

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Zbyněk Sokol – Daniela Řezáčová – Petr Pešice: Odhady bodových i plošných srážek s využitím srážkoměrných i radarových dat</i> .....	1
<i>Jan Kyselý: Časová proměnlivost horkých vln v České republice a extrémní horká vlna z roku 1994</i> .....	13
<i>Jan Munzar: Johann Carl Rost (1690–1731) a jeho meteorologická pozorování v severních Čechách a v Norimberku</i> .....	19
Světový meteorologický den 2003: Naše podnebí v budoucnosti .....	26
Informace – Recenze .....	28

ROČNÍK 56 – 2003 – ČÍSLO 1

<i>Zbyněk Sokol – Daniela Řezáčová – Petr Pešice: Estimation of point and area precipitation by using raingauge and radar data</i> .....	1
<i>Jan Kyselý: Temporal variability of heat waves in the Czech Republic and the severe 1994 heat wave</i> .....	13
<i>Jan Munzar: Johann Carl Rost (1690–1731) and his meteorological observations in northern Bohemia and Nuremberg</i> .....	19
World Meteorological Day 2003: Our future climate .....	26
Information – Reviews .....	28

Meteorologické zprávy, časopis pro odbornou veřejnost ● Vydává Český hydrometeorologický ústav ● Redakce: Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, fax 244 032 721, e-mail: horky@chmi.cz ● Řídí vedoucí redaktor RNDr. Luboš Němec, redaktor prom. knih. Zdeněk Horký ● Redakční rada: Prof. RNDr. Jan Bednář, CSc., Ing. František Hudec, CSc., RNDr. Karel Krška, CSc., Mgr. Stanislav Racko, RNDr. Daniela Řezáčová, CSc., RNDr. Jan Strachota, RNDr. Karel Vaníček, CSc., RNDr. Helena Vondráčková, CSc. ● Za odborný obsah podepsaných článků odpovídají autoři. Proti dalšímu otiskování, uvede-li se původ a autor, není námitek ● Sazba a tisk: 3P s.r.o. ● Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany; Offers for Meteorological Bulletin arranges ČHMÚ, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, Czech Republic. Annual subscription is 42,- USD for 6 issues ● Ročně vychází 6 čísel, cena jednotlivého čísla 20,- Kč, roční předplatné 180,- Kč včetně poštovného, do zahraničí 42,- USD. Reg. číslo MK ČR E 5107.  
ISSN 0026 – 1173

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

## Meteorological Bulletin

ROČNÍK 56 (2003)

V PRAZE DNE 28. ÚNORA 2003

ČÍSLO 1

Zbyněk Sokol – Daniela Řezáčová – Petr Pešice (Ústav fyziky atmosféry AV ČR)

## ODHAD BODOVÝCH I PLOŠNÝCH SRÁŽEK S VYUŽITÍM SRÁŽKOMĚRNÝCH A RADAROVÝCH DAT

**Estimation of point and area precipitation by using raingauge and radar data.** Estimating area precipitation it is suitable to utilize high-resolution rainfall fields derived from weather radar measurements. However, direct application of radar-based precipitation determined from measured radar reflectivity is restricted by errors and uncertainty in the derived estimates. The correction of radar precipitation fields by adjusting radar precipitation to rain gauge measurements is one of the frequently used methods. Its aim is to obtain the agreement between rain gauge precipitation and adjusted radar-derived rainfalls in corresponding pixels and thus to reduce systematic errors while the structure of radar fields is maintained. The disadvantage of this method is the limited representativeness of the gauge measurements. In this contribution, a method adjusting pixel precipitation by merging radar and gauge data is presented. The method is applied to daily and hourly precipitation sums. For daily sums two procedures calculating mean area precipitation are compared and their accuracy is evaluated for a few test river basins in the Czech Republic (CR). Data from radar Skalky (Doppler C band Gematronik METEOR 360 AC), and gauge measurements from the territory of the CR related to warm seasons (April to September) are used.

Procedures adjusting pixel precipitation by merging radar data and rain gauge measurements are presented. They determine daily and hourly precipitation for warm part of the year. The procedures use radar products (the estimate of radar-derived precipitation based on column maximum reflectivity) together with the data from on-line rain gauges routinely provided by the Czech Hydrometeorological Institute. The adjusting procedure combines radar and gauge values in one variable that is interpolated into all radar pixels. The adjusted pixel precipitation is calculated from radar precipitation and from the value of the combined variable.

Two procedures estimating daily area precipitation for seven river basins in the Czech Republic are evaluated. The first one uses the adjusting procedure to estimate pixel precipitation and the area estimates are determined by summing the corresponding pixel values. The second one applies regression technique to describe the relationship between area precipitation and individual precipitation estimates obtained by various methods. The regression model is developed separately for each river basin. The pixel adjusting procedure decreases the RMSE by 10-15% in comparison with the estimates based only on rain gauge data. The application of the regression technique decreases the error by additional 15%.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** srážky atmosférické – data radarová – kriging metoda

### 1. ÚVOD

Meteorologické radary poskytují data s vysokým horizontálním rozlišením, které je důležité pro dostatečně přesný odhad plošných srážek. Specifické vlastnosti měření radarové odrazivosti a nejednoznačnost vztahu mezi odrazivostí a množstvím srážek stanovených srážkoměrem však způsobují, že srážkové úhrny odvozené přímo z hodnot radarové odrazivosti nelze bez dalších úprav kvantitativně využít. Chybami radarového měření a jejich dopadem na odvozené srážkové úhrny se zabývala řada prací publikovaných v posledních třiceti letech (viz např. [2], [5], [15], [17], [18]).

V současné době existují dva základní přístupy k výpočtu srážkových úhrnů s využitím radarových dat. První přístup zahrnuje metody, které využívají vertikální profil radarové

odrazivosti (VPR) k odhadu hodnoty odrazivosti těsně u zemského povrchu. Extrapolovaná přízemní radarová odrazivost je pak podkladem pro výpočet úhrnu srážek. Analytické postupy užívají pouze radarová data. Z hodnot radarové odrazivosti z několika vertikálně uspořádaných radarových paprsků se sestrojuje VPR, přičemž se využívá předpokladu, že VPR je homogenní v kruhové oblasti se středem v místě radaru do vzdálenosti několika desítek km. Výsledný VPR se pak aplikuje na všechna data v celé oblasti radaru ([1], [4]). Přestože byl původní předpoklad homogenity později oslaben na předpoklad lokální homogenity [32], je stále tato podmínka omezujícím faktorem tohoto přístupu. Kromě analytických metod se používají postupy, které vycházejí z kombinace fyzikálních a statistických modelů a využívají nezávislá meteorologická

data (např. vertikální profil teploty, přízemní teplotu, měření srážkoměrů). Základem těchto metod je opět identifikace a korekce VPR ([19], [20], [21]). Odhadnuté hodnoty srážkových úhrnů získané výše uvedenými metodami mohou být dále korigovány pomocí metod statistické adjustace popsaných dále.

Druhý přístup je založen na přizpůsobení (adjustaci) srážek odvozených z radarové odrazivosti výsledkům pozemního srážkoměrného měření. Většina postupů tohoto typu vychází z aplikace statistických metod na odhad podílu  $G/R$ , kde  $G$  je hodnota naměřená srážkoměrem a  $R$  je radarový srážkový úhrn. Cílem je opravit radarové srážky tak, aby kvantitativně odpovídaly hodnotám naměřeným srážkoměry a zachovávaly přitom horizontální strukturu původních polí radarových srážek. Jednotlivé metody se liší vstupními daty i způsobem jejich využití. Některé metody využívají pozemní srážky pouze k odvození parametrů statistického modelu. Jediným vstupem do modelu při jeho praktické aplikaci jsou potom radarová data (např. [9], [22], [25], [30]). Ostatní metody jsou připraveny tak, aby při své aplikaci využívaly radarová i srážkoměrná měření ([12], [15], [23], [26], [31]). Tento postup je mnohem flexibilnější, protože umožňuje nepřetržitě modifikovat parametry modelu v závislosti na aktuálních datech. Metody založené na adjustaci radarových srážek pomocí pozemních srážkoměrných měření se snaží odstranit všechny druhy chyb radarového měření najednou pomocí statistických postupů. Jejich nevýhoda spočívá v tom, že srážkoměrná data mají omezenou plošnou reprezentativnost, a proto je při jejich využití nezbytná opatrnost ([5], [11], [14]).

Tento příspěvek navazuje na předchozí práce, které se zabývaly využitím radarových dat pro odhad srážkových úhrnů na území České republiky ([22], [25], [30], [31]). Na rozdíl od těchto prací, jejichž cílem bylo zpřesnění odhadu bodových hodnot denního srážkového úhrnu, věnuje se tento článek také zpřesnění úhrnů hodinových a kromě bodových odhadů diskutuje i možnost zlepšení odhadů plošných. Pokud je nám známo, plošnými odhady se zatím nikdo přímo nezabýval. Předpokládá se totiž, že plošný odhad lze přímo odvodit sumací odhadů bodových. V této souvislosti je nutné zmínit, že pod pojmem bodová srážka odvozená z radarového měření rozumíme hodnotu vztahující se k radarovému pixlu.

Předložený článek má tedy několik cílů. Především chce ukázat, že spojením výsledků radarových a srážkoměrných měření lze výrazně zlepšit odhady srážek v porovnání s hodnotami získanými pouze z jednoho zdroje dat. To platí i pro denní srážkové úhrny. Druhým cílem práce je porovnat různé metody adjustace (přizpůsobení) bodových radarových srážek s pomocí přízemních měření. Třetím cílem je odhadnout přesnost stanovení plošných srážek a navrhnout statistickou metodu, která tuto přesnost zvýší. A konečně posledním cílem je shrnout výsledky práce, která byla v posledních letech v této oblasti prováděna v ÚFA AVČR, a popsat výsledný programový produkt, který lze pro srážkové odhady provozně využít.

Text článku je rozvržen do 5 kapitol a dvou krátkých příloh. Ve 2. kapitole jsou popsána vstupní srážkoměrná a radarová data i postupy použité při jejich kontrole. Třetí kapitola obsahuje popis metod užitých při interpolaci srážkoměrných dat pro jednoduchou primární korekci radarových srážek i metod užitých při další zpřesněné adjustaci. Vzhledem k tomu, že hlavní důraz klademe na ověření přesnosti metod, je těmto postupům věnována 4. kapitola. Jsou zde uvedeny výsledky ověření přesnosti metod pro odhad denních a hodinových úhrnů vztahovaných k radarovému pixlu i výsledky tes-

tování odhadů plošných. Hlavní výsledky jsou sumarizovány v závěrečné 5. kapitole. V přílohách jsou shrnuty matematické postupy, které tvoří základ užitých metod.

## 2. DATA

Data použitá v této práci se vztahují k teplé polovině roku, tj. k období od dubna do září, a zahrnují soubory radarových a srážkoměrných dat. Veškerá pozemní měření srážek byla ze stanic z území ČR.

Radarová data představují soubory hodnot maximální odrazivosti, které byly stanoveny z měření meteorologického radaru Skalky (Doppler C band Gematronik METEOR 360 AC), viz ([16], [22]). Výsledky radarového měření jsou ukládány s časovým krokem 10 min. Pro výpočet srážkových úhrnů byl použit postup, který je provozně využíván v ČHMÚ [22] a který užívá časovou integraci intenzity srážek stanovené z maximální radarové odrazivosti. Pro hodnoty srážkových úhrnů odvozené pouze z radarových dat budeme dále používat pojem „radarové srážky“ a označení RADX. Radarové srážky byly počítány v síti 256 x 256 pixelů, přičemž každý pixel má rozměr 2 km x 2 km. Pro odvození a testování vztahu mezi radarovými srážkami a výsledkem pozemního měření byl každé srážkoměrné stanici přiřazen pixel radarové oblasti, který geograficky odpovídá poloze stanice. V souboru nedošlo k tomu, aby jednomu pixlu odpovídala více než jedna stanice.

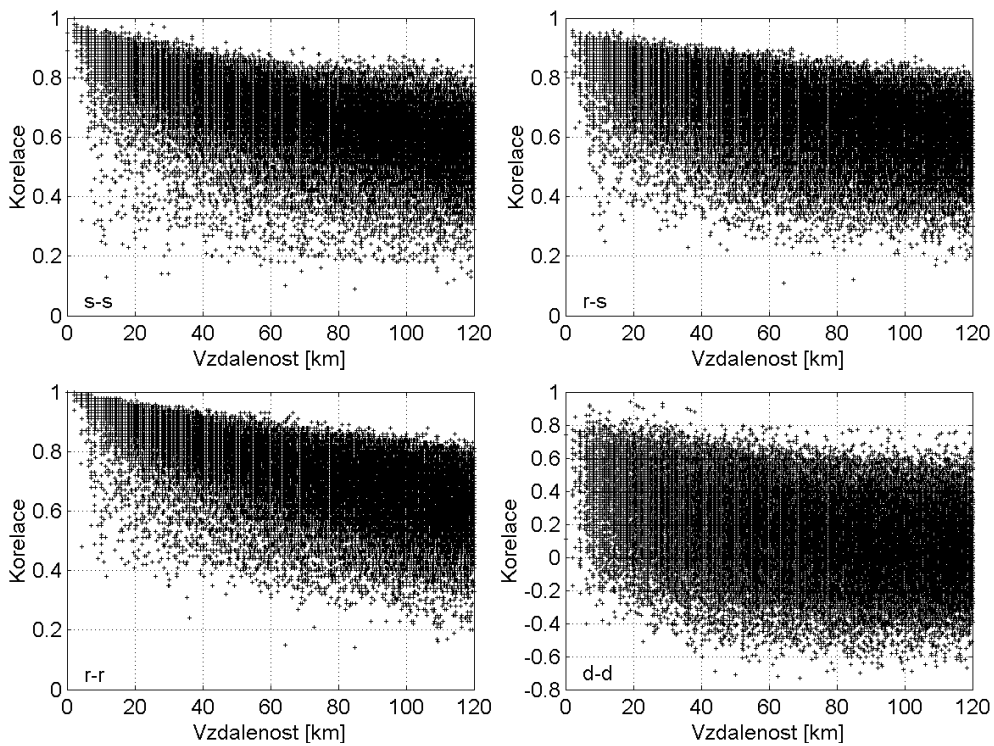
### 2.1 Denní srážkové úhrny

Denní úhrny srážek uvažované v této práci jsou z letních sezon 1996-98. Přízemní srážková měření zahrnují údaje ze 714 stanic z území ČR, které ležely v dosahu radaru Skalky. Radarová i srážkoměrná data byla kontrolována s cílem odstranit zjevné chyby. Vzhledem ke značné variabilitě srážkových úhrnů zvláště v teplé polovině roku je kontrola radarových i srážkoměrných dat velmi obtížná a použitý postup proto zahrnuje také subjektivní posouzení kvality dat.

V prvním kroku byla provedena formální kontrola četnosti dat. Při ní byly nejprve vyřazeny dny, pro které bylo k dispozici méně než 95% radarových termínových měření, tj. méně než 137 měření radarové odrazivosti, která sloužila pro výpočet denních radarových srážek. Zároveň byly ze souboru vyřazeny stanice s menším počtem měření než 70% denních radarových srážek, které byly k dispozici v odpovídajícím pixlu. Ve druhém kroku byly statisticky porovnány naměřené údaje ze stanic s radarovými srážkami z odpovídajícího pixlu. Stanice s korelačním koeficientem menším než 0.35 byly automaticky vyřazeny. Denní úhrny ze stanic s korelačním koeficientem 0.35-0.40 byly porovnány s radarovými hodnotami a subjektivně posouzeny. Na základě tohoto postupu bylo vybráno 650 stanic, jejichž data byla dále kontrolována pomocí algoritmu uvedeného v příloze A.

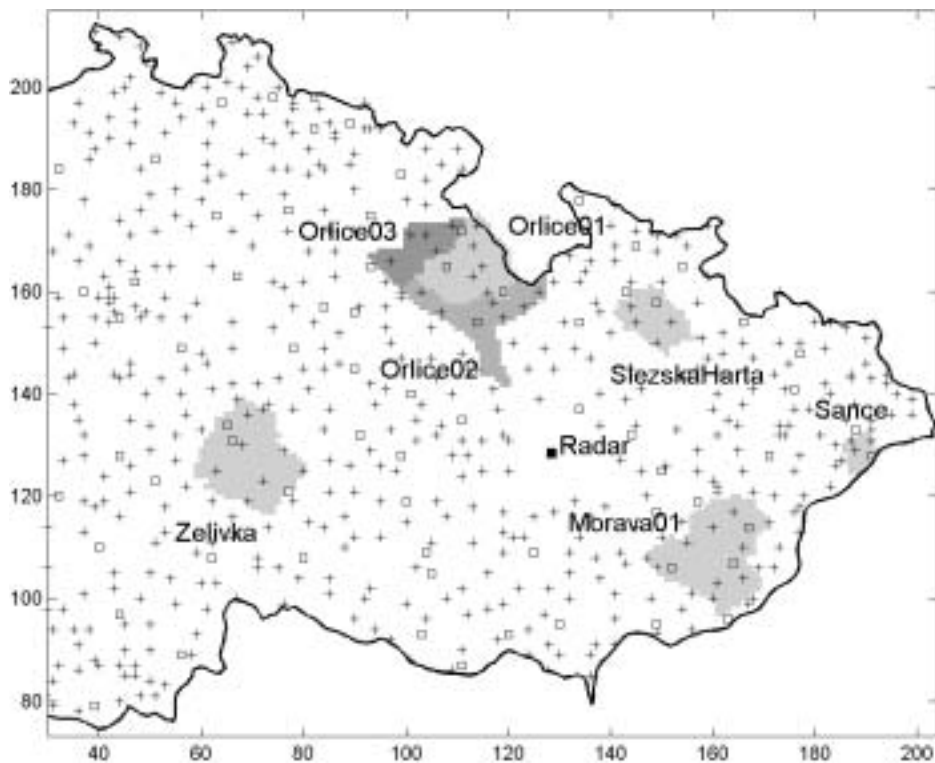
Cílem práce bylo vyvinout a otestovat metody pro kvantitativní odhad srážek s důrazem na vyšší srážkové hodnoty. Proto byly pro odhad bodových srážek použity pouze termíny, kdy alespoň na jedné stanici byl naměřen denní úhrn 5 mm a více. Základní statistické charakteristiky vybraného souboru dat jsou uvedeny v tabulce 1. Při výpočtu plošných srážek však nebylo zmíněné kritérium „5 mm a více“ aplikováno a byly použity všechny termíny ze tří uvažovaných sezon.

Statistické metody interpolace dat zpravidla využívají vlastností korelačního koeficientu mezi daty z různých míst. Tato charakteristika vyjadřuje prostorovou variabilitu dané veličiny. Na obr. 1 je zobrazena závislost na vzdálenosti pro korelaci (i) mezi přízemními hodnotami naměřenými na stanicích, (ii) mezi hodnotami radarových srážek, (iii) mezi pří-



Obr. 1 Závislost korelace mezi hodnotami denních úhrnů na vzdálenosti mezi místy měření. Jednotlivé závislosti se týkají hodnot naměřených na stanicích (s-s), radarových srážek (r-r), radarových srážek a hodnot naměřených na stanicích (r-s). Poslední závislost ukazuje korelaci rozdílů mezi měřením srážkoměrem a radarem (d-d).

