Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
LXXXIV(1999):161–186, 1999

ŽIVOTNÍ POSTŘEDÍ V POSLEDNÍM GLACIÁLU NA ÚZEMÍ MORAVY

THE ENVIRONMENT IN THE LAST GLACIAL ON THE TERRITORY OF MORAVIA

RUDOLF MUSIL

Abstract

Musil, R., 1999: Životní prostředí v posledním glaciálu na území Moravy. *Acta Musei Moraviae, Sci. geol.*, 84:161–186 (with English summary).

The environment in the Last Glacial on the territory of Moravia.

The environment of the territory of the South Moravia (Czech Republic) was not all the Last Glacial round an inhospitable arctic desert with the permafrost 200–300 m, corresponding roughly to the present taiga or tundra. The new information of the individual branches of science change essentially the view of the environment of this territory.

Key words: Last Glacial, Moravia, environment, date of geomorphology, phytopalaeontology and palaeozoology.

Rudolf Musil, Department of Geology and Palaeontology, Faculty of Science, Masaryk University, Kotlářská 2, 611 37 Brno, Czech Republic, e-mail: rudolf@gap.muni.cz.

Současný stav poznatků

Podle původního pojetí prostředí posledního glaciálu na území Moravy se mělo jednat o nehostinnou arktickou poušť ležící v celé periglaciální oblasti mezi alpinským a kontinentálním zaledněním, s velmi nízkými průměrnými ročními teplotami. Půda byla v celé oblasti, jak na horách, tak i v nížinách, promrzlá až do hloubky 200–300 m, rostlinný pokryv byl převážně pouze travnatý, při klimaticky příznivější exposici pak křovinatý, odpovídající zhruba dnešní tajze a tundře.

Nové poznatky jednotlivých vědních oborů však začaly tento pohled na prostředí Moravy a okolních oblastí poznenáhlu měnit, u některých oborů více, u jiných méně. V dnešní době se proto názory na tehdejší prostředí silně diferencují a v některých případech jsou až diametrálně odlišné.

Prostředí na základě geomorfologických údajů

Jedním ze základních sporných problémů je existence plošného souvislého permafrostu na celém území Moravy, zda byl souvislý nebo měl pouze ostrůvkovité rozšíření, zda se nacházel především ve vyšších nadmořských výškách, jaké hloubky mohl dosáhnout, případně jak velký čas potřeboval ke svému vzniku. Jeho existence vyžaduje v každém případě negativní průměrné roční teploty. Především někteří geomorfologové se domnívají, že o jeho plošném souvislém rozšíření na Moravě existuje celá řada důkazů, a to nejen pro oblasti pahorkatin a hor, ale i pro oblasti moravských úvalů (jedním

z důkazů mají být např. travertiny ve spodní části Hornomoravského úvalu, které neměly vznikat v glaciálu, poněvadž země byla promrzlá do velké hloubky a přerušila tak výstupné cesty vod – TYRÁČEK 1995). Průměrná teplota vzduchu měla být značně nižší než je dnešní. Vypočtená mocnost permafrostu v období mezi denekampem a böllingem měla obnášet 50–250 m (CZUDEK 1997), případně až 300 m (např. na území Moravského krasu – DEMEK 1989). Permafrost měl podle všech výše uvedených autorů plošné rozšíření (především v době 45–40 ka BP). Jeho největší rozvoj byl pak v období 20–18 ka BP. Postupné tání mělo začít teprve v böllingu, jeho rozpad však až začátkem allerödu. V horských oblastech se měl udržet místy až do začátku atlantiku, v nižších oblastech do této doby pouze pod povrchem terénu (CZUDEK 1997).

Tvorba permafrostu je podmíněna dlouhodobou negativní průměrnou roční teplotou. CZUDEK (1997) předpokládá pro Dolnomoravský úval průměrné roční teploty –2 až –3 °C a maximální mocnost permafrostu v této oblasti 60–85 m, pro Vizovickou vrchovinu –2 až –4 °C a maximální mocnost permafrostu 70–130 m, pro Hrubý Jeseník –7 až –8 °C a maximální mocnost permafrostu 220–245 m. DEMEK (1989) předpokládá ještě nižší průměrné zimní teploty, a to pod –20 °C, a možné náhlé poklesy teplot až na –40 °C.

Důkazem přítomnosti plošného permafrostu a negativních průměrných ročních teplot je podle autorů mimo jiné i mrazové zvětrávání podél puklin hornin, které nacházíme až do hloubek 50–60 m, a mrazové klíny známé z četných sprašových odkryvů. Jsou známé i ze spraší jižní Moravy, která je dnes nejteplejší oblastí naší republiky. Průměrné teploty vzduchu v lednu a únoru se předpokládají až kolem –30 °C (CZUDEK 1997). Podle jiných autorů vznik mrazových klínů v hrubších sedimentech vyžaduje intenzivnější chladno s předpokládanou průměrnou roční teplotou až –7 °C, v jemných sedimentech pouze –4 °C. Druhý případ může indikovat nesouvislé rozšíření permafrostu.

Podle studia periglaciálních struktur je možné podle CZUDKA (1997) předpokládat, že průměrná roční teplota vzduchu na Moravě se pohybovala kolem –8 °C, v některých dobách pak i mezi –10 až –12 °C, průměrné zimní teploty pak dosahovaly –25 až –30 °C. Proti dnešní době je to tedy pokles zhruba o 15 až 18 °C.

Na základě dnešních znalostí z jiných oborů se domnívám, že udávané průměrné hodnoty teplot nemusí odpovídat celému území Moravy. Studium ledovců v Grónsku zjistilo, že teplé eventy v OIS 3 jsou až o 7 °C teplejší než období chladná, přičemž teploty byly pouze o 2 °C nižší než jsou v dnešním Grónsku. Švédsko a větší část Finska byly pak v této době bez ledovce, ty pokrývaly pouze norské hory. Tento model byl vytvořen na základě údajů ^{14}C. Po pravdě řečeno, existuje však i experimentální počítačový model celkové vzdušné cirkulace, jehož výsledky jsou skoro opačné. Tento model vychází hlavně z tehdejší pobřežní čáry, z předpokládaných srážek a rozmístění ledovců. Průměrné zimní teploty podle tohoto modelu měly být v období 30 ka nízké, letní teploty v severní Evropě a Alpách měly ležet v průměru pod 10 °C (Stage Three Project, Cambridge 1998). Tyto odlišné závěry ukazují na stále nedořešený problém a vedou mě k závěru, spíše se opírat o konkrétní údaje z lokalit, které se mě zdají objektivnější než dosazované zprůměrované parametry do globálních modelových simulací.

Ze studia některých rakouských lokalit si dnes tamější kolegové představují, že období středního würmu, tj. 65 000–34 000 BP, bylo teplotně zhruba stejné jako je dnešní a na základě bohatého společenstva teplomilných plžů a stromů vyvozují, že se dokonce teplotně nejednalo o interstadiál, ale o interglaciál. Dokazují, že zatímco ledovce severní Evropy měly v té době větší rozsah než dnešní, ledovce v Alpách se zmenšily a hranice lesa byla dokonce o 200–300 m výše než je dnešní. Krajina byla pokryta listnatými lesy (převážně kleny a jasany), které byly přerušovány plochami otevřených stepí (FRANK, NAGEL, RABEDER 1997).

Co je k tomu možné říci. Délka tohoto teplého období je již vzhledem k rychle se střídajícím teplotním výkyvům nepravděpodobně dlouhá a rovněž i interglaciální charakter se mě zdá být přehnaný. Nejzajímavější je však zmíněný vztah mezi různým rozsahem ledovců na severu Evropy a v Alpách, který by mohl potvrzovat poměrně velkou různorodost jednotlivých oblastí a tím i větší lokální změny.

Co je pro toto období typické, a to bylo potvrzeno nejen z grónských ledovců, ale i z vrtných jader ze Severního Atlantiku, jsou poměrně rychle se střídající změny teplot. Klimatické eventy jsou velmi četné a přitom velmi krátké. Předpokládá se přitom, že vysloveně drsné glaciální podmínky se týkají pouze 10 % období posledního glaciálu (Stage Three Project, Cambridge 1997). Střední pleniglaciál měl mírné klima, něco mezi plným glaciálem a interglaciálem (ANDEL 1998).

V obsáhlé a dobře fundované knížce o reliéfu Moravy a Slezska v kvartéru uvádí CZUDEK (1997) i úvahu o množství ročních srážek. Dochází k závěru, že v nižších oblastech se pohybovaly kolem 200–250 mm/rok, v některých létech i méně (150–200 mm/rok), v horských oblastech byly vyšší, a to ca 700 mm/rok. Tak jako dnes záleželo tehdy samozřejmě nejen na tom kterém časovém období, ale i na oblasti. Z hlediska rostlinného pokryvu a na něm vázaných býložravců nejsou ovšem ani tak důležité roční srážky jako jejich rozdělení do ročních období.

Prostředí na základě fytopaleontologických údajů

Další důležitou disciplínou, která přispívá celou řadou objektivních poznatků pro poznání prostředí posledního glaciálu, je fytopaleontologie. Její poznatky bych rozdělil do dvou částí, a to do části více méně obecné, týkající se celé střední Evropy, jedná se tedy spíše o zprůměrované hodnoty, a do části týkající se konkrétně pouze Moravy, tedy o poznatky spíše lokálního charakteru.

Část a

Interstadiály spodní části posledního glaciálu (amersfoort, brörup a odderade) jsou podle dnešních poznatků charakterizovány souvislým rozšířením lesů po celém území Evropy, stadiály jejich ústupem. Interstadiál brörup byl zcela teplý, jeho vegetace byla podobná jako na konci eemu a většina skandinávského ledovce v této době zmizela (ANDEL, TZEDAKIS 1996). V pleniglaciálu měly pak být, na rozdíl od předcházejího období, jak interstadiály tak i stadiály bez souvislého lesního pokryvu.

Obecně se dnes, pokud se týče rostlinného pokryvu, přijímá několik možností. V prvé variantě v teplých obdobích stupně OIS-3 byly jižně od Alp rozšířené smíšené listnaté lesy s některými mediteránními prvky, přičemž lesy se rozkládaly zhruba na polovině území, ostatní plochy byly stepní. Severně od Alp, a to až do 48° s.š. byly již rozšířené pouze jehličnany, lesy měly zaujímat pouze 22 % celkové plochy. Na sever od 48° s.š. se pak rozkládala již křovinatá tundra bez stromů. Ve druhé variantě tráva pokrývá většinu jižní a střední Evropy, tundra se však rozprostírá pouze ve Skandinávii a polární poušť má velmi omezený rozsah, a to pouze v bezprostřední blízkosti ledovce. Třetí varianta počítá s parkovou krajinou s jehličnatými lesy, do nichž jsou přimíšeny listnaté stromy. Tento typ pokryvu se předpokládá v jižní a střední Evropě (Stage Three Project, Cambridge 1997).

Celá řada prací ukazuje na poměrně velké regionální odlišnosti. Např. paleobotanické a v souhlase s nimi i paleopedologické údaje z oblasti mezi středním Dněprem a spodní Desnou ukazují z konce posledního glaciálu na poměrně mírně chladné klima. Střední teplota nejteplejšího měsíce byla 6 °C, nejchladnějšího zimního měsíce pak

–19 °C. Tytéž měsíce ve středowürmském interstadiálu měly teplotu 18 °C a –5 °C (SIRENKO, TURLO 1986 in PUTSHKOV 1997).

Podle PUTSHKOVA (1997) je vysoce pravděpodobné, že celé území Evropy a severní Asie, které podle původních předpokladů mělo být pokryté bezlesou tundrovou stepí, bylo ve skutečnosti parkovou krajinou. Ve středowürmském interstadiálu v severní části Ukrajiny a ve střední části ruských nížin byla konstatována parková krajina s teplými smíšenými lesy, ve kterých rostly lísky, javory, lípy a dokonce i habry, tedy stromy, které dnes např. v centrálním Jakutsku chybějí. I v nejchladnějším období posledního glaciálu (24–12 kyr BP) na severní Ukrajině a v centrální části Ruska se nacházela lesotep s borovicemi, vrbami a modříny. Po tomto glaciálním maximu byly tam v době 18–12 kyr BP dokázány lípy, jilmy, duby a asi i buky.

Podobné složení dřevin, možná i ze stejných pramenů, uvádí i Markova (MARKOVA et al. 1995). Z centrální a jihozápadní části ruských nížin a z okolí Azovského moře jsou z období 24–21 kyr BP popisovány jilmy, duby, javory, lísky a duby. Z období 21–17 kyr BP pak jilmy, javory, lísky, lípy a habry. Z okolí Moldova jsou uváděny duby, lípy a javory, z okolí Azovského jezera duby, lípy a habry. Zeměpisně se jedná o 49–51° s.š. a ještě ze zeměpisné severní šířky 49° je ze středního Dněpru popisován buk.

Nejsou tedy nálezy listnatých stromů, dokonce i pro ruské nížiny přístupné zcela severním větrům, něčím zcela mimořádným a některé z nich přímo vylučují přítomnost permafrostu.

Zajímavé poznatky přinesla i studia z okolí Londýna. V sedimentech stáří 40 kyr BP byla zjištěna průměrná roční teplota odpovídající zhruba dnešní, pylová analýza a rostlinné makrozbytky však ukázaly na přítomnost tundry. Z toho vyplývá, že při rychlých a krátkodobých klimatických oscilacích, a ty byly pro určitou část posledního glaciálu typické, se společenstvo rostlin nemohlo rychle adaptovat na změněné klimatické podmínky a vznikl tak rozpor mezi průměrnou teplotou a rostlinným pokryvem (VAN ANDEL, TZEDAKIS 1998). Totéž musí samozřejmě platit i pro faunu, která je na rostlinném pokryvu závislá. To je nakonec velmi dobře dokumentováno i ekologickou analýzou jednotlivých skupin fauny v jeskyni Kůlně (MUSIL 1997).

Výzkumy z jižní Moravy, která se nachází mezi 48–49° s.š. ukázaly, že i v tomto prostoru, i když pouze v údolích podél větších řek, se rozkládaly jehličnaté lesy s vtroušenými listnatými stromy. Travnaté stepi se pak nacházely v nižších pahorkatinách mimo tato údolí (viz i další text).

