

RUDOLF BRÁZDIL

SKLENÍKOVÝ EFEKT A KLIMATICKÉ TENDENCE V ČESKOSLOVENSKU

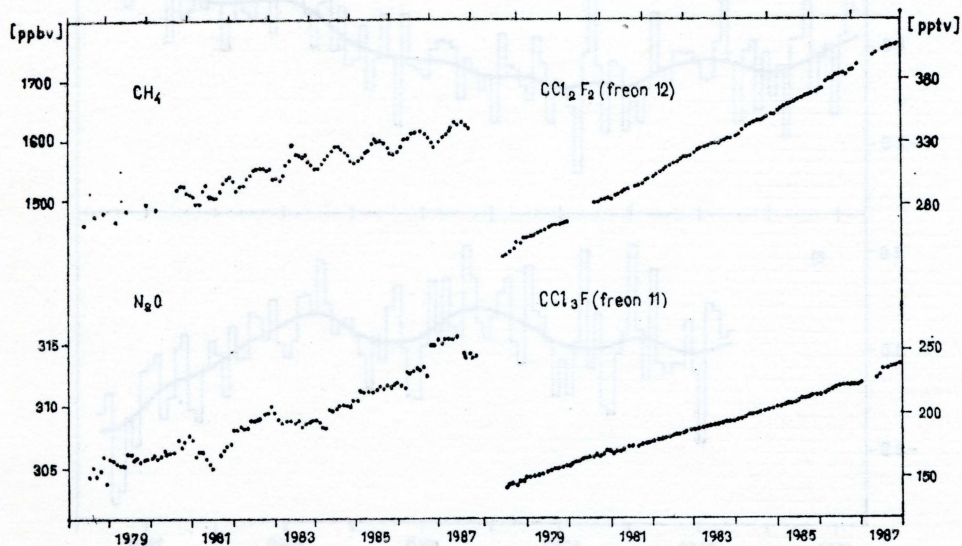
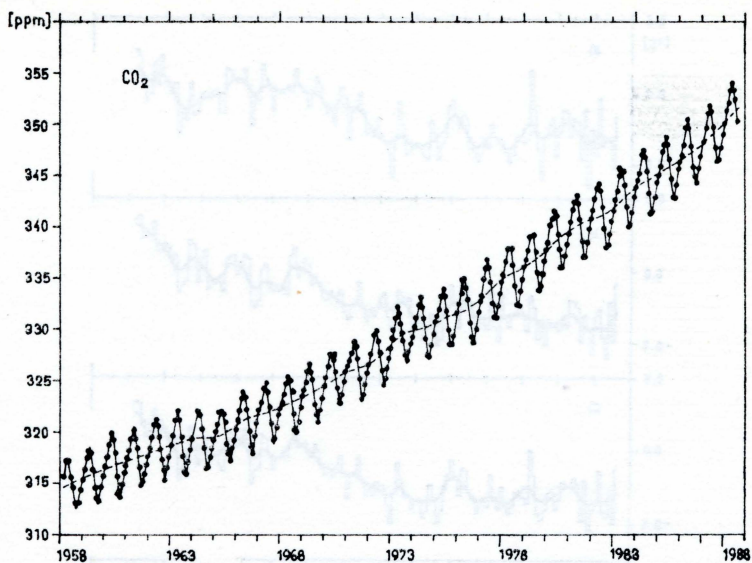
R. Brázdil: *The Greenhouse Effect and Climatic Trends in Czechoslovakia*. — Sborník ČGS, 96, 2, p. 96—112 (1991). — The contribution summarizes the hitherto knowledge of the anthropogenic intensification of the greenhouse effect and its reflection in the instrumental series of meteorological elements. The climatological trend on the territory of the CSFR is characterized according to long-year series and in the last 40 years. The forecast of the development of the climate in the regional extent is discussed according to the scenarios based on instrumental observations and paleoclimatic reconstructions.

KEY WORDS: greenhouse effect, climatological trends, forecast of the development of the climate.

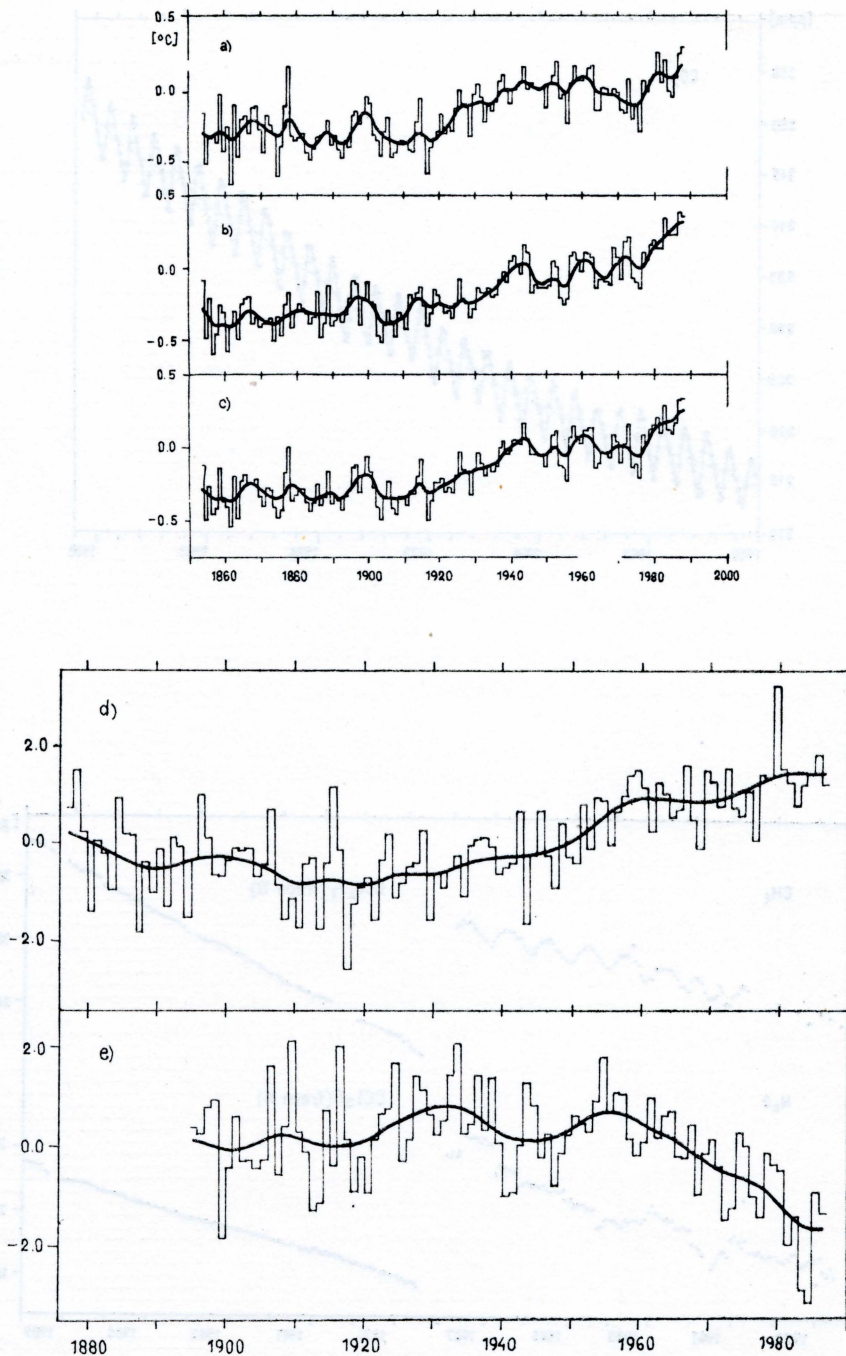
1. Skleníkový efekt a změny v chemismu zemské atmosféry

Zemskou atmosférou proniká k povrchu krátkovlnné sluneční záření v rozsahu vlnových délek asi 0,3—3 μm (1 μm = 10^{-6} m). Naproti tomu zemský povrch vyzařuje dlouhovlnné záření o vlnových délkách 3—60 μm zpět do meziplanetárního prostoru. Dá se vypočítat, že za této situace by měla odpovídat globální přízemní průměrná teplota vzduchu na Zemi hodnotě -18°C . Protože pozorovaná globální průměrná teplota činí 15°C , je 33°C rozdíl výsledkem projevu tzv. skleníkového efektu zemské atmosféry. Podle práce (36) se na této hodnotě podílejí jednotlivé plyny následovně: vodní pára $20,6^\circ\text{C}$, oxid uhličitý CO_2 $7,2^\circ\text{C}$, ozón O_3 v troposféře $2,4^\circ\text{C}$, oxid dusný N_2O $1,4^\circ\text{C}$, methan CH_4 $0,8^\circ\text{C}$, další plyny $0,6^\circ\text{C}$. Vedle přirozených zdrojů jsou tyto a některé další plyny (též stopové nebo skleníkové) produkovány také při různorodé antropogenní činnosti. Jejich podíl na zesilování skleníkového efektu v 80. letech našeho století se odhaduje následovně: CO_2 50 %, CH_4 19 %, freon—12 (CCl_2F_2) 10 %, O_3 v troposféře 8 %, freon—11 (CCl_3F) 5 %, N_2O 4 %, vodní pára ve stratosféře 2 %, další halogenované uhlovodíky 2 %. Jejich bližší charakteristiky jsou uvedeny v práci R. Brázdila (5). Z obr. 1 je dobře patrný vzestupný trend koncentrací uvedených plynů v posledních letech.

