

Klima v holocénu a možnosti jeho poznání

Klima je nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím charakter a změny přírodního prostředí; poznání jeho průběhu v minulosti hraje proto důležitou roli při rekonstrukci vývoje lidské společnosti. Studiu minulého klimatu se věnuje mnoho vědních oborů, avšak jejich výsledky jsou přes obrovské vynaložené úsilí stále spíše neuspokojivé. Hlavními příčinami tohoto stavu jsou složitost klimatického systému jako takového, krátká historie přímých měření počasí, nejednoznačný výklad a časový dosah psaných pramenů, regionalita klimatu, různá a často protichůdně vypovídající schopnost tzv. proxy dat (tj. údajů, které nějakým způsobem nepřímou odraží minulé teploty a srážky) a potíže s jejich přesnějším datováním.

■ Dagmar DRESLEROVÁ

Archeologický ústav
AV ČR, Praha, v. v. i.

Poznání a pochopení možných následků minulých klimatických změn na utváření a změny lidské kultury je z hlediska archeologa poměrně důležité. Klima určuje způsob, který zvolí obyvatelé určitého regionu jako optimální strategii jeho využití k produkci potravy. Určuje, proč (a kdy) v některých částech světa došlo k zavedení zemědělství a v jiných nikoliv, určuje základní formy konkrétního loveckého, sběračského nebo pasteveckého systému. Při změnách klimatu může (ale také nemusí) docházet ke změně těchto systémů, násilným událostem nebo k migracím obyvatelstva.

Úloha klimatu v historii lidstva je rovným dílem podceňována i přeceňována, ale nelze ji obejít, jen je potřeba nazírat tento problém správnou optikou. Většina definic charakterizuje klima jako dlouhodobý souhrn stavu počasí v určité oblasti, závislý především na zeměpisné šířce, nadmořské výšce, poloze vůči oceánům, tvarech povrchu a vegetaci. Klima je

poměrně stálý jev, který je nad určitou oblastí neměnný po staletí až tisíciletí. Termín klimatická změna označuje změny probíhající v zemském nebo regionálním měřítku a odehrávající se v intervalu, který se podle různých názorů liší od desítek až po tisíce let.

To, co je ve většině publikací prezentováno jako následek klimatické změny, byť i krátkodobé, bývá většinou způsobeno výkyvem počasí. K takovým jevům patří např. velký hlad z let 1315–1319, potravinová nouze z let 1741 a 1816 nebo neúrody způsobené studeným létem po vulkanické erupci. Ve skutečnosti bývají takové tyto krize souhrou mnoha společenských a politických faktorů a počasí působí obvykle jen jako spouštěcí mechanismus nahromaděných problémů. Mnoho názorů na úlohu klimatu v lidských dějinách, které se objevují dnes zejména s tolik diskutovaným globálním oteplováním, vychází z nepochopení rozdílu mezi těmito dvěma jevy.

Dva pohledy na význam klimatu

Zjednodušeně řečeno, mezi archeology postupně vykrystalizovaly dva tábory, které tvoří na jedné straně tzv. klimatičtí deterministé, na straně druhé pak jejich odpůrci, kteří rozhodující roli klimatických změn na lidskou společnost odmítají. V české archeologii představují oba názorové proudy ve vyhraněné podobě práce J. Bouzka a E. Neustupného. J. Bouzek (2005, 493, s další literaturou) se domnívá, že proměny klimatu se na pravěkém zemědělství a využívání krajiny odrazily zásadním způsobem a ovlivnily vývoj pravěkých kultur. Reakcí na klimatické fluktuace mohl být někdy i zánik jedné archeologické kultury a její nahrazení jinou. Příkladem takové situace může být změna využívání surovinové základny v oblasti Leire, Dánsko, kde je přechod lovecko-sběračské kultury Maglemose na kulturu Kongemose/Ertebølle, specializující se na pobřežní rybářství a lov, přímo korelovatelný s růstem mořské hladiny a změnami kontinentálního klimatu na oceánické. Také

následný přechod kultury Kongemose/Ertebølle na pastevectví neolitu a doby bronzové lze přímo korelovat s regresí moře a slábnoucím rybářským potenciálem; další přechod na kulturu doby železné, kde získává na důležitosti kultivace plodin, však již se změnou přírodních faktorů přímo korelovat nelze (Schröder et al. 2004).

