

PŘÍSPĚVEK K VÝVOJI KLIMATU NA MORAVĚ

Jiří Nekovář, Rudolf Bagar

Summary

In this work is discussed the relation between the Sun and Earth in the past, especially the history of climate change during last millenium. For recent two centuries, climatological data of three long-term stations: Prague-Klementinum (air temperatures within the time-period 1771-2002, precipitations 1841 -2002), Vienna Hohe Warte (temperatures within 1775 -2002, precipitations within 1845 -2002), Vilnius (temperatures 1778-2002, precipitation 1887-2002) is used. The graphs concerning in air temperature and precipitation data are prepared according to summer half-year season (April to September)and yearly temperature average and yearly precipitation total. The Lang's factor be dependent upon yearly precipitation total and yearly temperature average is used, too. Also has been done the comparison of short term station Svatouch with data of Wien Hohe Warte behind the period 1961 - 2002, this correlation was shown to be very significant. First of all Svatouch station data are widely presented. There are evaluated the differences between yearly and summer seasonal averages development, having the sense for climate change evaluation.

Úvod

V současnosti se hovoří o klimatických změnách souvisejících i s postupným oteplováním území České republiky. Uvedené skutečnosti jsou však často předkládány veřejnosti bez hlubších konkrétních rozborů a vazeb. Je proto žádoucí znát podrobněji klimatické poměry příslušné oblasti a v následnosti společně řešit celou širokou problematiku přírodních poměrů rostlinných i živočišných ekosystémů.

Hlavním zdrojem, kde lze hledat příčinu pravidelných klimatických cyklů, je Slunce a jeho záření. Pokud je nám známo, výdej energie ze samotného Slunce se během posledního milionu let v nějakém významném rozsahu nezměnil. Docházelo však ke změnám v oběhu Země, na níž se distribuce slunečního záření během posledního milionu let měnila víceméně pravidelně.

Při oběhu Země kolem Slunce dochází ke třem pravidelným změnám. Země se kolem Slunce pohybuje po eliptické dráze, jejíž parametry se cyklicky proměňují na téměř kruhové a nazpět. Výstřednost (excentricita) elipsy, je vyjádřena poměrem největ-

šího a nejmenšího poloměru, což se cyklicky mění s přibližnou periodou 100 000 let. Toto je nejpomalejší ze tří změn. Statistický cyklus je dnes považován za hlavní řídicí mechanismus příchodu ledových dob.

Země se otáčí kolem vlastní osy, přičemž její osa otáčení je skloněna k rovině ekliptiky. Úhel vychýlení kolísá mezi 21,6 ° a 24,5 ° (v současné době je to 23,5 °) v periodě asi 41 000 let. Tuto skutečnost považujeme za druhou změnu.

Ke třetímu druhu změn dochází posunem období roku, kdy je Země nejbližší ke Slunci (přisluní, perihelium). V současné konfiguraci se Země ocitá nejbližší ke Slunci v lednu. Období přisluní se posunuje po měsících v periodě asi 23 000 let.

Obíhání Země mění její vztah ke Slunci. Ačkoliv se celkově množství slunečního záření dopadajícího na Zemi mění velmi málo, rozdělení tohoto záření nad povrchem Země se mění podstatně se zeměpisnou šířkou i délkou a ročním obdobím. Změny jsou velké zejména v polárních oblastech, kde například změny letního slunečního záření dosahují 10 %.

Kontaktní adresy autorů:

Ing. Jiří Nekovář, CSc, jiri.nekovar@chmi.cz

Český hydrometeorologický ústav, 14306 Praha 4 - Komořany, Na Šabatce 17, Tel:244032261, fax:244032128

doc. Ing. Rudolf BAGAR, CSc, bagar@brno.uhul.cz

Ústav pro hospodářskou úpravu lesa, pob. Brno, 616 00 Brno, Vrázova 1, tel. 541423511, fax: 541211186,

Ke globálním klimatickým změnám může vést i růst koncentrací CO₂ a dalších skleníkových plynů v atmosféře. Významně mohou ovlivňovat podnebí i další antropogenní faktory, jako aerosoly, zejména sulfátové, nitrátové a dále i minerální aerosoly.

Všechny jevy sluneční aktivity ve sluneční fotosféře, sluneční skvrny, fakulová pole a j., jsou projevem pohybů sluneční plazmy různých rozměrů a teploty v silných magnetických polích. Sluneční skvrny představují chladnější místa ve sluneční fotosféře. Sluneční zářivost během jedenáctiletého cyklu kolísá, neboť jasné fakule a tmavší sluneční skvrny modelují zářivost Slunce. Měření provedená v posledních letech pomocí satelitů přinesla důležitý poznatek, že v době výskytu velkého počtu skvrn převyšuje zvýšené záření jasných fakulí deficit záření tmavších slunečních skvrn, takže hodnota celkové zářivosti Slunce se v této době zvyšuje. Celková zářivost Slunce je tedy největší v době výskytu četných slunečních skvrn. Sluneční aktivita dosahuje v současné době vysokých hodnot. Z pozorování průběhu sluneční zářivosti a průběhu teploty vyplývá úzká korelace mezi oběma parametry. Lze předpokládat, že zvyšování teploty vzduchu od počátku století a zvláště v posledních desetiletích, může být převážně způsobeno stoupající sluneční aktivitou. Sluneční aktivita a celková zářivost Slunce má od roku 1900 do dnešní doby vzestupný trend.

V našich podmínkách došlo v „nedávné“ minulosti, během posledního tisíciletí k významným klimatickým změnám (výkyvům). Vývoj klimatu je tedy nepřetržitě dynamický, v žádném případě jej nelze chápat jako něco neměnného, statického. Uvedené tvrzení lze dokladovat následujícími prokazatelnými změnami teplot na našem území:

- ▶ kolem let 875 - 1194 bylo výrazné teplé sekulární období
- ▶ 1195 - 1465 došlo k ochlazení, charakterizovaném jako období "malé doby ledové"
- ▶ 1466 - 1618 nastalo oteplování, hovoříme o malém klimatickém optimu. Toto období můžeme rozdělit do dvou period: 1466 - 1575, intersekulární teplé

období, 1520 - 1540, hlavní klimatická epizoda

- ▶ 1619 - 1897 to byla poslední "malá doba ledová" s členěním na léta 1837 - 1897, kdy bylo intersekulární období se dvěma pronikavými chladnými klimatickými epizodami v letech 1837 - 1857 a 1887 - 1897.