Fig. 1. Correlation between daily precipitation amount in dependence on the distance between the position of measurement. The individual pictures are related to the rain gauge values (s-s), radar precipitation values (r-r), radar and rain gauge values (r-s). The last picture shows the correlation of differences between rain gauge and radar values (d-d).



Obr. 2 Poloha povodí a stanic s denními úhrny srážek. Stanice označené čtvercem poskytují měření v reálném čase. Osy označují kartézský souřadný systém radarových pixlů.

Fig. 2. The position of river basins and of the rain gauge stations reporting daily precipitation. The stations marked by squares provide on-line measurements. The axes denote the cartesian coordinates of radar pixels.

zemními a radarovými hodnotami a (iv) mezi rozdíly hodnot naměřených srážkoměrem a radarem. Vzdálenost mezi dvěma místy byla uvažována bez ohledu na jejich pozici vzhledem k poloze radaru. Přestože je korelace v průměru relativně vysoká, s výjimkou posledního typu závislosti, velký rozptyl hodnot korelačního koeficientu pro danou vzdálenost ukazuje na nejednoznačnost závislosti na vzdálenosti, což ve svém důsledku negativně ovlivňuje přesnost statistických interpolačních metod.

Z celkového počtu 650 stanic, které jsou v dosahu radaru Skalky, 81 stanic poskytuje měření v téměř reálném čase, a tato data lze tedy použít při odvozování metod. Měření ze zbývajících stanic, která nejsou okamžitě dostupná, byla použita při verifikaci odvozených vztahů. Poloha stanic je vyznačena na obr. 2.

Pro testování přesnosti plošných srážek bylo vybráno 7 povodí z oblasti pokryté měřením radaru Skalky (viz obr. 2). Jednotlivá povodí reprezentují různé typy oblastí, které se liší vzdáleností od radaru, plochou i charakterem orografie (tab. 2). Lze proto předpokládat, že dosažené výsledky lze zobecnit na libovolné povodí v oblasti radaru Skalky.

## 2.2 Hodinové úhrny srážek

Pro vývoj a testování metod, které jsou určeny pro odhad hodinových úhrnů, byla využita srážkoměrná data z teplé poloviny roku 2001. Obdobně jako pro denní úhrny byla radarová a srážkoměrná data kontrolována s cílem vyřadit stanice, které nedávají pravidelná měření, a odstranit zjevné chyby v radarových i ve srážkoměrných datech. Soubor obsahoval data ze 110 stanic s různou délkou řady měření, ke kterým byly přiřazeny radarové srážky z odpovídajícího pixlu. V prvním kroku bylo ze souboru vyřazeno 40 stanic s délkou řady menší než 2000 údajů, tj. asi 50 % termínových měření za sledované období. Ve druhém kroku proběhla kontrola měření porovnaním odpovídajících radarových a srážkoměrných termínových dat (viz Příloha A). Kvalita dat byla testována pomocí korela-

Tab. 1 Relativní četnost P[%] denních úhrnů naměřených srážkoměrem, resp. radarem, a průměrná hodnota úhrnu M pro jednotlivé kategorie srážek.

Table 1. Relative frequency P[%] of daily precipitation determined from rain gauge and radar measurements for various precipitation categories.

Kategorie	≥0 mm	≥ 5 mm		≥10 mm		≥ 30 mm		≥ 50 mm	
	M	P	M	P	M	P	M	P	M
Srážkoměr	3.5	19.43	14.4	9.99	21.2	1.58	45.5	0.35	74.7
Radar	2.1	12.00	10.4	4.34	16.5	0.23	39.4	0.02	62.8

Tab. 2 Vybraná povodí a jejich geografické charakteristiky.

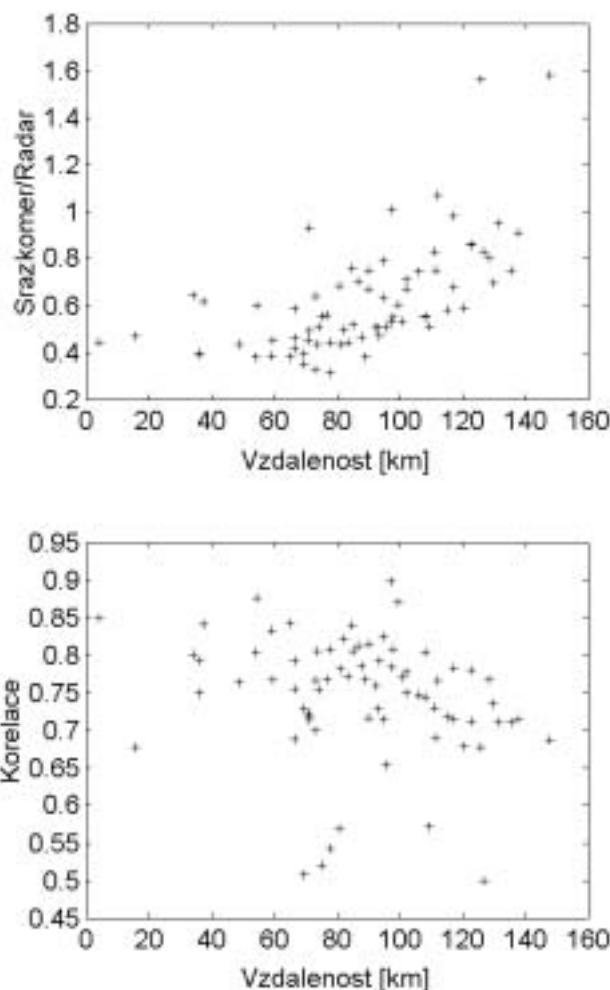
Table 2. Selected catchment basins and their geographical parameters. The mean precipitation is marked by M.

č.	Povodí	Označení	Minimální nadm. výška [m n.m.]	Maximální nadm. výška [m n.m.]	Průměrná nadm. výška [m n.m.]	Vzdálenost od radaru [km]	Plocha [km <sup>2</sup> ]
1	Morava01	MOR	178	682	347	76	1267
2	Orlice01	ORL1	251	1033	559	78	832
3	Orlice02	ORL2	265	882	510	60	757
4	Orlice03	ORL3	231	796	458	95	464
5	Šance	SAN	572	1071	795	120	146
6	Slezská Harta	HAR	511	1425	713	67	467
7	Želivka	ZEL	362	710	568	119	1189

Tab. 3. Jako tab. 1, ale pro hodinové úhrny srážek.

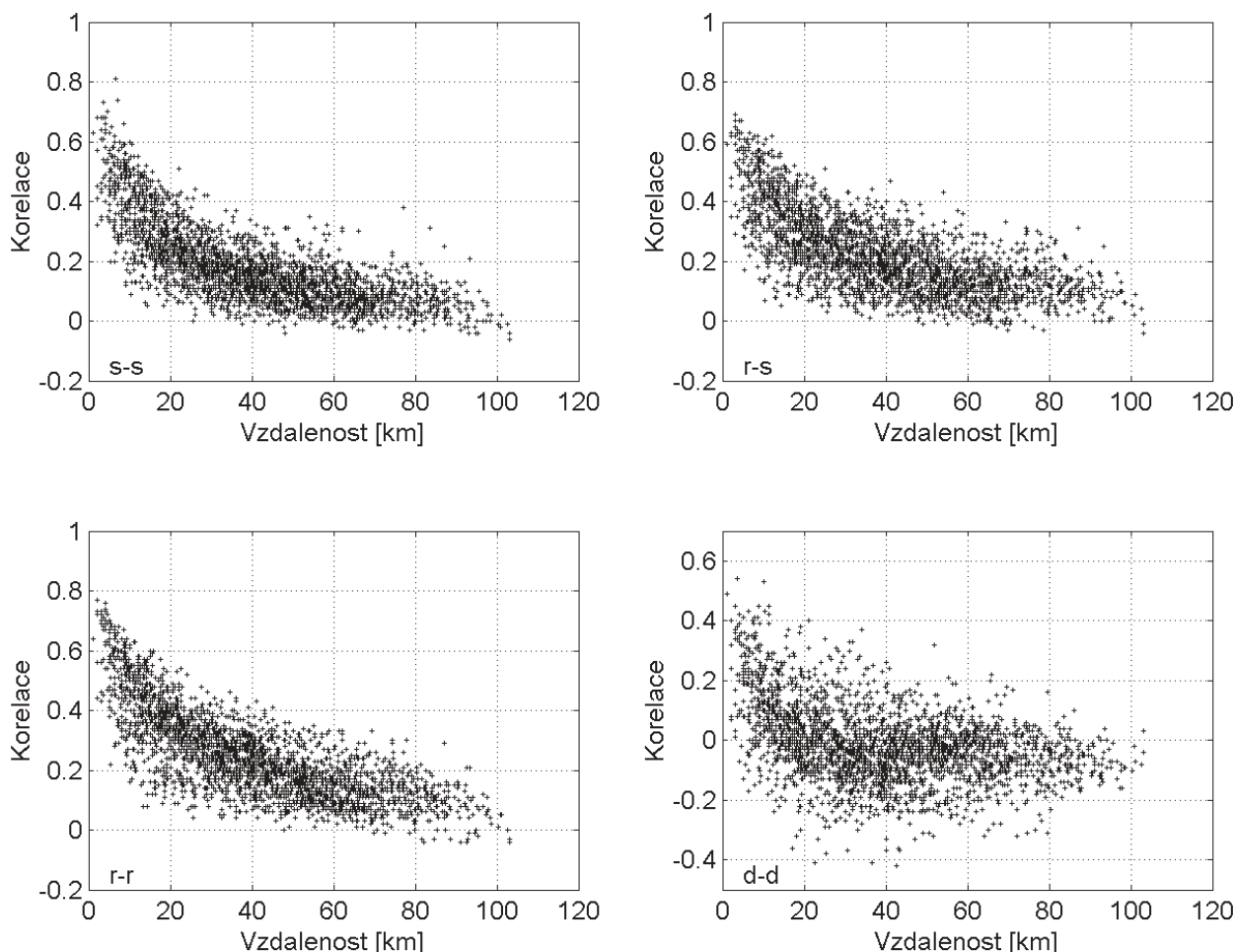
Table 3. The same as Tab.1 but for the hourly precipitation.

Kategorie	≥0 mm	≥ 0.1 mm		≥3 mm		≥ 5 mm		≥ 10 mm	
	M	P	M	P	M	P	M	P	M
Srážkoměr	0.27	28.2	0.94	1.62	4.45	0.40	7.1	0.04	14.4
Radar	0.44	48.0	0.91	3.12	4.62	0.82	7.2	0.07	15.1



Obr. 3 Podíl mezi průměrnými hodnotami hodinových srážkových úhrnů naměřených srážkoměrem a radarem za studované období pro jednotlivé stanice v závislosti na vzdálenosti stanic od radaru (nahore). Korelace mezi radarovými a srážkoměrnými hodinovými úhrny v závislosti na vzdálenosti stanic od radaru (dole).

Fig. 3. The ratio of mean hourly precipitation and corresponding radar precipitation in dependence on the distance from the radar (upper). Mean values were determined for the whole period considered. The correlation between radar precipitation and rain gauge values in dependence on the distance from radar (lower).



Obr. 4 Jako na obr.1 ale pro hodinové srážkové úhrny.  
 Fig. 4. The same as in Fig.1 but for hourly precipitation.

ce mezi radarovými a naměřenými srážkami a pomocí průměrné hodnoty srážek měřené radarem a srážkoměrem za celé období (obr. 3). Je zřejmé, že radar zřetelně nadhodnocuje množství srážek, ale vzhledem k vysokým korelacím mezi radarovými a srážkoměrnými úhrny, lze předpokládat, že se jedná o systematickou odchylku, kterou lze odstranit.

Obdobně jako pro denní úhrny byly vyřazeny termíny s malými úhrny. Proto byly v následujícím použity pouze termíny, kdy alespoň na jedné stanici bylo naměřeno od 0.5 mm výše. Základní statistické charakteristiky vybraného souboru dat jsou uvedeny v tabulce 3.

Na obr. 4 je zobrazena závislost korelace na vzdálenosti: (i) mezi hodnotami naměřenými na stanicích, (ii) mezi radarovými hodnotami srážek, (iii) mezi hodnotami naměřenými na stanicích a radarem a (iv) mezi rozdíly hodnot naměřených srážkoměrem a radarem. Celkově jsou korelace zřetelně nižší než u denních úhrnů (obr. 1) a strměji klesají se vzdáleností.

### 3. METODY

Metody adjustace radarových dat prezentované v této práci jsou založeny na lineárním odhadu bodové hodnoty s využitím okolních srážkoměrných a radarových dat. Jsou formálně totožné pro denní i hodinové úhrny a liší se pouze hodnotami parametrů. Protože metody jsou závislé na 1–2 parametrech, není potřeba vzhledem k rozsahu datových souborů rozdělovat data na kalibrační, kde se určuje hodnota parametrů, a verifi-

kační, kde se hodnoty parametrů nezávisle testují. Navíc se ukazuje, že výsledky metod nejsou zásadně závislé na hodnotách parametrů v tom smyslu, že malá změna parametru způsobuje malou změnu ve výsledcích. Proto byly hodnoty parametrů vybrány na základě celé množiny dat. Je třeba podotknout, že statistické metody interpolace (resp. extrapolace) využívají korelační závislost na vzdálenosti a vodítkem pro určení optimálních hodnot parametrů je korelační analýza (obr. 1 a 4).

Byly testovány tři typy korelačních (resp. váhových) funkcí:

$$w(r) = \exp(-\alpha r^2), \quad (1)$$

$$w(r) = \exp(-\alpha r), \quad (2)$$

$$w(r) = \exp(-\alpha r^{0.5}), \quad (3)$$

kde  $r$  je Euklidovská vzdálenost v km a  $\alpha$  je parametr. Poznamenejme, že jako nejefektivnější se prokázala funkce (3), viz dále.

V následující části budou stručně popsány použité korelační metody a uvedeny výsledné hodnoty jejich parametrů. Podrobnosti týkající se odvození jednotlivých algoritmů jsou uvedeny v příloze B. Při popisu metod označuje  $G_k$  hodnotu srážek naměřených na stanici  $k$ ,  $R_k$  je hodnota radarové srážky v pixlu, který odpovídá poloze stanice, a  $R(i,j)$  je radarová srážka v pixlu  $(i,j)$ .

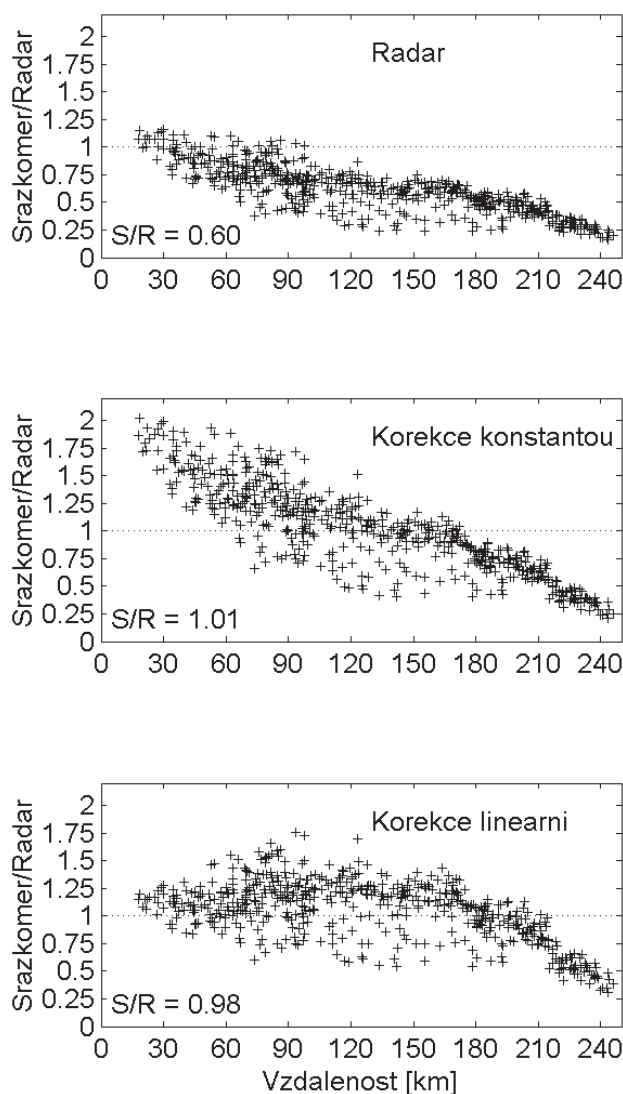
### 3.1 Předběžná korekce radarových srážek (RADK)

Nejjednodušší způsob korekce radarových srážek je oprava s pomocí multiplikativní konstanty tak, aby sumy srážek naměřených na stanicích a sumy radarových srážek v odpovídajících pixlech se pro daný termín přibližně shodovaly. Při výpočtu multiplikativní konstanty se zpravidla vychází nejen z aktuálních naměřených hodnot, ale i z archivovaných dat z předchozího období ([8], [15]). V našem případě využíváme pouze termínová měření a korigujeme radarová data následujícím způsobem:

$$RADK(i,j) = q \cdot R(i,j), \quad (4)$$

kde  $q$  je multiplikativní konstanta, pro kterou platí:

$$q = \frac{\sum G_k}{\sum R_k}, \quad (5)$$



Obr. 5 Podíl sumy srážek naměřené srážkoměrem a radarem pro všechny stanice v závislosti na vzdálenosti stanice od radaru. Podíly jsou vypočteny pro naměřené a korigované radarové srážky. S/R je celková hodnota podílu pro všechna data.

Fig. 5. The ratio of precipitation totals measured by rain gauges and the radar in dependence on the distance from the radar. The ratios are determined for all rain gauges and corresponding adjusted radar precipitation. S/R is the total ratio for all data.

a sčítáme přes všechny stanice  $k$ , pro které

$$G_k \geq M_1 \text{ a zároveň } R_k \geq M_2. \quad (6)$$

Pokud počet stanic splňujících podmínku (6) je menší než  $N_s$ , je  $q = 1$ . Na základě testů byly zvoleny hodnoty  $M_1 = 3$  mm,  $M_2 = 3$  mm,  $N_s = 8$  pro denní úhrny a  $M_1 = 0.5$  mm,  $M_2 = 0.5$  mm,  $N_s = 8$  pro hodinové úhrny.

Testy ukázaly, že jednoduchá korekce multiplikativní konstantou RADK zesiluje závislost radarových srážek na vzdálenosti. Proto byla metoda modifikována tak, že místo multiplikativní konstanty využívá lineární funkci vzdálenosti od radaru  $r$ . Pokud pro daný termín existovalo alespoň  $N_s = 8$  dvojic  $G_k, R_k$  splňujících podmínku (6), byl z těchto dat sestaven lineární regresní model ve tvaru  $G = aR + b$  ( $G$  jsou měření srážkoměru,  $R$  jsou radarové srážky,  $a, b$  jsou parametry regrese), který byl aplikován na hodnoty radarových srážek v jednotlivých pixlech.

