

## VÝSKYT TEPLÝCH A STUDENÝCH DNÍ V PRŮBĚHU DVOU STOLETÍ V PRAŽSKÉM KLEMENTINU

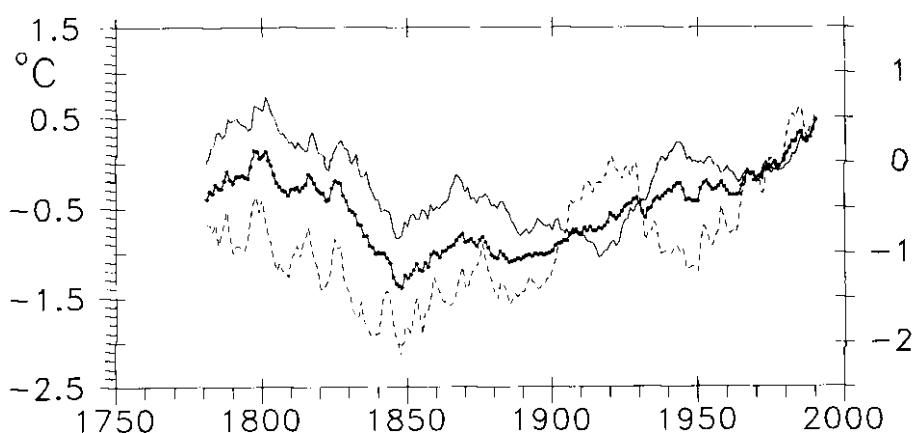
Jaroslav Střeščík

### Abstract

On the basis of observations in Prague-Klementinum since 1775 the course of the average daily air temperature in summer and winter season has been presented. In the same way the course of maximal temperatures in the day and minimal temperatures in the night, separately for summer and winter, are also given. The change in number of warm days and nights in summers and cold days and nights in winters has been also shown. Finally, the shift in the date of the last morning frost in spring and the first morning frost in autumn with the corresponding length of vegetation time has been presented.

Pod pojmem globální klimatická změna rozumíme obvykle globální oteplení v průběhu posledního století. Skutečně, řada ročních hodnot povrchových teplot vzduchu, sestavená od r. 1861 pro celou zeměkouli, vykazuje neustálý, i když nepravidelný, vzrůst, který za 150 let už dosáhl  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a podobná tendence se pozoruje i v teplotních řadách z jednotlivých stanic za stejné období. Jako příčina tohoto vzrůstu teplot se nejčastěji uvádí zesílení skleníkového efektu vlivem rostoucího obsahu  $\text{CO}_2$ , případně dalších plynů v atmosféře. Podle této interpretace by měla teplota v budoucnosti nadále stoupat,

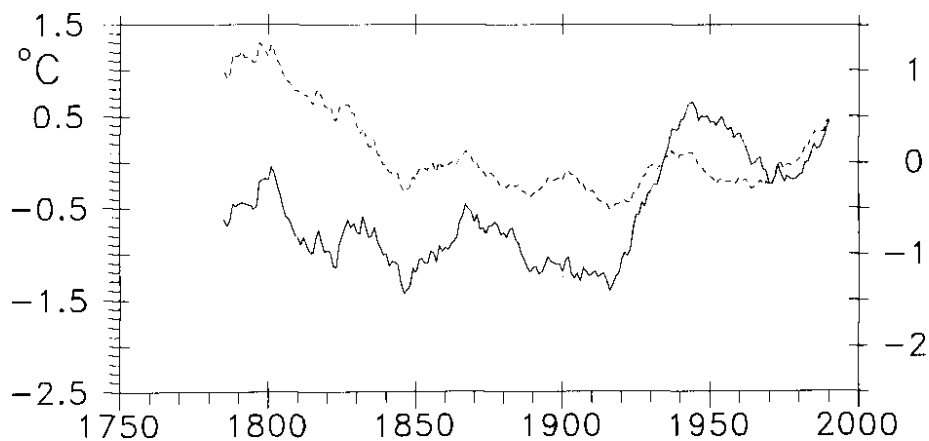
stejně jako se očekává růst obsahu  $\text{CO}_2$ . Avšak teplotní řada z pražského Klementina, která je k dispozici už od r. 1775, vykazuje koncem 18. století další maximum, které není možné vysvětlit zesíleným skleníkovým efektem. To navozuje představu, že v průběhu teplot existuje nějaká dlouhodobá periodicitu, snad kolem 200 let nebo i více, protože současné teploty jistě ještě nedosáhly maxima. Tuto otázku však zde nebudeme řešit. Zaměříme se na některé méně užívané teplotní parametry a jejich změnu v průběhu 200 let a to i s ohledem na možnou dlouhodobou periodicitu.