E. Neustupný odmítá, že by se v posledních desetitisíci letech lidé nějak přizpůsobovali přírodě; když se přeci jenom příroda změní, reagují na to lidé tvůrčí změnou kultury, jejíž pomocí si nový stav přírody adaptují ke svým potřebám (Neustupný 2010, 205–206, s další literaturou). Také tato premisa se dá ilustrovat předcházejícím dánským příkladem; změny přírodních podmínek způsobené lidmi jsou však v tomto pojetí chápány jako nadřazené působení přírodních podmínek na lidi. V obou teoriích dochází za určitých podmínek (tj. při/po klimatické změně) ke kulturní změně. Ta by měla být čitelná v archeologických pramenech. Jednoznačné přiřazení pozorovaných změn archeologických kultur k modelovaným změnám klimatu však není v současnosti možné, mj. proto, že s určitostí nevíme, jakým způsobem se může reakce na klimatické změny v archeologických pramenech odrazet.

Jak výstižně napsala D. Dincause, lidé reagují pouze na ty změny, které jsou schopni vnímat a které ovlivňují podmínky nebo zdroje, které jsou pro ně důležité (Dincause 2000, 66). I když dnes máme určité indicie různé intenzivních klimatických změn, nevíme, jak velkou důležitost právě těmto změnám mohla minulá společnost připisovat. V archeologii i historii je citelný nedostatek teorie a metody, které by pomohly rozlišit náhodnost a souvztáznost. Je třeba specifikovat mechanismus, kterým klimatická změna ovlivňuje specifické aspekty kulturního systému. „Jak rozlišit mezi endogenními příčinami změny uvnitř kulturního systému a exogenními příčinami přicházejícími zvenku, když vazba mezi nimi je tak těsná a komplexní?“ (Dincause 2000, 66).

Nesnadnou uchopitelnost tohoto tématu ilustruje následující příklad. Zhoršení klimatu (většinou se tím rozumí ochlazení a zvlhčení oproti předchozímu stavu) je obvykle chápáno jako příčina posunu osídlení z vyšších nadmořských výšek do níže položených oblastí s příznivějšími zemědělskými podmínkami. Ve středoevropském pravěku k tomu mělo dojít kupříkladu v závěru doby bronzové, v halštatu a ve starším úseku doby laténské. Seltzer a Hasstorf (1990) však ukázali zcela opačnou reakci na stejnou změnu výchozí situace – tedy ochlazení klimatu s následným zhoršením podmínek pro zemědělskou produkci (v tomto případě pěstování kukuřice) v severní oblasti údolí řeky Mantaro v peruánských Andách. Archeologická data skutečně ukázala snížení produkce kukuřice, ale proti všemu očekávání se zemědělská sídliště posunula místo do nižších poloh do vyšších izolovanějších a lépe chráněných (opevnitelných) lokací, a to v reakci na současně probíhající sociální a politické napětí.

Teploty a srážky

Nejsledovanějšími parametry minulého klimatického cyklu jsou teploty a srážky. Mezi nejběžnější metody rekonstruuující průběh teplot patří pylová analýza (změny vegetace), analýza pakomárů (chironomidů) v jezerních sedimentech a analýzy izotopu kyslíku ^{18}O v ledovcích, jeskynních, jezerních nebo mořských sedimentech. Minulé srážky jsou odhadovány především na základě kolísání hladin bezodtokých jezer, růstu pokryvných rašelinišť, zvýšené aktivity řek nebo tzv. růstové homogenity stromů. Kromě dnes již rozsahem s jinými zeměmi srovnatelného množství pylových dat však ostatní zmiňovaná proxy data pro naše území prakticky chybí, a to je pro výzkum minulého klimatu obtížně řešitelný problém. Klimatické údaje jsou totiž jen s obtížemi přenositelné mimo rámec jednotlivých oblastí a regionalita je jednou ze základních vlastností klimatu.