Na obr. 5 jsou obě korekční metody porovnány s původními radarovými daty. Je zřejmé, že lineární korekce vyrovnává závislost systematické chyby na vzdálenosti od radaru. Testy navíc prokázaly, že lineární korekce dává o 5-15% nižší střední chyby než korekce konstantou. Zároveň se však ukázalo, že uijeme-li radar korigovaný lineárním modelem jako první odhad, na který aplikujeme další korekční postup, nezlepšuje se přesnost tohoto postupu ve srovnání s užitím jednoduché korekce konstantou. Proto byla v metodách popsaných níže užitá jako první odhad pouze korekce konstantou.

### 3.2 Interpolace srážek metodou kriging (KRI)

Názvem kriging se v geofyzikálních vědách a často i v radarové meteorologii (zabývající se interpolací pozemních i radarových srážek) označují metody interpolace využívající statistické struktury (strukturní funkce, kovariance) interpolované veličiny. V této práci pod názvem kriging (KRI) je použita metoda optimální interpolace s normovanými vahami [10], která je velmi podobná metodě označované v anglické literatuře jako „ordinary kriging“ a liší se pouze tím, že navíc uvažuje chyby měření (viz Příloha B).

Metoda KRI byla aplikována při interpolaci úhrnů naměřených srážkoměry s korelační funkcí (3) a hodnotami parametrů  $\alpha = 0.05$ ,  $\varepsilon = 0$  (viz Příloha B) pro denní úhrny a s parametry  $\alpha = 0.005$  a  $\varepsilon = 0$  pro hodinové úhrny.

V souvislosti s metodou KRI je třeba se zmínit o metodě vážených průměrů ([24], [30]) a o metodě SPHEREMAP [29]. Zkušenosti ukazují, že z hlediska studovaných charakteristik (RMSE, SER i CC viz dále) jsou výsledky všech metod srovnatelné [24], a proto v této práci je použita pouze metoda KRI. Rozdíl mezi metodami spočívá v plošném charakteru výsledných polí. Srážková pole vypočtená metodou KRI jsou výrazně hladší, neboť metoda KRI stejně jako optimální interpolace filtrují interpolovaná pole ([6], [10]).

### 3.3 Optimální interpolace (OI)

Optimální interpolace (OI) patří mezi standardní metody využívané v meteorologii. Metoda OI byla použita pro interpolaci srážkových úhrnů tak, že pole RADK bylo použito jako předběžné pole ([3], [6], [10]). Při výpočtu denních úhrnů byla použita korelační funkce (3) a hodnoty parametrů  $\alpha = 0.025$ ,  $\varepsilon = 0$  (viz Příloha B). Pro hodinové úhrny se použila korelační funkce (3) s  $\alpha = 0.005$ ,  $\varepsilon = 0$ .

### 3.4 Interpolace modifikovaného podílu (MOD)

Metoda interpolovaného podílu (MOD) nejprve vypočte modifikovaný podíl  $p$  v místě srážkoměru  $k$



$$p(k) = \frac{G_k + \Delta_G}{RADK_k + \Delta_R}, \quad (7)$$

kde  $\Delta_G$  a  $\Delta_R$  jsou zadané konstanty, které jsou pak pomocí metody KRI interpolovány do každého pixlu ( $i, j$ ). Na základě znalosti hodnot radaru v každém pixlu,  $RADK(i, j)$ , se vypočte ze vztahu (7) interpolovaná hodnota  $G(i, j)$

$$G(i, j) = \max((RADK(i, j) + \Delta_R)p(i, j) + \Delta_G, 0), \quad (8)$$

Maximum zajišťuje, že výsledný odhad  $G$  je nezáporný.

Pro denní úhrny byly použity parametry  $\Delta_G = 10$  mm,  $\Delta_R = 10$  mm, metoda KRI s  $\alpha = 0.05$ ,  $\varepsilon = 0$  a korelační funkce (3). Pro hodinové úhrny to byly parametry  $\Delta_G = 10$  mm,  $\Delta_R = 10$  mm,  $\alpha = 0.5$ ,  $\varepsilon = 0$  a korelační funkce (3).

### 3.5 Interpolace metodou co-kriging (CKRI)

Metoda co-kriging (CKRI) je obdobou metody kriging, od níž se liší tím, že při interpolaci může využít různé typy dat. Existuje několik typů metody co-kriging, které se liší formou interpolačního vztahu a dodatečnými podmínkami, které musí vypočtené interpolační váhy splňovat (např. [27], [28]). Testy ukázaly, že pouze jediná implementace metody co-kriging dávala rozumné výsledky (viz Příloha B). Jedná se o implementaci použitou v práci [8]. V současné době je tento postup využíván v provozní verzi programu pro odhad srážek v ČHMÚ [31]. Na rozdíl od OI a MOD co-krigingové metody využívají data z různých zdrojů odděleně a vzájemná vazba je popsána pouze kovarianční závislostí (kovariance mezi různými měřeními jako funkce vzdálenosti). Proto výsledky silně závisí na volbě kovarianční závislosti mezi srážkoměrnými daty, radarovými daty a na křížové kovarianci mezi srážkoměrnými a radarovými daty. Nevhodná volba těchto závislostí velmi snadno vede k tomu, že matice výsledné soustavy rovnic je špatně podmíněná (skoro singulární) a řešení je nestabilní. Proto použité parametry jsou výsledkem testů a neodpovídají kovariančním závislostem odvozeným z naměřených dat.

Pro denní i hodinové úhrny byla použita korelační funkce (3) a následující parametry (viz Příloha B):  $\alpha_G = 0.5$ ,  $\alpha_R = 0.25$ ,  $\alpha_{RG} = 0.5$ ,  $\varepsilon_G = 0$ ,  $\varepsilon_R = 0$ ,  $r_G = 1$ ,  $r_R = 1$ .

## 4. VÝSLEDKY

Přesnost jednotlivých metod byla porovnávána pomocí střední kvadratické chyby (RMSE), systematické chyby (SER), podílové chyby (BIAS) a korelačního koeficientu (CC)

$$RMSE = \frac{1}{n} \left( \sum_{s=1}^n (f_s - y_s)^2 \right)^{1/2}, \quad (9)$$

$$SER = \frac{1}{n} \left( \sum_{s=1}^n (f_s - y_s)^2 \right), \quad (10)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{s=1}^n f_s}{\sum_{s=1}^n y_s}, \quad (11)$$

$$CC = \frac{\sum_{s=1}^n \left( f_s - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_j \right) \sum_{s=1}^n \left( y_s - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \right)}{\sqrt{\sum_{s=1}^n \left( f_s - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n f_j \right)^2 \sum_{s=1}^n \left( y_s - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_j \right)^2}} \quad (12)$$

kde  $f_s$  je odhad a  $y_s$  je skutečná hodnota. Výběr hodnoty  $y_s$  není jednoznačný vzhledem k tomu, že prakticky nelze zjistit skutečnou hodnotu srážkového úhrnu v daném pixlu, tj. hodnotu průměrného srážkového úhrnu na ploše pixlu. V praxi se používají dva postupy, buď se využívají speciální radarová měření, nebo naměřené hodnoty srážkoměrů. Právě vzhledem k uvedené nejistotě se verifikace metod zpravidla neomezuje pouze na standardní RMSE, ale využívají se i jiná kritéria, jako např. BIAS.

V případě bodových odhadů byly výsledky porovnávány s hodnotami naměřenými srážkoměrem. To znamená, že interpolační metody odhadují hodnotu srážek, která by byla naměřena srážkoměrem, pokud by byl v daném pixlu instalován.

Plošné srážky byly vyjádřeny ve formě průměrné srážky na dané ploše. Při hodnocení odhadu plošných srážek není jasné, s čím výsledky porovnávat, neboť je nelze přímo měřit. V našem případě je však možné využít velmi hustou síť srážkoměrných stanic měřících denní úhrny na území ČR. U této sítě je průměrná vzdálenost mezi nejbližšími sousedy necelých 8 km. Pro účely verifikace byly proto plošné srážky vypočteny z husté sítě stanic následujícím postupem: (i) metodou KRI byly stanoveny úhrny v každém pixlu radarového pole a (ii) plošná srážka pro dané povodí byla určena jako průměrná hodnota z pixlů pokrývajících povodí. Testy prokázaly, že výsledky výpočtu jsou významně závislé na parametrech metody KRI pouze pro extrémní srážky. Parametry ( $\alpha = 0.1$ ,  $\varepsilon = 0$ , korelační funkce (3)) byly vybrány subjektivně právě na základě analýzy několika extrémních situací.

### 4.1 Denní úhrny

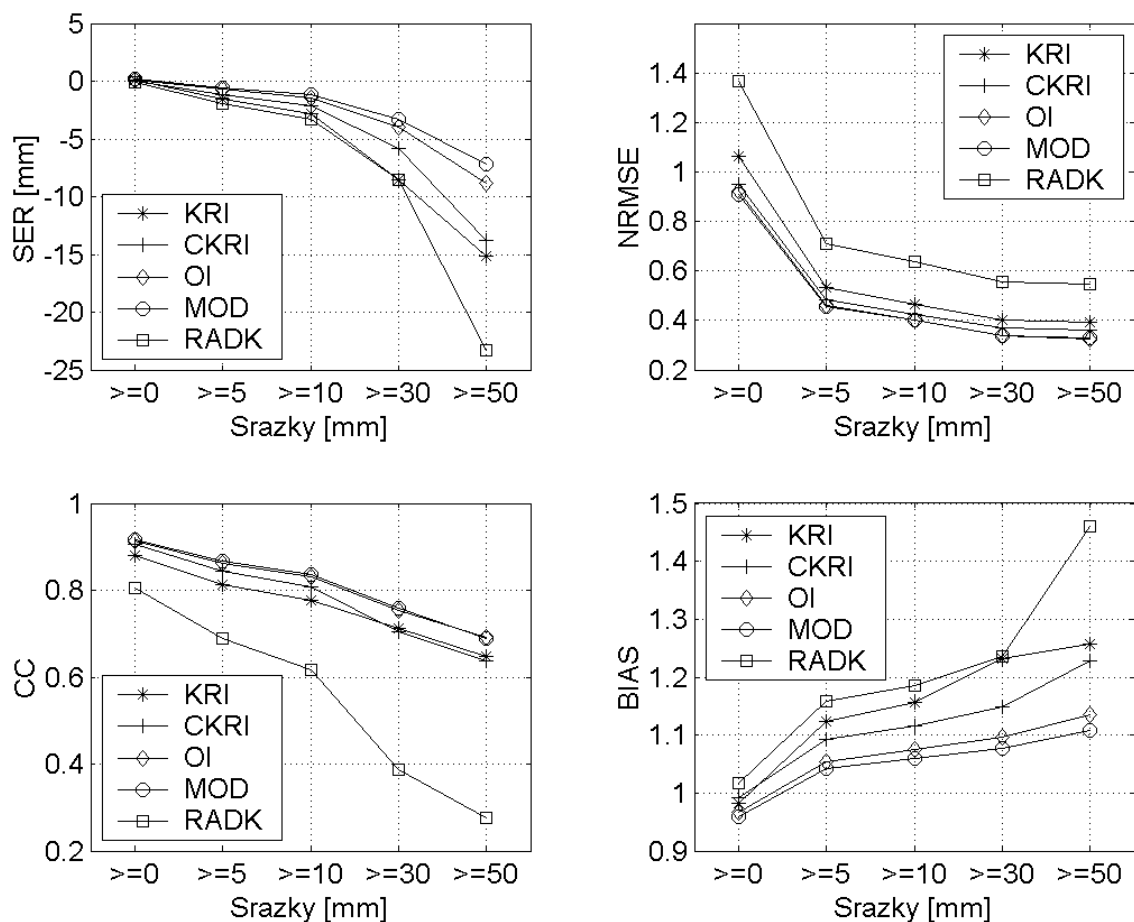
Metodami KRI, OI, MOD a CKRIG s využitím provozních stanic byly vypočteny odhady srážek v jednotlivých pixlech a výsledky byly porovnány s měřeními na nezávislých stanicích. Na obr. 6 jsou výsledky uvedeny v závislosti na srážkové kategorii. Místo RMSE je použita normovaná RMSE (NRMSE), tj. podíl RMSE k průměrné hodnotě srážek v dané srážkové kategorii (viz tab. 1).

Z obr. 6 je patrné, že zřetelně nejhorší výsledky dává RADK. Z porovnání metod KRI a CKRI je zřejmé, že radarová data mohou zlepšit odhad srážek a toto zlepšení narůstá s hodnotou srážky. Z výsledků CKRI, OI a MOD lze usoudit, že „společná“ interpolace srážkoměrných a radarových dat (interpolace rozdílů nebo podílů) je zřejmě vhodnější než obecná interpolace hodnot (CKRI). Nejlepší výsledky dávají metody OI a MOD. Přestože se tyto metody zásadně liší, jejich výsledky jsou srovnatelné.

### 4.2 Plošné úhrny denních srážek

Standardním způsobem výpočtu plošných úhrnů je plošná integrace hodnot adjustovaného pole bodových srážek. Zde jsme porovnali přesnost odhadu vypočteného z pole RADK a z interpolace metodami KRI a MOD. Výsledky metody OI jsou velmi podobné metodě MOD, a proto nejsou dále diskutovány.

Druhý postup výpočtu plošných srážek spočívá ve statistickém postprocessingu výsledků získaných metodami RADK, KRI a MOD. Pro každé povodí je vytvořen regresní model (REG) s prediktory RADK, KRI a MOD, který počítá nový plošný odhad. Protože se pro každé povodí vytváří samostatný regresní model, lze očekávat, že model bude kompenzovat lokální chyby jednotlivých prediktorů a výsledný odhad se zpřesní. Na druhé straně vyžaduje tento postup značné množství historických dat, aby výstupy regresního modelu byly dostatečně spolehlivé. Celý postup je obdobou meto-



Obr. 6 Porovnání RADK, KRI, CKRI, OI a MOD pro denní úhrny srážek. NRMSE, SER, CC a BIAS jsou vypočteny pro různé srážkové kategorie.

Fig. 6. Comparison of RADK, KRI, CKRI, OI and MOD for daily precipitation. NRMSE, SER, CC, and BIAS are determined for various precipitation categories.

dy MOS [13], která se často používá při statistickém postprocessingu výstupů numerických modelů.

Byly testovány následující regresní modely:

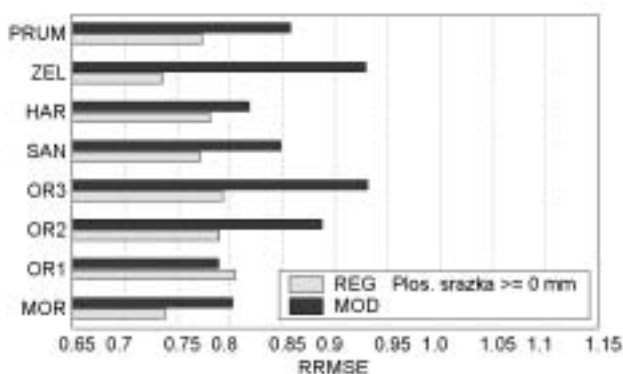
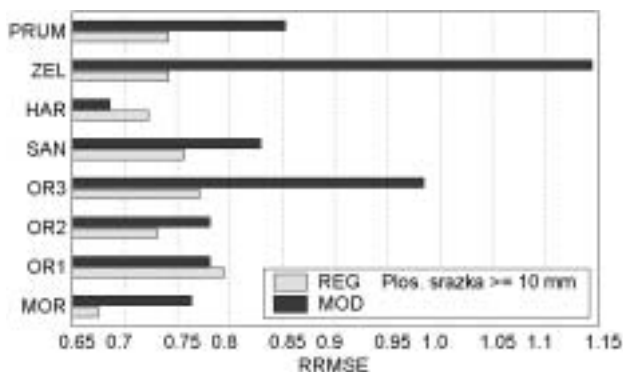
- (i) klasický lineární regresní model (REGK),
- (ii) hřebenový regresní model (REGH, [7]),
- (iii) robustní regresní model (REGR1, [7]) s váhovou funkcí  $w = 1/(1+abs(r))$ ,
- (iv) robustní regresní model (REGR2) s váhovou funkcí  $w = \tanh(r)/r$ .

Odvození REG bylo provedeno obvyklým způsobem. Data byla rozdělena na kalibrační (2 sezony) a verifikační (1 sezona) podmnožinu, přičemž byly použity všechny tři možnosti dělení dat. Ze tří nezávislých aplikací byly vypočteny střední hodnoty RMSE, SER, BIAS a CC. Pro každé povodí byl vybrán typ REG s nejnižší střední RMSE na verifikačních datech. Tento způsob výběru byl nezbytný, protože na rozdíl od klasických regresních modelů (i) neminimalizují modely (ii), (iii) a (iv) RMSE na kalibračních datech.

Výsledky obou metod pro stanovení průměrné srážky na povodí jsou porovnány na obr. 7 a 8. Obr. 7 ukazuje srovnání relativní hodnoty RMSE (RRMSE), která je podílem RMSE dané metody a RMSE vhodné metody referenční. V našem případě jsme za referenční metodu zvolili interpolaci srážkoměrných dat dostupných v reálném čase (81 stanic) metodou KRI. Velikost RRMSE byla vyhodnocena jak pro všechna data, tak zvlášť pro termíny, kdy průměrná srážka na povodí byla větší než 10 mm. Tento práh reprezentuje silné srážky

a odpovídá méně než 10 % případů (viz. tab. 4). V průměru metoda MOD zlepšuje přesnost odhadu o 15 % pro všechny srážky a o 14 % pro srážky silné. Aplikace REG snižuje RMSE referenční metody o 26 % a 23 %. Metoda REG je vždy lepší než referenční metoda a totéž platí i pro základní metodu MOD, až na jeden případ (Želivka, všechny termíny). Z hlediska SER a BIAS (obr. 8) dává opět nejlepší výsledky REG. Výsledky KRI a MOD se liší na jednotlivých povodích. Je zajímavé, že na povodí Orlice03 podceňuje REG celkové odhady, zatímco MOD a KRI odhady nadhodnocují. Celkově metoda REG lehce podhodnocuje (BIAS = 0.99). Porovnání CC zde není uvedeno, protože hodnoty CC jsou velmi vysoké s malými rozdíly mezi jednotlivými metodami. Je to dáno tím, že plošné srážky jsou hladké a korelační koeficient málo reaguje na jednotlivé rozdíly.

Výpočty prokázaly, že vztahy mezi prediktory a prediktandem (tj. plošnou srážkou odvozenou s maximální přesností ze všech dostupných pozemních dat) se lišily pro jednotlivé sezony, a proto pro většinu povodí dávaly robustní modely nejnižší RMSE na nezávislých datech. Byly vybrány následující modely: pro povodí Morava a Želivka model (i), pro povodí Šance model (ii), pro povodí Orlice02 a Orlice03 model (iii) a pro povodí Orlice01 a Slezská Harta model (iv). Je třeba poznamenat, že rozdíly mezi výsledky robustních regresních modelů (iii) a (iv) byly velmi malé. Naopak rozdíly mezi klasickým regresním modelem (i) a robustními modely (iii) nebo (iv) byly někdy výrazné (až 10 % RMSE).