Věda do dnešních dob nashromáždila velké množství nezvratných důkazů o změnách a vývoji klimatu v minulosti. Rozeznávají se několikaleté (krátkodobé) klimatické výkyvy, dále tzv. klimatické epizody, což je období trvající 10 až 25 let. Klimatické změny intersekulární probíhají v rámci několika desetiletí a změny klimatu sekulární jsou již měřitelné stoletími. Mezi sekulární klimatické období náležejí především tzv. malé doby ledové. Zde jde o významně chladnější období, vyznačující se v přírodních podmínkách českých zemí především vysokou četností roků s tuhými a velmi tuhými zimami a roků s chladnějšími vegetačními obdobími. Dále se jednalo také o častější výskyt pozdních jarních mrazů a mrazíků a časným nástupem podzimních mrazů a mrazíků, ale zároveň i výskytem „kontinentálně“ horkých a suchých let.

Mezi sekulární změny klimatu náleží i tzv. malá klimatická optima. Jsou to celkově významně teplejší období, vyznačující se v přírodních podmínkách českých zemí především vysokou četností roků s mírnými zimami a pouze s řídkým výskytem tuhých zim a vysokým zastoupením roků s velmi teplými léty.

Velice cenné údaje o klimatu provázejícího nás od necelé druhé poloviny poslední malé doby ledové poskytují již měřené meteorologické observatoře v pražském Klementinu a Vídně. Měření v Praze byla zahájena již v roce 1752 měřením teplot vzduchu, tlaku vzduchu a atmosférických srážek. Prvá měření z Prahy - Klementina se však do dnešní doby nedochovala a tak co se týče např. hodnot průměrných měsíčních a ročních teplot vzduchu jsou k dispozici až od roku 1771 a srážkových úhrnů až od roku 1841. Z Vídně, jejíž data je možno využít pro jižní Moravu, jsou údaje o teplotě vzduchu od roku 1775 a

srážkových úhrnech od roku 1845. Vilnius počal měřit teploty vzduchu od roku 1778, úhrn srážek od roku 1887.

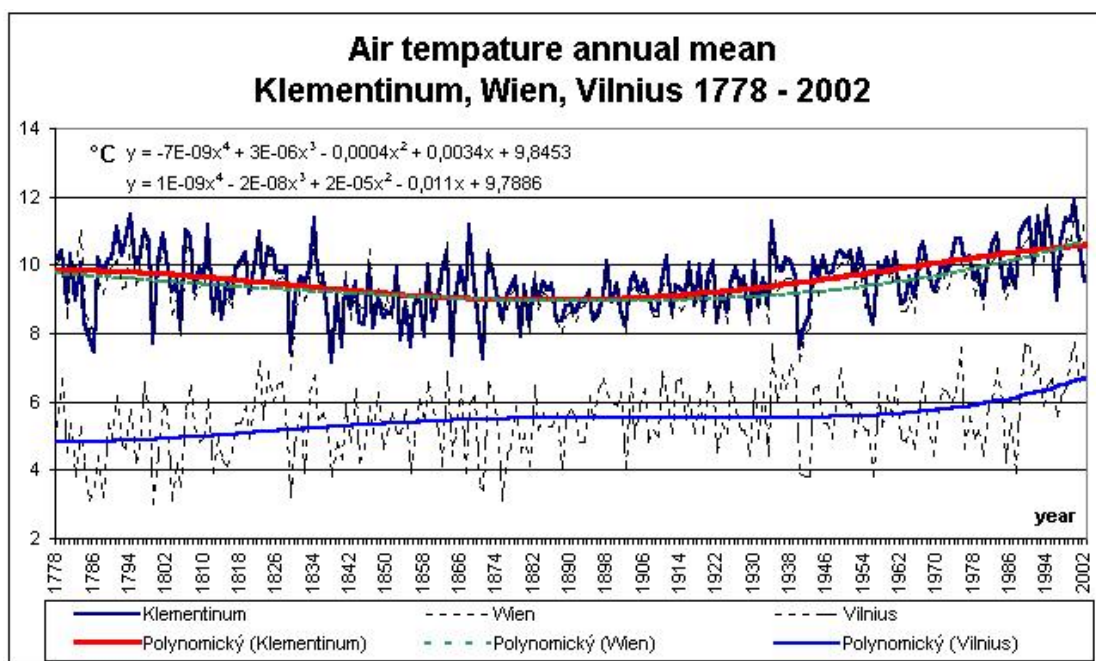
Metoda

V práci jsou dokumentována data z těchto tří dlouhodobých klimatických stanic, teploty vzduchu a ovzdušných srážek za letní pololetí (duben až září) a průměrné roční teploty a roční srážkové úhrny. Doplněn je i Langův faktor, závislý na roční sumě srážek a roční průměrné teplotě. Také jsou porovnána data "krátkodobé" stanice Svatouch s daty Vídně za období 1961 - 2002. Korelace těchto dat se ukázala být vysoce významnou. Především jsou však prezentována data stanice Svatouch: roční a pololetní (duben až září) teploty vzduchu, srážkové úhrny, délka slunečního svitu a Langův koeficient, dále také nástup, ukončení a počet dnů s efektivními teplotami nad 0 °C, 5 °C, 8 °C, 10 °C a porovnání ročních sum efektivních teplot nad 0 °C, 5 °C, 8 °C, 10 °C za období 1961 - 2002.

Chod průměrných teplot vzduchu v Praze – Klementinu (1771 – 2002) a ve Wien Hohe Warte (1775 – 2002) má téměř shodný průběh, jak ve vyrovnání regresní přímkou, tak polynomem.

V letech 1771 – 1835 dosahovaly průměrné roční teploty vzduchu vyšších hodnot, cca 9,5 °C. Potom následoval pokles průměrných ročních teplot s minimem kolem roku 1885 v Praze, ve Vídni v roce 1895, kdy teplota dosahovala cca 9 °C. Jednalo se tedy o pokles oproti roku 1775 o 0,5 °C. V dalším období následovalo postupné oteplování, takže v roce 2002 dosahovaly polynomem vyrovnané průměrné roční teploty vzduchu v Praze i ve Vídni přes 10,5 °C.

V absolutních hodnotách průměrné roční teploty vzduchu po roce 1990 dosahovaly v Praze i ve Vídni vyšších hodnot, než kolem roku 1790. Relativně chladnější období podle průměrných ročních teplot vzduchu bylo od roku cca 1830 – 1930, tedy kolem 100 let.