Také vztah mezi klimatem a rostlinným pokryvem byl experimentálně simulován na počítačích. Model Genesis vychází z atmosférického modelu, z modelu zemského povrchu, modelu půd, modelu množství sněžných srážek, ledového pokryvu mořské hladiny a z rovnováhy energie. Má tak napodobit vzájemné působení atmosféry, hydrosféry a biosféry. Tento model dospěl k zajímavým údajům, hlavně pokud se týče chladných a teplých období. Ukázal, že roční průměrná teplota vzduchu nad zemských povrchem byla v období 42 ka BP pouze o 4,15 °C chladnější než dnešní, v chladném období před 30 ka BP pak chladnější než dnešní pouze o 4,54 °C, jedná se tedy o zcela minimální rozdíl.

Poslední glaciál a z něho především stupeň OIS 3 měl velmi nestabilní teplotu, v podstatě se stále jednalo o velmi rychle probíhající oscilace teplého a studeného klimatu, které někdy trvaly pouze několik set let, jindy i tisíce roků. Na základě studia grónského ledovce mohlo být mezi 105–20 kyr BP zjištěno 20 teplých eventů, při čemž teplejší eventy byly většinou časově delší než chladné a měly teploty až o 7 °C vyšší než studená meziobdobí. Ve střední Francii dosáhly průměrné teploty těchto dob skoro teplot dnešních (průměrně 7 °C proti dnešním 11 °C). Chladná období neměla teploty záporné, pohybovaly se mezi 0–2 °C (VAN ANDEL, TZEDAKIS 1996, 1998). Tento velký počet

teplotních oscilací se samozřejmě mohl lokálně projevovat různě a vede k zamyšlení nad časovou paralelizací teplých období na větší vzdálenosti s oblastmi s různým místním klimatem.

Vegetace interstadiálů

Interstadiální výkyv amersfoortu s brörupem netrval dlouho, obnáší pouze 5 000 až 10 000 let. Od Středozemního moře až k pobřeží Severního moře však došlo k souvislému zalesnění celé Evropy, a to těmito dřevinami: *Betula* sp., *Pinus* sp., *Picea* sp., *Abies* sp., *Larix* sp., *Alnus* sp., *Corylus* sp., *Quercus* sp., *Carpinus* sp., *Fagus* sp., *Buxus* sp., *Ilex* sp., *Hedera* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp.

Zcela stejné dřeviny pak známe i z následujícího interstadiálu odderade. Znamená to, že ve spodní části posledního glaciálu musíme v interstadiálech předpokládat spíše teplé až skoro interglaciální klima, i když se již podle dnešního stratigrafického pojetí jedná o glaciál. V této době nemohl proto na studovaném území existovat v interstadiálech permafrost.

Pleniglaciální interstadiály oerel a glinde jsou však již charakterizovány tundrovými prvky *Betula nana* (bříza), *Calunna* sp. (vřes) a *Empetrum* sp. V dalších interstadiálech (Moereshoofd, Hengelo a Denekamp) se již mělo jednat spíše o vegetaci otevřené tundry.

Složení stromové vegetace posledního interstadiálu ukazuje na ubývání jednotlivých druhů dřevin a zmenšování lesního pokryvu zřejmě následkem snižující se průměrné roční teploty a zmenšování srážek. Největší teplotní snížení představuje období denekampu a následujícícho stadiálu.

Vegetace stadiálů a interstadiálů v pleniglaciálu

I když souvislé lesy v této době neexistovaly, nebyly přesto, jak dnes víme, interstadiály – a ani stadiály – v této době zcela bez dřevin. Podstatnou úlohu hrála nejen snížená průměrná roční teplota, ale i menší množství srážek a především lokální klima. Mezi 25 000–15 000 BP převládala obecně ve střední Evropě tundrová, tundrovo-stepní a stepní vegetace přizpůsobená jak chladným zimám, tak i suchým podmínkám. Jednalo se o mozaiku různých rostlinných společenstev, která se lokálně mohla i silně měnit. Proti dnešní oblasti tundry a tajgy je nutné ve střední Evropě i v této době počítat s vyšším slunečním zářením způsobujícím silnější oteplení. V pleniglaciálu Britských ostrovů mohlo být v této době zjištěno dokonce kontinentální klima s letními teplotami, které byly jen o málo nižší než dnešní, ale s nízkými teplotami zimními (Bell 1969, Godwin 1975 in Lang 1994). V žádném případě se však nejednalo o záporné průměrné roční teploty.

Dnešní studia zdůrazňují lokální klimatické odchylky a předpokládají v některých oblastech Evropy refugia těchto dřevin (Lang 1994):

Britské ostrovy: *Pinus diploxylon*
Bretaň: *Alnus* sp.
Biskajský záliv: *Quercus* sp., *Ulmus* sp., *Alnus* sp., *Corylus* sp.
sever Ruska: *Alnus* sp.
severní část středního Ruska: *Picea* sp., *Ulmus*?
jižní část středního Ruska: *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp., *Corylus*?
Ukrajina a okolí Černého moře: *Acer*?, *Ulmus*?, *Alnus* sp.
Západní a Střední Alpy: *Pinus diploxylon, Pinus haploxylon, Larix* sp., *Quercus* sp., *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp., *Fraxinus excelsior*
Východní Alpy a Karpaty: *Pinus diploxylon, Pinus haploxylon, Picea* sp., *Larix* sp., *Abies* sp., *Acer sp., Ulmus* sp., *Alnus, Tilia* sp., *Fraxinus excelsior, Carpinus betulus*
jižní Polsko: *Pinus diploxylon, Larix* sp.

sz část Iberského poloostrova: *Pinus diploxylon, Quercus* sp., *Alnus* sp., *Fraxinus excelsior*

jižní Francie: *Pinus diploxylon, Quercus* sp., *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Fagus*?

Jedná se o celý pleniglaciál, bližší časové údaje případně bližší lokalizace však nebyly uvedeny. Srovnáme-li si tato rostlinná společenstva, která jistě nejsou úplná, s dřívějšími představami, musíme připustit zřejmě velké lokální odlišnosti. I v nejchladnějších stadiálech würmu existovaly v Evropě podle LANGA (1994) roztroušené a izolované ostrůvky nejrůznějších dřevin. Jednalo se pravděpodobně hlavně o údolí řek, a což je překvapující, i o submontánní alpské oblasti. To je samozřejmě zcela jiný obraz tehdejšího prostředí, než se dříve myslelo, a v žádném případě nepotvrzuje plošné souvislé rozšíření permafrostu. Podle LANGA (1994) je překvapující přítomnost takových refugií i v periglaciálním prostoru, tj. v oblasti Alp a Karpat. Přetrvávaly tam podle něho nejen jehličané lesy, které jsou na základě makrozbytků plně doloženy, ale i nejrůznější druhy listnatých stromů.

Z uvedeného vyplývá, že není možné vyvozovat časovou synchronizaci z klimaticky různých evropských oblastí pokud se týče rostlinného společenstva, že velkou úlohu sehrávaly lokální faktory.

Část b

Pokud se týče moravských lokalit s větším množství nálezů, není jejich nalezišť tak málo, jak by se mohlo čekat, netvoří však nepřerušenou časovou řadu. Přesto jsou důležité z hlediska informací o klimatu z posledního glaciálu, nálezy rostlin z konce glaciálu mají dokonce i větší důležitost než pouze lokální.

Rostlinné zbytky ve větším množství pocházejí z těchto lokalit:

1. Jeskyně Kůlna, vrstvy 8a a 8. Tyto vrstvy považujeme na základě nálezů savců za temperovaný stadiál a pocházejí z nich uhlíky *Abies alba* (jedle bělokorá), *Abies* sp. Podle OPRAVILA (1988) indikují přítomnost lesních jehličnatých porostů s mírným až chladným podnebím.

2. Jeskyně Kůlna, vrstva 7c. Uhlíky pocházejí z těchto druhů dřevin: *Abies alba*, cf. *Abies alba*, *Abies/Picea*, *Picea/Larix*, cf. *Picea excelsa* (smrk), *Pinus* sp. (borovice). Podle OPRAVILA (1988) jehličnaté porosty s vlhčím a mírně chladným podnebím. Faunistické společenstvo indikuje teplejší období. Interstadiál kůlna.

3. Jeskyně Kůlna, vrstva 7a. Flóra: *Pinus* sp., cf. *Pinus, Euonymus* sp. (brslen), *Picea excelsa*, *Picea/Larix*, *Acer* cf. *pseudoplatanus* (javor klen), *cf. Corylus* (líska), *Fraxinus* sp. (jasan), *Euonymus* sp., neurčitelný listnatý strom (OPRAVIL 1988, VALOCH 1989). Jedná se zřejmě o teplejší období, existenci permafrostu je nutné vyloučit. Datování ESR, průměr z více údajů: 46 600 ± 6 000 BP, 50 000 ± 5 000, ^{14}C údaj 45 660 + 2 850 –2 200 BP.

4. Časově další lokalitou jsou Bohunice, kde ve fosilní půdě byla ve formě uhlíků z dřevin nejvíce zastoupena *Abies* sp., dále *Picea* sp., a ojediněle i listnaté stromy: *Acer pseudoplatanus, Acer* sp., *Sorbus* sp. (jeřáb), *Ulmus* sp. (jilm). Pylová analýza prokázala pak ještě hojně tyto druhy: *Betula* sp., *Pinus* sp., *Corylus* sp. Pyl bylin přitom vysoce převažoval nad pylem dřevin (SVOBODA, SVOBODOVÁ 1985). Rostlinné společenstvo vylučuje zcela možnost existence permafrostu a ukazuje na relativě teplé interstadiální podnebí. To nakonec potvrzuje i letní křivka slunečního záření vypočítaná pro 65° s.š. ve vztahu k orbitálním parametrům Země, která do období kolem 40 000 BP umisťuje teplý interval (Stage Three Project, Cambridge 1997). Izotopové datování: 40 173 ± 1 200 BP. Interstadiál Bohunice.

5. Stránská skála III. Izotopové datování: 41 300 +3 100 –2 200 BP, tedy zhruba stejné stáří jako Bohunice. Stránská skála IIIa: Izotopové datování 38 500 ± 1 000 BP, 38 200 ± 1 100 BP. Nalezené rostliny: *Pinus* sp., *Abies* sp., *Alnus* sp. (olše), *Picea* sp., *Betula* sp., *Salix* sp. (vrba), *Larix* sp. (modřín), *Quercus* sp. (dub), různé druhy bylin (SVOBODOVÁ 1987).

Klimaticky teplejší období této doby odpovídá plně dnešním poznatkům z grónského ledovce a z Atlantiku, kdy mezi 39–36 cal. BP (OIS 3) je zaznamenáno poměrně dlouhé a teplé klimatické optimum, které předchází glaciálním podmínkám. Křovinatá tundra s *Betula nana*, *Salix* sp. a *Juniperus* sp. se rozprostírala v této době pouze v severním Německu. Východní Francie byla pokryta jehličnatými lesy podobně i alpská předhoří. Střední roční teploty byly pouze ca o 4 °C nižší než dnešní (VAN ANDEL, TZEDAKIS 1996). V západní Evropě pochází zhruba z této doby interstadiál moershoofd (49–41 kyr), časově zřejmě totožný s interstadiálem glinde (51–48 kyr). Interstadiál bohunice.

6. Poslední relativně teplé období v posledním glaciálu, po kterém velmi rychle následuje chladné typicky glaciální klima. Vzhledem k tomu, že po něm následuje náhlá klimatická změna, uvádím je, i když z něj nejsou známé rostlinné zbytky. Interstadiál je na Moravě charakterizován velkým množstvím jeskynních medvědů, poslední velkou přítomností turů a bisonů, velkých maralu podobných jelenů atd. Údaje ^{14}C z typové lokality Pod hradem: 33 300 ± 1 100 BP, 29 400 ± 230 BP, 33 100 ± 530 BP (humus), 28 200 ± 950 BP (spálené kosti). Interstadiál je časově zřejmě zhruba totožný s interstadiálem hengelo (39–36 cal. BP). V této době arktická a subarktická vegetace existovala pouze ve Skandinávii, v severním Německu byla již rozšířena křovinatá tundra se zakrslými břízami, vrbami a jalovcem, ve Francii a v předhůří Alp se pak rozprostírala parková krajina s borovicí, břízou a jedlí, pravděpodobně bez listnatých stromů (VAN ANDEL, TZEDAKIS 1998). Interstadiál pod hradem.

7. Bezprostředně po tomto interstadiálu následuje velmi rychlý vzrat podnebí, které se stává velmi chladným, což se okamžitě projevuje ve složení faunistického společenstva. Není vyloučeno, že je to jedno z chladných období nebo právě tato doba, kdy by mohly vznikat mrazové klíny ve spraších níže položených oblastí. Toto chladné období po interstadiálu souhlasí časově s chladným intervalem vypočteným na základě slunečního záření pro dobu kolem 30 000 BP (Stage Three Project, Cambridge 1997).

8. Dolní Věstonice, kulturní vrstva. Izotopové údaje se pohybují mezi 27 900 ± 550 BP a 25 570 ± 280 BP. Údaje kolem 29 000 BP považuji za problematické. Z kulturní vrstvy pocházejí uhlíky z celé řady stromů (SLAVÍKOVÁ–VESELÁ, VODIČKOVÁ–KNEBLOVÁ, OPRAVIL, vše in KLÍMA 1963). Uvádění autoři určili tyto druhy dřevin: *Abies alba* (jedle bělokorá), cf. *Abies, Larix decidua* (modřín opadavý), cf. *Larix, Picea excelsa*, cf. *Picea, Picea/Larix, Pinus sylvestris* (borovice lesní), *Pinus cembra* (borovice limba), *Pinus mugo* (borovice kleč), *Pinus* sp., *Juniperus communis* (jalovec obecný), *Taxus baccata* (tis červený), cf. *Ulmus* (jilm), *Salix* sp. (vrba), *Fagus sylvatica* (buk lesní).