Obr. 7 Odhad plošných srážek pro studovaná povodí (viz obr. 2, tab. 2) metodami REG a MOD pro dvě kategorie plošných srážek pomocí RRMSE.

Fig. 7. Estimation of area precipitation for the basins considered (see Fig. 2, Table 2). The techniques REG and MOD are applied to two area precipitation categories.

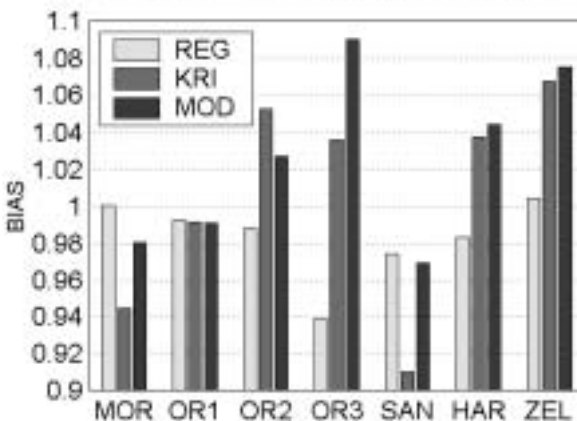
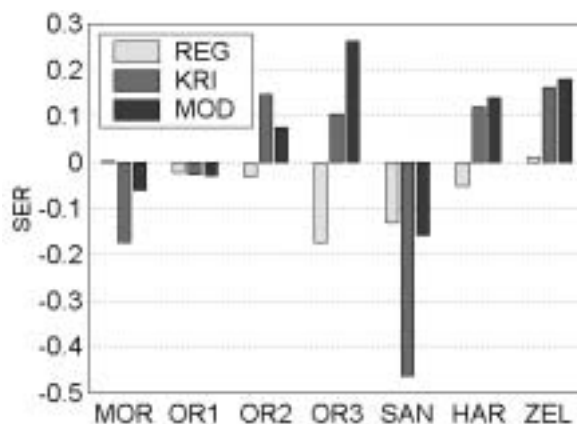
### 4.3 Hodinové úhrny

Vzhledem k relativně malému počtu stanic měřících hodinové úhrny byla použita následující metoda verifikace. Měření z jedné stanice byla vyřazena z datového souboru a interpolace do místa této stanice byla provedena metodami KRI, OI a MOD. Takto byly postupně vyřazeny všechny stanice a vypočtené interpolované hodnoty byly porovnány se staničními měřeními stejně jako v případě denních úhrnů. Výsledky jsou v závislosti na hodnotě skutečných srážkových úhrnů zobrazeny na obr. 9. Obdobně jako pro denní srážkové úhrny je místo RMSE použita normovaná RMSE (NRMSE),

Tab. 4 Charakteristiky průměrné plošné srážky pro uvažovaná povodí: maximum (Max), průměr (m) a standardní odchylka (s) v mm a počet případů v %, kdy průměrná plošná srážka překročila 10 mm (n10). Hodnoty jsou stanoveny pro teplou polovinu roků 1996 (celkem 116 případů), 1997 (150 případů) a 1998 (179 případů).

Table 4. Characteristics of the mean area precipitation determined for single basins: maximum (Max), mean (m), and standard deviation (s) in mm, and number of cases [%] with mean area precipitation exceeding 10mm (n10). All values are determined for the warm period of the years 1996 (116 cases), 1997 (150 cases), and 1998 (179 cases).

Povodí	1996				1997				1998			
	Max	m	s	n10	Max	m	s	n10	Max	m	s	n10
Morava	33.4	2.7	5.5	8.6	64.0	3.7	8.5	9.3	42.4	2.9	6.3	8.4
Orlice01	29.6	2.6	4.9	6.9	51.5	3.3	7.3	9.3	61.5	3.5	7.9	8.9
Orlice02	28.0	2.4	4.6	6.9	54.7	3.1	7.4	8.0	30.8	2.8	5.8	7.8
Orlice03	27.7	2.6	4.6	6.0	35.7	2.7	5.7	8.7	124.9	3.4	10.5	8.4
Šance	130.3	5.2	13.6	12.9	131.1	6.7	17.3	16.7	46.7	4.0	7.9	10.1
Slezská Harta	52.1	3.3	6.8	9.5	55.2	3.6	8.2	8.0	29.7	2.7	5.2	6.7
Želivka	30.2	2.8	4.6	6.0	31.7	2.5	5.1	7.3	17.6	2.2	4.0	8.9



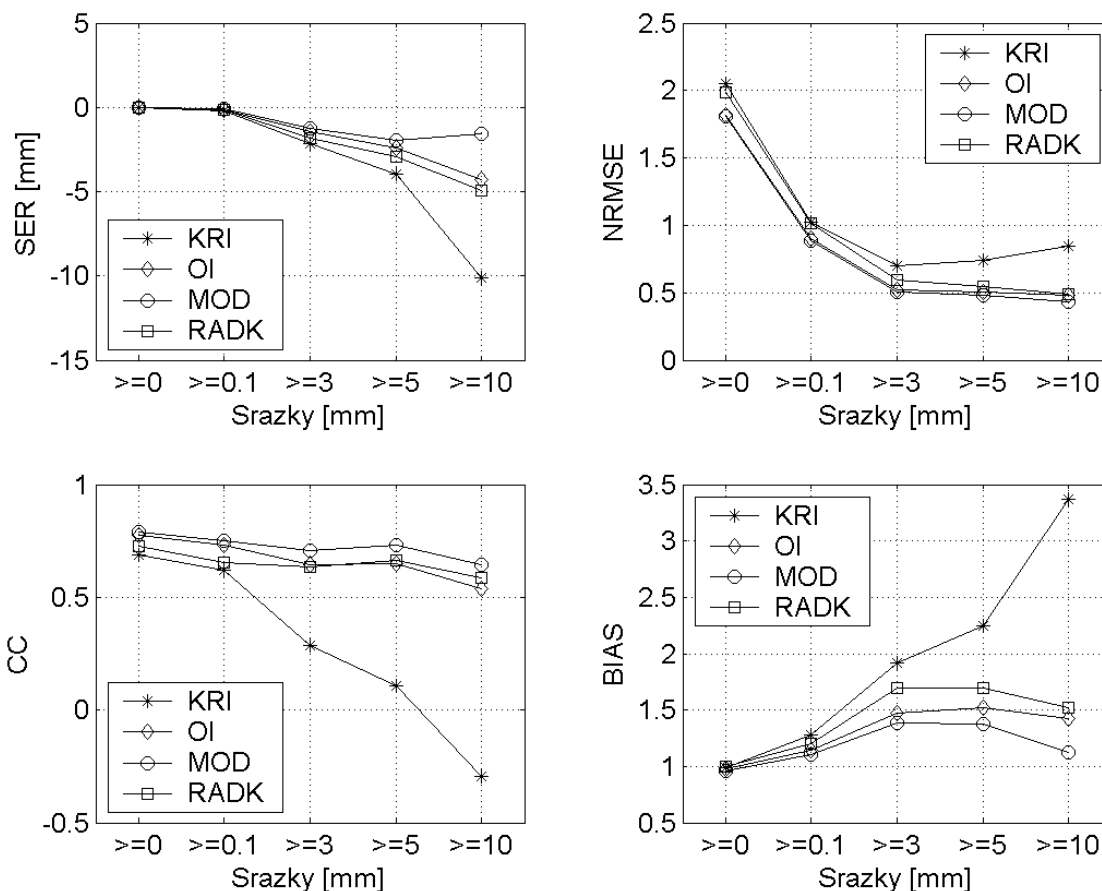
Obr. 8 Porovnání hodnot BIAS a SER pro metody odhadu plošných srážkových úhrnů.

Fig. 8. Comparison of SER and BIAS values for the techniques applied to the estimation of area precipitation.

tj. podíl RMSE k průměrné hodnotě srážek v dané srážkové kategorii (viz tab. 3). Na rozdíl od denních úhrnů zřetelně nejhorší výstupy dává KRI, což je zřejmým důsledkem velké plošné variability hodinových srážek. Naopak korigovaný radar dává poměrně přijatelné výsledky. Spojení radarových a srážkoměrných dat opět zlepšuje bodové odhady, přičemž MOD dává o něco málo lepší výsledky než OI a CKRI.

### 5. ZÁVĚR

Předložený článek se zabývá odhadem srážek s využitím sloučení radarových dat a pozemních měření. Shrnuje poznatky o přesnosti denních a hodinových úhrnů vztahených k ra-



Obr. 9 Porovnání RADK, CKRI, KRI, OI a MOD pro hodinové úhrny srážek. NRMSE, SER, CC a BIAS jsou vypočteny pro různé srážkové kategorie.  
 Fig. 9. Comparison of RADK, CKRI, KRI, OI and MOD for hourly precipitation. NRMSE, SER, CC, and BIAS are determined for various precipitation categories.

darovému pixlu i výsledky odhadu plošných denních srážek. Na rozdíl od regresních modelů popsaných v práci [30] jsou prezentované postupy sestaveny tak, aby flexibilně využívaly aktuální sloučenou informaci. Výjimkou je pouze druhá z metod pro odhad plošných srážek, která využívá regresní model v následném zpracování.

Výsledky shrnuté v tomto článku přesvědčivě ukázaly, že spojením radarových a srážkoměrných dat dostaneme vždy lepší výsledky než s daty z jednoho zdroje. Je třeba podotknout známou skutečnost, že samotná radarová data dávají výrazně horší charakteristiky než data korigovaná. Na druhé straně však použití radarových dat znamená zachování struktury srážkového pole, zde je radar nezastupitelný, a zlepšení kvality odhadů ve srovnání s interpolací provozních přízemních měření. Tento výsledek se opírá o srovnávací testy popsané v kapitole 4. Srovnávací testy slouží nejen k výběru metody a optimalizaci jejich parametrů. Jsou potřebné i pro prokázání přesnosti, s níž lze při jednotlivých odhadech počítat.

Porovnání metod pro odhad bodových srážek ukázalo, že metody OI a MOD dávají přibližně srovnatelné výsledky pro denní úhrny. Pro hodinové úhrny je vhodnější MOD. Odhady plošných úhrnů založené na využití pouze srážkoměrných dat lze zpřesnit přibližně o 15 % zahrnutím radarových dat a použitím MOD pro interpolaci do pixlů. Další zpřesnění o přibližně 10 % lze dosáhnout aplikací následného regresního modelu. Tento postup vyžaduje pro odvození stabilního regresního vztahu dostatečně rozsáhlá historická radarová a srážkoměrná data, což v současné době není zásadní problém.

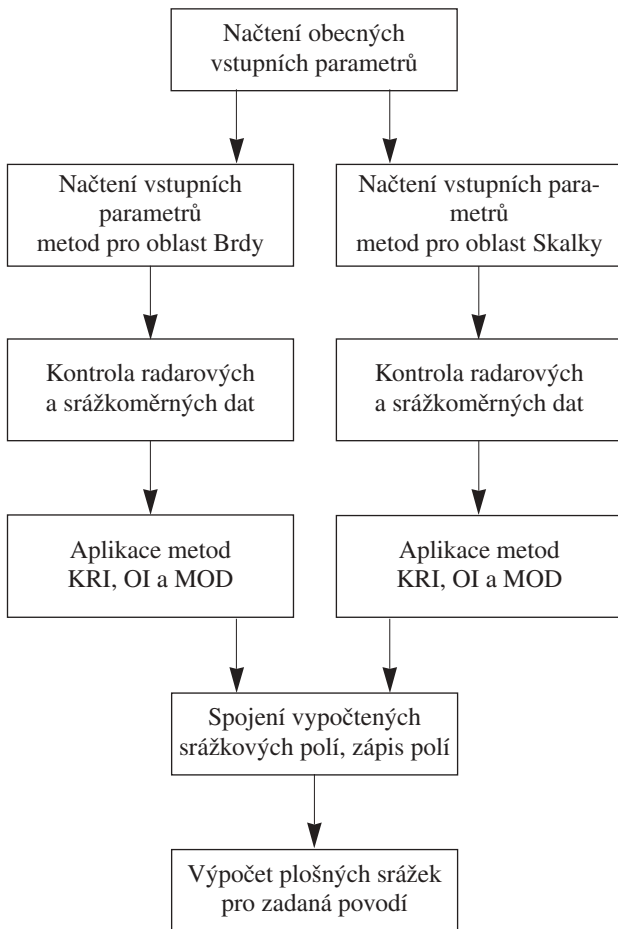
Ukázalo se, že vzhledem k variabilitě regresního vztahu v jednotlivých sezónách je vhodné využívat robustní regresní metody. Regresní model se vyvíjí pro každé povodí odděleně, což z hlediska praktické aplikace vyžaduje výběr povodí a odvození odpovídajícího modelu.

Na základě získaných výsledků byl sestaven program, který využívá radarová a srážkoměrná data pro odhad bodových a plošných srážek a který je k dispozici pro provozní využití. Program provádí výpočet pro radar Skalky a Brdy a vytváří sdruženou informaci pro celé území ČR. Sdružená informace je založena na maximalizaci překrývajících se srážkových polí. Při výpočtu se mohou používat radarová data s rozlišením 1 a 2 km. Program je napsán v jazyce FORTRAN 77 a blokové schéma programu je znázorněno na obr. 10. V současné době je program využíván v ÚFA AVČR při verifikaci simulovaných předpovědí srážek a při zpřesnění odhadu pravděpodobné maximální srážky.

#### PŘÍLOHA A

Kontrola radarových a srážkoměrných dat z daného termínu vychází z prací ([8], [15]). Kontrola radarových srážkoměrných dat probíhá v několika krocích:

- (i) Jsou označeny pixly, kde radarové srážky jsou větší než zadaná hodnota  $R_{max}$ . Do těchto pixlů jsou dosazeny průměrné hodnoty z osmi sousedních pixlů, přičemž při výpočtu nejsou použity hodnoty z označených pixlů.
- (ii) Každá hodnota vnitřního pixelu radarového pole je porovnána s průměrem vypočteným z osmi sousedních



Obr. 10 Blokové schéma programu pro adjustaci radarových srážek  
Fig. 10. Block scheme of the software designed for the radar precipitation adjustment.

pixelů. Pixly, jejichž hodnoty se liší od průměru o více než  $R_{dif}$ , jsou označeny za chybné.

- (iii) Výpočet (ii) se opakuje s tím, že nejsou při výpočtu průměrů využity hodnoty dříve (v krocích (i) a (ii)) vyznačené za chybné. Hodnoty, které při tomto porovnání neprošly kontrolou, jsou opět nahrazeny průměrem ze sousedních pixelů.

Kontrola srážkoměrných dat,  $g_k$ , je založena na analýze rozdílové řady

$$d_k = |G_k - R_k|, k = 1, \dots, N, \text{ (a1)}$$

kde  $R_k$  jsou hodnoty radarových srážek a  $N$  je počet termínových měření. Pro řadu se vypočte průměr  $m_d$  a směrodatná odchylka  $s_d$ . Pokud platí, že

$$G_k > r_k + m_d + qs_d + \varepsilon_d \text{ nebo } G_k < r_k + m_d - qs_d - \varepsilon_d,$$

kde  $q$  a  $\varepsilon_d$  jsou parametry, je měření  $G_k$  označeno za chybné a vyřazeno.

Parametry  $R_{max} = 250$  mm,  $R_{dif} = 30$  mm,  $q = 2$  a  $\varepsilon_d = 5$  mm byly použity pro kontrolu denních úhrnů a  $R_{max} = 100$  mm,  $R_{dif} = 20$  mm,  $q = 2$  a  $\varepsilon_d = 5$  mm pro kontrolu hodinových úhrnů.

## PŘÍLOHA B

V této příloze jsou stručně popsány konkrétní aplikace interpolačních metod použité v této práci. Metody využívají korelační funkce (označení cor) popsané vztahy (1-3).

### a) Metoda kriging

Z naměřených hodnot  $G_k$  v místech o souřadnicích  $x_k, y_k$ , kde  $k = 1, \dots, N$ , je interpolovaná hodnota  $a_0$  v místě  $(x_0, y_0)$  vypočtena podle vztahů:

$$a_0 = \sum_{k=1}^N w_k G_k,$$

kde váhy  $w_k$  vyplývají z relace

$$\begin{bmatrix} m_{11} & \cdot & m_{1N} & 1 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{N1} & \cdot & m_{NN} & 0 \\ 1 & \cdot & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \cdot \\ w_N \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ \cdot \\ h_n \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$h_k = \text{cor}(D_{k0}), k = 1, \dots, N,$$

$$m_{kl} = \text{cor}(D_{kl}) + \varepsilon \delta_{kl}, k, l = 1, \dots, N,$$

$$D_{kl} = \sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2},$$

kde  $\varepsilon$  je relativní chyba naměřených hodnot ([10], [6]) a  $\delta_{kl}$  je Kroneckerovo delta.

### b) Optimální interpolace

Označme  $G_k$  naměřené hodnoty v místech o souřadnicích  $(x_k, y_k)$ ,  $k=1, \dots, N$ , a  $R_k$  hodnoty předběžného pole v odpovídajících místech. Potom interpolovaná hodnota  $a_0$  v místě  $(x_0, y_0)$  s radarovou srážkou  $R_0$  je dána vztahy:

$$a_0 = R_0 + \sum_{k=1}^N w_k (G_k - R_k),$$

$$\begin{bmatrix} m_{11} & \cdot & m_{1N} \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ m_{N1} & \cdot & m_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ \cdot \\ w_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1 \\ \cdot \\ h_N \end{bmatrix}$$

$$h_k = \text{cor}(D_{k0}), k = 1, \dots, N,$$

$$m_{kl} = \text{cor}(D_{kl}) + \varepsilon \delta_{kl}, k, l = 1, \dots, N,$$

$$D_{kl} = \sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2},$$

kde  $\varepsilon$  je relativní chyba naměřených hodnot ([10], [6]).

### c) Metoda co-kriging

Metoda co-kriging obdobně jako optimální interpolace kombinuje různé typy hodnot. Pro stejné označení jako v případě optimální interpolace je interpolovaná hodnota  $a_0$  v místě  $(x_0, y_0)$  dána vztahy:

$$a_0 = \sum_{k=1}^{N_G} w_k G_k + \sum_{k=1}^{N_R} v_k R_k,$$

$$w = \{w_k\}, k = 1, \dots, N_G, v = \{v_l\}, l = 1, \dots, N_R$$

$$\begin{bmatrix} r_{GG} & r_{RG} M_{RG} & e_{N_G} \\ r_{RG} M_{RG}^T & r_{RR} M_{RR} & e_{N_R} \\ e_{N_G} & e_{N_R} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ v \\ \lambda \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_{GG} h_G \\ r_{RG} h_R \\ 1 \end{bmatrix},$$

$e_n = (1, 1, \dots, 1)^T$  je vektor obsahující  $n$  jedniček,  $T$  značí transpozici,

$$h_{Gk} = \text{cor}(\alpha_G, D_{k0}) + \varepsilon_G, h_{Rl} = \text{cor}(\alpha_R, D_{k0}) + \varepsilon_R,$$

$$M_{Gkl} = \text{cor}(\alpha_G, D_{kl}) + \varepsilon_G \delta_{kl}, M_{Rkl} = \text{cor}(\alpha_R, D_{kl}) + \varepsilon_R \delta_{kl},$$

$$D_{kl} = \sqrt{(x_k - x_l)^2 + (y_k - y_l)^2},$$

kde  $d_{kl}$  je Kroneckerovo delta a  $\text{cor}(a, D)$  značí korelační funkci (1–3).