Skleníkovému působení stopových plynů v zemské atmosféře je přičítáno globální oteplování v 80. letech. Podle W. Bacha (1) se na něm jednotlivé aktivity lidské společnosti podílejí následovně: výroba a užití energie 57 % (průmysl 22 %, doprava 20 %, obchod a bytové hospodářství 15 %), výroba halogenovaných uhlovodíků 17 %, zemědělství 14 %, změny ve využívání země 9 %, ostatní průmysl 3 %. Příspěvek



Obr. 1 — Vzestup koncentrací vybraných skleníkových plynů na Zemi. Koncentrace CO₂ měřeny na observatoři Mauna Loa na Havaji [44], koncentrace CH₄, N₂O, CCl₂F₂ a CCl₃F na observatoři Cape Grim na Tasmánii [29].



Obr. 2 — Anomálie globální teploty vzduchu (referenční období 1950—1979) na severní polokouli (a), jižní polokouli (b) a globálně (c) podle P. D. Jonese et al. (in 44) a roční srážky (poměrné jednotky) pro šířkové zóny 35—70° s. š. (d) a 5—35° s. š. (e) podle R. S. Bradleye et al. (2).

jednotlivých zemí je následující: USA 21 %, SSSR 14 %, země Evropského společenství 14 %, Čína 7 %, Brazílie 4 %, Indie 4 % a zbytek světa 36 %.

2. Pozorované globální klimatické výkyvy

Projev zesilování skleníkového efektu v důsledku dodatečné antropogenní produkce skleníkových plynů se nejčastěji hledá v globálních změnách teploty vzduchu. K analýze jsou zpravidla použity globální teplotní řady vypočtené P. D. Jonesem et al. (20) od roku 1851, J. Hansem a S. Lebedeffem (17) od roku 1880 a K. J. Vinnikovem et al. (46) od roku 1841. Rozdíly mezi uvedenými řadami nejsou příliš podstatné. Za méně věrohodnou se považuje řada B. S. Grovmana a H. E. Landsberga (16) od roku 1579. C. D. Schönwiese (32) uvádí pro zmíněné globální řady severní polokoule téměř identický lineární vzestupný trend s hodnotou kolem $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ v období 1881—1987. Z obr. 2 jsou patrné změny globální teploty vzduchu v řadách vypočtených P. D. Jonesem et al. (in 44). Ukazuje se, že 80. léta 20. století byla v globálním měřítku dosud nejteplejší od začátku této řady a že 6 nejteplejších roků se vyskytlo po roce 1980 (v pořadí 1988, 1987, 1983, 1989, 1981, 1986) v rámci vzestupu teplot od poloviny 70. let (P. M. Kelly, 22). Toto období je ovšem příliš krátké, než aby bylo možno interpretovat jako antropogenně podmíněný vzestup, zejména po přerušení vzestupné teplotní tendence v letech 1945—1975 na severní polokouli. Navíc výrazné oteplení našeho století s maximem ve 30.—40. letech nastalo před nejvýraznějším vzestupem koncentrací CO_2 (C. J. E. Schuurmans, A. J. Coops, 37). Tyto skutečnosti podle některých prací (H. W. Ellsaesser et al., 12; F. Lauscher, 24) zpochybňují průkaznost klimatického působení dodatečně antropogenně zesilovaného skleníkového efektu a obrací pozornost spíše k přirozeným mechanismům ovlivňujícím variabilitu teploty vzduchu. Podle C. D. Schönwieseho (32) ve prospěch přirozených faktorů hovoří i fakt, že pozorovaný teplotní trend v globálních řadách je výrazně nižší než podle výpočtů z klimatických modelů ($1,0\text{—}1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). To bylo prokázáno i při analýze sezónních teplotních trendů v Evropě (C. D. Schönwiese et al., 35). Mezi citované přirozené faktory patří především vulkanismus, solární procesy, oceánské procesy a stochastické fluktuační řízené prostřednictvím interakcí oceán—atmosféra. V případě solárních procesů představuje nový impuls zjištění o kolísání solární konstanty (na základě družicových měření) na rozdíl od dosavadních představ, že její výkyvy nepřesahují meze přesnosti pozorování. Odhadnuté kolísání v rozmezí 0,2 % by podle modelových výpočtů nemělo globální teplotní řady ovlivnit více než o $0,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž celkově se solární vliv odhaduje na $0,2\text{—}0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Proti pomyslnému oteplování skleníkovému efektu působí vulkanismus, napomáhající oteplování stratosféry a ochlazování troposféry. Dosavadní analýzy ukazují, že ochlazující vliv v globálních teplotních řadách leží v rozmezí $0,2\text{—}0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, přičemž horní hranice odpovídá pozorovanému lineárnímu trendu na severní polokouli (A. Cress, C. D. Schönwiese, 11). Z hlediska rozporu mezi očekávaným (skleníkový efekt) a pozorovaným teplotním trendem je závažné časové zpoždění mezi impulsem (koncentrace stopových plynů) a klimatickou reakcí, dnes odhadované na 6—23 let (C. D. Schönwiese, 32).

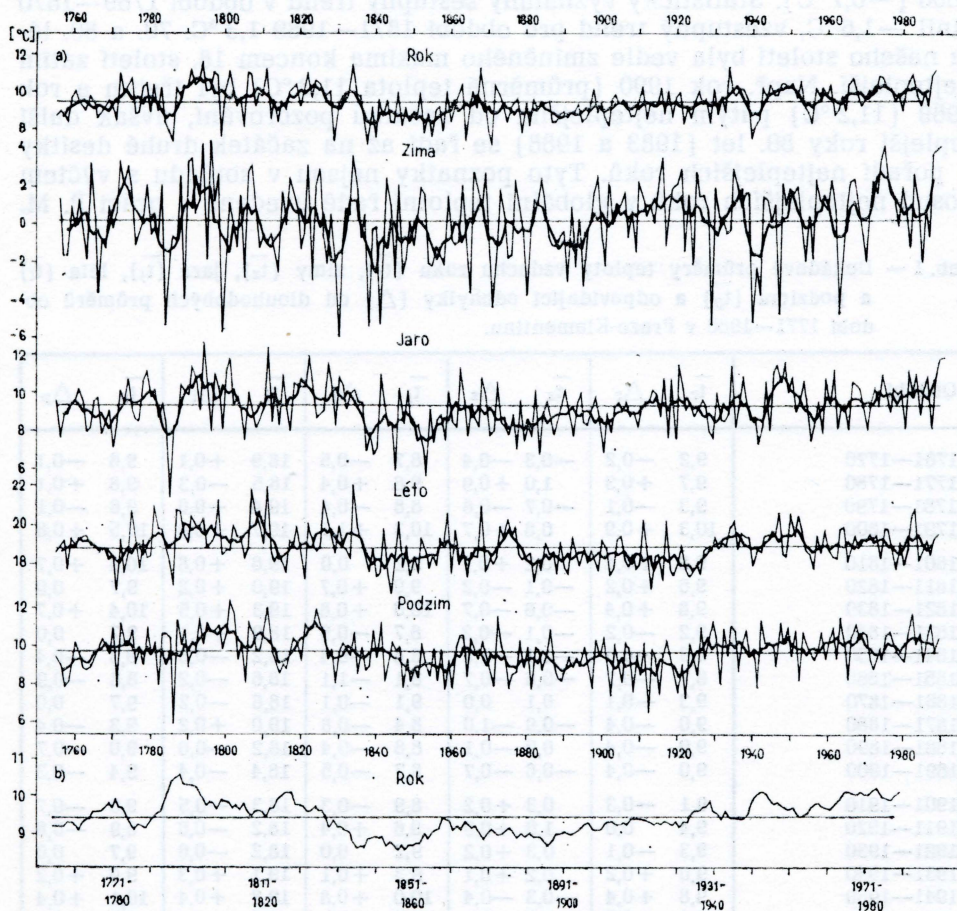
Vedle teplotních řad se ovšem studium kolísání klimatu musí opírat s ohledem na komplexnost klimatu i o další parametry jako je např. pole větru nebo celý hydrologický cyklus. Tento přístup v případě tropů se objevuje např. v práci H. Flohna (14), který v souvislosti s růstem obsahu vodní páry v ovzduší v důsledku růstu výparu hovoří o tzv. „vlhkém“ skleníkovém efektu (na rozdíl od „suchého“, který by měl být podmíněn ostatními skleníkovými plyny). Dosud publikované globální srážkové řady (R. S. Bradley et al., 2) se omezují pouze na pevninské a ostrovní stanice a nejsou tedy reprezentativní pro celou Zemi. Ukazují na globální vzestup srážek v šířkách mezi 35 až 70° s. š. a jejich úbytek v zóně 5—35° s. š. (obr. 2). V Evropě jsou v souladu s uvedeným trendem srážky v západní Evropě, zatímco např. srážkové řady ČSFR a Maďarska vykazují sestupný trend (R. Brázdil, 3).

