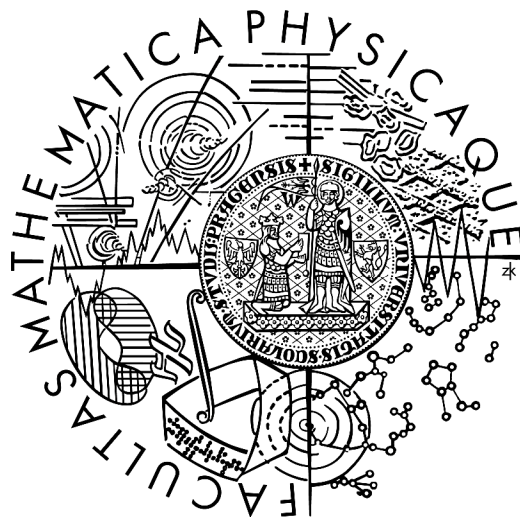


Univerzita Karlova v Praze
Matematicko-fyzikální fakulta



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Eva Černochová

ZMĚNY DÉLEK OBDOBÍ S CHARAKTERISTICKÝMI TEPLOTAMI VZDUCHU

Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Studijní program: Fyzika

Studijní obor: Meteorologie a klimatologie

Praha 2006

Poděkování

Děkuji vedoucí mé diplomové práce, paní doc. RNDr. Jaroslavě Kalvové, CSc., za její trpělivost, cenné rady, doporučení a zapůjčení studijních materiálů. Poděkování patří i panu Mgr. Jiřímu Mikšovskému, Ph.D., za poskytnutí mapy použitých stanic a uzlových bodů. V neposlední řadě bych chtěla poděkovat svým rodičům, bratrovi a přátelům za technickou a psychickou podporu, kterou mi poskytli.

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci napsala samostatně a výhradně s použitím citovaných pramenů. Souhlasím se zapůjčováním práce.

V Praze dne 3.8.2006

Eva Černochová

Obsah

Abstrakt	4
Úvod	6
1 Období s charakteristickými teplotami vzduchu	8
1.1 Definice období s charakteristickými teplotami vzduchu	8
1.2 Pozorované změny délek období s charakteristickými teplotami	10
2 Klimatické modely	12
2.1 Globální klimatické modely	12
2.2 Regionální klimatické modely	14
3 Použitá data	16
3.1 Staniční měření	16
3.2 Výstupy regionálních klimatických modelů	16
4 Metody výpočtu průměrného ročního chodu teploty vzduchu pro odvozování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu	18
4.1 Grafická metoda	18
4.2 Metoda histogramu	18
4.3 Metoda lineární interpolace	19
4.4 Metoda robustní lokálně vážené regrese	19
4.5 Program ROLOWER	22
5 Použité metody výpočtu	25
5.1 Výběr parametrů metody robustní lokálně vážené regrese	25
5.2 Srovnání metody lineární interpolace a metody robustní lokálně vážené regrese s vybraným nastavením parametrů	31
6 Změny délek období s charakteristickými teplotami vzduchu	36
6.1 Porovnání průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v období 1961-2000 a v období 1901-1950	36

6.2 Změna průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v průběhu let 1961-2000.....	42
7 Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozené z výstupů regionálních klimatických modelů.....	54
7.1 Porovnání třicetiletých průměrů délek období	55
7.2 Porovnání desetiletých průměrů délek období	58
Závěr.....	65
Literatura a internetové odkazy	68
Příloha.....	71

Abstrakt

Název práce: Změny délek období s charakteristickými teplotami vzduchu

Autor: Eva Černochová

Katedra: Katedra meteorologie a ochrany prostředí

Vedoucí diplomové práce: doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

e-mail vedoucího: jaroslava.kalvova@mff.cuni.cz

Abstrakt: Délky období s charakteristickými teplotami vzduchu byly odvozovány metodou lineární interpolace a metodou robustní lokálně vážené regrese. Výpočty byly provedeny pro 10 stanic na území ČR a pro výstupy regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO ve 4 uzlových bodech. Byly spočteny jak čtyřicetileté (1961-2000) resp. třicetileté (1961-1990) průměry délek období, tak desetileté průměry. Značná pozornost byla též věnována analýze vlastností použitých metod. Na většině stanic došlo v průběhu 20. století k prodloužení širšího i užšího vegetačního období a letního období. Výrazným rysem u desetiletých průměrů délek širšího a užšího vegetačního období bylo zkrácení v letech 1971-1980. Z porovnání výstupů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO s daty naměřenými na stanicích vyplynulo, že třicetileté průměry délek období s charakteristickými teplotami vzduchu dokázaly oba modely dobře odhadnout zhruba v polovině případů, desetileté průměry u většiny stanic nedokázaly modely dobře odhadnout.

Klíčová slova: robustní lokálně vážená regrese, charakteristické teploty vzduchu, vegetační období, letní období, regionální klimatické modely

Title: Changes of lengths of periods with characteristic air temperatures

Author: Eva Černochová

Department: Department of Meteorology and Environment Protection

Supervisor: doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Supervisor's e-mail address: jaroslava.kalvova@mff.cuni.cz

Abstract: Lengths of periods with characteristic air temperatures were derived using two different methods (linear interpolation, robust locally weighted regression) for 10 stations in the Czech Republic and for output data of regional climate models HIRHAM and RCAO in 4 grid points. Averages for a forty-year period (1961-2000) and for a thirty-year period (1961-1990) were computed as well as averages for every decade. Considerable attention was also paid to the analysis of methods used in the research. Most stations showed lengthening of growing season and summer during the twentieth century. Decennary average length of growing season and summer shortened in the years 1971-1980. The comparison of output data of regional climate models HIRHAM and RCAO and measured station data showed that the thirty-year average lengths of growing season and summer estimated by the two models were reasonably accurate approximately half of all cases. The models' estimates were not accurate at all concerning decennary averages.

Keywords: robust locally weighted regression, characteristic air temperatures, growing season, regional climate models

Seznam nejčastěji použitých symbolů a zkratk

GCM	Globální klimatický model
AOGCM	Spojený (coupled) model atmosféra – oceán
RCM	Regionální klimatický model
MLI	Metoda lineární interpolace
RLWR	Metoda robustní lokálně vážené regrese
h	Velikost šířky vyhlazovacího okénka (parametr metody RLWR)
K	Počet iterací (parametr metody RLWR)
TPRUM	Řada denních průměrů průměrné denní teploty vzduchu za zvolené období

Úvod

Podle záznamů Světové meteorologické organizace (WMO) vzrostl globální roční průměr teploty vzduchu od počátku 20. století o 0,6 °C. Růst teploty vzduchu byl v průběhu století několikrát přerušen, ovšem od roku 1976 pozorujeme prudký nárůst globálního ročního průměru teploty vzduchu. Posledních deset let 1996 – 2005 se dokonce řadí k nejteplejším od roku 1850 (WMO, 2005). Bylo prokázáno, že i na území České republiky měla 90. léta velmi teplý charakter (Kalvová a kol., 2001).

Pozorovaný růst teploty vzduchu v mnoha oblastech světa vyvolává obavy z možných následků. Růst teploty vzduchu může mít značný praktický dopad na různá odvětví lidské činnosti a na přirozené ekosystémy. Teplota vzduchu ovlivňuje mimo jiné i délky období s charakteristickými teplotami vzduchu, a tím i růstové fáze rostlin atd.

Na jedné straně je nutné analyzovat naměřená data, která máme k dispozici, a na jejich základě popsat stav klimatického systému a jeho změny v průběhu posledních desetiletí. Na straně druhé cítíme nutnost pokusit se odhadnout vývoj teploty vzduchu a možnou změnu klimatu v budoucnosti. Z tohoto důvodu je dnes značná pozornost věnována vývoji globálních a regionálních klimatických modelů. K zdokonalení těchto modelů je nutné porovnávat jejich výstupy s pozorovanými daty a analyzovat nalezené rozdíly.

Cílem předkládané diplomové práce je analyzovat, zda během posledních desetiletí došlo na území ČR k výraznějším změnám průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu, dále pak posoudit schopnosti regionálních klimatických modelů vystihnout základní rysy průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu.

V první kapitole jsou uvedeny různé definice období s charakteristickými teplotami vzduchu a shrnutí dostupné odborné literatury o jejich změně v průběhu 20. století.

V druhé kapitole jsou stručně popsány regionální klimatické modely HIRHAM a RCAO, jejichž výstupy byly použity v poslední kapitole této diplomové práce.

Další dvě kapitoly se zabývají popisem použitých dat a různými metodami určování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. Jsou popsány jednak metody použité již dříve k vyhodnocování délek období, ale také metoda robustní lokálně vážené regrese (RLWR), která k tomuto účelu nikdy dříve použita nebyla.

Pátá kapitola je věnována výběru parametrů metody RLWR a srovnání průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu spočtených metodou RLWR s vybranými parametry a metodou lineární interpolace.

V šesté kapitole jsou analyzovány změny průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v průběhu 20. století. K analýze byla použita data z deseti stanic na území ČR a k výpočtům průměrných délek tři různé metody.

Sedmá kapitola se zabývá porovnáním průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozených z pozorovaných dat a z výstupů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO.

V závěrečné části je uvedeno shrnutí výsledků všech výpočtů a náměty pro případné další studium v této oblasti.

Kapitola 1

Období s charakteristickými teplotami vzduchu

1.1 Definice období s charakteristickými teplotami vzduchu

Růst rostlin se uskutečňuje jen za určitých podmínek a je ovlivňován mnoha faktory. Mezi vnější faktory, které značně ovlivňují růst rostlin, patří teplota vzduchu. Biologická nula je dána biologickým minimem teploty vzduchu, při kterém příslušná rostlina přestává vegetovat. U většiny polních kultur, trav, listnatých stromů a keřů v pásmu mírného klimatu biologické minimum nastává při teplotě vzduchu kolem 5 °C. Během vegetace je však hodnota biologického minima pro různé růstové fáze velmi rozdílná. Liší se i podle druhu a odrůdy rostliny (Kešner, 1986).

Vegetačním obdobím se obvykle rozumí období, v němž jsou příznivé podmínky pro růst rostlinstva (Meteorologický slovník, 1993). Kritéria pro vymezení vegetačního období nejsou ve světě jednotná. V podmínkách Střední Evropy se většinou jako kritérium pro vymezení vegetačního období bere nástup a ukončení trvání určité charakteristické teploty vzduchu (Meteorologický slovník, 1993).

Níže jsou uvedeny některé definice období s charakteristickými teplotami vzduchu 5 °C, 10 °C a 15 °C používané různými autory v podmínkách České republiky. Právě délkami období s těmito charakteristickými teplotami vzduchu se bude tato diplomová práce zabývat.

Období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 5 °C

Podle Meteorologického slovníku (1993) se období vymezené průměrnými daty nástupu a ukončení trvání průměrné denní teploty vzduchu 5 °C označuje jako **velké vegetační období**. Začátek tohoto období se kryje s počátkem tzv. klimatického jara a jeho konec je shodný s koncem podzimu. Kešner (1986) uvádí pro období s denní průměrnou teplotou vzduchu 5 °C a vyšší název **vegetační období**. Uvádí také, že nástup tohoto období znamená přibližně konec zimní vegetační stagnace v přírodě, dobu výskytu vegetace v nejjednodušší formě a nástup jara. Dále, v Podnebí ČSSR (1961) se uvádí, že průměrná denní teplota vzduchu 5 °C charakterizuje začátek jara na vzestupné části křivky ročního chodu a konec podzimu na sestupné části křivky ročního chodu teploty vzduchu, resp. začátek a konec **širšího vegetačního období**. Další možná definice vegetačního období je uvedena v Chládová (2004). Podle ní je délka **širšího vegetačního období** definována jako počet dní mezi prvním

výskytem situace, kdy je nepřetržitě po dobu nejméně šesti dní průměrná denní teplota vzduchu vyšší než 5 °C, a prvním výskytem situace, kdy je naopak nepřetržitě po dobu nejméně šesti dní průměrná denní teplota vzduchu menší než tato hodnota (do počtu dní se počítají i vše-chny dny z těchto šestidenních situací). Tato definice, stejně jako další níže uvedené definice období s charakteristickými teplotami vzduchu citované z Chládková (2004), byla použita v projektu STARDEX (<http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex>).

Období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 10 °C

V Meteorologickém slovníku (1993) se období vymezené průměrnými daty nástupu a ukončení trvání průměrné denní teploty vzduchu 10 °C označuje termínem *hlavní vegetační období*. Stejný název pro období s denní průměrnou teplotou vzduchu 10 °C a vyšší uvádí i Kešner (1986), který dále upřesňuje, že nástup tohoto období je v přírodě shodný s dobou počátku rozkvětu ovocných stromů, hlavně jabloní a hrušní. Ukončením tohoto období je dán počátek podzimu. V průběhu hlavního vegetačního období se vegetace plně rozvíjí i u teplo-milných rostlin. Podle Podnebí ČSSR (1961) pak průměrná denní teplota vzduchu 10 °C určuje nástup a konec *užšího vegetačního období*. Další možná definice *užšího vegetačního období* je uvedena v Chládková (2004). Podle ní je délka tohoto období definována jako počet dní mezi prvním výskytem situace, kdy je nepřetržitě po dobu nejméně šesti dní průměrná denní teplota vzduchu vyšší než 10 °C a prvním výskytem situace, kdy je naopak nepřetržitě po dobu nejméně šesti dní průměrná denní teplota vzduchu menší než tato hodnota (do počtu dní se počítají i všechny dny z těchto šestidenních situací).

Období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 15 °C

Podle Meteorologického slovníku (1993) se období trvání průměrné denní teploty vzduchu vyšší než 15 °C označuje pojmem *klimatické léto*. Pro toto období se někdy též užívá název *vegetační léto* nebo *období zrání obilovin* (Meteorologický slovník, 1993). Kešner (1986) uvádí, že v průběhu období s průměrnou denní teplotou vzduchu nad hranicí 15 °C vegetují i na teplo nejnáročnější rostliny. V Podnebí ČSSR (1961) je pro období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 15 °C uveden termín *letní období*. V Chládková (2004) je období s průměrnou denní teplotou vzduchu nad hranicí 15 °C označeno jako *letní období*, příp. *období dozrávání zemědělských kultur*. Jeho délka je pak definována jako počet dní mezi prvním výskytem situace, kdy je nepřetržitě po dobu nejméně šesti dní průměrná denní teplota vzduchu vyšší než 15 °C a prvním výskytem situace, kdy je naopak nepřetržitě po dobu nejméně šesti dní průměrná denní teplota vzduchu menší než tato hodnota (do počtu dní se počítají i všechny dny z těchto šestidenních situací).

V této práci bude pro období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 5 °C používán termín *širší vegetační období*. Období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 10 °C bude označováno jako *užší vegetační období* a období s průměrnou denní teplotou vzduchu vyšší než 15 °C jako *letní období*, nebo zjednodušeně *léto*. Tyto termíny byly převzaty z publikace Podnebí ČSSR (1961).

Průměrné délky období s průměrnou denní teplotou vzduchu nad 5 °C, 10 °C, 15 °C budou odvozovány z křivek průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu spočtených několika různými metodami (viz kap. 4).

1.2 Pozorované změny délek období s charakteristickými teplotami

Níže jsou uvedeny některé poznatky o změnách délek období s charakteristickými teplotami vzduchu pozorovaných během 20. století na území České republiky.

Květoňová (2000) provedla srovnání průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu 0 °C, 5 °C, 10 °C, 15 °C pro různě dlouhá období. Použila data z 30 stanic na území ČR. Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu byly odvozeny z průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu spočtených metodou lineární interpolace (viz kap. 4.3) podle definice uvedené v Podnebí ČSSR (1961).

Podle výsledků Květoňové (2000) bylo třicetiletí 1961-1990 teplejší než období 1901-1950. Rozdíly průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v obdobích 1901-1950 a 1961-1990 činí asi 2,9 dne pro teploty vzduchu 0 °C a 5 °C, pro teplotu vzduchu 10 °C asi 1,5 dne a pro teplotu vzduchu 15 °C asi 2,8 dne.

Dále Květoňová (2000) uvádí srovnání průměrných délek období pro třicetiletí 1961-1990 s obdobími 1961-1998 a 1989-1998. Pokud se týká období 1961-1998, tak pro všechny čtyři zkoumané charakteristické teploty vzduchu nastává jejich nástup o něco dříve a konec později než v období 1961-1990. Průměrná doba jejich trvání se prodloužila u teploty 0 °C o 0,6 dne, u teploty 15 °C o 5 dní. Prodloužení průměrné doby trvání teplot 5 °C a 10 °C je malé a statisticky nevýznamné.

O desetiletí 1989-1998 se uvádí, že průměrná doba trvání denní průměrné teploty vzduchu 0 °C je v tomto období delší o téměř 17 dní než v normálovém období 1961-1990, trvání teploty 5 °C je delší o 3 dny, trvání teploty 10 °C je delší o necelý 1 den a trvání teploty 15 °C se prodloužilo o 11 dní (Květoňová, 2000).

Chládová (2004) použila pro určení délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v jednotlivých letech čtyřicetiletí 1961-2000 odlišné definice než Květoňová (2000)

(viz kap. 1.1). Pro výpočty použila data z 29 stanic na území ČR. Vyhodnotila lineární trendy průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu 5 °C, 10 °C, 15 °C za období 1961-2000 a stanovila jejich statistickou významnost.

Pokud se týká délek období s průměrnou denní teplotou vzduchu nad hranicí 5 °C a 10 °C, neměly zjištěné lineární trendy jednotný charakter; na některých stanicích byl zaznamenán kladný trend, na některých záporný. Na většině sledovaných stanic byly lineární trendy statisticky nevýznamné.

Růst délky období s průměrnou denní teplotou vzduchu nad hranicí 15 °C byl statisticky významný na dvou stanicích z 29. Jednalo se o stanice Žatec a Husinec. Na většině ostatních stanic byly lineární trendy sice kladné, ale statisticky nevýznamné (Chládová, 2004).

Kapitola 2

Klimatické modely

2.1 Globální klimatické modely

Globální klimatické modely (GCM) jsou dnes již zcela nepostradatelným prostředkem pro studování změny klimatu. Umožňují studovat vztahy v klimatickém systému, odezvu klimatického systému na změnu teploty povrchu oceánu, změnu sluneční aktivity, antropogenní a biogenní emise skleníkových plynů apod.

V současných globálních klimatických modelech je zpravidla model atmosféry (AGCM) propojen s modelem oceánu (OGCM). Takové modely se pak označují výrazem spojené (coupled) modely atmosféra – oceán (AOGCM). Součástí dnešních modelů je i model biosféry a uhlíkového cyklu.

Atmosférická část GCM (AGCM) představuje trojrozměrnou reprezentaci atmosféry spojené se zemským povrchem a kryosférou. Je tvořena částí dynamickou (pohybové rovnice, transport hmoty suchého vzduchu a vodní páry, přeměny energie ve velkém měřítku), fyzikální (popis přenosu krátkovlnné a dlouhovlnné sluneční radiace, vznik a rozložení oblačnosti, atmosférické srážky a uvolňování latentního tepla) a doplňkovou (přenos hmoty, hybnosti a tepla mezi atmosférou, zemským povrchem a oceány, topografie zemského povrchu, typ vegetace atd.).

Horizontální rozlišení současných GCM je asi 2 - 4° zeměpisné šířky (délky). Každý uzlový bod reprezentuje určitou oblast, tzv. gridbox. Pro každý gridbox je v modelu zadán jeden typ vegetace, půdy atd., což do jisté míry zkresluje informaci o zemském povrchu. Hodnota klimatické veličiny spočtená modelem v daném uzlovém bodě je též platná pro celý gridbox. Ve vertikálním směru je model atmosféry i model oceánu rozdělen do několika (obvykle dvaceti) hladin (tzv. vertikální rozlišení). V modelu oceánu jsou hladiny v blízkosti povrchu oceánu zpravidla nahuštěny. Je nutno dodat, že ačkoli vývoj GCM v posledních letech o mnoho pokročil, stále nemáme k dispozici výstupy s rozlišením potřebným pro studie dopadů změn klimatu.

Model ECHAM4/OPYC

Globální klimatický model *ECHAM* vznikl z předpovědního numerického modelu Evropského centra pro střednědobou předpověď (European Centre for Medium Range

Weather Forecasts - ECMWF). Úpravy tohoto předpovědního modelu pro účely modelování klimatu byly provedeny v Institutu Maxe Plancka pro meteorologii (Max Planck Institute for Meteorology (MPI)) a v Německém klimatickém výpočetním středisku (the German Climate Computing Centre (DKRZ)).

Atmosférická část modelu **ECHAM4**, který byl použit v projektu Prudence (<http://prudence.dmi.dk>), má následující charakteristiky. Horizontální rozlišení modelu odpovídá přibližně rozlišení $2,8^\circ \times 2,8^\circ$. Ve vertikálním směru má 19 hladin, nejvyšší hladina sahá do výšky 10 hPa. Časový krok je 24 minut pro dynamickou a fyzikální část, a 2 hodiny pro radiační část. Model v sobě zahrnuje submodel půdy, který má 5 vrstev a v rámci kterého se počítá vodní a tepelná bilance půdy. Efekty spojené s vegetací jako zachycení srážek v porostu a výpar jsou parametrizovány velmi zjednodušeně. Radiační schéma má šest spektrálních kanálů v oblasti dlouhovlnného vyzařování a čtyři kanály v krátkovlnné oblasti spektra. Podrobnosti o modelu **ECHAM4** lze nalézt v Roeckner a kol. (1996).

OPYC je model oceánu vyvinutý v Institutu Maxe Plancka v Hamburku. Jeho název je odvozen od slov Ocean a isoPYCnical coordinates (izopyknické souřadnice). Užití izopyknických vertikálních souřadnic v modelu oceánu je odůvodněno pozorováním, že vnitřní část oceánu se chová téměř jako nedisipativní tekutina. Dokonce i na velké vzdálenosti lze pomocí měření aktivních nebo pasivních příměsí vystopovat původ sledovaného objemu vody. Předpoklad nedisipativnosti selhává v oblastech výrazné turbulence, tj. např. v blízkosti povrchu oceánu (směšovací vrstva). Povrchová vrstva proto musí být spojena s vnitřní částí oceánu způsobem umožňujícím modelu vystihnout vertikální promíchávání ve směšovací vrstvě a zlepšit časovou odezvu působení atmosféry na směšovací vrstvu oceánu. V modelu oceánu je obsažen model mořského ledu. Tento model poměrně realisticky popisuje působení změn salinity mořské vody v důsledku tání a vytváření mořského ledu. Podrobný popis modelu **OPYC** je uveden v Oberhuber (1993).

Model HadCM3

HadCM je globální klimatický model, který v sobě spojuje model atmosféry a cirkulační model oceánu (AOGCM). Byl vyvinut v britském Hadley Centru. Verze modelu **HadCM** použitá v projektu PRUDENCE je **HadCM3**, jejíž hlavní rozdíl od předchozích verzí modelu **HadCM** je, že nepotřebuje pro dobrou simulaci použití korekčních toků („umělé“ toky tepla). Podrobnosti o modelu **HadCM3** lze nalézt v Gordon a kol. (2000).

Atmosférická část modelu má 19 vertikálních hladin a horizontální rozlišení $3,8^\circ \times 2,5^\circ$, tedy globální síť modelu má 96×73 uzlových bodů. To odpovídá rozlišení $295 \text{ km} \times 278 \text{ km}$ na 45° zeměpisné šířky, což je srovnatelné se spektrálním rozlišením T42 (model **ECHAM4**).