Porovnání teploty vzduchu stanic Praha - Klementinum, Wien Hohe Warte a Vilnius

Chod průměrných polynomem vyrovnaných teplot vzduchu za letní pololetí (duben až září) má opět v Praze i ve Vídni ob-

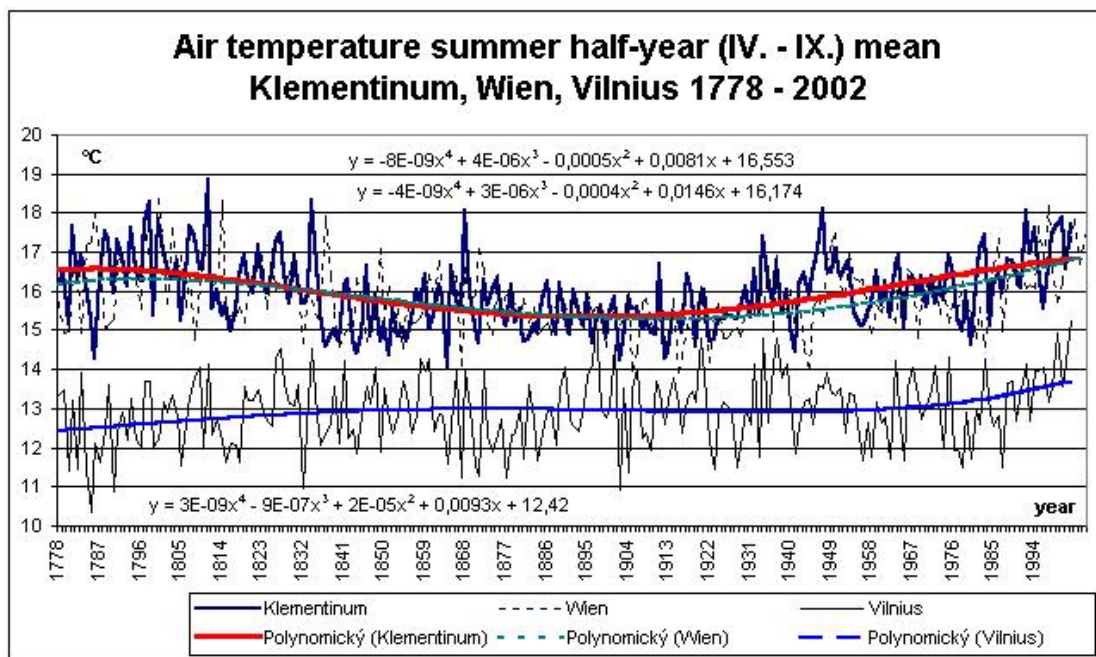
dobný průběh. V letech 1771 – 1835 dosahovaly vyrovnané hodnoty téměř 16,5 °C. V následujícím poklesu těchto teplot

s minimem kolem roku 1897 v Praze a 1910 ve Vídni dosahovaly hodnot cca 15,4 °C, tedy s poklesem oproti roku 1771 to bylo cca 1 °C.

Po letech 1897 – 1910 následovalo postupné oteplování až do roku 2002, kdy polynomem vyrovnané průměrné teploty vzduchu v období IV. – IX. dosahovaly až cca 16,7 °C, což je nárůst oproti letům 1897 – 1910 téměř o 1,5 °C. Teploty vzduchu v období IV. – IX. v roce 2002 se tedy zvýšily o cca 1,5 °C, obdobně jako polynomem vyrovnané průměrné roční teploty vzduchu v roce 2002 v porovnání s léty 1897 – 1910.

Průměrné roční teploty vzduchu ve Vilniusu dosahovaly po roce 1778 hodnot o cca 5°C nižších, než v Praze a ve Vídni, ovšem

po roce 1850 to bylo pouze cca 4 °C. Vyrovnané roční teploty vzduchu ve Vilniusu vzrostly za období 1778 – 2002 o více než 1 °C. V absolutních jednotkách dosahovaly více o 1,5 °C po roce 1990 oproti průměrným ročním vyrovnaným teplotám vzduchu. Průměrné vyrovnané teploty vzduchu v období IV. – IX. po roce 1778 dosahovaly ve Vilniusu o cca 4 °C nižších hodnot, než v Praze a Vídni. Ovšem v letech 1880 – 1920 byl rozdíl teplot o něco málo přes 2 °C a po roce 1980 to bylo cca 3 °C. Vyrovnané teploty vzduchu ve Vilniusu v období IV. – IX. v letech 1778 – 2002 vzrostly o něco málo přes 0,5 °C, jejich nárůst oproti nárůstu průměrných vyrovnaných ročních teplot (v roce 2002 oproti roku 1778) bylo pouze cca 50 %.



Sledujeme-li chod vyrovnaných průměrných měsíčních teplot vzduchu je patrné, že ve Vilniusu došlo v období let 1778 – 2002 k postupnému nárůstu teplot vzduchu ve všech měsících s výjimkou měsíců srpna a září, kdy mají jejich regresní přímky významnější sestupný trend.

Chod průměrných měsíčních teplot vzduchu vyrovnaných polynomem pro Prahu i Vídeň pro měsíce V. – VIII. a X. má v těchto měsících trvale rostoucí charakter.

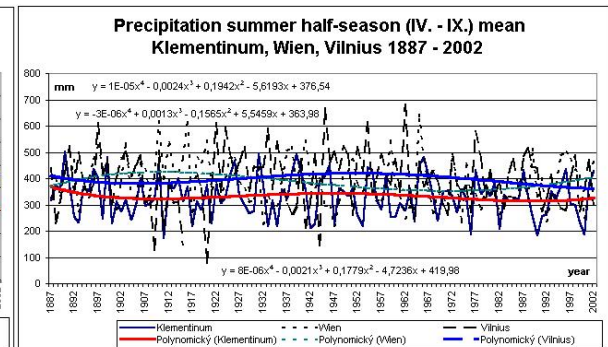
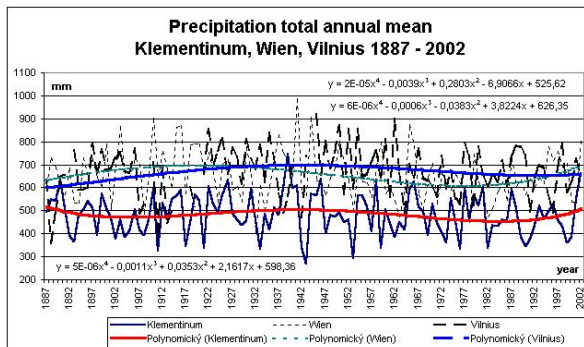
Naproti tomu v měsících IX. a XI. znamená postupné ochlazování.