Holocenní klima se v měřítku evropského kontinentu výrazně liší; trendy oteplování a ochlazování mohou být v severní, střední a jižní Evropě rozdílné, až dokonce protiběžné. Davis et al. (2003) rozdělili

výsledky dat získaných analýzou téměř 500 evropských pylových profilů do šesti klimatických sektorů: severozápad, severovýchod, středozápad, středovýchod, jihozápad a jihovýchod Evropy. Arbitrární hranice mezi středozápadem a středovýchodem prochází Čechami na 15. poledníku, tedy na úrovni Jindřichova Hradce (**obr. 1**). I když jde samozřejmě o hranici zcela pomyslnou, je to pro posuzování klimatu u nás pochopitelně velice nepříjemné, zvláště proto, že průběh středozápadních a středovýchodních křivek se sice nijak výrazně, ale přeci jen liší, zvláště na počátku holocénu. Středoholocenní termální maximum je pozorováno v severní Evropě a v mírnější formě ve středovýchodním sektoru. V jižní Evropě bylo toto oteplení ve stejnou dobu kompenzováno ochlazením, zatímco středozápadní Evropa zaujala skutečně střední, takřka nemennou pozici. Změny celoevropských průměrných ročních teplot naznačují téměř lineární nárůst teplot až do 7800 cal BP, následovaný stabilními podmínkami po zbytek holocénu. Časně holocenní oteplení a pozdější rovnováha byla převážně způsobena stoupajícími zimními teplotami v západní části Evropy; tento jev v progresivně klesající míře trvá až dodnes (Davis et al. 2003).

Výpověď lokalit v Českém krasu

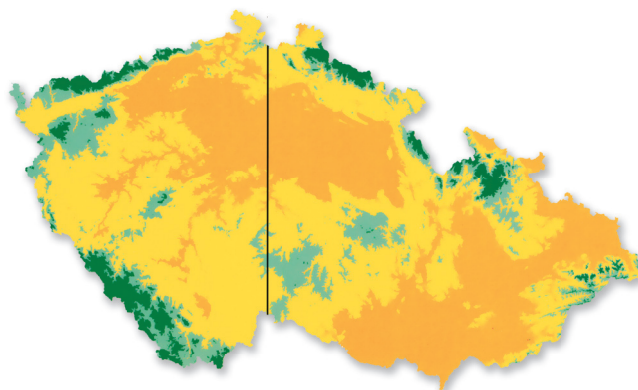
Jedněmi z mála klimatických proxy z našeho území jsou údaje zjištěné výzkumem akumulací pěnoveců (porézních sladkovodních vápenců), které se u nás nacházejí asi na 70 lokalitách Českého krasu; nejvýznamnější z nich je naleziště ve Svätém Janu pod Skalou. Klimatické změny byly zaznamenány v litologii, malakofauně a oscilacích stabilních izotopů uhlíku a kyslíku v karbonátech. Formování pěnoveců zde začalo asi kolem 9500 cal BP a pokračovalo asi do 6500 cal BP, proces tvorby pěnoveců byl ukončen přibližně kolem 2500 cal BP. Nejstabilnější klimatické podmínky (tzv. klimatické optimum) panovaly mezi 8400 a 6700 cal BP, kdy také došlo k nejmasivnějšímu růstu pěnoveců. Kolem 7500 cal BP měla teplota dosáhnout maxima, průměrné roční srážky byly vyšší a převládalo oceánické klima s menšími rozdíly mezi zimními a letními

teplotami. Kolem 6500 cal BP začala nová epocha, charakterizovaná několika krátkými prudkými oscilacemi suchých a vlhkých period, v některých profilech jich může být identifikováno kolem pěti. Jejich délka není zatím přesněji známa, trvání celé epochy těchto oscilací je odhadováno asi na 4000 let (Žák et al. 2002).