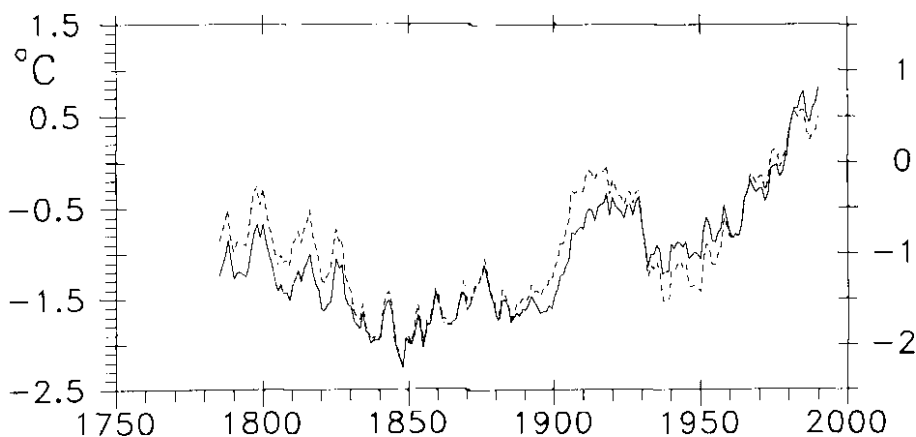
Obr. 1. Průběh průměrných ročních teplot v pražském Klementinu za celou dobu pozorování (tučně uprostřed), průměrných letních teplot (plná čára nahoře) a průměrných zimních teplot (čárkovaně dole). Teploty jsou vztaženy k období 1961–1990 a vyhlazeny klouzavými průměry v intervalu 21 let.

Na obr. 1 je uveden vyhlazený chod (klouzavé průměry v intervalu 21 roků) jednak průměrných ročních teplot v pražském Klementinu, jednak průměrných letních a zimních teplot tamtéž. Jako léto uvažujeme měsíce červen, červenec a srpen, jako zimu leden, únor a předcházející prosinec. Všechny teploty jsou vztaženy k úrovni 1961-1990, tj. průměr za toto období je roven nule. Proto křivky na pravém konci grafu leží téměř na sobě. Takto budou nakresleny teploty i na dalších obrázcích. Zřejmý je neustálý růst průměrné denní teploty od r. 1850 (za 150 let o 1,5 °C) stejně jako vysoké teploty kolem r. 1800, které jsou jen o málo nižší

než dnešní. Ukazuje se však významný rozdíl mezi chodem letních a zimních teplot. Teploty v letním období vykazují vzrůst za posledních 150 let podstatně menší než průměrné teploty celoroční (za 150 let jen o jeden stupeň) a maximum kolem r. 1800 je stejně vysoké jako teploty dnešní. Naproti tomu teploty v zimním období vzrostly více (za 150 let o 2,5 °C), vzrůst vykazuje více nepravidelností a hodnoty kolem r. 1800 jsou mnohem nižší než dnešní. Maximum na přelomu 18. a 19. století je dáno především vyššími teplotami v létě a má tedy jiný původ než vysoké teploty dnešní.



Obr. 2. Průběh denních maximálních teplot (plná čára) a nočních minimálních teplot (čárkovaná čára) v pražském Klementinu v letních měsících (červen, červenec, srpen). Teploty jsou vztaženy k období 1961–1990 a vyhlazeny klouzavými průměry v intervalu 21 let.