Porovnání srážkových úhrnů stanic Praha – Klementinum, Wien Hohe Warte a Vilnius

Chod ročních srážkových úhrnů v Praze (1841 – 2002) a ve Vídni (1845 – 2002), má opět vzájemně blízký průběh, ovšem při vyšších srážkách ve Vídni o cca 200 mm. V Praze dosahovaly minimální vyrovnané srážkové úhrny minima kolem roku 1860 a

1985, ve Vídni to bylo kolem roku 1850 a 1975. Naopak nejvyšších vyrovnaných srážkových úhrnů bylo dosaženo v Praze

kolem roku 1930, ve Vídni kolem roku 1920.



Vyrovnaný chod srážkových úhrnů v období IV. – IX. v Praze (1841 – 2002) a Vídni (1845 – 2002), má opět vzájemně obdobný průběh, ovšem opět při vyšších srážkách ve Vídni o cca 100 mm.

V Praze dosahovaly vyrovnané srážkové úhrny minima kolem roku 1860 a 1985, ve Vídni to bylo rovněž kolem roku 1860, ale dále pak až kolem roku 1975. Naopak nejvyšších srážkových úhrnů v Praze bylo dosaženo kolem roku 1930, ve Vídni kolem roku 1920.

Polynomem vyrovnané srážkové úhrny v dlouhé sledované řadě let v Praze i ve Vídni mají zrcadlově opačný průběh oproti chodu průměrných teplot vzduchu v ročních hodnotách i v letním pololetí (období měsíců IV. – IX.).

Roční srážkové úhrny dosahovaly ve Vilniusu v roce 1887 poměrně blízkých hodnot jako ve Vídni (jen o málo větších), oproti Praze to bylo více o cca 100 mm. Kolem let 1925 – 1935 byly vyrovnané roční srážkové úhrny ve Vilniusu a Vídni téměř shodné. V dalších letech do roku 1995 bylo více ročních srážek ve Vilniusu a v následujícím období do roku 2002 tomu bylo opět naopak, větší srážkové úhrny byly ve Vídni, než ve Vilniusu.

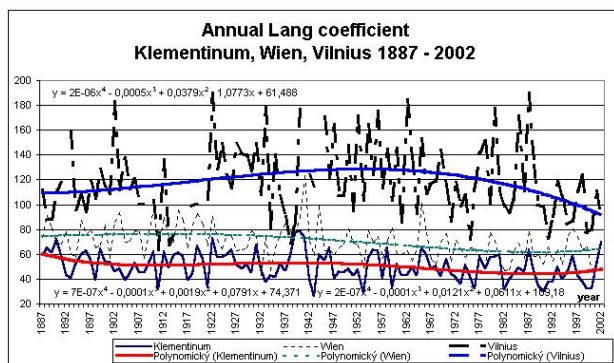
Srážkové úhrny v období IV. – IX měly obdobný chod jako roční úhrny srážek. Pozoruhodný je malý rozdíl mezi vyrovnanými srážkovými úhrny v období IV. – IX. v Praze a Vilniusu po roce 2000, zatímco

ve Vídni množství srážek po roce 1990 narůstal až do roku 2002 (ve Vilniusu naopak množství srážek ubývalo).

V chodu měsíčních srážkových úhrnů došlo ve Vilniusu k poklesu srážkové činnosti v srpnu, kdy ve vyrovnaných hodnotách došlo v roce 2002 k poklesu srážkových úhrnů o cca 40 % oproti roku 1887. V Praze, ani ve Vídni nedošlo v žádném z měsíců v letech 1887 – 2002 k obdobnému výraznějšímu poklesu vyrovnaných srážkových úhrnů jako v měsíci srpnu (1887 – 2002) ve Vilniusu.

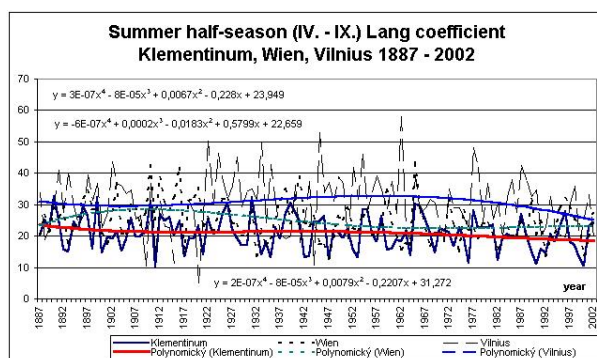
Langův koeficient je klimatologický index, vyjadřující podmínky přirozeného zavlažení krajiny a to podílem ročního úhrnu srážek v mm a průměrné roční teploty vzduchu ve °C. Langův „roční“ faktor i obdobný faktor během vegetačního období duben až září (IV. – IX.) při polynomem vyrovnaných hodnotách pro Prahu i Vídeň mají podobný průběh ve sledované řadě let, obdobně jako chod srážkových úhrnů, ročních nebo pro období IV. – IX.

V posledních letech hodnoty Langova koeficientu významně ovlivňují časté přívalové deště. Pozoruhodný je chod vyrovnaných hodnot Langova koeficientu v Praze i ve Vídni, po roce 1960. V Praze dosahovaly vyrovnané hodnoty nižších hodnot než 50, ve Vídni pak hodnot blízkých 60.