Časový krok je 30 minut. Oproti předchozí verzi modelu *HadCM2* je přidáno nové radiační schéma s 6 pásmy v krátkovlnné oblasti a 8 pásmy v dlouhovlnné oblasti spektra, tj. o dva kanály více v obou částech spektra oproti modelu *ECHAM4*. Schéma zemského povrchu počítá s vlivem mrznutí a tání na půdní vlhkost a odtokem vlhkosti z půdy. Atmosférická část modelu také dovoluje simulovat emise, transport, oxidaci a depozici některých sloučenin síry.

Oceánská část modelu má ve vertikálním směru 20 hladin. Horizontální rozlišení oceánské části je $1,25^\circ \times 1,25^\circ$, což dovoluje postihnout důležité detaily oceánické cirkulace. Kvůli jednoduššímu propojení atmosférické a oceánské části modelu má pobřežní linie stejné horizontální rozlišení jako atmosférická část ($3,8^\circ \times 2,5^\circ$).

2.2 Regionální klimatické modely

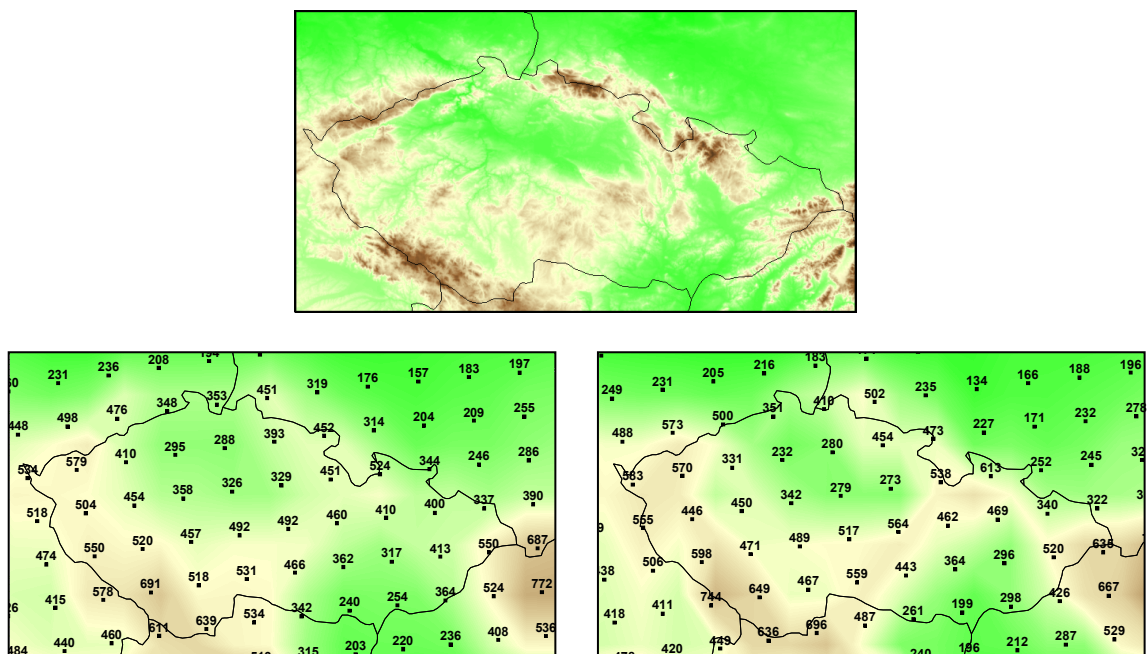
Globální klimatické modely (GCM) nedokáží dobře postihnout charakter regionálního a místního klimatu. Příliš hrubé prostorové rozlišení GCM nedovoluje postihnout detaily zemského povrchu, např. úzké horské hřbety, menší poloostrovy, detaily vegetační pokrývky apod. Při zkoumání klimatu v menším měřítku se tedy používá některý z postupů tzv. downscalingu. Jednou z těchto metod je dynamický downscaling. Výstupy GCM zde slouží jako počáteční a okrajové podmínky pro regionální klimatický model (RCM), který pracuje na omezené oblasti. Horizontální rozlišení současných RCM bývá přibližně $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$. Větší prostorové rozlišení RCM dovoluje lepší reprezentaci orografie, nelineárních přenosů energie, hydrodynamické instability a dalších procesů malého měřítko. Spolehlivost výstupů RCM závisí na fyzikální parametrizaci a použitých okrajových podmínkách.

Model HIRHAM

Regionální klimatický model *HIRHAM* byl vyvinut ve spolupráci národních meteorologických služeb Dánska, Finska, Holandska, Irska, Islandu, Norska, Španělska a Švédska. Podrobné informace o tomto modelu lze nalézt v Christensen a van Meijgaard (1992) a Christensen a kol. (1996).

Dynamická část modelu *HIRHAM* byla převzata z numerického předpovědního modelu na omezené oblasti *HIRLAM* (Machenhauer, 1988, Gustafsson, 1993). Model *HIRHAM* používá fyzikální parametrizace globálního klimatického modelu *ECHAM4*.

Horizontální rozlišení modelu *HIRHAM* je $50 \text{ km} \times 50 \text{ km}$. Ve vertikálním směru má 19 hladin v atmosféře a 5 hladin v půdě. Časový krok modelu je 5 minut. Orografie modelu *HIRHAM* v oblasti České Republiky je zobrazena na obr. 2.1 vlevo.



Obr. 2.1: „modelová orografie“ v oblasti ČR modelu *HIRHAM* (vlevo) a *RCAO* (vpravo), u každého uzlového bodu je uvedena nadmořská výška. Nahoře skutečná orografie ČR.

Model *RCAO*

RCAO je regionální klimatický model atmosféra-oceán vyvinutý v Rossbyho centru ve Švédsku. Je tvořen regionálním modelem atmosféry (*RCA*) a regionálním modelem oceánu (*RCO*). Detailní popis modelu *RCAO* lze nalézt např. v Döscher a kol. (2002). Modelové komponenty *RCA* a *RCO* jsou spojeny pomocí programu *OASIS* (Valcke a kol., 2000). Model *RCAO* byl vyvinut, ověřován a používán zejména pro oblast Severní Evropy a Arktidy.

Spojený (coupled) regionální klimatický model poskytuje daleko lepší reprezentaci skutečného klimatu než obě jeho komponenty samostatně pouze s předepsanými interakcemi na jejich hranici. Simulace procesů v atmosféře vyžaduje informaci o teplotě povrchu oceánu a mořského ledu. Tyto veličiny jsou ale ovlivněny procesy v atmosféře. Obdobně také k modelování procesů v oceánu je nutná informace o působení atmosféry na povrch oceánu. Toto působení je ale zpětně ovlivňováno procesy v oceánu. Spojený regionální model atmosféra-oceán dovoluje popsat jejich vzájemné působení.

Orografie modelu *RCAO* v oblasti České Republiky je zobrazena na obr. 2.1 vpravo.

Kapitola 3

Použitá data

3.1 Staniční měření

K dispozici byly časové řady denní průměrné teploty vzduchu z 10 stanic na území České republiky ze čtyřicetiletého období 1961-2000. Seznam stanic a údaje o jejich zeměpisné poloze jsou uvedeny v tab. 3.1. Data poskytl Český hydrometeorologický ústav.

Nadmořská výška použitých stanic se pohybuje mezi 158 m (Doksany) a 536 m (Husinec). Nadmořská výška stanice Tábor na přelomu let 1989 a 1990 vzrostla o 24 metrů. V průběhu let 1997-2000 přešly některé stanice na automatické měření.

Indikativ stanice	Název stanice	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadmořská výška [m]
U1DOKS01	Doksany	50°27'	14°10'	158
U1ZAT001	Žatec	50°19'	13°32'	201
P2SEMC01	Semčice	50°22'	15°00'	234
B2KUCH01	Kuchařovice	48°52'	16°05'	334
C2TREB01	Třeboň	49°00'	14°46'	429
C2TABO01	Tábor	49°24'	14°40'	437
C2TABO01	Tábor	49°24'	14°40'	461
B2VMEZ01	Velké Meziříčí	49°21'	16°00'	452
L2KRAL01	Kralovice	49°59'	13°29'	468
L3CHEB01	Cheb	50°04'	12°23'	471
C1HUSI01	Husinec	49°02'	13°59'	536

Tab. 3.1: Seznam stanic a údaje o jejich zeměpisné poloze.

3.2 Výstupy regionálních klimatických modelů

Pro porovnání s výsledky získanými na základě dat naměřených na výše uvedených stanicích byla použita data z výstupů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO. Model HIRHAM byl řízen globálním klimatickým modelem ECHAM4/OPYC, model RCAO modelem HadCM3. Časové řady denní průměrné teploty vzduchu z výstupů těchto dvou modelů byly získány z údajů evropského projektu PRUDENCE (<http://prudence.dmi.dk>). Podrobnější informace o těchto modelech lze nalézt v kap. 2.

Údaje o délkách období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozené ze staničních dat byly porovnány s výstupy regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO ve vybraných uzlových bodech. Seznam vybraných uzlových bodů, jejich označení, zeměpisná délka, zeměpisná šířka a nadmořská výška jsou uvedeny v tab. 3.2. Výstupy modelů HIRHAM a RCAO byly archivovány v rámci projektu VZ 01 VODA (Kalvová a kol., 2005).

Označení uzlového bodu	Model HIRHAM			Označení uzlového bodu	Model RCAO		
	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadmořská výška [m]		Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadmořská výška [m]
H1	50°25'	15°04'	281	RC1	50°28'	14°51'	288
H2	49°45'	13°10'	446	RC2	49°49'	12°58'	504
H3	49°03'	14°44'	467	RC3	49°06'	14°30'	518
H4	49°15'	16°43'	364	RC4	49°17'	16°29'	362

Tabulka 3.2: Uzlové body regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO.

Na obr. 1 v příloze je znázorněna síť uzlových bodů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO spolu s polohou deseti stanic, jejichž data byla k dispozici.

Kapitola 4

Metody výpočtu průměrného ročního chodu teploty vzduchu pro odvozování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu

4.1 Grafická metoda

V publikaci Podnebí ČSSR (1961) byla k výpočtu průměrných ročních chodů teploty vzduchu za zvolené období použita grafická metoda, která vychází z měsíčních průměrů teploty vzduchu za velmi dlouhé období.

V pravoúhlém souřadnicovém systému bylo na osu x vyneseno pořadové číslo dne v roce. Hodnoty průměrných měsíčních teplot vzduchu za určité období byly vyznačeny k patnáctému dni daného měsíce. Těmito body pak byla graficky proložena křivka průměrného ročního chodu teploty vzduchu. Z takto získaného průměrného ročního chodu byla odvozena průměrná data nástupu, konce a délky období s charakteristickými teplotami vzduchu. V části křivky ročního chodu teploty vzduchu, kdy je její průběh skoro přímkový, data nástupu byla počítána též jednoduchou úměrou odpovídající lineární závislosti růstu teploty s počtem dní (Podnebí ČSSR, 1961).

4.2 Metoda histogramu

Tuto metodu použila Slabá (1962) k výpočtu ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu. Spočtené roční chody byly následně použity při odvozování klimatického zajištění dat nástupu, konce a trvání charakteristických teplot vzduchu. Je nutné zdůraznit, že na rozdíl od ostatních metod uvedených v této kapitole byla metoda histogramu použita pro výpočet ročních chodů teploty vzduchu pro každý rok zvlášť, nikoli tedy k výpočtu průměrných ročních chodů teploty vzduchu.

Histogramem se zde rozumí křivka, sestavená tak, že plocha pod úsekem této křivky pro daný měsíc se rovná ploše obdélníku, jehož základnou je délka měsíce, a výška se rovná průměrné měsíční teplotě. Slabá (1962) uvádí, že tato metoda umožňuje vystihnout průběh teploty v blízkosti extrémních hodnot, a dovoluje vypočítat úhrny teplot za libovolnou část měsíce.

4.3 Metoda lineární interpolace

Metoda lineární interpolace je svou podstatou numerická obdoba grafické metody (viz kap. 4.1). Tuto metodu použila např. Květoňová (2000). Dále bude tato metoda uváděna pod názvem metoda lineární interpolace, nebo pouze zkratkou MLI.

Výpočet průměrného ročního chodu teploty vzduchu metodou lineární interpolace je následující:

1. Stejně jako při grafickém použití metody přiřadíme hodnoty měsíčních průměrných teplot vzduchu T_i vždy k patnáctému dni měsíce.
2. Teplotu T_i příslušející i -tému dni v roce určíme podle vzorce:

$$T_i = \frac{(T_N - T_P)}{(x_N - x_P)}(i - x_P) + T_P \quad (4.1)$$

kde T_N hodnota nejbližšího následujícího měsíčního průměru teploty vzduchu

T_P hodnota nejbližšího předcházejícího měsíčního průměru teploty vzduchu

x_N pořadové číslo prostředního dne následujícího měsíce

x_P pořadové číslo prostředního dne předcházejícího měsíce

Problém nastává při určování křivky průměrného ročního chodu na začátku a na konci kalendářního roku. Tento problém vyřešíme tak, že pro výpočet hodnot pro první polovinu ledna použijeme prosincový měsíční průměr teploty vzduchu, a pro výpočet hodnot pro druhou polovinu prosince použijeme lednový měsíční průměr teploty vzduchu.

V této diplomové práci budou výpočty metodou MLI provedeny v programu Microsoft Excel 2000.

4.4 Metoda robustní lokálně vážené regrese

Nechť Y_t , $t = t_1 \dots t_n$ je časová řada, pro kterou platí: $Y_t = M_t + e_t$ (4.2)

kde M_t je systematická komponenta a e_t je náhodná část se střední hodnotou nula a velikostí rozptylu V_t .

Robustní lokálně vážená regrese (dále bude pro tuto metodu užívána zkratka RLWR) je robustní neparametrická metoda odhadu systematické komponenty \hat{M}_t časové řady Y_t . Detailní popis metody RLWR lze nalézt v Solow (1988), Dubrovský (1993) nebo Michálek a kol. (1993).

Hlavní myšlenkou RLWR je, že systematická komponenta M_t časové řady Y_t je odhadnuta polynomem stupně m na lokálním intervalu $\langle t-h, t+h \rangle$, nikoli tedy na celém intervalu $\langle t_1, t_n \rangle$. Parametr h se nazývá šířka vyhlazovacího okénka a interval $\langle t-h, t+h \rangle$ se nazývá vyhlazovací okénko. K nalezení regresního polynomu je použito metody vážených nejmenších čtverců. Zavedení robustních vah eliminuje vliv pozorování, která jsou odlehlá od odhadu \hat{M}_t .

Z uvedených skutečností vyplývá, že RLWR má tři důležité vlastnosti:

1. RLWR je robustní v tom smyslu, že vliv odlehlých hodnot na odhad \hat{M}_t je potlačen.
2. Jako při použití podobných metod, založených na jádrových odhadech, i odhad \hat{M}_t pomocí metody RLWR zachycuje lokální chování časové řady Y_t , a nevyžaduje zadání modelu pro odhad systematické komponenty \hat{M}_t , který by byl platný na celém intervalu $t = t_1 \dots t_n$.
3. Výhodný je iterativní přístup k použití RLWR. Rezidua z aktuálního odhadu \hat{M}_t jsou využita k odhadu rozptylu \hat{V}_t . Tento odhad \hat{V}_t je následně použit pro zpřesnění odhadu \hat{M}_t . Modifikace algoritmu dovoluje uvažovat rozptyl V_t nekonzantní v čase t , přičemž se předpokládá, že se mění „hladce“ s časem (v chování V_t nenastávají skoky).

Popis výpočetního algoritmu metody robustní lokálně vážené regrese

Při popisu algoritmu budeme nejdříve předpokládat konstantní hodnotu rozptylu V_t pro všechna $t = t_1 \dots t_n$. Poté přidáme modifikaci pro časově proměnnou hodnotu V_t .

1. krok:

Spočteme odhad systematické komponenty \hat{M}_t , $t = t_1 \dots t_n$, pomocí metody vážených nejmenších čtverců; Váha přiřazená pozorování $(t', Y_{t'})$ v bodě t je dána výrazem $d_t w(t, t')$, kde d_t je robustní váha, jejíž hodnota je v první iteraci rovna jedné, a $w(t, t')$ je lokalizační váha. Hodnota $w(t, t')$ je definována jako nula pro ty dvojice (t, t') , pro které platí $|t - t'| \geq h$, kde h je šířka vyhlazovacího okénka. Tvar $w(t, t')$ pro (t, t') takové, že platí $|t - t'| < h$ může být zvolen (viz níže).

Právě použití lokalizačních vah $w(t, t')$ dovoluje odhadu \hat{M}_t vystihnout lokální změny v chování časové řady Y_t .

Pokud je pro odhad systematické komponenty \hat{M}_t časové řady Y_t na lokálním intervalu $\langle t-h, t+h \rangle$ použit polynom stupně $m=0$, pak podle Solow (1988) pro tento odhad \hat{M}_t platí:

$$\hat{M}_t = \frac{\sum_{t'=t_1}^{t_n} d_{t'} w(t', t) Y_{t'}}{\sum_{t'=t_1}^{t_n} d_{t'} w(t', t)} \quad (4.3)$$

2. krok

Pro $t = t_1 \dots t_n$ definujeme rezidua r_t : $r_t = Y_t - \hat{M}_t$ (4.4)

a medián absolutních hodnot residuí $|r_t|$ označíme jako s .

Robustní váhy d_t , které omezují vliv odlehlých hodnot na odhad \hat{M}_t , pak definujeme

takto:

$$d_t = \left(1 - \left(\frac{r_t}{6s} \right)^2 \right)^2 \quad \text{pro } \left| \frac{r_t}{6s} \right| < 1$$

(4.5)

$$d_t = 0 \quad \text{pro } \left| \frac{r_t}{6s} \right| \geq 1$$

Algoritmus dále pokračuje rekurentním opakováním 1. a 2. kroku, až do stanoveného počtu iterací K .

V popsaném algoritmu narážíme na několik problémů:

- 1) Jaký zvolit počet iterací K ?
- 2) Jakou zvolit velikost šířky vyhlazovacího okénka h ?
- 3) Rozptyl V_t byl zatím uvažován jako konstantní během času. Jak algoritmus modifikovat, aby zahrnul případnou nekonstantnost V_t ?

Ad 1) Jedna z možností jak zvolit počet iterací K je definovat určité kritérium konvergence. Avšak v praxi se ukazuje, že $K=2$ je obvykle dostatečné (Solow, 1988).

Ad 2) Výběr velikosti šířky vyhlazovacího okénka h je důležitější (a obtížnější). Pro menší h totiž přisoudí metoda RLWR více detailů v chování Y_t spíše systematické komponentě M_t , kdežto pro větší hodnotu h přisoudí více detailů náhodné části e_t (Solow, 1988).

Pro usnadnění určení optimální hodnoty h byla navržena procedura PRESS, založená na krossvalidaci (blíže viz Solow, 1988).

Ad 3) V případě časově proměnné hodnoty V_t je medián s ve výpočtu robustních vah d_t nahrazen časově závislou veličinou u_t . V takovém případě se na konci každé iterace přidá třetí krok:

3. krok

a) (volitelný krok)

Podle Michálek a kol. (1993) můžeme RLWR odhad systematické komponenty \hat{M}_t

časové řady Y_t vyjádřit jako:

$$\hat{M}_t = \sum_{i=t_1}^{t_n} a_{it} Y_i, \quad t = t_1 \dots t_n \quad (4.6)$$

Potom přeškálujeme rezidua r_t následujícím způsobem:

$$r_t^* = \frac{r_t}{\left(1 - 2a_{tt} + \sum_{i=t_1}^{t_n} a_{it}^2\right)^{1/2}} \quad (4.7)$$

Při výpočtu robustních vah d_t v druhém kroku pak rezidua r_t nahradíme přeškálovanými rezidui r_t^* .

Jmenovatel v (4.7) ale obvykle rychle konverguje k 1 pro rostoucí h , takže přeškálování není často nutné aplikovat (Solow, 1988).

b) Aplikujeme RLWR na řadu absolutních hodnot residuí $|r_t^*|$, $t = t_1 \dots t_n$ při použití aktuálních hodnot vah a velikosti šířky vyhlazovacího okénka h . Pak necht' u_t je odhad systematické komponenty řady absolutních hodnot residuí $|r_t^*|$. Při výpočtu robustních vah d_t v druhém kroku nahradíme medián s časově proměnnou veličinou u_t .

Při své práci jsem pro aplikaci RLWR používala program ROLOWER (Dubrovský, 1993).

4.5 Program ROLOWER

Program ROLOWER byl vyvinut pro aplikaci metody RLWR v jazyce Turbo Pascal v.7. (Dubrovský, 1993). Tento program nabízí množství funkcí a volitelných parametrů. Níže je uveden popis pouze těch funkcí a parametrů, které byly použity v této práci.

Shrnutí algoritmu RLWR v programu ROLOWER (Dubrovský, 1993):

Tento algoritmus spočívá v následujících krocích:

(0) Inicializace:

Nechť $d_t^{(0)} \equiv 1$ pro všechna $t = t_1 \dots t_n$, a při předpokladu nekonstantního V_t necht' také $u_t^{(0)} \equiv 1$ pro všechna $t = t_1 \dots t_n$.

Nechť $k=1$.

(1) Určení velikosti šířky vyhlazovacího okénka h (buď aplikací procedury PRESS nebo manuální volbou)

(2) Výpočet odhadu $\hat{M}_t^{(k)}$ podle vzorce (4.3)

(3) Výpočet residuí $r_t^{(k)} = Y_t - M_t^{(k)}$ (podle vzorce (4.4))

(4) dále algoritmus pokračuje buď krokem (4A) nebo krokem (4B)

(4A) modifikace algoritmu v případě časově proměnné hodnoty rozptylu V_t :

- Přeškálování residuí r_t podle vzorce (4.7) (volitelný krok)
- Výpočet $u_t^{(k)}$ aplikací RLWR na řadu r_t , případně r_t^*

(4B) rozptyl V_t konstantní v čase: určení hodnoty mediánu $s^{(k)}$ absolutních hodnot residuí $|r_t|$

(5) Výpočet nových hodnot $d_t^{(k)}$ podle vzorce (4.5) s použitím $s^{(k)}$ nebo $u_t^{(k)}$

(6) dále algoritmus pokračuje buď krokem (6A) nebo krokem (6B)

(6A) konec algoritmu, použij aktuální hodnoty $M_t^{(k)}$ a $u_t^{(k)}$ jako odhad systematické komponenty \hat{M}_t řady Y_t a rozptylu \hat{V}_t

(6B) Necht' $k = k + 1$ a pokračuj krokem (1)

Volitelné parametry v programu ROLOWER

I. Počet iterací K .

II. Typ lokalizačních vah $w(t, t')$:

k dispozici jsou čtyři typy lokalizačních vah: necht' $x = \frac{(t' - t)}{h}$ (4.8)

Potom pro $|x| \geq 1$ platí $w(x) = 0$,

pro $|x| < 1$ jsou k dispozici následující čtyři možnosti

1. $w(x) = (1 - |x|^3)^3$ (4.9)

$$2. w(x) = 15/16(1 - 2x^2 + x^4) \quad (4.10)$$

$$3. w(x) = 35/32(1 - 3x^2 + 3x^4 - x^6) \quad (4.11)$$

$$4. w(x) = 1 \quad (4.12)$$

První typ lokalizačních vah (4.9) navrhl Cleveland (1979). Později tento typ použil např. Solow (1988). Typy 2 (4.10) a 3 (4.11) vznikly na základě srovnání výsledků metody RLWR s jádrovými odhady (Michálek a kol., 1993). Typ 4 (4.11) je v programu zabudován pro možnost experimentu.