*Poděkování: Výsledky v tomto článku byly získány s podporou grantu GA AVČR S3042101. Autoři děkují ČHMÚ za poskytnutí radarových a srážkoměrných dat, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout.*

#### Literatura

- [1] ANDRIEU, H. – CREUTIN, J.D., 1995. Identification of Vertical Profiles of Radar Reflectivities for Hydrological Applications Using Inverse Method. Part 1: formulation. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **34**, s. 225–239.
- [2] AUSTIN, P.M., 1987. Relation between measured radar reflectivity and surface rainfall. *Monthly Weather Review*, roč. **115**, s. 1053–1070.
- [3] BHARGAVA, M. – DANARD, M., 1994. Application of optimum interpolation to the analysis of precipitation in complex terrain. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **33**, s. 508–518.
- [4] BORGA, M. – ANAGNOSTOU, E.M. – KRAJEWSKI, W., 1997. A Simulation Approach for Validation of a Bright-band Correction Method. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **36**, s. 1507–1518.
- [5] COLLIER, CH.C., 1996. Applications of weather radar systems. Praxis Publishing Ltd., 390 s. ISBN 0-471-96013-6.
- [6] DALEY, R., 1991. Atmospheric data analysis. Cambridge University Press. 457 s. ISBN 0-521-45825-0.
- [7] DODGE, Y. – JUREČKOVÁ, J., 2000. Adaptive linear regression. New York, Springer-Verlag. 177 s. ISBN 0-387-98965-X.
- [8] FULTON, R.A. – BREIDENBACH, J.R. – SEO, D.J. – MILLER, D.A., 1998. The WSR-88D rainfall algorithm. *Weather Forecasting*, roč. **13**, s. 377–395.
- [9] GABELLA, M. – AMITAI, E., 2000. Radar rainfall estimates in an alpine environment using different gage adjustment techniques. *Physics and Chemistry of the Earth, B*, roč. **25**, s. 927–931.
- [10] GANDIN, L.S., 1963. Objective analysis of meteorological fields. Leningrad, Gidrometeorologičeskoe izdatel'stvo. 163 s.
- [11] GERMAN, U. – JOSS, J., 2001. Variograms of radar reflectivity to describe the spatial continuity of Alpine precipitation. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **40**, s. 1042–1059.
- [12] GIBSON, M., 2000. Comparative study of several gage adjustment schemes. *Physics and Chemistry Earth, B*, roč. **25**, s. 921–926.
- [13] GLAHN, H.R. – LOWRY, D.A., 1972. The use of model output statistics (MOS) in objective weather forecasting. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **11**, s. 1203–1211.
- [14] GROISMAN, P.Y. – LEGATES, D.R., 1994. The Accuracy of United States Precipitation Data. *Bulletin American Society*, roč. **75**, s. 215–227.
- [15] HARRISON, D.L. – DRISCOLL, S.J. – KITCHEN, M., 2000. Improving precipitation estimates from weather radar using quality control and correction techniques. *Meteorological Applications*, roč. **6**, s. 135–144.
- [16] HAVRÁNEK, P. – KRÁČMAR, J., 1996. Nová radiolokační meteorologická stanice na střední Moravě. *Meteorologické Zprávy*, roč. **49**, s. 81–84.
- [17] HUFFMAN, G., 1997. Estimates of root-mean-square random error for finite samples of estimated precipitation. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **40**, s. 1042–1059.
- [18] JOSS, J. – WALDVOGEL, A., 1990. Precipitation measurements and hydrology. D. Atlas (Ed.), Radar in Meteorology, Amer. Meteor. Society, s. 577–606.
- [19] JOSS, J. – LEE, R., 1995. The Application of Radar Gauge Comparisons to Operational Precipitation Profile Corrections. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **34**, s. 2612–2630.
- [20] KITCHEN, M., 1997. Towards Improved Radar Estimates of Surface Precipitation Rate at Long Range. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, roč. **123**, s. 145–163.
- [21] KITCHEN, M., – BROWN, R. – DAVIES, A.G., 1994. Real Time Correction of Weather Radar for the Effects of Bright Band, Range and Orographic Growth in Widespread Precipitation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, roč. **120**, s. 1231–1254.
- [22] KRÁČMAR, J. – JOSS, J. – NOVÁK, P. – HAVRÁNEK, P. – ŠÁLEK, M., 1998. First steps towards quantitative usage of data from Czech weather radar network. COST75 Advanced Weather Radar Systems. COST75 Final Seminar, Locarno, Switzerland, 23–27 March 1998, s. 91–101.
- [23] MICHELSON, D.B. – KOISTINEN, J., 2000. Gauge-radar network adjustment for the Baltic sea experiment. *Physics Chemistry Earth, B*, roč. **25**, s. 915–920.
- [24] MRŠTÍK, J., 2002. Interpolace denních srážkových úhrnů. [Diplomová práce.] – Univerzita Karlova. Fakulta matematicko-fyzikální. 82 s. [K dispozici na KMOP MFF UK.]
- [25] ŘEZÁČOVÁ, D. – SOKOL, Z. – KRÁČMAR, J. – NOVÁK, P., 2001. Statistical adjustment of radar-based daily precipitation to ground data from the Czech territory. Proc. 30<sup>th</sup> Intern. Conf. on Radar Meteorology, 19–24 July 2001, Munich, Germany, American Meteorological Society, s. 570–572.
- [26] SEO, D.J., 1998. Real-time estimation of rainfall fields using rain gauge data under fractional coverage conditions. *Journal of Hydrology*, roč. **208**, s. 25–36.
- [27] SEO, D.J. – KRAJEWSKI, W.F. – AZIMI-ZONOOZ, A. – BOWLES, D.S., 1990a. Stochastic interpolation of rainfall data from rain gauge and radar using cokriging. 1. design of experiments. *Water Resources Research*, roč. **26**, s. 915–924.
- [28] SEO, D.J. – KRAJEWSKI, W.F. – AZIMI-ZONOOZ, A. – BOWLES, D.S., 1990b. Stochastic interpolation of rainfall data from rain gauge and radar using cokriging. 2. results. *Water Resources Research*, roč. **26**, s. 915–924.
- [29] SHEPARD, D., 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. Proc. 23rd ACM Nat. Conf., Brandon/Systems Press, Princeton NJ, s. 517–524.
- [30] SOKOL, Z. – ŘEZÁČOVÁ, D., 2001. Statistická korekce denních srážkových úhrnů stanovených radarem s využitím klasifikované regrese. *Meteorologické zprávy*, roč. **54**, s. 46–56.
- [31] ŠÁLEK, M., 2000. The radar and rain gauge merged precipitation estimate of daily rainfall – First results in the Czech Republic. *Physics Chemistry Earth, B*, roč. **25**, s. 977–979.
- [32] VIGNAL, B. – ANDRIEU, H. – CREUTIN, J.D., 1999. Identification of Vertical Profiles of Reflectivity from Volume Scan Radar Data. *Journal of Applied Meteorology*, roč. **38**, s. 1214–1228.

Lektor RNDr. J. Kráčmar, CSc., rukopis odevzdán v listopadu 2002.

# ČASOVÁ PROMĚNLIVOST HORKÝCH VLN V ČESKÉ REPUBLICĚ A EXTRÉMNÍ HORKÁ VLNA Z ROKU 1994

**Temporal variability of heat waves in the Czech Republic and the severe 1994 heat wave.** The analysis of heat waves at more than fifty stations in the Czech Republic shows the temperature exceptionality of the 1990s when the most severe summer seasons occurred. In 1992 and 1994, long periods with high air temperature and decreased interdiurnal temperature variability were related to persistent circulation patterns over Europe with high pressure systems influencing central Europe. The highest air temperatures ever recorded in the Czech Republic, reaching 40°C in south and central Bohemia, were observed in 1983 but they were confined to relatively short periods and heat waves did not reach a severity comparable with 1992 and 1994. The occurrence of long and severe heat waves in the 1990s may reflect an enhanced persistence of the atmospheric circulation over central Europe in summer season, because all groups of circulation types have considerably increased residence times in the 1990s compared to long-term means. The nature of the long-term temporal heat wave distribution is dominated by a small number of large peaks. The enhanced heat wave occurrence in the 1940s – early 1950s as well as their almost total absence in the first two decades of the 20th century and around 1980 seem to be common features for a larger area of at least central Europe. The July–August 1994 heat wave was the most severe heat wave from the beginning of uninterrupted temperature measurements at Prague–Klementinum (1775). Using an AR(1) model of maximum daily temperature, an upper limit of the return period of a heat wave lasting at least 34 days (as observed in 1994) was estimated to be 700 years at Strážnice, and the return period of the observed 18-day spell of tropical days is in the order of thousands of years. An increase in the mean summer temperature of 3°C would result in a 100-fold increase in this probability. The extreme 1994 heat wave as well as the preceding June 1994 heat wave were associated with a considerable increase in total mortality and mortality due to cardiovascular diseases in the Czech Republic.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** vlna horká – proměnlivost časová – Česká republika – pravděpodobnost opakování – úmrtnost – rok 1994

## 1. ÚVOD, DATA A DEFINICE

Tento příspěvek shrnuje a rozšiřuje výsledky prací [17, 18, 19, 20], ve kterých byly analyzovány horké vlny v ČR zejména z hlediska jejich časové a prostorové proměnlivosti, vztahu k atmosférické cirkulaci a pravděpodobnosti opakování. Navazuje také na dřívější práce [12, 13, 14], v nichž byl podán rozbor horkých letních sezon 1983, 1992 a 1994.

První část analýzy (část 2) je založena na datech z více než 50 klimatických stanic v ČR za období 1961–1998, bližší popis je uveden v [17]. Stanice zhruba pokrývají území ČR, jejich nadmořská výška je v rozmezí 158 m n. m. (Doksany) až 1 324 m n. m. (Lysá hora). Horké vlny však nejvýše zasáhly stanici Milešovku (833 m n. m.), na Churáňově ani Lysé hoře se již nevyskytují. Kromě těchto dat byla použita teplotní řada z Prahy–Klementina, a to od počátku nepřetržitých záznamů v roce 1775 (část 3).

Horké vlny jsou definovány jako souvislá období splňující podmínky

- (i) alespoň ve 3 dnech maximální denní teplota vzduchu ( $T_{MAX}$ )  $\geq 30.0$  °C;
- (ii) průměrná  $T_{MAX}$  za celé období  $\geq 30.0$  °C;
- (iii)  $T_{MAX}$  ve všech dnech  $\geq 25.0$  °C.

Definice vychází z přístupu uvedeného v meteorologickém slovníku [24] a je stejná jako v dalších publikacích, např. [18, 19, 20], kde je také podrobněji diskutována.

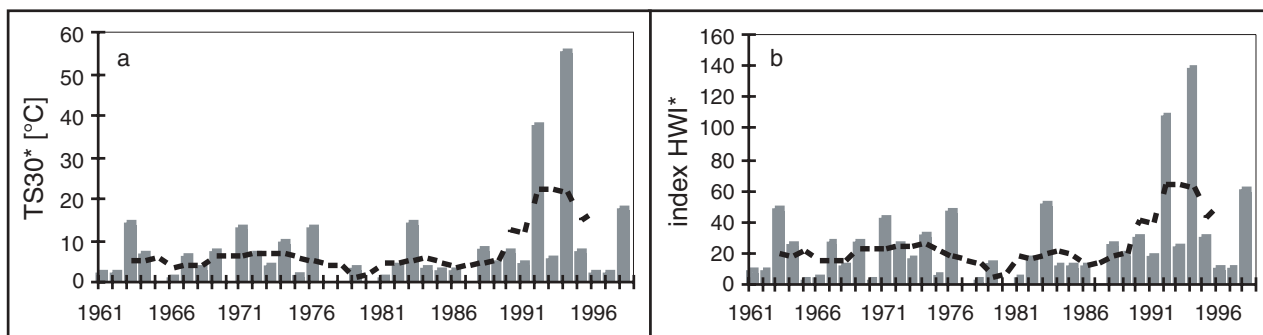
Z proměnných popisujících horké vlny zde budou uvažovány především jejich délka a teplotní suma TS30, definovaná jako součet  $T_{MAX} - 30.0$  °C pro dny s  $T_{MAX} > 30.0$  °C v horké vlně. V pracích [17, 18] byl dále zaveden index horké vlny HWI; jedná se o proměnnou, která zahrnuje charakteristiky horké vlny odvozené z maximální a minimální denní teploty vzduchu a srážkových úhrnů a popisuje její intenzitu. Pro popis intenzity je však vhodnou proměnnou i samotná suma

TS30. Průměrné nebo úhrnné roční charakteristiky horkých vln budou nadále označovány symbolem \* tam, kde by mohly být zaměněny s průměrnými charakteristikami individuálních horkých vln.

## 2. ČASOVÁ PROMĚNLIVOST HORKÝCH VLN V ČR V LETECH 1961–1998

Časové rozdělení horkých vln v období 1961–1998 zachycuje obr. 1. Maximální intenzita připadá jednoznačně na 90. léta (především roky 1992 a 1994), minimální na přelom 70. a 80. let. Podobné rozdělení s výrazným maximem v 90. letech a minimem kolem roku 1980 by bylo patrné i pro hlazené křivky průměrné  $T_{MAX}$  měsíců květen–září (TX59) a červenec–srpen (TX78). Zajímavé přitom je, že horké léto 1983, v němž byly zaznamenány dosud nejvyšší teploty vzduchu v ČR, se vyskytlo v jinak chladném (pokud jde o letní teploty a četnost horkých vln) období 1977–1987. Výjimečnost 90. let se ještě výrazněji projevuje v počtu dlouhých horkých vln (o délce  $\geq 12$  dní). Jejich počet je za roky 1991–1998 větší nebo stejný ve srovnání s celým obdobím 1961–1990 (obr. 2); výjimku tvoří některé stanice v jižních a západních Čechách a v Polabí. Převaha dlouhých horkých vln v 90. letech je zřetelná především na Moravě, a to i na teplých stanicích (počty dlouhých horkých vln v období 1961–1990 a 1991–1998 jsou např. v Pohořelicích 4 a 8, Strážnici a Kuchařovicích 2 a 5, Starém Městě u Uherského Hradiště 3 a 5 atd.).

Pokud jde o jednotlivé roky, mezi všemi zřetelně vynikají 1992 a 1994 (obr. 1, tab. 1). Léto 1992 bylo charakteristické pozvolným velmi plynulým nárůstem teploty s pouze minimálním počtem větších ochlazení; odráží to situaci s méně častým přechodem atmosférických front zasahujících do počasí ve střední Evropě [13]. 9.–10. srpna a 29. srpna 1992



Obr. 1 Horké vlny v ČR v letech 1961–1998. Zobrazeny jsou charakteristiky a) teplotní suma TS30\*, b) index HWI\*. Křivka představuje klouzavé pětileté průměry. Hodnoty jsou zprůměrovány pro celou ČR.

Fig. 1. Heat waves in the Czech Republic in 1961–1998; a) cumulative  $T_{MAX}$  excess above 30°C, TS30\*, b) heat wave index, HWI\*. Smoothed curves show 5-year running means. Mean values for the Czech Republic are depicted.

byly zaznamenány mimořádně vysoké průměrné denní teploty, s maximem 31.2 °C v Ostravě-Mošnově, a 29.–30. srpna také rekordně vysoká minima, s nejvyšší hodnotou 26.9 °C v Bystřici pod Hostýnem (tab. 1, [16]). Z padesáti nejvyšších průměrných denních teplot v ČR v období 1961–2000 bylo 34 naměřeno v létě 1992 (tab. 2, [16]). Třebaže se v roce 1992 vyskytla také absolutně nejdelší horká vlna v ČR (Olomouc-Slavonín, 37 dnů), na většině stanic bylo horké období přerušeno poklesem  $T_{MAX}$  pod 25.0 °C, a počtem tropických dnů, teplotní sumou TS30 a na velké většině stanic i délkou její výrazně překonala horká vlna z roku 1994.

V létě 1994 se střední Evropa většinou rovněž nacházela pod vlivem oblastí vyššího tlaku vzduchu a studené fronty postupující na východ ztrácely nad kontinentem výraznost [14]. Horké období vrcholilo 30. července až 1. srpna, kdy byla v Poděbradech naměřena rekordně vysoká průměrná denní teplota 31.7 °C (tab. 1), ale výraznější změnu přinesla až fronta postupující přes střední Evropu kolem 10. srpna.

Horká vlna byla mimořádná zejména souvislým až 19denním (16denním) obdobím dnů s  $T_{MAX} \geq 30.0$  °C (32.0 °C), blíže viz [14] a část 4 a 5.

Dalším rokem v pořadí podle intenzity horkých vln je 1998, ačkoli TX78 ani TX59 nebyly v tomto roce nadnormální. Na rozdíl od let 1992 a 1994 byla pro léto 1998 typická velká proměnlivost teploty a rychlé střídání teplých a chladných období. Při třech situacích vystoupily  $T_{MAX}$  v níže položených oblastech ČR zhruba na 35 °C (kolem 6. června, 21. července a 11. srpna), období s vysokými teplotami však byla relativně krátká. Během horké vlny, která na níže položených stanicích v Čechách trvala zhruba od 19. do 25. července a vrcholila 21. července (např. Louny 39.0 °C, Žatec 38.0 °C), se vyskytly v noci z 22. na 23. července přívalové srážky spojené s přechodem zvlněné studené fronty, které vyvolaly záplavy v podhůří Orlických hor. Velmi teplý tropický vzduch, který fronta oddělovala od chladnějšího oceánského, přispěl v oblasti vrcholu frontální vlny k rozvoji mohutné bouřkové oblačnosti [5].

Tab. 1 Některé letní teplotní rekordy období 1961–1998 v ČR.

Table 1. Record-breaking summer temperature- and heat wave characteristics in the Czech Republic in 1961–1998.

Charakteristika	Hodnota	Datum	Zdroj	Stanice
nejvyšší maximální denní teplota	40.2 °C	27.7. 1983	[16]	Praha-Uhřetěves
nejvyšší minimální denní teplota	26.9 °C	29.8. 1992	[16]	Bystřice pod Hostýnem
nejvyšší průměrná denní teplota	31.7 °C	1.8. 1994	[16]	Poděbrady
nejvyšší suma TS30 v individuální horké vlně	79.7 °C	1994	–	Pohořelice nad Jihlavou
nejdelší horká vlna	37 dní	1992	[17]	Olomouc-Slavonín
nejdelší souvislé období tropických dnů	19 dní	1994	[14]	Brno-Žabovřesky, Šumperk
nejdelší souvislé období dnů s $T_{MAX} \geq 32.0$ °C	16 dní	1994	[17]	Hradec Králové
nejvyšší roční suma TS30* v horkých vlnách	114.4 °C	1994	–	Hradec Králové
nejdelší roční trvání horkých vln	52 dnů	1994	–	Pohořelice nad Jihlavou
nejvyšší roční počet tropických dnů	34 dnů	1994	–	Pohořelice nad Jihlavou

Tab. 2 Rozdělení výskytu 50 nejvyšších teplot vzduchu naměřených v období 1961–2000 v ČR. Zpracováno podle [16]. Jsou zahrnuty všechny výskyt teploty stejné jako na 50. místě, proto je počet případů vyšší než 50.

