a; Laville et al. 1980). Posledice regionalnega kronološkega pristopa so jasno vidne v nepregledni množici medregionalnih kronoloških študij brez končnega soglasja. Danes je popolnoma jasno, da so bile klimatske spremembe najprej globalne in šele nato regionalne in ne obratno. Če regionalnih sprememb ni mogoče argumentirano in ne kar tako povezati z globalnimi, je nekaj hudo narobe.

Jamski sedimenti ne morejo tekmovati, kar zadeva natančnost zapisa, s kontinuirano odloženimi usedlinami v drugih sedimentnih okoljih. Hitrost sedimentacije je v jamah običajno popolna neznanica, čeprav bi jo morali nedvomno upoštevati pri razlagi jamskih profilov in v primerjavah med profili. Brez neodvisnih klimatskih in kronoloških podatkov se danes ne moremo več znajti v veliki množici hitro se menjavajočih klimatskih dogodkov v zadnjem glacialu, na katere se je zelo hitro odzivalo tudi okolje. Zato nimamo nobene dobre osnove za primerjavo ostalih paleolitskih jamskih profilov v Sloveniji s profilom iz Divjih bab I. Paradoksalno je, da lahko ta profil, kljub izraziti epizodičnosti sedimentacije, primerjamo z drugimi,

veliko bolj oddaljenimi in bolj popolnimi profili v popolnoma drugačnih sedimentnih okoljih.

Mislimo, da je bila ugotovitev M. Brodarja (1999), da je kronostratigrafska in klimatokronološka razlaga profila Divje babe I lahko le lokalna in da je ne moremo uporabiti na širšem prostoru, preuranjena. Premišljena sedimentološka raiskava in statistična metoda sta se ob pomoči radiometrične metode pokazali za obetavnejšo in učinkovitejšo kronološko orodje od dosedanjih paraklimatskih analiz najdiščnega profila, katerih rezultati se nikakor ne dajo uskladiti z neodvisno pridobljenimi globalnimi klimatskimi zapisi. Ugotovitev bi lahko posplošili tudi na druge tipske jamske profile široko po Evropi, razen redkih izjem.

In kaj vse to pomeni za najdbno domnevne piščali, brez katere ne bi nikoli naredili tako podrobne kronologije najdišča.

Vprašanje, čigav izdelek bi lahko bila domnevna piščal: neandertalčev ali modernega človeka, je v podani kronološki situaciji popolnoma odvečno. Vprašanje pa je, če lahko zelo stare orinjasjske najdbe iz plasti 2 res zanesljivo povežemo z modernim človekom. Moderni človek se fizično (s skeletnimi najdbami) pojavi v Evropi šele v mlajšem interpleniglacialu. Ker gre za stare najdbe, te niso kronološko ustrezno in natančno opredeljene (Delporte 1998, 29 ss). Zato lahko evropskemu orinjasju z rezervo pripišemo le eno ali dve skeletni najdbi anatomsko popolnoma modernega človeka (Smith et al. 1999). Pred tem imamo na stotine skeletnih ostankov, ki pripadajo samo neandertalcu. Od teh so bili nekateri zanesljivo najdeni tudi v mlajšepaleolitskih kontekstih (npr. v Arcy-sur-Cure in Saint Césaire v Franciji). Fizična in opredmetena prisotnost modernega človeka v Evropi pred Interstadialom Hengelo (ok. 42.000 pr. s.), ki ga lahko enačimo z odsekom *D. b. 3*, je zaenkrat možna predvsem kot špekulacija (glej Sherratt 1997; Fiedler 1999; Zilhão, d'Errico 2000). Kronološko dobro opredeljeno najdbno domnevne piščali iz odseka *D. b. 5* lahko zato povsem upravičeno potencialno pripišemo neandertalcu, ki je od Atlantika do Kavkaza preživel do konca orinjasjsena (Smith et al. 1999; Ovchinnikov et al. 2000). Izvor kronoloških zadreg v danem primeru niso Divje babe I, temveč prej ostale evropske najdbe in najdišča iz obdobja srednjega paleolitika in začetka mlajšega paleolitika, ki razen radiometričnih datacij in nekaj redkih pelodnih diagramov nimajo neodvisno določenih kronologij, ki bi se jih dalo neposredno primerjati z globalnimi paleo-klimatskimi krivuljami. Takšno precej kaotično stanje na področju kronologije ima za posledico neskončne arheološke debate o nekaterih ključnih vprašanjih srednjepaleolitske arheologije in špekuliranje z najdbami (prim. M. Brodar 1999).

