

Uvodna razprava za posodobitev kronologije mlajšega pleistocena v Sloveniji

Starejši in srednji würm

Ivan TURK in Tomaž VERBIČ

Izvleček

Prispevek podaja zgoščen pregled evropskih kontinuiranih kronologij mlajšega pleistocena s poudarkom na zgodnjem in srednjem glacialu. Obravnava globokomorske usedline, fosilni led, pelodne in puhlične profile. V zameno za klasično diskontinuirano alpsko kronologijo s tremi würmskimi stadiali in dvema interstadialoma predlaga novo kronološko shemo (sl. 11), ki sloni na kontinuiranih kronologijah. V novo shemo zaenkrat še ne uvršča slovenska paleolitska najdišča

Abstract

The contribution gives a concise outline of European continuous chronologies of Upper Pleistocene, with special emphasis given to its early and middle glacial stages. Included is a discussion of deep-sea sediments, fossil ice, and pollen and loess profiles. Instead of the classic discontinuous alpine chronology consisting of three Würm stadials and two interstadials, a new chronological time-scale is proposed (fig. 11), based on continuous chronologies. The Palaeolithic sites of Slovenia have as yet not been classified according to this new time-scale, however.

*V spomin prof. Srečku Brodarju
(1893–1987)*

Zahvale: Kritične pripombe k osnutku besedila stala dr. A. Šercelj in dr. M. Šifrer. Zato se jima avtorja članka najlepše zahvaljujeva. Hvaležna sva tudi Š. Goričan, ki nama je preskrbel del težje dostopne literature, B. Justin, ki je natipkala tekst in potrpežljivo vnašala vanj številne popravke, ter T. Korošec, ki je pomagala pri slikovni opremlitvi.

UVOD

Minilo je 25 let od zadnjega pregleda razčlenitve pleistocena izpod peresa nestorja slovenske paleolitske vede S. Brodarja (1967). Od tedaj pa do zdaj se je zvrstilo toliko novih dognanj, da je nujno aktualizirati stanje na področju mlajšepleistocenske kronologije v Sloveniji. Zaradi obsežne in zapletene snovi sva se omejila na naslednje:

- Nisva se ukvarjala z zgodovino kronoloških sistemov, ker so jo že predstavili številni drugi avtorji (Brodar 1967; Fairbridge 1972; Kukla 1977; Woillard 1978; Cook 1984; Allsworth-Jones 1986, 33 ss).

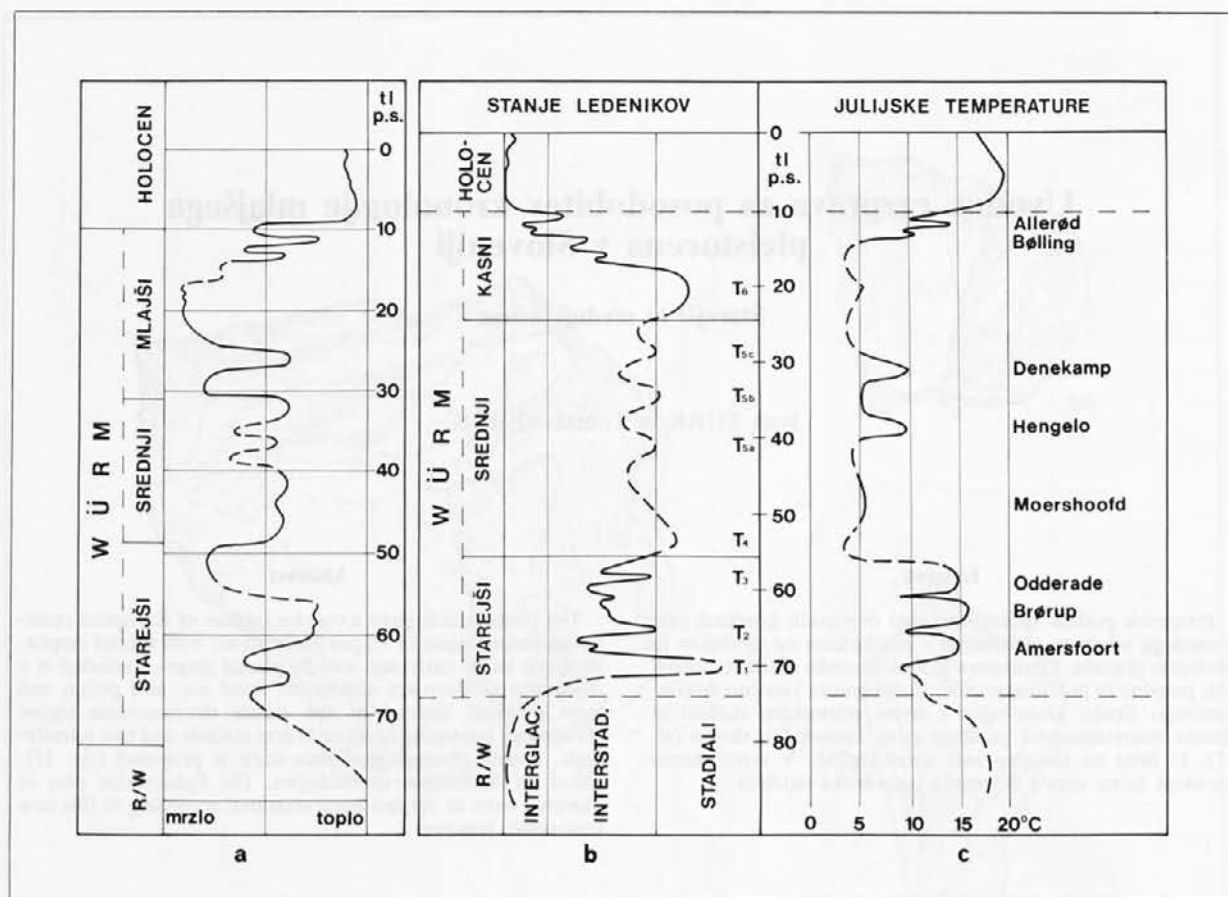
- Zaenkrat sva obravnavala samo kronološko najbolj problematična odseka zadnje ledene dobe: starejši in srednji würm.¹

- Za izhodišče sva vzela kronologije geoloških formacij. Zato se zaenkrat nisva ukvarjala z arheološko (paleolitsko) stratigrafijo (kronologijo).

- Pri izbiranju snovi naju je vodila misel, da je kakovostna kronologija samo kombinacija relativne in

absolutne kronologije, v kateri se obe ujemata in ena drugo potrjuje. Taka kronologija ne sme biti sestavljena iz več profilov (diskontinuirana kronologija) (sl. 1), temveč mora temeljiti na enem neprekinjenem profilu (kontinuirana kronologija) (sl. 3-6). Imeti mora tudi dobro preizkušene korelacije z drugimi profili. Te pogoje izpolnjujejo nekateri profili fosilnega ledu ter globokomorskih, puhličnih in limničnih usedlin, ki so zanesljivo medsebojno povezani na podlagi paleomagnetizma in vulkanskih pepelov.

Na koncu predlagava nekatere bistvene spremembe v nomenklaturi in pojmovanju poteka würmske ledenitve, ki se ne skladajo s posameznimi dosedanjimi pogledi slovenske paleolitske stroke, tradicionalno navezane na nemški strokovni krog. Če je bila nemška stroka v času, ko je S. Brodar napisal zadnji pregled pleistocenskih kronologij, še vodilna na tem področju, zdaj gotovo ni več. To je dejstvo, ki ga moramo vsekakor upoštevati.



Sl. 1: Hipotetične paleoklimatske krivulje za würmsko poledenitev v Alpah (a, b) in weichseljsko poledenitev v severni Evropi (c) (Gross 1964; Welten 1982 a).

Fig. 1: Hypothetical palaeoclimatic curves for the Würm glaciation in the Alps (a, b) and the Weichselian glaciation in Northern Europe (c), according to Gross 1964 (a) and Welten 1982 a (b, c).

RADIOMETRIČNI TEMELJ KRONOLOGIJE

Temelj vsake kronologije je časovna lestvica, ki je lahko »absolutna« in relativna ali samo relativna.² Za pleistocensko geološko dobo jo lahko dobimo z vrsto radiometričnih in drugih metod datiranja (cfr. Géologie de la préhistoire 1987). V kronologiji mlajšega pleistocena se uporabljajo predvsem naslednje fizikalno-kemične metode: izotopska sestava kisika ($\delta^{18}\text{O}$), paleomagnetizem, magnetna susceptibilnost, termoluminiscenca (TL), elektronska spinska resonanca (ESR), diageniza aminokislin in radiometrični postopki v pravem pomenu besede, kot so: radiokarbonski (^{14}C), uranove serije (npr. $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$), kozmogeni berilij (^{10}Be) in drugi izotopi.

Na izotopski sestavi kisika sloni izključno kronologija globokomorskih usedlin in fosilnega ledu. K njej se bova vrnila v posebnem poglavju. S paleomagnetizmom, termoluminiscenco in magnetno susceptibilnostjo so datirani zlasti puhlični, redkeje limnični sedimenti, o katerih bova spregovorila v nadaljevanju članka. V mlajšem pleistocenu poznamo samo eno paleomagnetno epoko, imenovano Brunhes. Znotraj nje je več krajših paleomagnetnih obdobij, ki jih označujejo pa-

leomagnetni dogodki s posebnimi imeni. V starejšem in srednjem würmu sta bila ugotovljena samo dva, dokaj zanesljivo datirana, paleomagnetna dogodka: Blake (105 tl p.s.) in Mungo ali Meadowcliffe (29,5-30 tl p.s.).

V kronologiji mlajšega pleistocena sta najpogostejši metodi ^{14}C in Th/U. Zlasti prva je tudi najbolj preizkušena in z uvedbo masne spektrometrije (AMS) še bolj uporabna kot prej (Taylor 1987). K obema metodama se bova vrnila v posebnih poglavjih.

^{10}Be se uporablja predvsem za datiranje geomorfoloških površin in fosilnega ledu. Drugi postopki so v kontinuiranih kronologijah uporabljeni redkeje.

V würmskih usedlinah v Sloveniji so bile doslej uporabljene naslednje radiometrične metode datiranja: ^{14}C (konvencionalni postopek in AMS-postopek), Th/U in ^{10}Be (Turk 1989; Nelson 1991; Šiferer ustno).

Nobena od naštetih fizikalno-kemičnih metod datiranja ni popolnoma zanesljiva. Zato posamezne radiometrične kronologije niso primerljive absolutno, ampak v večini primerov samo relativno.

V šestdesetih in sedemdesetih letih je slonela absolutna kronologija zadnjega glaciala skoraj izključno na radiokarbonskih datacijah, ki so se izkazale za premlade. To še zlasti velja za datacije, starejše od 35 tl p.s.

(Evin 1990). Radiokarbonska kronologija je namreč omejena v sami metodi: nenadzorovana pomladitev visokih radiokarbonskih starosti glede na dejansko (pravo) starost datiranega materiala. Posledica so bile prekratke kronologije, ki so jih z razvojem radiometričnih metod datiranja stalno podaljševali (Gross 1964; Hammen van der, Wijmstra 1971; Mania, Toepfer 1973; Grootes 1978; Woillard, Mook 1982). Aktualno kronološko stanje je takšnotele:

Povsod po svetu je zelo zanesljivo radiokarbonsko datiran vrhunec glaciala (ok. 20 tl p.s.) in prehod iz srednjega v mlajši glacial (ok. 25 tl p.s.). Dokaj zanesljive so tudi datacije začetka glaciala oz. prehoda iz zadnjega interglaciala v starejši glacial (ok. 115 tl p.s.) na podlagi uranovih serij. Celotni glacial je trajal približno 100.000 let, interglacial pred njim pa samo 10.000-11.000 let. Po dogovoru se glacial začne s prvo globalno ohlavitvijo (ok. 115 tl p.s.) po interglacialnem vrhuncu in konča s prvo globalno otoplitvijo (ok. 15 tl p.s.) po glacialnem vrhuncu (Woillard, Mook 1982; Broecker, Denton 1990).³ Po geološki klasifikaciji sledi glacialnemu vrhuncu še pozni (kasni) glacial, ki se konča 10 tl p.s. Zadnji interglacialni/glacialni cikel je dobro sinhroniziran z orbitalnimi spremembami po izpopolnjeni Milankovičevi teoriji o poteku ledenih in medledenih dob.

PREGLED KONTINUIRANIH KRONOLOGIJ

Kronologije globokomorskih sedimentov, morskih teras, fosilnega ledu in orbitalnih sprememb

Prednost morske kronologije pred kopenskimi kronologijami je v njeni globalnosti. Morje obsega 71 % površine Zemlje in odločilno vpliva na klimo. Razen tega se zelo enotno odziva na zapletene klimatske spremembe, ki jih lahko povzročijo astronomski dejavniki (Broecker, Denton 1990). Različni zapisi teh odzivov niso tako izkrivljeni in kompleksni kot kopenski. Zato se dajo med seboj lažje primerjati. Vendar se da v morskih usedlinah posredno spremljati samo temperaturni zapis ($\delta^{18}\text{O}$), t.j. volumen akumuliranega ledu in temperaturo morske vode. Klima pa je določena razen s temperaturo tudi z vlago in z gibanjem zraka.

Za globokomorsko kronologijo je značilna globalnost in velika popolnost zapisa (kontinuiteta), kar je v kopenskih profilih redkost. Kronologija sloni na določenih posebnostih (Rognon 1987), zaradi katerih je ne moremo enostavno vzpostaviti s kopenskimi profili. Pomembno je, da se ujema s s kronologijo fosilnega ledu na Grönlandiji in Antarktiki, ki zajema enake dogodke, t.j. akumulacijo in taljenje celinskega in morskega ledu (Dansgaard *et al.* 1971; Jouzel *et al.* 1989). Na podlagi vulkanskega pepela imamo tudi dobre korelacije med globokomorskimi usedlinami in grönlandskim ledom (Ram, Galley 1991).

Ideja o globokomorski izotopski kronologiji ($\delta^{18}\text{O}$) pleistocena je nastala v petdesetih letih (Emiliani 1955). Od tedaj so jo stalno razvijali in izpopolnjevali

(Shackleton 1967; Broecker, van Donk 1970; Imbrie, Kipp 1971; Martinson *et al.* 1987).