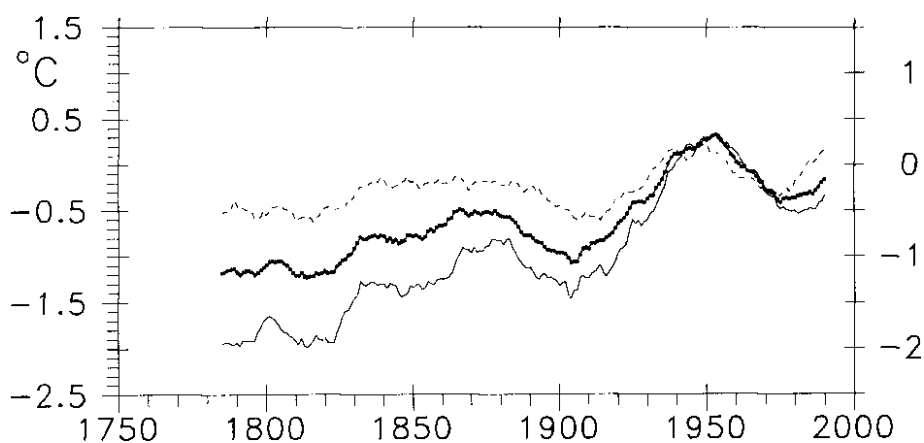
Obr. 3. Průběh denních maximálních teplot (plná čára) a nočních minimálních teplot (čárkovaná čára) v pražském Klementinu v zimních měsících (leden, únor a předcházející pro-

sinec). Teploty jsou vztaženy k období 1961–1990 a vyhlazeny klouzavými průměry v intervalu 21 let.

V pražském Klementinu se od r. 1775 měří také denní maximální a noční minimální teploty. Také u nich lze pozorovat dlouhodobou změnu, která je však značně odlišná v létě a v zimě. Pro letní období jsou nakresleny na obr. 2. Maximální teploty začaly prudce růst teprve až ve 20. století a vzrůst přes značné výkyvy dosáhl 1,5 °C. Minimální teploty téměř po celou dobu pozorování mírně klesají, menší růst se projevuje jen v posledních několika desetiletích, ale i tak současné noční minimální teploty ještě nedosáhly úrovně roku 1800. V zimě je průběh zcela jiný (obr. 3). Prakticky není rozdíl mezi denními maximálními a nočními minimálními teplotami. Zvýšení kolem r. 1800 je nepatrné, vcelku lze pozorovat neustálý růst, který dosáhl již 2,5 °C v porovnání s rokem 1850.

Odlišný dlouhodobý chod maximálních a minimálních teplot znamená, že se dlouhodobě mění denní teplotní amplituda, tj. rozdíl mezi pozorovaným nočním minimem a denním maximem. Vzhledem k vysoké korelaci mezi maximálními a minimálními teplotami je úroveň šumu u denní teplotní amplitudy podstatně nižší

(odchylky u obou teplot jdou stejným směrem). Vyhlazený chod průměrné denní amplitudy je nakreslen na obr. 4. Vidíme pouze mírný a neměnný růst bez náznaku jakékoli dlouhodobé periodicity. Pro celoroční teploty přesahuje jeden stupeň, v letním období se pohybuje kolem dvou stupňů, v zimě je změna nepatrná. Tato změna denní teplotní amplitudy by mohla souviset s dlouhodobou změnou relativní vlhkosti vzduchu. Vyšší vlhkost vzduchu přináší menší rozdíly mezi denními a nočními teplotami, což je ze zkušenosti známé pro jednotlivé dny. Dlouhodobý pokles relativní vlhkosti (ze 65% v r. 1845 na 58% v r. 1988) by mohl souviset s úbytkem lesů, bažin, regulací řek a podobnými nevratnými zásahy v krajině. V zimě není dlouhodobý pokles relativní vlhkosti vzduchu patrný a proto i teplotní amplituda se téměř nemění. Korelační koeficient mezi ročními průměry relativní vlhkosti vzduchu a denní teplotní amplitudy (nevyhlazenými) je –0,49 a je statisticky významný na 99% úrovni. Obdobná korelace existuje také mezi denní teplotní amplitudou a oblačností.