S tem prispevkom h kronologiji paleolitskih najdišč v Sloveniji, s katerim smo želeli izboljšati trenutno stanje na tem področju, pa kronološko poglavje Divjih bab I še ni zaključeno. Ločljivost glacialnega zapisa Divjih bab I bi lahko izpopolnili s stratigrafsko zelo podrobno sedimentološko in palinološko analizo. Hkrati bi lahko preverili zanesljivost metode za ugotavljanje globalnih paleotemperaturnih nihanj na podlagi posedimentnih fragmentov grušča tudi na daljšem odseku profila od razpoložljivega. Tukaj predstavljeni izsledki orientacijskih raziskav opravičujejo takšne posege, ki na drugih najdiščih niso več mogoči ali pa bi zahtevali več truda. To pa bi bila še ena mučna zgodba, ki bi se, kot je že v navadi, za sicer odmeven projekt Divje babe I odvijala brez ustrezne finančne podpore dejanskemu nosilcu projekta.

Zahvala in pojasnilo

Raziskavi sta dali smisel Natural Science and Engineering Research Council of Canada in National

Scientific Foundation USA, ki sta omogočili drago radiometrično datiranje najdišča, za kar se jima slovenska stran iskreno zahvaljuje. Brez njune pomoči bi ključni in temeljni cilj projekta Divje babe I - kronologija, propadel in vsa sredstva vložena v dolgotrajne terenske raziskave bi bila vprašljiva. Po odkritju domnevne piščali leta 1996, projekt Divje babe I, v Sloveniji namreč ni dobil več finančne podpore, potrebne za terensko in predvsem laboratorijsko delo. Slednje sploh ni bilo nikoli posebej financirano. Zato smo leta 1999 zaključili zahtevne terenske raziskave in se posvetili izključno študiju zbranega gradiva, seveda, v okviru danih možnosti. Prof. dr. Borisu Kryštufeku iz Prirodoslovnega muzeja v Ljubljani sem hvaležen, ker mi je dovolil delati na službenem računalniku z inštaliranim programom "STATISTICA".

Pri grafičnem oblikovanju posameznih slik sta pomagala Mateja Belak in Drago Valoh. Fotografije sta prispevala Igor Lapajne in Marko Zaplatil. Prevod Bonnie Blackwell in Martin Cregeen. Vsem iskrena hvala. I. T.

- ALLEN, J. R. M., U. BRANDT, A. BRAUER, H.-W. HUBBERTEN, B. HUNTLEY, J. KELLER, M. KRAML, A. MACKENSEN, J. MINGRAM, J. F. W. NEGENDANK, N. R. NOWACZYK, H. OBERHÄNSLI, W. A. WATTS, S. WULF in B. ZOLITSCHKA 1999, Rapid environmental changes in southern Europe during the last glacial period. - *Nature* 400, 740-743.
- ALLSWORTH-JONES, P. 1990, The Szeletian and the stratigraphic succession in Central Europe and adjacent areas: main trends, recent results, and problems for resolution. - V: P. Mellars (ed.), *The Emergence of Modern Humans*, 160-242, Edinburgh.
- AMELOOT-VAN DER HEIJDEN, N. 1993, L'industrie laminaire du niveau CA du gisement paléolithique moyen de Reincourt-Lès-Baupaume (Pas-de-Calais). - *Bull. Soc. Préhist. Franç.* 90, 324-327.
- BASTIANI, G., J. DIRJEC in I. TURK 2000, Poskus ugotavljanja namembnosti kamenih artefaktov iz najdišča Divje babe I (Slovenija). Domneve o uporabi in obrabi nekaterih mustrenskih orodij. - *Arh. vest.* 51, 13-69.
- BASTIN, B., F. LÉVÊQUE in L. PRADEL 1976, Mise en évidence de specters polliniques interstadiaires entre le Moustérien et le Périgordien ancien de la grotte des Cottés (Vienne). - *C. R. Acad. Sc. Paris* 282, Série D, 1261-1264.