Do souvislosti s globálním oteplováním se dává pozorovaný vzestup hladiny světového oceánu. Podle J. Oerlemanse (28) je způsoben následujícími faktory: tání horských ledovců a malých ledovcových čapek, změny v bilanci hmoty velkých polárních ledovcových štítů (Grónsko, Antarktida), možné nestability ledovcového proudu (západoantarktický ledovcový štít) a tepelná expanze oceánské vody. Pozorovaný vzestup je vysvětlován spíše působením prvního a posledního faktoru, zatímco v Grónsku a v Antarktidě v souvislosti s častějším sněžením dochází spíše k přibývání masy. Novější údaje W. R. Peltiera a A. M. Tushingham (30) se zohledněním izostatických pohybů kůry a nerovnoměrného rozložení měření dávají hodnoty ročního vzestupu $2,4 \pm 0,9$ mm (od roku 1920). Stoletý vzestupný trend leží zhruba v mezích 10—25 cm (C. D. Schönwiese, 32).

3. Kolísání klimatu na území ČSFR podle přístrojových měření

Popsané globální klimatické trendy mohou mít různé regionální projevy, které jsou předmětem značného zájmu. Jsou zpravidla výsledkem interakce cirkulačních a geografických faktorů. V podmínkách nepřilíš široce, ale značně délkově protaženého území ČSFR to znamená možnost časově a prostorově proměnlivého působení atlantských, středomořských či pevninských vlivů ve spojení s vlastní geografickou polohou našeho území a jeho složitými orografickými poměry. Tato problematika se stala předmětem velkého množství regionálně klimatických studií opírajících se o pozorování velkého počtu stanic, na základě nichž bylo možno formulovat pro naše území určité klimatické zákonitosti. Podstatně problematičtější je ovšem studium dlouhodobých časových fluktuací neboli kolísání klimatu, které se musí opírat o dlouhé a homogenní pozorovací řady. Ty u nás nepřesahují zpravidla 50—100 roků. Jedinou výjimkou jsou pozorování z Prahy-Klementina, kde jsou teploty vzduchu měřeny nepřetržitě od roku 1775 (V. Hlaváč, 18, prodloužil řadu až do roku 1771 a J. Svoboda, 40, podle měření Basileje až do roku 1755) a srážky od roku 1804. V obou případech ovšem nejde o standardní meteorologická měření. Teplota vzduchu je měřena v plechové budce u okna několik metrů nad zemí, srážky na plošině na střeše ve výšce 26 m nad zemí. Homogenita srážkové řady byla studována L. Křivským (23), který navrhl příslušné přepočební koeficienty k homoge-

nizaci řady. Aplikace několika testů na teplotní řadu ročních (C. D. Schönwiese et al., 33) a sezónních průměrů ukazuje, že řada je pravděpodobně homogenní. Bohužel uvedená teplotní řada je zatížena vlivem tepelného ostrova města. Z hlediska porovnání klementinských teplot s jinými lokalitami je důležitá jeho skutečná velikost, z hlediska studia časových fluktuací jeho zesilování. Pokus o kvantitativní určení velikosti tepelného ostrova na základě studia změny teploty vzduchu s výškou v Praze a jejím okolí byl proveden L. Němcem [27]. Odchytky naměřených průměrných ročních teplot od hodnot odvozených pro nadmořskou výšku Prahy-Klementina byly následující: 1901—1950 0,82 °C, 1931—1960 0,96 °C, 1941—1970 1,08 °C, 1951—1980 1,24 °C. To ukazuje na rostoucí vliv tepelného ostrova v průměru o 0,1 °C za desetiletí. Další analýza pro leden a červenec ukázala, že antropogenní oteplování je přibliž-



Obr. 3 — a) Chod průměrných teplot vzduchu pro rok a roční období shlazený pětiletými klouzavými průměry pro stanici Praha-Klementinum; b) viz bod a, desetileté klouzavé průměry.

ně stejně velké v létě i v zimě. Menší vydělování antropogenního tepla v létě je podle L. Němce (27) patrně kompenzováno větším vlivem radiačních faktorů a výparu. Všechny uvedené skutečnosti je třeba mít na paměti při interpretaci výsledků získaných rozbořem pražské teplotní řady.

Představu o dlouhodobých změnách teploty vzduchu roku a ročních období v Praze-Klementinu podává obr. 3 a tab. 1. Podle pětiletých a desetiletých klouzavých průměrů lze v řadě průměrných ročních teplot vzduchu vymezit tři časové úseky: převážně nadprůměrné teploty v letech 1771—1835, období podprůměrných teplot v letech 1835—1930, od roku 1930 období převážně nadprůměrných teplot. V. Hlaváč (18) označil první a třetí období jako převážně kontinentální s chladnějšími zimami a teplejšími léty, druhé jako oceánské s mírnějšími zimami a chladnějším letním půlrokem. Dosud nejteplejší byla desetiletí 1791—1800 a 1981—1990 (teplotní anomálie +0,9 °C), nejchladnější desetiletí 1851—1860 (−0,7 °C). Statisticky významný sestupný trend v období 1789—1870 činil −1,6 °C, vzestupný trend pro období 1871—1989 1,3 °C. 70. a 80. léta našeho století byla vedle zmíněného maxima koncem 18. století zatím nejteplejší. Např. rok 1990 (průměrná teplota 11,3 °C) byl třetím a rok 1989 (11,2 °C) pátým nejteplejším od začátku pozorování, avšak další teplejší roky 80. let (1983 a 1988) se řadí až na začátek druhé desítky v pořadí nejteplejších roků. Tyto poznatky nejsou v souladu s výčtem dosud nejteplejších roků v globální teplotní řadě uvedené v práci P. M.

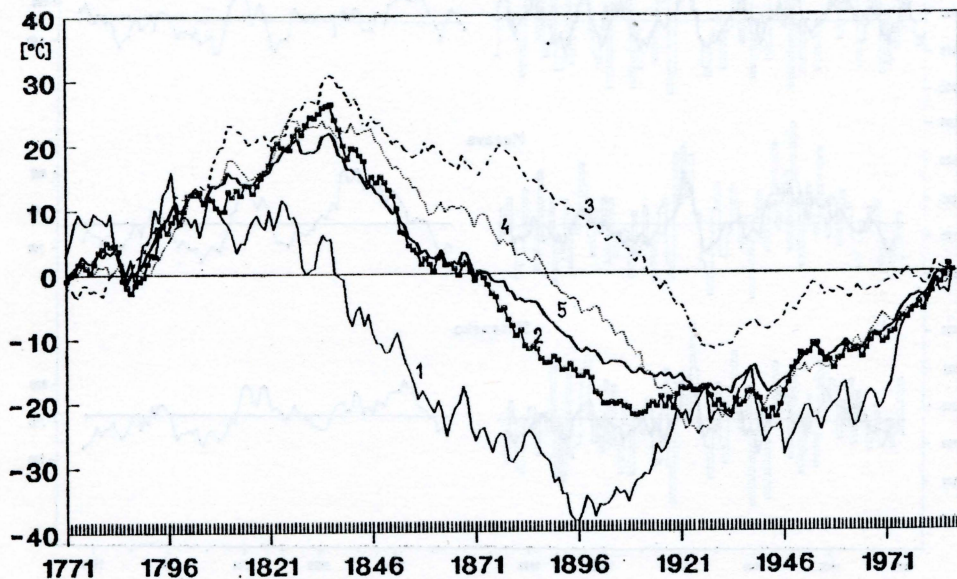
Tab. 1 — Dekádové průměry teploty vzduchu roku (\bar{t}_r), zimy (\bar{t}_z), jara (\bar{t}_j), léta (\bar{t}_l) a podzimu (\bar{t}_p) a odpovídající odchylky (Δ) od dlouhodobých průměrů období 1771—1980 v Praze-Klementinu.