V sedemdesetih letih je bila izdelana zelo zanesljiva kronostratigrafija na podlagi velikega števila preverjenih radiometričnih datacij z največjo možno napako $\pm 20\%$ (Bloom *et al.* 1974; Butzer 1975; Ku 1976; Fairbanks, Matthews 1978). Z metodo uranovih serij je bila večkrat datirana zadnja najvišja gladina morja na različnih koncih sveta (Barbados, Nova Gvineja, Sejšeli, južna Italija, Mallorca) med 115 in 140 tl p.s. in s srednjo vrednostjo 125 tl p.s. (prav tam in Brancaccio *et al.* 1978 Grün, Brunnacker 1983; Montaggione, Hoang 1988; Chappel, Shackleton 1986; Ku *et al.* 1990; Bard *et al.* 1990a, b). S to metodo so bile enako datirane tudi globokomorske usedline izotopske stopnje 5c (prav tam). Ker je bila zadnja najvišja gladina morij nekoliko višja od sedanje in ker v zadnjem glacialu ni bila več dosežena, gre nedvomno za gladino morij v zadnjem interglacialu. Tako je zadnji interglacial datiran ok. 125 tl p.s., kar je splošno sprejeto in preizkušeno tudi z drugimi radiometričnimi metodami, z $\delta^{18}\text{O}$ in s paleomagnetizmom (Shackleton 1967; Ku 1976; Shackleton, Matthews 1977; Fairbanks, Matthews 1978).⁴ Druga zanesljiva oporna točka morske kronologije so radiometrične datacije najnižje gladine morij, ki se ujema z vrhuncem glaciala, in podobne datacije morskih usedlin izotopske stopnje 2 (Chappell, Shackleton 1986; Bard *et al.* 1990a, b; Vergnaud-Grazzini 1987). Gibljejo se v razponu od 13 do 19 tl p.s.. Na podlagi teh in drugih kronoloških kontrolnih točk ter domnevne enakomerne hitrosti sedimentacije je bila možna linearna kronološka interpolacija vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ na krivulji, ki je trenutno najbolj natančen zapis poteka zadnjega glaciala z natančnostjo ± 5.000 let (Shackleton 1975). V novjšem času poskušajo upoštevati tudi različno hitrost sedimentiranja v toplih in mrzlih stopnjah (cfr. Martinson *et al.* 1987).

Zelo pomembne so korelacije med morskimi in kopenskimi usedlinami. Te so bile ugotovljene predvsem med nihanji morske gladine v začetku starejšega glaciala, ki so se ohranila v obliki morskih teras, in med izotopsko stopnjo 5 (Shackleton, Opdyke 1973; Bloom *et al.* 1974; Butzer 1975; Ku 1976; Fairbanks, Matthews 1978). V omejenem obsegu pa tudi v celotnem glacialnem ciklusu (Aharon 1983). Možna je še »neposredna« korelacija kopno-morje za skoraj celotni glacialni cikel na podlagi peloda in vulkanskih pepelov v morskih usedlinah.

V povezavi z izotopsko kronologijo morskih usedlin je pomembna tudi Milankovičeva (1941) astronomska teorija o poteku zadnje ledene dobe, ki je bila ponovno oživiljena in dopolnjena na mednarodnih srečanjih leta 1972 in 1982 (cfr. Quat. Res. 2, 1972; Berger 1976; Kerr 1983a; Bouvier 1987; Broecker, Denton 1990) (sl. 2). Zdaj spet prevladuje mnenje, da so spremembe v zemeljski orbiti bistveno vplivale na klimo v zadnjih 100.000 letih (Chappell 1973; Denton, Hughes 1982; Genthon *et al.* 1987; Jouzel *et al.* 1987), pojavljajo pa se tudi posamezni dvomi o pravilnosti teorije orbitalnih sprememb (Kerr 1986, 1987).

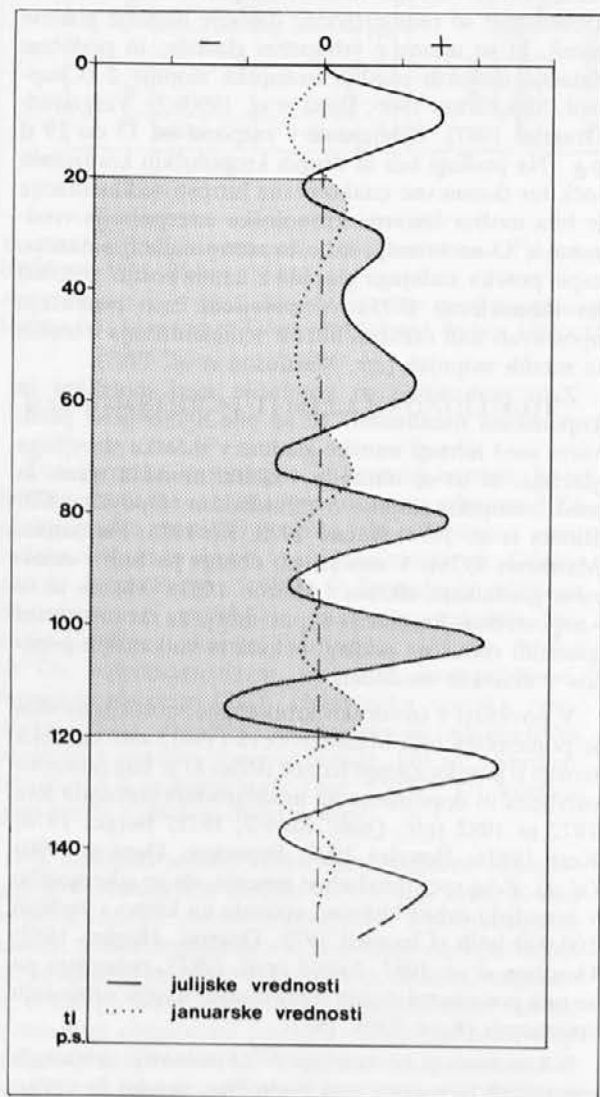
V kombinaciji kronologije $\delta^{18}\text{O}$ in teorije orbitalnih sprememb je nastala zelo podrobna, vendar še vedno

hipotetična, globalna kronostratigrafija zadnjega interglacialnega/glacialnega ciklusa s 1000 letnimi intervali (sl. 3) (Martinson *et al.* 1987). Pri tej so pomembni naslednji kronološki mejniki in dogodki:

Kratkotrajnemu temperaturnemu vrhuncu interglaciala med 125 in 122 tl p.s. (podstopnja 5e) sledita dva manjša 103-96 tl p.s. (podstopnja 5c) in 79 tl p.s. (podstopnja 5a), ki sta povezana z morskimi terasami (transgresijami) v začetku starejšega glaciala. Večje regresije in ohladike morij, povezane z vrhunci akumulacij ledu, si sledijo štirikrat: 115-105 tl p.s. (podstopnja 5d), 92-90 tl p.s. (podstopnja 5b), 72-59 tl p.s. (stopnja 4) in 23-12 tl p.s. (stopnja 2). »Tople« faze so označene z neparnimi, »mrzle« s parnimi števili. Najtoplejša je bila (pod)stopnja 5e, najhladnejša stopnja 2. Geološka sedanjost ali holocen (stopnja 1) ima skoraj enake vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ kot (pod)stopnja 5e.

Sl. 2: Astronomska krivulja insolacije (odstopanje od sedanje vrednosti) na 40–50° severne širine za zadnji interglacialno/glacialni cikel po Bergerju in Milankoviću (Guiot 1990).

Fig. 2: Astronomical curve for insolation at a latitude 40–50° north, as proposed for the last interglacial/glacial cycle by Berger and Milanković (Guiot 1990).



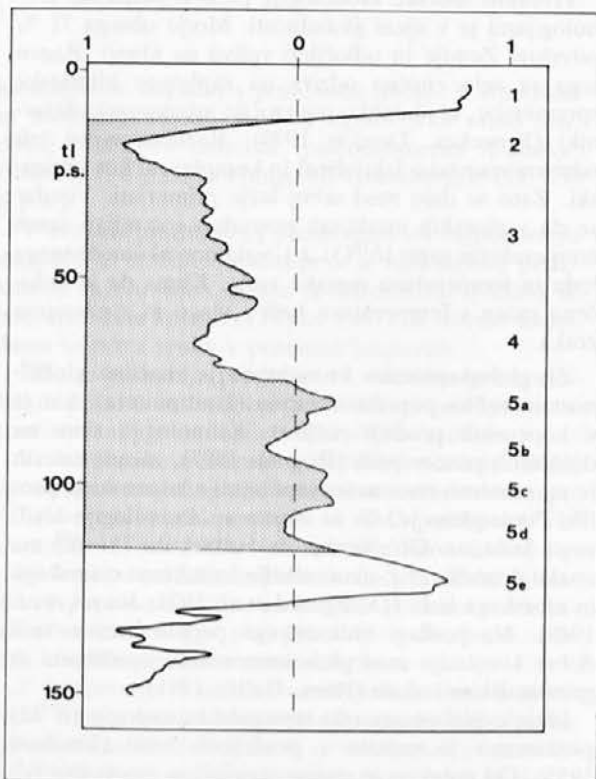
Vsi diagrami $\delta^{18}\text{O}$ imajo značilno obliko žage (sl. 4). Skoraj vse krivulje bolj ali manj linearno padajo od interglacialnih vrednosti proti vrednostim v vrhuncu glaciala ok. 20 tl p.s. na severni in ok. 18 tl p.s. na južni polobli. Vendar je lahko dvomljivo, ali splošni nagib vsake posamezne krivulje, ki predstavlja nekakšno »klimatsko regresijo« ustreza dejanskim trendom akumulacije ledu in zniževanja temperatur (*cfr.* Fillon, Williams 1983). Od tega je odvisno tudi vprašanje, ali je upravičeno označevati za »toplo« izotopsko stopnjo 3 (*cfr.* Shackleton 1975), za katero sta značilni močna regresija morij in »mrzli« interstadiali (Aharon 1983; Bard *et al.* 1990b).

Za ves glacial sta na splošno značilna samo dva izrazito »mrzla« vrhunca, ki označujeta največji obseg celinsko-morskega ledu in alpskih ledenikov, in sicer v stopnji 4 (72-59 tl p.s.) ter 2 (23-12 tl p.s.). Dva manj »mrzla« viška sta bila tudi v (pod)stopnji 5d (115-105 tl p.s.) in 5b (92-90 tl p.s.). Vse »topele« in »mrzle« oscilacije v stopnji 5 so po nomenklaturi interglacialne (Suggate 1974). Taka razlaga se ne zdi najbolj posrečena (*cfr.* Vergnaud-Grazzini 1987), zlasti ne v alternativni povezavi s kopensko pelodno kronologijo (Kukla, Briskin 1983; Beaulieu, Reille 1989).

V zadnjih 30 letih je bilo narejenih na stotine vrtin s krivuljami $\delta^{18}\text{O}$ v različnih morjih, ki so si v splošnem podobne. Za severno poloblo so zlasti pomembni rezultati vrtin v severnem Atlantiku (Sancetta *et al.* 1972), za nas pa v Jadranskem morju in v

Sl. 3: Orbitalno usklajena krivulja $\delta^{18}\text{O}$ za zadnji interglacialno/glacialni cikel (Martinson *et al.* 1987).

Fig. 3: Orbitaly based $\delta^{18}\text{O}$ record for the last interglacial/glacial cycle according to Martinson *et al.* 1987.



vzhodnem delu Sredozemskega morja (Herman 1981; Blanc-Vernet 1988; Blanc-Vernet, Sgarrella 1989). Tu je kronologija globokomorskih usedlin dopolnjena s tefrakronologijo (Paterne *et al.* 1988).⁵

Temeljna in univerzalna spoznanja globokomorske kronologije so:

- Glavne etape zadnje poledenitve so bile globalne in istočasne na obeh poloblah (Nelson *et al.* 1985; Denton, Hughes 1986; Hillaire-Marcel, Causse 1989; Broecker, Denton 1990).

- Poledenitev je bila dvostopenjska: s »toplimi« interstadiali interglacialne narave v prvi polovici (izotopska stopnja 5) in z »mrzlo« drugo polovico (izotopske stopnje 4-2).

- Meja med »toplim« in »mrzlim« delom je določena z linearno interpolacijo in radiometrično ok. 75 tl p.s. (Kukla, Briskin 1983; Aharon, Chappell 1986; Bard *et al.* 1990 b).