Table 2. Occurrence of 50 highest air temperatures measured in the Czech Republic in 1961–2000 (according to [16]).

Charakteristika	rok	1983	1984	1988	1992	1994	1997	1998	ostatní (<2)	součet
průměrná denní teplota		3	1	3	34	9			1	51
maximální denní teplota		32	5		1	12		5	2	57
minimální denní teplota				6	16	16	2	6	5	51

Rokem s výrazně nadnormální průměrnou letní  $T_{MAX}$  je vedle let 1992 a 1994 především 1983, kdy byla na stanicích v Čechách zaznamenána absolutní teplotní maxima [12, 16]. Horké vlny výrazněji zasáhly především jižní Čechy, zatímco na severní Moravě se neprojeví téměř vůbec. Teplota 40.2 °C na stanici Praha-Uhřetěves je dosud nejvyšší naměřenou maximální denní teplotou vzduchu v ČR (tab. 1, [16]);  $T_{MAX} \geq 39.0$  °C byla v období 1961–2000 naměřena na 17 stanicích, z toho na patnácti 27. července 1983 (viz také tab. 2). Trvání horkých vln, jejich intenzita i samotný počet tropických dnů však byly výrazně nižší než v letech 1992 a 1994. Absolutně nejvyšší teploty v ČR tedy nebyly spojeny s dlouhotrvajícím horkým obdobím, ale s krátkodobou situací výrazně teplé advekce na přední straně brázd nízkého tlaku vzduchu před zvlněnou studenou frontou, podle [12] pravdě-



podobně podpořené fénovým efektem v závětrí Alp. Zajímavé přitom je, že ačkoli byla v roce 1983 TX78 (TX59) o 2.3 (1.0) °C vyšší než roku 1998 (průměr pro ČR), horké vlny byly v létě 1998 intenzivnější. Intrasezonní proměnlivost teploty tedy významně ovlivňuje možnost rozvoje horkých období.

Zvýšený výskyt dlouhých a intenzivních horkých vln v 90. letech může odrážet mj. zvýšenou perzistenci atmosférické cirkulace (dobu života cirkulačních typů) nad Evropou v létě. Tato vyšší perzistence cirkulace byla zjištěna v letním [19] i zimním období roku [27] a může souviset rovněž s dalšími teplotními i jinými anomáliemi, pozorovanými v nedávné době.

### 3. DLOUHODOBÉ ZMĚNY VÝSKYTU HORKÝCH VLN V PRAZE-KLEMENTINU

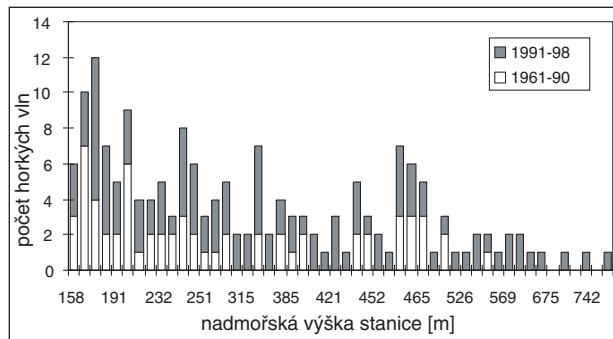
Vzhledem k možným nehomogenitám v klementinské teplotní řadě v 18. a 19. století (viz [1, 6]) jsem se soustředil na proměnlivost horkých vln ve 20. století; změny od roku 1775 jsou orientačně znázorněny na obr. 3, z něhož je patrné, že charakteristiky horkých vln jsou ve 20. století vyšší než po většinu předchozího období.

Časové rozdělení horkých vln ve 20. století zachycuje obr. 4, kde jsou roční sumy TS30\* porovnány s průběhem průměrné  $T_{MAX}$  období červenec-srpen (TX78), vyjádřené jako odchylka od dlouhodobého normálu. Extrémními roky, pokud jde o teplotní sumy a celková trvání horkých vln, byly především 1994, 1947, 1992 a 1952; všechny náleží také mezi roky s nejteplejšími letními sezonami. Léto 1994 je mimořádné především výrazně vyšší sumou TS30\*, zatímco ostatní charakteristiky horkých vln (např. trvání, počet tropických dnů, nejvyšší  $T_{MAX}$ ) jsou v uvedených čtyřech letech podobné. Za zmínku stojí skutečnost, že některé výrazně teplotně nadnormální letní sezony nejsou charakteristické zvýšeným výskytem horkých vln; zejména se jedná o roky 1995, 1944, 1950 a 1951.

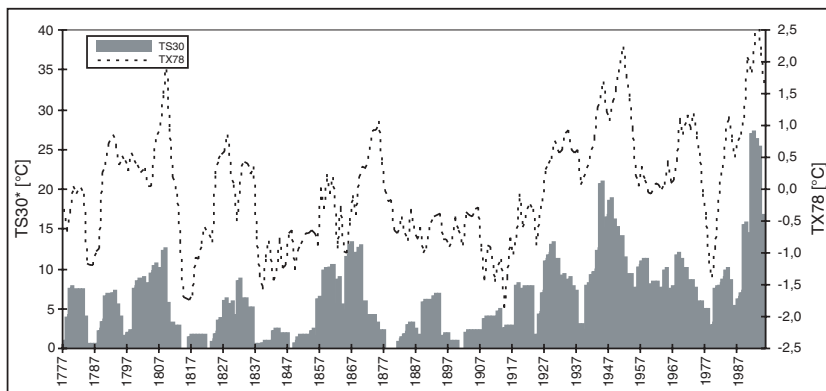
Většina nejteplejších letních sezon 20. století podle průměrné teploty i charakteristik horkých vln spadá do období kolem poloviny století a na počátek 90. let (obr. 4); v 90. letech byly přitom individuální horké vlny intenzivnější než v období kolem poloviny 20. století. Horké vlny se naproti tomu jen sporadicky objevují v pozorováních z počátku 20. století a (v menší míře) kolem roku 1980. Dvacetiletí 1901–1920, kdy se vyskytly pouze ve čtyřech letech, také pokrývá všechny roky 20. století, v nichž se v Praze vůbec neobjevily tropické dny (1902, 1903, 1909, 1910, 1912, 1914 a 1916). Zatímco první dvě desetiletí 20. století byla obdobím snížené kontinentality evropského klimatu (např. [11, 26]), s teplými zimami a chladnými léty, ve 40. letech nastalo v rozsáhlých částech Evropy výrazné maximum kontinentality. Podobně nápadné výkyvy od maritimního ke kontinentálnímu klimatu

a opačně se ve střední Evropě již později nevyskytly a v období horkých letních sezon v 90. letech převládaly zimy mírné. Téměř naprostá absence horkých vln v prvních dvou desetiletích 20. století i vrchol v polovině 20. století jsou společnými rysy časového rozdělení ve středoevropském měřítku, blíže viz [19].

Za zmínku stojí skutečnost, že dvě ze čtyř nejintenzivnějších horkých vln (tab. 3) se v Praze vyskytly mimo teplá obdo-

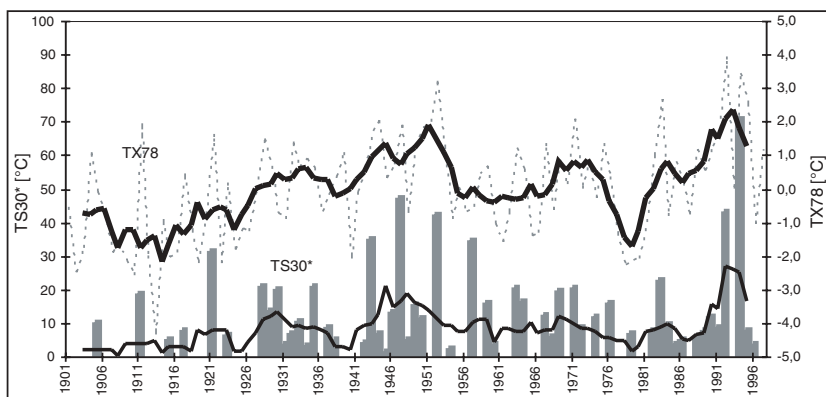


Obr. 2 Horké vlny o délce  $\geq 12$  dní na stanicích v ČR.  
Fig. 2. Heat waves lasting  $\geq 12$  days at stations in the Czech Republic.



Obr. 3 Pětileté klouzavé průměry roční sumy  $T_{MAX}$  nad 30.0 °C v horkých vlnách (TS30\*, sloupce) a průměrné  $T_{MAX}$  července-srpna (TX78, čárkovaná křivka, odchylka od dlouhodobého normálu) v Praze-Klementinu v období 1775–1997.

Fig. 3. 5-year running means of cumulative  $T_{MAX}$  excess above 30 °C in heat waves (TS30\*, columns) and mean July-August  $T_{MAX}$  anomaly (TX78, dashed curve) at Prague-Klementinum in 1775–1997.



Obr. 4 Roční suma  $T_{MAX}$  nad 30.0 °C v horkých vlnách (TS30\*, spodní část grafu) a průměrná  $T_{MAX}$  července-srpna (TX78, horní část grafu, odchylka od dlouhodobého normálu) v Praze-Klementinu v období 1901–1997. Hlazené křivky znázorňují pětileté klouzavé průměry. Upraveno podle [19].

Fig. 4. Heat waves at Prague-Klementinum in 1901–1997 as measured by cumulative  $T_{MAX}$  excess above 30 °C (TS30\*, bottom part of the graph) and mean July-August  $T_{MAX}$  anomaly (TX78). Smoothed curves show 5-year running means. From [19].

bí v polovině 20. století a v 90. letech, a to v roce 1957 ( $TS30 = 34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a 1921 ( $TS30 = 31\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Téměř paradoxní pak je, že druhá nejvýraznější horká vlna v historii klementinských měření se objevila na přelomu června a července 1957, tedy v roce se zápornou odchylkou průměrné letní teploty (za květen–září i červenec–srpen) od dlouhodobého normálu. Sporadické horké vlny v chladnějším období přitom mohou být kvůli omezené možnosti adaptability nebezpečnější než pravidelně se vyskytující horká období v teplejším klimatu, a z podobných důvodů se zdravotní komplikace objevují častěji na počátku léta; tato horká vlna tedy kombinovala oba tyto nepříznivé faktory. O její mimořádnosti svědčí také fakt, že tři z pěti nejteplejších dní ve 20. století podle  $T_{MAX}$  byly v Klementinu zaznamenány mezi 4. a 7. červencem 1957, a absolutně nejvyšší minimální denní teplota 8. července 1957. Vysokých teplot bylo dosaženo díky dlouhodobému vlivu tlakové výše, podpořenému především v závěru období výraznou teplou advekci před pomalu postupující studenou frontou. Na Milešovce byl během této horké vlny zaznamenán dosud platný absolutní teplotní rekord  $34.7\text{ }^{\circ}\text{C}$  a na Slovensku s ní byly spojeny rekordně vysoké noční teploty a nejdelší souvislé období tropických nocí v letech 1951–1975 [22].

Dlouhodobou proměnlivost výskytu horkých vln lze do značné míry vysvětlit změnami atmosférické cirkulace [19]. Např. situace s tlakovou výší nebo hřebenem vyššího tlaku nad střední Evropou byly častější (méně časté) ve všech teplých (chladných) obdobích podle charakteristik horkých vln ve srovnání s jejich dlouhodobým průměrem; pro první dvě desetiletí 20. století je charakteristické výrazné zvýšení četnosti severních typů a pokles četností jižních typů a situací s anticyklónou nad Fenoskandií, apod. Souvislost s atmosférickou cirkulací je pak zvláště průkazná v 90. letech 20. století, kdy je v létě pozorován mj. výrazný nárůst četnosti anticyklonálních situací na úkor cyklonálních, a zvýšení průměrné doby života všech cirkulačních typů. Spíše než s globálními změnami teploty je tedy třeba hledat spojitost s proměnlivostí atmosférické cirkulace nad Evropou. Ta může být projevem přirozeného kolísání klimatu i změn vyvolaných zásahy člověka do radiční bilance soustavy Země – atmosféra.

#### 4. MIMOŘÁDNÁ HORKÁ VLNA A SOUVISLÉ TROPICKÉ OBDOBÍ Z ROKU 1994 A PRAVDĚPODOBNOTI JEJICH OPAKOVÁNÍ

Na 86 % sledovaných stanic v ČR byla v létě 1994 zaznamenána nejdelší horká vlna za posledních 40 let, vrcholící kolem 31. července. Její délka přesáhla 30 dní na jižní Moravě, na všech stanicích do nadmořské výšky 670 m trvala alespoň 18 dnů a 18denní horkou vlnu zaznamenala dokonce i stanice Svratouch (737 m n. m.), která má v průměru méně než 1 tropický den ročně. Z hlediska teplotní sumy  $TS30$  převýšila na většině stanic 1.5 až 3násobně druhou nejvýraznější horkou vlnu od roku 1961. Její mimořádnost je však zřejmá i v kontextu celé klementinské řady; analýza sahající k roku 1775 naznačuje, že v žádné epizodě letních veder se teplotní suma  $TS30$  nepřiblížila hodnotě pro horkou vlnu z roku 1994 (ani horkým vlnám z let 1957 a 1992).

Její největší zvláštností bylo výjimečně dlouhé nepřerušené období po sobě jdoucích tropických dnů [14] a dnů s  $T_{MAX} \geq 32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Na většině stanic na Moravě do nadmořské výšky 500 m trvalo tropické období na přelomu července a srpna 17–19 dní; v Čechách se výrazněji projevilo ochlazení související s přechodem fronty 2. srpna a celé období trvalo nejvýše 16 dní, většinou však do nadmořské výšky 500 metrů 9–11

a. Extrémní horké vlny						b. Nejdelší nepřerušená období tropických dnů		
Rok	Od	Do	Délka [dny]	Nejvyšší $T_{MAX}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	$TS30$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Rok	Délka [dny]	Nejvyšší $T_{MAX}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]
1994	21/7	11/8	22	36.0	47.6	1994	16	36.0
1957	28/6	10/7	13	37.6	34.2	1911	9	33.5
1992	16/7	10/8	26	35.8	33.3	1921	7	34.7
1921	23/7	12/8	21	34.7	31.4	1929	7	34.0
1952	31/7	16/8	17	35.5	21.9	1942	7	31.5

Tab. 3 Nejintenzivnější horké vlny (podle  $TS30$ ) a nejdelší souvislá období tropických dnů v Praze-Klementinu (1901–1997). Převzato z [19].

Table 3. The most severe heat waves (as measured by cumulative  $T_{MAX}$  excess above  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $TS30$ ) and the longest continuous periods of days with  $T_{MAX} \geq 30.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  at Prague-Klementinum, 1901–1997. From [19].

dní. V Praze-Klementinu bylo zaznamenáno 16 po sobě jdoucích tropických dnů; druhé nejdelší takové období ve 20. století trvalo pouze 9 dnů (r. 1911) a více než 6 souvislých tropických dnů se vyskytlo naposledy roku 1942. Za zcela mimořádné pak lze pokládat nepřerušené období, během něhož nepoklesla  $T_{MAX}$  pod  $32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; trvalo na řadě míst 10 dní a více. Jedná se prakticky o všechny stanice jižní Moravy (např. Staré Město 15 dní, Moravské Budějovice 14, Kuchařovice a Pohorelice 13), některé stanice střední a severní Moravy (Olomouc-Slavonín, Holešov, Opava a Ostrava-Mošnov 10 dní) a některé stanice v Čechách, především Hradec Králové s rekordní délkou 16 souvislých dnů s  $T_{MAX} \geq 32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a dále Žatec, Doksany (11 dní) a Jablonné (10 dní). Maximální trvání dalšího nepřerušného období s  $T_{MAX} \geq 32.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  je přitom na všech stanicích pouze 3–6 dnů.

Možnost odhadu pravděpodobnosti opakování této horké vlny a souvislého tropického období byla diskutována v [20]. Časové řady  $T_{MAX}$  v létě lze v dobrém přiblížení modelovat autoregresním modelem prvního řádu [AR(1)], využívajícím tři parametry – průměr, rozptyl a autokorelační koeficient s krokem 1 den; diskuse ohledně volby modelu je např. v [2], aplikace modelu pro odhad pravděpodobnosti horkých vln v [20] a odhad řádu modelu pro teplotní řady v ČR v [10]. Pomocí tohoto modelu byly simulovány řady  $T_{MAX}$  o délce 100 000 let; vlastnosti těchto řad jsou v dobré shodě s pozorováním i pokud jde o charakteristiky extrémních jevů (četnosti překročení prahových hodnot v jednotlivých dnech a v souvislých obdobích) včetně rozdělení délek horkých vln [20].

Dlouhé horké vlny pozorované v roce 1994 lze pokládat za mimořádné a pravděpodobnost jejich opakování při nezměněných teplotních podmínkách je malá. Pro Prahu-Ruzyni je např. perioda opakování horké vlny o délce 17 dní (21. 7.–6. 8. 1994) zhruba 100 let, zatímco pro Strážnici perioda opakování horké vlny o délce 34 dní (11. 7.–13. 8. 1994) kolem 700 let. Hodnoty je třeba brát jako orientační. Představují pravděpodobně horní hranici odhadu, neboť pozorované teplotní řady nejsou pouhou realizací AR(1) modelu, ale projevuje se v nich mj. persistence s delšími časovými kroky, kterou nelze AR(1) modelem vysvětlit, poněkud odlišné rozdělení proměnlivosti na složku meziroční (kterou AR(1) model mírně podhodnocuje) a intrasezonní (kterou nadhodnocuje), nebo dlouhodobé kolísání klimatu.

Model je do určité míry schopen zachytit i souvislá období tropických dnů; např. pro stanici Strážnice je perioda opakování 12denního tropického období 200 let. Situace obdobné roku 1994 se však v simulacích vyskytují jen ojediněle,

např. ve Strážnici (Klatovech) je perioda opakování 18denního (16denního) nepřerušeno období tropických dnů 7 000 (6 000) let. Pro realističtější odhad pravděpodobnosti situace obdobné roku 1994 by zřejmě bylo nutné použít AR model vyššího řádu. K zajímavým výsledkům však lze dospět tehdy, pokud uvažujeme periody opakování souvislých období tropických dnů při změněné průměrné teplotě. Nárůstu průměrné  $T_{MAX}$  v letním období roku o 1–3 °C totiž podle AR(1) modelu odpovídá pokles period opakování např. 18denního tropického období ve Strážnici ze 7 000 let na 1 100 let (zvýšení průměrné  $T_{MAX}$  o 1.0 °C) až 65 let (zvýšení průměrné  $T_{MAX}$  o 3.0 °C). Se stejnou četností jako alespoň 18denní období při současných podmínkách by se podle tohoto modelu v klimatu teplejším o 3 °C vyskytovala tropická období o délce přesahující 30 dnů. I relativně malé změny průměrné teploty by tedy vedly ke značnému prohloubení těchto extrémů [20].