III. Velikost šířky vyhlazovacího okénka h :

Možnost použití procedury PRESS nebo manuální nastavení.

IV. Stupeň regresního polynomu:

Tento parametr může mít vliv na výsledek procedury PRESS. Čím vyšší stupeň polynomu, tím vyšší hodnota h zvolená procedurou PRESS a tím i hladší průběh výsledných odhadů \hat{M}_t a \hat{V}_t (Dubrovský, 1993).

V. Možnost modifikace algoritmu pro časově proměnnou velikost rozptylu V_t ;

Jak poznamenává Solow (1988), pro malé časové změny V_t je efekt aplikace modifikovaného algoritmu dosti malý.

VI. Přeskálování reziduí: jak bylo již zmíněno výše, efekt přeskálování reziduí klesá s rostoucím h , takže ve většině případů není jeho aplikace nutná.

VII. Funkce *cycling*: Tato funkce umožňuje zadanou časovou řadu „zacyklit“, tj. na konec časové řady připojit několik hodnot ze začátku řady, a naopak před začátek řady přidat několik hodnot z konce souboru. Počet přidávaných hodnot na začátek a konec souboru závisí na velikosti šířky vyhlazovacího okénka h . Bez použití této funkce musíme brát v úvahu, že hodnoty spočteného odhadu systematické komponenty \hat{M}_t časové řady Y_t na začátku a na konci intervalu $\langle t_1, t_n \rangle$ mají menší váhu (byly spočteny pomocí menšího počtu hodnot než všechny ostatní hodnoty odhadu).

Volbu výše uvedených parametrů (kromě funkce *cycling*) je nutné specifikovat před spuštěním programu v inicializačním souboru. Většinu parametrů ovšem lze měnit i přímo v prostředí programu až po jeho spuštění.

Kapitola 5

Použité metody výpočtu

V této diplomové práci budou průměrné roční chody teploty vzduchu počítány pomocí dvou rozdílných metod, a to metodou lineární interpolace (MLI) a metodou robustní lokálně vážené regrese (RLWR). Metoda RLWR nebyla dosud k výpočtu průměrných ročních chodů teploty vzduchu pro odhad délek období s charakteristickými teplotami vzduchu použita.

V kapitole 5.1 budou analyzovány výsledky získané metodou RLWR s různými volbami jejích parametrů. V kapitole 5.2 budou srovnány výsledky získané metodou MLI a metodou RLWR s vybraným nastavením parametrů.

5.1 Výběr parametrů metody robustní lokálně vážené regrese

Pro výpočty průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu metodou RLWR s různým počtem iterací a různými typy lokalizačních vah byly vybrány řady denních průměrů průměrné denní teploty vzduchu TPRUM (dále jen jako řada TPRUM) z desetiletí 1961 – 1970 na stanicích Semčice, Doksany, Husinec a Třeboň. Křivky průměrného ročního chodu teploty vzduchu založené na desetiletých průměrech zachovávají ještě dosti nepravidelností v ročním chodu, proto byly testy provedeny právě na těchto řadách. Vybrané stanice se nacházejí v různých nadmořských výškách.

Pro výpočty metodou RLWR s několika různými velikostmi šířky vyhlazovacího okénka h byly vybrány řady TPRUM z desetiletí 1961 – 1970 a ze čtyřicetiletí 1961-2000 opět na stanicích Semčice, Doksany, Husinec a Třeboň.

Níže budou výsledky výpočtů ilustrovány na příkladu stanice Semčice. Pro ostatní stanice byly výsledky zcela obdobné.

Počet iterací

Výpočty průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu byly postupně provedeny s počtem iterací $K=1, 2, 3, 4$, a to vždy pro typ lokalizačních vah 1 (viz vztah 4.9) a pro dvě velikosti šířky vyhlazovacího okénka $h=15$ a $h=30$. Výsledky srovnání získaných křivek průměrného ročního chodu teploty vzduchu lze shrnout následovně:

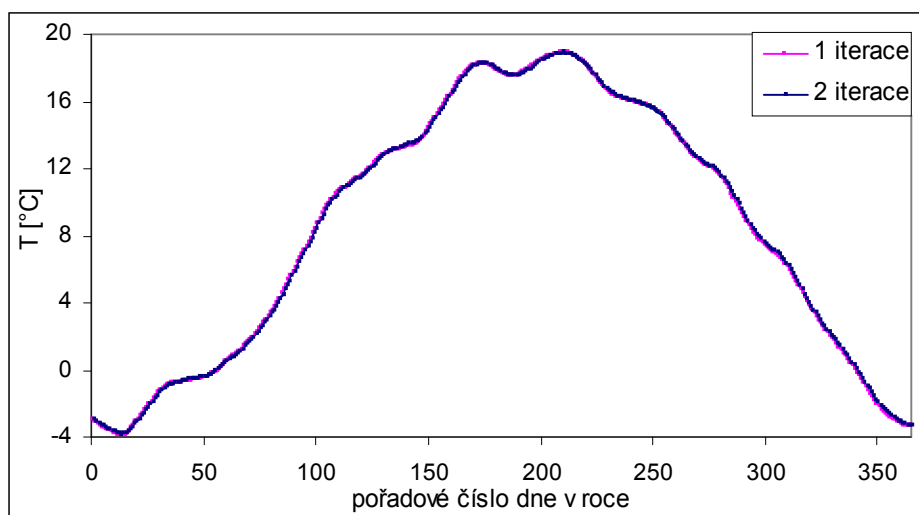
- Šířka vyhlazovacího okénka $h=30$: Největší rozdíl mezi výsledky výpočtu s počtem iterací $K=1$ a $K=2$ byl $0,13$ °C. Mezi výsledky výpočtu s počtem iterací $K=2$ a $K=3$

byl největší rozdíl jen 0,06 °C, rozdíl mezi výsledky spočtenými s $K=3$ a $K=4$ pak nepřesáhl 0,0018 °C.

- Šířka vyhlazovacího okénka $h=15$: Největší rozdíl mezi výsledky výpočtu s počtem iterací $K=1$ a $K=2$ byl 0,12 °C. Mezi výsledky výpočtu s $K=2$ a $K=3$ byl největší rozdíl jen 0,07 °C, mezi výsledky spočtenými s $K=3$ a $K=4$ to bylo už jen 0,0022 °C.

Ani pro jednu velikost šířky vyhlazovacího okénka $h=15$ a $h=30$ se křivky průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu spočtené s různým počtem iterací $K=1, 2, 3, 4$ od sebe téměř neliší. Na obr. 5.1 vidíme, že křivky ročního chodu spočtené s počtem iterací $K=1$ a $K=2$ od sebe v grafu opravdu nelze téměř rozeznat.

Z uvedených výsledků vyplývá, že počet iterací $K=2$ je pro výpočty průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu dostačující. Tento závěr je zcela ve shodě s tvrzením, které ve své práci uvádí Solow (1988). Dále bude tedy používán výhradně počet iterací $K=2$.



Obr. 5.1: Průměrný roční chod průměrné denní teploty vzduchu na stanici Semčice v desetiletí 1961-1970 spočtený metodou RLWR s typem lokalizačních vah 1, šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$ a počtem iterací $K=1$ (ružová křivka) a $K=2$ (modrá křivka).

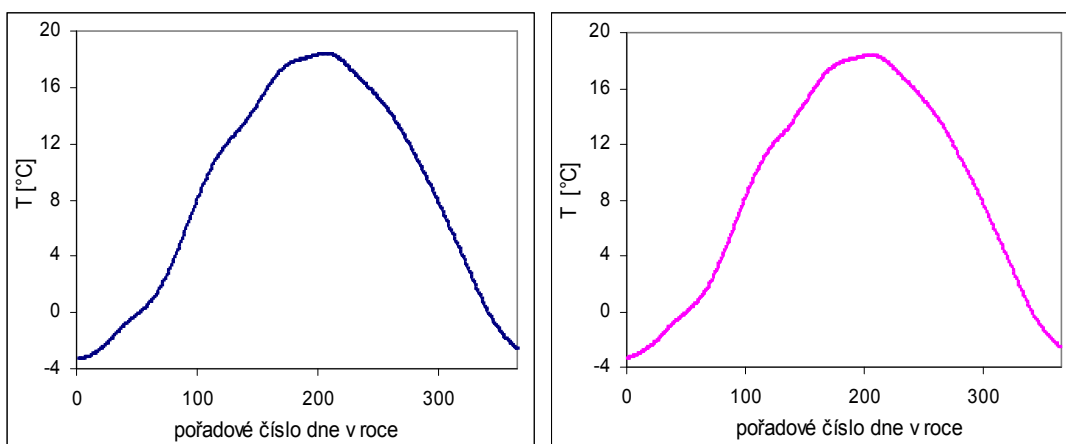
Různé typy lokalizačních vah

Průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu byly postupně spočteny s typy lokalizačních vah 1 (viz vztah 4.9), 2 (viz vztah 4.10) a 3 (viz vztah 4.11), a to vždy se stejným počtem iterací $K=2$ a stejnou velikostí šířky vyhlazovacího okénka $h=15$, $h=30$.

Výsledky porovnání spočtených průměrných ročních chodů denní průměrné teploty vzduchu lze shrnout takto:

- Porovnání typu vah 1 (viz vztah 4.9) a typu vah 2 (viz vztah 4.10): Spočtené průměrné roční chody teploty vzduchu se od sebe téměř neliší. Na obr. 5.2 jsou zobrazeny roční chody spočtené s velikostí šířky vyhlazovacího okénka $h=30$. Pokud tyto dva roční chody zobrazíme v jednom grafu, nelze řady od sebe rozeznat. Stejný výsledek platí i pro šířku vyhlazovacího okénka $h=15$.
- Porovnání typu vah 1 (viz vztah 4.9) a typu vah 3 (viz vztah 4.11): Spočtené roční chody jsou si opět velmi podobné. Největší rozdíl mezi nimi činí $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Obdobně tomu je i pro šířku vyhlazovacího okénka $h=15$.

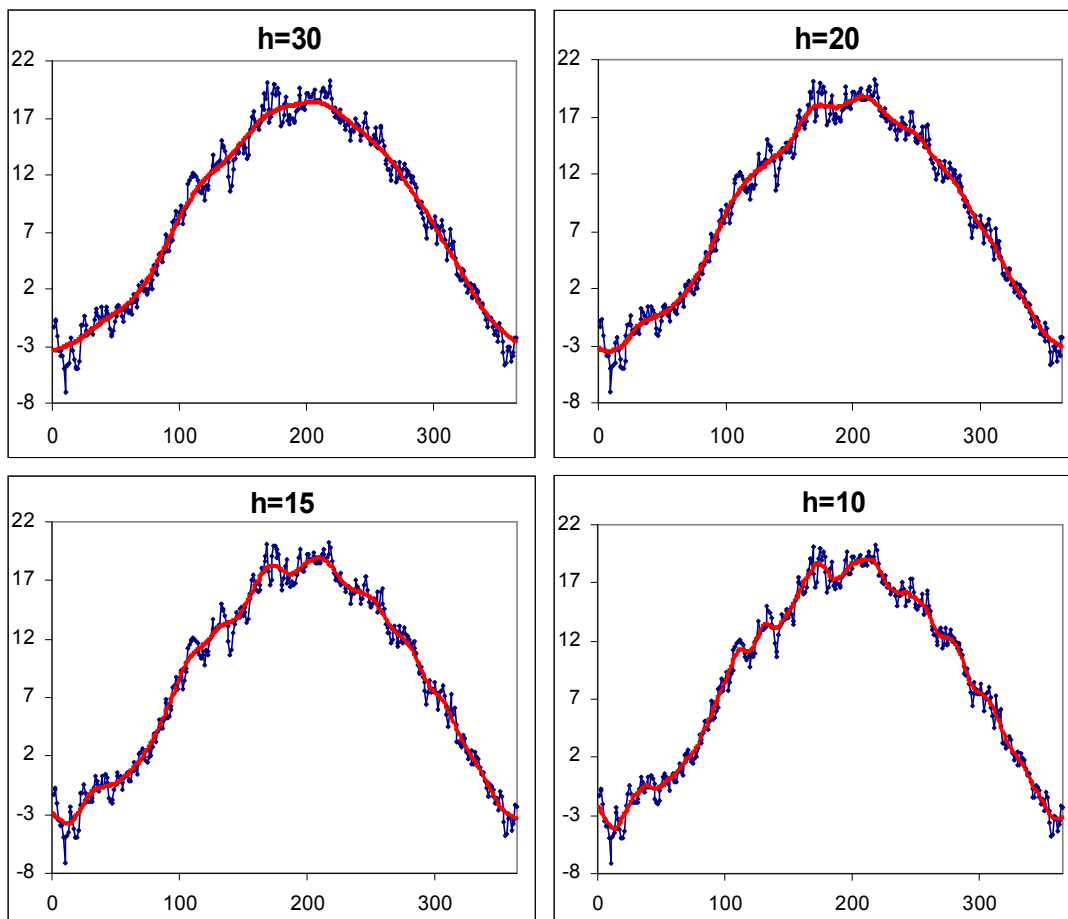
Dále bude pro výpočty průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu používána metoda RLWR s typem lokalizačních vah 1 (viz vztah 4.9). Tento typ lokalizačních vah ve své práci používal rovněž např. Solow (1988).



Obr. 5.2: Průměrný roční chod průměrné denní teploty vzduchu na stanici Semčice v desetiletí 1961-1970 spočtený metodou RLWR s typem lokalizačních vah 1 (vlevo), resp. 2 (vpravo) (šířka vyhlazovacího okénka $h=30$, počet iterací $K=2$)

Velikost šířky vyhlazovacího okénka

Dále byly spočítány průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu v desetiletí 1961-1970 se čtyřmi různými velikostmi $h=10, 15, 20$ a 30 . Výsledky potvrzují teoretický předpoklad, že s rostoucí velikostí šířky vyhlazovacího okénka h metoda RLWR přisoudí více detailů chování řady Y_t náhodné části e_t , tedy spočtený odhad systematické komponenty \hat{M}_t časové řady Y_t je hladší (Solow, 1988). Na obr. 5.3 jsou pro demonstraci této vlastnosti metody RLWR uvedeny průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu na stanici Semčice spočtené s $h=10, 15, 20, 30$.



Obr. 5.3: Průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu v období 1961-1970 na stanici Semčice. Roční chody byly spočteny metodou RLWR se čtyřmi velikostmi šířky vyhlazovacího okénka $h=10, 15, 20, 30$. Na svislé ose je vynesena teplota vzduchu, na vodorovné ose pořadové číslo dne v roce. Slabou modrou čarou jsou spojeny hodnoty řady TPRUM, tlustší červenou čarou je vyznačen průměrný roční chod průměrné denní teploty vzduchu spočtený s uvedenou velikostí šířky vyhlazovacího okénka h .

Jakou tedy zvolit velikost šířky vyhlazovacího okénka h pro výpočty průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu metodou RLWR, chceme-li z těchto ročních chodů odvozovat průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu? Ve snaze odpovědět na tuto otázku provedeme následující úvahu.

Metody, které byly používány k výpočtu průměrných ročních chodů teploty vzduchu dříve - grafická metoda a metoda lineární interpolace (viz kap. 4), odvozují křivky průměrných ročních chodů na základě měsíčních průměrů. Hodnota spočtená pro určitý den v roce pak tedy závisí na přibližně šedesáti okolních hodnotách řady TPRUM.

Při výpočtu metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$ závisí hodnota získaného odhadu systematické komponenty \hat{M}_i řady TPRUM pro i -tý den v roce na třiceti

okolních hodnotách, tedy v jistém smyslu se jedná o obdobu měsíčního průměru. V případě šířky vyhlazovacího okénka $h=30$ závisí hodnota odhadu \hat{M}_i pro určitý den v roce na šedesáti okolních hodnotách. V obou těchto případech tedy jde o podobný princip, který využívají již dříve používané metody výpočtu průměrných ročních chodů teploty vzduchu.

Při rozhodování, jakou velikost šířky vyhlazovacího okénka pro výpočty průměrných ročních chodů teploty vzduchu metodou RLWR zvolit, pak přicházejí v úvahu dvě hodnoty, a to hodnoty $h=15$ a $h=30$. Ve snaze rozhodnout, jakou velikost šířky vyhlazovacího okénka h v této práci použít pro výpočty průměrných ročních chodů teploty vzduchu, byly provedeny další výpočty a srovnání.

Na obr. 5.4 vidíme srovnání křivek průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu a řady TPRUM za desetiletí 1961-1970 a čtyřicetiletí 1961-2000 pro stanici Semčice. Podle očekávání jsou hodnoty TPRUM za čtyřicetileté období výrazně méně rozkolísané než za desetileté období. V důsledku toho pozorujeme menší rozdíly mezi křivkami spočtenými metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$ a $h=15$ pro období 1961-2000 než pro desetiletí 1961-1970.

Na obr. 5.4 (horní část) také vidíme, že křivka průměrného ročního chodu průměrné denní teploty vzduchu za desetiletí 1961-1970 získaná metodou RLWR se $h=15$ je méně hladká. Ve vzestupné části křivky ročního chodu se vyskytují časové úseky, ve kterých dochází k zastavení růstu teploty nebo dokonce poklesu teploty pod určitou mez. Tento jev se vyskytl v některých desetiletích i u tří ostatních stanic. Zastavení růstu teploty nebo krátký pokles pod určitou mez se ve většině případů vyskytlo v druhé polovině června. Nabízí se možnost ztotožnit tento jev se singularitou známou pod názvem „medardovské počasí“.

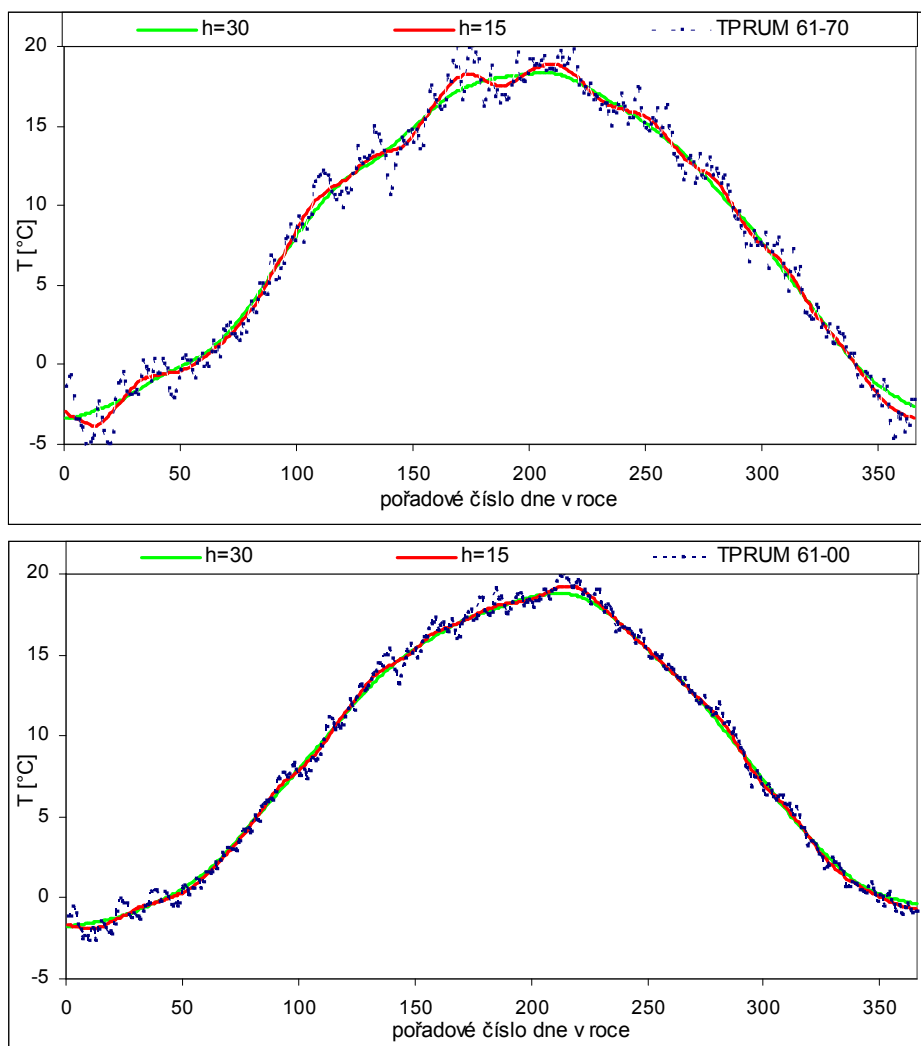
Je nutné poznamenat, že pro účely určování průměrných délek období s charakteristickými teplotami není zastavení růstu teploty nebo její pokles pod určitou mez žádoucí. U žádné z vybraných stanic se ale tento jev nevyskytl v okolí žádné z charakteristických teplot vzduchu 5 °C, 10 °C, 15 °C. Při odvozování desetiletých průměrů délek období s charakteristickými teplotami vzduchu metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$ však bude nutno věnovat zvýšenou pozornost případnému výskytu tohoto jevu.

Shrnutí

Na základě výše uvedeného porovnání průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu spočtených metodou RLWR s různými volbami parametrů jsme dospěli k následujícímu výběru parametrů této metody.

Počet iterací $K=2$ se ukázal být zcela dostatečným.

Výsledky s různými typy lokalizačních vah se od sebe téměř nelišily. Zvolíme tedy 1. typ lokalizačních vah (viz vztah 4.9), který ve své práci doporučuje rovněž Solow (1988).



Obr. 5.4: Srovnání průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu a řady průměrů denních průměrných teplot vzduchu (TPRUM) za období 1961-1970 (nahore) a období 1961-2000 (dole). Zelené a červené křivky znázorňují průměrný roční chod spočtený metodou RLWR s danou šířkou vyhlazovacího okénka h , modré přerušované křivky jsou spojnicemi řady TPRUM.

Pokud se týká velikosti šířky vyhlazovacího okénka h , není jednoduché rozhodnout mezi hodnotami $h=15$ a $h=30$. Pro čtyřicetileté období 1961-2000 se zdá lepší použít velikost $h=15$, jelikož dokáže lépe vystihnout lokální chování ročního chodu. Ovšem pro desetiletá období není tato volba tak jednoznačně správná. Hlavním problémem je výše popsáný jev, kdy dochází ve vzestupné části křivky ročního chodu spočtené metodou RLWR se $h=15$ k zastavení růstu teploty nebo dokonce poklesu teploty pod určitou mez.

5.2 Srovnání metody lineární interpolace a metody robustní lokálně vážené regrese s vybraným nastavením parametrů

Průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu pro stanice Semčice, Doksany, Třeboň a Husinec byly spočteny metodou lineární interpolace (MLI) a metodou RLWR se dvěma různými velikostmi šířky vyhlazovacího okénka $h=15, 30$. Výpočty byly provedeny pro čtyřicetiletí 1961-2000 a čtyři desetiletí 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000.