Obr. 4. Průběh rozdílů mezi maximální denní a minimální noční teplotou v pražském Klementinu pro celoroční průměry (tučně), letní měsíce (plná čára) a zimní měsíce (čárkovaně). Teploty jsou vztaženy k období 1961–1990 a vyhlazeny klouzavými průměry v intervalu 21 let.

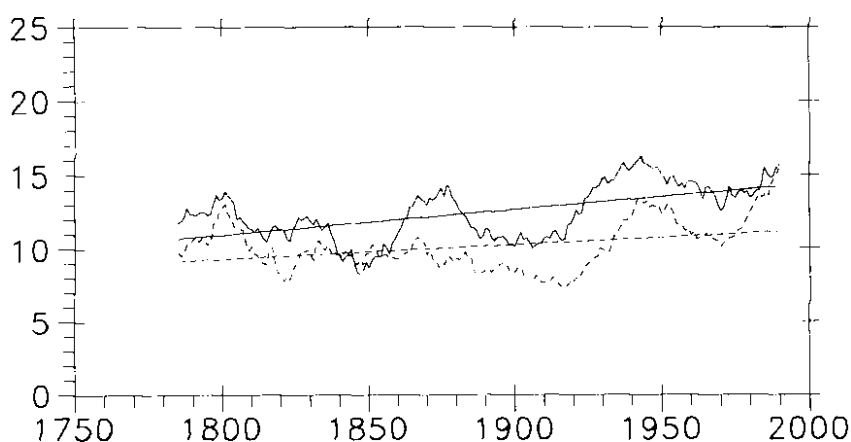
V jiných oblastech Evropy je situace jiná: podle pozorování z Rakouska je dlou-

hodobý chod maximálních a minimálních teplot zcela shodný, ve Skandinávii je

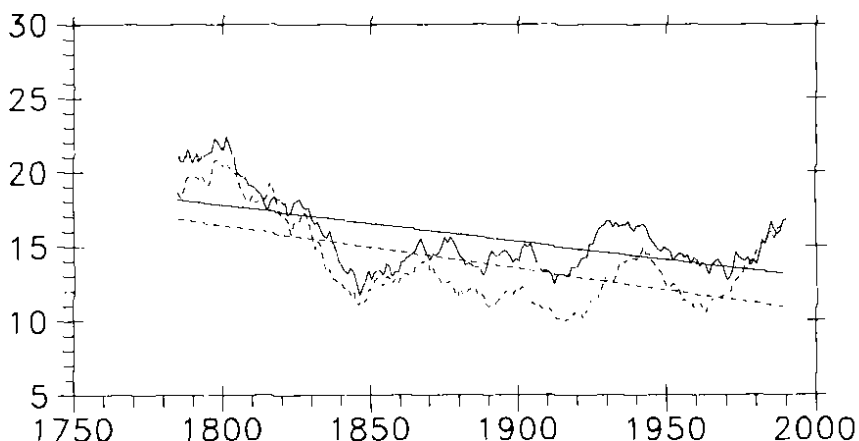
opačný než u nás – minimální teploty rostou rychleji než maximální, klesá denní teplotní amplituda a současně roste průměrná oblačnost. V těchto zemích však nebyly provedeny v minulosti takové zásahy do hospodaření s vodou v přírodě jako u nás.

V souboru maximálních denních teplot vyhledáme dny, kdy maximální teplota přesáhla 30 °C. Takové dny se nazývají tropické. Celkově tropických dní nebývá mnoho a jejich počet rok od roku velmi kolísá. V některých chladných letech se

nemusí vyskytnout ani jeden, v jiných jich bývá mnoho (naposledy např. v roce 2000). Nejvíce tropických dní se vyskytuje v červenci, o něco méně v srpnu, ještě méně v červnu a jen výjimečně v květnu nebo v září. Obdobně letní den je takový, kdy maximální denní teplota překročila 25 °C. Takových dní je samozřejmě více než tropických, rozptýl v jejich počtu v jednotlivých letech je však značný. Na obr. 5 je uveden vyhlazený průběh počtu letních dní zvláště v červenci a v srpnu za celé období pozorování.