Období	\bar{t}_r	Δ_r	\bar{t}_z	Δ_z	\bar{t}_j	Δ_j	\bar{t}_l	Δ_l	\bar{t}_p	Δ_p
1761—1770	9,2	−0,2	−0,3	−0,4	8,7	−0,5	18,9	+0,1	9,6	−0,1
1771—1780	9,7	+0,3	1,0	+0,9	9,6	+0,4	18,5	−0,3	9,8	+0,1
1781—1790	9,3	−0,1	−0,7	−0,8	8,8	−0,4	19,4	+0,6	9,6	−0,1
1791—1800	10,3	+0,9	0,8	+0,7	10,3	+1,1	19,7	+0,9	10,5	+0,8
1801—1810	9,8	+0,4	0,2	+0,1	9,2	0,0	19,6	+0,8	10,4	+0,7
1811—1820	9,6	+0,2	−0,1	−0,2	9,9	+0,7	19,0	+0,2	9,7	0,0
1821—1830	9,8	+0,4	−0,6	−0,7	10,0	+0,8	19,3	+0,5	10,4	+0,7
1831—1840	9,2	−0,2	−0,1	−0,2	8,7	−0,5	18,9	+0,1	9,7	0,0
1841—1850	8,9	−0,5	−1,1	−1,2	8,8	−0,4	18,2	−0,6	9,3	−0,4
1851—1860	8,7	−0,7	−0,6	−0,7	8,1	−1,1	18,6	−0,2	8,8	−0,9
1861—1870	9,3	−0,1	0,1	0,0	9,1	−0,1	18,6	−0,2	9,7	0,0
1871—1880	9,0	−0,4	−0,9	−1,0	8,4	−0,8	19,0	+0,2	9,3	−0,4
1881—1890	9,0	−0,4	0,0	−0,1	8,8	−0,4	18,2	−0,6	9,0	−0,7
1891—1900	9,0	−0,4	−0,6	−0,7	8,7	−0,5	18,4	−0,4	9,4	−0,3
1901—1910	9,1	−0,3	0,3	+0,2	8,9	−0,3	18,3	−0,5	9,0	−0,7
1911—1920	9,4	0,0	1,0	+0,9	9,6	+0,4	18,2	−0,6	8,9	−0,8
1921—1930	9,3	−0,1	0,3	+0,2	9,2	0,0	18,2	−0,6	9,7	0,0
1931—1940	9,6	+0,2	0,2	+0,1	9,3	+0,1	19,1	+0,3	9,9	+0,2
1941—1950	9,8	+0,4	−0,3	−0,4	10,0	+0,8	19,2	+0,4	10,1	+0,4
1951—1960	9,7	+0,3	0,5	+0,4	9,2	0,0	19,0	+0,2	9,9	+0,2
1961—1970	9,6	+0,2	−0,1	−0,2	9,5	+0,3	18,9	+0,1	10,4	+0,7
1971—1980	10,0	+0,6	1,8	+1,7	9,8	+0,6	18,8	0,0	9,7	0,0
1981—1990	10,3	+0,9	1,2	+1,1	10,5	+1,3	19,2	+0,4	10,4	+0,7

Tab. 2 — Hodnoty vzestupného a sestupného trendu (T ve °C) průměrných sezónních teplot vzduchu v Praze-Klementinu v období 1771—1989. S výjimkou období 1790—1837 u zimy jsou všechny ostatní zjištěné hodnoty trendu statisticky významné pro hladinu $\alpha = 0,01$.

	Zima		Jaro		Léto		Podzim	
	Období	T	Období	T	Období	T	Období	T
Pokles	1790—1837	-1,36	1789—1870	-1,85	1789—1912	-1,39	1789—1889	-1,59
Vzestup	1838—1990	2,13	1871—1989	1,57	1913—1989	0,92	1890—1989	1,49

Kellyho (22), ale dobře navazují na práci R. Brázdila (4), v níž bylo poukázáno na dosti výrazné odchylky dlouhodobého průběhu teplot vzduchu v Praze a v Bratislavě v porovnání s chodem teplotních anomálií na severní polokouli. Roční teploty jsou nejvýrazněji ovlivněny teplotami přechodných ročních období, kdy statisticky významné korelační koeficienty (rok — roční období) mají hodnoty 0,703 (jaro), 0,600 (podzim), 0,543 (léto) a 0,311 (zima). Pokud jde o průměrné teploty vzduchu jednotlivých ročních období, byly stejně jako v případě ročních teplot nejteplejší roky 1791—1800 (léto, podzim) a nejchladnější desetiletí 1841—1850 (zima a léto; u léta též 1881—1890, 1911—1920, 1921—1930) a 1851—1860 (jaro, podzim). Nejvyšší zimní teploty byly zaznamenány v desetiletí 1971—1980, kdy zima 1974/75 byla podle J. Munzara (26)

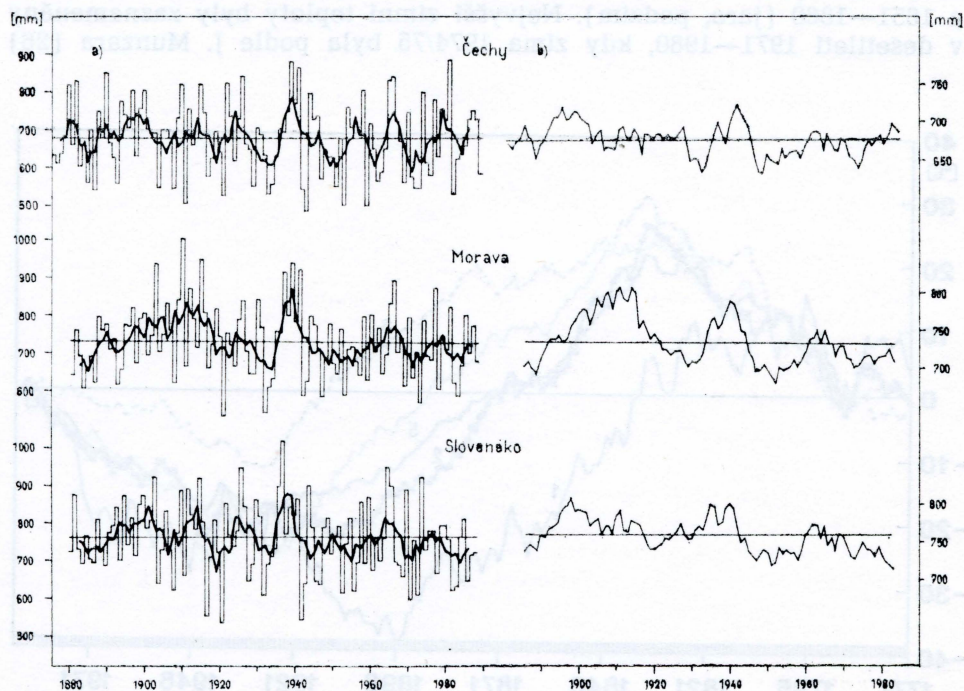


Obř. 4 — Kumulativní křivky ročních a sezónních anomálií teploty vzduchu v Praze-Klementinu: 1 — zima, 2 — jaro, 3 — léto, 4 — podzim, 5 — rok.

dokonce nejteplejší zimou ve střední Evropě za dobu systematických dvoustetletých pozorování (ale v Praze podle průměrných teplot až třetí za zimami 1795/96 a 1793/94). Nejvyšší jarní teploty připadly již na desetiletí 1981—1990, kdy byly také poměrně velmi teplé zimy. Analogicky jako v případě ročních teplot byly také sezónní teploty rozděleny na úseky se sestupným či vzestupným trendem (tab. 2). Je pozoruhodné, že počátek vzestupné tendence je časově posunut od zimy přes jaro a podzim do léta asi o 75 roků (obr. 4).

Pokud jde o atmosférické srážky, lze jejich dlouhodobé změny studovat s ohledem na problematičnost klementinské řady pomocí řad prostorových ročních úhrnů srážek pro Čechy, Moravu a Slovensko, které byly v porovnání s prací R. Brázdila (3) prodlouženy do 80. let našeho století (obr. 5). Přes poměrně značnou meziroční proměnlivost vykazují roční úhrny srážek sestupný trend pro všechny tři administrativní jednotky (Čechy 1876—1983 mínus 18 mm, Morava a Slovensko 1881—1980 mínus 21 mm, tj. vše o hodnotu asi 0,2s, kde s je směrodatná odchylka). Podrobné hodnocení různých aspektů kolísání srážek pro uvedené řady je předmětem několika prací (např. R. Brázdil, 3; R. Brázdil a M. Olberg, 6).