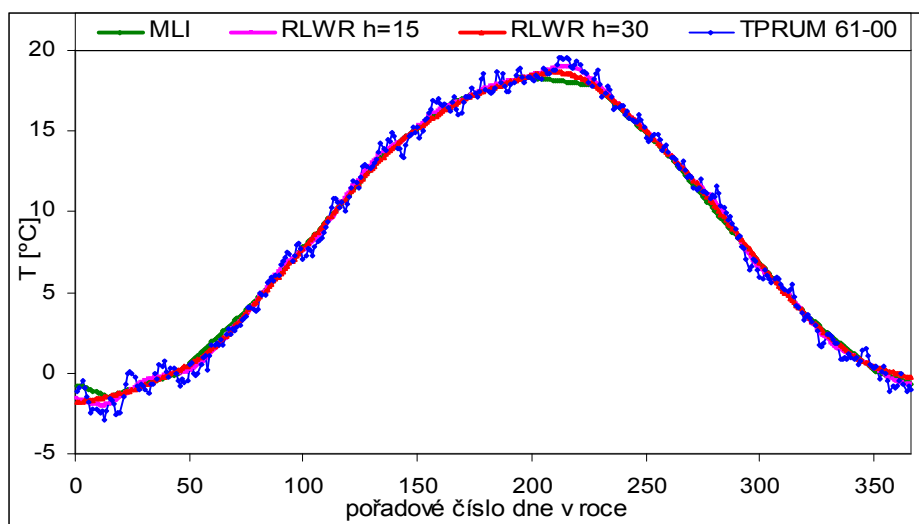
Ze spočtených křivek průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu byly odvozeny průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu 5 °C (širší vegetační období), 10 °C (užší vegetační období), 15 °C (letní období). Porovnány potom byly jak křivky průměrných ročních chodů vypočtené metodou MLI a metodou RLWR, tak z nich odvozené průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu.

Čtyřicetileté období 1961-2000

Křivky průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu v období 1961-2000 spočtené metodou MLI a metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15, 30$ se od sebe liší jen velmi málo. Největší rozdíl mezi křivkami se objevil u všech čtyř stanic v oblasti maxima ročního chodu. Křivky získané metodou MLI a metodou RLWR se $h=15$ se v této oblasti u všech stanic od sebe liší asi o 1 °C. Rozdíl mezi křivkami spočtenými metodou MLI a metodou RLWR se $h=30$ v oblasti maxima ročního chodu je u všech stanic menší než 1 °C. Pro některé stanice se objevily určité rozdíly mezi jednotlivými křivkami i v jiných částech křivky ročního chodu než v oblasti maxima. Vždy šlo o místa, kde nastává nějaký výkyv v průběhu časové řady TPRUM. Rozdíl mezi křivkami průměrných ročních chodů spočtenými různými metodami je zřejmě způsoben lepší schopností metody RLWR vystihnout lokální chování časové řady TPRUM.

Rozdíly mezi křivkami na začátku a na konci roku nelze brát při porovnávání metod plně do úvahy. Tyto rozdíly jsou totiž z velké části způsobeny tím, že při výpočtech metodou RLWR v této kapitole nebyla použita funkce *cycling* (viz kap. 4). Proto nelze brát spočtené hodnoty průměrného ročního chodu na začátku a na konci roku za zcela správné (v případě šířky vyhlazovacího okénka $h=15$ jde o prvních a posledních 14 hodnot, v případě $h=30$ o prvních a posledních 29 hodnot).

Na obr. 5.5 je uveden příklad porovnání křivek průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu získaných jednotlivými metodami pro stanici Doksany.



Obr. 5.5: Průměrný roční chod průměrné denní teploty vzduchu za období 1961-2000 na stanici Doksany. Modrá křivka zobrazuje roční chod spočtený metodou MLI, růžová křivka roční chod spočtený metodou RLWR se $h=15$ a červená křivka roční chod spočtený metodou RLWR se $h=30$. Modře je zobrazena řada TPRUM pro období 1961-2000.

Pokud se týká průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozených ze spočtených průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu, je možné vyslovit následující závěry.

Metoda / charakteristická teplota	MLI	RLWR h=15	RLWR h=30	Metoda / charakteristická teplota	MLI	RLWR h=15	RLWR h=30
Semčice				Třeboň			
5 °C	230	230	229	5 °C	215	218	215
10 °C	170	172	172	10 °C	154	158	156
15 °C	104	104	106	15 °C	84	85	84
Doksany				Husinec			
5 °C	229	228	227	5 °C	209	211	210
10 °C	166	168	168	10 °C	148	151	150
15 °C	100	101	102	15 °C	74	73	73

Tab. 5.1: Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu v období 1961-2000 pro stanice Semčice, Doksany, Třeboň a Husinec. Průměrné délky období byly odvozeny metodou MLI a metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15, 30$.

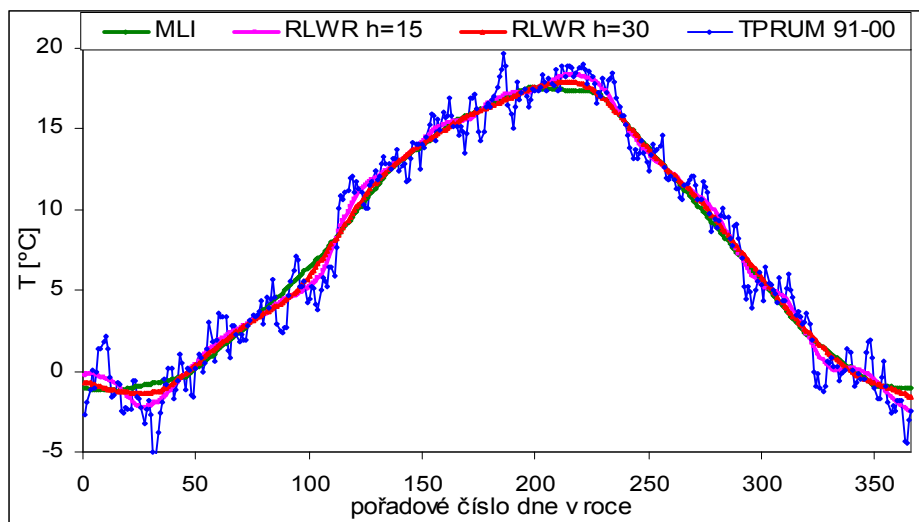
U všech tří stanic se objevila poměrně dobrá shoda mezi délkami období získanými metodou MLI a metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$. Největší rozdíl mezi výsledky těchto dvou metod je 2 dny, pro některé charakteristické teploty vzduchu se

výsledky těchto dvou metod na některých stanicích shodují úplně. Rozdíly mezi délkami období získanými metodou RLWR se $h=15$ a metodou RLWR se $h=30$ jsou o něco větší, největší rozdíl činí 3 dny. Obdobně dopadne i srovnání metody MLI a metody RLWR se $h=15$ (viz tab. 5.1).

Lze tedy konstatovat, že průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozené metodami MLI a RLWR se $h=30$ se shodují pro vybrané stanice poměrně dobře. Odlišnost průměrných délek období odvozených metodou RLWR se $h=15$ je zřejmě způsobena odlišností průměrného chodu vypočítaného touto metodou od průměrných ročních chodů spočtených ostatními metodami. Důvody rozdílů mezi spočtenými křivkami průměrných ročních chodů byly diskutovány výše.

Desetiletá období 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990, 1991-2000

Křivky průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu pro jednotlivá desetiletí spočtené metodami MLI a RLWR se od sebe liší více než pro čtyřicetileté období. Výraznější rozdíly se zde objevují nejen v oblasti maxima ročního chodu, ale i v průběhu celého roku, a činí až $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Největší rozdíly se ale, stejně jako u čtyřicetiletého období, většinou vyskytují v oblasti maxima ročního chodu.



Obr. 5.6: Průměrný roční chod průměrné denní teploty vzduchu za desetiletí 1991-2000 na stanici Husinec. Značení obdobné jako obr. 5.5.

Pro ilustraci uvádíme na obr. 5.6 křivky průměrných ročních chodů pro stanici Husinec. Je jasně vidět, že křivka spočtená metodou RLWR se $h=15$ dokáže nejlépe vystihnout chování řady TPRUM. Křivky spočtené metodou RLWR se $h=30$ a metodou MLI se vzájemně

poměrně dobře shodují, ale nevystihují tak dobře chování řady TPRUM jako křivka spočtená metodou RLWR se $h=15$. Stejný závěr můžeme učinit i pro ostatní stanice a všechna desetiletá období.

Poznatky o průměrných délkách období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozených z výše popsanych průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu v jednotlivých desetiletích 1961-2000 lze shrnout následovně.

Na stanicích Doksany a Třeboň nastala ve většině případů lepší shoda mezi výsledky metod MLI a RLWR $h=30$ než mezi výsledky metod MLI a RLWR se $h=15$. U stanic Husinec a Semčice se ve většině případů buď výsledky metody RLWR se šířkami vyhlazovacího okénka $h=15$ a $h=30$ shodovaly, anebo byl rozdíl mezi výsledky metod MLI a RLWR se $h=15$ menší než rozdíl mezi výsledky metod MLI a RLWR se $h=30$. Největší zjištěný rozdíl mezi průměrnými délkami období spočtenými metodou MLI a metodou RLWR byl 6 dní pro šířku vyhlazovacího okénka $h=30$ a 10 dní pro $h=15$.

Rozdíly mezi průměrnými délkami období odvozenými metodou RLWR se $h=15$ a $h=30$ ve většině případů nečiní více než 5 dní, největší hodnota tohoto rozdílu je 8 dní.

Pro ilustraci uvádíme v tab. 5.2 průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu na stanici Doksany pro čtyři desetiletá období 1961-2000.

Metoda / charakteristická teplota	MLI	RLWR $h=15$	RLWR $h=30$	Metoda / charakteristická teplota	MLI	RLWR $h=15$	RLWR $h=30$
1961-1970				1981-1990			
5 °C	226	226	224	5 °C	231	227	228
10 °C	168	175	170	10 °C	169	169	171
15 °C	95	97	95	15 °C	102	106	104
1971-1980				1991-2000			
5 °C	224	226	225	5 °C	233	232	232
10 °C	156	155	155	10 °C	172	174	173
15 °C	92	98	95	15 °C	111	111	113

Tab. 5.2: Obdobně jako tab. 5.1, ale pro stanici Doksany a čtyři desetiletí 1961-2000.

Shrnutí

Rozdíly mezi průměrnými ročními chody průměrné denní teploty vzduchu spočtenými jednotlivými metodami jsou větší pro desetiletá období než pro období čtyřicetileté. To samé platí i pro průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu z nich odvozené. Toto konstatování se týká zejména rozdílů mezi výsledky metod MLI a RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$.

Pokud se týká výběru velikosti šířky vyhlazovacího okénka h pro výpočty metodou RLWR, došli jsme k závěru, že pro čtyřicetileté (příp. třicetileté) období se zdá lepší použít metodu RLWR se $h=15$, jelikož dokáže lépe vystihnout lokální chování ročního chodu teploty vzduchu. U desetiletých období ale v některých případech došlo ve vzestupné části křivky ročního chodu k zastavení růstu teploty nebo dokonce poklesu teploty pod určitou mez. Pokud ovšem k tomuto jevu nedojde v okolí některé charakteristické teploty, zdá se přínosné aplikovat i pro desetiletá období metodu RLWR s oběma velikostmi šířky vyhlazovacího okénka $h=15$ a $h=30$.

Srovnáním průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu spočtených různými metodami jsme zjistili, že rozdíly mezi nimi ve většině případů nepřesáhly 6 dní. Nadále budeme tedy považovat hodnotu 6 dní za přibližný odhad neurčitosti spojené s užitím dané metody výpočtu.

Kapitola 6

Změny délek období s charakteristickými teplotami vzduchu

6.1 Porovnání průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v období 1961-2000 a v období 1901-1950

Údaje o průměrných délkách období s charakteristickými teplotami vzduchu za padesátileté období 1901-1950 byly převzaty z publikace Podnebí ČSSR (1961).

Průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu za období 1961-2000 byly spočteny metodou lineární interpolace (MLI), a z těchto průměrných ročních chodů pak byly odvozeny průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu.

Metoda MLI byla vybrána z toho důvodu, že výsledky uvedené v Podnebí ČSSR (1961) byly získány podobnou metodou (viz kap. 4).

Z vybraných deseti stanic (viz kap. 3), pro které byly odvozeny průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu za čtyřicetiletí 1961-2000, byly v publikaci Podnebí ČSSR (1961) k dispozici údaje pouze pro sedm stanic. Byly to stanice Husinec, Cheb, Semčice, Tábor, Třeboň, Velké Meziříčí, Žatec. U těchto stanic, s výjimkou stanice Husinec, se v průběhu 20. století změnila jejich nadmořská výška. V tab. 6.1 jsou uvedeny nadmořské výšky těchto stanic podle Podnebí ČSSR (1961) a podle současných údajů Českého hydrometeorologického ústavu.

Název stanice	1901-1950 [01-50]	1961-2000 [61-00]	rozdíl [61-00]-[01-50]
Husinec	536	536	0
Cheb	483	471	-12
Semčice	233	234	1
Tábor	441	437	-4
Třeboň	433	429	-4
Velké Meziříčí	440	452	12
Žatec	255	201	-54

Tab.6.1: Nadmořská výška stanic v období 1901-1950 (Podnebí ČSSR, 1961) a v období 1961-2000 (www.chmi.cz).

Pro stanice Doksany, Kralovice a Kuchařovice údaje v Podnebí ČSSR (1961) o délkách období s charakteristickými teplotami vzduchu uvedeny nejsou. Proto byly v nejbližším okolí

těchto tří stanic nalezeny stanice, pro které potřebné údaje k dispozici byly. Pro stanici Doksany byla vybrána stanice Litoměřice. Pro stanici Kralovice byly vybrány dvě stanice, a to Nepomuk a Žlutice, pro stanici Kuchařovice byla vybrána stanice Rouchovany. Údaje o zeměpisné poloze jmenovaných stanic lze nalézt v tab. 6.2.

Název stanice	Zeměpisná šířka	Zeměpisná délka	Nadmořská výška [m]
Doksany	50°27'	14°10'	158
Litoměřice	50°32'	14°09'	174
Kuchařovice	48°52'	16°05'	334
Rouchovany	49°04'	16°06'	359
Kralovice	49°59'	13°29'	468
Nepomuk	49°29'	13°35'	470
Žlutice	50°06'	13°10'	504

Tab. 6.2: Zeměpisná poloha stanic použitých při porovnání průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v obdobích 1901-1950 a 1961-2000. Tučně jsou zvýrazněny stanice, pro které byly k dispozici údaje z období 1961-2000, pod nimi vždy následují jim blízké stanice, pro které byly k dispozici údaje z období 1901-1950.

Průměrná délka širšího vegetačního období

V předposledním sloupci tab. 6.3 vidíme hodnoty rozdílů průměrných délek širšího vegetačního období za první polovinu 20. století (1901-1950) a za čtyřicetiletí 1961-2000. Pro naprostou většinu stanic jsou tyto rozdíly kladné. To znamená, že průměrná délka širšího vegetačního období zjištěná pro čtyřicetiletí 1961-2000 je větší než průměrná délka v první polovině 20. století. Jedinou výjimkou je stanice Třeboň, kde došlo ke zkrácení širšího vegetačního období. Toto zkrácení činí ale jen 2 dny, což je v rámci neurčitosti spojené s metodou výpočtu (viz kap. 5.2).

Ze sedmi stanic, pro které byly k dispozici údaje v Podnebí ČSSR (1961), došlo k největšímu prodloužení širšího vegetačního období na stanicích Semčice a Žatec. Změna zde činí asi 3 % průměru za čtyřicetiletí 1961-2000 (tj. 6-7 dní). Prodloužení větší než 2 % byla zjištěna i na stanicích Tábor, Cheb a Velké Meziříčí.

Průměrná délka širšího vegetačního období na stanici Doksany (1961-2000) je pouze o 2 dny větší než na stanici Litoměřice (1901-1950), tedy rozdíl je menší než 1 %. Průměrná délka širšího vegetačního období uvedená v Podnebí ČSSR (1961) pro stanici Rouchovany se liší o více než 4 % (10 dní) od průměrné délky spočtené pro stanici Kuchařovice (1961-2000). Průměrné délky širšího vegetačního období uvedené v Podnebí ČSSR (1961) pro stanice

Nepomuk a Žlutice (1901-1950) jsou o více než 3 % větší než průměrná délka širšího vegetačního období spočtená pro stanici Kralovice (1961-2000).

Název stanice	1901-1950 [01-50]			1961-2000 [61-00]			rozdíl [61-00]-[01-50]	[rozdíl] / [61-00] [%]
	Datum nástupu	Datum konce	Délka [počet dní]	Datum nástupu	Datum konce	Délka [počet dní]		
Žatec	23.3.	3.11.	226	21.3.	7.11.	232	6	2,59
Semčice	26.3.	4.11.	224	22.3.	7.11.	231	7	3,03
Třeboň	29.3.	1.11.	218	30.3.	31.1.	216	-2	-0,93
Tábor	2.4.	29.10.	211	30.3.	31.10.	216	5	2,31
Velké Meziříčí	5.4.	28.10.	207	1.4.	29.10.	212	5	2,36
Cheb	5.4.	28.10.	207	1.4.	30.10.	213	6	2,82
Husinec	3.4.	27.10.	208	3.4.	29.10.	210	2	0,95
Doksany				22.3.	6.11.	230		
Litoměřice	23.3.	5.11.	228				2	0,87
Kuchařovice				24.3.	5.11.	227		
Rouchovany	31.3.	2.11.	217				10	4,41
Kralovice				30.3.	31.10.	216		
Nepomuk	3.4.	28.10.	209				7	3,24
Žlutice	4.4.	29.10.	209				7	3,24

Tab. 6.3: Průměrná data nástupu, konce a délky širšího vegetačního období. Údaje pro období 1901-1950 byly převzaty z Podnebí ČSSR (1961). Údaje pro období 1961-2000 byly spočteny metodou MLI. V posledním sloupci jsou uvedeny hodnoty rozdílů průměrných délek v obdobích 1901-1950 a 1961-2000 v procentech průměrné délky za čtyřicetiletí 1961-2000.

Průměrná délka užšího vegetačního období

V tab. 6.4 vidíme hodnoty rozdílů mezi průměrnými délkami užšího vegetačního období v první polovině 20. století a v čtyřicetiletí 1961-2000. Rozdíly jsou pro většinu stanic kladné, tedy i v případě užšího vegetačního období došlo u většiny stanic k prodloužení. Výjimkou jsou stanice Třeboň a Litoměřice (Doksany). U stanice Třeboň došlo ke zkrácení užšího vegetačního období o 2 dny, stejně jako v případě širšího vegetačního období (viz výše). Průměrná délka užšího vegetačního období na stanici Litoměřice (1901-1950) je stejná jako na stanici Doksany (1961-2000).

Ze sedmi stanic, pro které byly k dispozici údaje v Podnebí ČSSR (1961), došlo k největšímu prodloužení užšího vegetačního období na stanicích Semčice a Cheb, a to o více než 3 % průměru za čtyřicetiletí 1961-2000. Následují stanice Tábor a Žatec se změnou větší než 2 %.

Průměrná délka užšího vegetačního období na stanici Kuchařovice (1961-2000) je v porovnání se stanicí Rouchovany (1901-1950) delší o 6,47 % průměrné délky na stanici

Kuchařovice. Rozdíly mezi stanicemi Nepomuk a Žlutice (1901-1950), a stanicí Kralovice (1961-2000) činí přibližně 5 % průměru na stanici Kralovice.

Název stanice	1901-1950 [01-50]			1961-2000 [61-00]			rozdíl [61-00]-[01-50]	[rozdíl] / [61-00] [%]
	Datum nástupu	Datum konce	Délka [počet dní]	Datum nástupu	Datum konce	Délka [počet dní]		
Žatec	24.4.	6.10.	166	21.4.	7.10.	170	4	2,35
Semčice	26.4.	7.10.	165	22.4.	9.10.	171	6	3,51
Třeboň	29.4.	2.10.	157	30.4.	1.10.	155	-2	-1,29
Tábor	2.5.	30.9.	152	30.4.	2.10.	156	4	2,56
Velké Meziříčí	3.5.	28.9.	149	1.5.	29.9.	152	3	1,97
Cheb	6.5.	27.9.	145	4.5.	30.9.	150	5	3,33
Husinec	4.5.	27.9.	147	4.5.	29.9.	149	2	1,34
Doksany				23.4.	6.10.	167		
Litoměřice	23.9.	7.10.	167				0	0,00
Kuchařovice				23.4.	9.10.	170		
Rouchovany	30.4.	5.10.	159				11	6,47
Kralovice				30.4.	2.10.	156		
Nepomuk	4.5.	28.9.	148				8	5,13
Žlutice	4.5.	29.9.	149				7	4,49

Tab. 6.4: Jako tab. 6.3, ale pro **užší vegetační období**.

Průměrná délka letního období

V tab. 6.5 vidíme hodnoty rozdílů mezi průměrnými délkami letního období v první polovině 20. století (1901-1950) a v čtyřicetiletí 1961-2000. Rozdíly jsou opět pro většinu stanic kladné, tedy i v případě letního období došlo u většiny stanic k prodloužení jeho průměrné délky. Výjimkou jsou opět stanice Třeboň a Litoměřice (Doksany). U stanice Třeboň došlo ke zkrácení průměrné délky letního období o 2 dny. Průměrná délka léta na stanici Litoměřice (1901-1950) byla o 1 den kratší než na stanici Doksany (1961-2000).

Ze sedmi stanic, pro které byly k dispozici údaje v Podnebí ČSSR (1961), došlo k největšímu prodloužení letního období na stanici Cheb, a to o 18 % průměru za čtyřicetiletí 1961-2000 (tj. 13 dní). Následují stanice Velké Meziříčí, Tábor a Husinec s prodloužením o více než 10 % (8-10 dní). Je tedy zřejmé, že průměrná délka letního období se změnila v průběhu 20. století více než průměrná délka širšího a užšího vegetačního období.

Průměrná délka léta na stanici Kuchařovice (1961-2000) je o téměř 9 % (9 dní) delší než na stanici Rouchovany (1901-1950). Průměrná délka na stanici Kralovice (1961-2000) je o téměř 18 % (15 dní) delší než na stanicích Nepomuk a Žlutice (1901-1950).

Název stanice	1901-1950			1961-2000			rozdíl [61-00]- [01-50]	[rozdíl] / [61-00] [%]
	Datum nástupu	Datum konce	Délka [počet dní]	Datum nástupu	Datum konce	Délka [počet dní]		
Žatec	28.5.	7.9.	103	24.5.	8.9.	108	5	4,63
Semčice	2.6.	5.9.	96	26.5.	7.9.	105	9	8,57
Třeboň	5.6.	30.8.	87	6.6.	29.8.	85	-2	-2,35
Tábor	11.6.	25.8.	76	6.6.	29.8.	85	9	10,59
Velké Meziříčí	13.6.	22.8.	71	7.6.	26.8.	81	10	12,35
Cheb	22.6.	19.8.	59	14.6.	24.8.	72	13	18,06
Husinec	16.6.	21.8.	67	12.6.	25.8.	75	8	10,67
Doksany				28.5.	5.9.	101		
Litoměřice	28.5.	6.9.	102				-1	-0,99
Kuchařovice				29.5.	9.9.	104		
Rouchovary	3.6.	5.9.	95				9	8,65
Kralovice				8.6.	30.8.	84		
Nepomuk	16.6.	23.8.	69				15	17,86
Žlutice	15.6.	22.8.	69				15	17,86

Tab. 6.5: Jako tab. 6.3, ale pro *letní období*.

Možné příčiny nalezených rozdílů průměrných délek období

Poloha většiny vybraných stanic se během 20. století změnila. Pokusíme se zjistit, zda změna polohy stanic může vysvětlit alespoň část zjištěných rozdílů průměrných délek období v první polovině 20. století a v čtyřicetiletí 1961-2000.