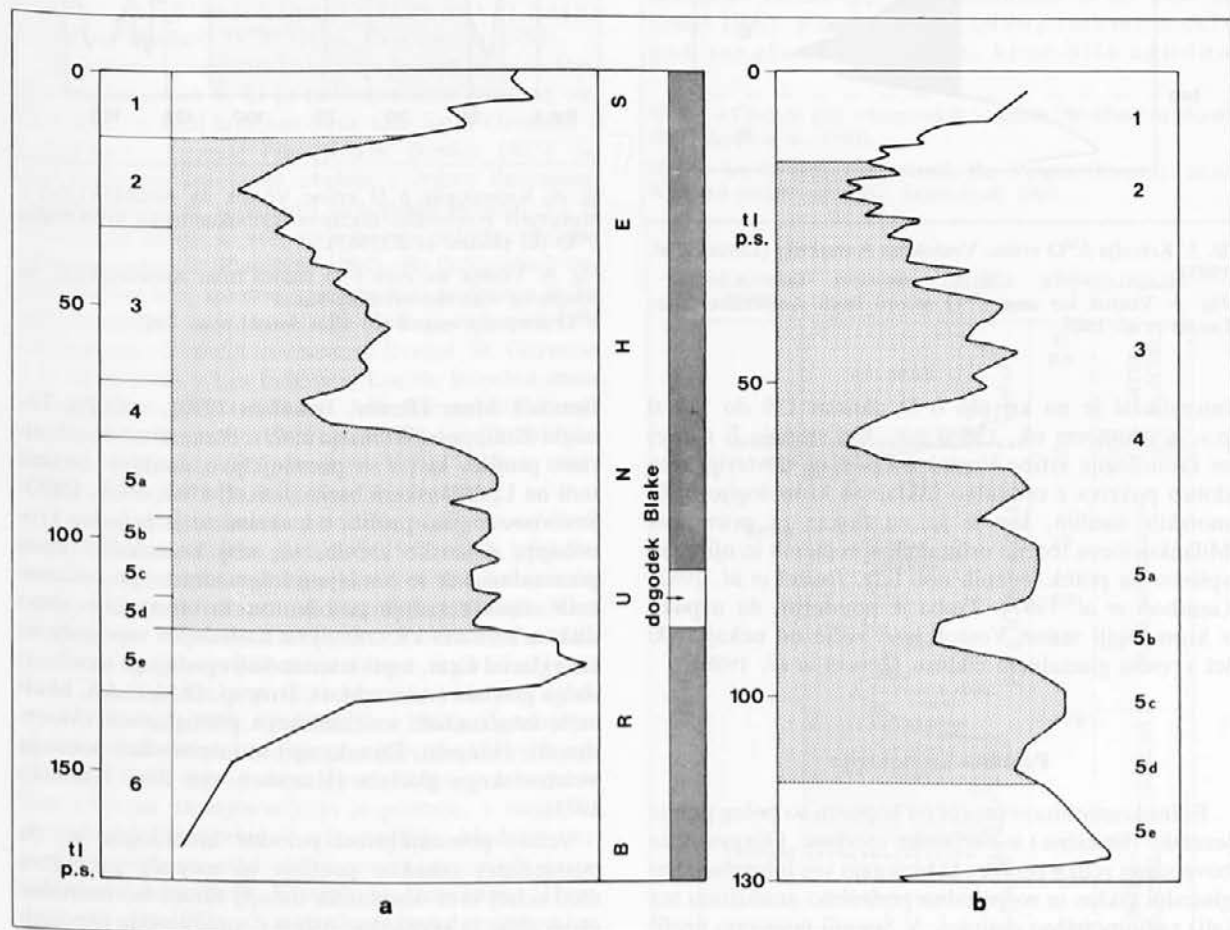
- V glacialu je bilo zelo veliko manjših in kratkotrajnih temperaturnih nihanj, ki jih starejše členitve ledene dobe niso poznale.

- »Tople« ali interstadialne (izotopske stopnje 5e, 5c, 5a, 1) in »mrzle« ali stadialne dobe (izotopske

stopnje 5d, 5b, 4, 2) so približno enako dolge. Edina izjema je bolj kompleksna izotopska stopnja 3.

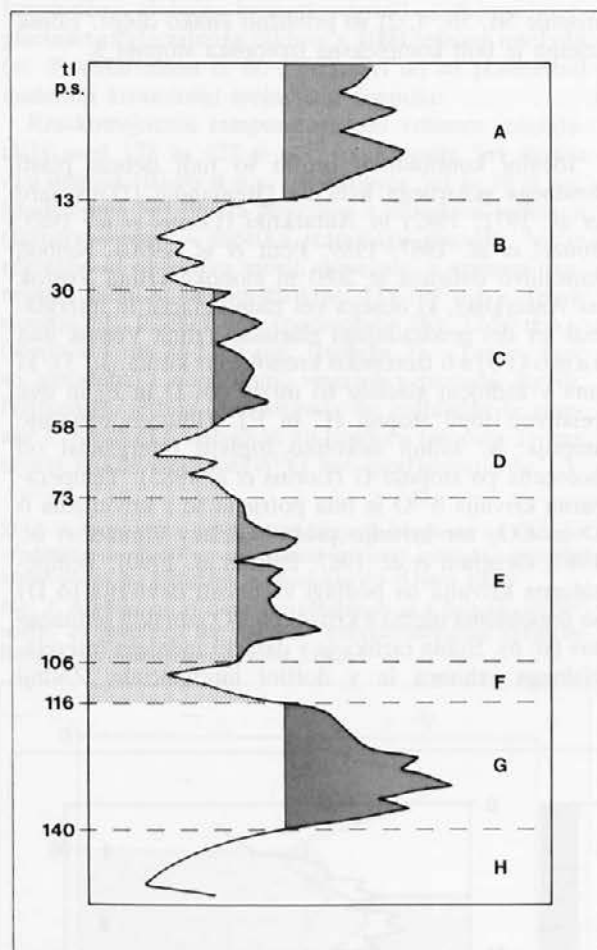
* * *

Idealni kontinuirani profili so tudi debele plasti fosilnega polarnega ledu na Grenlandiji (Dansgaard *et al.* 1971; 1982) in Antarktiki (Lorius *et al.* 1985; Jouzel *et al.* 1987; 1989, Petit *et al.* 1990). Najbolj zanesljivo datirana je 2083 m globoka vrtina Vostok na Antarktiki, ki obsega ves zadnji glacial in interglacial ter del predzadnjega glaciala. Vrtina Vostok ima s a m o s t o j n o izotopsko kronologijo kisika (sl. 5), ki ima v zadnjem glacialu tri mrzle (B, D in F) in dve relativno topli stopnji (C in E). Holocen označuje stopnja A, zadnji nekoliko toplejši interglacial od holocena pa stopnja G (Lorius *et al.* 1985). Temperaturna krivulja $\delta^{18}\text{O}$ je bila potrjena še s krivuljama δ D in CO_2 ter krivuljo prašnih delcev (Jouzel *et al.* 1987, Genthon *et al.* 1987, Petit *et al.* 1990). Temperaturna krivulja na podlagi vsebnosti devterija (δ D) se popolnoma ujema s krivuljo $\delta^{18}\text{O}$ morskih sedimentov (sl. 6). Edina razlika je v dataciji zadnjega interglacialnega vrhunca in v dolžini interglaciala. Zadnji



Sl. 4: Paleomagnetno datirana krivulja $\delta^{18}\text{O}$ vrtine 28-238 v ekvatorialnem Pacifiku (Shackleton in Opdyke 1973) (a) in podobna krivulja vrtine 280 v severnem Atlantiku (Sancetta *et al.* 1972) (b).

Fig. 4: Palaeomagnetic stratigraphy and $\delta^{18}\text{O}$ curve of Equatorial Pacific deep-sea core V 28-238, after Shackleton and Opdyke 1973 (a), and a similar North Atlantic core 280 record, after Sancetta *et al.* 1972 (b).



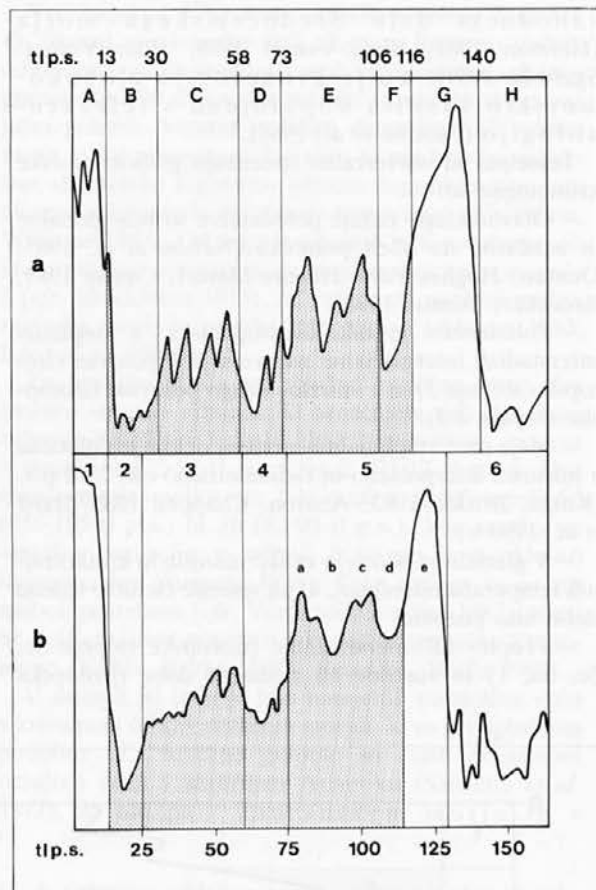
Sl. 5: Krivulja $\delta^{18}\text{O}$ vrtine Vostok na Antarktiki (Lorius *et al.* 1985).

Fig. 5: Vostok ice core $\delta^{18}\text{O}$ record from Antarctica, after Lorius *et al.* 1985.

interglacial je na krivulji δD datiran 139 do 117 tl p.s. z vrhuncem ok. 135 tl p.s.. Od stopnje F naprej se kronologija vrtine Vostok na podlagi devterija zelo dobro pokriva z orbitalno usklajeno kronologijo $\delta^{18}\text{O}$ morskih usedlin, kar je še en dokaz za pravilnost Milankovičeve teorije orbitalnih sprememb in njihovih vplivov na potek ledenih dob (cfr. Jouzel *et al.* 1987; Genthon *et al.* 1987). Treba je poudariti, da napake v kronologiji vrtine Vostok niso večje od nekaj 1000 let v vsem glacialnem ciklusu (Jouzel *et al.* 1989).

Pelodna kronologija

Edini kontinuirani profili na kopnem so poleg puhlic jezerske (limnične) in barjanske usedline. Obravnavala bova samo redke profile, ki obsegajo ves interglacialni/glacialni ciklus in so pelodno podrobno analizirani ter (ali) radiometrično datirani. V Španiji poznamo profil Padul (Florshütz *et al.* 1971; Pons, Reille 1988), v Franciji La Grande Pile (Woillard 1978; Woillard 1979; Mörner 1981; Woillard, Mook 1982; Seret *et al.* 1990), Les Echets (Beaulieu, Reille 1984) in Lac du



Sl. 6: Kronologija δD vrtine Vostok na Antarktiki (a) v primerjavi z orbitalno usklajeno globokomorsko kronologijo $\delta^{18}\text{O}$ (b) (Jouzel *et al.* 1987).

Fig. 6: Vostok ice core δD record from Antarctica (a), as compared with the orbital based $\delta^{18}\text{O}$ deep-sea record (b) after Jouzel *et al.* 1987.

Bouchet Maar (Reille, Beaulieu 1990), v Grčiji Tenaghi Philippon (Wijmstra 1969). Pomembne kontinuirane profile, ki pa so pomanjkljivo datirani, imamo tudi na Ljubljanskem barju (Šercelj 1963, 1965, 1966). Severnoevropski profili, s katerimi se je pelodna kronologija dejansko začela, so zdaj kronološko manj pomembni, ker so ohranjeni fragmentarno po posameznih odsekih zadnje poledenitve in omogočajo samo diskontinuirano kronologijo z naslednjim zaporedjem: interglacial Eem, topli interstadiali zgodnjega weichselskega glaciala (Amersfoort, Brörup, Odderade), hladnejši interstadiali weichselskega pleniglaciala (Moershoofd, Hengelo, Denekamp) in interstadiali poznega weichselskega glaciala (Hammen van der, Wijmstra 1971).

Velika pomanjkljivost pelodne kronologije je, da posameznih odsekov profilov ni mogoče primerjati med seboj brez absolutnih datacij zaradi horizontalne geografske in vertikalne višinske zonalnosti in zaporednega faznega razvoja vegetacije (cfr. Woillard 1978, 1979; Terasmae 1984). Zato so vsi ključni pelodni profili radiokarbonsko datirani. Vendar s tem problem korelacij, ki slonijo skoraj izključno na radiokarbonski

kronologiji, ni rešen (cfr. Grootes 1978; Woillard, Mook 1982). Vse radiokarbonske datacije za srednji in zgodnji glacial so namreč zelo verjetno premlade (Kukla, Briskin 1983; Evin 1990). V manjšem obsegu lahko to velja tudi za mlajši glacial (Bard *et al.* 1990 a).

Zavedati se je treba tudi, da je pelodna kronologija predvsem regionalna kronologija in da »palinološki« interstadiali in stadiali niso enakovredni glaciološkim.

Trenutno sta najbolj vsestransko raziskana delno sestavljena kontinuirana pelodna profila La Grande Pile (sl. 7) in Les Echets. Za oba profila je značilna velika medsebojna podobnost in ujemanje z izotopsko krivuljo $\delta^{18}\text{O}$ (Woillard, Mook 1982). Zanesljive so naslednje korelacije: La Grande Pile, cona 2 (»Eem«, Lure) ustreza kronološko severnoevropskemu Eemu in izotopski (pod)stopnji 5e (Woillard, Mook 1982). Korelacija je posredno potrjena s pelodnimi spektri v izotopsko datiranih morskih sedimentih iz Atlantika (Turon 1984). Eem je dobro opredeljen tudi v profilih Les Echets, Lac du Bouchet maar in Tenaghi Philippon. Trajanje Eema je določeno na okoli 10.000 ± 1000 let na podlagi ne preveč zanesljive varvne kronologije (Turner 1975, s cit. lit.).⁶ Eem lahko tudi vzporejamo z riško-würmsko medledeno dobo v Alpah (Grüger 1979; Welten 1981), čeprav je (bilo) v zvezi s tem nekaj nejasnosti (Woillard 1978; Grün, Brunnacker 1983).

Druga precej verjetna korelacija je med mejo izotopskih stopenj 4 in 5, ki je radiometrično datirana ok. 75 t.l.p.s., in med koncem tople faze Saint Germain 2 v profilu La Grande Pile (Kukla, Briskin 1983). Še ena posredna korelacija obstaja z dobro datiranimi globokomorskimi sedimenti izotopskih stopenj 3-1 iz Tireskega morja, ki vsebujejo bogate pelodne spektre (Rossignol-Strick, Planchais 1989). Po dolgoletnih nejasnostih so zdaj splošno sprejete tudi naslednje še ne popolnoma dokazane korelacije med zgodnjimi toplimi oscilacijami v Franciji in v severni Evropi: St. Germain 1 in ekvivalenti v Les Echets in Lac du Bouchet maar so istočasni z interstadialoma Amerfsfoort in Brörup, St. Germain 2 in ekvivalenti pa so istočasni z interstadialom Odderade (cfr. Woillard 1978; Welten 1981; Kukla, Briskin 1983; Beaulieu, Reille 1989).