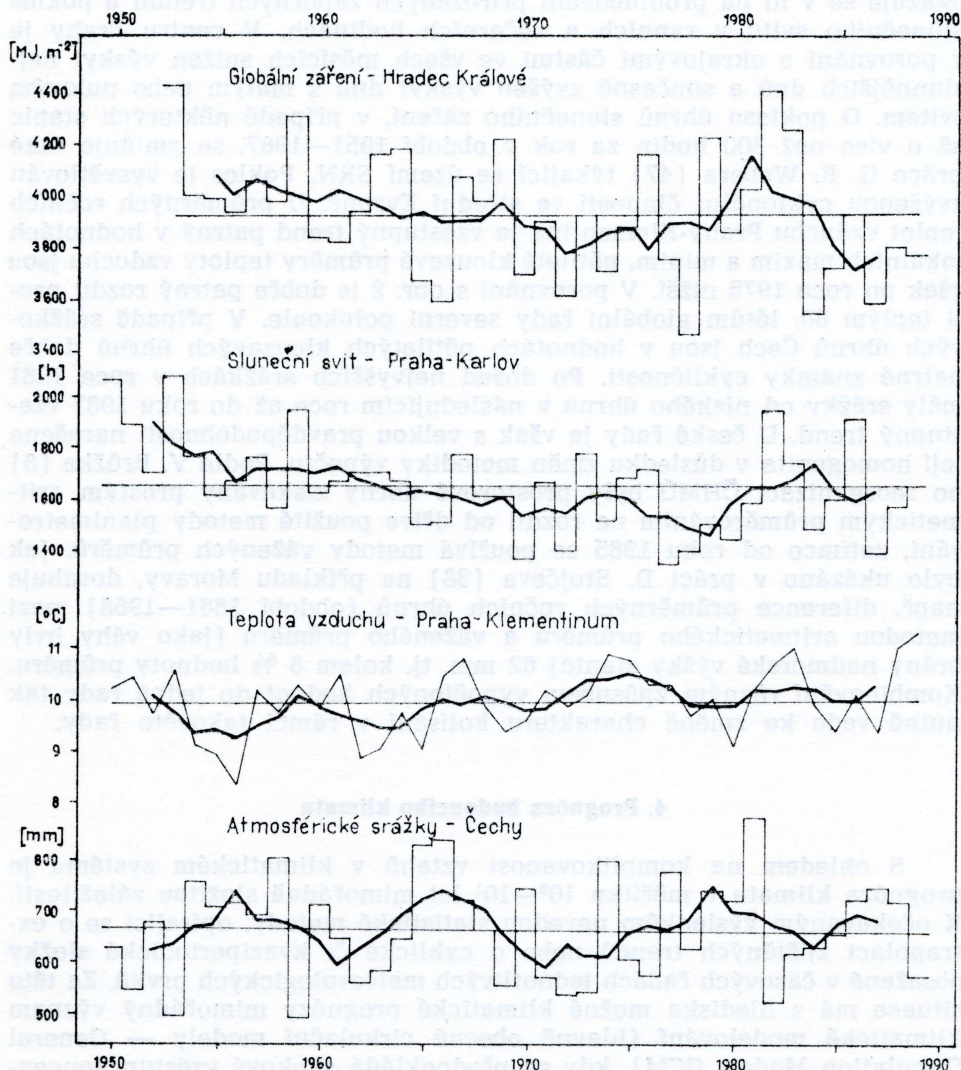
V práci R. Brázdila a T. N. Tama (7) byly pro území ČSFR studovány také dlouhodobé změny trvání slunečního svitu v našem století. Podle údajů Hurbanova vzestup ve 2. desetiletí našeho století vyvrcholil



Obr. 5 — Chod prostorových ročních úhrnů srážek Čech, Moravy a Slovenska shlazený pětiletými (a) a jedenáctiletými (b) klouzavými průměry.

před rokem 1950. Poté následoval výraznější pokles až do 2. poloviny 70. let. Velikost tohoto poklesového trendu dosáhla kolem 400–500 hodin za rok. Víceméně vzestupný trend o hodnotě kolem 2 hPa vykazuje od 2. poloviny minulého století (období 1860–1975) přízemní tlak vzduchu v Praze-Klementinu. Z dalších meteorologických prvků bylo podrobně studováno kolísání charakteristik sněhových poměrů v karpatské části ČSFR (F. Šamaj et al., 41).

S cílem postihnout klimatický trend posledních desetiletí byly v obr. 6 znázorněny chody čtyř vybraných meteorologických prvků v Čechách.



Obr. 6 — Chod vybraných meteorologických prvků v Čechách shlazený pětiletými klouzavými průměry v období 1950–1989 (vodorovné čáry — dlouhodobý průměr).

Z obrázku plyne, že od začátku 50. let našeho století klesaly podle měření v Hradci Králové úhrny globálního záření až do začátku 70. let. Po vyšších úhrnech v letech 1981—1983 jsou od následujícího roku roční úhrny globálního záření podprůměrné. Analogický pokles hodnot globálního záření od začátku 50. let byl zaznamenán také pro Hurbanovo (J. Tomlain et al., 45). V případě ročních úhrnů slunečního svitu na stanici Praha-Karlovy Vary byl již dříve zmíněný sestupný trend od konce 40. let přerušen koncem 70. let, kdy se objevuje víceméně vzestupná tendence, doložená také např. pro Hurbanovo (J. Reichrt, V. Peterka, 31). V práci J. Kalvové a J. Bednáře (21) jsou hodnoceny možné antropogenní dopady (znečištění) na měření slunečního svitu na stanici Praha-Karlovy Vary. Ukazuje se v ní na prohlubování přirozených záporných trendů a pokles slunečního svitu v ranních a večerních hodinách. V centru Prahy je v porovnání s okrajovými částmi ve všech měsících snížen výskyt nejslunnějších dnů a současně zvýšen výskyt dnů s malým nebo nulovým svitem. O poklesu úhrnů slunečního záření, v případě některých stanic až o více než 300 hodin za rok v období 1951—1987, se zmiňuje také práce G. R. Webera (47) týkající se území SRN. Pokles je vysvětlován zvýšenou cyklonální činností ve střední Evropě. U průměrných ročních teplot vzduchu Prahy-Klementina je vzestupný trend patrný v hodnotách lokálních maxim a minim, pětileté klouzavé průměry teploty vzduchu jsou však po roce 1975 nižší. V porovnání s obr. 2 je dobře patrný rozdíl proti teplým 80. létům globální řady severní polokoule. V případě srážkových úhrnů Čech jsou v hodnotách pětiletých klouzavých úhrnů dobře patrné známky cykličnosti. Po dosud nejvyšších srážkách v roce 1981 měly srážky od nízkého úhrnu v následujícím roce až do roku 1987 vzestupný trend. U české řady je však s velkou pravděpodobností narušena její homogenita v důsledku změn metodiky výpočtu. Podle V. Brůžka (8) po reorganizaci ČHMÚ byly prostorové úhrny získávány prostým aritmetickým průměrováním na rozdíl od dříve použité metody planimetrování, zatímco od roku 1985 se používá metody vážených průměrů. Jak bylo ukázáno v práci D. Stojčeva (38) na příkladu Moravy, dosahuje např. difference průměrných ročních úhrnů (období 1881—1988) mezi metodou aritmetického průměru a váženého průměru (jako váhy byly brány nadmořské výšky stanic) 62 mm, tj. kolem 8 % hodnoty průměru. Kombinování různým způsobem vypočtených hodnot do jedné řady tak nutně vede ke změně charakteru kolísání v rámci takovéto řady.