Obr. 5. Počty dní s denními maximálními teplotami nad 25 °C v pražském Klementinu v červenci (plná čára) a v srpnu (čárkovaně) v jednotlivých letech. Vyhlazeno klouzavými průměry v intervalu 21 let.



Obr. 6. Počty dní s nočními minimálními teplotami nad 15 °C v pražském Klementinu v červenci (plná čára) a v srpnu (čárkovaně) v jednotlivých letech. Vyhlazeno klouzavými průměry v intervalu 21 let.

I při tomto vyhlazení jsou nápadné značné výkyvy. Celkově však počet letních

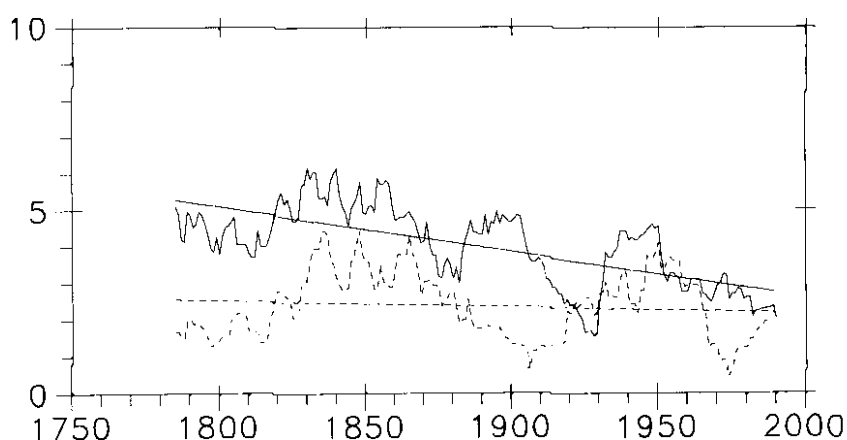
dní roste, a to rovnoměrně ve všech měsících. Obdobný graf pro tropické dny vy-

padá stejně, jen počty jsou menší (nepřekročí deset).

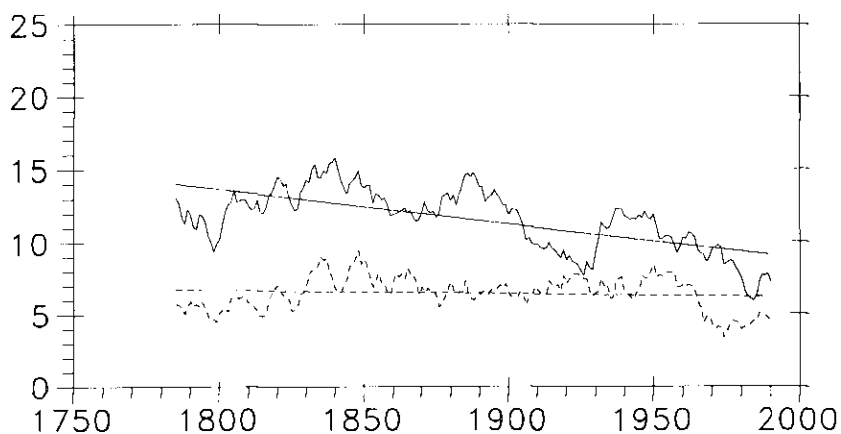
Obdobně tropická noc je taková, kdy teplota neklesla pod 20 °C. Takových nocí je ovšem u nás velmi málo. Více je nocí, kdy minimální teplota neklesla pod 15 °C. Vyhlazený průběh jejich počtu je uveden na obr. 6 zvláště pro červenec a srpen. V červnu je takových nocí méně než v srpnu, v květnu a v září se vyskytují jen výjimečně. Jejich počet překvapivě klesá v průběhu posledních 200 let, a to stejně ve všech měsících. To souhlasí s poklesem

minimálních nočních teplot v létě, jak bylo ukázáno na obr. 2.

V zimním období definujeme jako ledový takový den, kdy denní teplota nevystoupila nad nulu. Nejvíce takových dní se vyskytuje v lednu, méně v únoru a v prosinci, výjimečně v březnu. Vyhlazený průběh jejich počtu je uveden na obr. 7 zvláště pro leden a únor. Je zajímavé, že zatímco jejich počet v lednu (a také v prosinci) klesá, počet ledových dnů v únoru se nemění.