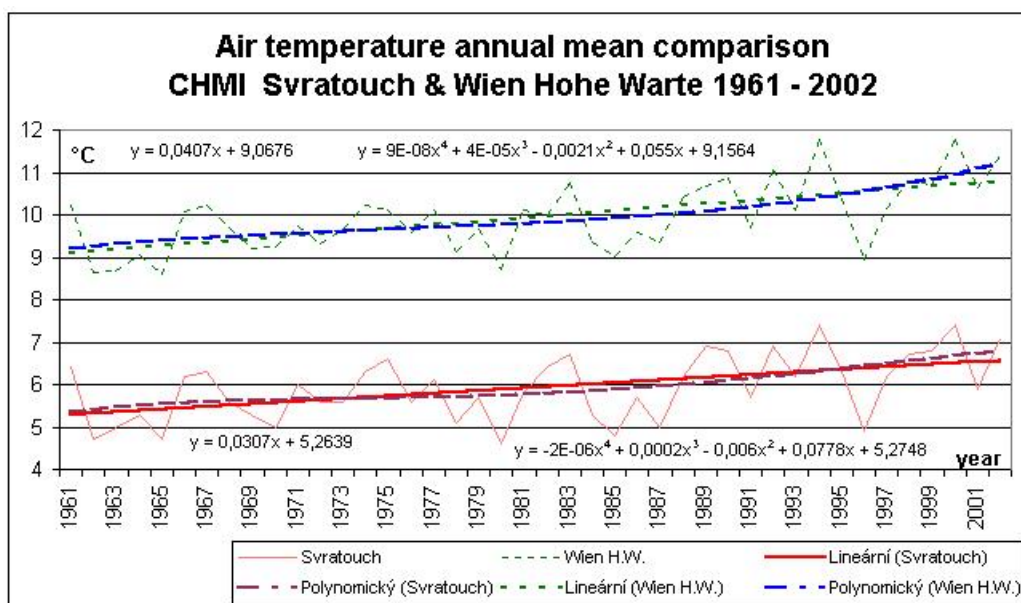


Chod ročních hodnot Langova koeficientu dosahoval ve vyrovnaných hodnotách nejvyšších hodnot ve Vilniusu, pak ve Vídni a nejnižší hodnoty byly v Praze. Je pozoruhodné, že ve Vilniusu od roku 1887 vyrovnané hodnoty Langova koeficientu narůstaly až do poloviny 60-tých let minulého století, zatímco ve Vídni postupně klesaly až do počátku 90-tých let, kdy kolísaly mezi hodnotami 60 – 80, v Praze mezi 45 – 60.

Vyrovnané hodnoty Langova koeficientu v období IV. – IX. dosahovaly jednoznačně nejvyšších hodnot ve Vilniusu, pak Vídni, nejnižší hodnoty byly v Praze. Ve Vídni tyto vyrovnané hodnoty narůstaly od roku 1887 do cca let kolem 1915, kdy se blížily obdobným hodnotám ve Vilniusu, v dalším období došlo k poklesu s nejnižšími hodnotami kolem roku 1970



s pozdějším nepatrným nárůstem. Ve Vilniusu dosahovaly vyrovnané hodnoty Langova koeficientu v období IV. – IX. nejvyšších hodnot kolen roku 1970, kdy ve Vídni byly tyto hodnoty nejnižší, v dalším období došlo k poklesu. V roce 2002 jsou hodnoty tohoto koeficientu ve Vilniusu a Vídni poměrně blízké, ve Vídni dosáhly tyto hodnoty úrovně roku 1887, naproti tomu ve Vilniusu došlo ke značnému poklesu, kdy tyto hodnoty jsou nejnižší za celé sledované období let 1887 – 2002. S ohledem na výše uvedené skutečnosti, bychom doporučovali v budoucím období zabývat se problematikou vláh a hledat nové cesty k jejímu udržení jak pro potřebu k rostlin, tak vlastně pro zlepšení a stabilizování životního prostředí.



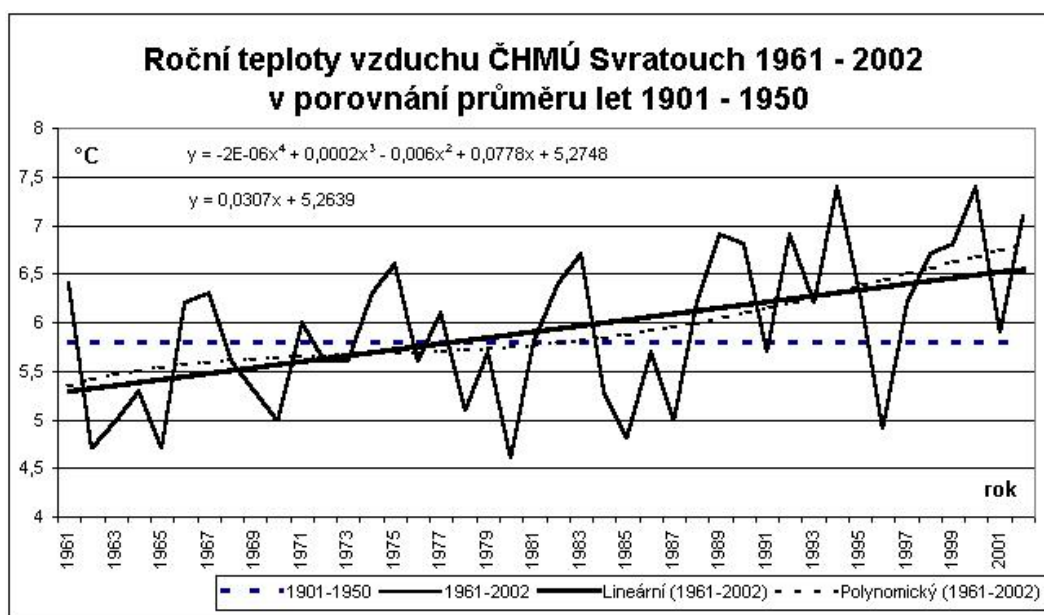
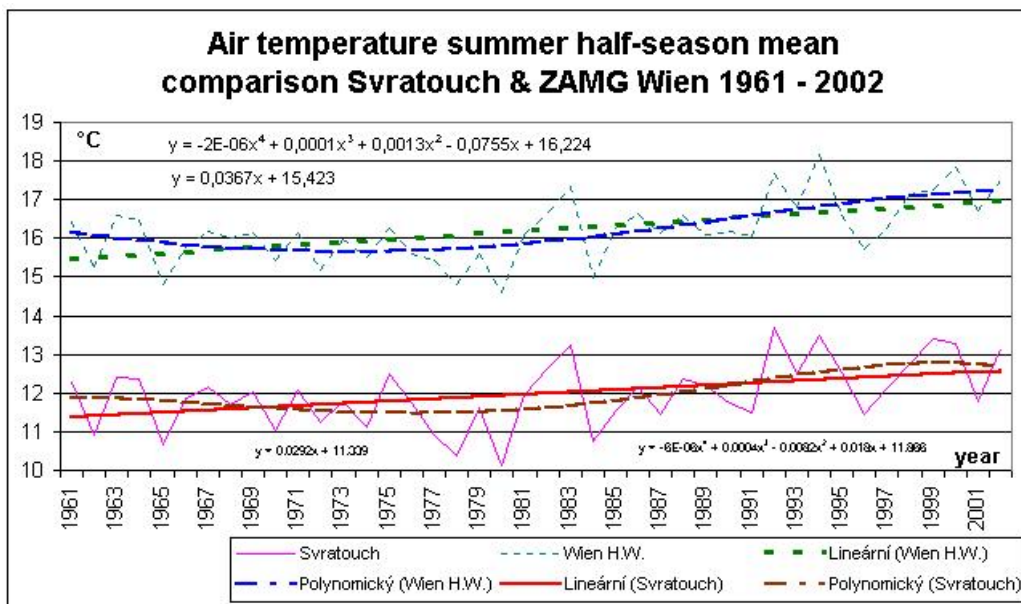
Correlation coefficient = 0,959618878