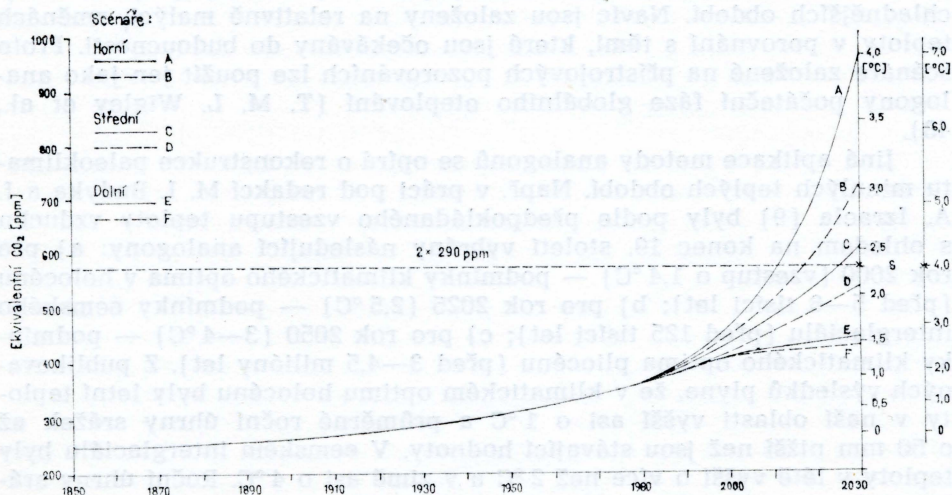
4. Prognóza budoucího klimatu

S ohledem na komplikovanost vztahů v klimatickém systému je prognóza klimatu v měřítku 10^0 — 10^1 let mimořádně složitou záležitostí. K očekávaným výsledkům nevedou statistické metody, opírající se o extrapolaci zjištěných trendů nebo o cyklické či kvaziperiodické složky obsažené v časových řadách jednotlivých meteorologických prvků. Za této situace má z hlediska možné klimatické prognózy mimořádný význam klimatické modelování (hlavně obecné cirkulační modely — General Circulation Models GCM), kdy se předpokládá skokový vzestup koncentrací CO_2 (tzv. $2\times\text{CO}_2$ experimenty). Stávající klimatické modely udávají při zdvojnásobení koncentrace CO_2 oteplení v mezích 1,9—5,2 °C. Aby

bylo možné postihnout teplotní efekt dalších skleníkových plynů, vyjadřuje se jejich účinek fiktivní dodatečnou koncentrací CO_2 , takže se hovoří o ekvivalentní koncentraci CO_2 (dále jen ekvivalentní CO_2). Tento „ekvivalentní“ přídavek byl odhadován pro rok 1980 na 31 ppm, pro rok 1986 na 39 ppm a k roku 2040 by měl vzrůst na 180 ppm (C. D. Schönwiese, K. Runge, 34). Extrapolujeme-li budoucí průběh ekvivalentního CO_2 pro tři různé scénáře (A, C, E) pro příštích 40 let, lze ze tří křivek v obr. 7 odhadnout průměrnou míru oteplování. Tři čárkované křivky (B, D, F) odpovídají případu, kdy by došlo k důsledné redukci halogenových uhlovodíků podle montrealského protokolu (H. Flohn, 14). V případě pozvolného růstu ekvivalentního CO_2 by oteplování mělo být nižší, hlavně v důsledku akumulace tepla v oceánech.

V práci J. Jägerové (19) jsou na základě závěrů konferencí ve Villachu a v Bellagiu charakterizovány možné scénáře vývoje následovně. Horní scénář, počítající s velkým růstem emisí skleníkových plynů a vysokou citlivostí klimatické odezvy, udává růst globální teploty vzduchu o $0,8^\circ\text{C}$ za desetiletí do poloviny příštího století. Střední scénář, kalkulující se současným trendem emisí skleníkových plynů a redukcí emisí halogenovaných uhlovodíků v souladu s montrealským protokolem, udává při průměrné senzibilitě klimatu vzestup o $0,3^\circ\text{C}$ za desetiletí. Se vzestupem teplot o $0,06^\circ\text{C}$ za desetiletí počítá dolní scénář, který bere v úvahu přísný globální program redukce emisí skleníkových plynů a relativně nízkou senzibilitu klimatu.

Většina současných klimatických modelů poskytuje reálné odhady globálních a zonálních změn, přičemž vyjádření regionálních změn, které se mohou od předchozích výrazně lišit, nedosahuje odpovídající kvality. Navíc je odhad regionálních změn zatížen větší mírou nejistoty. Vě-



Obr. 7 — Scénáře očekávaného globálního oteplení 1850–2030 v důsledku růstu koncentrací skleníkových plynů (H. Flohn, 14). S značí senzibilitu klimatu ke zdvojnásobení CO_2 ($S = 2,3^\circ\text{C}$ podle W. Bacha; $S = 4,0^\circ\text{C}$ podle modelových výpočtů z let 1983–1988).

rohodnější poznatky o regionálních změnách mohou poskytnout tzv. diagnostické metody, které se opírají o studium přístrojových řad a hledání vhodných analogonů. Přitom se vychází z předpokladu, že v časových řadách meteorologických prvků je obsažena např. informace o vazbě mezi hodnotami meteorologických prvků a rostoucí koncentrací skleníkových plynů, kterou lze identifikovat na pozadí šumu a jiných signálů. Minulé změny klimatu mohou být využity jako analogony budoucího klimatu i v případě, kdy nejsou známy příčiny, které tyto změny v minulosti vyvolaly. Modelem budoucího klimatu mohou být i klimatické a přírodní podmínky v oblastech, které svojí průměrnou teplotou odpovídají hypotetickému zvyšování teplot v naší oblasti, tj. ležících jižněji od našeho území.

V práci J. M. Lougha et al. [25] byl vytvořen scénář teplé Evropy na základě porovnání nejteplejšího (1934—1953) a nejchladnějšího (1901—1920) dvacetiletí v našem století na severní polokouli (diference $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Podle tohoto scénáře by se při globálním oteplení severní polokoule o $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ měl v naší oblasti pohybovat vzestup teplot v roce a na jaře o 0 až $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, v létě a na podzim pak o $0,5$ až $1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (odečteno z publikovaných mapek). Poněkud překvapující je pokles zimních teplot v rozmezí 0 až $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, doprovázený vzrůstem meziroční proměnlivosti. Pokud jde o srážky, mělo by ke vzestupu v rozmezí 0 až 0,5s (s je směrodatná odchylka) dojít na podzim. V ostatních ročních obdobích a v roce je obraz změn v našem území složitější v rozmezí od $-0,5$ s do 0,5s. Aplikace uvedeného přístupu na pražskou a bratislavskou teplotní řadu dává následující změny: rok $+0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, jaro $+0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, léto $+1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Praha) a $+1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Bratislava), podzim $+1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, zima $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. V případě ročních srážkových úhrnů by mělo jít o pokles v mezích do 0,5s (Morava 0,5s, Čechy 0,1s, Slovensko 0,05s, s pro období 1881—1980). Je ovšem třeba dodat, že takovéto odhady jsou v jisté míře poplatné výběru nejteplejších a nejchladnějších období. Navíc jsou založeny na relativně malých změnách teploty v porovnání s těmi, které jsou očekávány do budoucnosti. Proto scénáře založené na přístrojových pozorováních lze použít jen jako analogony počáteční fáze globálního oteplování (T. M. L. Wigley et al., 48).

Jiná aplikace metody analogonů se opírá o rekonstrukce paleoklimatu minulých teplých období. Např. v práci pod redakcí M. I. Budyka a J. A. Izraela [9] byly podle předpokládaného vzestupu teploty vzduchu s ohledem na konec 19. století vybrány následující analogony: a) pro rok 2000 (vzestup o $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) — podmínky klimatického optima v holocénu (před 5—6 tisíci let); b) pro rok 2025 ($2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) — podmínky eemského interglaciálu (před 125 tisíci let); c) pro rok 2050 ($3-4\text{ }^{\circ}\text{C}$) — podmínky klimatického optima pliocénu (před 3—4,5 milióny let). Z publikovaných výsledků plyne, že v klimatickém optimu holocénu byly letní teploty v naší oblasti vyšší asi o $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a průměrné roční úhrny srážek až o 50 mm nižší než jsou stávající hodnoty. V eemském interglaciálu byly teploty v létě vyšší o více než $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a v zimě asi o $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Roční úhrny srážek byly údajně vyšší o 300—500 mm. V klimatickém optimu pliocénu měly být letní teploty v naší oblasti vyšší o $2-4\text{ }^{\circ}\text{C}$, v zimě pak jen asi o $2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zvýšení ročních úhrnů srážek vzhledem k současnosti nepřesáhlo 200 mm. Uvedené údaje pro naše území mají však spíše orientační charakter (s ohledem na mapky, z nichž byl odečet hodnot prováděn).