Pro vlhké podmínky během tzv. atlantického období má svědčit i přítomnost pěnítců (sypké sintro), které se tvoří v krasových jeskyních a převisích. V. Ložek (2007, 61) na základě jejich tvorby soudí, že v 7. tisíciletí BC byla nejvlhčí fází celého poledového období, se vzrůstem srážek o 80–100 % oproti dnešnímu průměru na daných lokalitách v pahorkatinách.

Brysonův archeoklimatický model

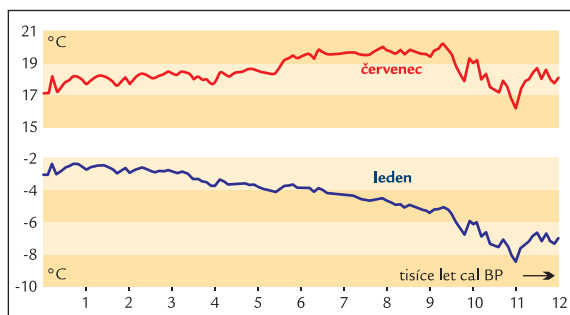
Alternativní pohled ukazuje archeoklimatický model (MCM) amerického klimatologa R. A. Brysona (Bryson – McEnaney DeWall 2007, recenze Dreslerová 2009), který pracuje v regionálním měřítku výhradně bez použití proxy dat a je proto vhodným protipólem klimatických rekonstrukcí na tomto typu dat založených. Model je konstruován na principech synoptické klimatologie, působení orbitálních vlivů a variací v atmosférické propustnosti. Základní kroky tvorby modelu se zaměřují na determinaci příchozí radiace ze Slunce (v horní vrstvě atmosféry) a radiaci, která skutečně dopadne na zemský povrch. Regionální prvek zastupují v modelu



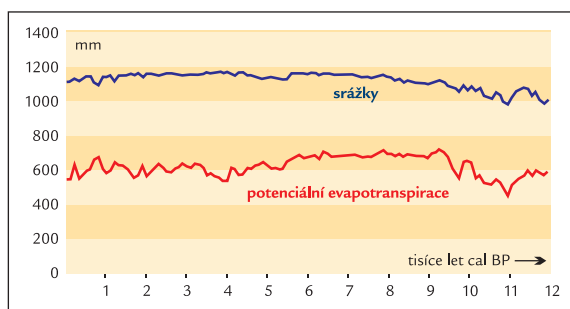
■ Obr. 1 Arbitrární hranice mezi středozápadní a středovýchodní Evropou na 15. poledníku na mapě České republiky znázorňující oblasti s délkou vegetačního období s převládajícími teplotami nad 10 °C (vegetační období). Podle: Moravec – Votýpka 2003.

meteorologické údaje ze třicetileté řady 1961–1990 z konkrétní meteorologické stanice; model je platný vždy právě pro danou zeměpisnou lokaci. Modely pracují s přesností stoletých průměrů teplotních a srážkových hodnot.

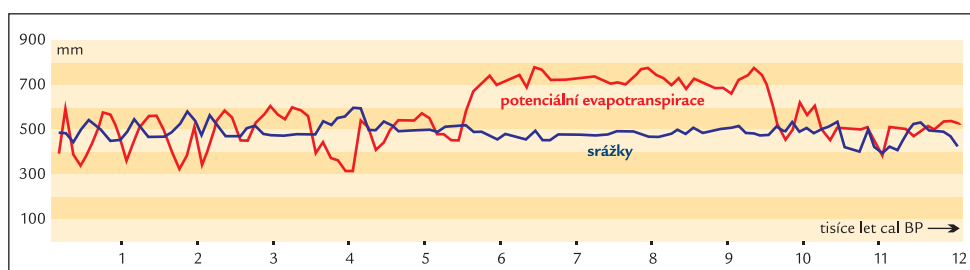
Obr. 2 představuje model konstruovaný na základě meteorologických dat z Prahy-Ruzyně. Vývoj holocenního klimatu se jeví celkem nevýrazný s průměrnými teplotními i srážkovými hodnotami podobnými dnešním. Průběh teplot ukazuje prudké oteplení na počátku holocénu a stabilní období s nejvyššími letními teplotami mezi cca 9500 až 6000 cal BP a s největším rozdílem