Zlomky kmenů jehličnanů, mnohdy ještě s kořeny, měly v průměru až 30 cm a délku až 40 cm a pocházely ze svahů, z místa, kde původně rostly. KLÍMA (1963) z toho usuzuje na souvislé lesní porosty i na svazích nad údolím řeky. Interstadiál pavlov.

9. Bulhary. Leží ca 6–7 km od Dolních Věstonic a v rašelinách stáří 26 675 + 2 750 – 2 045 BP (časově totožné s kulturní vrstvou v Dolních Věstonicích) byla nalezena bohatá flóra potvrzující nálezy dřevin v Dolních Věstonicích a doplňující je celou řadou dalších druhů (RYBNÍČKOVÁ, RYBNÍČEK 1991). Byly nalezeny jak vodní a bahenní rostliny (celkem 16 druhů), tak i rostliny suchozemské a mohla být dokumentována změna rostlinného krytu od zalesněné krajiny až do otevřené travnaté stepi.

Les byl složen z těchto dřevin: *Pinus sylvestris, Pinus* cf. *mugo, Pinus cembra, Picea (abies?), Larix europaea, Juniperus communis, Betula* sp. Další listnaté stromy zřejmě již netvořily souvislý porost, ale rostly rozptýleně: *Ulmus* sp., *Acer* sp., *Corylus* sp., *Quercus* sp.,*Tilia* sp., *Salix* sp., *Alnus* sp. Složení ukazuje na příznivé podnebí a na lesní porosty s většími travnatými plochami.

Z bylin byly přítomné: *Filipendula* sp. (tužebník), *Petasites* sp. (devětsil), *Valeriana* sp. (kozlík), *Urtica* sp. (kopřiva), *Cyperaceae* (šáchorovité), *Ephedra* sp. (chvojník) , *Helianthemum* sp. (devaterník), *Primula* sp. (prvosenka) a dalších 32 druhů bylin.

Na základě analýzy rostlin se autoři domnívají, že klima bylo kontinentální a chladné. Přítomnost některých listnatých stromů pak vylučuje extrémně nízké zimní teploty nebo dokonce přítomnost permafrostu. Roční průměrné teploty odhadují na 2–3 °C a předpokládají větší rozdíly mezi vysokými letními a nízkými zimními teplotami. Produktivitu vegetace hodnotí jako velmi vysokou a zcela dostatečnou pro výživu stád velkých býložravců. Interstadiál pavlov, totožný zřejmě s interstadiálem denekamp (32–28 cal. BP).

Složení vegetace ukazuje tedy zcela jiný pohled na krajinu než bylo dříve většinou udáváno. Je nutné si přitom uvědomit, že se jednalo o nejchladnější období posledního glaciálu.

10. Jeskyně Moravského krasu s kulturní vrstvou magdalénienu. Nalezená flóra: *Pinus* sp., *Acer platanoides, Abies* sp., *Larix* sp. Převládá pyl trav a bylin.

Všechny výše uvedené časové údaje z našich lokalit nejsou kalibrované, to znamená, že se odchylují od kalendářní škály. A právě pro střední a svrchní paleolit jsou kalibrované časové údaje nutné. Odchylky mezi oběma škálami jsou různě velké, u 12 000 BP dělají více než 2 500 let, u 21 000 BP více než 3 000 let, u 28 000 BP více než 4 100 let atd (VOELKER 1998).

Prostředí na základě paleozoologických údajů

Poslední částí, která může přispět k analýze tehdejšího prostředí, jsou savci, a pokud se týká přímého místa naleziště, i plži. V tomto případě bych však u savců neuváděl změny společenstev. Zdůrazňuji pouze, že druhová diverzita společenstva je v této době velmi vysoká, mnohem větší než v následujícím holocénu. Obecně pak platí pravidlo, že čím větší je druhová diverzita, tím rozmanitější musí být i rostlinný pokryv.

V této kapitole se omezím spíše na nároky jednotlivých druhů jak z hlediska prostředí, tak i z hlediska výživy, tedy na všechny faktory, které potřebují pro svou existenci.

Začneme se zvířetem, které představuje jednu z hlavních složek tehdejšího společenstva a které se vyskytovalo na Moravě ve velkých stádech. Byl to mamut.

Mamuti

Jedním z nejhojnějších zvířat posledního glaciálu byl mamut. Jeho pozůstatky nacházíme po celé Evropě a po celé Sibiři. Jejich stáda se pohybovala na poměrně velké vzdálenosti, a to i během jednoho dne, ještě delší pak byly jejich migrace mezi zimou a létem, které v tomto případě probíhaly kolem vodních toků. Na Moravě to byla především řeka Morava a řeka Dyje, z menších řek pak Svratka. Předpokládáme, že tyto sezónní migrace poledníkového směru směřovaly začátkem léta od Panonské nížiny do severoevropských nížin širokou údolní nivou Dunaje, Moravy a Moravskou bránou dále na sever, začátkem zimy pak opačným směrem. Pahorkatiny, ani ne tak pro svahovitý terén jako pro nedostatek potravy, míjeli.

Abychom si mohli učinit lepší představu o jejich životních podmínkách, musíme se nejprve zaměřit na dnešní slony, jejichž potravní nároky musí být velmi podobné, ne-li stejné. Většinu informací pro tuto část práce čerpám z obsažného díla H. KRAUSE (1998), který v něm nashromáždil obrovské množství nejrůznějších informací, jinou cestou těžko dostupných.

Zakladní otázkou existence mamutů v určité oblasti je množství rostlinné potravy, její skladba a zároveň i množství energie, kterou z ní slon získává. Tento faktor je samozřejmě odlišný v létě, kdy, pokud není vysloveně aridní podnebí, jsou rostliny zelené, a v zimě, když jsou jen suché.

Rozbor obsahu žaludku 700 dnešních slonů v Ugandě ukázal, že potrava pochází z 41 druhů rostlin. Znamená to, že sloni žerou veškerou zelenou hmotu. Z energetického hlediska bylo zjištěno, že celkové množství proteinu v potravě se pohybovalo u větviček a bylin ve všech ročních obdobích mezi 12–18 %, u trávy se množství proteinu během roku měnilo, a to od 3 do 12 %. Uvedené hodnoty můžeme přitom považovat za více méně stabilní.

Sloni však nestráví veškerou potravu, kterou sežerou, ale kupodivu ani ne její polovinu. Kolik tedy vlastně spotřebuje slon denně potravy, aby se jeho váha neměnila. Dospělý slon ve váze ca 3 600 kg sežere denně v průměru asi 46 kg rostlinné hmoty (přepočítáno na suchou rostlinnou hmotu), stráví asi její polovinu. Je nutné si však stále uvědomovat, že nezáleží pouze na množství potravy, ale na jejím energetickém obsahu, uvedená hodnota je tedy pouze orientační.

Energetická hodnota potravy v létě a v zimě je samozřejmě rozdílná, obsah proteinu v trávě se velmi mění. Největší je v době, kdy je tráva ještě zelená (ca 12 %), na začátku suchého období, kdy tráva již zasychá, se obsah proteinu zmenšuje až o polovinu (ca 6–7 %) a obsahuje až 31 % nestravitelných vláken. Ke konci suchého období, kdy se jedná již více méně o pouhou slámu, má již pouze 2–3 % proteinu a 32 % nestravitelné vlákniny (KRAUSE 1998). To je již hluboko pod životním minimem, slon již nemůže žrát více trávy, mikroflora jeho zažívacího traktu ji ani není schopna strávit. Z toho důvodu se často stává, že sloni mají plný žaludek takové potravy a přitom hladoví, případně pomalu i umírají s plným žaludkem. Slon se tedy může pást na travnaté stepi pouze během vlhkého období, kdy je tam čerstvá tráva, během suchého období nutně musí migrovat do údolí řek a živí se tam nejen bylinami, ale i větvičkami dřevin. To platí samozřejmě i pro mamuty a v jejich případě i pro zimní období.

Bylo přitom zjištěno, že v zimních měsících spotřebují sloni zhruba o 18 % více potravy než v létě. Za aridního podnebí sežerou sloni v Africe kupodivu i méně suché rostlinné hmoty než ve vlhkém podnebí, kdy žerou více (za suchého podnebí něco přes 33 kg suché hmoty za 12 hod., ve vlhkém období však něco přes 44 kg suché hmoty). Znamená to, že slon ve vlhkém období, kdy je tráva ještě čerstvá a zelená a obsahuje více proteinu, žere více než za suchého podnebí.

Trvá-li období se suchou potravou delší dobu, dostává se potrava hluboko za potřeby slonů, ti pomalu ztrácejí na váze a postupně umírají, přestože mají plný žaludek. Mikroflora ve střevech není schopná rozložit suchou potravu. Za těchto okolností zemřelo např. v oblasti Tsavo v Africe v roce 1970/71 neuvěřitelné množství slonů, ca 5 900 zvířat.

Hlavním faktorem umírání slonů nemusí být tedy ani tak nedostatek rostlinné potravy jako její vysušení nedostatkem srážek, kdy neobsahuje dostatek energie. Z toto důvodu není ani tak důležité roční množství vytvořené rostlinné hmoty, jako spíše její sezónní produkce, která je závislá na ročním rozložení srážek. Hlavním faktorem je tedy měsíční produkce a ne produkce roční, při množství rostlinné hmoty ca 200 g (sušiny) na jeden m^2

měsíčně již umírají. Sloni podobně jako nosorožci jsou nesmírně citliví na sucho, více než ostatní býložravci. Jsou totiž vybaveni méně výkonným zažívacím systémem než ostatní býložravci. Nejvíce jsou přitom postiženy starší samice a jejich mláďata, méně již samci, kteří se nemusí o mláďata starat, a jsou proto pohyblivější. Největší množství mrtvých slonů bylo z výše uvedených důvodů nalezeno ve vzdálenosti 20–30 km od vody.

Co z uvedeného vyplývá:

1. V suchém období se sloni zdržují u stálé vody, kde nacházejí ještě zelenou vegetaci a živí se převážně větvičkami keřů a stromů a vodními rostlinami.

2. Pokud by došlo k tomu, že by byla všechna rostlinná potrava v blízkosti vody spotřebována, snaží se migrovat do jiných oblastí, kde by bylo potravy více. Pokud takovou oblast v krátké době nenajdou, vracejí se zpět na své původní místo.

3. Sloni jsou nejvíce citliví na sucho. Pokud se za dlouhého sucha nacházejí v oblasti bez větší vody, postupně slábnou. V tomto stavu zůstávají stále na stejném místě, a to i tehdy, kdyby někde poblíž mohli najít zelenou trávu. Při takové energeticky nedostatečné potravě začínají umírat za 2,5–3 měsíce, a to i s plným žaludkem.

4. Na rozdíl od koní sloni nejsou schopni se pást na trávě, která je nízká.

U mamutů můžeme předpokládat podobný ne-li stejný způsob života jako u dnešních slonů a výše uvedené informace nám tedy vnášejí více světla do období posledního glaciálu. Jako příklad si vezmeme nejdůležitější moravské lokality paleolitického člověka této době, a to Předmostí, Dolní Věstonice a Pavlov. Jak v Dolních Věstonicích, tak i v Předmostí se nacházelo enormní množství těchto zvířat. Paleolitické stanice Dolní Věstonice a Pavlov byly položeny přímo nad údolní nivou řeky Dyje. Mezi tokem řeky a sídlištěm se nacházela rašeliniště (viz např. Bulhary). Jednalo se tedy o oblast, která po celou dobu sucha stále poskytovala zelenou potravu. Na základě výše uvedených znalostí musíme proto předpokládat, že jak v suchém letním tak i v zimním období musela tato oblast přitahovat svou potravou celá stáda mamutů. Nedá se ani vyloučit, že rašeliniště a močály byly v zimě pokryté pouze slabší vrstvou ledu, takže mohly sloužit i jako zdroj pitné vody. V tomto případě je pak i možné, že v zimních měsících mohli tehdejší lidé ukořistit mamuty, kteří zapadli do bažiny a nemohli se z ní dostat nebo se snažili je tam i zahnat. Všechny tyto faktory byly hlavními a byly tak optimální, že vedly k vytvoření poměrně dlouhodobého sídliště tehdejších lidí.

Druhý případ, Předmostí, je poněkud jiný. Také tato lokalita leží v široké údolní nivě řeky Moravy a Bečvy, ve které musíme rovněž předpokládat rozsáhlé lesní porosty lemující obě řeky. Existující vývěry vody u travertinů v okolí Předmostí jsou dnes poměrně teplé, takže ani v zimě nezamrzají. Není vyloučeno (i když někteří odborníci se domnívají, že hluboký permafrost nedovolil v glaciálu jejich vyvěrání), že nezamrzaly ani v období posledního glaciálu. Teplé prameny mohly vyvěrat na povrch i v tuto dobu a případně i v období letního sucha a mohly se stát vedle údolí řek i dalším místem vhodným pro pobyt mamutů v období pro ně v nepříznivém, tj. v zimě. Zdá se tedy, že existence sídliště v Předmostí mohla být vyvolána i jinými faktory než tomu bylo na jižní Moravě.

Rozbor nestrávené potravy v žaludcích sibiřských mamutů nám podává přesnou zprávu o jejich výživě. Málo je ovšem zdůrazňováno, že všichni nalezení sibiřští mamuti zemřeli během pozdních letních měsíců, jejich potrava nacházená v žaludku je proto potravou léta. Jejich zimní potravu tedy neznáme. Způsob zachování jejich těl na Sibiři pak zároveň ukazuje na tehdejší teplotu. Aby se jejich maso uchovalo tak jak bylo nalezeno, předpokládá to poměrně velké snížení teploty. Ke zmrznutí kadaveru muselo přitom dojít velmi rychle jak vyplývá ze stavu zachování potravy v žaludku a ze zachování svalových buněk, které nebyly ani roztrhané vytvořením krystalů a ani dehydratované. Dnešní experimenty však ukázaly, že aby došlo k takovému zachování mamutích kadaverů, byla by

zapotřebí aspoň po 10 hod. teplota kolem –100 °C. Taková nízká teplota tam ani dnes a ani v minulosti neexistovala. Jako jediné možné vysvětlení zůstává mrazivý efekt vyvolaný intenzivním větrem. Při rychlosti větru kolem 65 km/hod by stačil mráz jen ca –44 °C. Znamená to, že mamuti mohli žít při teplotě kolem –40 až –50 °C a v oblasti s poměrně velkými a stálými větry.