Obr. 7. Počty dní s denními maximálními teplotami pod 0 °C v pražském Klementinu v lednu (plná čára) a v únoru (čárkovaně) v jednotlivých letech. Vyhlazeno klouzavými průměry v intervalu 21 let.



Obr. 8. Počty dní s nočními minimálními teplotami pod -10 °C v pražském Klementinu v lednu (plná čára) a v únoru (čárkovaně) v jednotlivých letech. Vyhlazeno klouzavými průměry v intervalu 21 let.

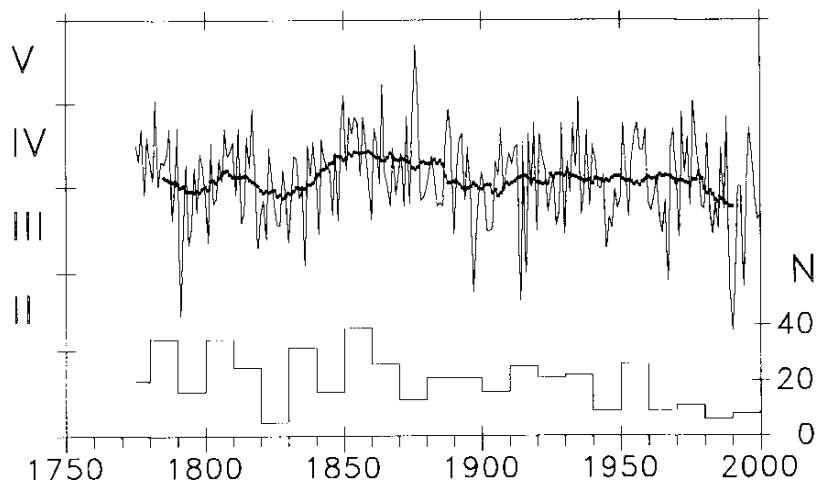
Pro studené noci není užíván zvláštní název. Zde budeme věnovat pozornost nocím, kdy minimální teplota poklesla pod -

10 °C. Tyto noci se vyskytují nejvíce v lednu, méně v únoru, jen zřídka v jiných měsících. Vyhlazený průběh jejich počtu je

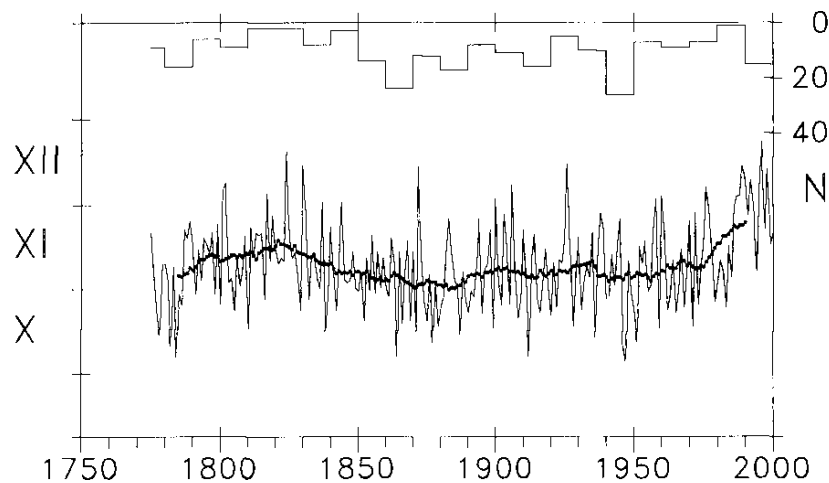
uveden na obr. 7 zvláště pro leden a únor. Jejich počet v lednu (a také v prosinci) silně klesá, naopak počet v únoru se nemění. Únor se tedy v obou případech chová anomálně. Znamená to, že těžiště zimy se v průběhu posledních dvou století přesouvá od ledna více k únoru.