Závislosti dat nástupu, konce a průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu na zeměpisné šířce, zeměpisné délce a nadmořské výšce byly převzaty z Květoňová (2000). Tyto závislosti byly odvozeny pro 30 stanic na území České republiky pro normálové období 1961-1990. Květoňová (2000) uvádí následující závěry:

- Zeměpisná délka se neuplatňuje na pětiprocentní hladině významnosti pro žádnou z charakteristických teplot vzduchu 5 °C, 10 °C, 15 °C.
- Zeměpisná šířka se uplatňuje na pětiprocentní hladině významnosti u průměrné délky širšího vegetačního období, a to tak, že na každý šířkový stupeň směrem na sever dojde ke zkrácení o 2,51 dne.
- Nadmořská výška se uplatňuje u všech tří zkoumaných období vysoce významně. Širší a užší vegetační období se zkracují o 7-8,5 dne na každých 100 metrů výšky. Letní období se zkracuje o více než 12 dní na 100 metrů výšky.

Nadmořská výška stanic Husinec, Cheb, Semčice, Tábor, Třeboň a Velké Meziříčí se během 20. století změnila jen velmi málo (posun o 0-12 metrů) a zeměpisná šířka a délka se

nezměnily vůbec. Zjištěné změny průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu tedy u těchto šesti stanic nelze vysvětlit pomocí závislostí na zeměpisné poloze.

Nadmořská výška stanice Žatec se změnila o 54 metrů. To podle Květoňové (2000) odpovídá změně průměrné délky širšího vegetačního období o 4 dny, ve skutečnosti došlo ke změně o 6 dní. Průměrná délka užšího vegetačního období se na stanici Žatec prodloužila o 4 dny, což odpovídá odhadu změny v závislosti na nadmořské výšce. Letní období se prodloužilo o 5 dní, což opět docela dobře odpovídá odhadované změně délky období v důsledku změny nadmořské výšky (asi 6 dní). Pro stanici Žatec lze tedy změny průměrných délek užšího vegetačního období a léta docela dobře vysvětlit pomocí změny nadmořské výšky stanice.

Nadmořské výšky stanic Litoměřice a Doksany se liší o 16 m, což vysvětluje podle Květoňové (2000) rozdíl 1 den v průměrné délce širšího a užšího vegetačního období, a rozdíl necelé 2 dny v průměrné délce letního období. Ve všech případech by měla být období s charakteristickými teplotami vzduchu delší na stanici Doksany (1961) než na stanici Litoměřice (1901-1950). To ale ve skutečnosti platí pouze pro širší vegetační období. Rozdíly průměrných délek období na stanicích Litoměřice (1901-1950) a Doksany (1961-2000) nelze tedy pomocí rozdílu nadmořské výšky těchto dvou stanic uspokojivě vysvětlit.

Stanice Rouchovany leží o 25 metrů výš než stanice Kuchařovice. To sice koresponduje s větší průměrnou délkou všech tří zkoumaných období s charakteristickými teplotami vzduchu na stanici Kuchařovice (1961-2000) než na stanici Rouchovany (1901-1950), ale ani zdaleka nevysvětluje velikost rozdílu průměrných délek období na těchto stanicích (9-11 dní).

Nadmořské výšky stanic Nepomuk a Kralovice se liší jen o 2 metry. Tímto rozdílem nelze vůbec vysvětlit poměrně velké rozdíly v průměrných délkách období s charakteristickými teplotami vzduchu (7-15 dní) na těchto stanicích.

Rozdíl v nadmořských výškách stanic Žlutice a Kralovice činí 36 metrů, což podle Květoňové (2000) odpovídá změně průměrné délky širšího a užšího vegetačního období o necelé 3 dny. Zjištěný rozdíl průměrných délek širšího a užšího vegetačního období na stanicích Žlutice (1901-1950) a Kralovice (1961-2000) ale činí 7 dní. Rozdíl v nadmořských výškách odpovídá prodloužení letního období na stanici Kralovice (1961-2000) oproti stanici Žlutice (1901-1950) o přibližně 4,6 dne. Zjištěný rozdíl však činí 15 dní. Pomocí rozdílu nadmořských výšek stanic Žlutice a Kralovice se nám tedy podařilo jen částečně vysvětlit rozdíly průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu na těchto stanicích.

Při porovnání zeměpisných šířek stanic Kralovice a Nepomuk zjistíme, že jejich rozdíl může vysvětlit rozdíl průměrných délek širšího vegetačního období na těchto stanicích 1 den.

Zjištěný rozdíl je ale 7 dní. U ostatních stanic nelze o změně průměrné délky širšího vegetačního období v důsledku různé zeměpisné šířky mluvit vůbec.

Lze tedy říci, že na základě závislostí průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu na zeměpisných souřadnicích a nadmořské výšce stanic uvedených v Květoňová (2000) lze vysvětlit jen malou část rozdílů průměrných délek období v první a druhé polovině 20. století a v čtyřicetiletí 1961-2000. Je nutné zdůraznit, že citované závislosti byly zjištěny pro období 1961-1990. V průběhu 20. století mohlo dojít k jejich změně.

Další možnou příčinou rozdílů v průměrné délce trvání charakteristických teplot vzduchu ve dvou porovnávaných obdobích by mohla být například změna metodiky měření, doplňování chybějících údajů, opravy naměřených teplotních řad apod.

Část neurčitosti je jistě způsobená užitím konkrétní metody výpočtu průměrných délek období.

Uvedené příčiny ale nedokáží nalezené rozdíly vysvětlit úplně, čili lze říci, že na většině stanic došlo v průběhu 20. století k prodloužení průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu.

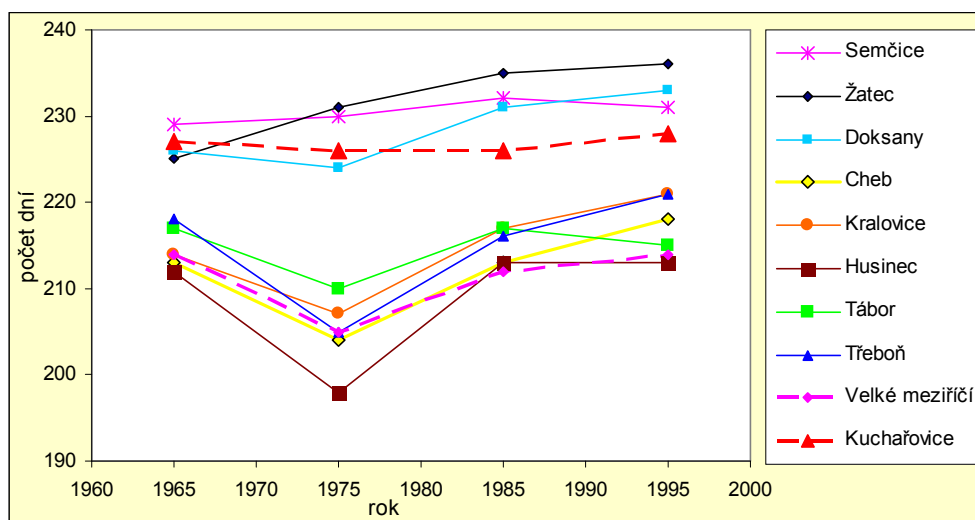
6.2 Změna průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu v průběhu let 1961-2000

Průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu ve čtyřech desetiletích 1961-1970 (I. desetiletí), 1971-1980 (II. desetiletí), 1981-1990 (III. desetiletí), 1991-2000 (IV. desetiletí) pro deset stanic na území ČR byly spočteny třemi metodami; metodou lineární interpolace (MLI), metodou robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$ (RLWR se $h=30$) a metodou robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$ (RLWR se $h=15$). Ze spočtených průměrných ročních chodů byly odvozeny průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu 5 °C, 10 °C, 15 °C.

Opět se potvrdilo, že metoda RLWR se $h=15$ dokáže nejlépe ze tří uvedených postupů vystihnout charakter ročního chodu teploty vzduchu s jeho singularitami (viz kap. 5). U některých stanic došlo ve vzestupné části křivky průměrného ročního chodu spočtené metodou RLWR se $h=15$ k zastavení růstu teploty nebo jejímu poklesu pod určitou mez. Je ale důležité, že se tento jev nevyskytl v okolí žádné ze zkoumaných charakteristických teplot, a nenarušil tak výpočet průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu.

V následujících odstavcích je popsán vývoj průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu během čtyř desetiletí 1961-2000 na základě výsledků výše uvedených

výpočtů. Pro možnost snazšího porovnání výsledků byly spočteny odchylky desetiletých průměrů délek období s charakteristickými teplotami vzduchu od jejich čtyřicetiletých průměrů za období 1961-2000 spočtených vždy stejnou metodou.



Obr. 6.1: Desetileté průměry délky širšího vegetačního období spočtené metodou MLI. Průměrné délky jsou vyneseny k prostřednímu roku desetiletí a spojeny lomenou čarou.

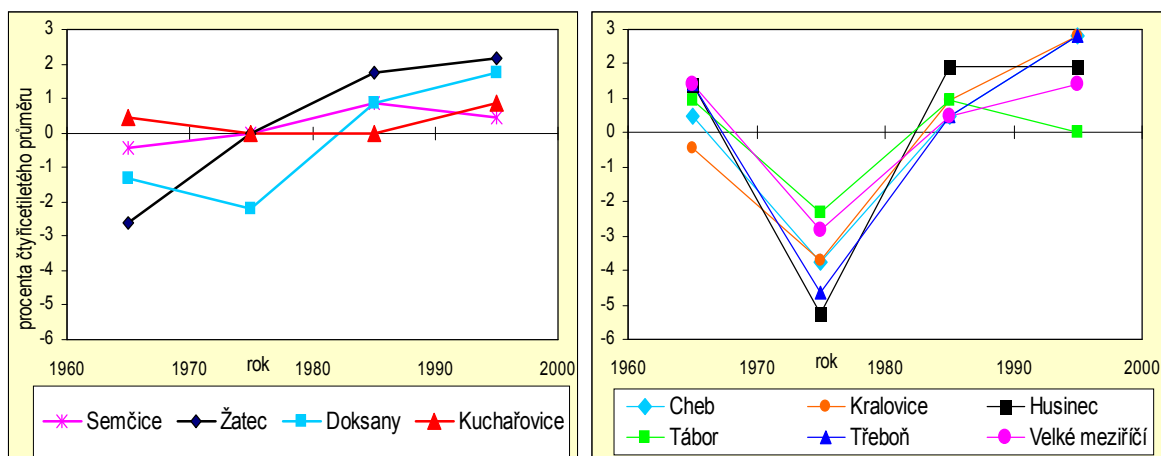
Desetileté průměry délky širšího vegetačního období

Na obr. 6.1 jsou znázorněny průměrné délky širšího vegetačního období v jednotlivých desetiletích spočtené metodou MLI. Vidíme, že průměrné délky na stanicích Semčice, Žatec, Doksany a Kuchařovice mají obdobný časový vývoj a nabývají blízkých hodnot. Nadmořská výška těchto čtyř stanic je menší než 400 m. Ostatních šest stanic, které všechny leží v nadmořské výšce nad 400 m, mají též vzájemně podobný vývoj a blízké hodnoty desetiletých průměrů délek širšího vegetačního období. Výsledky metody RLWR s oběma velikostmi šířky vyhlazovacího okénka $h=15, 30$ jsou v tomto ohledu zcela obdobné, též se stanice rozdělily do dvou skupin podle nadmořské výšky. Proto budeme popisovat vývoj desetiletých průměrů délek širšího vegetačního období zvlášť pro stanice s nadmořskou výškou pod 400 m (dále také jako níže položené stanice), a stanice s nadmořskou výškou nad 400 m (dále také jako výše položené stanice).

Výsledky metody lineární interpolace

Vývoj průměrných délek širšího vegetačního období na stanicích Semčice a Kuchařovice se dá popsat jako nevýrazný, změny z desetiletí na desetiletí jsou dost malé, a odchylky od čtyřicetiletého průměru do 1 % čtyřicetiletého průměru (viz obr. 6.2 vlevo). Na stanicích

Doksany a Žatec nabývají odchylky hodnot do 2,5 % a průměrná délka širšího vegetačního období se na těchto stanicích postupně prodlužuje.



Obr. 6.2: Odchylky desetiletých průměrů délky širšího vegetačního období od čtyřicetiletého průměru za období 1961-2000 v procentech čtyřicetiletého průměru. V levé části jsou stanice s nadmořskou výškou pod 400 m, v pravé části stanice s nadmořskou výškou nad 400 m.

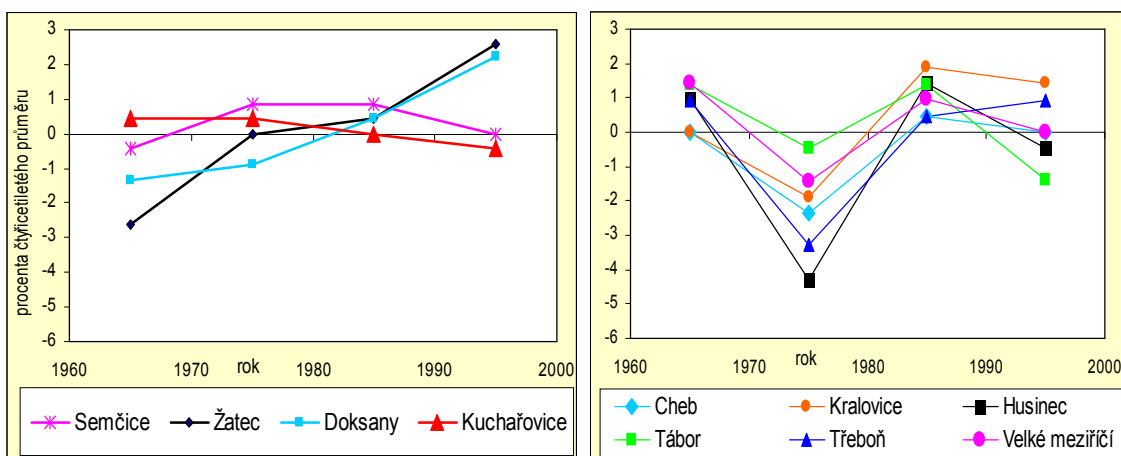
Průměrné délky byly spočteny metodou MLI.

Na výše položených stanicích pozorujeme větší odchylky průměrných délek širšího vegetačního období od jejich čtyřicetiletého průměru než na níže položených stanicích, a to hlavně v druhém desetiletí, kdy odchylky nabývají hodnot od -2 % do -6 % (viz obr. 6.2 vpravo). Na všech šesti stanicích tedy pozorujeme pokles průměrné délky širšího vegetačního období v druhém desetiletí. V dalších dvou desetiletích se průměrné délky postupně prodlužovaly. Výjimkou je stanice Tábor, kde ve čtvrtém desetiletí došlo k mírnému poklesu průměrné délky širšího vegetačního období, ale pouze o 1 % (tj. 2 dny), což je v rámci neurčitosti metody výpočtu. Výraznější změna průměrné délky mezi prvním a čtvrtým desetiletím se objevila pouze na stanicích Cheb a Kralovice, kde se širší vegetační prodloužilo o 2 % (5 dní) a 3 % (7 dní). Na obr. 6.2 (vpravo) dále vidíme, že rozdíly mezi hodnotami průměrných délek na jednotlivých výše položených stanicích nebyly ve všech desetiletích stejné. Ve druhém a čtvrtém desetiletí byly tyto rozdíly větší než v prvním a třetím desetiletí.

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$

Změny průměrných délek širšího vegetačního období na stanicích Semčice a Kuchařovice jsou opět nevýrazné, odchylky od čtyřicetiletého průměru jsou menší než 1 % (viz obr. 6.3 vlevo). Na stanicích Doksany a Žatec pozorujeme změny výraznější, a stejně jako u výsledků

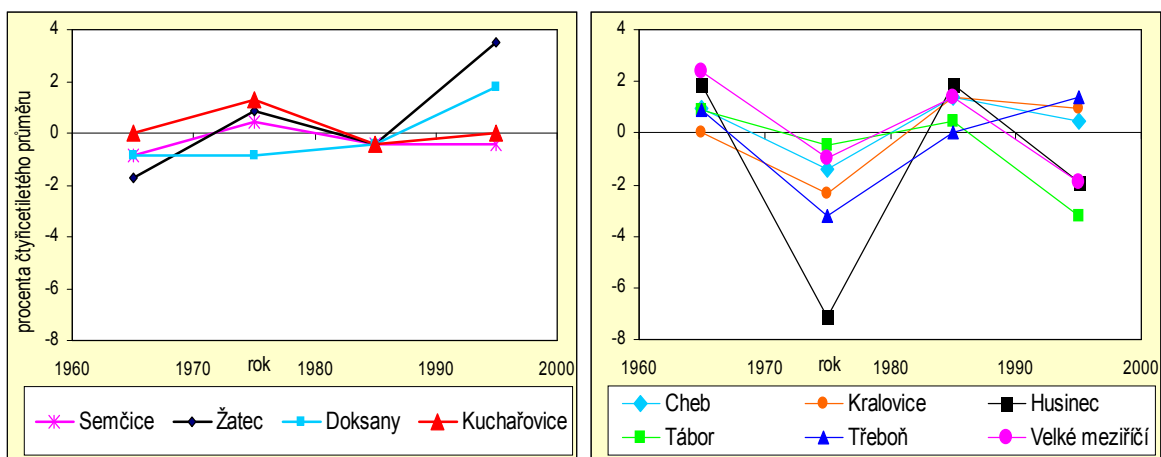
metody MLI docházelo i podle metody RLWR se $h=30$ na těchto dvou stanicích k postupnému prodlužování průměrné délky širšího vegetačního období.



Obr. 6.3: Jako obr. 6.2, ale průměrné délky širšího vegetačního období byly spočteny metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$.

Na obr. 6.3 (vpravo) vidíme, že podobně jako u výsledků metody MLI došlo na výše položených stanicích ke zkrácení průměrné délky širšího vegetačního období ve druhém desetiletí. Rozdíl mezi prvním a druhým desetiletím je ale podle výsledků metody RLWR se $h=30$ menší než podle výsledků metody MLI. Dále, na 5 ze 6 výše položených stanic pozorujeme zkrácení průměrné délky širšího vegetačního období ve čtvrtém desetiletí oproti třetímu. Toto je neočekávaný výsledek. Podle různých charakteristik bylo desetiletí 1991-2000 teplejší než předešlá desetiletí (viz např. Kalvová a kol., 2001). Proto je logické v tomto desetiletí očekávat prodloužení průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. Jak ale již bylo řečeno, podle výsledků metody RLWR se $h=30$ se průměrná délka širšího vegetačního období zkrátila. Zkrácení na stanicích Cheb, Velké Meziříčí a Kralovice je menší než 1 % čtyřicetiletého průměru, tj. méně než 2 dny. Na stanicích Tábor a Husinec toto zkrácení činí 6 a 4 dny. Na stanici Tábor se zkrácení objevilo i podle výsledků metody MLI. Zajímavý je také fakt, že na třech stanicích (Husinec, Tábor, Velké Meziříčí) bylo širší vegetační období ve čtvrtém desetiletí kratší než v prvním, a na stanici Cheb nabylo v prvním a čtvrtém desetiletí stejnou délku, rovnou čtyřicetiletému průměru.

Podobně jako u metody MLI vidíme, že rozdíly mezi hodnotami průměrných délek na jednotlivých výše položených stanicích byly ve druhém a čtvrtém desetiletí větší než v prvním a třetím desetiletí (viz obr. 6.3, vpravo).



Obr. 6.4: Jako obr. 6.2, ale průměrné délky širšího vegetačního období byly spočteny metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$.

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$

S výjimkou stanice Doksany došlo na níže položených stanicích k prodloužení širšího vegetačního období ve druhém desetiletí, ale ve třetím desetiletí se pak širší vegetační období zkrátilo (viz obr. 6.4 vlevo). U stanice Doksany pozorujeme postupné prodlužování širšího vegetačního období. Odchytky od čtyřicetiletého průměru na stanicích Semčice a Kuchařovice jsou opět poměrně malé (do 2 %).

U většiny výše položených stanic nastal zcela obdobný vývoj průměrných délek širšího vegetačního období jako u výsledků metody RLWR se $h=30$ (viz obr. 6.4 vpravo). Největší odchytky desetiletých průměrů od čtyřicetiletého průměru pozorujeme na stanici Husinec (téměř -8 % ve druhém desetiletí). S výjimkou stanice Třeboň došlo ve čtvrtém desetiletí ke zkrácení průměrné délky širšího vegetačního období oproti třetímu desetiletí. Tento jev se objevil i u výsledků metody RLWR se $h=30$. Jak již bylo konstatováno výše, zkrácení průměrné délky období v posledním desetiletí je neočekávané. U stanic Cheb a Kralovice je opět zkrácení menší než 1 %, ale u stanic Velké Meziříčí, Husinec a Tábor pozorujeme zkrácení o více než 3 %, přesněji o 8 dní.

Rozdíly mezi průměrnými délkami na jednotlivých stanicích jsou opět větší ve druhém a čtvrtém desetiletí než v prvním a třetím desetiletí.

Shrnutí poznatků o změnách průměrných délek širšího vegetačního období

Vývoj průměrných délek širšího vegetačního období na stanicích Semčice a Kuchařovice je podle výsledků všech tří použitých metod dosti nevýrazný. Na stanicích Doksany a Žatec pozorujeme o něco větší změny z desetiletí na desetiletí. Průměrné délky širšího vegetačního

období se na těchto dvou stanicích během čtyřicetiletí 1961-2000 podle výsledků všech tří metod prodloužily. Změna průměrných délek mezi prvním a čtvrtým desetiletím činí 5-8 dní na stanici Doksany a 10-13 dní na stanici Žatec.

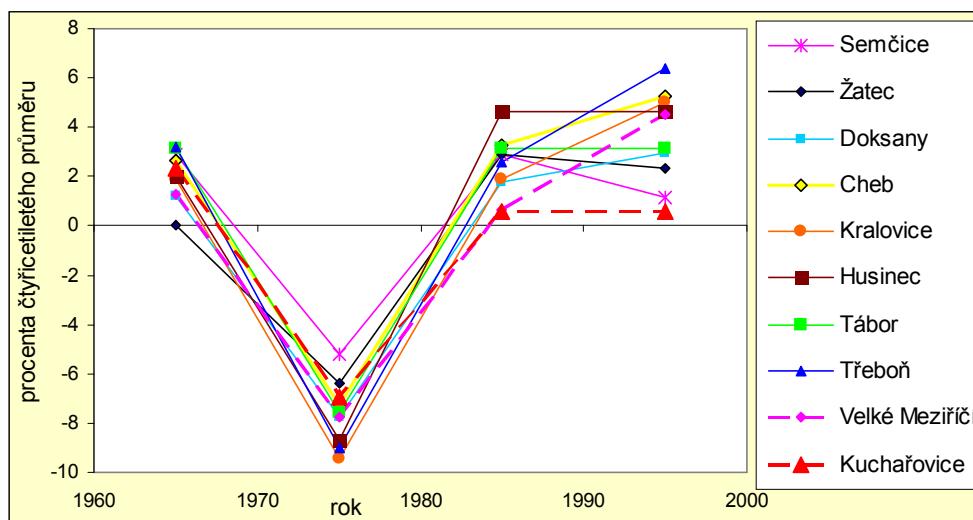
U stanic s nadmořskou výškou větší než 400 m si lze všimnout dvou výrazných rysů. Za prvé došlo podle výsledků všech tří metod ve druhém desetiletí ke zkrácení širšího vegetačního období. Všechny metody se také shodují v tom, že k největšímu poklesu došlo na stanicích Husinec (11-19 dní) a Třeboň (9-13 dní), následují stanice Cheb (5-9 dní) a Kralovice (4-7 dní). Tyto změny již lze považovat za významné, a to hlavně s ohledem na shodu výsledků všech použitých metod a velikost změn. Za druhé, rozdíly mezi hodnotami desetiletých průměrů délky širšího vegetačního období na jednotlivých stanicích jsou v druhém a čtvrtém desetiletí větší než v prvním a třetím desetiletí. Dále, výsledky metod RLWR se $h=30$ a RLWR se $h=15$ se shodují v tom, že průměrná délka širšího vegetačního období na pěti ze šesti výše položených stanic poklesla ve čtvrtém desetiletí oproti desetiletí třetímu. Velikost tohoto poklesu se pohybuje mezi 1 a 6 dny podle metody RLWR se $h=30$ a mezi 1 a 8 dny podle RLWR se $h=15$. Na stanicích Kralovice, Cheb a Velké Meziříčí je tento pokles poměrně nevýrazný (1-2 dny), na stanicích Husinec a Tábor je ale výraznější (5-8 dní). Hodnoty průměrných délek širšího vegetačního období v prvním a třetím desetiletí jsou na většině stanic velice podobné. Pokud se tedy týká celkové změny průměrné délky mezi prvním a čtvrtým desetiletím, platí podobné závěry jako o změně mezi třetím a čtvrtým desetiletím. K největšímu poklesu mezi prvním a čtvrtým desetiletím došlo podle výsledků všech tří metod na stanicích Tábor a Velké Meziříčí (5-8 dní).