5. Závěr

Ačkoli převážná většina klimatologů je dnes přesvědčena o antropogenním zesilování skleníkového efektu, který by měl v blízké budoucnosti přinést výraznější vzestup teploty vzduchu na Zemi, chybí v dosavadních pozorovacích řadách jeho jednoznačné projevy. Podle C. D. Schönwieseho et al. (35) by antropogenní skleníkový signál mohl být v klimatických datech detekován až v letech 2000—2005 (především v teplotních řadách). Bez ohledu na tyto skutečnosti je však třeba s předstihem odhadnout dopady předpokládaného oteplení na přírodní prostředí, samotného člověka a různé oblasti jeho činnosti, jak o tom svědčí značná pozornost, věnovaná této problematice ve světě (např. S. J. Cohen a T. R. Allsopp, 10; F. Eybergen, 13; P. H. Gleick, 15; J. Jäger, 19; S. T. Stonka a P. J. Lamb, 39). V podmínkách České republiky se předpokládanými dopady globálního oteplování zabývají práce O. Šebka (42, 43). Vychází se z hypotetického zvýšení teploty vzduchu v rozmezí 1,5—4,5 °C, což by pro polohy s teplotou kolem 7,5 °C při přijetí horní hranice oteplení odpovídalo nyníšším průměrným ročním teplotám Pécsu, Szegedu či Bělehradu, tedy zdánlivému posunu o 3—4 šířkové stupně k jihu. Zimní období by mělo být oceáničtější s větší frekvencí postupu front přes naše území od západu a jihozápadu. Léto v důsledku protažení oblasti subtropického vysokého tlaku k severu by mělo být srážkově o 20—30 % chudší s vyšším slunečním svitem. Takovéto změny by měly nejvýznamnější dopady zejména v zemědělství a vodním hospodářství, ale i v lesnictví, dopravě, energetice a stavebnictví, pro zdraví a rekreaci obyvatelstva atd. Z uvedeného výčtu je zřejmé, že problematika změn a kolísání podnebí, včetně jeho dopadů na krajinnou sféru, je typickým komplexním a interdisciplinárním problémem. Zapojení geografických věd do této tematiky se tak stává objektivní nutností, přičemž jí může přinést četné nové impulsy z hlediska dalšího vývoje.

Literatura:

1. BACH, W.: Global warming. A practical control strategy to reduce the rapid climatic change. In: *Climatic Change in the Historical and the Instrumental Periods*. Brno, Masarykova Univerzita 1990, s. 34—56.
2. BRADLEY, R. S., DIAZ, H. F., EISCHEID, J. K., JONES, P. D., KELLY, P. M., GOODISS, C. M.: Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid—19th century. *Science*, 237, 1987, s. 171—175.
3. BRÁZDIL, R.: Variation of atmospheric precipitation in the C.S.S.R. with respect to precipitation changes in the European region. Brno, Univerzita J. E. Purkyně 1986, 169 s.
4. BRÁZDIL, R.: Air temperature variations in the CSSR with respect to air temperature changes on the Northern Hemisphere. *Geogr. čas.*, 40, Bratislava, Veda 1988, č. 1—2, s. 26—39.
5. BRÁZDIL, R.: Globální oteplování Země. *Přírodní vědy ve škole*, 41, Praha, SPN 1989—1990, č. 9, s. 308—312.
6. BRÁZDIL, R., OLBERG, M.: Spektrální a koherenční analýza prostorových ročních úhrnů srážek v ČSSR. *Meteorol. zpr.*, 43, Praha, SNTL 1990, č. 1, s. 24—28.
7. BRÁZDIL, R., TAM, T. N.: Climatic changes in the instrumental period in central Europe. In: *Climatic Change in the Historical and the Instrumental Periods*. Brno, Masarykova Univerzita 1990, s. 223—230.
8. BRŮŽEK, V.: *Písemné sdělení*. Praha, 1988.
9. BUDYKO, M. I., IZRAEL, J. A., red.: *Antropogennyje izmeněnija klimata*. Leningrad, Gidrometeoizdat 1987, 406 s.

10. COHEN, S. J., ALLSOPP, T. R.: The potential impacts of a scenario of CO₂-induced climatic change on Ontario, Canada. *Journal of Climate*, 1, 1988, č. 7, s. 669—681.
11. CRESS, A., SCHÖNWIESE, C. D.: Vulkanische Einflüsse auf die bodennahe und stratosphärische Lufttemperatur der Erde. *Berichte des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main*, 1990, č. 82, 148 s.
12. ELLSAESSER, H. W., MACCRACKEN, M. C., WALTON, J. J., GROTH, S. L.: Global climatic trends as revealed by the recorded data. *Rev. Geophys.*, 24, 1986, s. 745—792.
13. EYBERGEN, F.: Assessing the landscape-ecological response of climatic change — a Netherland's initiative for a European conference. In: *Climatic Change in the Historical and the Instrumental Periods*. Brno, Masarykova Univ. 1990, s. 111—114.
14. FLOHN, H.: Treibhauseffekt der Atmosphäre: neue Fakten und Perspektiven. *Geo-Brandt—Vortrag*, Reinisch—Westfälische Akademie der Wissenschaften, 1989, v tisku.
15. GLEICK, P. H.: Climate change, hydrology, and water resources. *Rev. Geophys.*, 27, 1989, č. 3, s. 329—344.
16. GROVEMAN, B. S., LANDSBERG, H. E.: Reconstruction of Northern Hemisphere temperature: 1579—1880. *Meteorology Program, University of Maryland* 1979, Publications No. 79.
17. HANSEN, J., LEBEDEFF, S.: Global trends of measured surface temperature. *J. Geophys. Res.*, 92, 1987, s. 13 345—13 372.
18. HLAVÁČ, V.: Jak se jeví kolísání klimatu za posledních dvě stě let v pražské teplotní řadě. *Meteorol. zpr.*, 19, Praha, SNTL 1966, č. 2, s. 33—42.
19. JÄGER, J.: Developing policies for responding to climatic change. *WMO/TD—No. 225. WMO/UNEP* 1988, 53 s.
20. JONES, P. D., RAPER, S. C. B., BRADLEY, R. S., DIAZ, H. F., KELLY, P. M., WIGLEY, T. M. L.: Northern Hemisphere surface air temperature variations: 1851—1984. *J. Clim. Appl. Met.*, 25, 1986, č. 2, s. 161—179.
21. KALVOVÁ, J., BEDNÁŘ, J.: Změny slunečního svitu v Praze v letech 1961—1985. *Meteorol. zpr.*, 42, Praha, SNTL 1989, č. 4, s. 97—102.
22. KELLY, P. M.: Enquete Commission. Measures to protect the Earth's atmosphere. Summary of evidence. Bonn, 29./30. März 1990, 23 s., nepublikováno.
23. KRÍVSKÝ, L.: Atmosphärische Niederschläge in Prag-Klementinum (1804—1956). *Studia geoph. et geod.*, 1, Praha, 1957, s. 182—192.
24. LAUSCHER, F.: The greenhouse effect: science fiction? *ÖGM Bulletin*, Wien, ÖGM 1989, č. 1, s. 4—7.
25. LOUGH, J. M., WIGLEY, T. M. L., PALUTIKOF, J. P.: Climate and climate impact scenarios for Europe in a warmer world. *J. Clim. Appl. Met.*, 22, 1983, č. 10, s. 1673—1684.
26. MUNZAR, J.: Byla zima 1974/75 dosud nejteplejší ve střední Evropě? In: *Sborník referátů ze semináře k 200. výročí observatoře v Praze Klementinu*. Praha, HMÚ 1977, s. 43—47.
27. NĚMEC, L.: Písemné sdělení. Praha, 1990.
28. OERLEMANS, J.: A projection of future sea level. *Climatic Change*, 15, 1989, s. 151—174.
29. PEARMAN, G. I.: Greenhouse gases: evidence for atmospheric changes and anthropogenic causes. In: *Greenhouse. Planning for climate change*, ed. by G. I. Pearman, CSIRO, 3—21.
30. PELTIER, W. R., TUSHINGHAM, A. M.: Global sea level rise and the greenhouse effect: might they be connected? *Science*, 244, 1989, s. 806—810.
31. REICHT, J., PETERKA, V.: Kolebania solněčného sveta v centralnoj Evrope. In: *Klimatičeskije izmeněnija i ich izučenje dja narodnogo chozjajstva*. Brno, Selskochozjajstvennyj fakultět 1987, s. 107—114.
32. SCHÖNWIESE, C. D.: Anhörung der Enquete-Kommission des deutschen Bundestages „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ zur Thematik des „Treibhauseffektes“. Bonn, 29./30. März 1990, 25 s., nepublikováno.
33. SCHÖNWIESE, C. D., MALCHER, J., HARTMANN, C.: Globale Statistik langer Temperatur- und Niederschlagsreihen. *Berichte des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main*, 1986, č. 65, 134 s.
34. SCHÖNWIESE, C. D., RUNGE, K.: Der anthropogene Spurengaseinfluß auf das globale Klima. Erweiterte statistische Abschätzungen im Vergleich mit Klimamodell-Experimenten. *Berichte des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität Frankfurt/Main*, 1988, č. 76, 122 s.