■ **Obr. 2** Makroklimatický model průměrných lednových a červených teplot (ve °C) za posledních 12 000 let pro Prahu-Ruzyni. Zdroj: meteorologická data ze stanice v Praze-Ruzyni a model „Archaeoclimatology MCM for Europe and Central Asia“ R. Brysona; modelace D. Dreslerová.



■ **Obr. 4** Makroklimatický model průměrných ročních srážek a průměrná potenciální evapotranspirace za posledních 12 000 let (v mm) pro Zürich. Zdroj: jako u obr. 2.



■ **Obr. 3** Makroklimatický model průměrných ročních srážek a průměrná potenciální evapotranspirace za posledních 12 000 let (v mm) pro Prahu-Ruzyni. Zdroj: jako u obr. 2.

mezi zimními a letními teplotami, což je podle definice jedním ze znaků pro **kontinentalitu** klimatu. Směrem k současnosti se rozdíly mezi zimními a letními teplotami zmenšují, neboť zimní teploty neustále rostou a letní klesají. Tento trend je zaznamenán i ve výše zmínovaných „pylových“ modelech (Davis et al. 2003) nebo v modelovaném průběhu teplot pro Holandsko (Bakels 2009). Podle tohoto ukazatele se klima stává stále víc **oceánické**. Roční chod teplot je v průběhu holocénu velmi stabilní; od dosažení oteplení kolem cca 9500 cal BP se změny průměrných teplot pohybují v rozmezí 1,5 °C.

Srážky jsou na začátku holocénu nižší než dnes, ale na úroveň podobnou dnešní se dostávají již kolem 10 500 cal BP. Po celou téměř první polovinu holocénu je však patrné jiné rozložení srážek v průběhu roku s dominantním srážkově bohatým obdobím mezi srpnem a říjnem. Po cca 5500 cal BP se srážky rozloží rovnoměrněji mezi květen a říjen a srážkový režim se udržuje s malými obměnami do současnosti. Srážky jsou na rozdíl od teplot kolísavé se střídáním sušších a vlhčích období, což nejlépe odráží graf potenciální evapotranspirace (**obr. 3**). Mezi 9600 a 5500 cal BP jsou průměrné roční hodnoty neobyčejně konstantní; od 5500 dochází k rozkolísání. Období mezi cca 5000 cal BP až 3500 cal BP je nejvlhčí. Rozkolísání srážek v řádu 3.–4. stol. pokračuje do dnešní doby. Maximální modelované holocenní srážkové rozdíly se pohybují v rozmezí cca 150 mm.

Průběh teplot modelovaných pro Prahu R. Brysonem se celkem dobře shoduje se „středozápadním evropským sektorem“ (Davis et al. 2003), snad jen s výjimkou spíše stabilních

letních teplot v pylovém modelu a klesajících letních teplot v MCM modelu. Také amplitudy teplot a srážek odpovídají údajům, zjištěným na základě jiných typů proxy dat (např. Schröder et al. 2004).

Největší rozpor mezi MCM a některými proxy daty (pěnovce, malokofauna) spadá do období tzv. holocenního klimatického optima, které je většinou charakterizováno jako „teplé a vlhké“, zatímco Bryson je regionálně modeluje jako „teplé a suché“ (ale např. jeho model pro Zürich ukazuje toto období skutečně vlhké – viz **obr. 4**). Atlantické období se však jeví jako suché např. také podle záznamů z německého jezera Jues (Voight 2006). Proti jsou jednoznačně záznamy z pěníců ve Svatém Janu pod Skalou. Další modelované závěry o následném střídání suchých a vlhkých období (přibližně pěti) a klimatická nestabilita dalších následných let by odpovídala i záznamům z Českého krasu.