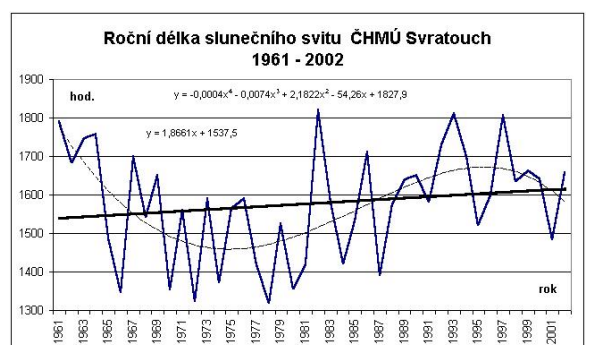
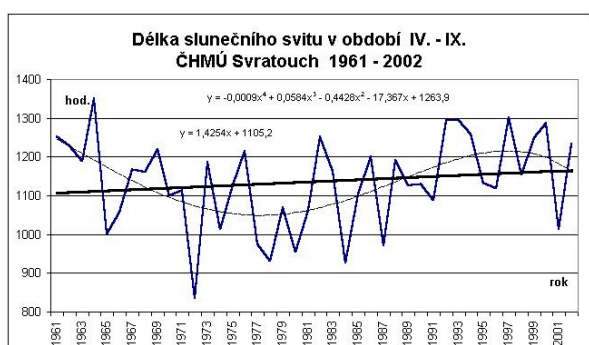
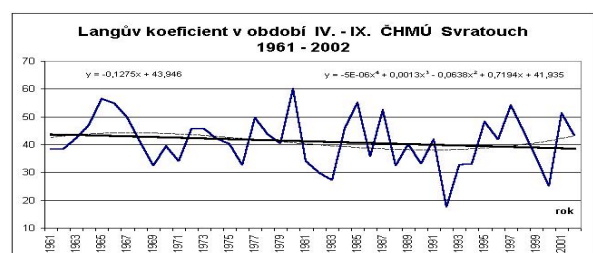
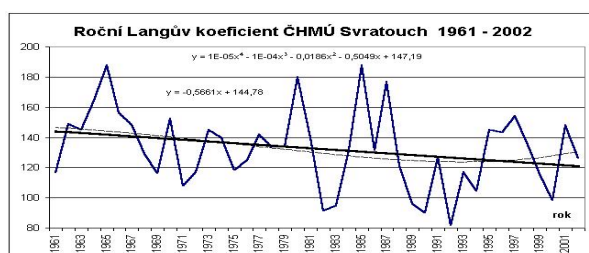
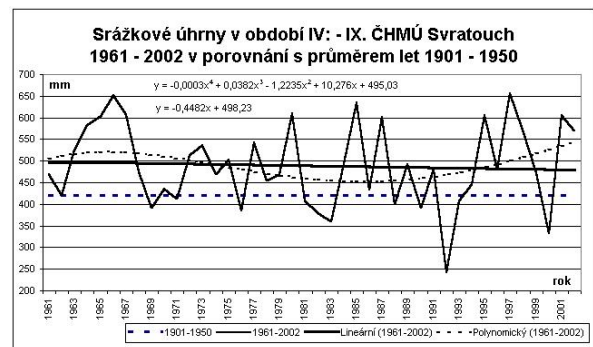
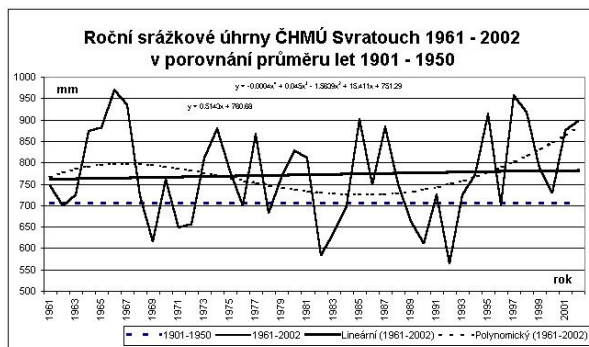
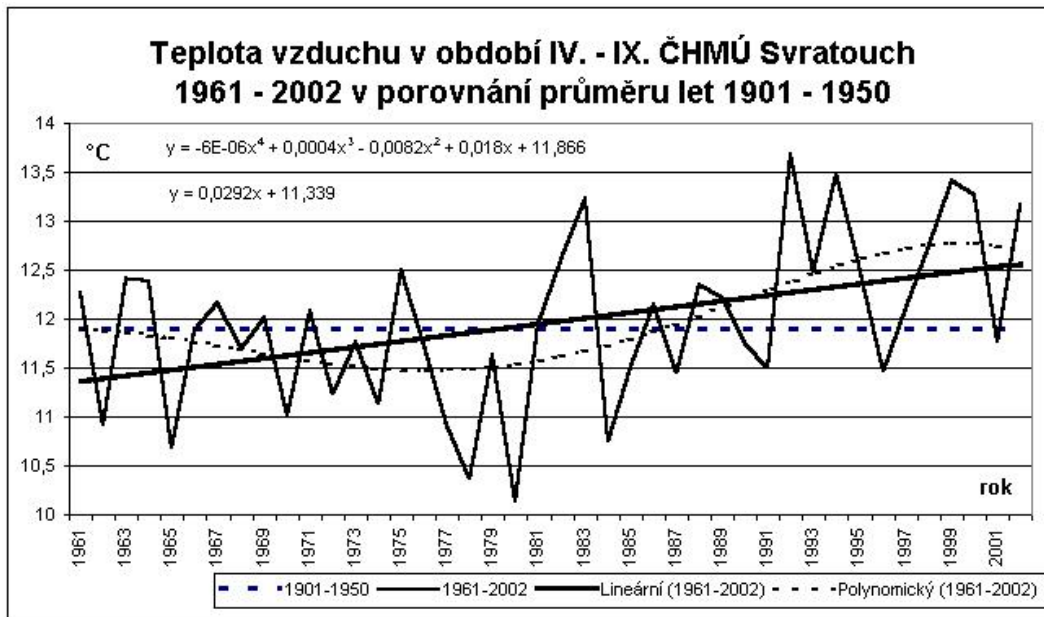
Porovnání Wien - Svatouch

Shoda tendence teplot vzduchu mezi Svatouchem a Vídní je pozoruhodná, korelační koeficient činí 0,96, při n=42 (1961-2002) je závislost významná na hladině lepší p=0,01. Vídeň má nárůst z 9,06 °C na 10,77 °C o 1,7 °C, Svatouch z

5,26 °C na 6,55 °C o 1,3 °C.