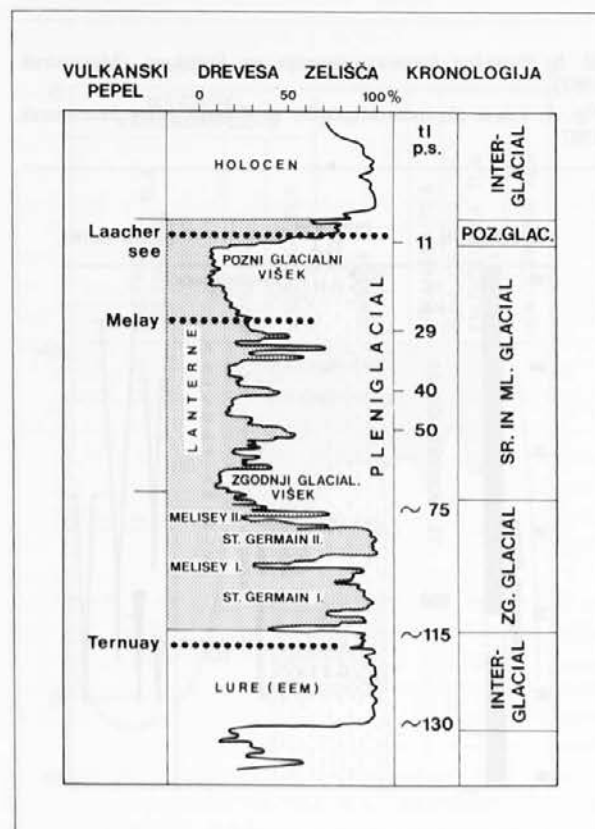
V petih kontinuiranih pelodnih profilih so bila v starejšem ali zgodnjem glacialu (115-70 t.l.p.s.) zabeležena skoraj enaka nihanja klime z dvema izrazito toplima interstadialoma, od katerih je prvi toplejši od drugega, in z dvema stadialoma. Podobna slika je bila v starejšem würmu ugotovljena tudi na tipskem področju alpske poledenitve (Grüger 1979; Chaline, Jerz 1984). Zgodnjemu glacialu sledi dolgo obdobje pleniglaciala ali srednjega glaciala (70-25 t.l.p.s.), ki se povsod začne z zelo mrzlo fazo (starejši pleniglacial), ki jo pozneje, v srednjem pleniglacialu (?), prekinijo trije do štiri »hladni« interstadiali, verjetno ekvivalenti severnoevropskih interstadialov Moereshof, Hengelo in Denekamp (Hammen van der 1971). V tipskem področju alpske poledenitve in drugod v Alpah ni bil v tem odseku zaenkrat ugotovljen noben interstadial (Gross 1964; Chaline, Jerz 1984). Srednji pleniglacial je po vsej Evropi zelo kompleksen,

zato so znotraj njega velike težave s korelacijami (Pons, Reille 1988; Reille, Beaulieu 1990). Mlajši glacial se povsod začne z najbolj mrzlo fazo zadnje poledenitve, ki je v Alpah brez rastlinskih ostankov. To je vrhunec glaciala in pleniglaciala, ki je radiokarbonsko zanesljivo datiran ok. 20 t.l.p.s. Vrhuncu glaciala sledi zelo hitra deglaciacija z dobro znanimi poznoglacialnimi oscilacijami klime. Deglaciacija je bila v Alpah hitrejša kot v severni Evropi (Broecker, Denton 1990). Absolutni glacialni vrhunec spada v mlajši pleniglacial. Tako sta v celotnem glacialu povsod v zahodni in severni Evropi samo dva zelo izrazita mrzla vrhunca v dolgem obdobju pleniglaciala (Mania, Toepfer 1973; Möner 1981; Woillard, Mook 1982; Vandenberghe 1984; Reille, Beaulieu 1990).

Na podlagi kontinuiranih pelodnih profilov je mogoče rekonstruirati tudi zelo podrobno (na tisoč let) krivulje povprečnih letnih in sezonskih temperatur ter padavin zadnjega interglacialno/glacialnega ciklusa (cfr. Rognon 1987), ki jih je mogoče primerjati z neodvisno pridobljenimi astronomskimi podatki o poteku zadnje ledene dobe (Guiot 1990). Tako lahko dobimo iz neposrednega pelodnega zapisa posreden klimatski zapis. Ta se v glavnem ujema z globalno izotopsko kronologijo (cfr. Martinson *et al.* 1987 in Guiot 1990). Po Guiotu (1990) imamo v Alpah tri glavna obdobja, ki so bila ugodna

Sl. 7: La Grande Pile v francoskih Vogezih (Woillard in Mook 1982, Seret *et al.* 1990).

Fig. 7: La Grande Pile record, the Vosges (France), after Woillard and Mook 1982, Seret *et al.* 1990.



za rast ledenikov: 112-107 tl p.s., 75-70 tl p.s. in 25-18 tl p.s., in po možnosti še eno manjše 95-93 tl p.s. Novejše raziskave usedlin profila La Grande Pile predvidevajo izrazit glacialni vrhunec tudi nekje med 50 in 30 tl p.s. (Seret *et al.* 1990).

Glavne za nas pomembne ugotovitve pelodne glacialne kronologije so podobne kot pri izotopski kronologiji, razen drugačnih dolžin toplih in mrzlih faz. Prve so kratke, druge pa dolge. Dodati pa je treba še posebne geografsko-širinske vegetacijske pasove (gradient sever-jug), nastale zaradi domnevno hitrejši rasti severnoevropskega ledenega pokrova od alpskih ledenikov (Grüger 1979), in odsotnost višinskega gradienta do 1200 m v zgodnji glacialni vegetaciji v Alpah in sosesčini zaradi istega vzroka (Reille, Beaulieu 1990).

Puhlična kronologija

Puhlice so poleg limničnih (jezerskih in barjanskih) usedlin najbolj razširjeni in popolni kopenski stratigrafski nizi (Smalley, Grabowska-Olszewska 1984). Zato so jih začeli že zelo zgodaj preučevati in uporabljati v kronološke namene. Če izznamemo večinoma slabše znane ruske in ukrajinske puhlice, so v Evropi za kronologijo najprimernejše nekatere vzhodnonemške in predvsem poljske puhlice iz okolice Krakova in Lublina, ki se prištevajo med primarne eolske ali tipične puhlice (Smalley, Leach 1978).

Kot povsod, so tudi v puhlični kronologiji problematične radiometrične datacije, ki so pred letom 1980 slonele večinoma na radiokarbonski metodi (*cfr.* Ma-

ruszczak 1980, 1987; Evin 1990). V osemdesetih letih se je začela bolj ali manj uspešno uporabljati tudi metoda termoluminiscenčnega (TL) datiranja in metoda magnetne susceptibilnosti (*magnetic susceptibility*) (Maruszczak 1987; Kukla *et al.* 1988). Za datiranje starejših puhlic zelo uporaben paleomagnetizem pride pri mlajšepleistocenskih puhlicah v poštev samo v zvezi z dogodkom Blake v epohi Brunhes, ki je datiran 104-117 tl p.s. (Smith, Foster 1969; Kukla, Koči 1972; Maruszczak 1980).

Zelo popolne in termoluminiscenčno podrobno datirane puhlične profile v Evropi poznamo na Poljskem (npr. Komarow Gorny). Nanašajo se predvsem na zadnji interglacialni/glacialni cikel (Eem-Visla) in se lahko globalno vzporejajo z izotopsko kronologijo kisika (Maruszczak 1987).

Maruszczak (1987) predlaga takšne kronostratigrafijske severnoevropske vislske poledenitve in zadnjega interglaciala (*sl.* 8):

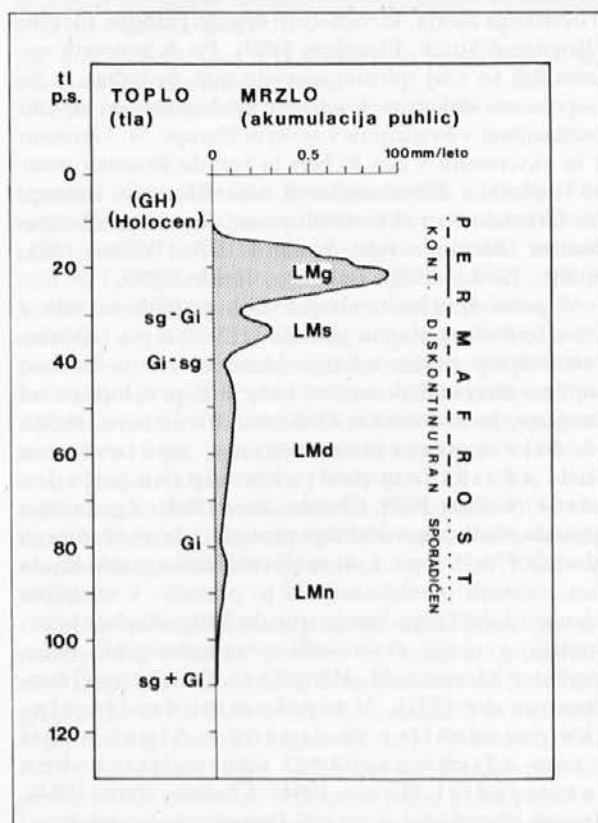
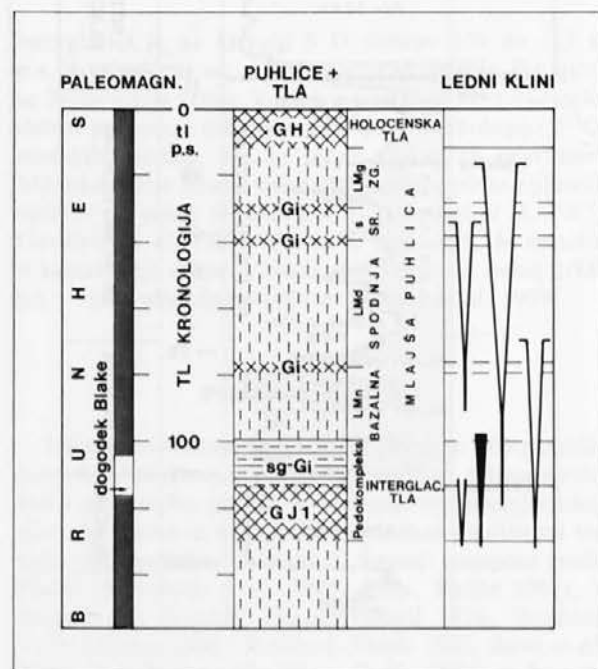
Gozdna tla v interglacialu Eem (GJ 1) (TL 130/125-115/110 tl p.s.) so nastala na zgornji starejši puhlici (LSg). So del pedokompleksa, ki v zgornjem delu obsega še interstadialna tla (Gi/GJ 1) (TL 115/110-100 tl p.s.) iz začetka zgodnjega vislskega glaciala. Interstadialna tla v profilu Komarow Gorny so tudi paleomagnetno datirana (dogodek Blake). Zato je verjetno upravičena korelacija s kompleksom Stillfried A v Avstriji, ki naj bi bil povezan z istim paleomagnetnim

Sl. 9: Hitrosti akumulacije vislske puhlice na Poljskem, ok. 50° severne širine (Maruszczak 1987).

Fig. 9: Intensity of accumulation for the Vistulian loesses in Poland, after Maruszczak 1987.

Sl. 8: Puhlična kronostratigrafija na Poljskem (Maruszczak 1987).

Fig. 8: Loess chronostratigraphy in Poland, after Maruszczak 1987.



dogodkom (Maruszczak 1987; Chaline, Jerz 1984). Celotni kompleks lahko ustreza izotopski(m) (pod)stopnji(am) 5e - 5c. Sledi počasna akumulacija bazalne mlajše puhlice (LMn) (TL 100-80/75 tl p.s.), ki pripada že zgodnjemu vislskemu glaciale, za katerega so značilne manjše kriogene strukture in nastanek interstadialnih tal Gi/LMn (TL 80-75 tl p.s.). LMn in Gi/LMn lahko ustreza izotopski stopnji 5 oz. podstopnjama 5b-5a. Spodnja mlajša puhlica (LMD) (TL 80/75-42/37 tl p.s.) se je sedimentirala še nekoliko hitreje. Obsega starejši vislski pleniglacial, za katerega je značilen, poleg puhlice, tudi diskontinuiran permafrost z globokimi lednimi klini. LMD lahko ustreza izotopski stopnji 4 in starejšemu delu stopnje 3. Interstadialna tla Gi/LMD (TL 42-37 tl p.s.) pripadajo začetku vislskega interpleniglaciala, ki ga sestavljata še srednja mlajša puhlica (LMs) (TL 40/37-30/28 tl p.s.) in interstadialna tla Gi/LMs (TL 32-28 tl p.s.). Za ves interpleniglacial so značilne psevdomorfe kriogene tvorbe in morda diskontinuiran permafrost. Puhlica LMs se je sedimentirala precej hitreje kot prejšnji puhlici LMD in LMn. Vsebuje tudi ostanke globokih lednih klinov. Interpleniglacialni kompleks lahko ustreza mlajšemu odseku izotopske stopnje 3 in začetku stopnje 2. Zgornja mlajša puhlica (LMg) (TL 28-15/12 tl p.s.), s holocenskimi gozdnimi tlemi se je sedimentirala najhitreje. Zanj so značilni ostanke najglobljih lednih klinov in kontinuiran permafrost. Sicer homogena puhlica LMg je ponekod prekinjena z enim, največ tremi komaj zaznavnimi pedogenitskimi horizonti. Pripada mlajšemu vislskemu glaciale. Puhlica LMg zelo verjetno kronološko ustreza izotopski stopnji 2.

