HYPOTÉZA O GLOBÁLNÍM OTEPLOVÁNÍ A PŮDNÍ HYDROLOGIE

Miroslav Kutílek[1]

Abstrakt

Současné globální oteplování je součástí klimatických oscilací probíhajících v Holocénu a lze ho uvažovat jako návrat ke středním hodnotám po dřívější Malé době ledové. Tato klimatická změna je způsobená spolupůsobením několika faktorů, mezi nimiž je skleníkový efekt, jehož vliv však nepovažuji za dominantní, podobně jako u 8 hlavních teplých period Holocénu. Nelze tedy předpokládat, že uskutečňování politiky na snížení emisí CO_2 by výrazně změnilo současný chod globálního oteplování. Z toho vyplývá nutnost upravit výzkum v půdní hydrologii a zaměřit se na opatření zmírňující negativní dopady některých změn.

Klíčová slova: globální oteplení; skleníková hypotéza; Holocén; paleopedologie; půdní hydrologie.

1. Hypotéza o globálním oteplování

V materiálech IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) se uvádí, že za posledních 100 let se zvýšila globální teplota o 0,74 °C. Přitom nejslabší vzrůst teploty byl v tropickém pásmu, zatímco se vzrůstající šířkou se hodnota zvýšené teploty také zvyšuje, na našich šířkách to je již více než 0,74 °C. Protože se ve stejném období zvýšil obsah CO_2 v atmosféře z přibližně 295 ppm až na současných téměř 390 ppm a protože CO_2 způsobuje skleníkový efekt (odtud název skleníkový plyn), byla přijata hypotéza o dominantním vlivu CO_2 na vzrůst teploty a tedy i na klimatickou změnu.

Obor geologie se zabývá nejen shromažďováním a tříděním materiálů o jednotlivých geologických periodách a epochách, ale také vysvětluje příčiny vzniku jednotlivých útvarů. Ke studiu těchto příčin patří také minulé klima, tedy součástí zájmu geologie je paleoklimatologie. Vzájemné vztahy jsou postupně objasňovány. Vliv na změny klimatu má řada faktorů, některé působí až v delším geologickém měřítku času, některé působí téměř bezprostředně potom, co se objeví. Jedná o velmi komplikovaný systém, ve kterém se vztah mezi určitým faktorem a očekávanou změnou tepelné bilance projevuje jako nelineární a obtížně matematicky popsatelný. Základními faktory klimatických změn jsou:

1. Milankovičovy cykly. Jsme v období pozdního Holocénu, tedy interglaciálu. Podle reálného odhadu Kukly [10] lze očekávat nástup nového glaciálu za několik stovek let. Jiný, menšinový názor, uvádí současné uspořádání Milankovičových cyklů analogické jako v interglaciálu před 400 000 lety, který podle vrtu EPICA trval 25 000 let. Nástup nového glaciálu by tedy byl opožděn o cca 13 000 let. Tato zásadní změna klimatu bude provázená silnými klimatickými oscilacemi, včetně několika fází oteplení před trvalým silným ochlazením.

2. Astronomické faktory: Sluneční aktivita. Vychází se z pozorování počtu slunečních skvrn v historických pramenech a z poměru izotopů ^{10}Be / ^{9}Be. Kromě korelace mezi klimatickými změnami a slunečními cykly (od 11letého až po 2 400letého – Charvátová [4]) existuje stále ještě testovaná Svensmarkova (1998 a 2007) hypotéza o potlačování kosmického galaktického záření solárním větrem. Silný solární vítr zeslabuje galaktické všesměrné záření a způsobuje globální snížení oblačnosti, tím je zvýšený průnik slunečního záření a globální oteplení. Na současnou klimatickou změnu má vliv.

3. Kontinentální drift (posun kontinentů), desková tektonika podle Wegenera. Kromě klimatických změn v geologickém časovém měřítku (superkontinent Pannotia převážně v oblasti jižního pólu, Země je pojmenovaná jako sněhová koule; podobná je i Gondwana v Ordoviku) existují dva typy posunu desek, které ovlivnily průběh současného klimatu:

Vyzdvižení Tibetské plošiny – Himaláje - přineslo sub-kontinentální změnu albeda a počátek ledového období před 5 milióny let. Spolupůsobením tří desek vznikla Východoafrická propadlina, v ní proběhla přeměna tropického pralesa na savanu. Tím se změnily ekologické poměry a proběhly příhodné změny na Australopitheka, Hominidy až po Homo sapiens. Současná krátkodobá klimatická oscilace nemůže být však deskovou tektonikou ovlivněna.