Počty všech nalezených mamutů na Sibiři na základě kosterních pozůstatků jdou do tisíců. Vraťme se nyní k zachované potravě v jejich žaludcích. Na příkladu berezovského mamuta můžeme konstatovat, že se jednalo o potravu pozřenou bezprostředně před smrtí zvířete. V žaludku se nacházely byliny, které dnes v místě nálezu kadaveru nerostou, nacházíme je spíše v jižní a jz. Sibiři. Patřily těmto druhům:

psárka alpinská	(dnes roste v arktické části Ruska a na Uralu),
pýr hřebenitý	(vyžaduje aridní podmínky, roste po celé Evropě),
housenkovec zduřelý	(vyžaduje aridní podmínky, na Slovensku roste ve Východoslovenské nížině),
ječmen fialový	(vyžaduje aridní podmínky, roste po celé Sibiři, u nás na jižní Moravě),
ostřice lachenalova	(roste po celé Evropě, od Skandinávie až na samý jih),
pryskyřník prudký	(celá Evropa),
vlnice	(vyžaduje vlhké louky, dnes roste v arktické části Ruska).

Vedle rostlinných makrozbytků byla provedena i pylová analýza, která zjistila tyto druhy: limba sibiřská, čimišník, ječmen slanomilný, lebeda, protěž bahenní, olše, rákos obecný, jitrocel prostřední, pelyněk kozalec (estragon), andělika lékařská.

V žaludku byly nalezeny převážně byliny. Většina druhů roste přitom dnes jižněji a západněji od místa, kde byl kadaver nalezen. Tak pýr hřebenitý roste dnes asi 600 km jižněji a západněji, nejbližší souvislý porost je dokonce vzdálen 1 300 km jihozápadně od Berezovky. Rovněž ječmen fialový dnes ve vlastní arktické oblasti neroste a nalezneme jej mezi Kavkazem a Černým mořem, tedy asi 6 300 km jz směrem. Totéž se týká i některých dalších druhů. Tento různý mamutí ekotop je však možné vysvětlit nejen vyšší průměrnou teplotou, ale i ariditou klimatu. Podle doc. Vl. Řehořka (ústní sdělení) by tyto druhy mohly růst i na dalekém severu, ale pouze za předpokladu, že by tam panovaly aridní podmínky.

K výše uvedeným závěrům, které se týkaly možných průměrných teplot a velkých stálých větrů, můžeme pro dobu žití mamutů na Sibiři přiřadit i ariditu klimatu.

Zatím jsme psali pouze o potravě mamutů a o její energetické hodnotě. Tak jako potrava je však pro mamuty důležitá i voda. Podobně jako u potravy uvedeme nyní spotřebu vody u dnešních slonů. V jakékoliv, a to i ve stepní oblasti ba dokonce i v polopoušti (při ročních srážkách min. 300 mm) mohou žít, ovšem pouze tehdy, nachází-li se tam někde voda. Pokud se týče množství vody, které denně vyžaduje, je to různé podle toho, živí-li se zelenou nebo suchou potravou. Záleží přitom i na váze slona a na teplotě vzduchu. V průměru však jedno zvíře spotřebuje při zelené potravě denně při teplotě –18 °C 2 l vody na jeden kg přepočítané suché hmoty, tzn. denně celkem 70–90 l vody, při suché potravě však více. Je-li vody méně, vydrží samozřejmě nějakou dobu bez ní. Asi 15 let starý slon, živí-li se suchou potravou a má-li aspoň 15 l vody denně, vydrží při tomto množství žít 17 dní.

Několik suchých měsíců znamenalo pro africké slony vždy velkou pohromu, velké množství jich zemřelo, a to někdy i v sousedství stálé vody. Byli vyhublí na kost a kůži a zemřeli zjevně vyhladověním, a to přes velké množství potravy v žaludku.

Podobně tomu muselo být i u mamutů. Znamenalo to, že nejen v létě, ale především v zimě, kdy se živili suchou rostlinnou potravou, vyžadovali mamuti denně poměrně vel-

ké množství vody. Pokud někdo uvažuje o tom, že určité množství vody mohli získávat z požírání větviček stromů s jinovatkou, je toto množství zcela nedostatečné. Podobně je tomu i se sněhem. Některá zvířata žijící na severu jej místo vody používají (pižmoň, sob). Mamut sice může používat kly jako lopatu a chobotem pak sníh nasát a fouknout jej do tlamy, a to za minutu až 300 cm^3. Avšak sníh obsahuje poměrně málo vody, její množství záleží na jeho hustotě, pohybuje se mezi 50–60 l vody (prachovitý sníh) a až 400 l vody (slehlý sníh) z jednoho krychlového metru. Znamená to, že čas strávený požíráním sněhu je mnohem větší než potřebné množství vody získané tímto způsobem. Mamut by musel žrát sníh poměrně dlouhou dobu, kdy by nemohl nic jiného žrát, při čemž slon se živí denně ca 9 hod. Ani tento způsob získávání vody není tedy prakticky možný. Rovněž v některých pracích uváděná možnost důležitého zdroje vody, a to z ledových vložek ve spraši, kterou si zvířata získávala odlamováním kousků ledu svými kly (TOMIRDIARO 1991 in PUTSHKOV 1997), připadá mě velmi problematická.

Ještě jeden faktor by mohl vést k přežití mamutů v období nedostatku vody, a to tuková vrstva v těle, která se může ve vodu postupně přeměňovat. Její tloušťka je u dospělých mamutů ca 9 cm. Tuk o váze 100 g se může změnit v 107 g vody. Kdyby mamut vážil 4 000 kg a do podzimu si vytvořil tukovou vrstvu o váze 400 kg, dostal by však z ní pouze 428 l vody. Pokud by se živil pouze suchou potravou, vystačila by mu tato přeměna tuku ve vodu pouze na něco přes 5 dní. I tento způsob získávání vody je tedy spíše teoretický.

Stáda mamutů mohla tedy žít v krajině pouze tehdy, jestliže se tam nacházela voda. V létě při humidním klimatu to nebyla zřejmě žádná nesnáz. Horší již to bylo při klimatu aridním, ale i tehdy se tam mohly nacházet vodní toky přitékající odjinud. Zcela nemožné by to však bylo v zimě, jestliže by tam panovaly takové zimy, o jakých někteří uvažují. Znamenalo by to, že voda byla zamrzlá do tak velké hloubky, že nebyla pro zvířata přístupná, a mamuti by se tam proto nemohli zdržovat a museli by migrovat do jižnějších a příznivějších oblastí. Z toho vyplývá, že pokud připustíme velké dlouhodobé snížení teploty v zimních měsících, musíme připustit i globální migraci mamutů v poledníkovém směru a tím i jejich nepřítomnost. V zimě by tedy okolí Předmostí a Dolních Věstonic muselo být bez mamutů.

Nosorožci

Nerozlučným současníkem stád mamutů byl nosorožec srstnatý. Jedná se podobně jako u mamuta o vymřelý druh, který se svým tělem podobá dnešním nosorožcům v Africe (*Diceros simus*), ale na rozdíl od nich měl tělo pokryté srstí. Kůže srstnatého nosorožce byla silná, chlupy měly červenohnědou barvu, byly 10–15 cm dlouhé, uši dosahovaly asi tří čtvrtin velikosti u dnešních nosorožců. Kopýtka noh měla poměrně malý povrch, a byla tak přizpůsobena běhu na tvrdé půdě.

Pyly nalezené v jejich exkrementech sestávají převážně z trav (89 %), dále ze složnokvětých (4,5 %), rod *Artemisia* (pelyněk) pouze 2,5 %. Zvíře se tedy živilo převážně spásáním trávy a předpokládáme, že se pohybovalo hlavně v otevřené stepi. Srstnatý nosorožec o váze ca 1 500 kg spotřeboval denně tolik potravy jako 4,5 koně (KRAUSE 1998).

Africký nosorožec *Diceros simus* spotřebuje denně kolem 14 kg suché potravy. Trávení potravy je přitom velmi podobné jako u slonů. Zvíře nestráví všechen protein obsažený v trávě, ale pouze kolem 60 %. Podobně jako u slonů se proto může stát, že zvířata mají plné žaludky trávy a hladoví a někdy dokonce i umírají pro nedostatek získávané energie.

Koně

I toto zvíře žilo podobně jako mamuti ve velkých stádech, především ve svrchním würmu, kdy došlo ke zvětšení stepních oblastí. Jejich kosti nacházíme pospolu s kostmi mamutů, nosorožců a sobů. Jedná se o typické stepní zvíře, které vyžaduje pro svou existenci buď zcela stepní podmínky – otevřenou step nebo aspoň lesostep, tedy krajinu, kde se střídají ostrůvky lesů se stepí. V obou případech je nutná přítomnost vody. Při suché rostlinné potravě spotřebuje denně při teplotě –18 °C na 1 kg potravy ca 2 l vody, při teplotě 38 °C však již 8 litrů.

Domácího koně nacházíme dnes jak v tajze, tak i v tundře. Znamená to, že limitujícím faktorem jeho rozšíření není ani tak chladné klima jako spíše dostatek potravy a samozřejmě i voda k pití. Koně v Jakutsku se pasou v zimě hlavně na loukách s ostřicí, které však mají malou nutriční hodnotu. Jsou schopni se k ní dostat ještě při tloušťce sněhové pokrývky kolem půl metru, jakmile však dosáhne 70 cm a více, nejsou schopni si již potravu vyhrabat a nemohli by proto takovou zimu přežít.

Podobně jako je tomu u mamutů, nacházíme na Sibiři i kadavery koní (např. poslední nález hřebce u polárního kruhu u Indigirky v r. 1968). Rozbor obsahu jeho žaludku ukázal, že většina potravy obsahovala trávy (ostřice – více druhů rodu *Kobresia* a dále *Carex pediformis*), *Festuca* sp. (kostřava), hvězdnicovité (= složnokvěté), karafiáty, *Allium* sp. (česnek), *Juncus* sp. (sítina), *Potentilla* sp. (mochna), *Selaginella* sp., *Lathyrus* sp. (hrachor), *Thalictrum* sp. (žluťucha), *Caltha* sp. (blatouch), *Phragmites* sp. (rákos), *Astragalus* sp. (kozinec), *Rosa* sp. (růže). Tyto nálezy však svědčí spíše o vlhkém stanovišti případně o bažinatých loukách v údolích řek než o tvrdé stepi.

Kůň z Indigirky zemřel podle analýzy rostlin buď koncem července nebo začátkem září. Vedle výše uvedených makrozbytků byla z potravy udělána i pylová analýza. Zjištěné skutečnosti byly nesmírně zajímavé, i když není možné je přecenit. Pyly pocházely z těchto dřevin: *Betula* sp. (více druhů), *Picea* sp., *Pinus* sp., *Alnus* sp., *Larix* sp., a co je nejzajímavější, i *Corylus* sp. a *Ulmus* sp., tedy stromy rostoucí dnes většinou v povodí řeky Leny v lesnaté tajze.

Stáří kadaveru koně je udáváno kolem 37 000 BP. Rod *Kobresia* dnes v místě nálezu koně neroste, vyžaduje červencové teploty kolem 20 °C a srážky kolem 600 mm. Krause (1998) předpokládá, že nalezený kůň žil v podnebí, které dnes nacházíme v létě ve střední Asii.

Sobi

Dalším velmi hojným zvířetem žijícím stádně jako koně jsou sobi. Většina dnešních sobů je plně přizpůsobena životu v polárních oblastech. Jejich pozůstatky nacházíme pospolu s mamuty a nosorožci, což by mohlo znamenat, že tyto druhy vyžadovaly stejné životní podmínky. Na rozdíl od mamutů může sob využívat v zimě sníh a nemusí tedy hledat nezamrzlou vodu. Stačí mu přitom ca 1 litr vody ze sněhu na den.

Pro soby jsou charakteristické velké migrace během roku. V zimě putují z tundry do tajgy, kde nacházejí více potravy, v létě pak opačně. Délka těchto přesunů se pohybuje mezi 300–500 km. I v zimě však v tundře zůstává určitý počet sobů, a to asi jedna čtvrtina z letního množství, která je schopna při tomto sníženém počtu tam nalézt dostatek potravy k přežití.

Podobně jako pro jiné druhy není tedy pro soby limitujícím faktorem roční teplota, ale pouze dostatek potravy. Migrace sobů a její délka je tedy závislá na množství potravy v různých oblastech a ne na průměrných ročních teplotách.

Jak velké množství biomasy produkuje dnes vlastně oblast boreálního lesa – tajgy. Množství biomasy se pohybuje mezi 200–500 kg/km^2, v průměru tedy 350 kg. Množství biomasy směrem na sever však klesá, a to na 50–200 kg/km^2, průměr je tedy 125 kg, tundra jí má pak ještě méně, a to 16–26 kg/km^2 (KRAUSE 1998). Pokud by tedy periglaciální krajina na Moravě vypadala stejně jako dnešní arktická oblast, nemohla by rostlinná výživa postačovat pro velká stáda býložravců, nemluvě o tom, že po více než půl roku by odpadla velká složka výživy, a to byliny. Během několika týdnů by v takové krajině musela nutně zvířata vyhladovět.

Hlavní faktory prostředí

Výše uvedené stručné rozbory prostředí na základě některých vědních disciplin ukazují na poměrně velké rozdíly v názorech na životní prostředí v posledním glaciálu, ke kterým na základě svých specifických a jistě i objektivních faktů jednotlivé vědní disciplíny dospěly. Porovnejme proto průkaznou výpovědní hodnotu jednotlivých faktorů, abychom dospěli k určitému závěru. Je jisté, že některé ze závěrů budou mít zatím spíše formu pracovních hypotéz, jiné pak, aspoň se tak domnívám, budou prokazatelně jisté.