- BINTZ, P., J.-J. DELANNOY, H.-G. NATON, M. CARTONNET in T. TILLET 1997, Environnements karstiques dans les Alpes du Nord et le Jura méridional: spéléogénèse, sédimentation, climats et archéologie. - *Quaternaire* 8, 197-212.
- BLACKWELL, B. A. B., I. TURK in A. R. SKINER 2000, Dating a flautist too? More ESR analyses at Divje babe I, Slovenia. - *Society for American Archaeology Abstracts of the 65th Annual Meeting*, 55.
- BLIKRA, L. H. in O. LONGVA 1995, Frost-shattered debris facies of Younger Dryas age in the coastal sedimentary successions in western Norway: palaeoenvironmental implications. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 118, 89-110.
- BONIFAY, E. 1956, Les sédiments détritiques grossiers dans les remplissages des grottes. - *L'Anthropologie* 5-6, 194 ss.
- BORTOLAMI G. C., J. Ch. FONTES, V. MARKGRAF in J. F. SALIEGE 1977, Land, sea and climate in the northern Adriatic region during late Pleistocene and Holocene. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 21, 139-156.
- BRODAR, M. 1959, Mokriška jama, nova visokoalpska aurignaška postaja v Jugoslaviji. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 5, 417-469.
- BRODAR, M. 1967, Olševien. - *Arh. vest.* 18, 235-240.
- BRODAR, M. 1971, Olschewien. Die Anfangsstufen des Jungpaläolithikums in Mitteleuropa. - V: *Actes du 8^e Congrès International des sciences préhistoriques et protohistoriques, Beograd 9-15 Septembre 1971* 1, 43-52, Beograd.
- BRODAR, M. 1979, 50 years of paleolithic research in Slovenia. - *Arh. vest.* 30, 21-28.
- BRODAR, M. 1999, Die Kultur aus der Höhle Divje babe I. - *Arh. vest.* 50, 9-57.
- BRODAR, M. 2000, Kulturne najdbe kontrolnega izkopavanja v Potočki zijalki. - *Arh. vest.* 51, 7-11.
- BRODAR, S. 1931, Temperature v Potočki zijalki na Olševi. S termogramom v prilogi. - *Geogr. vest.* 7, 109-114.
- BRODAR, S. 1934, Še o temperaturah v Potočki zijalki na Olševi. S termogrami v prilogi. - *Geogr. vest.* 10, 143-150.
- BRODAR, S. 1958, Črni Kal, nova paleolitska postaja v Slovenskem primorju. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 4, 269-363.
- BRODAR, S. 1960, Periglacialni pojavi v sedimentih slovenskih jam. - *Geogr. vest.* 32, 33-43.
- BRODAR, S. in M. BRODAR 1983, *Potočka zijalka. Visokoalpska postaja aurignacijskih lovcev*. - Dela I. razr. SAZU 24.
- BROECKER, W. S. 1994, Massive iceberg discharges as triggers for global climate change. - *Nature* 372, 421-424.
- BROWN T. A., D. E. NELSON, J. S. VOGEL in J. R. SOUTHON 1988, Improved collagen extraction by modified Longin method. - *Radiocarbon* 30, 171-177.
- BURJACHS, F. in R. JULIÀ 1994, Abrupt climatic changes during the last glaciation based on pollen analysis of the Abric Romani, Cantabria, Spain. - *Quaternary Research* 42, 308-315.
- CAMPY, M. 1989, Étude sédimentologique du remplissage. - V: M. Campy, J. Chaline in M. Vuillemeys (eds), *La Baume de Gigny (Jura)*, 27^e supplément à Gallia Préhistoire, 27-48.
- CAMPY, M. in J. CHALINE 1993, Missing records and depositional breaks in French Late Pleistocene cave sediments. - *Quaternary Research* 40, 318-331.