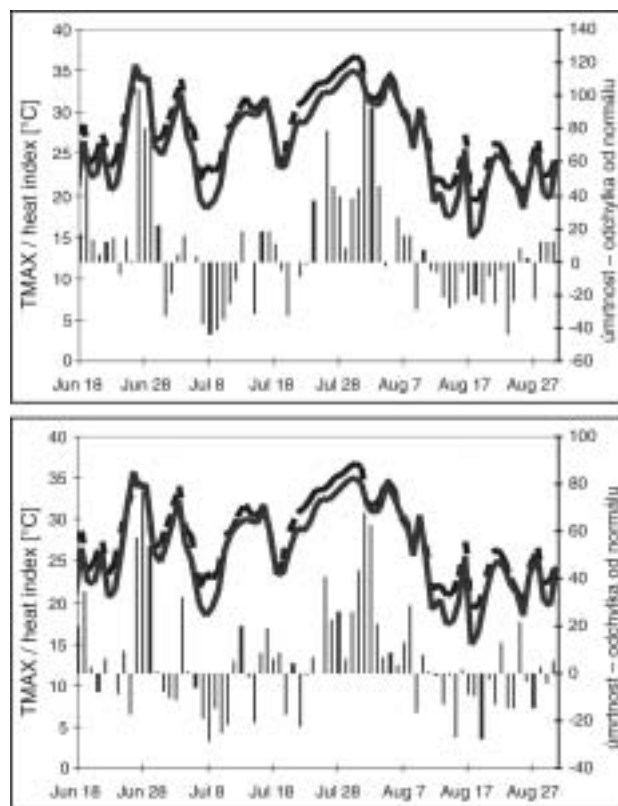
## 5. ÚMRTNOST V HORKÝCH VLNÁCH V ROCE 1994

Zvýšená úmrtnost představuje jeden z hlavních dopadů extrémních teplotních jevů na společnost. Její nárůst během horkých vln byl v evropských podmínkách popsán mj. ve Velké Británii, Nizozemsku, Belgii, Španělsku, Portugalsku, Itálii a Řecku. Meteorologickou proměnnou, která nejlépe vystihuje dopady na lidské zdraví, je tzv. heat index, vycházející z teploty vzduchu a jeho vlhkosti a odrážející schopnost lidského těla disipovat teplo [25]. Na grafu průběhu  $T_{MAX}$ , heat indexu<sup>1</sup> a odchylky celkové úmrtnosti, resp. úmrtnosti na kardiovaskulární nemoci od normálu (určenému za období 1982–2000, s odstraněním dlouhodobého poklesu úmrtnosti) v létě 1994 (obr. 5) lze demonstrovat několik efektů, které se v řadách úmrtnosti projevují:

(i) *Zvýšení úmrtnosti související s horkem.* V obou hlavních teplotních vrcholech (ca 28. 6. a 31. 7.) i ve většině dílčích vrcholů je patrné výrazné zvýšení úmrtnosti. Např. ve všech dnech období 24. 7. až 3. 8. byla úmrtnost v ČR nadnormální; rozdíl oproti normálu přesahuje 100 úmrtí za den v obou hlavních vrcholech. Odchylka celkové úmrtnosti od normálu pro období 17.–30. 6. činila +456 úmrtí (+10.3 %), pro období 24. 7.–3. 8. +543 úmrtí (+16.2 %). Nejvyšší denní odchylky od normálu pak byly +114 úmrtí (+37%) 1. 8. a +104 úmrtí (+33%) 27. 6.; odchylka od normálu byla kladná i pro celé léto (+371 úmrtí, tj. +1.3 %). Obdobně výrazný byl nárůst úmrtnosti na kardiovaskulární nemoci; v období 17.–30. 6. činil +248 úmrtí (+10.2 %), v období 24. 7.–3. 8. +324 úmrtí (+17.7 %), a v celém období červen-srpen +319 úmrtí (+2.1 %).

(ii) *Posun úmrtnosti.* Výrazný pokles úmrtnosti nastal po obou horkých vlnách; úmrtnost byla podnormální např. v celém období 7.–12. 7. (rozdíl celkové úmrtnosti proti normálu -196 úmrtí) i 11.–24. 8. (-270 úmrtí). Efekt je způsoben skutečností, že oběti tvoří zčásti lidé, kteří by zemřeli brzy bez ohledu na počasové podmínky; bývá označován jako posun úmrtnosti (*mortality displacement*) nebo tzv. *harvesting* efekt [8, 23]. Pro červnovou horkou vlnu v roce 1994 činila tato posunutá úmrtnost asi 52 %, pro horkou vlnu na přelomu července a srpna 48 %, což jsou hodnoty vyšší, než k jakým dospěli autoři jiných prací (20–40 % [8]; kolem 10 % [23, 28]).

<sup>1</sup> Maximální denní teplota a heat index pro ČR byly vypočteny jako průměr těchto prvků ze stanic Klatovy, Praha-Ruzyně, Hradec Králové, Brno-Tuřany a Ostrava-Mošnov



Obr. 5. Průběh odchylky úmrtnosti od normálu (sloupce),  $T_{MAX}$  (čárkovaná křivka) a heat indexu (plná křivka) v létě 1994 v ČR. Nahoře pro celkovou úmrtnost, dole pro úmrtnost na kardiovaskulární nemoci.

Fig. 5. Excess mortality (columns; right y-axis),  $T_{MAX}$  (dashed curve; left y-axis) and heat index (solid curve; left y-axis) in summer 1994 in the Czech Republic. Tops (bottom) figure is for total mortality (mortality due to cardiovascular diseases).

(iii) *Efekt adaptace.* Dva krátce po sobě jdoucí teplotní vrcholy 28. 6. a 4. 7. byly provázány výrazně odlišnou úmrtností. Třebaže se tu projevuje také kratší trvání druhé epizody veder a posun úmrtnosti, je pravděpodobné, že svou roli hraje také společenská i fyziologická adaptabilita na meteorologické podmínky. Podobně se efekt adaptace (společně s posunem úmrtnosti) projevuje v průběhu dlouhé horké vlny v červenci a srpnu, kdy úmrtnost po 26. 7. dočasně poklesla přes postupný nárůst teploty.

(iv) *Efekt vlhkosti vzduchu.* Zatímco teplota vzduchu byla vyšší na přelomu července a srpna než na konci června, heat index dosáhl vyšších hodnot na konci června, kdy byl vzduch výrazně vlhčí (průměrná denní teplota rosného bodu byla ve vrcholu první horké vlny 28. 6. 18.0 °C, zatímco ve vrcholu druhé horké vlny 31. 7. jen 12.5 °C). To může vysvětlovat (společně s adaptabilitou lidského organismu na dlouhodobě přetrvávající vysoké teploty a efektem posunu úmrtnosti), proč první horkou vlnu na konci června provázelo zvýšení úmrtnosti srovnatelné se situací na přelomu července a srpna.

Zároveň je zřejmé, že většina těchto efektů působí společně a nelze je jednoznačně odlišit. Pro srovnání lze uvést, že Sartor a kol. [23] zjistili během 42denního horkého období v létě 1994 na území Belgie nárůst úmrtnosti o 9.4 % ve věkové skupině do 64 let a o 13.2 % u starších osob, Huynen a kol. [7] pro 13denní období na území Nizozemska zvýšení o 1.6 % ve skupině do 64 let a o 30.7 % u starších osob. S ohledem na to, že všechny tři analýzy se vztahují k odlišnému časovému období především pokud jde o jeho délku, není přímé srovnání

možné. Zvláště údaje pro nizozemskou populaci však naznačují nižší nárůst úmrtnosti v ČR, což může být dáno tím, že tato horká vlna byla v západní Evropě intenzivnější, zejména vůči průměrným teplotním poměrům, než ve střední Evropě.

## 6. ZÁVĚR

Předložená práce se zabývá časovou proměnlivostí horkých vln v ČR; pod horkými vlnami se rozumí různě dlouhá období mimořádně teplého letního počasí. Analýza horkých vln od roku 1961 v datech z více než 50 stanic pokrývajících ČR ukazuje na teplotní výjimečnost 90. let, kdy se vyskytly letní sezony s nejvyšší intenzitou horkých vln (1992, 1994 a 1998). Pro roky 1992 a 1994 byl charakteristický výskyt dlouhých úseků s vysokými teplotami a sníženou mezidenní teplotní proměnlivostí; rok 1983, kdy byla v jižních a středních Čechách zaznamenána absolutní teplotní maxima, se z hlediska horkých vln projevil slaběji. Ještě výrazněji dominují 90. léta rozdělení četností dlouhých horkých vln (alespoň 12denních), jejichž počty jsou za roky 1991–1998 větší nebo stejné ve srovnání s obdobím 1961–1990 na většině území ČR. Výskyt dlouhých a intenzivních horkých vln může odrážet zvýšenou perzistenci atmosférické cirkulace v letním období roku, neboť v 90. letech měly všechny skupiny povětrnostních situací, bez ohledu na to, zda se jedná o situace příznivé nebo nepříznivé pro rozvoj horkých vln, delší průměrnou dobu trvání oproti normálu. Vzhledem k navýšení četnosti anticyklonálních situací na úkor cyklonálních a situací příznivých pro horké vlny na úkor nepříznivých [17, 19] je zřejmé, že tato vyšší perzistence se promítla především do výskytu kladných teplotních extrémů.

Výrazné maximum horkých vln ve 40. letech a na počátku 50. let, stejně jako jejich téměř naprostá absence v prvních dvou desetiletích 20. století a kolem roku 1980, mohou být společné pro území zahrnující velkou část střední Evropy, jak naznačují i některé další studie zabývající se extrémními teplotními jevy. Naproti tomu vrchol intenzity horkých vln pozorovaný v Klementinu v 90. letech se např. na švýcarských stanicích neprojevuje [19]. Naznačený charakter rozdělení horkých vln je pravděpodobně ve střední Evropě podobný jako v USA, kde časovému rozdělení rovněž dominuje výrazný vrchol, v tomto případě ve 30. letech 20. století. Určené trendy výskytu horkých vln nebo extrémně vysokých teplot (včetně znamének) pak ovlivňuje skutečnost, zda je období se zvýšenou intenzitou horkých vln do analýzy zahrnuto [15] nebo nikoli [3, 4].

Horká vlna z přelomu července a srpna 1994 se jeví jako mimořádná v celé nepřerušené klementinské teplotní řadě od roku 1775. Výjimečná je především dlouhým obdobím po sobě jdoucích tropických dnů i dnů s  $T_{MAX} \geq 32.0$  °C. Např. pro stanici Strážnice, kde trvala 34 dnů, byla ze simulací provedených s autoregresním modelem  $T_{MAX}$  prvního řádu odhadnuta pravděpodobnost výskytu takto dlouhé horké vlny na jednu za 700 let, zatímco perioda opakování pozorovaného 18denního nepřerušného období tropických dnů je řádu tisíců let. Pravděpodobnost opakování takto dlouhého nepřerušného období tropických dnů je v současných teplotních podmínkách malá, při zvýšení průměrné  $T_{MAX}$  v letním období o 3 °C, které je v rozmezí hodnot předpovídaných (ve smyslu předpovědi druhého druhu) pro  $2 \times CO_2$  klima v ČR současnými klimatickými modely, by však vzrostla o dva řády.

V ČR byla tato horká vlna provázána nárůstem celkové úmrtnosti o 16 % a úmrtností na kardiovaskulární nemoci o 18 %, což jsou hodnoty srovnatelné s většinou obdobných evropských studií. Přestože zhruba polovinu obětí tvoří lidé,

kteří by zemřeli brzy bez ohledu na počasí podmínky, zůstává podíl úmrtí, jimž by bylo možné zabránit vhodnými preventivními opatřeními, vysoký. Tyto preventivní prostředky zahrnují tzv. „watch warning“ systémy, které např. v USA výrazně přispěly ke snížení úmrtnosti v některých nedávných epizodách letních veder [9, 21].

*Poděkování. Za poskytnutí dat patří dík pracovníkům ČHMÚ a Státního zdravotního ústavu v Praze. Za cenné připomínky, které přispěly ke zlepšení textu, děkuji R. Huthovi (ÚFA AV ČR), J. Kalvové (MFF UK, Praha) a K. Krškovi (ČHMÚ, Brno). Část práce byla podpořena Grantovou agenturou ČR v rámci projektu 205/01/D040.*

## Literatura

- [1] BRÁZDIL, R. – BUDÍKOVÁ, M., 1999. An urban bias in air temperature fluctuations at the Klementinum, Prague, the Czech Republic. *Atmospheric Environment*, roč. **33**, s. 4211–4217.
- [2] COLOMBO, A.F. – ETKIN, D. – KARNEY, B.W., 1999. Climate variability and the frequency of extreme temperature events for nine sites across Canada: Implications for power usage. *Journal of Climate*, roč. **12**, s. 2490–2502.
- [3] DEGAETANO, A.T., 1996. Recent trends in maximum and minimum temperature threshold exceedences in the northeastern United States. *Journal of Climate*, roč. **9**, s. 1646–1660.
- [4] GAFFEN, D. – ROSS, R., 1998. Increased summertime heat stress in the U.S. *Nature*, roč. **396**, s. 529–530.
- [5] HANČÁROVÁ, E. et al., 1999. Katastrofální povodeň v podhůří Orlických hor ve dnech 22.–25. 7. 1998. *Meteorologické Zprávy*, roč. **52**, s. 1–12.
- [6] HLAVÁČ, V., 1937. Die Temperaturverhältnisse der Hauptstadt Prag. Teil I. Prager Geophysikalische studien VIII. Prague. 111 s.
- [7] HUYNEN, M.M.T.E. – MARTENS, P. – SCHRAM, D. – WEIJENBERG, M.P. – KUNST, A.E., 2001. The impact of heat waves and cold spells on mortality rates in the Dutch population. *Environmental Health Perspectives*, roč. **109**, s. 463–470.
- [8] KALKSTEIN, L.S., 1993. Health and climate change: direct impacts in cities. *Lancet*, roč. **342**, s. 1397–1399.
- [9] KALKSTEIN, L.S. – JAMASON, P.F. – GREENE, J.S. – LIBBY, J. – ROBINSON, L., 1996. The Philadelphia hot weather-health watch/warning system: development and application, summer 1995. *Bulletin of the American Meteorological Society*, roč. **77**, s. 1519–1528.
- [10] KALVOVÁ, J. – JUREČKOVÁ, J. – PICEK, J. – NEMEŠOVÁ, I., 2000. On the order of autoregressive (AR) model in temperature series. *Meteorologický Časopis*, roč. **3**, s. 19–23.
- [11] KONČEK, M., 1965. Kolísanie klímy od polovice minulého storočia. *Meteorologické Zprávy*, roč. **18**, s. 162–164.
- [12] KRŠKA, K. – MUNZAR, J., 1984. Teplotní zvláštnosti tropického léta 1983 v ČSSR a v Evropě. *Meteorologické Zprávy*, roč. **37**, s. 33–40.
- [13] KRŠKA, K. – RACKO, S., 1993. Horúce leto 1992 v Českej a Slovenskej republike, jeho synoptický výklad a klimatologické zhodnotenie. *Meteorologické Zprávy*, **46**, s. 33–41.
- [14] KRŠKA, K. – RACKO, S., 1996. Mimoriadne teplé leto 1994 v Českej a v Slovenskej republike. *Meteorologické Zprávy*, roč. **49**, s.12–21.
- [15] KUNKEL, K.E. – PIELKE, R.A. – CHANGNON, S.A., 1999. Temporal fluctuations in weather and climate extremes that cause economic and human health impacts:

- A review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, roč. **80**, s. 1077–1098.
- [16] KVĚTOŇ, V., 2001. Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961–1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961–2000. Praha, ČHMÚ. 217 s. Národní klimatický program ČR, sv. 30.
- [17] KYSELÝ, J., 2000. Změny ve výskytu extrémních teplotních jevů. [Doktorská disertační práce PGDS.] Praha, Univerzita Karlova, Fakulta matematicko-fyzikální. 97 s.
- [18] KYSELÝ, J. – KALVOVÁ, J. – KVĚTOŇ, V., 2000. Heat waves in the south Moravian region during the period 1961–1995. *Studia geophysica et geodaetica*, roč. **44**, 57–72.
- [19] KYSELÝ, J., 2002. Temporal fluctuations in heat waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901–1997, and their relationships to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology*, roč. **22**, s. 33–50.
- [20] KYSELÝ, J., 2002. Probability estimates of extreme temperature events: stochastic modelling approach vs. extreme value distributions. *Studia geophysica et geodaetica*, roč. **46**, s. 93–112.
- [21] PALECKI, M.A. – CHANGNON, S.A. – KUNKEL, K.E., 2001. The nature and impacts of the July 1999 heat wave in the Midwestern United States: Learning from the lessons of 1995. *Bulletin of the American Meteorological Society*, roč. **82**, s. 1353–1367.
- [22] RACKO, S., 1987. Obdobia letných a tropických dní a tropické noci na Slovensku v rokoch 1951–1975. *Meteorologické Zprávy*, roč. **40**, s. 135–137.
- [23] SARTOR, F. – SNACKEN, R. – DEMUTH, C. – WALCKIERS, D., 1995. Temperature, ambient ozone levels, and mortality during summer 1994, in Belgium. *Environmental Research*, roč. **70**, s. 105–113.
- [24] SOBÍŠEK, B. (ed.) et al., 1993. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, Academia. 594 s.
- [25] STEADMAN, R.G., 1984. A universal scale of apparent temperature. *Journal of Climate and Applied Meteorology*, roč. **23**, s. 1674–1687.
- [26] THOMPSON, R., 1995. Complex demodulation and the estimation of the changing continentality of Europe's climate. *International Journal of Climatology*, roč. **15**, s. 175–185.
- [27] WERNER, P.C. – GERSTENGARBE, F.W. – FRAEDRICH, K. – OESTERLE, H., 2000. Recent climate change in the North Atlantic/European sector. *International Journal of Climatology*, roč. **20**, s. 463–471.
- [28] WHITMAN, S. – GOOD, G. – DONOGHUE, E.R. – BENBOW, N. – SHOU, W.Y. – MOU, S.X., 1997. Mortality in Chicago attributed to the July 1995 heat wave. *American Journal of Public Health*, roč. **87**, s. 1515–1518.

Lektor Dr. K. Krška, CSc., rukopis odevzdán v září 2002.

Jan Munzar (Ústav geoniky AV ČR Brno)

## JOHANN CARL ROST (1690–1731) A JEHO METEOROLOGICKÁ POZOROVÁNÍ V SEVERNÍCH ČECHÁCH A V NORIMBERKU

**Johann Carl Rost (1690–1731) and his meteorological observations in northern Bohemia and in Nuremberg.** The oldest documented systematic measurements made by J.C. Rost in Bohemia took place on the manor of Zákupy (Reichstadt in German) where Rost lived and worked as a personal physician of the landlady. His visual observations from October 1718 were followed from the winter solstice of 1719 to March 1720 by observations of wind direction and accompanying weather three times a day including measurements of air pressure and temperature; his “instructor” was the Prague Jesuit Joannes Lewaldt (1686–1766). Records on these observations made by Rost have been preserved only thanks to the fact that they were published in a series of encyclopaedias from Wroclaw (Breslau in German). In the period from 1726–1730 the physician and natural scientist continued in his meteorological measurements and observations in Nuremberg which was his birth town.