Původní, dosud mnohdy přežívající předpoklad byl, že v prostoru mezi alpinským a kontinentálním zaledněním se v posledním glaciálu nacházel několik set metrů hluboký plošně rozšířený permafrost s periglaciální stepní tundrou a tajgou a s velmi drsným podnebím s průměrnými ročními teplotami pod bodem mrazu. Všechny údaje ukazují na to, že je samozřejmě nutné klimaticky rozlišovat období interstadiálů a stadiálů, ale především je nutné rozlišovat období spodního würmu a svrchního würmu, která jsou diametrálně teplotně a množství srážek odlišná. Obecně lze říci, že paleontologické údaje ukazují spíše na suché až extrémně suché kontinentální klima s chladnými zimami s malým množstvím sněhových srážek. Pozdní glaciál byl pak nejchladnějším obdobím posledního glaciálu vůbec. Je nutné přitom zdůraznit, že velká většina změn posledního glaciálu měla plynulý průběh a nebyla katastrofická.

Ve středním pleniglaciálu (60–25 ka cal. BP) bylo klima mnohem mírnější než se dříve předpokládalo. I během chladných období byla léta tak dlouhá a zimy tak krátké jako jsou ve střední Evropě dnes a nelze je srovnávat s podmínkami současné severní Sibiře. První velký posun kontinentálního ledovce na jih začal v OIS 4, kdy překročil Balt (VAN ANDEL, TZEDAKIS 1998). Během OIS 3 existovaly pak již souvislé ledovcové pokryvy pouze ve Skandinávii, přičemž nížiny Švédska a Finska byly bez ledovců, podobně tomu bylo i v Dánsku. První velký posun kontinentálního ledovce na jih začal v OIS 4, kdy překročil Balt (VAN ANDEL, TZEDAKIS 1998).

Dnes již víme, že ekosystém posledního glaciálu není analogický žádnému dnešnímu, že nedocházelo k pouhému posunu jednotlivých biomů, jak se dříve předpokládalo. Biom typický pro poslední glaciál vlastně dnes neexistuje. Vznik disharmonických společenstev byl umožněn vysokou diverzitou rostlinného společenstva, environmentální mozaikou, která dnes nemá v Evropě analogii. Hlavními limitujícími faktory pro jednotlivé druhy nebyly přitom průměrné roční teploty, ale dlouhodobé extrémní letní a zimní teploty a samozřejmě množství a rozložení ročních srážek. Důsledkem velké environmentální mozaiky je pak i velká druhová diverzita (MUSIL 1997).

Jako určitá analogie této periglaciální oblasti je uváděno dnešní Jakutsko. Většinu roční doby je bez mraků, sluneční letní dny jsou teplé a srážky jsou velmi malé. Vegetace začíná růst v květnu, takže v červenci dosahuje množství potravy 122 g na čtvereční metr (v sušině), což není nijak mnoho. Koncem července bývá tráva již žlutá, kolem začátku září již přestává zcela růst, denní teploty jsou již pod 5 °C. Znamená to, že býložravci by

se mohli pást na zelené trávě pouze několik měsíců v roce a pak již pouze na trávě suché. To samo o sobě již není srovnatelné se stády mamutů v periglaciální oblasti, kteří vyžadovali, jak vyplývá z výše uvedených údajů, větší množství potravy. Stále musíme mít na paměti, že se jedná o stáda mamutů a ne o jednotlivce. Vedle toho je však velký rozdíl i v tom, že stepní oblast Jakutska zaujímá pouze určitou relativně menší plochu, zatímco mamutí step byla pásmová a rozkládala se po celé Evropě. Jako přímou analogii nemůžeme proto Jakutsko použít.

Prvním nejdůležitějším faktorem, který je v úzkém vztahu se všemi ostatními, a který je proto nutné nejprve řešit, je otázka permafrostu. S nejvyšší pravděpodobností nemohl existovat v době prvních würmských interstadiálů, které byly klimaticky velmi podobné poslednímu interglaciálu, i když nedosáhly jeho klimatického optima. Proto také celá řada živočišných druhů charakteristických pro eem přechází ještě do spodního würmu.

Ještě středowürmský interstadiál (= interstadiál pod hradem) nenasvědčuje možnému vzniku permafrostu v níže položených krajinách.

Výrazný klimatický předěl nastává až po interstadiálu pod hradem. Tehdy dochází k poměrně velmi rychlé a velké změně podnebí, které se stává výrazně chladným. To vede k podstatné změně celého společenstva. V této době můžeme zaznamenat nástup typického výrazně studeného glaciálního klimatu. Je proto pravděpodobné, že permafrost v nižších polohách se mohl začít tvořit právě v této době.

Nejdůležitějším problémem je ovšem jeho rozšíření. Někteří naši geomorfologové dokazují, že se jednalo o plošné rozšíření po celém území, tedy nejen na horách a pahorkatinách, ale i v moravských úvalech. Nálezy rostlinných zbytků, tedy ne pouze pyl rostlin, který by mohl být zavát zdaleka, však ukazují, že existence permafrostu v údolí řek nebyla v některých obdobích možná. Viz např. rostlinné zbytky interstadiálu bohunice v Brněnské kotlině, dále pak rostlinné zbytky interstadiálu pavlov z Bulhar, Dolních Věstonic a Pavlova, které jsou nejdůležitejší, poněvadž pocházejí z nejchladnějšího období posledního glaciálu. Ani v tomto případě nesvědčí nálezy rostlin, jak makrozbytků, tak i pylů o permafrostu v oblasti těchto lokalit, tedy o jeho plošném rozšíření. Plošné rozšíření permafrostu musíme očekávat tedy především na horách a pahorkatinách, a ne v údolích větších řek.

Toto konstatování je ovšem v rozporu s mrazovými klíny, které nacházíme i ve spraších na okrajích moravských úvalů. Na jedné straně máme tedy dřeviny a některé druhy zvířat, které vylučují permafrost, na druhé straně pak mrazové klíny a jiné mrazové jevy, které mu nasvědčují, i když bychom zřejmě opustili myšlenku jeho velkých hloubek. Dnes je to ještě otázka těžko řešitelná, může však souviset s možnou krátkou dobou jejich vytváření v následujícím stadiálu (mrazové klíny jsou většinou epigenetické a to pouze do malých hloubek), nebo se bude jednat o lokálně podmíněné jevy související s vhodným podkladem na určitých lokalitách, tak jako je tomu i u rozšíření dřevin. Tomu by nasvědčovaly i nálezy kostí svišťů ve sprašových odkryvech. Ti totiž budují své nory až do hloubky skoro 5 m, v případě permafrostu by to nebylo možné. Také pištuchy *(Ochotona pusilla)* žijí dnes v aridních oblastech se srážkami kolem 600 mm/rok, bez permafrostu. Roční průměrné teploty se pohybují kolem 6 °C, červencové mají ca 20 °C. Týká se to i druhu *Lagurus lagurus* (pestruška písečná), který žije rovněž v oblasti bez permafrostu, srážek za rok je ca 500 mm, střední roční teplota je 4–6 °C, červencová pak 19 °C. Důležitým indikátorem prostředí je i sajga. Její nálezy předpokládají pouze stepní až polopouštní vegetaci a extrémně aridní klima s nízkou sněhovou pokrývkou (kritická výška se pohybuje mezi 25–30 cm). Léta jsou teplá (22–28 °C), zimy však snáší velmi tuhé s lednovým průměrem –6 až –16 °C, na severním okraji svého rozšíření však až do –45 °C.

Uvedené indicie ukazují tedy vždy na výrazné stepní podmínky, a nesvědčí přitom pro plošně rozšířený permafrost. Všechno ukazuje tedy na to, že permafrost nemohl mít

plošné rozšíření a jeho mocnost nebyla, aspoň v jihomoravských úvalech, tak velká, jak je někdy udáváno.

Přijmeme-li výše uvedenou skutečnost za správnou, musíme předpokládat poměrně velké rozdíly v rostlinném krytu, a to i na malé vzdálenosti. Toto konstatování, tento závěr, bych viděl jako nejdůležitější. I v poměrně malé oblasti mohlo docházet k velké environmentální diferenciaci. Zatím co vyšší polohy byly v chladných obdobích po většinu doby zcela bez rostlinného krytu – jedná se o zdrojové oblasti spraší, povrch nižších pahorkatin byl zřejmě pokryt převážně trávou a byl proto otevřený pro sedimentaci spraší – jednalo se o stepní, místy možná i o lesotepní oblasti, v širokých údolích větších řek rostly jehličnaté lesy, na příznivých místech se pak v nich nacházely i roztroušené listnaté stromy.

Je tedy pro tuto dobu ve stejném čase typická poměrně velká výšková diferenciace:

1. oblasti bez rostlinného krytu,
2. oblasti stepí případně lesostepí,
3. lesní pásy v údolích větších řek.

Právě tato údolí řek byla pro existenci zvířat a pro velkou diverzitu celého společenstva nejdůležitější. Na tyto oblasti byla pak především vázána i sídliště paleolitických lidí, jejichž hlavní ekonomickou základnou byl lov zvěře.

Druhová diverzita savců posledního glaciálu je nesmírně vysoká, mnohem vyšší než v nastupujícím holocénu a potvrzuje správnost výše uvedených předpokladů. Tento závěr však zároveň dokazuje sezónní pobyt velkých stád býložravců v jednotlivých typech krajiny. Zatímco např. sobi a koně se mohli pohybovat po celý rok po všech oblastech s jakýmkoliv rostlinným pokryvem, nebylo tomu tak již u stád mamutů a možná i nosorožců. Ti mohli žít ve stepích, které zřejmě zaujímaly největší plochu krajiny, pouze v tu část roku, kdy step byla vlhká a tráva byla zelená, tedy patrně pouze v jarních měsících. Jakmile začla tráva schnout, museli se nutně stěhovat do údolí řek. Tak tomu bylo samozřejmě i během zimy, v tomto případě však s největší pravděpodbností potrava na těchto místech nemohla pro velká stáda postačovat a muselo docházet k jejich migraci do klimaticky příznivějších oblastí.

Velkou důležitost hrají samozřejmě i průměrné roční teploty a z hlediska požadavků na pitnou vodu i teploty zimní. V pleniglaciálu byly průměrné roční teploty zcela určitě nižší než jsou dnešní. Je ovšem otázkou, o kolik byly nižší a hlavně, zda se vyskytovaly dlouhodobě teploty extrémní. Celá řada amerických badatelů došla na základě studia k tomu, že dlouhodobé extrémní teploty v této době neexistovaly (viz Musil 1997) a tento fakt umožnil soužití dnes alopatrických druhů rostlin a živočichů v jedné oblasti. Kdybychom totiž připustili extrémní nízké zimní teploty a hlavně dlouhou dobu jejich trvání, nutným důsledkem by bylo, že celá řada druhů by v zimní době nemohla na Moravě žít. Týká se to např. mamutů, kteří potřebují denně ke svému životu poměrně velké množství vody, kterou nemohou jiným způsobem nahradit. V případě promrznutí vody do velké hloubky by to znamenalo v zimě jejich migraci do klimaticky příznivějších šířek. Tomu však zatím jejich poměrně hojné nálezy ve spraších nenasvědčují, podobně jako i nálezy některých dalších zvířat (např. bobrů), kteří potřebují ke svému životu nehluboce zamrzlou vodu. Znamená to, že extrémně nízké teploty v zimě, pokud vůbec byly, nemohly trvat dlouho a v krajině se musela i v zimě nacházet ne do velké hloubky zamrzlá voda, ke které se mohla zvířata dostat.

Závěr

Názory na životní prostředí v posledním glaciálu se poznenáhlu mění. Dnes již většina odborníků netvrdí, že podnebí bylo nesmírně drsné, pro jakýkoliv život pesimální

a že průměrné roční teploty byly po dlouhou dobu tak hluboko pod bodem mrazu, že se nutně musel vytvořit až několik set metrů hluboký permafrost. V čem se tyto změny hlavně projevují:

1. Došlo se k poznání, že klima lokalit není možné zobecňovat na větší oblasti. Lokální diferenciace klimatu byla zřejmě poměrně velká. Zatím co dříve se vycházelo z obecných, pro celou oblast severní a střední Evropy platných předpokladů, dnes se již začínají rozlišovat jednotlivé menší oblasti, které mohou mít velmi různé klima. Dnešní klimatické studie ukazují na důležitost mozaikového tepla. Zatím co teplota vzduchu mezi severní a jižní exposicí terénu není příliš rozdílná, velký rozdíl je ve vyzařování tepla z povrchu půdy. Možná radiace na severních svazích na 65° s.š. je kolem 12 °C. Důsledkem větší insolace svahů s jižní exposicí v podélných říčních údolích byla nejen menší sněhová pokrývka v zimě, ale i kratší doba jejího trvání, nemluvě o bohatších zdrojích rostlinné potravy.

2. Dlouhodobá přítomnost permafrostu byla omezena jen na vyšší polohy. Pouze ty pak byly zcela bez rostlinného pokryvu. Nižší pahorkatiny byly pokryty travou nebo se jednalo o parkovou krajinu, v údolí větších řek se nacházely lesní porosty. Permafrost nebyl na Moravě rozšířen plošně a také jeho hloubka, i když byla lokálně různá, nedosahovala stovek metrů.

Tato skutečnost velké environmentální různorodosti krajiny sehrávala velkou úlohu nejen pokud se týče rostlinného pokryvu a na něm vázaného faunistického společenstva, ale i pro přítomnost tehdejších lidí. Vyšší polohy byly pro všechny tehdejší organismy bezcenné, nižší polohy byly pak důležité jen v humidním období, tj. hlavně na jaře, jistě ne v létě. Pouze údolí řek byla důležitá po celý rok, nejdůležitější pak v zimě. Znamená to, že pouze v jarních měsících mohlo docházet k přesunu lidských tlup na větší vzdálenosti mezi řekami, v zimních měsících se museli lidé nutně zdržovat v údolích řek nebo v jejich těsné blízkosti.

3. Již dříve při faunistické analýze společenstva savců Pavlova a Dolních Věstonic (Musil 1959) jsem mohl konstatovat, že kolem poblíž ležící řeky se nutně musel nacházet v době existence sídliště paleolitických lidí různě široký pás lesa podobný galeriovým lesům. Poslední studie (Klíma 1990) dokonce dokazují, že lesní porost sahal ještě dále než jsem předpokládal, a to až do svahů Pavlovských kopců, jak dokazují četné nálezy kmenů stromů, které tam rostly.