- CAMPY, M., J. CHALINE, J. HEIM, C. MOURER-CHAUVIRÉ in M. VUILLEMEY 1989, La sequence chrono-climatique de Gigny. - V: M. Campy, J. Chaline in M. Vuilleme (eds), *La Baume de Gigny (Jura)*, 27^e supplément à Gallia Préhistoire, 243-252.
- CARRIÓN, J. S., M. MUNUERA, C. NAVARRO, F. BURJACHS, M. DUPRÉ in M. J. WALKER 1999, The palaeoecological potential of pollen records in caves: the case of Mediterranean Spain. - *Quaternary Science Reviews* 18, 1061-1073.
- CLIQUET, D. in S. REVILLION 1990, L'industrie lithique du secteur 1 du gisement paléolithique moyen de L'Erguillière - Port-Racine à Saint-Germain-des-vaux (Manche). - *Bull. Soc. Préhist. Franç.* 87, 333-340.
- DANSGAARD, W., S. J. JOHNSEN, H. B. CLAUSEN, D. DAHL-JENSEN, N. S. GUNDESTRUP, C. U. HAMMER, C. S. HVIDBERG, J. P. STEFFENSEN, A. E. SVEINBJÖRNS-DOTTIR, J. JOUZEL in G. BOND 1993, Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. - *Nature* 364, 218-220.
- DELPORTE, H. 1998, *Les Aurignaciens premiers homes modernes*. - Paris.
- EHLERS, J. 1996, *Quaternary and glacial geology*. - Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore.
- FARRAND, W. R. 1975a, Sediment analysis of a prehistoric rock-shelter: the Abri Pataud. - *Quaternary Research* 5, 1-26.
- FARRAND, W. R. 1975b, Analysis of the Abri Pataud sediments. - V: H. L. Jr. Movius (ed.), *Excavation of the Abri Pataud les Eyzies (Dordogne)*, Bull. Amer. Sch. of Prehist. Res. 30, 27-68.
- FARRAND, W. R. 1988, Integration of Late Quaternary climatic records from France and Greece. - V: H. Dibble in A. Montet-White (eds), *Upper Pleistocene prehistory of western Eurasia*, University monographs 54, 305-320, University of Pennsylvania.
- FIEDLER, L. 1999, Repertoires und Gene. Der Wandel kultureller und biologischer Ausstattung des Menschen. - *Germania* 77, 1-37.
- GIRARD, M. 1987, Contenu végétal. Pollens, spores. - V: J.-C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la préhistoire: méthodes, techniques, applications*, 587-618, Paris.
- GIRARD, M., J.-C. MISKOVSKY in J. EVIN 1990, La fin du Würm moyen et le début du Würm supérieur à Arcy-sur-Cure (Yonne). Précisions paléoclimatiques et chronostratigraphiques d'après les remplissages des grottes. - V: *Paléolithique moyen récent et Paléolithique supérieur ancien en Europe. Colloque international de Nemours, 9-11 mai 1990*, Mémoires du Musée de Préhist. d'Ile-de-France 3, 295-303.
- GUIOT J. 1990, Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 80, 49-69.
- GUIOT, J., A. PONS, J. L. DE BEAULIEU in M. REILLE 1989, A 140,000-year continental climate reconstruction from two European pollen records. - *Nature* 338, 309-313.
- HUXTABLE, J., J. A. J. GOWLETT, G. N. BAILEY, P. L. CARTER in V. PAPAConstantinou 1992, Thermoluminescence dates and a new analysis of the Early Mousterian from Asprochaliko. - *Curr. Anthr.* 33, 109-114.
- JELINEK, A. J. 1990, The Amudian in the context of the Mugharan tradition at the Tabun cave (Mount Carmel), Israel. - V: P. Mellars (ed.), *The Emergence of Modern Humans*, 81-90, Edinburgh.
- KEMPE, S. in W. ROSENDAHL 1999, Speläotheme als pleistozäne Klimaarchive in Mitteleuropa. - *Mitt. Verb. Dt. Höhlen-u. Karstforsch.* 45, 100-101.
- KOZŁOWSKI, J. K. 1990, A multi-aspectual approach to the origins of the Upper Palaeolithic in Europe. - V: P. Mellars (ed.), *The Emergence of Modern Humans*, 419-437, Edinburgh.
- KRYŠTUFEK, B. 1997, Mali sesalci. Small mammals (Insectivora, Chiroptera, Rodentia). - V: Turk, I. (ed.), *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji* (Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 85-98.