4. Skleníkový efekt. Je způsobený asymetrickou stavbou molekul plynů. Nejvýraznější je vodní pára, intenzita efektu klesá v pořadí metan, oxid uhličitý. Vzestup koncentrace CO_2 v současnosti způsobuje oteplení. Podle IPCC jeho vliv je dominantní. Cílem této studie je kriticky prozkoumat tento názor.

5. Termohalinová cirkulace. Hlavní mořské proudy jsou jednak v povrchových vrstvách oceánů, jednak v hloubkách nad mořským dnem a oba typy jsou vzájemně propojeny. Přispívají k vyrovnávání teplot na Zemi. Jednou součástí těchto proudů je Golfský proud. Nejsou žádná pozorování svědčící nyní o změnách. Pokud by došlo ke změně, pak by to bylo vlivem přehřátí, Golfský proud by zeslábl a „zkrátil se“, a tedy od středních šířek výše by probíhalo ochlazení. Dosavadní změny klimatu v Holocénu při výraznějším oteplení však nezpůsobily podstatné změny mořských proudů.

6. Aerosoly, vulkanická činnost, dopad asteroidů. Zvýšená koncentrace aerosolů v atmosféře snižuje průnik slunečního záření a tedy ochlazení. To je hlavní středně dlouhý efekt vlivu sopečného výbuchu. Dopad bolidu (meteoru) a asteroidu způsobuje kromě okamžitých efektů dlouhodobé zvýšení obsahu aerosolů v atmosféře. Efekty závisí na hmotnosti dopadajícího tělesa.

7. Vegetační kryt. Změna vegetačního krytu způsobuje změnu evapotranspirace a změnu albeda. Obojí ovlivní globální klima pokud dochází ke změnám v rozměru kontinentů. Změnu vegetačního krytu mohou způsobit kromě člověka také všechny výše uvedené faktory.

8. Magnetické pole Země. Vliv změny, především přepólování není dosud dostatečně prozkoumán. Podstatně se projeví zvýšenou intenzitou galaktického kosmického záření, což by znamenalo chladnou oscilační vlnu klimatu.

Posun monzunů a změny převládajících vzdušných proudů jsou důsledkem působení některých výše uvedených faktorů a nejsou primárním činitelem ovlivňujícím změnu klimatu.

Souhrnně platí, že jednotlivé faktory nepůsobí izolovaně, vzájemně se ovlivňují a jednotlivé procesy vyvolané změnou některého faktoru jsou navíc doplňovány sdruženými procesy, jak je obecně známo z ireverzibilní termodynamiky. Klima tedy nemůže být konstantní charakteristikou ekosystému a dynamika klimatu se projevuje jak v krátkodobém časovém měřítku současnosti a střednědobém měřítku Holocénu, tak v dlouhodobém geologickém časovém měřítku.

2. Paleopedologie a paleoklimatologie

Vznik a vývoj půdy je ve velké míře ovlivněný klimatem. Zakladatelé vědeckého oboru pedologie (Dokučajev [3], Hilgard,1909) dokonce uváděli klima jako hlavní půdotvorný faktor a klasifikovali půdy podle charakteristik klimatu. Současný pohled na vývoj a klasifikaci půd je mnohem obšírnější, přesto však půdní taxony mají určitou vypovídací schopnost o klimatu, v němž půdotvorné procesy probíhaly.