4. Rozbor uhlíků dřev z Dolních Věstonic a Pavlova a analýza pylu a rostlinných makrozbytků z rašeliniště v Bulharech, které je vzdáleno zhruba 6 km od Pavlova a je s kulturní vrstvou časově totožné, ukázal, že v žádném případě nemohl v této době, která je mimochodem nejchladnějším úsekem pleniglaciálu, existovat permafrost. Nalezené rostliny vylučují dokonce i extrémně nízké zimní teploty (Rybníčková, Rybníček 1991). Poslední studie podobných klimatických cyklů glaciálu a holocénu dokonce naznačují, že klimatický systém není zcela závislý na velikosti ledovců na Zemi (Oppo, McManus, Cullen 1998).

5. Listnaté stromy vyžadující teplejší podnebí se nemohly do oblasti jižní Moravy rozšířit až v této klimaticky nepříznivé době. Znamená to, že musíme předpokládat, že tam rostly nepřetržitě od posledního interglaciálu.

6. Pokud by byly v zimě tak nízké teploty, že by vodní plochy byly tak hluboko zamrzlé, že by nedovolovaly zvířatům dostat se k vodě, stáda mamutů by nutně musela z těchto oblastí migrovat v zimě do příznivějších šířek. Zatím však nic nesvědčí pro tuto úvahu.

7. Existenci větších sídlišť paleolitického člověka musíme předpokládat pouze v údolích větších řek. Důvody k založení velkých paleolitických sídlišt v Předmostí, Dol-

ních Věstonicích a Pavlově mohly být odlišné. V prvním případě se mohlo jednat především o snadný přístup k teplým pramenům nezamrzajícím ani v zimě, v druhém případě pak o existenci velkých ploch dřevin v úvalu řeky, které poskytovaly dostatek potravy pro býložravce i v zimě, nemluvě o vodě v tamějších bažinách. Tlak nohy slona je 510–660 g/cm^2, zvíře tedy mohlo poměrně snadno porušit souvislou ledovou plochu a dostat se tak k vodě.

8. Až do začátku 20. stol. existovala v Rusku velká podzimní migrace savců. Zvířata přitom používala po všechny roky stále stejné cesty a k překračování řek stále stejné brody. Na těchto místech je tehdejší lovci snadno lovili, a to po stovkách ba i po tisících (FORMOSOV 1990, in PUTCHKOV 1997). Totéž je nutné předpokládat i pro poslední glaciál a tento fakt hrál samozřejmě i velkou úlohu pro tehdejší lovce a pro umístění jejich sídlišť.

9. Velká druhová diverzita společenstva savců předpokládá i různorodost rostlinného krytu, v žádném případě ne pouze jednotvárnou stepní oblast (MUSIL 1997).

10. Představa posunu jednotlivých rostlinných zón v glaciálu jižním směrem a na ně vázaný stejný posun živočichů, se ukázal mylným. Ve skutečnosti docházelo ke smíchávání jednotlivých vegetačních zón a jejich fauny. Společenstva savců posledního glaciálu jsou tak složena z druhů, z nichž některé jsou dnes alopatrické. Bylo to umožněno tím, že neexistovaly větší extrémní letní a zimní teploty, že jak zimní tak i letní klima bylo spíše teplotně vyrovnané.

11. Biom posledního glaciálu byl specifický a v současné době neexistuje. Jakékoliv srovnávání s podmínkami dnešní tundry nebo tajgy je proto nutné brát obezřetně.

12. Frekvence a délka teplých a studených období byla velká a mohla se lokálně dost různě projevovat. Z toho důvodu je srovnávání interstadiálů na větší vzdálenosti někdy problematické. Možná, že by bylo lepší ani neužívat termíny interstadiál a stadiál a spíše mluvit o teplých a vlhkých a o studených a suchých eventech. Klimatická hodnota interstadiálů a stadiálů je velmi různá, je tak velká, že nejsou navzájem ani klimaticky srovnatelné a nakonec jejich definice vlastně ani neexistuje.

BIBLIOGRAFIE

CZUDEK, T., 1997: Reliéf Moravy a Slezska v kvartéru. – Sursum, 213 str., Tišnov.

DEMEK, J., 1989: Karst processes in cold climate (on the example of the Moravian Karst). – Czech Speleol. Society 1986–1989, 18–21, Praha.

FRANK, CH., NAGEL, D., RABEDER, G., 1997: Chronologie des österreichischen Plio-Pleistozäns. In: Pliozäne und pleistozäne Faunen Oesterreichs. – Mitt. d. Komiss. f. Quartärforschung d. Oesterr. Akad. d. Wiss. 10, 359–374, Wien.

JÄGER, KL. D., 1995: Umweltbedingungen und Umweltwandel während der letzen Kaltzeit in Mitteleuropa.– In: Man and environment in the Palaeolithic, E.R.A.U.L., 62, 67–75, Liege.

KLÍMA, B., 1963: Dolní Věstonice. Výzkum tábořiště lovců mamutů v letech 1947–1952. – Monumenta archaeologica 11, 427 str., Praha.

KLÍMA, B., 1990: Dřevěné zbytky z paleolitické stanice Dolní Věstonice. – In: Pravěké a slovanské osídlení Moravy, 7–14, Brno.

KRAUSE, H., 1998: The Mammoth and the Flood I, II. – pp. 739, Indira Printers, New Delhi.

LANG, G., 1994: Quartäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. – G. Fischer Verlag, 461 str., Stuttgart, New York.

MARKOVA, A. K., SMIRNOV, N. G., KOZHARINOV, A. V., KAZANTSEVA, N. E., SIMAKOVA, A. N., KITAEV, L. M., 1995: Late Pleistocene Distribution and Diversity of Mammals in Northern Eurasia. – Palaeontologia i Evolució, 28–29, 5–143, Sabadell.

MUSIL, R., 1959: Osteologický materiál z paleolitického sídliště v Pavlově. Část II. – Anthropozoikum 8, 83–106, Praha.

MUSIL, R., 1997: Klimatická konfrontace terestrických a marinních pleistocenních sedimentů. – In: Dynamika vztahů marinního a kontinentálního prostředí, 93–167, Brno.

OPPO, D. W., MCMANUS, J. F., CULLEN, J. L.,1998: Abrupt Climate Events 500,000 to 340,000 Years Ago: Evidence from Subpolar North Atlantic Sediments. – Science 279, 1335–1338.

OPRAVIL, E., 1988: Ergebnisse der Holzkohlenanalyze aus der Kůlna–Höhle. – In: Valoch K., Die Erforschung der Kůlna-Höhle, Anthropos 24 (N.S.16), 211–214, Brno.

PUTSHKOV, P. V., 1997: Were the mammoths killed by the warming? (Testing of the climatic versions of Würm extinctions). – Vestnik Zoologii, Supplement 4, 3–81, Kiev.

RINK, W. J., SCHWARZ, H. P., VALOCH, K., SEITL, L., STRINGER, C. B., 1996: ESR Dating of Micoquien Industry and Neanderthal Remains at Kůlna Cave, Czech Republic. – Journ. of Archaeol. Science 23, 889–901, Academic Press.

RYBNÍČKOVÁ, E., RYBNÍČEK, K., 1991: The environment of the Pavlovian – paleoecological results from Bulhary, South Moravia. – Palaeovegetational development in Europe, Pan-European Conference, 73–79, Vienna.

SVOBODA, J., SVOBODOVÁ, H., 1985: Les industries de type Bohunice dans leur cadre stratigraphique et écologique. – L'Anthropologie 89, No. 4, 505–514, Paris.

TYRÁČEK, J., 1995: IGCP projekt 253 končí. – Bull. of the Czech Geol. Survey 70, No. 3, 84–86, Praha.

VALOCH, K., 1989: Osídlení a klimatické změny v poslední době ledové na Moravě. – Acta Musei Moraviae 74, 7–34, Brno.

VAN ANDEL, T. H., TZEDAKIS, P. C., 1996: Palaeolithic landscapes of Europe and environs, 150,000–25,000 years ago: an overview. – Quaternary Science Reviews, 15, 481–500, E lsevier Science Ltd.

VAN ANDEL, T. H. a kol. (Ed.), 1997: Stage Three Project A summary of the deliberations and decisions of the phase one workshop. – 34 stran, Cambridge.

VAN ANDEL, T. H., 1998: Middle and Upper Palaeolithic environments and the calibration of ^{14}C dates beyond 10,000 BP., Antiquity, 72, No. 275, 26–33.

VAN ANDEL, T. H., TZEDAKIS, P. C., 1998: Priority and opportunity: reconstructing the European Middle Palaeolithic climate and landscape. – In: Science in Archaeology an agenda for the future (ed. J. Bayley), 37–45, English Heritage.

VAN ANDEL, T. H. a kol. (Ed.), 1998: State of the Stage Three Project at easter time 1998. – 20 stran, Cambridge.

VAN HUISSTEDEN, J., 1998: Feasibilitty of oxygen isotope stage 3 climate model validation with data from the Amsterdam Multi-Proxy Database for paleoclimate reconstruction. – Faculty of Earth Sciences, pp. 16, Amsterdam.

VOELKER, A. H. J. et al., 1998: Correlation of marine 14 C ages from the Nordic Seas with the gisp2 isotope record: Implications for radiocarbon calibration beyond 25 ka BP. – Radiocarbon, 20, pp. 19.

THE ENVIRONMENT IN THE LAST GLACIAL

The present state of information

In the original concept of the environment of the Last Glacial on the territory of Moravia it was to have been an inhospitable arctic desert situated in the whole periglacial region between the Alpine and the continental glaciation, with very low mean annual temperatures. In the whole region, both in the mountains and in the lowlands, the soil was frozen to the depth of 200–300 m, the plant cover was mostly only grassy, under climatically more favourable exposition bushy, corresponding roughly to the present taiga or tundra.

New information of the individual branches of science started changing this view of the environment gradually, in some branches more, in others less. At present the views of the then environment are strongly differentiated and in some cases they are even diametrically opposed.

The environment on the basis of geomorphological data

One of the fundamental controversial problems is the existence of areal permafrost on the territory of Moravia, whether it was continuous or whether it was spread in the form of islets, whether it was also situated in the lowlands or above all in higher heights above sea level, what depth it could reach and/or what time it needed for its rise. In any case, its existence requires negative mean annual temperatures. Above all some geomorphologists believe that there is a lot of evidence about its areal distribution, not only for the regions of hilly lands and mountains, but also for the regions of the Moravian basins (one of the proofs should be the travertines in the lower part of the Hornomoravský úval basin which should not be formed in the glacial, because the soil was frozen to a great depth, thus interrupting the ascending springs – TYRÁČEK 1995). The mean air temperature should have been considerably lower than it is today. The calculated thickness of permafrost in the period between the Denekamp and Bölling should have been 50–250 m (CZUDEK 1997) or even 300 m (e.g. on the territory of the Moravian Karst – DEMEK 1989). According to the above authors, permafrost should have been spread continuously about the area (above all in the period of 45–40 ka BP). Its maximum development

was then in the period of 20–18 ka BP. Its gradual thawing should have started only in the Bölling, its decay, however, as late as at the beginning of Alleröd. In mountainous regions it should have persisted in places until the beginning of Atlantic, in lower regions up to that time only below the surface of the terrain (CZUDEK 1997).

The formation of permafrost is conditioned by a long lasting negative mean annual temperature. CZUDEK (1997) assumes for Dolnomoravský úval basin (south Moravia) mean annual temperatures of –2 to –3 °C and the maximum thickness of permafrost in that region 60–85 m, for the Vizovická vrchovina Hilly land –2 to –4 °C and the maximum thickness of permafrost 70–130 m, for the mountain range of the Hrubý Jeseník –7 to –8 °C and the maximum thickness of permafrost 220–245 m. DEMEK (1989) assumes still lower mean winter temperatures, below –20 °C and possible sudden temperature drops to even –40 °C.

Evidence of the presence of areal permafrost and negative mean annual temperatures is, according to the authors, also the frost weathering of rocks along cracks which are found to the depths of 50–60 m, and frost wedges known from numerous loess exposures. They are also known from the loesses of south Moravia which is the warmest region of our republic today. For their rise the surface temperature must have been lower than –5 °C and the mean air temperatures in January and February are supposed to have been as low as about –30 °C (CZUDEK 1997).

On the basis of the study of periglacial structures it is possible, according to CZUDEK (1997) to assume that the mean annual air temperature in Moravia varied about –8 °C, in some periods even between –10 to –12 °C, the mean winter temperatures reaching –25 to –30 °C. As compared with the present it means a drop by about 15 to 18 °C.

On the basis of some Austrian localities some colleagues there think that the period of middle Würm, i.e. 65,000–34,000 BP, was roughly the same as the present, as far as the temperature is concerned, and on the basis of a rich community of thermophile snails and trees they conclude that it was not an interstadial, but an interglacial. They dispute that whereas the glaciers of northern Europe had a greater extent than the present ones, the glaciers in the Alps diminished and the forest limit was even 200–300 m higher than the present one. The landscape was covered with deciduous forests (mostly maples and ashes) which were interrupted by areas of open steppes (FRANK, NAGEL, RABEDER 1997).

What can be said to it. First, the length of that warm period is improbably long due to the quickly changing temperature variations, and the interglacial character is, in my opinion, too much overdone. Evidently it might be one of the very warm variations. But the most interesting is the above relation between the different expansion of glaciers in the north of Europe and in the Alps which might confirm a relatively great diversity of the individual regions and thus also major local changes.

In a voluminous and well-funded book about the relief of Moravia and Silesia in the Quaternary CZUDEK (1997) mentions a consideration about the amount of annual precipitation. He comes to a conclusion that in the lower regions it varied about 200–250 mm/year, in some years less (150–200 mm/year), in mountainous regions it was higher, about 700 mm/year.

The environment on the basis of phytopaleontological data

An important branch of science contributing by a lot of objective information to the knowledge of the environment of the Last Glacial is phytopaleontology. Its information should be divided into two parts, a more or less general one concerning the whole of central Europe, i.e. more or less averaged values, and a part concerning particularly only Moravia, i.e. information of rather local character.