Korelační koeficient u letního pololetí je o málo menší (0,947, n = 42, p = 0,01). Vídeň má nárůst teploty z 15,42 °C na 16,96 o 1,54 °C, Svatouch nárůst z 11,33 °C na 12,56 o 1,23 °C.





Hodnocení klimatu na Svatouchu za období 1961-2002
 Roční teplota vzduchu na Svatouchu stoupla za období 1961-2002 o 1,3 °C, v

prvých 20 letech byla pod průměrem let 1901-1950, v posledních dvou dekádách nad tímto průměrem.

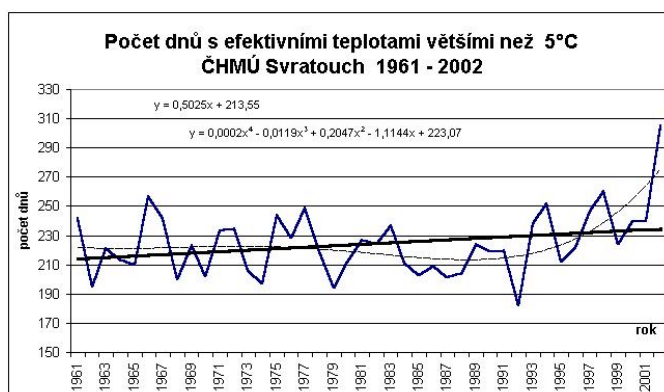
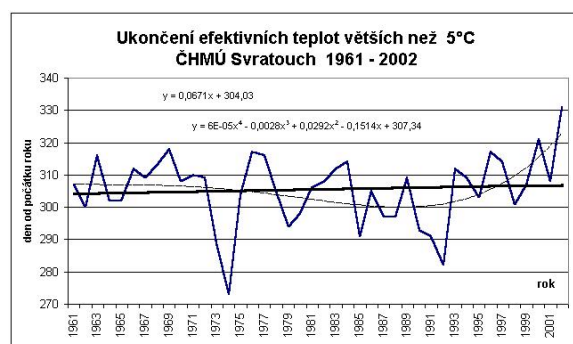
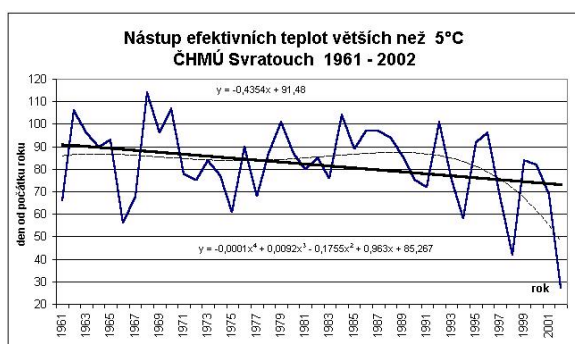
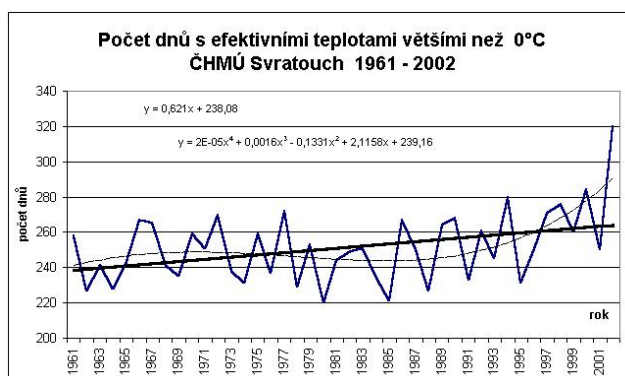
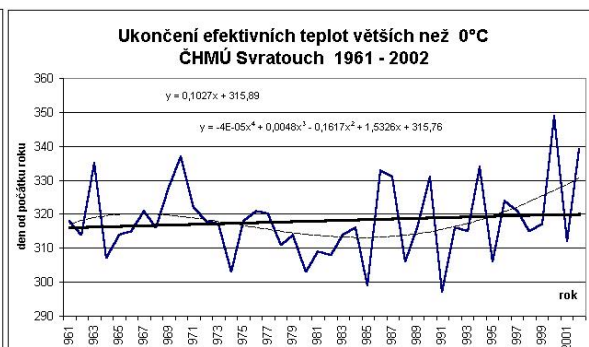
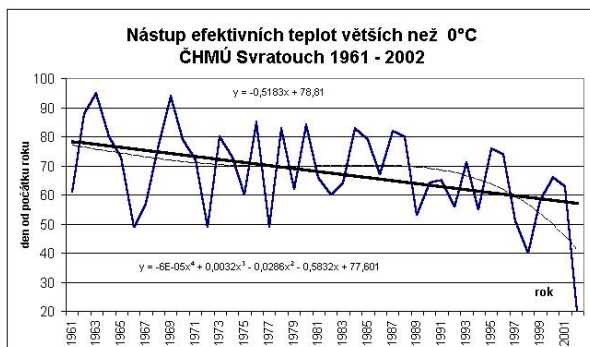
Za letní pololetí byl celkový vzrůst o 1,3 °C, v prvých 20 letech teplota klesala, pak stoupala.

Roční srážkové úhrny byly nad průměrem let 1901-1950, rozdíl stoupal od 60 mm do 75 mm, tendenci ukazuje polynomičká křivka. Srážkové úhrny za letní pololetí naopak klesaly, rozdíl od cca 70 mm do 60 mm.