V minulých geologických periodách a epochách byly již od období Kambria objeveny zbytky starých půd, paeosolů. Pohřbené a fosilní půdy a povětšinou jen zbytky jejich horizontů jsou důležitými indikátory minulého klimatu, a to ve všech geologických periodách a epochách až po současný Holocén. V této studii se zaměřím pouze na Pleistocén (2,588 – 0,0115 miliónů let), a to na jeho posledních 400 000 let. Jedná se o interglaciály Günz/Mindel, Mindel/Riss a Riss/Würm (Eem), každý o trvání 20 000 až 10 000 let. Několik příkladů:

Smolíková [24] stanovila ve spraších Čech a Moravy pohřbené černozemě, eventuálně se slabým vývojem B horizontu a odtud odvodila teplejší a vlhčí klima. Terra rosa a také terra

fusca na vápencích a travertinech svědčí o období mediteránního klimatu v posledním interglaciálu.

Achyuthan [1] odvodila ze stabilních izotopů v půdních karbonátech pod příkrovem pouště Tsar, že klima v interglaciálu bylo podstatně humidnější.

Ložek [13] udává, že teploty v eemském interglaciálu byly vyšší než současné, a to o nejméně 3 °C.

Na řece Ob byly v posledním interglaciálu stepní porosty a půdy tomu odpovídající, zatímco současná vegetace je tundra. V eemském interglaciálu byly tedy podstatně vyšší teploty (Nývlt et al. [18]).

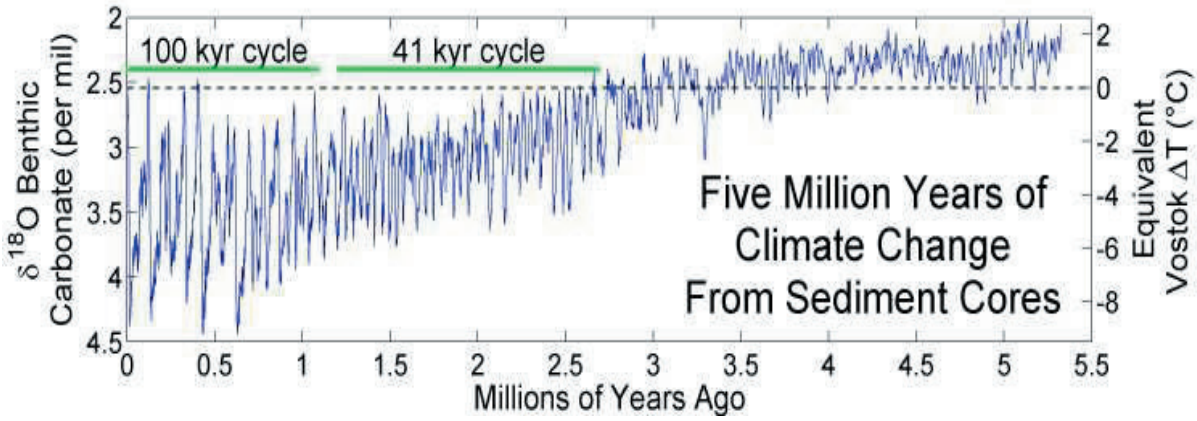
V nejdelším interglaciálu před Günzem byly m.j. podle paleosolu v čínské spraši teploty o 4 °C až 6 °C vyšší než dnes (Zhao, [27]).

V Čínské poušti Mu Us byly od roku 150 000 let před současností v období letních monzunů srážky vyšší o 40–120 % a teploty vlivem letních monzunů vyšší o 2 °C až 6 °C (Baosheng Li et al. [2]).

Podle magnetické susceptibility a morfologie v černozemích Vojvodiny bylo klima mírně teplejší než dnes ve 3 posledních interglaciálech (Markovič et al. [14]).