Part a

Interstadials of the lower part of the Last Glacial (Amersfoort, Brörup and Odderade) are, according to the present knowledge, characterised by a continuous distribution of forests about the whole territory of Europe, stadials by their retreat. In the pleniglacial both interstadials and stadials are, unlike the preceding period, without a continuous forest cover.

Generally, as far as the plant cover is concerned, several possibilities are accepted today. In the first variant in the warm periods of the stage OIS-3 south of the Alps mixed deciduous forests were distributed with some Mediterranean elements, the forests covering roughly one-half of the territory, the remaining areas being steppes. North of the Alps, up to the 48° n.l. only coniferous trees were distributed, the forests covering only 22% of the whole area. North of 48° n.l. there was a bushy tundra without trees. In the second variant grass covers most of southern and central Europe, the tundra being spread only in Scandinavia and the polar desert having a very limited extent, only in the immediate proximity of the glacier. The third variant counts with a park-like landscape with coniferous trees to which deciduous trees are admixed. This type of cover is assumed in southern and central Europe (Stage Three Project, Cambridge 1997).

The explorations from south Moravia, situated between 48–49 ° n.l. have shown that even in that space, although only in the valleys of major streams, coniferous forests with interspersed deciduous trees existed. Grassy steppes were everywhere excepting those valleys (see further text).

Vegetation of interstadials

The interstadial variation of Amersfoort with Brörup did not last long, it includes only 5,000 to 10,000 years. But from the Mediterranean up to the coast of the North Sea there was an areal forestation of the whole of Europe by the following species: *Betula* sp., *Pinus* sp., *Abies* sp., *Larix* sp., *Alnus* sp., *Corylus* sp., *Quercus* sp., *Carpinus* sp., *Fagus* sp., *Buxus* sp., *Ilex* sp., *Hedera* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp.

The same wood species are also known from the subsequent interstadial Odderade. That means that in the lower part of the Last Glacial a rather warm to almost interglacial climate must be assumed, although it is already a glacial. At that time permafrost could not exist on the studied territory.

Pleniglacial interstadials Oerel and Glinde are already characterised by tundra elements *Betula nana* (birch), *Calunna* sp. (heather) and *Empetrum* sp. In further interstadials (Moereshoofd, Hengelo and Denekamp) there was already the vegetation of the open tundra.

The structure of the tree vegetation of the last interstadial exhibits the reduction of the individual wood species and the reduction of the forest cover evidently not only as a consequence of the dropping mean annual temperature, but also the reduction of precipitation, as shown by our investigation in Moravia. The greatest temperature drop is represented by the period of Denekamp and the subsequent stadial.

Vegetation of the stadials and the interstadials in the pleniglacial

Although continuous forests did not exist at that time, the interstadials and the stadials were, as is known today, not quite devoid of wood species. An important role was played not only by the reduced mean annual temperature, but also a smaller amount of precipitation and, above all, local climate. Between 25,000–15,000 BP tundra, tundra-steppe and steppe vegetation prevailed in the northern part of central Europe, adapted to both cold winters and dry conditions. It was a mosaic of different plant species that could even change strongly locally. In contrast to the present region of the tundra and the taiga it is necessary, in central Europe at that time, to reckon with higher solar radiation causing stronger warming. In the pleniglacial of the British Isles even continental climate could be found at that time with summer temperatures only slightly lower than the present ones, but with low winter temperatures (BELL 1969, GODWIN 1975 in LANG 1994). In no case, however, there were negative mean annual temperatures.

The present studies stress the local climatic deviations and assume relatively numerous refugia of the following wood species in some parts of Europe (LANG 1994):

The British Isles: *Pinus diploxylon*

Brittany: *Alnus* sp.

Bay of Biscay: *Quercus* sp., *Ulmus* sp., *Alnus* sp., *Corylus* sp.

The north of Russia: *Alnus* sp.

The northern part of central Russia: *Picea* sp., *Ulmus*?

The southern part of central Russia: *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp., *Corylus*?

The Ukraine and the surroundings of the Black Sea: *Acer?, Ulmus?, Alnus* sp.

The Western and Central Alps: *Pinus diploxylon, Pinus Haploxylon, Larix* sp., *Quercus* sp., *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Tilia* sp., *Fraxinus excelsior.*

The Eastern Alps and the Carpathians: *Pinus diploxylon, Pinus haploxylon, Picea* sp., *Larix* sp., *Abies* sp., *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Alnus* sp., *Tilia* sp., *Fraxinus excelsior, Carpinus betulus.*

Southern Poland: *Pinus diploxylon, Larix* sp.

The NW part of the Iberian Peninsula: *Pinus diploxylon, Quercus* sp., *Alnus* sp., *Fraxinus excelsior.*

Southern France: *Pinus diploxylon, Quercus* sp., *Acer* sp., *Ulmus* sp., *Fagus?*

It concerns the whole pleniglacial, detailed time data or localisation have, however, not been indicated. If we compare those plant communities which are certainly not complete with earlier ideas, we must evidently admit great local differences. Even in the coldest stadial of the Würm there existed in Europe, according to LANG (1994), dispersed and isolated islets of the most different wood species. They were probably river valleys and submontaneous regions. That is, of course, quite a different picture of the then environment than was considered earlier, and it does not confirm the areal distribution of permafrost. According to LANG (1994), the presence of such refugia even in the periglacial space, i.e. in the region of the Alps and the Carpathians is surprising. According to him, not only coniferous forests which are fully documented on the basis of macroremains, persisted there, but also the most different species of deciduous trees.

From the above data it follows that it is not possible to compare European regions temporally equal but climatically perhaps different as far as the plants are concerned and that a great part was played by local factors.

Part b

As for the Moravian localities with a major amount of finds, the finding places are not so few, as might be expected, but they do not constitute an unbroken time line. Despite that, they are important from the viewpoints of information about the climate of the Last Glacial, the finds of plants of the end of the glacial have a greater importance than the local one.

Plant remains occurring in major amounts come from the following localities:

1. The cave Kůlna, layers 8a and 8. These layers are considered, on the basis of the finds of mammals, to be a temperated stadial and from them there come charred pieces of *Abies alba, Abies* sp. According to OPRAVIL (1988) they indicate the presence of forest coniferous stands with mild to cold climate.

2. The cave Kůlna, layer 7c. Carbonised pieces come from the following wood species: *Abies alba,* cf. *Abies alba, Abies/Picea, Picea/Larix,* cf. *Picea excelsa, Pinus* sp. According to OPRAVIL (1988) coniferous stands with moist and mildly cold climate. Interstadial Kůlna.

3. The cave Kůlna, layer 7a. Flora: *Pinus* sp., cf. *Pinus, Euonymus* sp., *Picea excelsa, Picea/Larix, Acer* cf. *pseudoplatanus, cf. Corylus, Fraxinus* sp., an unidentifiable deciduous tree (OPRAVIL 1988, VALOCH 1989). This evidently concerns a warmer period, the existence of permafrost must be excluded. Dating ESR, a mean of several data: 46,600 ± 6,000 BP, 50,000 ± 5,000, ^{14}C datum 45,660 + 2,850 – 2,200 BP.

4. A further locality in time is Bohunice, where in fossil soil, in the form of carbonised pieces of wood species the most frequently represented was *Abies* sp., further *Picea* sp., and individually also deciduous trees: *Acer pseudoplatanus, Acer* sp., *Sorbus* sp., *Ulmus* sp. The pollen analysis then demonstrated the following species: *Betula* sp., *Pinus* sp., *Corylus* sp. The herb pollen highly prevailed over the wood species pollen (SVOBODA, SVOBODOVÁ 1985). The plant community quite excludes the possibility of the existence of permafrost and indicates a relatively warm interstadial climate. That is, after all, also confirmed by the summer curve of solar radiation calculated for 65 ° N.L. in relation to the orbital parameters of the Earth which in the period of about 40,000 BP places a warm interval (Stage Three Project, Cambridge 1997). Isotope dating: 40,173 ± 1,200 BP. Interstadial Bohunice.

5. Stránská skála rock III. Isotope dating: 41,300 + 3,100 – 2,200 BP, i.e. roughly the same age as Bohunice. Stranská skála rock IIIa: Isotope dating 38,500 ± 1,000 BP, 38,200 ± 1,100 BP. The plants found: *Pinus* sp., *Abies* sp., *Alnus* sp., *Picea* sp., *Betula* sp., *Salix* sp., *Larix* sp., *Quercus* sp., different species of herbs (SVOBODOVÁ 1987). Interstadial Bohunice.

6. The last relatively warm period in the Last Glacial, quickly followed by cold, typically glacial climate. In view of the fact that it is followed by a sudden climatic change, I mention it, although no plant remains are known from it. The interstadial is characterised in Moravia by a great number of cave bears, the last large presence of auerochses and bisons, large stags similar to marals, etc. The ^{14}C data from the type locality Pod hradem: 33,300 ± 1,100 BP, 29,400 ± 230 BP, 33,100 ± 530 BP (humus), 28,200 ± 950 BP (burnt bones). 29,200 ± 950 BP. Interstadial Pod hradem.

7. Immediately after this interstadial there follows a very quick turn of the climate which becomes very cold, which is immediately reflected in the pattern of the faunistic community. It is not excluded that it is the very time when frost wedges could arise in the loesses of lower situated regions. This period agrees in time with the cold interval calculated on the basis of solar radiation for the time about 30,000 BP (Stage Three Project, Cambridge 1997).

8. Dolní Věstonice, cultural layer. Isotope data vary between 27,900 ± 550 BP and 25,570 ± 280 BP. I consider data about 29,000 BP to be problematic. From the cultural layer there come carbonised pieces from a whole number of trees (SLAVÍKOVÁ–VESELÁ, VODIČKOVÁ–KNEBLOVÁ, OPRAVIL, all in KLÍMA 1963). The above authors determined the following wood species: *Abies alba,* cf. *Abies, Larix decidua,* cf. *Larix, Picea excelsa,* cf. *Picea, Picea/Larix, Pinus sylvestris, Pinus cembra, Pinus mugo, Pinus* sp., *Juniperus communis, Taxus baccata,* cf. *Ulmus, Salix* sp., *Fagus sylvatica.*Fractions of coniferous stems had the diameter of as much as 30 cm and the length of 40 cm and they originated from slopes, from the place where they had originally been growing. KLÍMA (1963) derives from it continuous forest stands also on the slopes above the river valley. Interstadial Pavlov.

9. Bulhary. It is situated about 6–7 km from Dolní Věstonice and in peats of the age of 26,675 + 2,750 – 2,045 BP (identical in time with the cultural layer at Dolní Věstonice) rich flora was found confirming the finds of wood species at Dolní Věstonice and completing them by a number of further species (RYBNÍČKOVÁ, RYBNÍČEK 1991). Both water and paludal plants were found (altogether 16 species) and upland plants and a change in the plant cover could be documented from the forest covered landscape up to the open grass covered steppe.The forest consisted of the following wood species: *Pinus sylvestris, Pinus* cf. *mugo, Pinus cembra, Picea (abies?), Larix europaea, Juniperus communis, Betula* sp. Further deciduous trees evidently did not form a continuous stand, but they were dispersed: *Ulmus* sp., *Acer* sp., *Corylus* sp., *Quercus* sp., *Tilia* sp., *Salix* sp., *Alnus* sp. The pattern indicates a favourable climate and forest stands with major grass covered areas.

The following herbs were present: *Filipendula* sp., *Petasites* sp., *Valeriana* sp., *Urtica* sp., *Cyperaceae, Ephedra* sp., *Helianthemum* sp., *Primula* sp. and 32 other herb species.

On the basis of the plant analysis the authors believe that the climate was continental and cold. The presence of some deciduous trees excludes extremely low winter temperatures or even the presence of permafrost. The authors estimate annual mean temperatures to be 2–3 °C and they assume larger differences between high summer and low winter temperatures. They evaluate the production of vegetation as very high and quite sufficient for the nutrition of herds of big herbivores. Interstadial Pavlov.

The vegetation pattern thus shows quite a different view of the landscape than was earlier given. It is necessary to realise that it was the coldest period of the Last Glacial.

10. Caves of the Moravian Karst with the cultural layer of the Magdalenian. The flora found: *Pinus* sp., *Acer platanoides, Abies* sp., *Larix* sp. Pollen of grasses and herbs prevails.

The environment on the basis of palaeozoological data

The last part that can contribute to the analysis of the then environment are mammals, and as far as the very finding place is concerned, also gastropods. The species diversity is very high, much greater than in the subsequent Holocene. In general the rule holds that the greater the species diversity, the more varied must be the plant cover.

The mammoth represents one of the main components of the then community, and it occurred in Moravia in big herds.

Its remains are found all over Europe and all over Siberia. Their herds moved on relatively large distances, even in the course of one day, but still greater were their migrations between the winter and the summer which in that case took place around the water streams. In Moravia it was above all the Morava River and the Dyje River, from among smaller rivers the Svratka. We assume that these seasonal migrations of the meridian direction were directed at the beginning of summer from the Pannonian lowland to north European lowlands via the broad floodplain of the Danube, the Morava and through the Moravska brána gateway further to the north, at the beginning of winter in the opposite direction. They passed hilly lands, not only due to the sloping field, but due to the lack of food.

The fundamental problem of the existence of mammoths in a certain region is the amount of vegetable food, its composition and at the same time the amount of energy the elephant obtains from it. This factor is, of course, different in the course of the year.

If the period with dry food lasts for a long time, the food gets far beyond the need of the elephants, they slowly lose weight and gradually die, although their stomachs are full.

The main factor of the dying of elephants need by far not be the lack of vegetable food, but its drying due to the lack of precipitation, when it does not contain sufficient energy. For that reason the annual amount of the produced vegetable matter is not so important as rather its seasonal production. The main factor is thus the annual distribution of precipitation and the monthly production of vegetable matter and not the mean annual precipitation. With the amount of vegetable (dry) matter of about 200 g per 1 m^2 per month they already die (KRAUSE 1998). Today's elephants, like rhinoceroses, are extremely sensitive to drought. They are equipped with a less effective digestion system than other herbivores. The most affected are in this situation old females and their calves, less the males which need not take care of the calves and are therefore more mobile.