- LAU, B., B. A. B. BLACKWELL, H. P. SCHWARCZ, I. TURK in J. I. BLICKSTEIN 1997, Dating a flautist? Using ESR (Electron spin resonance) in the Mousterian cave deposits at Divje babe I, Slovenia. - *Geoarchaeology: An International Journal* 12, 507-536.
- LAVILLE, H. 1975, *Climatologie et chronologie du Paléolithique en Périgord: étude sédimentologique de dépôts en grottes et sous abris*. - Études quaternaire 4.
- LAVILLE, H., M.-M. PAQUEREAU, H. BRICKER 1985, Précisions sur l'évolution climatique de l'interstade würmien et du début du Würm récent: les dépôts du gisement castelperronien des tambourets (Haute-garonne) et leur contenu pollinique. - *C. R. Acad. Sc. Paris* 301, Série 2, 15, 1137-1140.
- LAVILLE, H., J.-P. RAYNAL in J.-P. TEXIER 1986, Le dernier interglaciaire et le cycle climatique wurmien dans le Sud-Ouest et le Massif Central français. - *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire* 1-2, 35-46.
- LAVILLE, H., J. Ph. RIGAUD in J. SACKETT 1980, *Rock Shelters of the Perigord. Geological stratigraphy and Archeological succession*. - Studies in Archeology, New York.
- LAVILLE, H., J.-L. TURON, J.-P. TEXIER, J.-P. RAYNAL, F. DELPECH, M.-M. PAQUEREAU, F. PRAT in A. DEBENATH 1983, Histoire paleoclimatique de l'Aquitaine et du Golf de Gascogne au Pleistocene supérieur depuis le dernier interglaciaire. - V: *Actes Coll. AGSO Bordeaux, mai 1983*, Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux 34, CNRS Cahiers du Quaternaire, no. Special, 219-241.
- LEROI-GOURHAN, A. 1984, La place du Néandertalien de St.-Césaire dans la chronologie würmienne. - *Bull. Soc. Préhist. Franç.* 81, 196-198.
- LEROI-GOURHAN, A. in A. LEROI-GOURHAN 1964, Chronologie des grottes d'Arcy-sur-Cure. - *Gallia Préhistoire* 7, 1-64.
- MELLARS, P. 1989, Major issues in the emergence of modern humans. - *Curr. Anthr.* 30, 349-385.
- MILLER, G. 1999, Evolution of human music through sexual selection. - V: N. L. Wallin B. Merker in S. Brown (eds), *The Origins of Music*, 329-360, Cambridge - Massachusetts, London.
- MISKOVSKY, J.-C. 1974, *Le Quaternaire du Midi méditerranéen. Stratigraphie et paléoclimatologie d'après l'étude sédimentologique du remplissage des grottes et abris sous roche (Ligurie, Provence, Languedoc méditerranéen, Roussillon, Catalogne)*. - Études quaternaire 3.
- MISKOVSKY, J.-C. 1987, Granulométrie. Granulométrie et morphoscopie des pierres. - V: J.-C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la préhistoire: méthodes, techniques, applications*, 389-402, Paris.
- NELSON, E. 1991, A new method for carbon isotopic analysis of protein. - *Science* 251, 552-554.
- NELSON, D. E. 1997, Radiokarbonsko datiranje kosti in oglja iz Divjih bab I. Radiocarbon dating of bone and charcoal from Divje babe I cave. - V: Turk, I. (ed.) *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji* (Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 51-64.
- NETTL, B. 1999, An ethnomusicologist contemplates universals in musical sound and musical culture. - V: N. L. Wallin, B. Merker in S. Brown (eds), *The Origins of Music*, 463-472, Cambridge - Massachusetts, London.
- ØDEGÅRD, R. S. 1993, *Ground and glacier thermal regimes related to periglacial and glacial processes: Case studies from Svalbard and southern Norway*. - Naturgeogr. Rapp. 2, dep. Geogr., Univ. Oslo (neobjavljeno doktorsko delo).
- OMERZEL-TERLEP, M. 1997, Paleolitska umetnost in filozofija prvega zvoka. - *Muzikološki zbornik* 33, 23-47.
- OSOLE, F. 1976, Matjaževe kamre, paleolitsko jamsko najdbišče. - *Arh. vest.* 27, 13-41.
- OSOLE, F. 1986, Würmski jamski sedimenti Slovenije. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 14, 7-10.