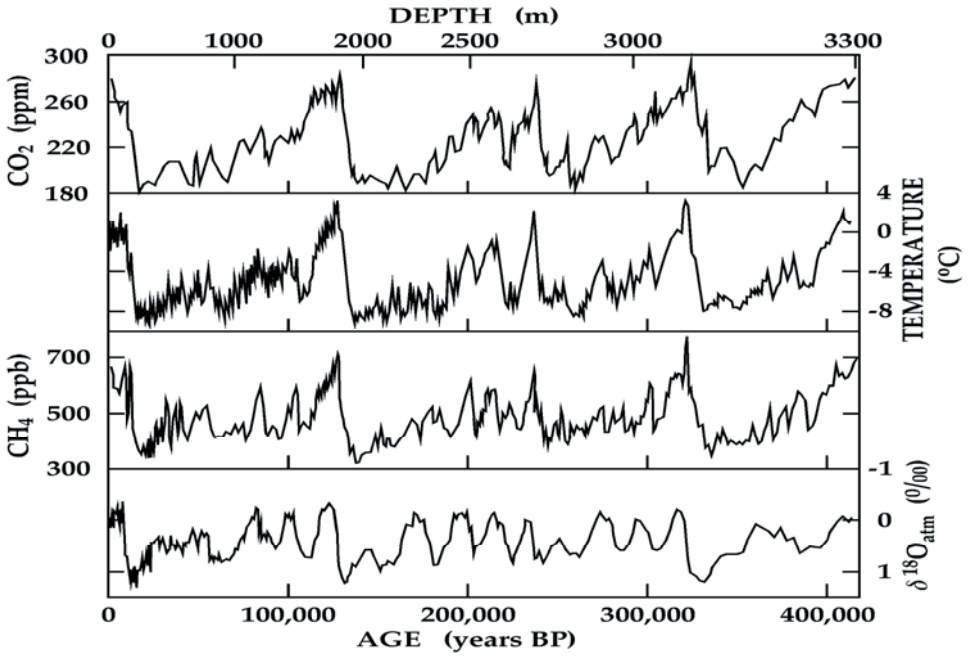
Souhrnně tedy v posledních interglaciálech bylo klima teplejší a vlhčí než je současné a mělo setrvalý charakter, neboť odpovídající vývoj půd probíhal po tisíc let. Drobné oscilace nebylo možné zatím stanovit, ale jejich existence vyplývá z jiných měření na vrtech v ledovcích.

2.1 Klima v Pleistocénu (počátek před 2,588 milióny let)



Obr. 1: Změny teploty byly odvozeny od obsahu poměru izotopů ^{18}O /^{16}O v karbonátových horninách (levá svislá osa), na pravé svislé ose je měřítko odpovídající teploty na vrtu ve stanici Vostok v Antarktickém ledovci. Zdroj: en.wikipedia.org/wiki/Ice_age

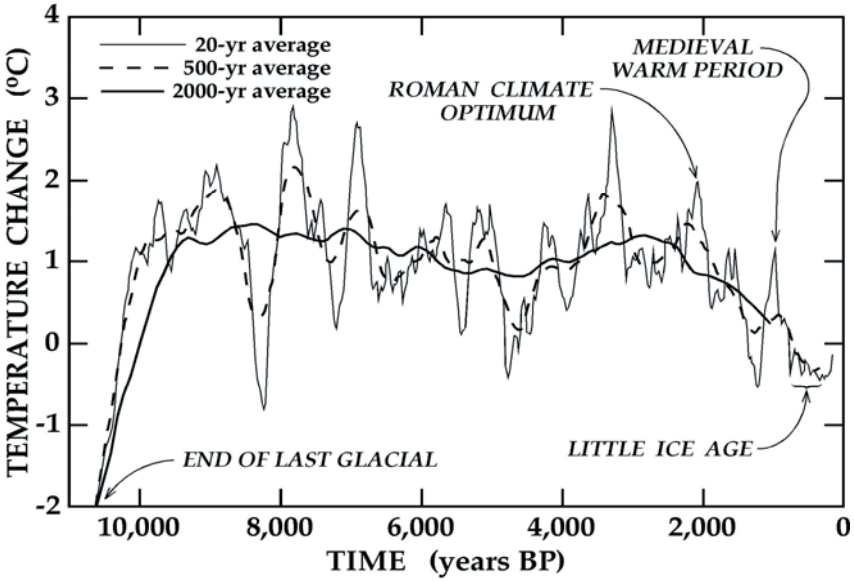
Milankovičovy cykly se v mírné formě projevují již od Pliocénu s mírným ochlazením. Ve starším Pleistocénu byl pravděpodobně spoludominantní vliv sklonu otáčení osy Země – tilt se 41 000letým cyklem střídání glaciálů a před zhruba 1 milionem let nastoupil 100 000letý cyklus s výrazně dominantním vlivem excentricity orbitu Země (Obr. 1). Z analýz vzorků ledu získaných z vrtů v ledovcích Antarktidy (Vostok a EPICA) a Grónska byly stanoveny jednak teploty, jednak obsah CO_2 v pórech ledu pro jednotlivé hloubky, kterým odpovídal čas před současností. Nejhlubší vrt EPICA dosáhl hloubky odpovídající 820 000 let před současností a bylo jím stanoveno 9 glaciálů. Koncentrace CO_2 se měnila v mezích 180 až 290 ppm s časovým zpožděním za změnou teploty v rozmezí 600 (+/-300) let. Např. v záznamech vrcholů oteplení v interglaciálu je vrchol koncentrace CO_2 vždy opožděn o stovky let. Změna koncentrace CO_2 je tedy vždy důsledkem změny teploty v jednotlivých cyklech (Obr. 2).