In the dry period elephants therefore stay near permanent water where they still find green vegetation and they feed prevailingly on small branches of bushes and trees and on water plants. If the case occurs that all vegetable food near the water has been consumed, they try to migrate into other regions where there would be more food. If they do not find such a region in a short time, they return to their original place.

In mammoths a similar, if not identical, way of life can be assumed as in today's elephants and the above information throws more light into the period of the Last Glacial. As an example let us take the most important Moravian stations of palaeolithic man of that time, Předmostí, Dolní Věstonice and Pavlov. Both at Dolní Věstonice and at Předmostí there were enormous amounts of those animals. In the former case the habitation was situated directly above the broad flood plain of the Dyje River and near the stream and the habitation there were peat bogs (see e.g. Bulhary). It was a region where there was still green food for the whole dry period. On the basis of the above information it must thus be assumed that the region must have attracted whole herds of mammoths in the dry summer or in winter by its green food. The habitation of the then palaeolithic man was very suitably strategically situated from the viewpoint of hunting.

The latter case, Předmostí, is somewhat different. That locality is also situated in the broad flood plain of the rivers Morava and Bečva, where also extensive forest stands lining the two rivers must be assumed. The existing water outflows near the travertines in the surroundings of Předmostí are relatively warm today, so that they do not freeze up even in winter. It is not excluded (although some specialists believe that deep permafrost did not allow their outflow in the glacial) that it need not have been quite like that. Warm springs could flow out to the surface also in the stadials and/or in periods of drought and, besides the river, they could be another suitable place for the stay of mammoths above all in the period unfavourable for them, i.e. in winter (easily accessible water necessary for their life). The existence of the palaeolithic habitation at Předmostí seems to have been evoked by other factors than those in south Moravia.

So far we have written about the food of mammoths and its energetic value. Like food, also water is important for mammoths. Not only in summer, but above all in winter, when they fed on dry food, the mammoths required daily a relatively large amount of water. If anyone considers the possibility that they could get a cer-

tain amount of water by eating branches of trees with hoar frost, that amount is quite insufficient. The same also holds for snow.

One more factor could help for the survival of mammoths in the period of water scarcity, i.e. the fat layer in the body that can gradually change into water. Its thickness in adult mammoths is about 9 cm. The fat weighing 100 g can change into 107 g of water. If the mammoth weighed 4,000 kg and formed by autumn a fat layer of 400 kg, it could get from it only 428 l of water. If it lived only on dry food, that change of fat into water would suffice for only slightly more than 5 days. Even that way of obtaining water is thus rather theoretical.

Herds of mammoths could live in a landscape only if water was there. In summer, with humid climate, it was evidently no trouble. It was worse with arid climate, but even then there could be water streams there coming from other places. But it would be quite impossible in winter, if there were such winters there as some consider. That would mean that the water was frozen up to such depth that it was inaccessible for animals and mammoths could not stay there and they would have to migrate into more southern and favourable regions. Thus it follows that if we admit a great drop of temperature in the winter months, we must also admit the migration of mammoths in the meridian direction and thus their absence in Moravia. In winter the surroundings of Předmostí and Dolní Věstonice would have to be without mammoths.

If the periglacial landscape in Moravia looked the same as today's Arctic region, vegetable food could not be sufficient for large herds of herbivores, not to speak about the fact that for more than six months a large component of food, herbs, would be missing. In the course of several weeks the animals in such a landscape would starve to death.

Main factors of the environment

The above brief analyses of the environment on the basis of some branches of science indicate relatively great differences in the views of the environment in the Last Glacial to which, on the basis of their specific and certainly also objective factors the individual facts the individual branches of science have arrived. Let us therefore compare the confirmative statement value of the individual factors to arrive at a certain conclusion. It is sure that some of the conclusions will have the form of preliminary working hypotheses, others, as I believe, will be confirmatively sure.

The original, so far many a time surviving assumption was that in the space between the Alpine and the continental glaciations there was permafrost several hundred meters deep with areally distributed periglacial steppe tundra. All palaeontological data certainly point to the fact that it is evidently necessary to climatically differentiate the periods of interstadials and stadials, but above all it is necessary to differentiate the periods of Lower Würm and Upper Würm which are diametrically different as for temperature and the amount of precipitation. Generally it can be stated that paleontological data rather indicate dry to extremely dry continental climate with cold winters and a small amount of snow precipitation. The pleniglacial or the Late Glacial was then the coldest period at all of the Last Glacial. It is necessary to stress the fact that a great majority of changes of the Last Glacial had a continuous course and was not catastrophic.

Today we already know that the ecosystem of the Last Glacial is not analogous with any one of today, that there was not a mere shift of the individual biomes, as had been assumed before. A biome typical of the Last Glacial does in fact not exist at present. The disharmonic communities formed were made possible by the environmental mosaic which has no counterpart in Europe today. The main limiting factors for the individual species were not the mean annual temperatures, but extreme summer and winter temperatures and, of course, the distribution and amount of annual precipitation. The consequence of a great environmental mosaic is then a great species diversity (Musil 1997).

The first most important factor which is in close relation with all others and which must therefore be solved first is the problem of permafrost. With greatest probability it could not exist at the time of the first Würm interstadials which were climatically very similar to the Last Interglacial, even though they did not reach its climatic optimum. Therefore also a whole number of animal species characteristic of Eemian pass into the Lower Würm.

A marked climatic dividing line sets in in Moravia only after the Interstadial Pod hradem (= Hengelo). At that time there occurs a very quick and great change in climate which becomes markedly cold. That leads to a substantial change in the whole community. Only at that time can be recorded the onset of the typical conspicuously cold glacial climate. It is thus probable that permafrost in lower positions could start to be formed at that very time.

The most important problem is, of course, its expansion. Geomorphologists prove that it was only an areal expansion all over the territory, i.e. not only in the mountains and hilly lands, but also in the Moravian basins. Finds of plant remains, not only pollen of plants that could be transported by air from far, however show that the existence of permafrost in river valleys was not possible in some periods. See e.g. plant remains of interstadial Bohunice in the Brno basin, and further plant remains of the interstadial Pavlov from Bulhary, Dolní Věstonice and Pavlov which are the most important, because they come from the coldest periods of the Last Glacial. But even in this case the finds of plant remains, both macroremains and pollens, do not witness

permafrost in those localities, i.e. its areal expansion. The areal expansion of permafrost must be thus expected above all in the mountains and hilly lands, but not in valleys of major streams.

This statement is, of course, in contradiction with frost wedges that are also found in loesses at the edges of Moravian basins. On the one hand there are wood species and some animal species that exclude permafrost, on the other hand frost wedges and other frost phenomena which confirm it, even if the idea of great depths were abandoned. At present this problem is still hard to solve, but it can be connected with the short time of its formation in the subsequent stadial (frost wedges are mostly epigenetic), only into small depths or they are locally conditioned phenomena connected with a suitable substrate at certain localities, as is also the case with wood species. That would also be confirmed by finds of bones of marmots in loess exposures. They build their burrows up to the depth of 5 m, in the case of permafrost this would not be possible. Also *Ochotona pusilla* live today in arid areas with precipitation about 600 mm/year, without permafrost. Annual mean temperatures vary about 6 °C, the July ones about 20 °C. That also concerns the species *Lagurus lagurus* which also lives in a region without permafrost, precipitation is about 500 mm per year, the mean annual temperature is 4–6 °C, the July one 19 °C. An important indicator of the environment is also the saiga. Its finds assume only steppe to semidesert vegetation and extremely arid climate with low snow cover (critical thicknes varying between 25–30 cm). Summers are warm (22–28 °C), but it can withstand very hard winters with the January mean of –6 to –16 °C, at the northern margin of its distribution up to –45 °C.

All the above circumstantial evidence indicates locally conspicuously steppe conditions without areal expansion of permafrost. All that witnesses the fact that permafrost did not have areal expansion and its thickness was not, at least in the Moravian basins, as large as is sometimes described.

If we accept the above fact to be correct, we must above all assume relatively great differences in the plant cover also in small distances. Whereas higher positions were for most time quite without the plant cover – they are source regions of loesses, the surface of lower hilly lands was covered with grass and thus it was open for the sedimentation of loesses – they were steppe and in places maybe forest steppe regions, in the broad valleys of major streams coniferous forests grew, at favourable places interspersed with deciduous trees. These very regions were the most important for the existence of animals and for the great diversity of the whole community. To those regions were bound also the settlements of palaeolithic people whose main economic basis was the hunting of game.

The species diversity of mammals of the Last Glacial is extremely high, much higher than in the onsetting Holocene, thus confirming the correctness of the above assumptions. This conclusion at the same time proves the seasonal sojourn of big herds of herbivores in the individual landscape types. Whereas e.g. reindeer and horses could move about all regions with any plant cover throughout the year, this was not the case in herds of mammoths and perhaps rhinoceroses. They could live in steppes taking up the largest area of the landscape only in that part of the year when the steppe was moist and the grass green, i.e. evidently only in the spring months. As soon as the grass started withering, they had to move necessarily to the river valleys. This was also the case during the winter, in that case, however, the food in those places was not sufficient for big heards and they had to migrate into more favourable regions.

Of great importance are, of course, mean annual temperatures, and from the point of view of drinking water also the winter temperatures. In the pleniglacial the mean annual temperatures were certainly lower than the present ones. It is, of course, a question how much lower they were and whether extreme temperatures occurred. On the basis of studies a number of American scholars have arrived at the fact that extreme temperatures did not exist at that time (see MUSIL 1997) and that fact made the coexistence of today alopatric species of plants and animals possible in one region. If we admitted extremely low winter temperatures and mainly a long period of their duration, the necessary consequence would be the fact that a whole number of species could not live in Moravia in the winter season. That concerns above all the mammoths who need every day for their life not only large amounts of vegetable food, but also a relatively large amount of water which cannot be replaced in any other way. In the case of water freezing to a large depth and thus the impossibility of using it that would mean in winter their migration into climatically more favourable latitudes. But that is not witnessed by relatively ample finds in the loesses, the same as the finds of some other animals (such as beavers) who need for their life not deep frozen water. That means that extremely low temperatures, if any, could not last long and in the landscape the water frozen to a great depth which the animals could not use did not occur.

Conclusion

The views of the environment in the Last Glacial are slowly changing. Today most specialist do no longer maintain that the climate was extremely harsh, pessimal for any life, and that the mean annual temperatures were so long below the freezing point that permafrost several hundred meters deep had necessarily been formed. In which are these changes mainly reflected:

1. It has been recognised that it is not possible to generalise the climate of localities to major regions. The local differentiation of the climate was evidently very great. Whereas formerly the whole region of central and northern Europe was based on general assumptions, today the individual minor regions begin to be diffe-

rentiated which can have very different climates. The present climatic studies show the importance of the mosaic heat. Air temperature between the northern and the southern expositions of the terrain is not too different, but there is a great difference in the radiation of heat from the soil surface. The possible radiation on the northern slopes at 65° N.L. is about 12 °C, which corresponds roughly to 80° N.L.

2. The long-term presence of permafrost was limited to only higher positions. Only they were quite without the plant cover. Lower hilly lands were covered with grass or they were a park landscape, in the valleys of major streams there were forest stands. Permafrost was not expanded areally in Moravia and its depth, although locally different, did not reach hundreds of metres.

3. Earlier in the faunistic analysis of the community of mammals of Pavlov and Dolní Věstonice (MUSIL 1959) I had to state that along the nearby river, at the time of the existence of the settlement of palaeolithic people, a belt of forest of different width, similar to gallery forests, must have existed. The latest studies (KLÍMA 1990) even prove that the forest stand reached even further than I had supposed, viz. up to the slopes of the Pavlovské vrchy Hills, as documented by numerous finds of stems of trees that were growing there.

4. The analysis of charred wood of Dolní Věstonice and Pavlov and the analysis of pollen and plant macroremains from the peat bog at Bulhary, which is about 6 km away from Pavlov and with the cultural layer it is identical in time with it, has shown that in no case permafrost could exist there at that time which, by the way, is the coldest period of the Pleniglacial. The plants found even exclude extremely low winter temperatures (RYBNÍČKOVÁ, RYBNÍČEK 1991). The latest studies of detailed climatic cycles of the Glacial and the Holocene even indicate that the climatic system is not quite dependent on the amount of ice on the Earth (OPPO, MCMANUS, CULLEN 1998).

5. Deciduous trees requiring a warmer climate could not spread into the area only in that climatically unfavourable period. That means that it must be assumed that they had grown there continuously from the Last Interglacial.

6. If there were such low temperatures in winter that the water bodies were frozen so deep as not to enable the animals to drink, the herds of mammoths would have necessarily have to migrate from the region into more favourable latitudes. So far nothing speaks in favour of this consideration.

7. The reasons for establishing large palaeolithic settlements at Předmostí, Dolní Věstonice and Pavlov could be different. In the former case it may have been above all an easy access to warm springs not freezing even in winter, in the latter case the existence of large areas of wood species in the river basin which yielded sufficient food for the herbivores even in winter.

8. A great species diversity of the mammal community also assumes a diversity of the plant cover, in no case only a uniform steppe region (MUSIL 1997).

9. The idea of the shift of the individual plant zones in the glacial towards the south and the same shift of animals linked up with it has proved erroneous. In fact there occurred a mixing of the individual vegetation zones and their fauna. Communities of mammals of the Last Glacial thus consist of species some of which are alopatric today. This was made possible by the fact that there did not exist major extreme summer and winter temperatures, that the climate was rather temperature balanced.

10. The biome of the Last Glacial was specific and it does not exist at present. Any comparison with the conditions of today's tundra or taiga must be taken with care.

11. The frequency of warm and cold periods was great and it could be expressed quite differently locally. For that reason the comparison of interstadials for large distances is sometimes problematic. It might be better not to use the terms interstadial and stadial and rather speak of warm and wet and of cold and dry events. The climatic value of the interstadials and stadials is namely much different, so great that they are not comparable with each other or climatically, and in the end their definition does not exist.