V souboru minimálních nočních teplot lze vyhledat v každém roce den, kdy na jaře naposledy klesla teplota pod nulu, tedy poslední ranní mráz na jaře. V dlouhodobém průměru připadá toto datum na 4. dubna, v jednotlivých letech ovšem kolísá mezi 12. únorem až 20. květnem. Dlouhodobá změna tohoto data je překvapivě zcela minimální, i když by se nějaká

snad dala očekávat vzhledem ke globálnímu oteplení (obr. 9). Pouze v posledním desetiletí je slabý náznak posuvu směrem dolů, tj. k časnějším datům, přibližně někdy ke konci března, zatímco v polovině 19. století bylo toto datum v průměru kolem 10. dubna. Kolísání mezi jednotlivými roky bývá větší než jeden měsíc. Zřetelněji je to vidět na vyhlazeném grafu. Oprávněnost tohoto náznaku ovšem ukáže budoucnost. Dole na obr. 9 je uveden počet dní v dubnu, kdy klesla noční teplota pod nulu, a to celkový počet za dekádu. Zdá se, že od poloviny 19. století těchto dní pozvolna ubývá.



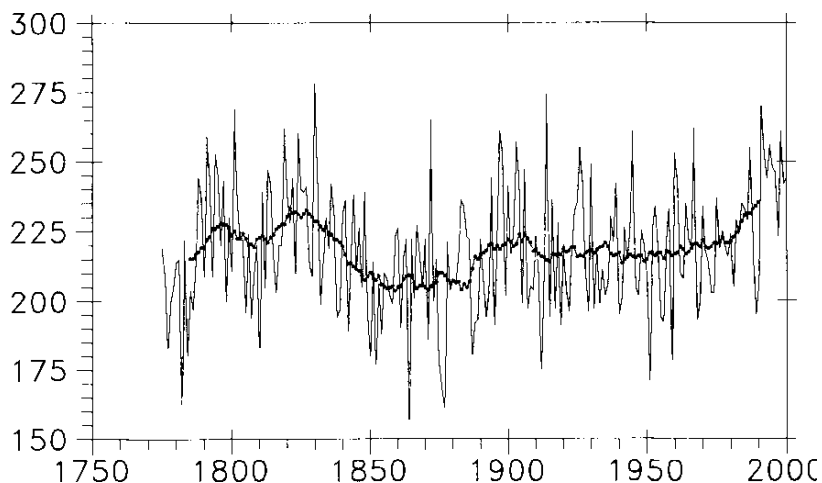
Obr. 9. Průměrné datum, kdy se vyskytl poslední ranní mráz na jaře v jednotlivých letech v pražském Klementinu. Tučně jsou zakresleny klouzavé průměry v intervalu 21 let. Dole: počty dní v dubnu v jednotlivých dekádách, kdy se vyskytl ranní mráz (stupnice vpravo).



Obr. 10. Průměrné datum, kdy se vyskytl první ranní mráz na podzim v jednotlivých letech v pražském Klementinu. Tučně jsou zakresleny klouzavé průměry v intervalu 21 let. Dole: počty dní v říjnu v jednotlivých dekádách, kdy se vyskytl ranní mráz (stupnice vpravo, směřující dolů).

Stejným způsobem najdeme v každém roce den, kdy na podzim poprvé klesla teplota pod nulu, tedy první podzimní mráz. To je událost pro zahradníky velmi důležitá a nepříjemná, obvykle ukončí vegetační dobu teplomilných rostlin (okurky, rajčata, papriky apod.). V průměru přichází 7. listopadu, v jednotlivých letech se však může objevit mezi 4. říjnem a 18. prosincem. Zde pozorujeme poněkud významnější změnu za poslední dvě desetiletí (obr. 10). Zdá se, jako by se průměrné datum posunulo až k 20. listopadu, zatímco v polovině 19. století se pohybovalo kolem konce října. I zde je kolísání mezi jednotli-

vými roky větší než jeden měsíc. Změna je zřetelněji viditelná na vyhlazeném grafu. Dále je patrné slabé maximum na přelomu 18./19. století ve shodě s celkovým průběhem denních teplot na obr. 1. Posuv v datu prvního mrazíku je větší než pro datum posledního mrazíku na jaře, ale je-li trvalý, ukáže pouze budoucnost. Nahoře na obr. 10 je uveden počet dní v říjnu, kdy klesla noční teplota pod nulu, opět jako součet za každou dekádu (stupnice je směrem dolů, aby graf korespondoval s hlavním grafem na obrázku). Na rozdíl od obr. 9 zde není vidět výrazná dlouhodobá změna.