- OSOLE, F. 1990, Betalov spodmol, rezultati paleolitskih izkopavanj S. Brodarja. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 18, 7-41.
- OSOLE, F. 1991, Betalov spodmol, rezultati paleolitskih izkopavanj S. Brodarja, 2. del. - *Por. razisk. pal. neol. eneol. Slov.* 19, 7-129.
- OTTE, M. 1990, From the Middle to the Upper Palaeolithic: the nature of the transition. - V: P. Mellars (ed.), *The Emergence of Modern Humans*, 438-456, Edinburgh.
- OTTE, M. 2000, On the suggested bone flute from Slovenia. - *Curr. Anthr.* 41, 271-272.
- OVCHINNIKOV, I. V., A. GÖTHERSTRÖM, G. P. ROMANOVA, V. M. KHARITONOV, K. LIDĚN in W. GOODWIN 2000, Molecular analysis of Neanderthal DNA from the northern Caucasus. - *Nature* 404, 490-493.
- REBILLION, S. 1993, Question typologique à propos des industries laminaires du paléolithique moyen de Seclin (Nord) et de Saint-Germain-des-Vaux / Port-Racine (Manche): lames levallois ou non levallois? - *Bull. Soc. Préhist. Franç.* 90, 269-273.
- REYNOLDS, T. 1990, The Middle-Upper Palaeolithic transition in southwestern France: interpreting the lithic evidence. - V: P. Mellars (ed.), *The Emergence of Modern Humans*, 262-275, Edinburgh.
- SHERRATT, A. 1997, Climatic cycles and behavioural revolutions: the emergence of modern humans and the beginning of farming. - *Antiquity* 71, 271-287.
- SLABE, T. 1989, Skalne oblike v Križni jami in njihov speleogenetski pomen. - *Acta cars.* 18, 197-220.
- SLABE, T. 1995, *Cave rocky relief and its speleological significance*. - Zbirka ZRC 10.
- SLOWEY, N. C., G. M. HENDERSON in W. B. CURRY 1996, Direct U-Th dating of marine sediments from the two most recent interglacial periods. - *Nature* 383, 342-344.
- SMITH, F. H., E. TRINKAUS, P. B. PETTITT, I. KARAVANIĆ in M. PAUNOVIĆ 1999, Direct radiocarbon dates for Vindija G1 and Velika Pečina Late Pleistocene hominid remains. - *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 12281-12286.
- ŠERCELJ, A. in M. CULIBERG 1991, Palinološke in antrakotomske raziskave sedimentov iz paleolitske postaje Divje babe I. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 32, 129-152.
- TOD, P. 1999, Simulating the evolution of musical behaviour. - V: N. L. Wallin, B. Merker, S. Brown (eds), *The Origins of Music*, 361-388, Cambridge - Massachusetts, London.
- TREHUB, S. 1999, Human processing predispositions and musical universals. - V: N. L. Wallin, B. Merker, S. Brown (eds), *The Origins of Music*, 427-448, Cambridge - Massachusetts, London.
- TURK, I. 1997a, Uvod. Introduction. - V: I. Turk (ed.), *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji* (Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 19-23.
- TURK, I. 1997b, Stratigrafija in diageneza usedlin. Stratigraphy and diagenesis of sediments. - V: Turk, I. (ed.) *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji* (Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 25-39.
- TURK, I. 1997c, Kronologija (Chronology). - V: I. Turk (ed.) *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji* (Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 67-72.
- TURK, I. in G. BASTIANI 2000, The Interpleniglacial record in the palaeolithic site of Divje babe I (Slovenia), Some of the more important results of the 1980-1999 excavations. - V: P. Biagi (ed.), *Studi sul paleolitico, mesolitico e neolitico del Bacino dell'Adriatico in ricordo di Antonio M. Radmilli*, Società per la Preistoria e Protostoria della regione Friuli-Venezia Giulia. Quaderno 8, 221-244.
- TURK, I. in J. DIRJEC 1997, Analiza usedlin (Analysis of sediments). - V: I. Turk (ed.), *Moustérienska "koščena piščal" in druge najdbe iz Divjih bab I v Sloveniji* (Mousterian "bone flute" and other finds from Divje babe I cave site in Slovenia), Opera Instituti Archaeologici Sloveniae 2, 41-49.
- TURK, I., J. DIRJEC in M. CULIBERG 1988-1989, Divje babe I - novo paleolitsko najdišče in skupinsko grobišče jamskega medveda. Poskus tafonomske analize na podlagi vzorcev iz dveh sedimentnih in arheoloških kompleksov. - *Arh. vest.* 39-40, 13-60.
- TURK, I., J. DIRJEC, D. STRMOLE, A. KRANJC in J. ČAR 1989, Stratigraphy of Divje babe I. Results of excavations 1980-1986 (Stratigrafija Divjih bab I. Rezultati izkopavanj 1980-1986). - *Razpr. 4. razr. SAZU* 30/5, 161-207.
- TURK, I., J. KOGOVIŠEK, A. KRANJC in J. DIRJEC 1988, Fosfati in tanatomasa v sedimentih iz jame Divje babe I. - *Acta cars.* 17/6, 107-127.
- TURK, I. in T. VERBIČ 1993, Uvodna razprava za posodobitev kronologije mlajšega pleistocena v Sloveniji. Starejši in srednji würm. - *Arh. vest.* 44, 29-44.
- VAN DER HAMMEN, T. 1971a, The Denekamp, Hengelo and Moershoofd Interstadials. - V: T. Van der Hammen in T. A. Wijmstra (eds), *The Upper Quaternary of the Dinkel valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands)*, Mededelingen Rijks Geologische Dienst N.S. 22, 81-85.
- VAN DER HAMMEN, T. 1971b, The upper Quaternary stratigraphy of the Dinkel valley. - V: Van der Hammen, T in T. A. Wijmstra (eds), *The Upper Quaternary of the Dinkel valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands)*, Mededelingen Rijks Geologische Dienst N.S. 22, 59-72.
- VERHEYE, W., T. PRUS in F. LOBNIK 1991, Growing period characteristics and their impact on soils, cropping pattern and natural vegetation in Slovenia. - *Pedologie* 41, 163-185.
- WATTS, W. A., J. R. M. ALLEN in B. HUNTLEY 2000, Palaeoecology of three interstadial events during oxygen-isotope stages 3 and 4: a lacustrine record from Lago Grande di Monticchio, southern Italy. - *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 155, 83-93.
- WEBB, R. E. 1998, The implications for Middle Palaeolithic culture history of recent attempts at radiometric dating. - V: H. Schwarcz (coord.), *La Chronologie, L'homme de Neandertal*, ERAUL 28, 125-134.
- WEISSMÜLLER, W. 1997, Eine korrelation der $\delta^{18}\text{O}$ -Ereignisse des grönländischen Festlandeises mit den Interstadialen des atlantischen und des kontinentalen Europa im zeitraum von 45 bis 14 ka. - *Quartär* 47-48, 89-112.
- ZILHÃO, J. in F. D'ERRICO 2000, La nouvelle "bataille aurignacienne". Une revision critique de la chronologie du Châtelperronien et de l'Aurignacien ancien. - *L'Anthropologie* 104, 17-50.