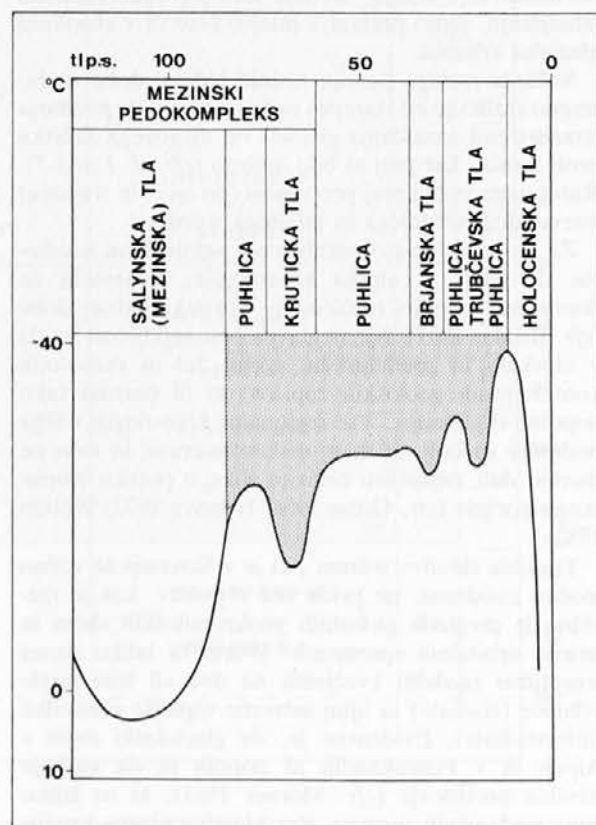
Tipična puhlica se je sedimentirala ves zadnji glaciale; tudi v interstadialih. Hitrost sedimentiranja je naraščala proti vrhuncu glaciale, ki je bil dosežen ok. 20 tl p.s. (cfr. višek aridnosti v Guiot 1990, fig. 4) (sl. 9). Sedimentacija je bila močno upočasnjena v interstadialih. Celotni puhlični glacialni cikel obsega 4 interstadiale in prav toliko puhličnih faz, od katerih je zadnja najbolj izrazita. Štirje puhlični interstadiali se dobro ujemajo z zaporedjem interstadialov v kontinuiranem jezerskem profilu Königsau (Mania, Toepfer 1970), kjer je dvodelni interstadial Königsau IV z lesom zanesljivo radiokarbonsko datiran 32.500 ± 2600 p.s. (cfr. Evin 1990). Druge radiokarbonske datacije za profil Königsau pa so po najinem mnenju veliko premlade. Zelo verjetna se zdi korelacija Königsau IV (Mania, Toepfer 1970) - Gi/LMs interstadialna tla po Maruszczaku (1987) - Denekamp (Zagwijn 1974).

Iz globalnega kronološkega vidika so važni tudi nekateri ukrajinski, moldavski in drugi puhlični profili (npr. Molodovo). Nekateri med njimi so zanesljivo palinološko analizirani, vsebujejo pa tudi srednje in mlajše paleolitske najdbe (Bolikhovskaya 1987; Velichko *et al.* 1987). Čeprav vseh ne prištevamo med tipične eolske puhlice, se globalno dobro ujemajo s kronološkimi shemami na podlagi kontinuiranih globokomorskih in pelodnih profilov. Težje pa so korelacije med samimi profili in sploh s srednjo Evropo (cfr. Maruszczak 1987), predvsem zaradi uporabe različnih

radiometričnih metod datiranja, kar ima za posledico neenotne kronološke lestvice (cfr. Šelkopljas *et al.* 1986 in Bolikhovskaya 1987; Velichko *et al.* 1987). Tako je npr. interstadial Brjanski v srednjem valdajskem glaciale radiokarbonsko datiran 24-32 tl p.s. (Bolikhovskaya 1987; Velichko *et al.* 1987), termoluminiscenčno pa 35-47 tl p.s. (Šelkopljas *et al.* 1986). Kljub temu ga nekateri sovjetski avtorji poskušajo vzporejati z interstadialoma Paudorf oz. Stillfried B ali Denekamp v srednji in severni Evropi. Po drugi strani pa so termoluminiscenčne datacije za starejši valdajski glaciale, ki so podprte še s paleomagnetizmom (dogodek Blake), verjetno pravilnejše od bistveno krajše radiometrične kronologije. Tako je zadnji interglacial (Prilukski ali Mikulinski ali Mezinski) termoluminiscenčno datiran 150-110 (100) tl p.s. (Šelkopljas *et al.* 1986). Začetek valdajskega glaciale pa je po radiometrični kronologiji ok. 70 tl p.s., kar se nama zdi bistveno prepozno. V nasprotju z Maruszczakovo (1987) stratigrafsko shemo imamo v Ukrajini v valdajski poledenitvi samo dve fazi sedimentiranja puhlice, ponekod v Rusiji pa tri, ki jih prekinjajo interstadialna tla različnih debelin in tipov (Šelkopljas *et al.* 1986, Velichko *et al.* 1987). Po Bolikhovski (1987) imamo v zgodnjem Valdaju tri interstadiale in prav toliko v srednjem glaciale, kar bi se ujemale s severnoevropsko pelodno kronologijo. Vsi interstadiali so vidni v pelodu in v pedogenetskih horizontih puhličnih sedimentov

Sl. 10: Paleotemperaturna krivulja puhlice in fosilnih tal v Rusiji (Velichko *et al.* 1987).

Fig. 10: Palaeotemperature variations on loess-soil formations in Russia, after Velichko *et al.* 1987.



Ukrajine. Geološka členitev je bolj enostavna, saj priznava v zgodnjem in srednjem glacialu samo dvojce interstadialnih tal, ki ustrezata interstadialu Kruticki in bolj kompleksnemu interstadialu Brjanski (Šelkopljak *et al.* 1986, Velichko *et al.* 1987) (sl. 10). Iz interglacialnih tal Mikulinski in interstadialnih tal Kruticki je sestavljen t.i. kompleks Mezinski, ki ga prekinja kratko hladnejše obdobje s puhličnimi sedimenti. Za puhlične profile na nekdanjem periglacialnem področju in v bližini so za vse faze valdajske poledenitve značilne kriogene strukture.

S tem kratkim pregledom puhlične kronologije zaključujeva izbor globalnih kontinuiranih kronologij mlajšega pleistocena in prehajava k uvodni razpravi o regionalni diskontinuirani kronologiji v Sloveniji in alpskih deželah v soseščini.

RAZPRAVA

Globalna nihanja klime v mlajšem pleistocenu so po zaslugi eksaktnih znanosti tako dobro poznana, da večjih sprememb v njihovem poteku v kratkem času ne moremo pričakovati. Nobena evropska regija, vključno s Slovenijo, zato ne more značilno odstopati od splošno ugotovljenega poteka zadnje ledene dobe. Ta je bil povsod po svetu takšenle: relativno neznatne postopne spremembe na slabše s posamičnimi skokovitimi poslabšanji in izboljšanji v starejši fazi, izrazito in hitro poslabšanje v začetku srednje faze, rahlo izboljšanje v srednji fazi, največje postopno poslabšanje v mlajši fazi, ki mu sledi zelo hitro izboljšanje in normaliziranje stanja. Srednja faza je, kljub rahlemu izboljšanju, samo prehod v mlajšo fazo in v absolutni glacialni vrhunec.

Sedanja razlaga poteka zadnje ledene dobe se bistveno razlikuje od starejših razlag po tem, da poudarja izrazit trend naraščanja glaciala od njegovega začetka proti koncu, kar prej ni bilo opazno (*cfr.* sl. 1 in 3-7). Razen tega so bili prej precenjeni (po moči in trajanju) interstadiali srednjega in mlajšega würma.

Za Slovenijo se je uporabljala v »globalnem smislu« vse do zdaj t.i. alpska kronologija, ki temelji na domnevni »popolni razčlenitvi« würmske ledene dobe (*cfr.* Brodar 1967). Njena glavna pomanjkljivost je, da v alpskem in predalpskem svetu, žal ni raziskanih kontinuiranih geoloških zapisov, ki bi potrdili tako popolno razčlenitev. Vse regionalne kronologije s tega področja so bolj ali manj diskontinuirane in zato ne morejo dati zanesljive celovite slike o poteku würmskega glaciala (*cfr.* Gross 1964; Ivanova 1972; Welten 1982a).

Tridelna členitev würma⁷, ki je v Sloveniji še vedno močno zasidrana, ne pride več v poštev, kot je razvidno iz pregleda globalnih geokronoloških shem in teorije orbitalnih sprememb. Würm bi lahko danes teoretično razdelili kvečjemu na dva ali štiri mrzle vrhunce (stadiale) in njim ustrezne toplejše presledke (interstadiale). Evidentno je, da glaciološki zapis v Alpah in v Fenoskandiji ni popoln in da vsebuje številna protislovja (*cfr.* Möner 1981), ki so lahko tema neskončnih razprav. Ker klasična alpska krono-

logija würmske poledenitve nima stratotipov, ki bi ustrezali sedanjim normativom, se pridružujeva tistim, ki so jo zavrnil kot neustrezno (Brunnacker 1975; Kukla 1977; Cooke 1984; Rousseau 1990). V nadomestilo predlagava kronološko shemo, ki sloni na globalnih in kontinuiranih kronologijah in upošteva stanje raziskav na Slovenskem in v alpskem sosodstvu (sl. 11).

Za zadnji interglacialni/glacialni cikel se ohranijo že ustaljena stara imena za kronostratigrafske podserije, in sicer: riss/würm (R/W) in würm (W).

Würm ima tri stopnje: starejši ali spodnji, srednji in mlajši ali zgornji würm, ki so strogo kronološke in brez posebnega klimatskega predznaka. Za ves würm je značilna hladnejša klima od sedanje in od zadnje interglacialne klime. Predlagava novo, daljšo časovno skalo, po kateri obsega celotni würm ok. 100.000 let⁸. Riss/würm je bil relativno kratek in se podrobneje ne deli.

Možna je tudi takšna členitev würma na štiri podstopnje (odseke) s klimatskimi predznaki:

Starejši würm obsega še relativno topel zgodnji glacial z dvema stadialoma in dvema »toploma« interstadialoma.⁹ Stratotip je Samerberg na Bavarskem (Grüger 1979; Chaline, Jerz 1984). Za zgodnji glacial ni v Alpah nobenih geoloških znamenj poledenitve, pač pa imamo zanj dokaze v palinostratigrafskih zapisih iz prvega »stadiala« po riss/würmu (*cfr.* Welten 1981, 1982a,b; Beaulieu, Reille 1989).

Srednji würm se deli na starejši pleniglacial ali I. pleniglacial in na srednji pleniglacial ali interpleniglacial.

Prvi pleniglacial je opredeljen kot stadial. Lahko bi ga imenovali tudi srednjewürmski vrh (SWV). Stratotip je Samerberg (prav tam). V tem času je prišlo verjetno tudi do prve izrazitejšje in dolgotrajnejše poledenitve v Alpah (Welten 1981; Beaulieu, Reille 1989; Accorsi *et al.* 1990). Ker je bil starejši pleniglacial vlažnejši od mlajšega (*cfr.* sl. 7 in 9), ni izključno, da je bila poledenitev na jugu in zahodu Alp najbolj obsežna prav v SWV. To potrjujejo tudi novejšje ugotovitve v Sloveniji, temelječe na datacijah tal na radovljjskih ledeniških sedimentih z berilijevo metodo (ustni podatek M. Šiferja). Južno od Alp se je začela tedaj odlagati puhlica (Accorsi *et al.* 1990; Baroni *et al.* 1990; Chiesa *et al.* 1990; Cremaschi *et al.* 1990). Prišlo je tudi do večje regresije Jadranskega morja (Cremaschi 1990), kar se dobro ujema z ugotovitvami vrtine KET 8218 v Otrantskih vratih (Blanc-Vernet, 1988).

Interpleniglacial je kompleksno sestavljen iz več »stadialnih« in »interstadialnih« palinostratigrafskih enot, ki v alpskem področju še niso poznane ali opredeljene. V nasprotju s srednjim würmon po Grossu (1964) obsega zdaj srednji würm tudi celotno (dobro dokumentirano) prvo poledenitev v Alpah (I. pleniglacial ali SWV). Vrtina KET 8218 iz Jadranskega morja kaže izotopsko stopnjo 3 kot globalno hladno, vendar so zanj značilne tudi toplejše oscilacije (prav tam).

Mlajši würm obsega mlajši pleniglacial ali II. pleniglacial, ki je najbolj mrzla faza würma. Drugi plenigla-