Obr. 2: Výsledky analýz ledu z vrtu Vostok. Teplota byla stanovena z obsahu izotopu ^{2}H a z poměru ^{18}O / ^{16}O (Petit et al. [19]). Hodnota 0 na stupnici teplot odpovídá současné globální teplotě.

Z podrobného záznamu z vrtu EPICA lze odečíst 25 klimatických oscilací v glaciálu Würm (11 500 – 115 000 let před současností) s výraznou korelací se solárními cykly Dansgaard-Oeschgerovými (1470 let). Podle záznamů z vrtu Vostok za 400 000 let došlo ve dvou případech ke snížení CO_2 zatímco teplota T zůstala konstantní. Podobně tomu bylo ve dvou případech vzrůstu CO_2, kdy T je konstantní. V jednom případě byla koncentrace CO_2 konstantní a T klesla, zatímco v jiném případě T zřetelně stoupla. Klimatické oscilace jsou tedy způsobeny jinými faktory než změnou CO_2, velice pravděpodobný je vliv změn solární aktivity.

2.2 Klima v Holocénu (po datu 11 500 let před současností)

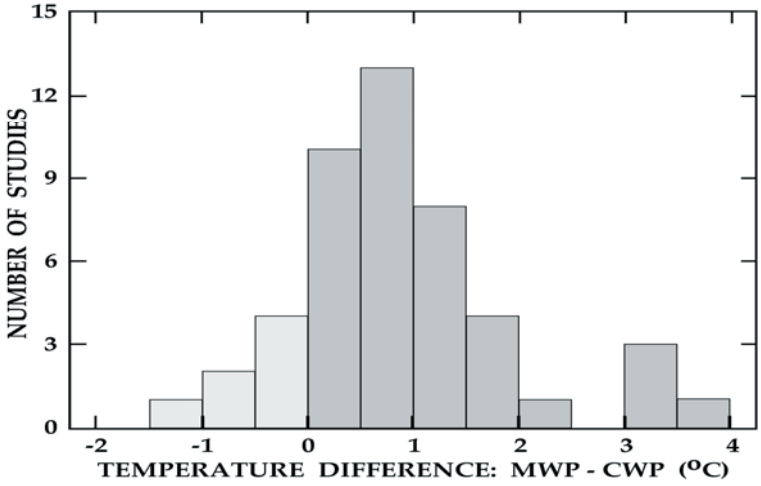


Obr. 3: Teploty v Holocénu stanovené z vrtu v Grónském ledovci (Koutsoyiannis [8]).

Variace teplých a chladných period podle analýz ledu odebraného po vrstvičkách z ledovce v Grónsku: Z 20letých průměrů vychází 13 teplých period, jejichž vrcholy jsou často zdvojeny. Z 500letých průměrů jsem obdržel 8 teplých a 8 chladných period. 2 000leté

průměry vykazují velmi rychlé počáteční oteplení až do cca 8 500 před současností s mírnou oscilací. Poté probíhá velmi slabé ochlazování až do cca 4 500, poté slabé oteplování až do cca 3 000 a potom je výraznější ochlazování až do Malé Doby Ledové (MDL), Obr. 3. Ani v relativně krátkodobých periodách se podstatněji nemění obsah CO_2 a tedy skleníkový efekt není faktorem způsobujícím tyto klimatické změny.