Desetileté průměry délky užšího vegetačního období

V případě užšího vegetačního období nenastal odlišný vývoj průměrných délek na stanicích výše a níže položených. To platí pro výsledky všech tří použitých metod.

Výsledky metody lineární interpolace

Na všech deseti stanicích pozorujeme pokles průměrné délky užšího vegetačního období v druhém desetiletí. Velikost tohoto poklesu se na jednotlivých stanicích pohybuje od 4 % (Žatec) do 9 % (Kuchařovice). Na všech stanicích s výjimkou stanice Kuchařovice má průměrná délka ve třetím desetiletí vyšší hodnotu než v prvním desetiletí. Průměrná délka užšího vegetačního období se mezi třetím a čtvrtým desetiletím na třech stanicích vůbec nezměnila (Žatec, Velké Meziříčí, Kuchařovice), na třech stanicích ve čtvrtém desetiletí poklesla o 1,5 – 2,5 % (Semčice, Husinec, Tábor) a na čtyřech stanicích vzrostla o 0,5 – 2 % (Doksany, Cheb, Kralovice, Třeboň).



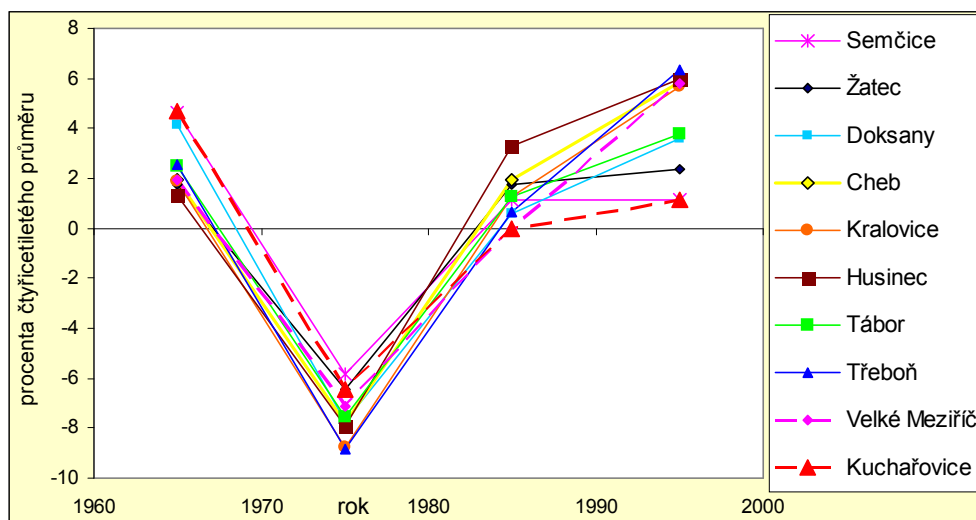
Obr. 6.5: Odchylky desetiletých průměrů délky **užšího vegetačního období** od čtyřicetiletého průměru za období 1961-2000 v procentech čtyřicetiletého průměru. Průměrné délky byly spočteny metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$.

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$

Stejně jako u výsledků metody MLI pozorujeme na všech stanicích pokles průměrných délek užšího vegetačního období ve druhém desetiletí (viz obr. 6.5). Tento pokles je podle výsledků metody RLWR se $h=30$ výraznější než podle metody MLI. Rozdíly mezi průměrnou délkou v prvním a druhém desetiletí se na jednotlivých stanicích pohybují od 6 % (Žatec) do 12 % (Třeboň). Změna průměrné délky užšího vegetačního období mezi třetím a čtvrtým desetiletím je na jednotlivých stanicích různá. Na pěti stanicích nastalo prodloužení, jehož velikost se pohybuje mezi 1,5 % (Doksany) a 4 % (Třeboň, Velké Meziříčí). Na třech stanicích se průměrná délka užšího vegetačního období ve čtvrtém desetiletí nezměnila a na dvou stanicích došlo k nevýraznému zkrácení (Semčice 1,6 %, Žatec 0,6 %).

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$

Tato metoda dává podobné výsledky jako metody RLWR se $h=30$ a MLI. Opět nastává pokles průměrné délky užšího vegetačního období v druhém desetiletí (viz obr. 6.6). Tento pokles je ještě o něco výraznější než u metody RLWR se $h=30$, na žádné z deseti stanic není menší než 7 % čtyřicetiletého průměru (asi 11 dní). Pro 9 z 10 stanic pozorujeme prodloužení průměrné délky užšího vegetačního období ve čtvrtém desetiletí oproti třetímu, pouze na stanici Semčice se průměrná délka nemění. Na stanicích Žatec a Kuchařovice je prodloužení mezi třetím a čtvrtým desetiletím menší než 1,5 %, u ostatních přesahuje 2,5 %. Největších hodnot nabývá na stanicích Třeboň a Velké Meziříčí (5,5 %, tj. asi 8 dní).



Obr. 6.6: Jako obr. 6.5, ale průměrné délky **užšího vegetačního období** byly spočteny metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$.

Shrnutí poznatků o změnách průměrných délek užšího vegetačního období

Podle výsledků všech tří použitých metod došlo na všech deseti stanicích k poklesu průměrné délky užšího vegetačního období ve druhém desetiletí. Velikost tohoto poklesu nebyla na žádné stanici menší než 6 dní, u většiny naopak překročila hodnotu 8 dní.

Změny průměrné délky užšího vegetačního období mezi třetím a čtvrtým desetiletím se liší podle stanice i použité metody. U většiny stanic ale nastalo ve čtvrtém desetiletí prodloužení užšího vegetačního období, nejvýraznější je toto prodloužení podle metody RLWR se $h=15$ (až 6 dní na stanici Třeboň). Výraznější zkrácení se objevilo pouze u výsledků metody MLI na stanicích Husinec a Tábor, a to zkrácení o 4 dny.

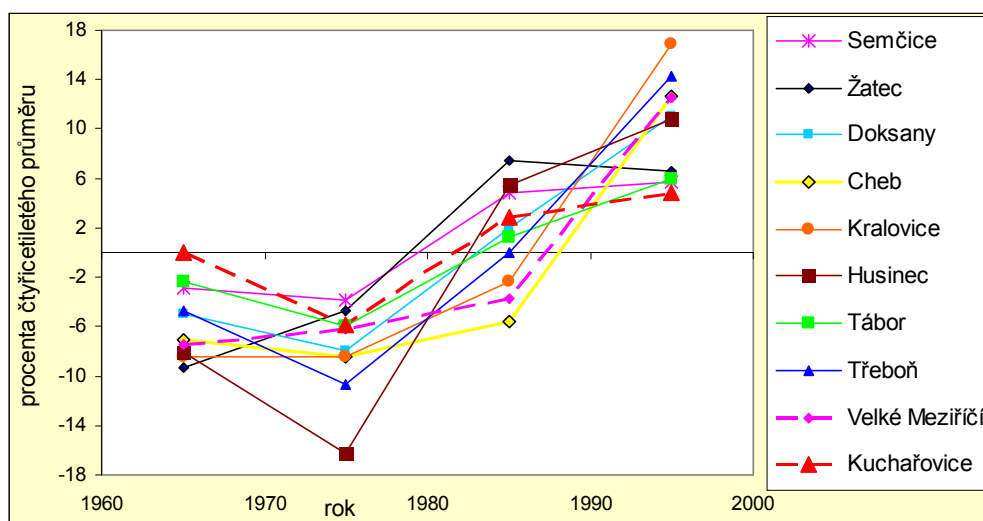
Podobně jako u širšího vegetačního období nepozorujeme výraznější nárůst průměrné délky užšího vegetačního období mezi prvním a čtvrtým desetiletím. Na některých stanicích naopak dochází k mírnému poklesu průměrné délky ve čtvrtém desetiletí oproti prvnímu desetiletí (např. stanice Kuchařovice, Velké Meziříčí).

Desetileté průměry délky letního období

Vývoj desetiletých průměrů délky letního období spočtených metodou RLWR se $h=15$ na stanicích s nadmořskou výškou vyšší než 400 m je trochu odlišný než na stanicích v nižších polohách (podobně jako u širšího vegetačního období). U dalších dvou metod je ale chování desetiletých průměrů délky letního období u všech stanic navzájem podobné, proto při popisování výsledků metod MLI a RLWR se $h=30$ nebudeme rozlišovat stanice podle nadmořské výšky.

Výsledky metody lineární interpolace

Průměrné délky letního období jsou v prvním a druhém desetiletí na všech deseti stanicích pod svým čtyřicetiletým průměrem (viz obr. 6.7). Na osmi z deseti stanic došlo v druhém desetiletí ke zkrácení průměrné délky oproti prvnímu desetiletí, velikost zkrácení se pohybuje mezi 0,5 % (Semčice) a 8 % (Husinec). Ve třetím a čtvrtém desetiletí pak docházelo na všech stanicích k postupnému prodlužování letního období. Ve čtvrtém desetiletí jsou pak odchylky od čtyřicetiletého průměru kladné na všech stanicích, s hodnotami mezi 4,8 % (Kuchařovice) a 16,8 % (Kralovice). Celkově tedy došlo na všech deseti stanicích k prodloužení letního období mezi prvním a čtvrtým desetiletím. Toto prodloužení bylo největší na stanici Kralovice, kde činilo 24 % čtyřicetiletého průměru (21 dní), nejmenší pak na stanici Kuchařovice, a to 4,8 % (5 dní).

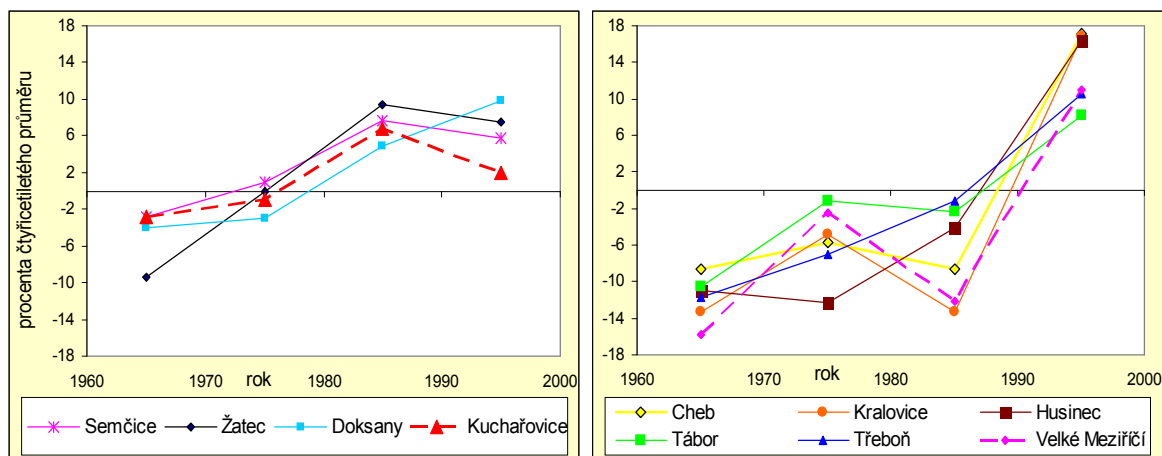


Obr. 6.7: Odchylky desetiletých průměrů délky **letního období** od čtyřicetiletého průměru za období 1961-2000 v procentech čtyřicetiletého průměru. Průměrné délky byly spočteny metodou lineární interpolace (MLI).

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$

Změny průměrných délek letního období mezi prvním a druhým desetiletím jsou na jednotlivých stanicích různě výrazné a mají různé znaménko. Na šesti z deseti stanic došlo k prodloužení letního období. Na dvou stanicích (Kuchařovice, Doksany) se průměrná délka léta nezměnila, a na dvou stanicích (Třeboň, Husinec) došlo k jejímu zkrácení. S výjimkou stanice Cheb jsou průměrné délky letního období v prvním a druhém desetiletí pod svým čtyřicetiletým průměrem. Ve třetím a čtvrtém desetiletí docházelo na většině stanic k postupnému prodlužování letního období. Ve čtvrtém desetiletí pak u všech stanic nastalo

prodloužení průměrné délky léta oproti třetímu desetiletí, na čtyřech stanicích o více než 15 % čtyřicetiletého průměru. Celkově tedy, stejně jako podle výsledků metody MLI, došlo na všech deseti stanicích k prodloužení letního období mezi prvním a čtvrtým desetiletím. Toto prodloužení bylo opět největší na stanici Kralovice, a to 30 % čtyřicetiletého průměru (25 dní), a nejmenší na stanici Kuchařovice, a to 8,7 % (9 dní).



Obr. 6.8: Jako obr. 6.7, ale průměrné délky **letního období** byly spočteny metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$. Vlevo jsou stanice s nadmořskou výškou do 400 m, vpravo stanice s nadmořskou výškou nad 400 m.

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$

Jak již bylo řečeno výše, podle výsledků metody RLWR se $h=15$ nastal na stanicích s nadmořskou výškou do 400 m trochu odlišný vývoj desetiletých průměrů délky letního období než na stanicích položených výše.

Na níže položených stanicích došlo v druhém a třetím desetiletí k prodloužení letního období (viz obr. 6.8 vlevo). Ve čtvrtém desetiletí se pak na třech stanicích průměrná délka letního období zmenšila o 2 – 5 % oproti třetímu desetiletí. Na stanici Doksany se ve čtvrtém desetiletí letní období prodloužilo, a to o 5 %. Je tedy vidět, že vývoj průměrných délek letního období spočtených metodou RLWR se $h=15$ je na níže položených stanicích odlišný od vývoje průměrných délek letního období spočtených metodami MLI a RLWR se $h=30$, protože zde nedochází k poklesu průměrné délky letního období ve druhém desetiletí.

Vývoj průměrných délek letního období na výše položených stanicích se naopak velmi podobá chování průměrných délek letního období spočtených metodami MLI a RLWR se $h=30$ (viz obr. 6.8 vpravo). Jediným rozdílem je pokles průměrné délky ve třetím desetiletí. Zvláště na stanicích Kralovice a Velké Meziříčí je tento pokles poměrně výrazný (7 a 8 dní).

Změna průměrné délky letního období mezi třetím a čtvrtým desetiletím měla na všech šesti stanicích stejný charakter, došlo k prodloužení o 11 - 29 %. Všimněme si též znaménka odchylek průměrné délky léta od jejího čtyřicetiletého průměru. V prvních třech desetiletích jsou tyto odchylky na všech šesti výše položených stanicích záporné, v absolutní hodnotě větší než jedno procento. Ve čtvrtém desetiletí pak jsou tyto odchylky na všech stanicích kladné, s hodnotami od 8 % (Tábor) do 17 % (Husinec, Kralovice).

Shrnutí poznatků o změnách průměrných délek letního období

Desetileté průměry délky letního období spočtené metodami MLI a RLWR se $h=30$ se chovají navzájem velmi podobně. V druhém desetiletí došlo na většině stanic k mírnému prodloužení průměrné délky léta, na některých stanicích naopak k jejímu poklesu. Od druhého desetiletí pak na všech stanicích podle obou zmíněných metod nastalo postupné prodlužování letního období. Celkové prodloužení mezi prvním a čtvrtým desetiletím se podle výsledků metody MLI pohybuje mezi 4 % a 24 %, a mezi 8 % a 30 % podle metody RLWR se $h=30$ na stanicích Kuchařovice a Kralovice.

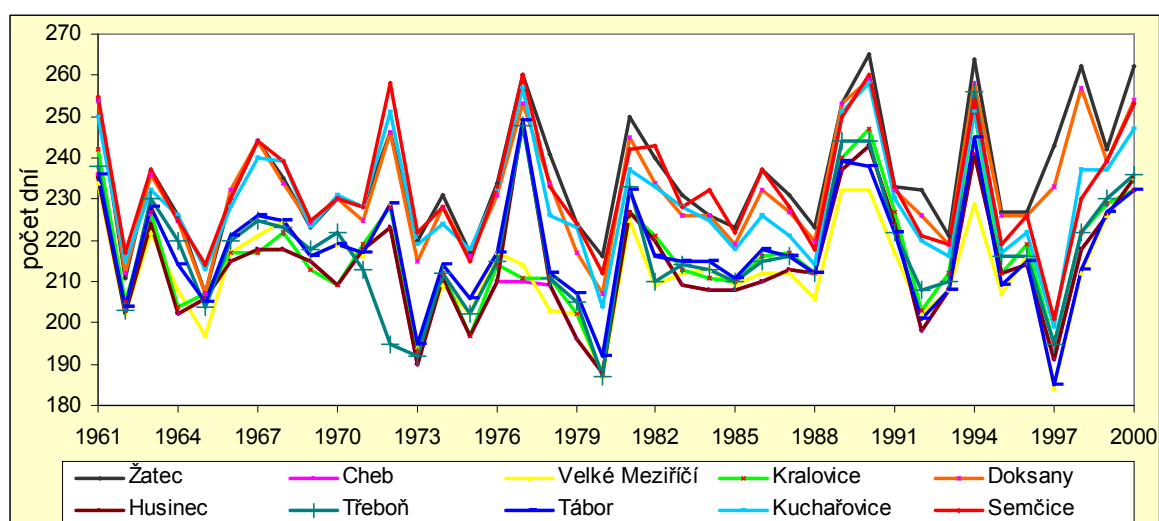
Chování průměrných délek letního období spočtených metodou RLWR se $h=15$ je odlišné od výsledků obou zbývajících metod. Více rozdílů jsme pozorovali na stanicích s nadmořskou výškou do 400 metrů. Důvodem této odlišnosti je pravděpodobně schopnost metody reagovat na lokální výkyvy v ročním chodu průměrné denní teploty vzduchu. Jelikož délka letního období je ze tří zkoumaných období s charakteristickými teplotami vzduchu nejkratší, a její začátek a konec se obvykle nachází v době výskytu singularit (medardovské počasí, babí léto) je metoda RLWR se $h=15$ nejcitlivější právě u letního období. Průměrný roční chod za desetileté období totiž ještě do značné míry zachovává lokální výkyvy ročního chodu (viz kap. 5). S přihlédnutím k popsané odlišnosti výsledků metody RLWR se $h=15$ od ostatních metod a jejím vlastnostem se nezdá být tato metoda vhodná pro zkoumání chování desetiletých průměrů délky letního období.

6.3 Meziroční změna délek období s charakteristickými teplotami vzduchu během let 1961-2000

Metodou RLWR se $h=30$ byly spočteny roční chody průměrné denní teploty vzduchu na deseti stanicích na území České republiky pro každý rok čtyřicetiletí 1961-2000 zvlášť. Z těchto ročních chodů teploty vzduchu byly odvozeny délky období s charakteristickými teplotami vzduchu.

V některých případech se vyskytlo ve vzestupné části ročního chodu zastavení růstu teploty nebo pokles teploty pod určitou mez, anebo v sestupné části ročního chodu zastavení poklesu nebo vzrůst teploty nad určitou mez. Jedná se o podobný jev, jaký byl diskutován v souvislosti s desetiletými průměrnými ročními chody teploty vzduchu spočtenými metodou RLWR se $h=15$ (viz kap. 5.1). I nyní by se v některých případech mohlo jednat o známé singularity v ročním chodu teploty vzduchu. Tento jev se tentokrát objevil v několika případech i v okolí některé ze tří zkoumaných charakteristických teplot vzduchu, nejčastěji v okolí teploty 15 °C. V těchto případech se při odvozování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu postupovalo individuálně, s přihlédnutím k průměrné délce období a k velikosti poklesu či vzrůstu. Na podobný problém při určování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu narazila také Slabá (1962) při aplikaci metody histogramu (viz kap. 4.2).

Na obr. 6.9 uvádíme pro ilustraci vývoj délek širšího vegetačního období. Je vidět, že hodnoty délek širšího vegetačního období kolísají z roku na rok, jen ztěžji lze vypořorovat určitý časový trend. Obdobné chování bylo zaznamenáno i u užšího vegetačního období a letního období.



Obr. 6.9: Délka širšího vegetačního období v průběhu let 1961-2000 na deseti stanicích na území České republiky. Délky období byly odvozeny z ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu spočtených metodou RLWR se $h=30$.

Vzhledem k výše uvedeným faktům jsem dospěla k závěru, že vyhodnocování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu pro každý rok zvlášť není pro analýzu jejich časových změn vhodný. Pro tento účel je tedy vhodnější studovat chování průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu, což bylo provedeno v kap. 6.1 a 6.2.

Kapitola 7

Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu odvozené z výstupů regionálních klimatických modelů

Z výstupů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO byly vypočteny průměrné roční chody průměrné denní teploty vzduchu za třicetiletí 1961-1990 a za tři desetiletí 1961-1970, 1971-1980, 1981-1990 vždy ve čtyřech uzlových bodech (viz tab. 7.1). Výpočty byly provedeny metodou lineární interpolace (MLI) a metodou robustní vážené regrese (RLWR) se dvěma různými velikostmi šířky vyhlazovacího okénka $h=15, 30$. V případě třicetiletí 1961-1990 byly použity pouze metody MLI a RLWR se $h=15$. Ze spočtených ročních chodů byly odvozeny průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu. Průměrné délky období pak byly srovnány s výsledky získanými pro stanice blízké použitým uzlovým bodům. Seznam uzlových bodů a stanic spolu s informací o jejich nadmořských výškách je uveden v tab. 7.1. Další informace o zeměpisné poloze uzlových bodů lze nalézt v tab. 3.2 (viz kap. 3).

Regionální klimatické modely počítají s počtem dní v roce 360. Proto byly pro možnost srovnání výsledků získaných z výstupů regionálních klimatických modelů s výsledky spočtenými pro stanice vypočteny průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu v procentech počtu dní v roce.

Uzlové body regionálních klimatických modelů				Blízké stanice	
Model HIRHAM	Nadmořská výška [m]	Model RCAO	Nadmořská výška [m]	Název stanice	Nadmořská výška [m]
H1	281	RC1	288	Semčice	234
				Žatec	201
				Doksany	158
H2	446	RC2	504	Cheb	471
				Kralovice	468
				Třeboň	429
H3	467	RC3	518	Tábor	437
				Husinec	536
				Velké Meziříčí	452
H4	364	RC4	362	Kuchařovice	334

Tabulka 7.1: Uzlové body regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO a blízké stanice.