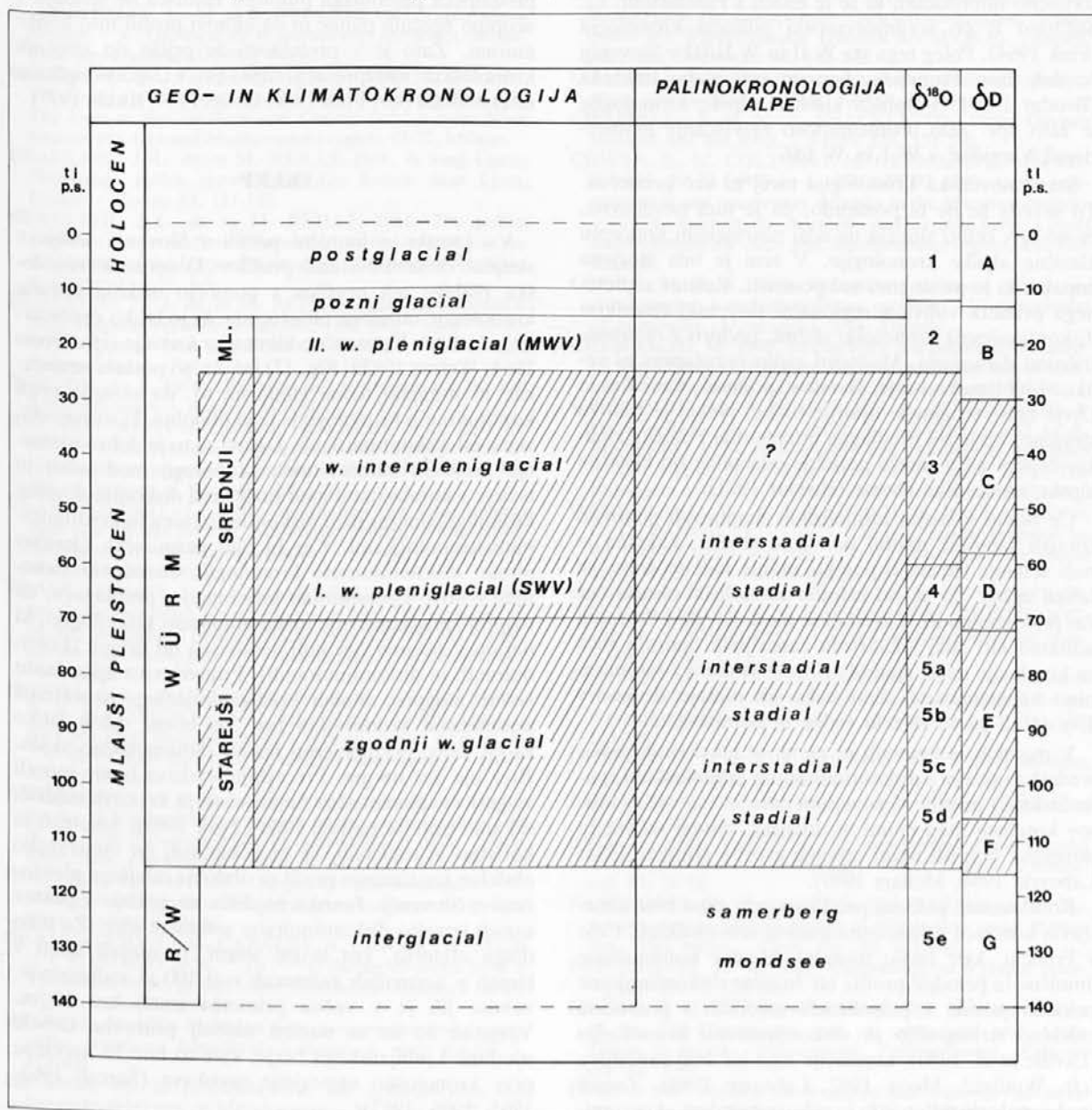
cial je opredeljen kot stadial in bi ga lahko imenovali tudi mlajše- ali zgornjewürmski vrh (MWV ali ZWV). Stratotip je Baumkirchen pri Innsbrucku (Fliri 1973; Chaline, Jerz 1984). V mlajšem pleniglacialu je bila alpska poledenitev domnevno najbolj obsežna.¹⁰ Iz tega časa je ohranjenih tudi veliko puhličnih sedimentov v južnem predgorju Alp, kot so nahajališča Val Sorda-Rivoli, Castenedolo, Crispero, Capreno, Bagaggera v Italiji (Orombelli 1970; Billard *et al.* 1983; Accorsi *et al.* 1990; Baroni *et al.* 1990; Chiesa *et al.* 1990; Cremaschi *et al.* 1990) in najbolj impozantne würmske puhlice na hrvaškem otoku Susku (Cremaschi 1990). To je tudi čas največje regresije in ohlavitve Jadranskega morja v izotopski stopnji 2 (Blanc-Vernet 1988).

V würmskem glacialu sta po predlagani kronološki shemi dva enotna stadialna odseka z jasno določenim klimatskim predznakom (I. in II. pleniglacial ali SWV in MWV) ter dva kompleksna odseka brez klimatskega predznaka (zgodnji glacial in interpleniglacial), ki sta sestavljena iz toplih in hladnih oscilacij. Zgodnji glacial se od interpleniglaciala loči po milejši klimi. Za zgodnji glacial je značilno progresivno, vendar počasno ohlajanje, ki je imelo za posledico postopno glaciacijo, za pozni glacial pa zelo hitro ogrevanje, ki je povzročilo hitro deglaciacijo. Pozni (kasni) glacial je že zunaj würmske ledene dobe.

Nova kronologija würma je po zasnovi, ne pa tudi vsebinsko, še najbolj podobna Grossovi diskontinuirani kronologiji (1964), ki se je v slovenski paleolitski

Sl. 11: Splošna kronološka shema mlajšega pleistocena na podlagi raznih kontinuiranih kopenskih in morskih profilov.

Fig. 11: General chronological table for the Upper Pleistocene, based on various continuous land and sea records.



literaturi alternativno uporabljala poleg klasične alpske kronologije (Osole 1967). Ko sva opustila oznake alpske kronologije (Würm I, I/II, II, II/III in III), sva odstranila vsa vsebinska protislovja in dvomja, izvirajoča iz zdaj splošno zavrženega klasičnega koncepta te kronologije. Vse oznake imajo namreč po glaciološki nomenklaturi (stadial, interstadial) klimatski predznak, ki je postal sčasoma protisloven s tistim, kar dejansko predstavljajo. Tako sta npr. W I in W I/II lahko sestavljena iz toplih in mrzlih odsekov, čeprav naj bi šlo prvotno za mrzel (W I) in toplejši odsek (W I/II) würmske poledenitve (Soergel 1919). Podobno imajo lahko enake oznake različne pomeni: npr. W I napram W II in III ter W I/II v primerjavi z W II/III. W I je kompleksen (stadialen in interstadialen), če obsega celotni starejši würm, W II in III pa sta stadialni (mrzli) fazi. W I/II je tudi kompleksen, če obsega celoten srednji würm, W II/III pa je nasprotno, izključno interstadial, ki se je enačil s Paudorfom, t.j. Stillfried B po srednjeevropski puhlični kronologiji (Fink 1964). Poleg tega sta W II in W II/III v Sloveniji že dalj časa dvomljivi, ker sta oba slabo izražena (Brodar 1959). S stališča klasične alpske kronologije je zato npr. zelo problematično razvrščanje moustérienskih najdišč v W I in W I/II.

Stara slovenska kronologija torej ni več primerna. To seveda še ne bi pomenilo, da je tudi neveljavna, če ne bi v celoti slonela na zdaj zavrženem konceptu klasične alpske kronologije. V tem je bila storjena napaka, ki je ne smemo več ponoviti. Rešitev zapletenega primera vidiva v regionalni slovenski (zaenkrat diskontinuirani) kronološki shemi, podprti z radiometričnimi datacijami. Možnosti zanjo pravzaprav ni veliko: Ljubljansko barje, Betalov spodmol, Črni Kal in Divje babe so glavne oporne točke. Nekaj je bilo že storjeno, ko je bil predlagan interstadial Potočke zijalke, čeprav ne v smislu popolne odcepitve od klasične alpske kronološke sheme (Brodar 1971).

Če bomo v svojih kronoloških domnevah ponovno izhajali samo iz naprej določene sheme, kakršna je tudi sedanja shema o poteku zadnje ledenice, se lahko zgodi, da se bo celoten kronološki sistem čez čas ponovno podrl. Zavedati se moramo, da v Sloveniji nimamo niti zdaj nikakršnih zanesljivih opornih točk za korelacijo naših najdišč z obravnavanimi kontinuiranimi kronologijami. Prav tako jih nimajo drugod v Evropi ali pa so te zelo redke in nezanesljive.

V morskih sedimentih ni zaenkrat nikakršnih neposrednih povezav z diskontinuiranimi arheološkimi (paleolitskimi) profili. V novejšem času je vse več poskusov korelacij med enimi in drugimi, vendar so vse te povezave bolj ali manj umetne tvorbe (Butzer 1981; Labeyrie 1984; Mellars 1989).

Kontinuirani pelodni profili so prav tako brez zanesljivih korelacij z diskontinuiranimi arheološkimi. Celo v Franciji, kjer imajo trenutno ključne kontinuirane limnične in pelodne profile ter številne diskontinuirane pelodne profile v paleolitskih najdiščih s podrobno izdelano stratigrafijo in diskontinuirano kronologijo (Laville *et al.* 1980), korelacije niso nič bolj zanesljive (cfr. Woillard, Mook 1982; Labeyrie 1984). Zaradi srednjepaleolitskih najdb je zelo pomemben »kontinui-

rani« jezerski profil Königsau (Ascherslebener See) v Nemčiji (Mania, Toepfer 1970). Srednji paleolitik pripada fazi Königsau I b iz začetka zgodnjega glaciala. Fazo Königsau IV, ki je sicer brez paleolitskih najdb, lahko precej zanesljivo vzporejamo z interstadialom Denekamp v srednjem glacialu.

Največ možnosti za korelacijo z globalnimi kronološkimi shemami nudijo fragmentarno ohranjeni puhlični profili. Poleg številnih stratificiranih srednje- in mlajšepaleolitskih würmskih puhličnih najdišč v Rusiji in Ukrajini (Bolikhovskaya 1987) so za nas kronološko zanimiva predvsem paleolitska najdišča v avstrijskih in moravskih puhlicah (Fink 1962; Klima *et al.* 1962; Valoch 1976, 1989) ter puhlični profil Bagaggera v severni Italiji z moustérienskimi in aurignacienskimi najdbami iz prvega pleniglaciala in temu sledečega interstadiala (Cremaschi *et al.* 1990). Glavni problem kronološkega koreliranja je v tem, da Sloveniji bližja predalpska paleolitska puhlična najdišča ne spadajo v skupino tipičnih puhlic in da njihovi profili niso kontinuirani. Zato je v preteklosti že prišlo do zmotnih kronoloških interpretacij, npr. pri t.i. göttweigškem interstadialu (cfr. Fink 1964; Gross 1964; Kukla 1977).

SKLEP

Vsi jamski in limnični profili v Sloveniji sodijo v skupino diskontinuiranih profilov. Dosedanje kronološke razlage teh profilov s pomočjo diskontinuirane kronologije mlajšega pleistocena, ki jo lahko predstavljajo različne hipotetične klimatske krivulje (cfr. Gross 1964; Welten 1982a, Fig. 17) (sl. 1), so postale neustrezne in premalo točne glede na to, da obstoja vrsta kontinuiranih kronologij iz tega obdobja, ki so zanesljivejše od diskontinuiranih. Dokaz za to je dobro ujemanje različnih kontinuiranih kronologij med seboj in težave s korelacijami med različnimi diskontinuiranimi kronologijami ter med diskontinuiranimi in kontinuiranimi kronologijami. Ker bi bilo nesmiselno klasično alpsko diskontinuirano kronologijo enostavno zamenjati z novo kontinuirano kronologijo, predlagava, da najprej zgradimo svojo diskontinuirano kronologijo, ki naj bo v osnovi čim bolj neodvisna od drugih (kontinuiranih in diskontinuiranih). Primerjave z njimi bodo vedno mogoče, vendar brez poprejšnjega istovetenja posameznih kronoloških faz. Da bomo sploh lahko začeli delo, potrebujemo lastno radiometrično skalo. Brez nje več ne gre. Precejšnja sredstva bomo morali vlagati v radiometrične datacije starih in novih najdišč, saj smo prav tu najbolj šibki (Turk 1989). Smotno in koristno bi tudi bilo, če bi dobili vsaj en vsestransko obdelan kontinuiran profil za obdobje mlajšega pleistocena v Sloveniji. Jamska najdišča ne pridejo v poštev zaradi izrazito diskontinuirane sedimentacije. Za tako dolga obdobja, kot je bil würm, bi morali imeti v jamah v normalnih razmerah vsaj 100 m sedimentov, vendar jih je v večini primerov manj kot 10 m. Verjetno so za ta namen najbolj primerne debele usedline Ljubljanskega barja, kjer so bile že narejene prve kronološko usmerjene raziskave (Šercelj 1963, 1965, 1966, 1967).