35. SCHÖNWIESE, C. D., STÄHLER, U., BIRRONG, W.: Temperature precipitation trend in Europe and their possible link with greenhouse-induced climatic change. *Theor. Appl. Climatol.*, 41, Wien, 1990, č. 3, s. 173—175.
36. Schutz der Erdatmosphäre. Eine internationale Herausforderung. Zwischenbericht der Enquete-Kommission des 11. Deutschen Bundestages „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, Bonn, 1988, 583 s.
37. SCHUURMANS, C. J. E., COOPS, A. J.: Characteristics of summer climate in western Europe and the detection of the CO₂-effect. In: *Third International Conference on Statistical Climatology*. Wien, 1986, s. 251—255.
38. STOJČEV, D.: Porovnání různých metod výpočtu prostorových úhrnů srážek na příkladě Moravy. Diplomová práce. Brno, katedra geografie MU 1990, 84 s.
39. STONKA, S. T., LAMB, P. J.: On climate change and economic analysis. *Climatic Change*, 11, 1987, č. 3, s. 291—311.
40. SVOBODA, J.: Pokus o rekonstrukci měsíčních teplot Prahy-Klementina zpětně do roku 1755. In: *Sborník referátů*. Úpice, 1988, v tisku.
41. ŠAMAJ, F., BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., FAŠKO, P.: Variability and cyclicality of the snow cover characteristics in the Carpathian part of Czechoslovakia. In: *XIV International Conference on Carpathian Meteorology, Proceedings*. Sofia, 1989, s. 50—55.
42. ŠEBEK, O.: Impacts of climatic changes in the Czech Socialist Republic in the first half of the 21st century. In: *Climatic Change in the Historical and the Instrumental Periods*. Brno, Masarykova Univerzita 1990, s. 119—124.
43. ŠEBEK, O.: Předpokládané změny klimatu k roku 2030 a jejich dopady v ČSR. *Meteorol. zpr.*, 43, Praha, SNTL 1990, č. 1, s. 1—5.
44. The current state and recent trends of the world's climate. *Bulletin WMO*, 39, Geneva, WMO 1990, č. 1, s. 25—28.
45. TOMLAIN, J., HRVOJE, J., REICHT, J.: Dihodobé kolísanie žiarenia v Hurbanove. *Meteorol. zpr.*, 33, Praha, SNTL 1980, č. 5, s. 147—151.
46. VINNIKOV, K. I., GROJSMAN, P. I., LUGINA, K. M., GOLUBEV, A. A.: Izmenčeniya srednej temperatury vozducha severnogo polušariya za 1841—1985 gg. *Meteorol. Gidrol.*, Moskva, 1987, č. 1, s. 45—55.
47. WEBER, G. R.: Spatial and temporal variation of sunshine in the Federal Republic of Germany. *Theor. Appl. Climatol.*, 41, Wien, 1990, č. 1—2, s. 1—9.
48. WIGLEY, T. M. L., JONES, P. D., KELLY, P. M.: Empirical climate studies. In: *The Greenhouse Effect, Climatic Change, and Ecosystems*. Eds.: Bolin, B., Döös, B. R., Jäger, J., Warrick, R. A., Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons 1986, s. 271—322.

Summary

THE GREENHOUSE EFFECT AND CLIMATIC TRENDS IN CZECHOSLOVAKIA

A conspicuous increase in concentrations of carbon dioxide and other greenhouse gases conditioned by anthropogenic activity leads to the intensification of the greenhouse effect. Although global temperature series exhibit a general trend of rising air temperature on the Earth, it is difficult to demonstrate unambiguously the intensification of the greenhouse effect under a parallel action of a number of natural factors (solar processes, volcanism, processes in the system ocean-atmosphere). Still more complicated is the demonstration of this effect in the series of further meteorological elements. According to the measurements carried out at the station Prague-Klementinum it is possible — in mean annual temperatures measured since 1771 — to delimit three time sectors: prevaillingly above-average temperatures in the years 1771—1835 and after 1930, below-average temperatures in the years 1835—1900. The statistically significant rising trend reached the value of 1.3 °C in the period of 1871—1989, the hitherto warmest decade were those of 1791—1800 and of 1981—1990. The coldest period was that about the mid-19th century. The measured data are, however, biased by the increase of the effects of the heat island of the town which, in the years 1941—1980 probably reached 0.1 °C per decade. Also the rise of air temperature in the individual seasons of the year is statistically significant, the beginning of the overall rising trend being shifted, as far as time is concerned, from winter over spring and autumn to summer in about 75 years. As for the summer and autumn the hitherto warmest decade was the last decade of the 18th century, for the winter the years 1971—1980, and for

the spring 1981–1990. In the case of the areal precipitation sums of Bohemia, Moravia and Slovakia a dropping trend has shown since the 1880s of the rate of 0.2s (s being the standard deviation). In sunshine, after the maximum in the 1930s and 1940s, a conspicuous decrease was noted in subsequent decades (by as much as 400–500 hrs per year), interrupted only towards the end of the 1970s. An analogous decreasing trend also appeared in the case of annual sums of global radiation. On the basis of the method of analogons (in accordance with the paper by Lough et al., 25), during the rise of global air temperature on the Northern Hemisphere by 0.4 °C, the following changes should take place: air temperature (Prague-Klementinum and Bratislava) — year +0.6 °C, spring +0.6 °C, summer +1.0 °C to +1.1 °C, autumn +1.1 °C, winter —0.5 °C; annual sums of atmospheric precipitation — Bohemia —0.1s, Moravia —0.5s, Slovakia —0.05s). According to the paleoclimatic scenario in the paper edited by Budyko and Izrael (9) the future conditions in the region of Czechoslovakia should be as follows: a) the year 2000 (analogy of the climatic optimum of the Holocene) — summer temperatures higher by 1 °C, annual precipitation lower by 50 mm. b) the year 2025 (analogy of the Eemian Interglacial) — summer temperatures higher by 2 °C, winter temperatures by 2 to 4 °C, annual precipitation higher by 300–500 mm, c) the year 2050 (analogy of the climatic optimum of the Pliocene) — summer temperatures higher by 2 to 4 °C, winter temperatures by 2 °C, annual precipitation higher by 200 mm.

With respect to the assumed intensification of the anthropogenically conditioned greenhouse effect it is necessary to concentrate further attention on more precise regional scenarios of climatic changes and the estimate of their impact on the whole area of Central Europe.

Fig. 1 — Increase of concentrations of some greenhouse gases on the Earth. Concentrations of CO₂ measured at the observatory in Mauna Loa, Hawaii (44); concentrations of CH₄, N₂O, CCl₂F₂ and CCl₃F measured at the observatory Cape Grim, Tasmania (29).

Fig. 2 — Anomalies of global air temperature (reference period 1950–1979) on Northern Hemisphere (a), Southern Hemisphere (b) and global (c) according to P. D. Jones et al (in 44) and annual precipitation (relative units) in zones of 35–70° (d) and 5–35° northern latitude (e) according to R. S. Bradley et al (2).

Fig 3 — a) Variation of mean air temperatures for the year and the seasons of the year smoothed by five-year running averages for the station Prague-Klementinum; b) see point a, ten-year running averages.

Fig 4 — Cumulative curves of annual and seasonal anomalies of air temperature at Prague-Klementinum: 1 — winter, 2 — spring, 3 — summer, 4 — autumn, 5 — year.

Fig 5 — Variation of areal precipitation sums of Bohemia, Moravia and Slovakia smoothed by five-year (a) and eleven-year (b) running averages.

Fig 6 — Variation of selected meteorological elements in Bohemia smoothed by five-year running averages in the period 1950–1989 (horizontal lines — long-term average).

Fig 7 — Scenarios of the expected warming 1850–2030 due to the rise in concentration of greenhouse gases [H. Flohn, 14].

S = sensibility of climate to a double amount of CO₂ [S = 2,3 °C according to W. Bach; S = 4,0 °C according to model calculations from 1983 to 1988].

Tab. 1 — Decade mean air temperatures of the year (\bar{t}), winter (\bar{t}_w), spring (\bar{t}_s), summer (\bar{t}_l) and autumn (\bar{t}_p) and corresponding deviations (Δ) from long-term mean values of the period 1771–1980 at Prague-Klementinum.

Tab. 2 — Values of the rising and dropping trends (T in °C) of the mean seasonal air temperatures at Prague-Klementinum in the period 1771–1989. With the exception of the period 1790–1837 in the winter all other established values of the trend are statistically significant for the level $\alpha = 0.01$.

(Pracoviště autora: katedra geografie přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity, Kotlářská 2, 611 37 Brno).

Došlo do redakce 2. 7. 1990

Lektoroval Ivan Sládek