Tento rozpor bude nutné řešit; nápadná je časová shoda maximální tvorby pěnovců (9500–6500 cal BP) s obdobím podle Brysonova modelu spíše suchým, i když stejně stabilním. Model ale ukazuje zcela jiný roční chod srážek než dnes, totiž s maximem srážek koncentrovaným do teplých letních měsíců. Zda by tento fakt mohl ovlivnit tvorbu pěnovců není dosud jasné. Je však možno souhlasit s geologem K. Žákem, který píše: „Pro reálný odraz v sedimentárních profilech je však více než množství srážek důležitá hydrologická bilance krajiny, určená mnoha faktory. Kromě rozložení srážek během roku a existence příválových dešťů je sedimentární odraz srážek v kontinentálním prostředí ovlivňován složitými vztahy mezi srážkami, evapotranspirací a povrchovým a podzemním odtokem.“ (Žák et al. 2001, 60).

Závěr

Na základě výše zmíněných údajů můžeme shrnout, že dosavadní znalosti o průběhu holocenních klimatických změn jsou stále natolik útržkovité či rozporuplné, že je možné průběh klimatu odhadovat pouze rámcově. Klimatické změny měly regionální charakter i regionální dopad na místní společnosti a byly různě intenzivní. Směrem

k severu a k jihu (v rámci Evropy) jsou klimatické změny lépe čitelnější a pravděpodobně mohly i výrazněji ovlivnit lidské chování. Naše území ležící na rozhraní dvou resp. tří klimatických režimů pravděpodobně těžilo z jejich výhod a zachovávalo si příznivou klimatickou stabilitu bez výrazných výkyvů. Proto se u nás klimatické změny s vysokou pravděpodobností na změně archeologických kultur nepodílely. Globální, dobře dokumentované výkyvy v rozmezí kolem 2800 cal BP je zachycen i u nás a v zásadě koresponduje s přechodem doby bronzové v železnou, přímá souvislost mezi těmito dvěma jevy však zůstává neprokázaná.

Je zcela jasné, že vývoj klimatu a změny přírodního prostředí podstatnou měrou ovlivňovaly a stále ovlivňují lidskou společnost. Po celou historii člověk opakovaně dokazuje, že je schopen se úspěšně vyrovnat prakticky s jakoukoliv změnou externích podmínek své existence. Přímá korelace mezi klimatickými událostmi a chováním pravěké společnosti je však z mnoha důvodů nanejvýš obtížná. Mezi ně patří zejména příliš hrubé chronologické rozlišení jevů, omezená prostorová platnost klimatických vlivů a především nepredikovatelné a v mnoha případech obtížně rozpoznatelné kulturní jednání pravěkých populací, které se neřídilo striktně ekonomickými nebo praktickými aspekty existence. Právě rozpoznání nutnosti se přizpůsobit změněným podmínkám či možnosti svobodné volby, jakož i podíl lidské činnosti na utváření dnešní kulturní krajiny a klimatických změn jsou problémy prvořadého významu, které si zaslouží maximální pozornost.

Literatura

- Bakels, C.C. 2009: The Western European Loess Belt. *Agrarian History 5300BC – AD1000*. Dordrecht Heidelberg London New York: Springer.
- Bouček, J. 2005: Klimatické změny ve středoevropském pravěku. *Archeologické rozhledy* 57, 493–528.
- Bryson, R.A. – McEnaney DeWall, K. (eds) 2007: *Paleoclimatology Workbook: High Resolution, Site – Specific, Macrophysical Climate Modeling*. Hot Springs: The Mammoth Site.
- Davis B.A.S. – Brewer S. – Stevenson A.C. – Guiot J. and Data Contributors, 2003: *The temperature of Europe during the Holocene*

reconstructed from pollen data. *Quaternary Science Reviews* 22, 1701–1716.