Středověká Teplá Perioda (STP) v rozmezí let cca 850–1350 byla výrazně teplejší než je současná globální teplota, nejčastěji v rozmezí 0,5 až 1 °C (Obr. 4), přičemž obsah CO_2 byl pod 300 ppm.



Obr. 4: Středověká teplá perioda (STP). Počet publikovaných studií stanovujících proxy metodami teplotu (svislá osa). Na vodorovné ose je rozdíl teplot: MWP je stanovená STP a CWP je současná teplota. Zdroj: http://www.co2science.org/data/mwp/quantitative.php

3. Závěry o skleníkové hypotéze

Pro posouzení skleníkové hypotézy je rozhodující výsledek experimentů. Protože není v lidských silách provést experiment obsahující celou Zemi, jsme odkázáni na studia experimentů, které provedla sama příroda v minulosti. Z nich vyplývá, že v období ani Pleistocénu ani Holocénu nenacházíme jediný případ, kdy by byla teplá perioda způsobená vzrůstem obsahu CO_2 v atmosféře. Naopak jsou dokumentované klimatické změny probíhající proti působení skleníkového efektu. Byly zjištěny teplotní výkyvy trvající stovky let s teplotami výrazně vyššími než je současná globální teplota a koncentrace CO_2 tehdy nestoupla nad 300 ppm. Vyplývá z toho, že na současné oteplení působí dominantně jiné faktory než skleníkový efekt, jehož vliv sice existuje, ale není hlavním faktorem. Z čehož usuzuji, že současné snahy o zastavení růstu obsahu CO_2 nebudou podstatně zpomalovat nebo zastavovat vzrůst teploty. Z toho důvodu je nutné přizpůsobit výzkum (i praktická opatření) probíhající současné klimatické změně.

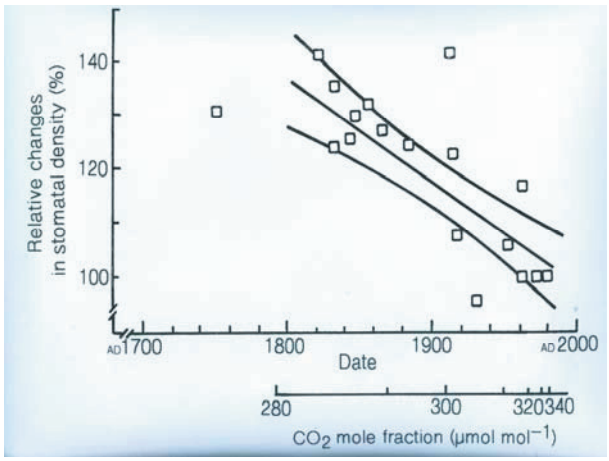
4. Dopady na půdní hydrologii

Je nepřípustné brát výsledky současného simulačního modelování klimatu jako obecnou okrajovou podmínku při simulací vodního režimu půd, protože platnost oněch klimatických modelů je založená na dominantním vlivu skleníkového efektu na probíhající klimatickou změnu, na oteplení. Což je neplatná hypotéza.

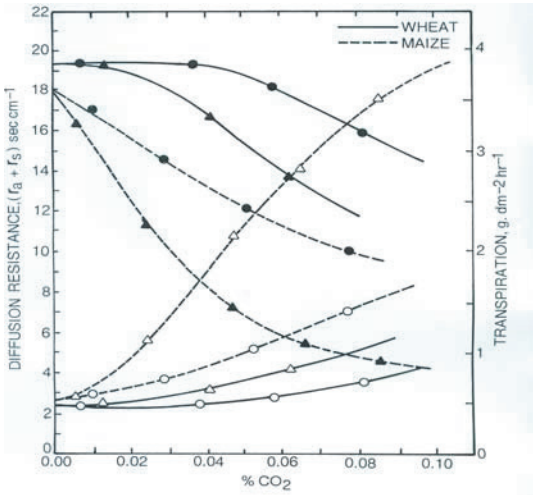
Častým argumentem je aridizace půd a obecně ekosystému, která vyústí v dezertifikaci. Rozsah pouští Sahary, Arábie, indické Tzar, čínské pouště Mu Us byl v období posledních interglaciálů buď podstatně zmenšený, nebo tam byla savana (Achyuthan [1], Baosheng Li et al. [2], Roberts [21], Kelly et al. [7]). Oteplení dokonce o 2 až 4 °C nezpůsobilo v žádném z holocénních interglaciálů vzrůst plochy pouští, naopak důsledkem bylo buď výrazné zúžení plochy pouště, nebo přechod vegetace na nízkou savanu.