Obr. 11. Délka období mezi posledním ranním mrazem na jaře a prvním ranním mrazem na podzim v jednotlivých letech v pražském Klementinu. Tučně jsou zakresleny klouzavé průměry v intervalu 21 let.

Korelace mezi datem posledního jarního mrazíku a datem prvního podzimního mrazíku je nepatrná ( $-0,09$ ), stejně tak mezi posledním podzimním mrazíkem a prvním jarním mrazíkem v příštím roce ( $-0,05$ ). Délka vegetačního období (doba mezi posledním ranním mrazem na jaře a prvním mrazem na podzim) je zakreslena na obr. 11. Je vidět, že velmi kolísá, a její prodloužení v poslední dekádě jen slabě překračuje rozmezí tohoto kolísání. Toto prodloužení je dáno především posuvem data prvního mrazíku na podzim (obr. 10), jako by zde dozníval posuv vyvrcholení zimy a tím jen nepatrné oteplení na jaře (obr. 9). Zajímavé je i zde slabé maximum na přelomu 18./19. století (srv. vysoké letní teploty v tomto období – obr. 1), lépe viditelné na vyhlazeném grafu, které současná hodnota již překročila. Nejkratší vegetační doba byla v polovině 19. století, kdy byla často i kratší než 200 dní, zatímco v posledních dvou dekádách sahá průměr až k 230 dnům. Změna je zřetelná na vyhlazeném grafu. Doposud pozorované celkové oteplení přineslo zatím jen mírné prodloužení doby mezi posledním jarním a prvním podzimním mrazíkem, a to pouze v posledních dvou dekádách, takže je zatím předčasné považovat toto prodloužení za trvalé a vyvozovat závěry o možném zlep-

šení podmínek pro pěstování teplomilných rostlin dále na severu.

Na závěr ještě několik slov k předpokládanému vývoji v budoucnosti. Prognoza se sestavuje buď jako extrapolace dosavadního průběhu nebo za základě korelace s jinými jevy, jejichž budoucí průběh lze předpovědět (ovšem musí být prokázána), případně na základě mechanismu, který vysvětluje dosavadní i budoucí průběh. Zde se omezíme jen na možnou extrapolaci. Zásadní je otázka, jsou-li dosavadní pozorované změny nevratné (způsobené mj. lidskou činností), nebo jde o pravidelné přirozené kolísání. Průběh ročních teplotních průměrů nabízí obě možnosti. Avšak u dalších veličin je dlouhodobá perioda mnohem slabší, případně se nevyskytuje vůbec. Některé veličiny vykazují pouze monotónní změnu a není důvod očekávat, že v příštích desetiletích tomu bude jinak (např. růst zimních teplot nebo denní teplotní amplitudy). Grafy uvedené v tomto příspěvku příliš nenasvědčují tendenci k opakování po 200 letech, příp. po jiné době. Nevratný se jeví především rychlejší růst teplot v zimě než v létě, rychlejší růst denních maximálních teplot než nočních minimálních teplot, růst denní teplotní amplitudy a pokles relativní vlhkosti vzduchu. Na druhé straně jen nepatrně rostou noční



teploty na jaře a na podzim a stejně nepatrně a pouze v nejposlednější době se posouvá datum výskytu prvních a posledních ranních mrazíků, u něhož zůstává nadále veliký rozptyl, takže naděje na významnější

prodloužení vegetační doby je zatím předčasná. Větší posuv v tomto datu na podzim než na jaře je příznivý: neumožňuje sice vysazovat teplomilné rostliny dříve, ale je větší šance, že vydrží déle do podzimu.



RNDr. Jaroslav Střešík, Csc.  
Geofyzikální ústav AV ČR  
Boční II 1401, 141 31 Praha 4  
jstr@ig.cas.cz