- ACCORSI, C. A., M. J. AITKEN, M. CREMASCHI, M. FERRARIS, C. McELROY, D. QUESTIAUX in B. Van VLIET LANOE 1990, The loess deposits of the Rivoli moraine system. - V: *The loess in Northern and Central Italy: a loess basin between the Alps and the Mediterranean region*, 21-39, Milano.
- AHARON, P. 1983, 140.000-Yr isotope climatic record from raised coral reefs in New Guinea. - *Nature* 304, 720-723.
- AHARON, P. in J. CHAPPELL 1986, Oxygen isotopes, sea level changes and the temperature history of a coral reef environment in New Guinea over the last 10⁵ years. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 56, 337-379.
- ALLSWORTH-JONES P. 1986, *The Szeletian and the transition from Middle to Upper Palaeolithic in Central Europe*. - Oxford.
- BARD, E., B. HAMELIN, R. G. FAIRBANKS in A. ZINDLER 1990a, Calibration of the ¹⁴C timescale over the past 30.000 years using mass spectrometric U-Th ages from Barbados. - *Nature* 345, 405-410.
- BARD, E., B. HAMELIN in R. G. FAIRBANKS 1990b, U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130.000 years. - *Nature* 346, 456-458.
- BARDINTZEFF, J. - M. et R. BROUSSE 1987, Tephrochronologie. - V: *Géologie de la préhistoire: Méthodes, techniques, applications*, 973-990, Paris.
- BARONI, C., M. CREMASCHI in N. FEDOROFF 1990, The loess at the Alpine fringe: the Castendolo hill. - V: *The loess in the Northern and Central Italy: a loess basin between the Alps and Mediterranean region*, 61-72, Milano.
- BEAULIEU, J.-L. de in M. REILLE 1984, A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets near Lyon, France. - *Boreas* 13, 111-132.
- BEAULIEU, J.-L. de in M. REILLE 1984, The pollen sequence of les Echets (France): a new element for the chronology of the Upper Pleistocene. - *Géographie Physique et Quaternaire* 38, 3-9.
- BEAULIEU, J.-L. de in M. REILLE 1989, The transition from temperate phases to stadials in the long Upper Pleistocene sequence from Les Echets (France). - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 72, 147-159.
- BERGER, A. L. 1976, Obliquity and precession for the last 5,000,000 years. - *Astron. Astrophys.* 5, 127-135.
- BILLARD, A., V. BUCHA, J. HORACEK in G. OROM-BELLI 1983, Preliminary paleomagnetic investigations on pleistocene sequences in Lombardy, Northern Italy. - *Riv. Ital. di Paleont. e Strat.* 88, 295-318.
- BLANC-VERNET, L. 1988, Distribution des foraminifères dans une corotte de Mer Adriatique: interprétation paléoclimatique et paléohydrologique. - *Géologie Méditerranéenne* 15, 183-198.
- BLANC-VERNET, L. in F. SGARRELLA 1989, Assemblages de foraminifères planctoniques en Mer Tyrrhénienne et en Mer Adriatique pendant les derniers 130.000 ans. Implications paléoclimatiques. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 76, 107-124.
- BLOOM, A. L., W. S. BROECKER J. M. A. CHAPPELL, R. K. MATTHEWS in K. J. MESOLELLA 1974, Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast: new ²³⁰Th/²³⁴U dates from the Huon Peninsula, New Guinea. - *Quat. Res.* 4, 185-205.
- BOLIKHOVSKAYA, N. S. 1987, Paleogeography and stratigraphy of Valdai (Würm) loesses of the south-western part of the East-European Plain by palynological data. - *Ann. Univ. Mar. Curie-Sklod., sectio B*, 41 (1986) 111-124.
- BOUVIER, J. - M. 1987, Approche astronomique. - V: *Géologie de la préhistoire: Méthodes, techniques, applications*, 1145-1157, Paris.
- BRANCACCIO, L., G. CAPALDI, A. CINQUE, R. PECE in I. SGROSSO 1978, ²³⁰Th - ²³⁸U dating of corals from a Tyrrhenian beach in Sorrentine Peninsula (Southern Italy). - *Quaternaria* 20, 175-83.
- BRODAR, M. 1959, Mokriška jama, nova visokoalpska aurigna postaja v Jugoslaviji. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 5, 417-469.
- BRODAR, M. 1971, Olschewien, die Anfangsstufen des Jungpaläolithikums in Mitteleuropa. - V: *Actes du 8^e Congrès International des sciences préhistoriques et protohistoriques* (Beograd) 1, 43-52.
- BRODAR, S. 1967, Razčlenitev pleistocena. - *Arh. vest.* 18, 227-233.
- BROECKER, W. S. in G. H. DENTON 1990, What drives glacial cycles? - *Scientific American*, January, 43-50.
- BROECKER, W. S. in J. Van DONK 1970, Insolation changes, ice volumes, and the O¹⁸ record in deep-sea cores. - *Reviews of Geophysics and Space Physics* 8, 169-198.
- BRUNNACKER, K. 1975, The Mid-Pleistocene of the Rhine Basin. - V: *After the Australopithecines - stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*, 198-224, Paris.
- BRUNNACKER, K. 1975a, Die Sedimente der Crvena stijena - V: *Crvena stijena. Zbornik radova*, 171-203, Nikšić.
- BUTZER, K. W. 1975, Pleistocene littoral-sedimentary cycles of the Mediterranean basin: A Mallorquin view. - V: *After the Australopithecines - stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*, 23-71, Paris.
- BUTZER, K. W. 1981, Cave sediments, Upper Pleistocene stratigraphy and Mousterian facies in Cantabrian Spain. - *Jour. Arch. Sc.* 8, 133-183.
- CHALINE, J. in H. JERZ 1984, Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie. Stratotypen des Würm-Glazials. (Bericht der SEQS 6). - *Eiszeit- alter und Gegenwart* 35, 185-192.
- CHAPPELL, J. 1973, Astronomical theory of climatic change: status and problem. - *Quat. Res.* 3, 221-236.
- CHAPPELL, J. in N. J. SHACKLETON 1986, Oxygen isotopes and sea level. - *Nature* 324, 137-140.
- CHIESA, S., M. COLTORTI, M. CREMASCHI, M. FERRARIS, B. FLORIS in L. PROSPERI 1990, Loess sedimentation and quaternary deposits in the Marche province. - V: *The loess in the Northern and Central Italy: a loess basin between the Alps and Mediterranean region*, 103-130, Milano.
- COOKE, H. B. S. 1984, Recognising different quaternary chronologies: a multidisciplinary problem. - V: *Correlation of quaternary chronologies*, 1-14, Toronto.
- CREMASCHI, M. 1990, Stratigraphy and palaeoenvironmental significance of the loess deposits on Susak Island (Dalmatian archipelago). - *Quaternary International* 5, 97-106.
- CREMASCHI, M., N. FEDOROFF, A. GUERRESCHI, J. HUXTABLE, N. COLOMBI, L. CASTELLETTI in A. MASPERO 1990, Sedimentary and pedological processes in the Upper Pleistocene loess of Northern Italy. The Bagaggera sequence. - *Quaternary International* 5, 23-38.
- DANSGAARD, W., S. J. JOHNSEN, H. B. CLAUSEN in C. C. LANGWAY Jr. 1971, Climatic record revealed by the Camp Century ice core. - V: *The Late Cenozoic glacial ages*, 37-56, New Haven and London.
- DANSGAARD, W., H. B. CLAUSEN, N. GUNDESTROP, C. V. HAMMER, S. F. JOHNSEN, P. M. KRISTINDOTIR in N. REEH 1982, A new Greenland deep ice core. - *Science* 218, 1273-1277.
- DENTON, G. H. in T. J. HUGHES 1982, Milankovitch theory of Ice Ages: hypothesis of ice-sheet linkage between regional insolation and global climate. - *Quat. Res.* 20, 125-144.
- DENTON, G. H. in T. J. HUGHES 1986, Global ice-sheet system interlocked by sea level. - *Quat. Res.* 26, 3-26.
- EMILIANI, C. 1955, Pleistocene temperatures. - *Journal of Geology* 63, 538-578.
- EVIN, J. 1990, Validity of the radiocarbon dates beyond 35.000 years B.P. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 80, 71-78.
- FAIRBANKS, R. G. in R. G. MATTHEWS 1978, The marine oxygen isotope record in Pleistocene coral, Barbados, West Indies. - *Quat. Res.* 10, 181-196.
- FAIRBRIDGE, R. W. 1972, Climatology of a glacial cycle. - *Quat. Res.* 2, 238-302.
- FILLON, R. H. in D. F. WILLIAMS 1983, Glacial evolution of the Plio-Pleistocene: role of continental and Arctic Ocean ice sheets. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 42, 7-33.
- FINK, J. 1962, Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Österreich. II. Wetzleinsdorf und

- Stillfried. - *Arch. Aust.* 31, 1-18.
- FINK, J. 1964, Die Gliederung der Würmeiszeit in Österreich. V: *Report of the 6th International Congress on Quaternary Warsaw 1961*, 4: *Symposium on loess*, 451-462, Lodz.
- FINK, J. in G. J. KUKLA 1977, Pleistocene climates in Central Europe: At least 17 interglacials after the Olduvai event. - *Quat. Res.* 7, 363-371.
- FLIRI, F. 1973, Beiträge zur Geschichte der alpinen Würmeiszeit: Forschungen am Bänderton von Baumkirchen (Inntal, Nordtirol). - *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F., Suppl.* 16, 1-14.
- FLORSCHÜTZ, F., J. MENÉNDEZ AMOR in T. A. WIJMSTRA 1971, Palynology of a thick Quaternary succession in southern Spain. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 10, 233-264.
- Géologie de la préhistoire: Méthodes, techniques, applications:* Sous la direction de J.-C. Miskovsky. - Paris 1987.
- GENTHON, C., J. M. BARNOLA, D. RAYNAUD idr. 1987, Vostok ice core: climatic response to CO₂ and orbital forcing changes over the last climatic cycle. - *Nature* 329, 414-418.
- GROOTES, P. M. 1978, Carbon-14 time scale extended: Comparison of chronologies. Thermal diffusion isotopic enrichment of carbon 14 brings 75,000 years ago within dating range. - *Science* 200, 11-15.
- GROSS, H. 1964, Das Mittelwürm in Mitteleuropa und angrenzenden Gebieten. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 15, 187-198.
- GRÜGER, E. 1979, Spätriss, Riss/Würm und Frühwürm am Samerberg in Oberbayern - ein vegetationsgeschichtlicher Beitrag zur Gliederung des Jungpleistozäns. - *Geologica Bavarica* 80, 5-64.
- GRÜN, R. in K. BRUNNACKER 1983, Absolutes Alter jungpleistozäner Meeres-Terrassen und deren Korrelation mit der terrestrischen Entwicklung. - *Zeitschrift für Geomorphologie, N.F.*, 27, 257-264.
- GUIOT, J. 1990, Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 80, 49-69.
- HAMMEN, T. van der 1971, The Denekamp, Hengelo and Moershoofd interstadials. - V: *Mededelingen Rijks Geologische Dienst, N.S.* 22, 81-85.
- HAMMEN, T., van der in T. A. WIJMSTRA (Editors) 1971, The Upper Quaternary of the Dinkel valley (Twente, Eastern Overijssel, The Netherlands). - *Mededelingen Rijks Geologische Dienst, N.S.* 22, 55-213.
- HERMAN, Y. 1981, Paleoclimatic and paleohydrologic record of Mediterranean deep-sea cores based on pteropods planktonic and benthonic foraminifera. - *Rivista Española di Micropaleontologia* 13, 171-200.
- HILLAIRE-MARCEL, C. in C. CAUSSE 1989, The Late Pleistocene Laurentide glacier: Th/U dating of its major fluctuations and ¹⁸O range of the ice. - *Quat. Res.* 32, 125-138.
- HÜTT, G., J. M. PUNNING in A. RAUKAS 1984, Application of the TL method to elaborate the geochronological scale of the Late Pleistocene for the East European Plain. - V: *Correlation of the quaternary chronologies*, 47-55, Toronto.
- IMBRIE, J. in N. G. KIPP 1971, A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: application to a late Pleistocene Caribbean Core. - V: *The Late Cenozoic glacial ages* 71-181, New Haven and London.
- IVANOVA, I. K. 1972, Angaben über die Stratigraphie des Würm. V: Ivanova, I. K., Das geologische Alter des fossilen Menschen. Zum 7. INQUA-Kongress (USA, 1985), *Archaeologica Venatoria* 1, 92-96, Stuttgart etc.
- JOUZEL, J., C. LORIS, J. R. PETIT, C. GENTHON, N. I. BARKOV, V. M. KOTLYAKOV in V. M. PETROV 1987, Vostok ice core: a continuous isotope temperature record over the last climatic cycle (160,000 years). - *Nature* 329, 403-408.
- JOUZEL, J., G. RAISBECK, J. P. BENOIST, F. YIOU, C. LORIS, D. RAYNAUD, J. R. PETIT, N. I. BARKOV, Y. S. KOROTKEVICH in V. M. KOTLYAKOV 1989, A comparison of deep Antarctic ice cores and their implications for climate between 65,000 and 15,000 years ago. - *Quat. Res.* 31, 135-150.
- KERR, R. A. 1983 a, Orbital variation - Ice Age link strengthened. - *Science* 219, 272-274.
- KERR, R. A. 1983 b, An early glacial Two-step? - *Science* 221, 143-144.
- KERR, R. A. 1986, Mapping orbital effects on climate. - *Science* 234, 283-284.
- KERR, R. A. 1987, Milankovitch climate cycles through the ages. - *Science* 235, 973-974.
- KLÍMA, B., J. KUKLA, V. LOŽEK in H. de VRIES 1962, Stratigraphie des Pleistozäns und Alter des paläolithischen Restplatzes in der Ziegelei von Dolní Vestonice (Unter-Wi-sternitz). - *Anthropozoikum* 11, 1961, 93-146.
- KU, T. L. 1976, The uranium-series methods of age determination. - *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 4, 347-379.
- KU, T. L., M. IVANOVICH in S. LUO 1990, U-series dating of Last Interglacial high sea stands: Barbados revisited. - *Quat. Res.* 33, 129-147.
- KUKLA, J. 1970, Correlation between loesses and deep-sea sediments. - *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar* 92, 148-180.
- KUKLA, G. J. 1977, Pleistocene land-sea correlation I. Europe. - *Earth-Science Reviews* 13, 307-374.
- KUKLA, G. in M. BRISKIN 1983, The age of the 4/5 isotopic stage boundary on land and in the oceans. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 42, 35-45.
- KUKLA, G., F. HELLER, X. M. LIU, T. S. LIU in Z. S. IAN 1988, Pleistocene climates in China dated by magnetic susceptibility. - *Geology* 16, 811-814.
- KUKLA, G. J. in A. KOČI 1972, End of the last interglacial in the loess record. - *Quat. Res.* 2, 374-383.
- LABEYRIE, J. 1984, Le cadre paléoclimatique depuis 140,000 ans. - *L'Anthropologie* 88, 19-48.
- LAVILLE, H., J.-P. RIGAUD in J. R. SACKETT 1980, *Rock Shelters of the Périgord*. - New York.
- LORIS, C., J. JOUZEL, C. RITZ, L. MERLIVAT, N. I. BARKOV, Y. S. KOROTKEVICH in V. M. KOTLYAKOV 1985, A 150,000-year climatic record from Antarctic ice. - *Nature* 316, 591-596.
- MANIA, D. in V. TOEPFER 1973, *Königsau. Gliederung, Ökologie und mittelpaläolithische Funde der letzten Eiszeit*. - Veröff. d. Landesmus. f. Vorgesch. in Halle 26, Berlin.
- MARTINSON, D. G., N. G. PISIAS, J. D. HAYS, J. IMBRIE, T. C. JR MOORE in N. J. SHACKLETON 1987, Age dating and the orbital theory of the Ice Ages: development of a high-resolution 0 to 300,000 year chronostratigraphy. - *Quat. Res.* 27, 1-29.
- MARUSZCZAK, H. 1980, Stratigraphy and chronology of the Vistulian loesses in Poland. - V: *Quaternary studies in Poland, Part 2* (1979), 57-76, Poznan.
- MARUSZCZAK, H. 1987, Loesses in Poland, their stratigraphy and paleogeographical interpretation. - *Ann. Univ. Mar. Curie-Skłod., Sectio B, Vol.* 51, 15-54.
- MELLARS, P. A. 1989, Chronologie du moustérien du Sud-Ouest de la France: actualization du débat. - *L'Anthropologie* 93, 53-72.
- MILANKOVITCH, M. 1941, *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. - éditions spéciales 133, Beograd.
- MONTAGGIONI, L. F. in G. T. HOANG 1988, The last interglacial high sea level in the granitic Seychelles Indian Ocean. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 64, 79-91.
- MÖRNER, N.-A. 1972, When will the present interglacial end? - *Quat. Res.* 2, 341-349.
- MÖRNER, N.-A. 1981, Weichselian chronostratigraphy and correlations. - *Boreas* 10, 463-470.
- NELSON, C. S., C. H. HENDY, G. R. JARRETT in A. M. CUTHBERTSON 1985, Near-synchronicity of New Zealand alpine glaciations and Northern Hemisphere continental glaciations during the past 750 kyr. - *Nature* 318, 361-363.
- NELSON, D. E. 1991, A new method for carbon isotopic analysis of protein. - *Science* 251, 552-554.