- Dincauze, D.F. 2000: *Environmental Archaeology. Principles and Practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dreslerová, D. 2009: Bryson, R.A. – McEnaney DeWall, K. (eds) 2007: *Paleoclimatology Workbook: High Resolution, Site – Specific, Macrophysical Climate Modeling*. Hot Springs: The Mammoth Site, *Archeologické rozhledy* 60, 804–807 (recenze).
- Ložek V. 2007: *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru*. Praha: Dokořán.
- Moravec, D. – Votýpka, J. 2003: *Regionalised Modelling*. Prague: The Karolinum Press.
- Neustupný, E. 2010: *Teorie archeologie*. Plzeň: Alš Čeněk.
- Seltzer, G.O. – Hastorf, C.A. 1990: Climatic change and its effect on prehispanic agriculture in the central Peruvian Andes. *Journal of Field Archaeology* 17, 397–414.
- Schröder, N. – Pedersen, L. H. – Bitsch, R. J. 2004: 10,000 Years of Climate Change and Human Impact on the Environment in the Area Surrounding Lejre. *The Journal of Transdisciplinary Environmental Studies* 3/1, 1–27.
- Voigt, R. 2006: Settlement History as reflection of climate change: the case study of lake Jues (Harz mountains, Germany). *Geografiska Annaler* 88-2 (Swedish Society for Anthropology and Geography), 97–105.
- Žák K. – Hladíková, J. – Buzek, F. – Kadlecová, R. – Ložek, V. – Cílek, V. – Kadlec, J. – Žigová, A. – Bruthans, J. – Štátný, M. 2001: *Holocenní vápence a krasový pramen ve Svatém Janu pod skalou v Českém krasu*. Práce Českého geologického ústavu 13, Praha: Český geologický ústav.
- Žák, K. – Ložek, V. – Kadlec, J. – Hladíková, J. – Cílek, V. 2002: Climate – induced changes in Holocene calcareous tufa formations, Bohemian Karst, Czech Republic. *Quaternary International* 91, 137–152.

Summary

The climate in the Holocene and possibilities for understanding this subject field

The article offers a general summary of our knowledge of climate development in the Holocene, our understanding which has been rather unsatisfactory up to this point. The main reasons for this situation are the complexity of the climate system as such, the short history of direct weather measurements, the ambiguous interpretation and time range of written sources, the regional nature of climate, the varying evidentiary value of proxy climate data and finally problems with its dating. Climate has a regional nature and an impact on the local society; the intensity and possible consequences of climate changes varies with regard to location. The more northern or southern the area in Europe is the more are the climatic changes easier to decipher and they also had a greater influence on human behaviour. The data available for our country is still sparse and quite varied. The traditional Holocene climatic scenario, based on lithology, creation of tufa deposition and mollusc evidence, shows rather warm and wet climate optimum between 9500–6500 cal. BP. This concept has been challenged by R. Bryson's archaeoclimatological model in which the same time period appears to be warm but

dry. This obvious discrepancy needs to be further studied, however, it is possible to state now that favourable climatic stability existed in our territory without considerable fluctuations. It is therefore highly unlikely that climate changes contributed to changes in archaeological cultures within the territory of today's Czech Republic.

Tento příspěvek vznikl v rámci grantového projektu GAAV č. IAAX0020701.



■ Obr. 5 Tis u Blatna nedaleko Vladaře v západních Čechách. Zarůstající pastvina asi 50 let po zániku napodobuje vegetační situaci vzniklou po oteplení na počátku holocénu. Foto P. Pokorný.



■ Obr. 6 Smíšená doubrava v rezervaci v jižním Švédsku může posloužit jako analogie našich lesů ve středním holocénu. Foto P. Pokorný.



■ Obr. 7 Plošina Gifl Kebir na hranici mezi Egyptem, Lybií a Súdáнем. Ve starším holocénu zde bylo intenzivní pastevecké osídlení. Před 6–4 tis. lety začal slábnout monzun a celá oblast se postupně změnila poušť. V holocénu střední Evropy ovšem nikdy k podobně katastrofálním změnám nedošlo. Foto P. Pokorný.