Morphometric and chronostratigraphic sedimentary analyses and paleoclimatic interpretations for the profile at Divje babe I, Slovenia

Summary

After discovering the purported flute in Layer 8 at Divje Babe I, research concentrated on producing a reliable chronology and paleoclimatic determination for Layer 8 in particular, and for the stratigraphic sequence as a whole (Fig. 1). For the layers which were beyond the maximum ^{14}C dating limit (for AMS, approximately 40–45 ka; Nelson, 1997), ESR (electron spin resonance) in tooth enamel was used to determine 30 independent dates for Layers 7 through 20 (Table 1; Fig. 10). The sediment from Layers 2 to 23 was analyzed morphometrically and for selected diagenetic features that might indicate paleoclimatic events affecting the cave (Turk, Dirjec, 1997). From the chronostratigraphic (Table 1; Fig. 10) and sedimentological data (Figs 3–8), the sedimentary deposition rate in Divje babe I lacked uniformity, and the sequence probably contains at least two hiatuses in deposition.

The chronology of Divje babe I as currently understood assumes that the ^{14}C dates are reliable for the layers down to and including Layer 6, and that the ESR ages are reliable for Layers 7 to 20. The ESR ages in particular hint at two particularly lengthy hiatuses in deposition: From the dates, one hiatus occurs somewhere between Layers 8 and 13, and on sedimentological grounds most likely between Layers 12 and 13, which are separated by approximately 30 ky, while between Layers 17a1 and 17, another lasted approximately 30 ky. The sedimentological analyses suggest several other small breaks in sedimentation may have occurred.

The sediment was analyzed for post-depositional cataclasis, especially congelifraction, pre-depositional corrosion etching on the ancient cave walls and ceiling preserved in the autochthonous clastic sediments (see Slabe 1995), and secondary cementation, especially authigenic aggregate formation (Turk, Dirjec, 1997, Fig. 3.6). In theory, congelifraction (frost-weathering) features (Fig. 2: a,b) indicate the maximum severity of winter temperatures, while corrosion on fragments (Fig. 2: e) from the ancient cave walls, combined with aggregate formation, denotes the relative humidity in the cave environment. Condensation corrosion also provides a reliable indicator for a sedimentary depositional hiatus.

Paleotemperatures were estimated using the abundance of frost-shattered clasts in each of the layer (Fig. 4: a). Estimates were made by counting post-depositional congelifractions from a sample with an average of 465 clasts in the 10–40 mm grain size class. Semi-rounded to rounded clasts with at least one freshly broken surface having sharp edges and fresh or almost fresh faces were identified as post-depositional congelifractions resulting from the most recent paleoclimatic event before new sediment was deposited (e.g., Fig. 2: a,b). These contrast with other clasts having weathered faces joined by sub-rounded to well rounded corners, which indicate long periods of (sub)surface weathering due to normal dissolution. All processes occur on the cave floor and in the upper most part of the cave sediment, but once the clasts are buried below the typical freezing depth for the sediment (which may be reduced in caves to that outside the cave), cryoclasts and weathering cease, whereas cementation producing aggregates and “breccia” continues.

At Divje babe I, cracked clasts with undetached fragments, and conjoining fragments of frost-shattered clasts, are common and provide the best evidence for *in situ* congelifraction (Fig. 2: a,b), suggesting the paleotemperature curves in Figs 5 and 9: c,d. These paleotemperature curves compared well with global paleoclimatic curves determined from deep ocean $\delta^{18}\text{O}$ and terrestrial palynological records (Figs 9: a,b).

Analyzing other properties, such as humidity indicators, yielded similar results (see also Turk, Bastiani, 2000).

By looking at all these factors in concert, it is possible to assess relative temperature and humidity from the selected sediment features. At Divje babe I, especially frost weathering rates (Fig. 4: a) corrosion etching (Figs 3: a; 4: d), and aggregate formation (Figs 3: b; 6: a–e), were used to build paleoclimatic curves (Figs 3: a,b; 5; 9: c,d).

To verify the reliability of the relative variation in post-depositional fragmentation (Fig. 5) and abundance of aggregates (Fig. 6) and assess the statistical uncertainty, samples from several profiles were compared wherever possible. Where the data was available, the values for the various parameters were standardized by comparing the raw data with a modern reference (interglacial) value to create a δ factor ($\delta = 100 * \frac{\text{sample-reference}}{\text{reference}}$), which was then plotted versus the profile depth.

From the chronology and the paleotemperature curves, the following correlations are assumed as the basis for further comparisons:

1. Divje babe I Layer 13 was dated by ESR at 79 ± 10 ka. At the hiatus between Layers 12 and 13, the whole character of the sediment and its content change (Figs 4: a,c–e; 8). Preliminary pollen analysis showed a shift indicative of the change from the OIS 5 to OIS 4 and 3 at this point (Šerclj, Culiberg, 1991). Therefore, we correlate Layer 13 with the OIS 5a–4 boundary at approximately 76 ka.

2. Divje Babe Layer 6 was dated by ^{14}C at 43.4 ky BP. This unit, interpreted as having a cold climate (Climatic phase *D. b. 4* on Figs 9: c,d), is assumed to correlate with the cold period between the Hengelo and Glinde (= Moershoofd?) Interstadials at approximately 42–45 ka (Fig. 9: a,b). This also corresponds chronologically with the lowest winter temperatures as inferred from the Grand Pile, Les Echets, and Lago Grande di Monticchio pollen records (Guiot, 1990, Fig. 12; Allen et al., 1999, Fig. 3: f).

3. From the ESR dates, Divje babe I Layers 7–8a were deposited between 44.6 ± 6.8 ka and 46.6 ± 5.0 ka. Interpreted as having a warm climate (Climatic phase *D. b. 5* on Fig. 9: c), these units are assumed to correspond with the longest warm period in OIS 3 ranging from approximately 44–45 ka to 50–51 ka. This is Zone 11 in the Lago Grande di Monticchio pollen record and Dansgaard-Oeschger (DO) Event 14, the Glinde (=Moershoofd?) Interstadial.