- OROMBELLI, G. 1970, I depositi loessici di Copreno (Milano). - *Bollettino della Società Geologica Italiana* 89, 529-546.
- OSOLE, F. 1967, Zakajeni spodmol, jamska paleolitska postaja. - *Arh. vest.* 18, 25-42.
- PATERNE, M., F. GUICHARD in J. LABEYRIE itd. 1988, Explosive activity of the south Italian volcanoes during the past 80.000 years as determined by marine tephrochronology. - *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 34, 153-172.
- PETIT, J. R., L. MOUNIER, J. JOUZEL, Y. S. KOROTKEVICH, V. I. KOTLYAKOV in C. LORUS 1990, Palaeoclimatological and chronological implications of the Vostok core dust record. - *Nature* 343, 56-58.
- PONS, A. in M. REILLE 1988, The Holocene- and Upper Pleistocene pollen record from Padul (Granada, Spain): a new study. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 66, 243-263.
- RAM, M. in R. I. GAYLEY 1991, Long-range transport of volcanic ash to the Greenland ice sheet. - *Nature* 349, 401-404.
- REILLE, M. in J. L. de BEAULIEU 1990, Pollenanalysis of a long Upper Pleistocene continental sequence in a Velay maar (Massif Central, France). - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 80, 35-48.
- ROGNON, P. 1987, Reconstitution des paléoclimats continentaux. - V: *Géologie de la préhistoire: Méthodes, techniques, applications*, 1179-1205, Paris.
- ROSSIGNOL-STRIK, M. in N. PLANCHAIS 1989, Climate patterns revealed by pollen and oxygen isotope records of a Tyrrhenian sea core. - *Nature* 342, 413-416.
- ROUSSEAU, D.-D. 1990, Methods and concepts in European Quaternary stratigraphy - Introduction to methods for the study of stratigraphical records. - *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 80, 1-6.
- SANCETTA, C., J. IMBRIE, N. G. KIPP, A. MCINTYRE in W. F. RUDDIMAN itd. 1972, Climatic record in North Atlantic deep-sea core V 23-82: Comparison of the last and present interglacials based on quantitative time series. - *Quat. Res.* 2, 363-367.
- SERET, G., E. DRICOT in G. WANSARD 1990, Evidence for an early glacial maximum in the French Vosges during the last glacial cycle. - *Nature* 346, 453-456.
- SHACKLETON, N. J. 1967, Oxygen isotopes and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28-239 late Pleistocene to latest Pleistocene. - *Geol. Soc. Am. Mem.* 145, 449.
- SHACKLETON, N. J. 1975, The stratigraphic record of deep-sea cores and its implications for the assessment of glacial, interglacial, stadial and interstadial in the Mid-Pleistocene. - V: *After the Australopithecines - stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*, 1-22, Paris.
- SHACKLETON, N. J. in R. K. MATTHEWS 1977, Oxygen isotope stratigraphy of late Pleistocene coral terraces in Barbados. - *Nature* 268, 618-619.
- SHACKLETON, N. J. in N. D. OPDYKE 1973, Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V 28-238: Oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 year and 10^6 year scale. - *Quat. Res.* 3, 39-55.
- SMALLEY, I. J. in B. GRABOWSKA-OLSZEWSKA 1984, Loess stratigraphy and quaternary chronology: examples from China, Poland, New Zealand and England. - V: *Correlation of quaternary chronologies*, 339-357, Toronto.
- SMALLEY, I. J. in J. A. LEACH itd. 1978, The origin and distribution of the loess in the Danube basin and associated regions of East-Central Europe - A review. - *Sedimentary Geology* 21, 1-26.
- SMITH, J. D. in J. H. FOSTER 1969, Geomagnetic reversal in Brunhes normal polarity epoch. - *Science* 163, 565-567.
- SOERGEL, W., 1919, *Löss, Eiszeiten und Paläolithische Kulturen. Eine Gliederung und Altersbestimmung der Löss*. - Jena.
- SUGGATE, R. P. 1974, When did the last interglacial end? - *Quat. Res.* 4, 246-252.
- ŠELKOPLJAS, V. N., G. V. MOROLOV in O. B. LYSENKO 1986, Geohronologija pleistocenovih otloženij. - V: *Antropogenovje otloženija Ukraini*, 18-44, Kiev.
- ŠERCELJ, A. 1963, Razvoj würmske in holocenske gozdne vegetacije v Sloveniji. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 7, 361-418.
- ŠERCELJ, A. 1965, Paleobotanične raziskave in zgodovina Ljubljanskega barja. - *Geologija* 8, 5-27.
- ŠERCELJ, A. 1966, Pelodne analize pleistocenskih in holocenskih sedimentov Ljubljanskega barja. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 9, 429-472.
- ŠERCELJ, A. 1967, Razvoj tal južnega dela Ljubljane v luči pelodnih raziskav. - *Razpr. 4. razr. SAZU* 10/7, 277-302.
- TAYLOR, R. E. 1987, Radiocarbon dating. - *An archaeological perspective*. - Orlando etc.
- TERASMAE, J. 1984, Principles and practice of palynostratigraphic correlations. - V: *Correlations of quaternary chronologies*, 39-45, Toronto.
- TURK, I. 1989, Radiometrične datacije nekoč in danes. - *Por. razisk. pal., neol. eneol. Slov.* 17, 53-60.
- TURNER, Ch. 1975, The correlation and duration of Middle Pleistocene interglacial periods in Northwest Europe. V: *After the Australopithecines - stratigraphy, ecology and culture change in the Middle Pleistocene*, 259-308, Paris.
- TURON, J. - L. 1984, Direct land/sea correlations in the last interglacial complex. - *Nature* 309, 673-676.
- VALOCH, K. 1976, *Die alsteinzeitliche Fundstelle in Brno-Bohunice*, St. Arch. út. ČSAV 4:1. - Praha.
- VALOCH, K. 1989, Osidleni a klimatické zmeny v posledni dobe ledové na Morave. Settlement and climatic changes in the last ice age in Moravia. - *Čas. Morav. muz., Vedy spol.* 74, 7-34.
- VANDENBERGHE, J. 1984, Climatic evolution during the Weichselian Pleniglacial in the Netherlands and Northern Belgium. Arbeitsergebnisse der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 34, 196-197.
- VELICHKO, A. A., T. D. DOROZOVA in V. P. UDAR-TSEV, 1987, Stratigraphy of loesses and fossil soils within the Russian Plain and their correlation with the rhythms of oceanic bottom deposits. - *Ann. Univ. Mar. Curie-Sklod., sectio B*, 41 (1986), 87-109.
- VERGNAUD-GRAZZINI, C. 1987, Enregistrement isotopique des sédiments marins profonds. Corrélations avec les climats du continent européen. - V: *Géologie de la préhistoire: Méthodes, techniques, applications*, 1159-1178, Paris.
- WELTEN, M. itd. 1981, Verdrängung und Vernichtung der anspruchsvollen Gehölze am Beginn der letzten Eiszeit und die Korrelation der Frühwürm-Interstadiale in Mittel- und Nordeuropa. - *Eiszeitalter und Gegenwart* 31, 187-202.
- WELTEN, M. 1982a, Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngerer Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz, Textband u. Diagrammheft. - *Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, N.F.* 156. Lieferung, Bern.
- WELTEN, M. 1982b, Stand der polynologischen Quartärforschung am schweizerischen Nordalpenrand (Überblick, Methodisches, Probleme). - *Geographica Helvetica* 2, 75-83.
- WIJMSTRA, T. A. 1969, Palynology of the first 30 metres of a 120 m deep section in northern Greece. - *Acta Botanica Neerlandica* 18, 511-527.
- WOILLARD, G. M. 1978, Grand Pile peat bog: A continuous pollen record for the last 140.000 years. - *Quat. Res.* 9, 1-21.
- WOILLARD, G. 1979, Abrupt end of the last interglacial s.s. in the north-east France. - *Nature* 281, 558-562.
- WOILLARD, G. M. in W. G. MOOK 1982, Carbon-14 dates at Grande Pile: Correlation of land and sea chronologies. - *Science* 215, 159-161.
- ZAGWIJN, W. H. 1974, Vegetation, climate and radiocarbon dating in the Late Pleistocene of the Netherlands, Part 2: Middle Weichselian. - *Mededelingen Rijks Geologische Dienst, N. S.* 25 (3), 101-111.

¹ Starejši in srednji würm sva izbrala tudi zato, ker imamo v Sloveniji največ jamskih paleolitskih najdišč z izdatnimi sedimenti prav iz tega obdobja. Kronostratigrafsko najbolj obetavno najdišče so Dibe babe I, kjer so se že pri prvih objavah pojavile kronološko-terminološke dileme, povezane z dosedanjim členitvijo zadnjega interglacialnega/glacialnega ciklusa v Sloveniji. Zato je razprava hkrati uvod v bodoče kronološke in kronostratigrafske razlage tega in morebitnih drugih najdišč.

² Oznako »absoluten« uporabljamo kot tehnični izraz, medtem ko je vsebinsko neustrezna. Zato jo nekateri že opuščajo in nadomeščajo z bolj primernimi termini, kot npr. radiometrična kronologija (cfr. Turk 1990). Radiometričnim letnicam dosledno dodajamo tl p.s., kar pomeni toliko 1000 let (*ka* ali *kyr*) pred sedanjostjo (*before present*).

³ Absolutna razmejitev začetka in konca zadnjega glaciala je bolj stvar dogovora kot nekih kronološko točno določenih geološko-astronomskih dogodkov (cfr. Fairbridge 1972). Začetek (anaglacial) in konec (kataglacial) glaciala oz. glaciacija in deglaciacija sta namreč procesa, ki sta lahko trajala dalj časa, ali pa ne (cfr. Woillard 1979). Tudi če bi hoteli, jih kronografsko ne bi mogli točno precizirati, ker radiometrične metode datiranja niso še dovolj natančne.

⁴ Obstaja možnost za vsaj dve najvišji stanji morja v zadnjem interglacialu, od katerih bi bilo prvo že okoli 135 tl p.s. (Montaggioni, Hoang 1988).

⁵ Pod tefrakronologijo razumemo različne metode ugotavlja-

nja starosti vulkanskih kamnin in pepela. Vulkanski pepel lahko teoretično in praktično dobimo tudi v nekdanjih jugoslovanskih paleolitskih postajah. Znan je primer iz Crvene stije (Brunnacker 1975a). Tefra je lahko odličen relatičen in absoluten kronološki pokazatelj (Bardintzeff, Brousse 1987).

⁶ Nekateri datacije morskih teras, ki beležijo najvišje stanje svetovnih morij v zadnjem interglacialu, govorijo za ok. 20.000 let dolgo obdobje najvišjega stanja morij, in sicer med približno 140 in 120 tl p.s. (Montaggioni, Hoang 1988). Večina datacij, vključno z najnovejšimi, pa ga postavlja med 130 in 120 tl p.s., kar se ujema z varno kronologijo (Bard *et al.* 1990b).

⁷ Würm kot kronološko oznako pišemo z malo, Würm kot najdišče (stratotip) pa samo z veliko začetnico.

⁸ Ker za področje alpske poledenitve ni ustreznih radiometričnih datacij, začasno uporabljamo globalno kronološko lestvico. Če bi lahko upoštevali regionalne posebnosti, bi predlagani časovni mejniki lahko odstopali za nekaj tisoč let, zaradi počasnejše glaciacije in hitreje deglaciacije Alp v primerjavi s polarnim ledom.

⁹ Po nekaterih alternativnih razlagah je to predwürm (Praewürm). Pravi würm (WI-III v smislu alpske kronologije) bi se začel šele z izotopsko stopnjo 4, t.j. z ohladitvijo ok. 70 tl p.s. (Beaulieu, Reille, 1984).

¹⁰ Nekateri podatki iz Vosgesov (Seret *et al.* 1990) in Alp, tudi Juljskih (Welten 1982a; Šifer ustno), govorijo za še večjo poledenitev v srednjem oz. starejšem würmu.

A Prolegomenon to update the chronology of the Upper Pleistocene in Slovenia

Early and Middle Würm

Summary

The latest outline of the Pleistocene chronology to be proposed as a basis for the classification of the Palaeolithic sites located in Slovenia has now for some time been the one written by S. Brodar (1967). Basically, his outline focuses on the classic discontinuous alpine chronology including the tripartite, i.e. "perfect", division of the Würm. Nearly all of the Palaeolithic sites of Slovenia still remain classified according to this outline.

This chronology has been rejected by the authors of this article in favour of the superior continuous chronologies such as have now been known for some time for the Upper Pleistocene period throughout Europe and the rest of the world. A concise presentation of such chronologies is given here, especially for deep-sea sediments and ice cores, as well as for pollen and loess sections. Eventually, a new chronological time table is proposed (fig. 11), in which the classic alpine terminology has been replaced with a new one, and

with the currently accepted radiometric scale added to the time table. For the time being, this is all that can be done regarding the Palaeolithic period in Slovenia because the new continuous chronology simply defies any detailed comparison with the old discontinuous one. This situation calls for a complete chronological revision of all Palaeolithic sites of Slovenia. The primary objective of such a revision is going to be to carry out radiometric dating of all Palaeolithic sites in Slovenia, old and new, and only then, based upon the information from these sites, to come up with a new regional discontinuous chronology conceptually independent of the proposed general continuous chronological scale. A first decisive step has already been undertaken by M. Brodar, who suggested that the "Potočka zijalka interstadial" be accepted as an independent chronostratigraphical unit (Brodar 1971). The situation in Slovenia also allows for a regional continuous chronology of the Upper Pleistocene in the thick sediments of the Ljubljana Marshes (Šercelj 1963, 1965, 1966, 1967).

Ivan Turk
Inštitut za arheologijo
Znanstvenoraziskovalnega centra SAZU
Gosposka 13
SI-61000 Ljubljana

Mag. Tomaž Verbič
Katedra za geologijo in paleontologijo FNT
Aškerčeva 12
SI-61000 Ljubljana