Dalším argumentem je zvýšená evapotranspirace. Experimentální studie prokázaly, že při zvýšeném obsahu CO_2 v ovzduší se snižuje hustota stomatálních průduchů, které se

zároveň přivírají, čímž se zvyšuje jejich difuzní odpor. Důsledkem obojího je snížení transpirace, avšak přitom je zvýšená fotosyntéza. Zvýšením teploty se tento efekt zvyšuje, a to především u C_3 rostlin, které tvoří většinový základ zemědělské produkce (Kirkham [9]). Celkově tedy zvýšení koncentrace CO_2 a současné mírné zvyšování teploty způsobuje snížení spotřeby vody na jednotku produkované organické hmoty. Prostý výpar z půdního povrchu zakrytého vegetací má sice tendenci ke vzrůstu při zvýšené teplotě, ale nevyvažuje snížení transpirace, tedy výparu z rostlinných tkání.



Obr. 5: Hustota stomatálních průduchů (svislá osa) se snižuje se zvýšením koncentrace CO_2 (vodorovná osa, spolu s kalendářními daty).



Obr. 6: Difuzní odpor (levá svislá osa) se zvyšuje se vzrůstem koncentrace CO_2, experimentální body jsou bílé. Transpirace (pravá svislá osa) se snižuje se vzrůstem CO_2, experimentální body jsou vyplněné černě. Oba obrázky podle Kirkham [9].

Přestože roční srážkové úhrny mají při současném trendu oteplování vzrůstající tendenci, časová distribuce srážek se pravděpodobně bude měnit. V oblasti monzunů lze předpokládat posun pásem hlavního monzunového efektu. Důsledkem obojího bude změna subtypů vodního režimu půd. Koncepty a metodologie výzkumu v celém oboru půdní hydrologie se bude postupně měnit, především bude nutné preferovat experimentální výzkum napříč geomorfologických útvarů, a to na rozličných úrovních času a prostoru.

Literatura

[1] ACHYUTHAN, H., 2007. Stable isotope studies on soil calcretes from Thar Desert, Rajasthan and Quaternary palaeoclimate inference: A review. Department of Geology, Anna University, Chennai 600 025.

[2] BAOSHENG, L. – DAVID, D. Z. – HELING, J. – ZHENG, W. – MANCUN, Y. – WU, S. – YIZHI, Z. – DONGHUAI, S., 2000. Paleo-monsoon activities of Mu Us Desert, China since 150 ka B. P. Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology, roč. 162**,** pp 1-16.

[3] DOKUČAEV, V. V., 1883. Russkii Chernozems. (Citováno podle Russian Chernozems.) Israel Prog. Sci. Trans., Jerusalem (English translation published in 1967).

[4] CHARVÁTOVÁ, I., 2000. Can origin of the 2400-year cycle of solar activity be caused by solar inertial motion? Ann. Geophysicae, roč. 18, pp 399-405.

[5] JENNY, H., 1980. The Soil Resource, Origin and Behaviour, Springer-Verlag, New York.

[6] KAFUMU, P. D., 2000. Paleoclimatical significance of the paleosol levels occurring in the Miocene-Pleistocene stratigraphy of the Manonga-Wembere Valley in Central Tanzania. Episodes, roč. 27, č. 2.

[7] KELLY, E. F. – BLECKER, S. W. – YONKER, C. M. – OLSON, C. G. – WOHL, E. E. – TODD, L . C., 1998. Stable isotope composition of soil organic matter and phytoliths as paleoenvironmental idnicators. Geoderma, roč. 82, pp 59-81.

[8] KOUTSOYIANNIS, D., 2008. Climate change as a scapegoat in water science, technology and management. Lecture at EUREAU Workshop on Climate Change Impact on Water Resources with Emphasis on Potable Water. Chania, Crete, Greece, 26 June 2008, http://www.itia.ntua.gr/en/docinfo/865.