7.1 Porovnání třicetiletých průměrů délek období

Výsledky metody lineární interpolace

Model RCAO u všech stanic průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu nadhodnotil. Model HIRHAM v některých případech podhodnotil, v některých nadhodnotil.

Průměrné délky širšího a užšího vegetačního období dokázal na většině stanic lépe odhadnout model HIRHAM. Výjimky tvoří stanice Žatec a Semčice, kde dal lepší odhad RCAO. Na stanici Kuchařovice se nedá v případě širšího vegetačního období rozhodnout, který model dal lepší odhad. Odhady obou modelů se totiž liší od údaje pro tuto stanici shodně o 3 % počtu dní v roce, i když model HIRHAM průměrnou délku širšího vegetačního období podhodnotil, RCAO nadhodnotil. Délku užšího vegetačního období na stanici Kuchařovice lépe odhadl model RCAO. Průměrnou délku letního období u pěti stanic lépe odhadl model RCAO, u dvou stanic HIRHAM. U stanic Cheb a Kralovice se nedá říci, který model dal lepší odhad průměrné délky letního období, protože modelové odhady se navzájem liší pouze o 0,3 % počtu dní v roce (viz tab. 7.2). Také u stanice Kuchařovice není možné rozhodnout, který odhad průměrné délky léta je přesnější.

Uzlové body regionálních klimatických modelů								Stanice			
Model HIRHAM	5 °C	10 °C	15 °C	Model RCAO	5 °C	10 °C	15 °C	Název stanice	5 °C	10 °C	15 °C
H1	58,6	42,5	25,3	RC1	61,9	44,7	28,3	Semčice	60,9	45,1	27,0
								Žatec	61,2	44,5	27,3
								Doksany	60,1	43,4	25,4
H2	58,1	40,6	22,8	RC2	59,2	41,4	22,5	Cheb	56,0	39,6	18,0
								Kralovice	56,6	40,4	20,8
H3	58,9	41,9	25,6	RC3	61,4	43,1	24,7	Třeboň	56,8	40,4	21,3
								Tábor	57,1	41,0	21,9
								Husinec	55,7	39,1	18,6
H4	56,9	41,1	22,8	RC4	63,1	45,6	30,8	Velké Meziříčí	55,7	39,9	20,2
								Kuchařovice	60,1	44,8	27,0

Tab. 7.2: Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu za třicetiletí 1961-1990 spočtené metodou MLI z výstupů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO a ze staničních dat. Průměrné délky jsou uvedeny v procentech počtu dní v roce.

Výsledky metody robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$

Model HIRHAM má tendenci spíše podhodnocovat průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu, zejména průměrné délky užšího vegetačního období. Model RCAO stejně jako u výsledků metody MLI průměrné délky spíše nadhodnocuje.

Průměrné délky širšího vegetačního období pro čtyři z deseti stanic lépe odhadl model HIRHAM, pro čtyři stanice RCAO. U stanic Cheb a Kralovice se nedá říci, který model dal lepší odhad průměrné délky širšího vegetačního období, protože hodnoty dané oběma modely si jsou navzájem velmi blízké, i když nadmořské výšky uzlových bodů H2 a RC2 se liší o 51 m. Průměrné délky užšího vegetačního období dokázal lépe odhadnout model RCAO, pouze na dvou stanicích (Velké Meziříčí, Husinec) dal lepší odhad HIRHAM. Pokud se týká průměrné délky letního období, není hodnocení výsledků metody RLWR se $h=15$ jednoduché. V uzlovém bodě H4 dal model HIRHAM lepší odhad průměrné délky letního období než model RCAO. Také pro stanici Doksany HIRHAM lépe odhadl průměrnou délku léta, průměrné délky na stanicích Žatec a Semčice ale dokázal lépe odhadnout model RCAO. Pro zbývajících pět stanic, příslušejících k uzlovým bodům H2 (RC2) a H3 (RC3), nelze rozhodnout, který model dal lepší odhad průměrné délky letního období. Hodnoty dané oběma modely se od sebe totiž liší jen velmi málo (viz tab. 7.3).

Uzlové body regionálních klimatických modelů								Stanice			
Model HIRHAM	5 °C	10 °C	15 °C	Model RCAO	5 °C	10 °C	15 °C	Název stanice	5 °C	10 °C	15 °C
H1	57,5	40,8	26,4	RC1	61,7	44,7	29,7	Semčice	62,8	46,4	28,4
								Žatec	62,8	46,2	28,4
								Doksany	62,0	45,1	26,5
H2	58,1	40,6	24,7	RC2	58,6	41,1	25	Cheb	57,9	41,5	18,3
								Kralovice	58,5	42,3	21,3
H3	58,9	41,7	27,0	RC3	61,1	42,8	27,5	Třeboň	58,2	42,3	21,9
								Tábor	59,3	42,6	22,4
								Husinec	57,7	40,7	18,9
H4	57,2	40,8	25,3	RC4	62,5	45,6	31,1	Velké Meziříčí	57,9	41,3	20,5
								Kuchařovice	62,3	46,2	27,9

Tab. 7.3: Jako tab. 7.2, ale průměrné délky období byly spočteny metodou RLWR se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$.

Je zajímavé si všimnout rozdílů mezi třicetiletými průměry délek období s charakteristickými teplotami vzduchu spočtenými metodou MLI a metodou RLWR se $h=15$. U výstupů regionálních klimatických modelů byl ve čtrnácti z dvaceti čtyř případů (tj. v téměř 60 %) rozdíl mezi výsledky obou metod menší než 0,5 % počtu dní v roce (méně než 2 dny), a v pěti případech se dokonce výsledky obou metod od sebe nelišily vůbec. U stanic byly rozdíly větší, pouze v sedmi z třiceti případů byl zjištěný rozdíl menší než 1 % počtu dní v roce. Dále se dá říci, že u výstupů regionálních klimatických modelů pozorujeme větší rozdíly mezi metodami u průměrné délky letního období než u obou typů vegetačního období. U stanic naopak největší rozdíly nastaly u průměrné délky širšího vegetačního období.

Z porovnání výsledků obou použitých metod dále vyplývá, že v 90 % případů (byly vzaty výsledky na stanicích i v uzlových bodech) nepřesáhl rozdíl mezi výsledky jednotlivých metod 2 % počtu dní v roce (přibližně 7 dní). Tato hodnota je ve shodě s odhadem neurčitosti spojené s užitím dané metody výpočtu uvedeným v kap. 5.2.

Shrnutí porovnání třicetiletých průměrů délek období

Model RCAO má tendenci nadhodnocovat průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu. Dále, výsledky obou metod se shodují v tom, že průměrnou délku širšího vegetačního období v uzlovém bodě H3 na všech třech stanicích lépe odhadl model HIRHAM. V ostatních uzlových bodech se obě metody často rozcházejí, např. průměrnou délku užšího vegetačního období v uzlovém bodě H2 podle metody MLI lépe odhadl model HIRHAM, podle metody RLWR se $h=15$ naopak RCAO. Celkově, pokud vezmeme všechny tři charakteristické teploty vzduchu a všech deset stanic, dojdeme k závěru, že podle metody MLI byl úspěšnější model HIRHAM, podle metody RLWR se $h=15$ model RCAO.

Vzhledem k výše uvedenému odhadu neurčitosti spojené s užitím konkrétní metody výpočtu budeme dále výsledek modelu považovat za dobrý, pokud se hodnota průměrné délky širšího a užšího vegetačního období daná modelem bude lišit od hodnoty pro danou stanicí o méně než 2 % počtu dní v roce. Pro posouzení odhadů průměrné délky letního období vezmeme hranici 1 % počtu dní v roce, jelikož délka letního období je kratší. Použijeme-li tato kritéria, můžeme vyslovit následující závěr. Podle výsledků metody MLI dal model HIRHAM dobrý odhad ve 12 z 30 případů, model RCAO též ve 12 z 30 případů. Podle výsledků metody RLWR se $h=15$ pak dal model HIRHAM dobrý odhad v 13 z 30 případů, a model RCAO v 15 z 30 případů. Dá se tedy říci, že oba modely daly dobrý odhad přibližně v polovině případů.

Podobně jako v kap. 6.1 se pokusíme vysvětlit nalezené rozdíly mezi výstupy modelů HIRHAM a RCAO a staničními daty pomocí závislosti průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu na nadmořské výšce. Podle Květoňové (2000) se průměrná délka širšího a užšího vegetačního období zkracuje o 7-8,5 dne na 100 m výšky, průměrná délka letního období o 12 dní na 100 m výšky. Vezmeme-li v úvahu tyto závislosti, dojdeme k závěru, že podle výsledků metody MLI dal model HIRHAM dobrý odhad v 17 z 30 případů, model RCAO ve 13 z 30 případů. Podle výsledků metody RLWR se $h=15$ pak dal model HIRHAM dobrý odhad v 16 z 30 případů, a model RCAO v 17 z 30 případů. Uvedené závislosti na nadmořské výšce nedokáží vysvětlit většinu rozdílů mezi průměrnými délkami období s charakteristickými teplotami vzduchu spočtenými z výstupů regionálních klimatických modelů a ze staničních dat. Je nutné zdůraznit, že použité závislosti průměrných

délek období na nadmořské výšce byly odvozeny pro 30 stanic na území ČR a pro výstupy modelů HIRHAM a RCAO nemusí být platné.

7.2 Porovnání desetiletých průměrů délek období

Srovnáním desetiletých průměrů délek období s charakteristickými teplotami vzduchu spočtených různými metodami jsme došli k závěru, že rozdíly mezi výsledky jednotlivých metod v téměř 95 % případů nepřekročily 2 % počtu dní v roce, tedy asi sedm dní. Při srovnávání výstupů regionálních klimatických modelů a staničních dat budeme tedy považovat za dobrý odhad výsledek daný modelem, lišící se od výsledku pro stanici o méně než 2 % počtu dní v roce, pro letní období vezmeme, stejně jako při hodnocení třicetiletých průměrů délek období, hranici 1 % počtu dní v roce. V některých případech se také pokusíme vysvětlit rozdíly mezi výstupy regionálních klimatických modelů a staničními daty pomocí závislosti průměrných délek období na nadmořské výšce odvozené Květoňovou (2000), stejně jako v kap. 7.1.

Průměrná délka širšího vegetačního období

Uzlové body H1 a RCI

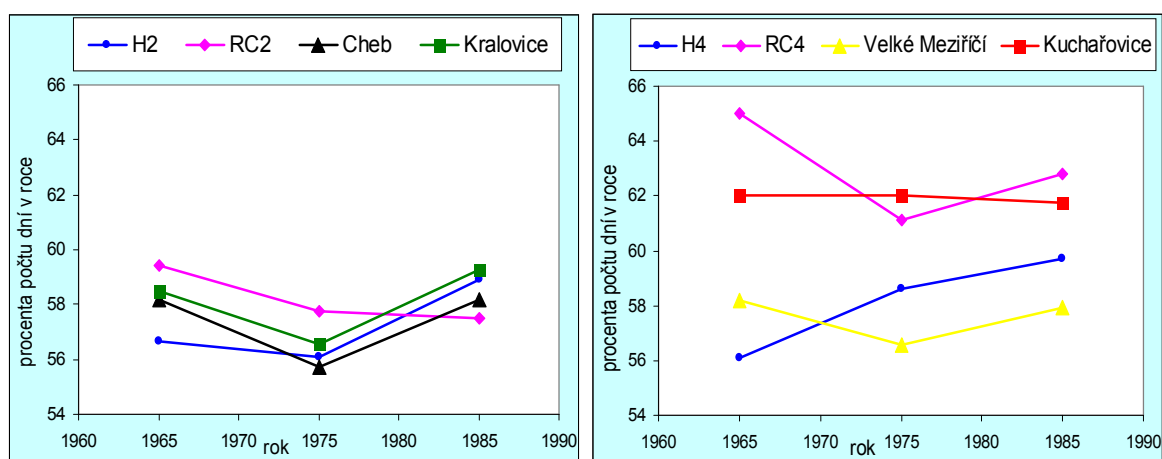
Model HIRHAM podle výsledků všech tří použitých metod dosti výrazně podhodnocuje desetileté průměry délky širšího vegetačního období na stanicích, a to až o 25 dní. Toto koresponduje s vyšší nadmořskou výškou uzlového bodu (viz tab. 7.1). Pokud vezmeme v úvahu rozdíl nadmořských výšek uzlového bodu H1 a stanice Doksany (123 m), dojdeme k závěru, že model HIRHAM odhadl průměrné délky širšího vegetačního období na této stanici dobře. U ostatních stanic to neplatí. Model RCAO v některých případech průměrnou délku podhodnotil, v některých nadhodnotil. Pokud vezmeme v úvahu rozdíl nadmořských výšek, nastala dobrá shoda u stanic Žatec a Semčice.

Model HIRHAM podle výsledků všech tří metod dokázal poměrně věrně vystihnout charakter vývoje desetiletých průměrů délky širšího vegetačního období na stanici Doksany, i když tedy hodnoty průměrů dané modelem jsou nižší než na této stanici. Podle modelu RCAO nastal pokles průměrné délky širšího vegetačního období ve druhém desetiletí oproti prvnímu (až o 10 dní), což se vůbec neshoduje s charakterem vývoje desetiletých průměrů na stanicích. Změnu průměrné délky širšího vegetačního období mezi druhým a třetím desetiletím model RCAO dokázal dobře odhadnout pouze podle výsledků metody RLWR se $h=30$.

Uzlové body H2 a RC2

Hodnoty desetiletých průměrů délky širšího vegetačního období dané oběma modely se dobře shodují s hodnotami na stanicích, a to podle výsledků všech tří metod.

Podle výsledků všech tří použitých metod také dávají oba modely v soulasu se stanicemi pokles průměrné délky širšího vegetačního období v druhém desetiletí, model RCAO vystihl velikost tohoto poklesu lépe. Změnu průměrné délky mezi druhým a třetím desetiletím dokázal naopak lépe vystihnout model HIRHAM. Pro ilustraci uvádíme na obr. 7.1 vlevo desetileté průměry délky širšího vegetačního období spočtené metodou MLI.



Obr. 7.1: Průměrné délky širšího vegetačního období ve třech desetiletích 1961-1990. Vlevo výsledky metody MLI v uzlových bodech H2 a RC2, vpravo výsledky metody RLWR se $h=30$ v uzlových bodech H4 a RC4.

Uzlové body H3 a RC3

Hodnoty průměrných délek širšího vegetačního období dané modelem HIRHAM dobře odpovídají hodnotám pro stanice Třeboň a Tábor. Hodnoty na stanici Husinec model HIRHAM nadhodnotil, což odpovídá rozdílu nadmořské výšky uzlového bodu H3 oproti této stanici (H3 je o 69 m výše než Husinec). Model RCAO průměrné délky na všech třech stanicích mírně nadhodnotil. U stanice Husinec je nadhodnocení větší než by odpovídalo rozdílu nadmořských výšek, u stanic Třeboň a Tábor tomuto rozdílu nadhodnocení odpovídá.

Pokud se týká charakteru vývoje desetiletých průměrů délek širšího vegetačního období, model RCAO správně vystihl pokles průměrné délky v druhém desetiletí. Model HIRHAM tento pokles nevystihl, ale na rozdíl od modelu RCAO správně odhadl prodloužení širšího vegetačního období ve třetím desetiletí.

Uzlové body H4 a RC4

Podle výsledků metod MLI a RLWR se $h=30$ hodnoty desetiletých průměrů délky širšího vegetačního období dané modelem RCAO ve druhém a třetím desetiletí dobře odpovídají hodnotám na stanici Kuchařovice (rozdíly přibližně 3 dny). Model HIRHAM dobře odhadl hodnoty na stanici Velké Meziříčí, přestože uzlový bod H4 je svou nadmořskou výškou bližší spíše stanici Kuchařovice (viz tab. 7.1). Pokud vezmeme v úvahu nadmořskou výšku stanic a uzlových bodů, zjistíme, že model RCAO dobře odhadl průměrné délky na obou stanicích, a model HIRHAM průměrné délky podhodnotil.

Charakter vývoje průměrné délky širšího vegetačního období na stanici Kuchařovice nedokázal vystihnout ani jeden model. Oba modely vystihly charakter změny průměrné délky mezi druhým a třetím desetiletím na stanici Velké Meziříčí, změnu mezi prvním a druhým desetiletím ale nedokázal vystihnout ani jeden z modelů. Pro ilustraci jsou na obr. 7.1 vpravo uvedeny průměrné délky širšího vegetačního období spočtené metodou RLWR se $h=30$.

Průměrná délka užšího vegetačního období

Uzlové body H1 a RC1

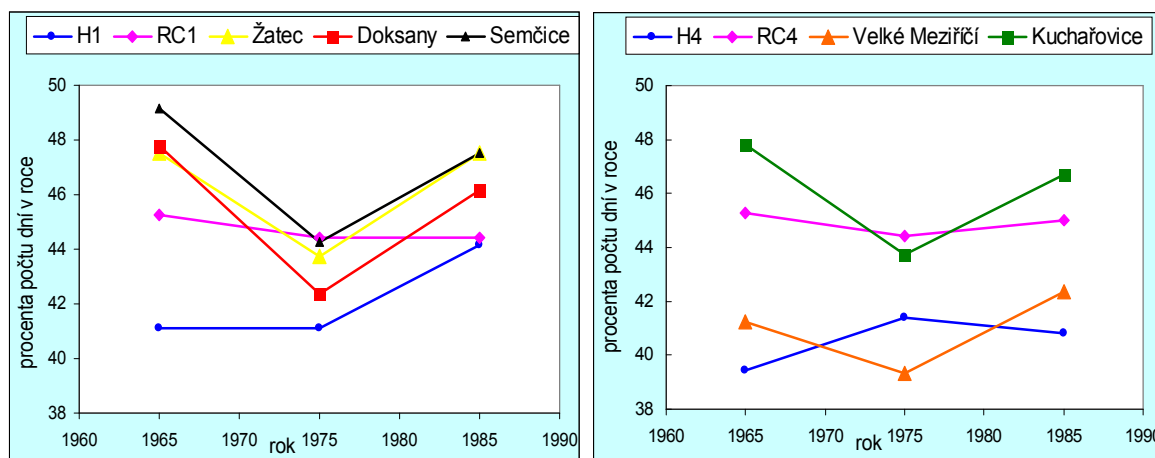
Stejně jako u širšího vegetačního období, model HIRHAM podhodnotil průměrné délky užšího vegetačního období, a to nejvíce v prvním a třetím desetiletí (až o 32 dní). U stanice Doksany toto podhodnocení odpovídá rozdílu nadmořských výšek uzlového bodu H1 a stanice. Model RCAO dokázal dobře odhadnout hodnoty průměrných délek ve druhém desetiletí, v prvním a třetím desetiletí ale též průměrné délky podhodnotil. Pokud vezmeme v úvahu rozdíl nadmořských výšek stanice Žatec a uzlového bodu RC1, odhad modelu RCAO se pak pro tuto stanici jeví jako dobrý.

Charakter vývoje desetiletých průměrů užšího vegetačního období nedokázal dobře vystihnout ani jeden z modelů. Modely totiž vůbec nezachytily poměrně výrazný pokles průměrné délky ve druhém desetiletí, který na všech třech stanicích v této oblasti pozorujeme. Pro ilustraci jsou na obr. 7.2 vlevo zobrazeny průměrné délky užšího vegetačního období spočtené metodou RLWR se $h=15$.

Uzlové body H2 a RC2

V prvním desetiletí oba modely průměrnou délku užšího vegetačního období podhodnotily, ve druhém desetiletí naopak nadhodnotily. Hodnoty průměrné délky ve třetím desetiletí dané oběma modely se dobře shodují s hodnotami na stanici Cheb. Odlišnost výstupů modelů RCAO a HIRHAM od staničních dat neodpovídá rozdílům nadmořských výšek stanic a uzlových bodů.

Pokud se týká charakteru vývoje průměrné délky užšího vegetačního období, ani jeden model opět nedokázal vystihnout pokles průměrné délky užšího vegetačního období ve druhém desetiletí.



Obr. 7.2: Průměrné délky **užšího vegetačního období** ve třech desetiletích 1961-1990. V levé části jsou výsledky metody RLWR se $h=15$ v uzlových bodech H1 a RC1, v pravé části výsledky metody MLI v uzlových bodech H4 a RC4.

Uzlové body H3 a RC3

Hodnoty průměrných délek užšího vegetačního období dané modelem RCAO se v prvním a třetím desetiletí dobře shodují s hodnotami na stanicích, rozdíly oproti stanici Třeboň jsou dokonce menší než 0,5 % počtu dní v roce (asi 1 den). Ve druhém desetiletí model RCAO průměrné délky užšího vegetačního období nadhodnotil, což vůbec neodpovídá rozdílům nadmořských výšek stanic a uzlového bodu RC3. Model HIRHAM dobře odhadl hodnoty průměrné délky na všech třech stanicích ve třetím desetiletí, v prvním desetiletí byl odhad modelu HIRHAM blízký stanici Husinec, a ve druhém desetiletí stanici Tábor.

Model RCAO nedokázal vystihnout charakter vývoje desetiletých průměrů délky užšího vegetačního období. Model HIRHAM nevystihl pokles průměrné délky v druhém desetiletí, její vzestup ve třetím desetiletí ale vystihl poměrně dobře, nejlépe podle výsledků metody RLWR se $h=15$. Pro ilustraci uvádíme na obr. 7.2 vpravo desetileté průměry délky užšího vegetačního období spočtené metodou MLI.

Uzlové body H4 a RC4

Hodnoty průměrné délky užšího vegetačního období dané modelem RCAO ve druhém a třetím desetiletí dobře odpovídají hodnotám na stanici Kuchařovice. Podle metody MLI

model HIRHAM dobře odhadl hodnoty desetiletých průměrů na stanici Velké Meziříčí. Podle metody RLWR toto platí jen ve třetím desetiletí. V prvním desetiletí nedokázal ani jeden model dobře odhadnout průměrné délky. Pokud se týká rozdílů nadmořských výšek stanic a uzlových bodů, odlišnost výstupů modelu HIRHAM od stanice Kuchařovice se na jejich základě vysvětlit nedá. Uvažujeme-li rozdíl nadmořských výšek stanice Velké Meziříčí a uzlových bodů RC4 a H4, zjistíme, že ani jeden model nedokázal průměrné délky užšího vegetačního období na této stanici dobře odhadnout.

Ani jeden model dále nedokázal vystihnout charakter změn průměrných délek užšího vegetačního období na stanicích. Model RCAO dává změny dosti nevýrazné, přitom na stanicích došlo k výraznému poklesu průměrné délky ve druhém desetiletí a k vzestupu ve třetím desetiletí. Model HIRHAM dává dokonce vývoj zcela opačný, tedy vzestup ve druhém desetiletí a pokles ve třetím desetiletí.

Průměrná délka letního období

Desetileté průměry délky letního období byly spočteny pouze dvěma metodami; metodou MLI a metodou RLWR se $h=30$. Metoda RLWR s $h=15$ nebyla použita, protože z výsledků uvedených v kap. 6.2 vyplývá, že tato metoda není pro výpočet délky letního období vhodná. Jak již bylo řečeno výše, jako dobrý odhad modelu bude u desetiletých průměrů délky letního období brána hodnota lišící se od údaje na stanici maximálně o 1 % počtu dní v roce.