This profile from Divje babe I is the first sedimentological profile from a Slovenian cave to permit such correlations on a regional or continental scale. Earlier attempts from Slovenian caves were too chronologically or paleoclimatically ambiguous. Given the correlations above, other layers in Divje babe I can be linked with specific paleoclimatic events:

4. Divje babe I Layer 2, containing the Aurignacian deposits, was dated by ^{14}C at 35.3 ± 7.0 ky BP (Nelson, 1997, Table 4.2), suggesting that Layers 2 and 3, which were deposited in a warm phase (Climatic phase *D. b. 1* on Fig. 9: c), correlate with DO Event 8. The pollen from Les Cottés Interstadial (Weissmüller, 1997; Bastin et al., 1976) and the Neanderthal skeleton from St. Césaire (Leroi-Gourhan, 1984) are probably linked with this event on the GISP2- $\delta^{18}\text{O}$ curve. The St. Césaire find was dated by ^{14}C to approximately 34–35 ka.

5. Divje babe I Layers 5a?–5, interpreted as a warm period (Climatic phase *D. b. 3* on Fig. 9: c), correspond chronostratigraphically to DO Event 12, which is equated with the Hengelo Interstadial (Dansgaard et al., 1993; Weissmüller, 1997).

6. The Middle-Upper Palaeolithic transition occurred in Central and Western Europe during the Hengelo to Les Cottés Interstadial (i.e. ~40–34 ka). Divje babe I Layers 5–2 (Climatic phases *D. b. 3–1*

on *Fig. 9: c*) correspond to this period archaeologically, chronologically, and paleoclimatically. At Divje babe I, nothing special in the archaeological sense happened in this interval, except that the Levallois tradition, which, among other things, characterized the earlier horizons, had been abandoned by Layer 4 (Blaser, unpublished).

7. Divje babe I Layer 7 and Layer 8a have been correlated with DO Event 14 (= Glinde and Moershoofd Interstadials). Given the preponderance of Levallois technique in Layers 7 and 8a, they appear to have a strong affinities with the Mousterian. Since no non-Neanderthal skeletal evidence is known from Europe at this time, Occam's razor indicates that Neanderthals are the most likely to have made these tools and the associated flute.

8. Layer 8b has been dated at $40.3 \pm 1.0 - 49.2^{+1.3}_{-2.8}$ ky BP by AMS ^{14}C (Nelson, 1997, Table 4.2). Although these ages are very close to the maximum age limit for AMS ^{14}C , they do appear internally consistent with the ESR dates for Layers 8a and 13. Deposited during a warm climatic phase (Climatic phase *D. b. 7* on *Fig. 9: c*), Layer 8b correlates chronostratigraphically with DO Event 15.

9. In the Divje babe I profile, the deposition of Layers 11-12 follows a major hiatus which correlates with the early glacial maximum (OIS 4). The lack of sedimentation from this period

would be expected in many Alpine locations (Campy, Chaline, 1993; Bintz *et al.*, 1997).

10. Layers 10-13 contain the richest Palaeolithic horizon E, including with advanced elements that normally would characterize the Upper Palaeolithic (see Brodar, 1999). This sequence belongs to two climatic phases: Although not well dated, and thus of somewhat uncertain correlation, Layers 10-12 formed during a moderately cool phase (Climatic phase *D. b. 9a* on *Fig. 9: c*) probably best correlated with DO Event 18. As noted above, Layers 13-14 deposited during a warm climatic phase (Climatic phase *D. b. 9b* on *Fig. 9: c*) correlate with DO Event 21 (= Odderade Interstadial), the warm phase in OIS 5a.

11. The flowstone in the Layer 17/18 had to have been deposited in a warm moist climatic phase (Climatic phase *D. b. 9d* on *Fig. 9: c*) probably correlates best with the OIS 5c which equates with DO Event 23 (= Brørup Interstadial). The true breccia of the Layer 16 and the "breccias" in Layers 18a, 20, and 23 probably correlate with other warm wet climatic events during OIS 5. The boundary between OIS 5d and 5e probably correlates with the Layer 19/20 between climatic phases *D. b. 9f* and *D. b. 9h* on *Fig. 9: c*.

Translation: Bonnie A. B. Blackwell and Martin Cregeen

Ivan Turk
Inštitut za arheologijo
Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU
Gosposka 13
SI-1000 Ljubljana

Dragomir Skaberne
Geološki zavod Slovenije
Dimičeva 14
SI-1000 Ljubljana

Bonnie A. B. Blackwell
Department of Chemistry
Williams College
01267 Williamstown, MA
USA

Janez Dirjec
Inštitut za arheologijo
Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU
Gosposka 13
SI-1000 Ljubljana