[9] KIRKHAM, M. B., 2010. Water Relations of Carbon Dioxide Enriched Plants. CRC, [in press].

[10] KUKLA, G., 2000. Last interglacial period. Geolines, roč. 11, pp 9–11.

[11] KUTÍLEK, M. – NIELSEN, D. R., 2010. Facts About Global Warming: Rational or Emotional Issues? Essays in GeoEcology. Catena. Reisskirchen, Germany.

[12] LOŽEK, V., 1964. Quartärmollusken der Tschechoslowakei. Geologische Zentralanstalt im Verlag der Tschechoslowakischen Akademie des Wissenschaften, Prague.

[13] LOŽEK, V., 2001. Přirozené změny podnebí. Vesmír, roč. 80, s.146-152.

[14] MARKOVIČ, S. B. – HAMBACH, U. – CATTO, N. – JOVANOVČ, M. – BUGGLE, B. – MACHALETT, B. – ZOLLER, L. – FRECHEN, M., 2009. Middle and Late Pleistocene loess sequences at Batajnica, Vojvodina, Serbia. Quaternary International, roč. 198 (1), pp 255-266.

[15] NĚMEČEK, J. – SMOLÍKOVÁ, L. – KUTÍLEK, M., 1990. Pedologie a paleopedologie. Academia. Praha.

[16] NIELSEN, D. R. – WENDROTH, O., 2003. Spatial and Temporal Statistics. Catena.

[17] NORDT, L. C. – DRIESE, S. D., 2010. New weathering index improves paleorainfall estimates from Vertisols. Geology, roč. 38, pp 407–410.

[18] NÝVLT, D. – CHLACHULA, J. – EVANS, T. – CATTO, N. – RUTTER, N. – KOVANDA, J. – FIŠÁRKOVÁ-NÝVLTOVÁ, M., 2003. PALEOCLIMATIC SIGNIFICANCE OF LOESS-PALEOSOL SUCCESSIONSIN SOUTHERN SIBERIA. Quaternary 9 – Proceedings, Brno. Také: http://www.kge.zcu.cz/geomorf/sbornik/sbornik04/32_nyvlt.pdf

[19] PETIT, J. R., et al., 2001. Vostok Ice Core Data for 420,000 Years, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology, Data Contribution Series #2001-076. NOAA/NGDC. Paleoclimatology Program, Boulder, CO, USA.

[20] RETALLACK, G. J., 1990. Soils of the past. Allen & Unwin, London.

[21] ROBERTS, N., 2004. The Holocene. Blackwell Publishing, UK.

[22] SEDOV, S. – SOLLEIRO-REBOLLEDO, E. – TERHORST, B. – SOLÉ, J. – DE LOURDES FLORES-DELGADILLO, M. – WERNER, G. – POETSCH, T., 2009. The Tlaxcala basin paleosol sequence: a multiscale proxy of middle to late Quaternary environmental change in central Mexico. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, roč. 26, pp 448-465.

[23] SHELDON, N. D. – TABOR, N. J., 2009. Quantitative paleoenvironmental and paleoclimatic reconstruction using paleosols. Earth-Science Reviews, roč. 95, pp 1-52.

[24] SMOLÍKOVÁ, L., 1990. Regionální paleopedologie. Zákonitosti půdního vývoje v kvartéru. In: *NĚMEČEK, J. – SMOLÍKOVÁ, L. – KUTÍLEK, M. Pedologie a paleopedologie.* Academia, Praha. s. 405–508.

[25] SVENSMARK, H., 1998. Influence of Cosmic Rays on Earth's Climate. Physical Review Letters, roč. 81, pp 5027–30.

[26] SVENSMARK, H., 2007. Cosmoclimatology: a new theory emerges. Astron. Geophys., roč. 48**,** pp 118–124.

[27] ZHAO – JINGBO, 2003. Paleoenvironmental Significance of A Paleosol Complex in Chinese Loess. Soil Science, roč. 168, pp 63-72.

Kontakty na autora

1 Profesor pedologie a půdní fyziky v penzi, e-mail: miroslav.kutilek@volny.cz