Uzlové body H1 a RC1

Model HIRHAM podhodnotil desetileté průměry délky letního období na stanicích Žatec a Semčice, a to až o 18 dní, což souhlasí s rozdílem nadmořských výšek uzlového bodu H1 a stanic. Shoda modelu se stanicí Doksany je dobrá, někdy dokonce menší než 0,5 % počtu dní v roce, což ale nesouhlasí s rozdílem nadmořských výšek uzlového bodu H1 a této stanice. Hodnoty průměrných délek dané modelem RCAO se dobře shodují se stanicemi Žatec a Semčice, pokud ale budeme uvažovat rozdíly nadmořských výšek, dobrá shoda zmizí.

Model HIRHAM dokázal dobře vystihnout charakter vývoje desetiletých průměrů délky letního období na stanici Žatec. Model RCAO charakter změn průměrné délky letního období na stanicích vystihnout nedokázal.

Uzlové body H2 a RC2

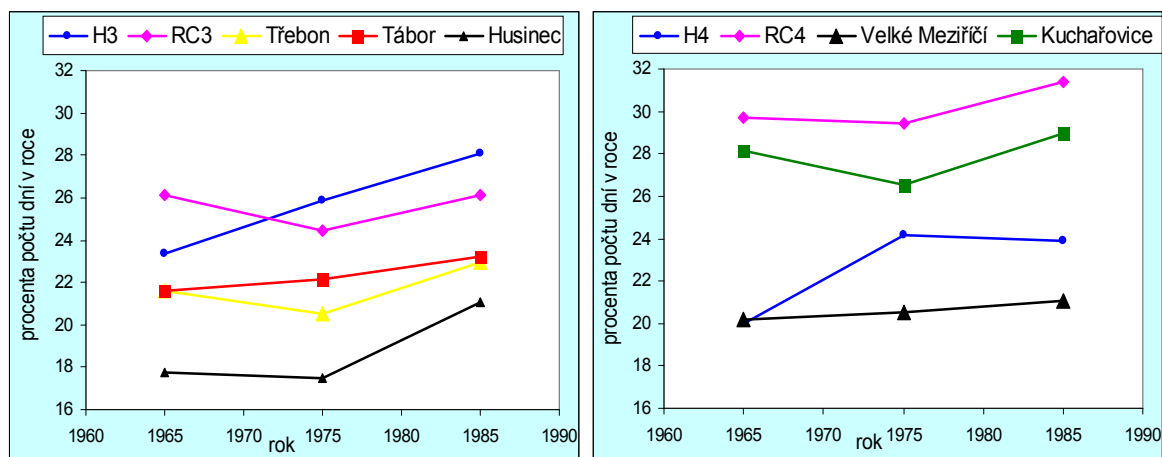
Oba modely nadhodnotily průměrné délky letního období na stanicích, a to o 2-3 % počtu dní v roce na stanici Kralovice, a až o 6 % na stanici Cheb. Rozdílům nadmořských výšek stanic a uzlových bodů přitom odpovídá rozdíl pouze 1 % počtu dní v roce.

Model RCAO dokázal velmi dobře vystihnout nevýraznost změn průměrné délky letního období na stanicích Kralovice a Cheb. Model HIRHAM charakter vývoje průměrných délek vystihnout nedokázal.

Uzlové body H3 a RC3

Oba modely opět nadhodnotily desetileté průměry délky letního období na stanicích. Nadhodnocení vůbec neodpovídá rozdílům nadmořských výšek uzlových bodů a stanic.

Model RCAO dokázal vystihnout charakter změn průměrné délky letního období na stanicích, tedy pokles v druhém desetiletí a následný vzestup ve třetím desetiletí. Velikost změn z desetiletí na desetiletí se nejlépe shoduje se stanicí Třeboň. Model HIRHAM charakter vývoje průměrných délek nedokázal vystihnout. Pro ilustraci uvádíme na obr. 7.3 vlevo desetileté průměry délky letního období spočtené metodou RLWR se $h=30$.



Obr. 7.3: Průměrné délky **letního období** ve třech desetiletích 1961-1990. V levé části jsou výsledky metody RLWR se $h=30$ v uzlových bodech H3 a RC3, v pravé části výsledky metody MLI v uzlových bodech H4 a RC4.

Uzlové body H4 a RC4

Model RCAO nadhodnotil průměrné délky letního období na stanicích. Hodnoty dané modelem HIRHAM jsou vyšší než hodnoty na stanici Velké Meziříčí a nižší než na stanici Kuchařovice, a to vždy o více než 2 % počtu dní v roce. Odlišnost odhadu modelu HIRHAM od údajů pro stanici Velké Meziříčí se dá uspokojivě vysvětlit rozdílem nadmořských výšek této stanice a uzlového bodu H4.

Model RCAO dokázal vystihnout charakter změn průměrné délky letního období na stanici Kuchařovice, i když tedy hodnoty průměrných délek nadhodnotil až o deset dní. Model HIRHAM vystihl téměř nulovou změnu mezi druhým a třetím desetiletím na stanici Velké

Meziříčí, ale výrazný vzestup průměrné délky letního období v druhém desetiletí daný modelem se stanicí Velké Meziříčí neshoduje. Pro ilustraci je na obr. 7.3 vpravo uveden vývoj desetiletých průměrů délky užšího vegetačního období spočtených metodou MLI.

Shrnutí porovnání desetiletých průměrů délek období

Pokud se týká schopnosti modelů vystihnout charakter vývoje průměrných délek období v průběhu třicetiletí 1961-1990, dají se výše uvedené výsledky shrnout takto. U širšího a užšího vegetačního období nebyl ve většině případů úspěšný ani jeden model. Výjimku tvoří uzlové body H2 a RC2, ve kterých se oběma modelům podařilo dobře vystihnout charakter vývoje průměrné délky širšího vegetačního období. Oba modely také dokázaly v několika případech vystihnout pouze změnu mezi prvním a druhým, či druhým a třetím desetiletím, celkový vývoj se jim ale odhadnout nepodařilo. U průměrné délky letního období nastala odlišná situace. Model RCAO dokázal dobře vystihnout charakter vývoje průměrné délky na stanicích Cheb, Kralovice, Třeboň, Tábor, Husinec a Kuchařovice. Vývoj na stanici Žatec dobře vystihl model HIRHAM. U zbývajících tří stanic nedokázal ale opět ani jeden model vystihnout dobře charakter vývoje průměrných délek letního období.

Ani jeden model nedokázal u většiny stanic dobře odhadnout hodnoty průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. Výjimkou byly pouze odhady průměrné délky užšího vegetačního období dané modelem RCAO, které se dobře shodovaly u 7 z 10 stanic. Vezmeme-li v úvahu závislost průměrných délek období na nadmořské výšce, kterou uvádí Květoňová (2000), pak dojdeme k závěru, že model RCAO také dobře odhadl průměrné délky širšího vegetačního období na 8 z 10 stanic. V ostatních případech však započítání zmíněné závislosti nevysvětlilo zjištěné rozdíly mezi desetiletými průměry délek období spočtenými z výstupů regionálních klimatických modelů a ze staničních dat. Použitá závislost průměrných délek období byla odvozena pro třicetileté průměry, a tedy pro desetileté průměry může platit závislost odlišná.

Stejně jako u třicetiletých průměrů délek období s charakteristickými teplotami vzduchu vidíme, že model RCAO má tendenci nadhodnocovat i desetileté průměry. Na rozdíl od výsledků zjištěných pro třicetileté průměry schopnost modelů odhadnout změny desetiletých průměrů délek období nezávisí ve většině případů na použité metodě.

Závěr

Teplota vzduchu ovlivňuje mimo jiné i délky období s charakteristickými teplotami vzduchu, které mají velký význam pro různá odvětví lidské činnosti, zejména pro zemědělství. Pozorovaný růst teploty vzduchu proto vyvolává obavy z možných následků.

Prvním úkolem diplomové práce bylo shrnout z dostupné odborné literatury postupy vyhodnocování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu používané během 20. století. Dalším úkolem bylo aplikovat několik zvolených postupů vyhodnocování délek období s charakteristickými teplotami vzduchu na pozorované teplotní řady v ČR.

Definice období s charakteristickými teplotami vzduchu nad hranicí 5 °C (širší vegetační období), 10 °C (užší vegetační období) a 15 °C (letní období) byly převzaty z publikace Podnebí ČSSR (1961).

Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu byly odvozovány z průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu. K výpočtu průměrných ročních chodů byly použity tyto metody: metoda lineární interpolace (MLI), metoda robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=30$ (RLWR se $h=30$) a metoda robustní lokálně vážené regrese se šířkou vyhlazovacího okénka $h=15$ (RLWR se $h=15$). Metoda MLI je numerickou obdobou metody, která byla k určování průměrných ročních chodů průměrné denní teploty vzduchu za účelem vyhodnocování průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu používána již dříve, např. v Podnebí ČSSR (1961). Metoda RLWR k tomuto účelu doposud použita nebyla. Z analýzy výsledků obou metod vyplynulo, že metoda RLWR je vhodná pro vyhodnocování průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. Velikosti šířky vyhlazovacího okénka $h=15$ a $h=30$ byly zvoleny s ohledem na vlastnosti spočtených průměrných ročních chodů a po porovnání výsledků metody RLWR s výsledky metody MLI. Bylo zjištěno, že velikost $h=15$ je vhodnější pro určování třicetiletých a čtyřicetiletých průměrů délek období, velikost $h=30$ je vhodná pro výpočet desetiletých průměrů.

Průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu za čtyřicetiletí 1961-2000 na deseti stanicích na území ČR spočtené metodou MLI byly porovnány s údaji o průměrných délkách uvedenými v Podnebí ČSSR (1961) pro padesátileté období 1901-1950. Z tohoto porovnání vyplynulo, že na většině stanic došlo během 20. století k prodloužení širšího i užšího vegetačního období a letního období. Výjimkami byly stanice Třeboň a Doksany, zkrácení průměrných délek období na těchto stanicích ale nepřesahovalo rámeček neurčitosti metody výpočtu. Prodloužení průměrných délek období u ostatních stanic se pohybovalo v průměru mezi 5-7 dny u širšího vegetačního období, mezi 3-8 dny u užšího vegetačního

období a mezi 5-13 dny u letního období. Nalezené rozdíly průměrných délek období v první a druhé polovině 20. století se u některých stanic podařilo částečně vysvětlit na základě změny jejich polohy. Mezi další možné příčiny rozdílů průměrných délek patří změny metodiky měření, opravy naměřených teplotních řad a neurčitost metody výpočtu. Uvedené příčiny ale nedokáží nalezené rozdíly vysvětlit úplně, čili lze říci, že na většině stanic došlo v průběhu 20. století k prodloužení průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu.

Dále byly třemi výše zmíněnými metodami spočteny desetileté průměry délek období s charakteristickými teplotami vzduchu za čtyři desetiletí 1961-2000. Vývoj průměrné délky širšího vegetačního období na stanicích s nadmořskou výškou nižší než 400 m byl poměrně nevýrazný. U stanic s nadmořskou výškou větší než 400 m došlo v druhém desetiletí ke zkrácení širšího vegetačního období. K největšímu poklesu došlo na stanicích Husinec (11-19 dní) a Třeboň (9-13 dní). Pokud se týká změny průměrné délky širšího vegetačního období mezi třetím a čtvrtým desetiletím, její velikost i znaménko se liší podle stanice i použité metody. Nepozorujeme výrazný nárůst průměrné délky širšího vegetačního období mezi prvním a čtvrtým desetiletím, u některých stanic naopak pozorujeme její zkrácení.

Na všech deseti stanicích nastalo zkrácení průměrné délky užšího vegetačního období ve druhém desetiletí. Velikost poklesu mezi prvním a druhým desetiletím není na žádné stanici menší než 6 dní, u většiny překračuje hodnotu 8 dní. Změna průměrné délky užšího vegetačního období mezi třetím a čtvrtým desetiletím se liší podle stanice i použité metody. Podobně jako u širšího vegetačního období nepozorujeme významnější nárůst průměrné délky užšího vegetačního období mezi prvním a čtvrtým desetiletím.

Desetileté průměry délky letního období spočtené metodami MLI a RLWR se $h=30$ se chovají navzájem velmi podobně. V druhém desetiletí došlo na většině stanic k mírnému prodloužení průměrné délky letního období, na některých stanicích naopak k jejímu zkrácení. Od druhého desetiletí pak na všech stanicích nastalo postupné prodlužování průměrné délky letního období. Celkové prodloužení mezi prvním a čtvrtým desetiletím se podle výsledků metody MLI pohybuje mezi 5 a 21 dny, podle metody RLWR se $h=30$ mezi 9 a 25 dny. Chování desetiletých průměrů délky letního období odvozených metodou RLWR se $h=15$ je odlišné od výsledků obou zbývajících metod. Důvodem je pravděpodobně to, že metoda RLWR se $h=15$ reaguje na lokální výkyvy v ročním chodu teploty vzduchu, což ovlivňuje výpočet průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. Z tohoto důvodu se nezdá metoda RLWR se $h=15$ pro odvozování desetiletých průměrů délky letního období vhodná.

V poslední kapitole diplomové práce bylo provedeno srovnání průměrných délek období odvozených z pozorovaných dat a z výstupů regionálních klimatických modelů HIRHAM a

RCAO. Na základě porovnání výsledků jednotlivých použitých metod jsme došli k závěru, že za dobrý odhad modelu budeme považovat výsledek modelu, lišící se od výsledku pro stanici o méně než 2 % počtu dní v roce, pro letní období jsme zvolili, vzhledem ke kratší délce jeho trvání, hranici 1 % počtu dní v roce.

Nejdříve byly porovnány průměrné délky období s charakteristickými teplotami vzduchu za třicetiletí 1961-1990. Oba modely daly dobrý odhad třicetiletých průměrů délek období přibližně v polovině případů. Model RCAO má tendenci nadhodnocovat třicetileté průměry délek období.

Dále byly porovnány desetileté průměry délek období s charakteristickými teplotami vzduchu za tři desetiletí 1961-1990. Pokud se týká schopnosti modelů vystihnout charakter vývoje desetiletých průměrů délek období, lze získané poznatky shrnout následovně. U širšího a užšího vegetačního období nebyl ve většině případů úspěšný ani jeden model. Model RCAO dokázal dobře vystihnout charakter vývoje průměrné délky letního období na 6 z 10 stanic, model HIRHAM na jedné stanici.

Ani jeden model nedokázal u většiny stanic dobře odhadnout hodnoty průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. Výjimkou byly pouze odhady průměrné délky užšího vegetačního období dané modelem RCAO, které se dobře shodovaly na 7 z 10 stanic.

Stejně jako u třicetiletých průměrů délek období s charakteristickými teplotami vzduchu měl model RCAO tendenci nadhodnocovat i desetileté průměry. Na rozdíl od výsledků zjištěných pro třicetileté průměry schopnost modelů odhadnout hodnoty ani charakter změny desetiletých průměrů nezávisí ve většině případů na použité metodě.

Pro podrobnější studium charakteru průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu na území ČR a jejich změn by bylo potřebné použít data z většího počtu stanic než jaký byl k dispozici v rámci předkládané diplomové práce.

Obdobně, pro možnost detailnější analýzy výstupů regionálních klimatických modelů by bylo nutné mít k dispozici data z většího počtu stanic a odvodit plošné charakteristiky průměrných délek období s charakteristickými teplotami vzduchu, jelikož výstupy regionálních klimatických modelů mají na rozdíl od staničních dat plošný charakter.

Literatura a internetové odkazy

Cleveland, W. S. (1979): Robust locally weighted regression and smoothing scatterplots. *Journal of Am. Stat. Assoc.* **74**, 829-836.

Döscher, R., Willén, U., Jones, C., Rutgersson, A., Meier, H.E.M., Hansson, U., Graham, L.P. (2002): The development of the coupled regional ocean-atmosphere model RCAO. *Boreal Env. Res.* **7**, 183-192.

Dubrovský, M. (1993): Robust locally weighted regression: algorithm, programming and application to radiation data. Ústav fyziky atmosféry, Akademie věd České republiky.

Gordon, C., Cooper, C., Senior, C.A., Banks, H., Gregorz, J.M., Johns, T.C., Mitchell, J.F.B., Wood, R.A. (2000): The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Center coupled model without flux adjustments. *Climate dynamics* **16**, 147-168.

Gustafsson, N. (1993): The HIRLAM 2 final report. HIRLAM Technical Report No. 9, Norrköping, 126 s.

Chládová, Z. (2004): Pozorované změny vybraných klimatických charakteristik. Diplomová práce, MFF UK Praha, 111 s.

Christensen, J. H. a Van Meijgaard, E. (1992): On the construction of a regional climate model. Tech. Rep. 96-14, DMI, Copenhagen, 22 s.

Christensen, J.H., Christensen, O.B., Lopez, P., Van Meijgaard, E., Botzet, M. (1996): The HIRHAM4 regional atmospheric climate model. Sci. Rep. 96-4, DMI, Copenhagen, 51 s.

Kalvová, J., Chládová, Z., Mikšovský, J., Pišoft, P., Raidl, A. (2005): Vytvoření scénářů změny klimatu pro Českou republiku. *Výzkumná zpráva projektu VZ 01 VODA, subprojekt 03 Dopady klimatických a antropogenních změn na hydrologické a ekologické systémy.* MFF UK, Praha, 21 s.

Kalvová, J., Metelka, L., Květoň, V. (2001): Výzkum dopadů klimatické změny vyvolané zesílením skleníkového efektu na Českou republiku. *Závěrečná zpráva za DP01 projektu VaV/740/1/00*. MFF UK, NKP, MŽP.

Kešner, B. (1986): *Agrometeorologie*, Vysoká škola zemědělská Praha.

Květoňová, H. (2000): Charakteristické denní teploty vzduchu v České republice. *Bakalářská práce*, MFF UK Praha, 23 s.

Machenhauer, B. (1988): The HIRLAM final report. HIRLAM Technical Report No. 5, Copenhagen, 116 s.

Meteorologický slovník (1993): kolektiv autorů: *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*. MŽP, Praha, 594 s.

Michálek, J., Budíková, M., Brázdil, R. (1993): *Metody odhadu trendu časové řady na příkladu Středoevropských teplotních řad*. NKP, Praha, 53 s.

Oberhuber, J. M. (1993): Simulation of the Atlantic circulation with a coupled sea ice–mixed layer–isopycnal general circulation model, Part I: Model description. *J. Phys. Oceanogr.* **23**, 808–829.

Podnebí ČSSR (1961): kolektiv autorů: *Podnebí Československé socialistické republiky 1901-1950*, Tabulky. Hydrometeorologický ústav, Praha, 379 s.

Roeckner, E., Arpe, K., Bengtsson, L., Christoph, M., Claussen, M., Dumenil, L., Esch, M., Giorgetta, M., Schlese, U., Schulzwieda, U. (1996): The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate. Max-Planck-Institute für Meteorologie, Hamburg, Germany, Report no. 218, 90 s.

Slabá, N. (1962): Klimatické zajištění charakteristických teplot na území Čech a Moravy. *Meteorologické zprávy* **15**, 8-16.

Solow, A.R. (1988): Detecting changes through time in the variance of a long-term hemispheric temperature record: an application of robust locally weighted regression, *Journal of Climate* **1**, 290-296.

Valcke, S., Terray, L., and Piacentini, A. (2000): Oasis 2.4, Ocean atmosphere sea ice soil: user's guide. *Technical Report TR/CMGC/00/10*, CERFACS, Toulouse, France.

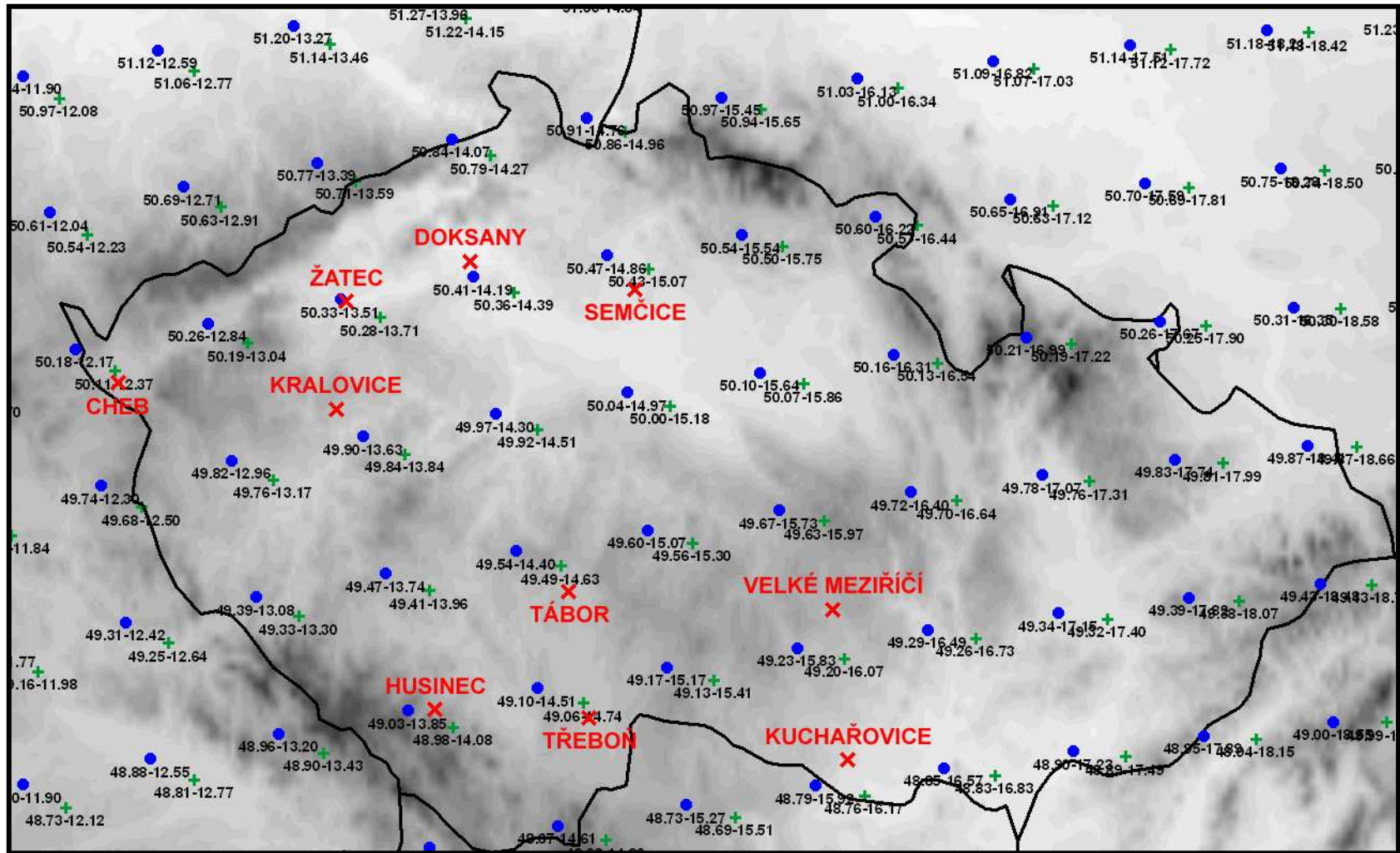
WMO (2005): WMO Statement on the status of the global climate in 2005. WMO-No 998.

Internetové odkazy

Internetové stránky Českého hydrometeorologického ústavu: <http://www.chmi.cz/>

Internetové stránky projektu PRUDENCE: <http://prudence.dmi.dk/>

Internetové stránky projektu STARDEX: <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex/>



Obr. 1: Mapa použitých stanic a uzlových bodů regionálních klimatických modelů HIRHAM a RCAO. U uzlových bodů je uvedena informace o jejich zeměpisné šířce a zeměpisné délce.