Roční délka slunečního svitu stoupla o cca 80 hodin (5 %), polynom 4.stupně ukazuje

opačnou tendenci než u srážek. Délka svitu v letním pololetí stoupla o 60 hodin (5,5 %), polynom ukazuje podobnou tendenci jako u ročního vyjádření.

Roční Langův faktor významně klesal ze 145 na 121 (o 16,4 %), lineární regrese a polynom 4.stupně se navzájem příliš neliší. Langův faktor v letním pololetí klesal ze 44 na 38,6 (o 12,2 %), pokles byl nižší než je tomu u celoročního faktoru.

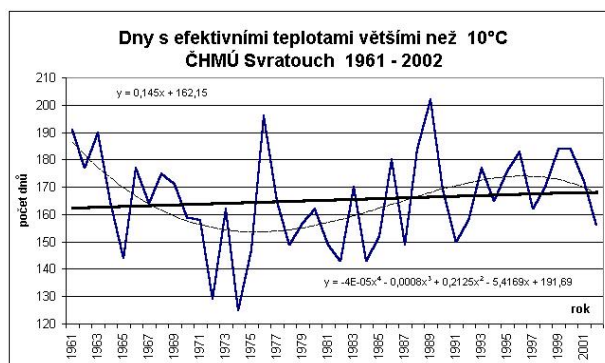
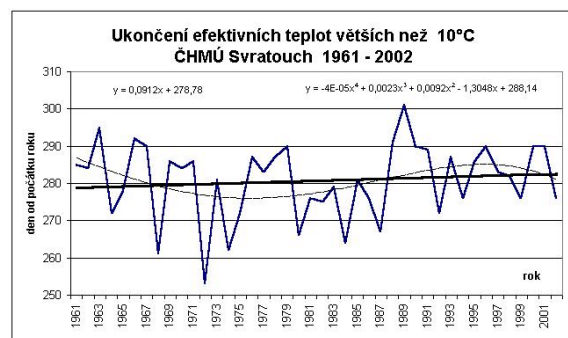
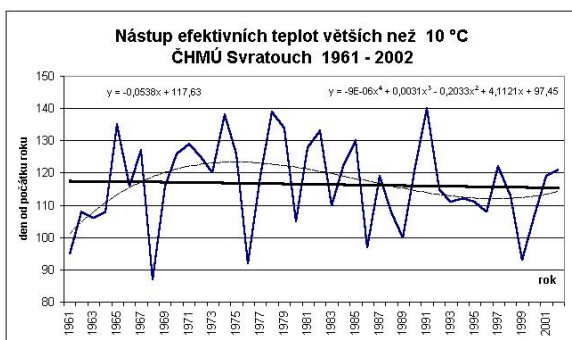
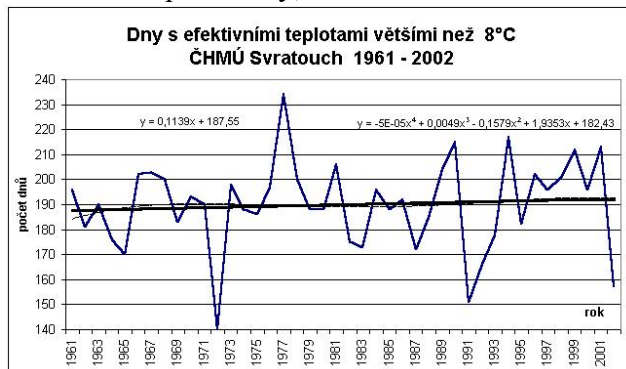


Celková tendence směřuje k dřívějšímu nástupu efektivních teplot nad 0 °C, od roku 1990 je tato tendence výraznější, z původního 20.března na 26.únor, tedy o 22 dní dříve. Ukončení směřovalo k pozdějšímu datu, příspěvek k prodloužení období je méně výrazný, z 12.listopadu o 4 dny na 16.listopad. Počet dnů s efektivní teplotou nad 0 °C se významně zvýšil ze 238 na 264 o 26 dnů.

Nástup efektivních teplot nad 5 °C do roku 1989 stagnoval, od roku 1990 má výrazný pokles. Dřívější nástup za 42 let o 18 dnů, z 1.dubna na 14.březen. Ukončení prodlouženo o 3 dny, z 31.října na 3.listopad. Období s efektivními teplotami

nad 5 °C prodlouženo o 21 dní, ze 213 na 234 dnů.

Nástup efektivních teplot nad 8 °C později o 1 den, z 13. na 14.dubna. Ukončení později o 5 dnů, ze 17. na 22.října. Počet dnů stoupl o 4 dny, ze 188 na 192 dnů.



Nástup efektivních teplot nad 10 °C se uspíšil o 2 dny, z 28.dubna na 26.duben. Ukončení prodlouženo o 4 dny, ze 6.října na 10.říjen. Počet dnů s efektivními teplotami nad 10 °C se zvýšil ze 162 na 168, tedy o 6 dní.

Roční suma efektivních teplot nad 0 °C se na Svatouchu za období 1961-2002 zvýšila ze 2388 na 2677 o 289 °C (o 12,1 %), nad 5 °C z 1317 na 1546 o 229 °C (o 17,4 %), nad 8 °C zvýšení činilo ze 795 na 996 o 201 °C (o 25,3 %) a nad 10 °C z 519 na 697,5 o 178,5 °C (o 34,4 %).

Závěr

Klimatická změna není v posledním tisíciletí nijak ojedinělá. K současné klimatické změně může značně přispívat sluneční energie, která je v posledních sto letech v akrecenci. Toto tvrzení samozřejmě nevyklučuje i další vlivy způsobené antropogenní činností spojené s výrazným zvyšováním obsahu skleníkových plynů v atmosféře Země, znečištěním oceánů i pevnin dopravou lodní, leteckou i pozemní a průmyslem. Snížení tvorby a recyklace kyslíku znečištěním oceánů, ovzduší a kácením

lesů v tropech přispívá bezesporu významně.

Pomocníkem pro studium změny klimatu jsou dlouhodobá měření Prahy, Vídně, Vilniusu a dalších stanic, které mají řady delší 230 let. Pro sledování klimatických výkyvů na jižní Moravě je pozoruhodné použití dlouhodobé klimatické řady Vídně.

Autoři děkují Luboši Němcovi, ČHMÚ, Reinholdu Böhmovi a Ingeborg Auerové, ZAMG Wien a Zině Kitriene z Litevské HMS za laskavé poskytnutí dlouhodobých klimatických řad a Zdeňkovi Mrkvicovi, ČHMÚ za data stanice Svatouch.