### 1. ÚVOD

Antonín Strnad (1746–1799), průkopník české meteorologie, uvedl svá meteorologická pozorování z roku 1775 mj. konstatováním, že jeho učitel Josef Stepling byl prvním kdo se v Království českém zabýval meteorologickým pozorováním a v roce 1752 o něm předložil znamenité pojednání [24]. Teprve nedávno se ukázalo, že neměl stoprocentní pravdu. Nelze mu to však vyčítat, protože o více než třicet let starší měření tlaku a teploty ze Zákup u České Lípy, jejichž autorem byl lékař a astronom Johann Carl Rost (1690–1731), byla již ve druhé polovině 18. století pozapomenuta – možná i proto, že neměla vazbu na Prahu. Pravdu měl Strnad jen v tom, že jeho učitel byl prvním, kdo v Čechách měřil srážky. Že Stepling předložil výsledky svých měření až roku 1753, je už jen detail.

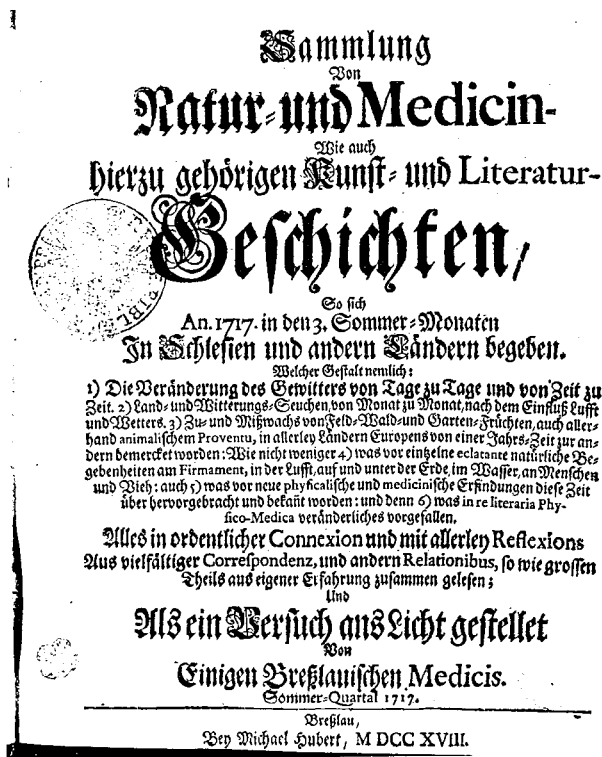
Cílem tohoto příspěvku je proto seznámit jak s Rostovými nejstaršími meteorologickými měřeními v českých zemích,

tak s málo známou iniciativou Johanna Kanolda a jeho spolupracovníků ze slezské metropole Wroclaw (německy Breslau, česky Vratislav), v jejímž rámci byla pozorování ze Zákup publikována, a tím dochována dnešku [21].

### 2. VRATISLAVSKÁ METEOROLOGICKÁ SÍŤ

Počátkem 18. století existovalo v Evropě více pokusů organizovat meteorologická pozorování na kolektivní a nadregionální bázi. Nejznámější je příspěvek anglického lékaře Jamese Jurina z roku 1723, který podpořila Královská společnost v Londýně. Poněkud stranou pozornosti jsou analogické pokusy na území dnešního Německa (vázané na Ulm) a Polska (spjaté s Vratislaví), které Jurinově iniciativě předcházely.

Tak David Algöwer (1678–1737) publikoval v roce 1714 spis „Specimen Meteorologiae Parallelae...“ (Příklady meteorologických podobností...), obsahující jeho meteorologická



Obr. 1 Titulní strana prvního svazku Kanoldových encyklopedických publikací pro rok 1717 [28].

Fig. 1. Front page of the first volume of Kanold's encyclopedic publications for the year 1717.



Obr. 2 Frontispis z prvního svazku Büchnerova pokračování pro první a druhé čtvrtletí 1727 [3] dobře vyjadřuje encyklopedický charakter jeho Miscellanei.

Fig. 2. Frontispiece from Büchner's continuation for the first and second quarter of the year 1727 well expresses the encyclopedic character of his Miscellanei.

pozorování z Ulmu od září 1710 do března 1714 spolu se zprávami o počasí z jiných lokalit. [6] Tento spis se pak stal impulzem pro následnou akci vázanou na Vratislav.

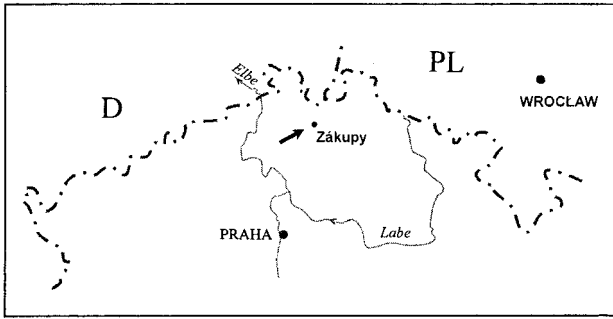
V roce 1718 vyšel ve Vratislavi první svazek pozoruhodné řady encyklopedického charakteru s názvem „Sammlung von Natur- und Medicin-, wie auch hierzu gehörigen Kunst- und Literatur-Geschichten, so sich An. 1717 in den 3 Sommer-Monaten in Schlesien und andern Länder begeben...“ (Sbírka událostí, týkajících se historie přírody a lékařství, jakož i s nimi souvisejících znalostí a literatury, které se udály ve třech letních měsících roku 1717 ve Slezsku a jiných zemích...). Na titulní straně (obr. 1) chybí jméno editora, jen na posledních řádcích dlouhého názvu čteme: „Jako první pokus na světlo vydaná několika vratislavskými lékaři“. [28]

Dnes není pochyb o tom, že iniciátorem a hlavním editorem byl vratislavský lékař Johann Kanold (1679–1729); podporovali ho další dva tamní lékaři J. Ch. Kundmann (1684–1751) a J. G. Brunschwitz [6, 7]. Podařilo se jim vydat ve Vratislavi celkem 37 čtvrtletních sešitů (autory zvaných „pokusy“), které obsahují mj. bohatý soubor informací o počasí od léta 1717 do podzimu 1726. Poslední 38. sešit pro konec roku 1726 již vydal v Erfurtu A. E. Büchner (1701–1769), tamní profesor medicíny. Ten také ve vydávání dosavadní řady, zkráceně zvané „Breslauer Sammlungen“ (Vratislavské sbírky), pokračoval s analogickým obsahem [3] a počásím z let 1727–1730 ve sbornících s názvem „Miscellanea physico-medico-mathematica...“ (obr. 2).

O cílech publikování obsáhlého víceletého souboru aktuálních informací o počasí atd. Johann Kanold v prvním svazku napsal mimo jiné: „Mezi odbornými pojednáními se toto vyznačuje tím, že jsme shromáždili denní pozorování jednak z naší Vratislavi, jednak z několika míst v jejím okolí, abychom co nejzřetelněji prozkoumali rozdíly nebo shody v počasí... K tomu jsme připojili různé zlomky informací o nápadných změnách povětří ze všemožných cizích regionů po vzoru ulmských „Meteorologických paralel“, abychom stručně ukázali, do jaké míry se historie (vývoj) povětrnosti v různých zemích alespoň ve svých hlavních rysech a souvislostech shoduje nebo liší. Naše skromná sbírka má posloužit především těm, kdo by rádi získali údaje pro svou teorii povětrnosti. Dále zde předkládáme stručný přehled počasí pro každý měsíc zvlášť, protože při každodenním pozorování si každý hned nevšimne skutečných dopadů (projevů) vlhka, sucha, tepla a chladu. Při tomto pokusu o historicko-teoretický výklad bereme v úvahu i údaje od jiných pozorovatelů i samotnou rozličnost větrů... Nikomu přitom své úvahy nevnučujeme jako nezvratitelné ani nepohlížíme na tuto sbírku jako na něco dokonalého, co již nepotřebuje vylepšení... Budou-li nám poskytovány základní poznatky, jsme připraveni tuto tematiku nadále rozvíjet... Konečně jsme připojili některé dodatky týkající se povětrnostních pravidel (zásad), které dosavadní názory (výklady) buď podpoří nebo vyvrátí a jiné zase stanoví“. [28]

Pro první ze zmíněných tří letních měsíců, červenec 1717, byly publikovány denní pozorování ze tří stanic: ze Slezska Vratislav a Olawa (Olau), z dnešního Slovenska pak Prešov (Eperies). Pro srpen byly již denní údaje ze čtyř stanic a pro září 1717 ze šesti míst. V letech 1718–1719 se vratislavská meteorologická síť podstatně rozrostla jak o stanice s pozorováním bez přístrojů, tak i o meteorologická měření např. z Norimberka a Curychu, odkud přispíval nejznámější švýcarský přírodovědec počátku 18. století, Johann Jakob Scheuzer [25]. Sešity vratislavské „sbírky“ byly de facto ročenky, vycházející po čtvrtletích, které na rozdíl od „suchých“ čísel

nebo dílčích údajů obsahovaly i řadu dalších cenných informací nejen o extrémních počasí, nýbrž i o jejich vlivu na zemědělskou produkci, výskyt nemocí lidí a zvířat apod.



Obr. 3 Lokalizace stanice Zákupy vzhledem k Praze a Vratislavi, v té době dvou největších měst Českého království.

Fig. 3. Localization of the station in Zákupy with respect to Prague and Wrocław – at the time the two largest towns of the Bohemian Kingdoms.

Z území České republiky se do vratislavské mezinárodní akce zapojila v letech 1718–1720 stanice Zákupy (Reichstadt) v severních Čechách. Logická je zde otázka, jakou měly Zákupy vazbu ke slezské metropoli? Lze říci, že je jen málo míst v dnešním zahraničí, která byla s českými zeměmi tak silně spjata jako Vratislav. Od 14. století, kdy se celé Slezsko stalo součástí Českého království, se Vratislav stala jeho druhým největším městem po Praze (obr. 3). Do slezské metropole se jezdilo z Čech nakupovat knihy a patrně takto se autor pozdějších zákupských měření seznámil s prvním svazkem Kanoldovy „Sbírkou“, který vyšel v roce 1718. (Osudy Čech a Slezska a tím i Vratislavi se definitivně rozdělily až roku 1742, po prohrané první slezské válce, kdy se rakouská monarchie musela vzdát většiny Slezska ve prospěch Pruska.)

### 3. ROSTOVA POZOROVÁNÍ ZE SEVERNÍCH ČECH

Na pozapomenutá pozorování počasí ze Zákup z počátku 18. století upozornil českou odbornou veřejnost K. Pejml v souvislosti s 200. výročím meteorologické observatoře v pražském Klementinu [24]. Na základě nepřesné zprávy E. A. Seeliger z r. 1907 [29] uvedl, že v Zákupěch se pozorovalo od roku 1717, ovšem nebylo to správné; v tomto roce zahájila svou činnost zmíněná vratislavská síť. Stanice Zákupy u České Lípy se do této mezinárodní akce zapojila až o rok později: nejprve od října 1718 do listopadu 1719 a později od dubna do prosince 1720 hodnocením charakteru počasí v daném měsíci podle vizuálních pozorování. Od konce prosince 1719 (přesněji od zimního slunovratu 21. 12.) do března 1720 včetně pak měřením tlaku a teploty vzduchu, pozorováním směru větru a doprovodného počasí třikrát denně (v 8 hodin ráno, v poledne a v 7 hodin večer). Pozorovatelem byl lékař a astronom Johann Carl Rost (1690–1731), který dočasně působil ve službách majitelky tamního zámku [15–21].

Rostova měření publikovaná ve „vratislavské sbírce“, přibližuje jeho obšírná německá předmluva o metodice a dobových souvislostech a znalostech. Jedná se vlastně o nejstarší meteorologické pojednání v českých zemích, týkající se měření. Proto stojí zato tlumočit ho ve volném překladu (s vysvětlivkami v závorkách):

„Protože jsem ke svým zprávám o povětrnosti většinou připojoval „Observationes Barometri et Thermometri“, považuji za potřebné podat zprávu o mých přístrojích... Pocházejí z rukou muže, který je nezvyklou měrou zběhlý v matematice, pracech mechanických a fyzikálních..., od cti-

hodného pátera Löwalda, jezuita ze staroměstského kolegia v Praze. Ten je zhotovil a za svého pobytu v Zákupěch (Reichstadt) u mé milostivé hraběnky a paní (zaměstnavatelky) mne jimi nejen poctil, ale podal i laskavý návod k jejich sestavení. Je to výsledek jeho mnohaletého úsilí na tomto poli s vynaložením velké námahy a prostředků. Lze si proto jen přát, aby byly světu zpřístupněny úspěchy, kterých dosáhl i experimenty, které uskutečnil.

Barometr byl zhotoven tak, že trubice je upevněná v dřevěné kapsli napuštěné voskem, která má nahoře po straně, nedaleko od vstupu trubičky vypálený průchozí otvor velikosti tenké jehlice, aby tudy mohlo vytékat přebytečné mercurium (rtuť), dostávající se tam spodním otvorem a aby tudy mohla také volněji působit pružnost vzduchu.

Abychom mohli podle matematického způsobu stanovit (měřit) proměny rtuť (tlaku vzduchu), zaznamenávané tímto přístrojem, připojil jsem k základně přesně kroužek a od něho nahoru podél trubice odměřil 26 1/2 rýnských palců,<sup>1</sup> jichž 12 tvoří jednu stopu. Od této výšky (693 mm) jsem si udělal škálu, vedoucí až k hodnotě 29 1/2 palce (771 mm); každý z palců pak dále rozdělil na 12 čárek a každou z nich kvůli přesnosti ještě na čtyři dílky.

Jak se zatím prokázalo, na různých místech na světě stoupá a klesá rtuť (tlak vzduchu) nestejnou měrou. Jak poznamenává Mr. Halley, jsou její proměny v baroskopu na severní polokouli větší než na jižní – viz „The Philosophical Transactions and Collections to the End of the Year 1700. abridged and disposed under general Heads, Vol. II, p. 20“.

1720 Anno 1720. FEBRUARIUS.

27	☐ ♀. Δ ♀.	Schnee-Graupel, wie Strauch. Dersel. Sonnenlichte, dünne Luft. Sonnenlichte, dünne Luft.	-	20. 15.	1. 1. 10.
28	* ♀. ♀ ♀. Δ ☉.	Helle, scharfer Frost. Helle, mit etwas trübel. Wolden. Helle.	-	21. 10.	1. 1. 1.
29	♂ ♀. * ♀. ☐ ♀.	Helle, Wind, scharfer Frost. Helle, trübel. Helle.	W. W.	21. 18.	1. 1. 1.
				20. 6.	
				19. 9.	

Summa des Regens und Schnees: 104. 1. 1.

### 2.) In Reichstadt.

	Barometr.	Therm.	Winde.	Wetter.
Den 1. Früh um 8.	28. 4. 11. 1. b.	18. defc.	N. N. W.	Trübe, neblig, Wind: stille, frostig, etwas angesetzt, doch thauend.
Mittags.	28. 4. 11. 1. h.	16.	N. N. W.	Deegl. auch Nachmittage und Nachts dicker sinkender Nebel.
Nachts um 9.	28. 4. 11. 1. v.	16.	N. N. W.	Neblig. Thauwetter.
Den 2. Früh um 8.	28. 2. 11. 1. b.	16.	W. N. W.	Reinigtes Thauwetter. Dünner Regen, naß kalt.
Mittags.	28. 2. 11. 1. v.	15.	W. N. W.	Trübe, ungesunde feuchte Luft.
Nachts.	28. 1. 11. 1. b.	20.	W.	Trübe. Schnee-Graupeln. Nach Mitternacht sehr tobender und stossender Wind.
Den 3. Früh um 8.	28. 1. b.	24.	W.	Windstürmisch, mit Sternflockigen Schnee, flöbern.
Mittags.	27. 11. 11. 3. b.	24.	W. N. W.	Sonnenlichte, Wind: stürmisch, ohne Thauen.
Nachts um 9.	28. 1. b.	24.	W.	Wind: stille, kalte Schnee-Luft. In der Nacht häufiger Schnee.
Den 4. Früh um 8.	28. 1.	26.	W.	Winds: stille. Noch Schnee.
Mittags.	28. 1. 11. 3. b.	24.	W.	Preitflockiger, geradefallender und dünneflöbernder Schnee.
Nachts um 9.	28. 2. 11. 1. h.	26.	W.	Schnee-Luft. Kalt.
Den 5. Früh um 8.	28. 3. 11. 1. h.	25.	N. W.	Trübe, kalt. Winds: stille.
Mittags.	28. 3. 11. 3. b.	23.	N. W.	Normittags wenig Schnee-Graupeln. Sonnenlichte, streichender Wind.
Nachts um 9.	28. 3. 11. 3. b.	25.	N. W.	Trübe, kalt, Wind: stille.

Den 6.

Obr. 4 Ukázka Rostových pozorování tlaku a teploty vzduchu, směru větru a počasí třikrát denně v Zákupěch od 1. do 5. února 1720 [28].

Fig. 4. Specimen of Rost's observations of air pressure and temperature, wind direction and weather in Zákupy (Reichstadt in German) three times daily from 1-5 February 1720.

<sup>1</sup> rýnský palec (Rheinlandischen Zoll) = 2,615 cm.

K tomu zatím nemohu na základě svých zkušeností ze Zákup přispět žádnými podrobnějšími údaji, protože k tomu toto krátkodobé pozorování nestačí. Přesto, že se zde stoupání a klesání rtuti (tlaku vzduchu) projevuje, nelze blíže specifikovat typy počasí, obvykle spojené se změnami výšky rtuti (tlaku) – o tom beztoho nemá odborník valné mínění.

Z poznámek ctihodného pátera Löwalda, připojených k jeho návodu vyplývá, že v Praze naměřil maximální výšku rtuti (tlak) 28 palců a 9 3/4 čárky (753 mm), minimální 26 palců a 11 1/4 čárky (704 mm) – tedy průměrnou hodnotu 27 palců a 10 1/2 čárky (729 mm), což představuje variační rozpětí 1 palec 10 1/2 čárky (49 mm). Průměrnou výšku rtuti (tlaku) označuje termínem proměnlivo; hodnotu přibližně 26 palců a 11 1/2 čárek (706 mm) vichřice; výšku 27 palců a 3 nebo 4 čárky (713 – 715 mm) silnější déšť, vítr, sníh; výšku 27 palců a 7 čárek (721 mm) vítr, déšť, sníh; výšku 28 palců 2 1/2 čárky (738 mm) chladno, pěkně; hodnotu 28 palců a 6 čárek (745 mm) chladněji a trvale pěkně; hodnotu 28 palců a 9 1/2 čárek (753 mm) velká zima, sucho. To by nemělo být daleko od skutečnosti, protože to má – zde připojená – každodenní pozorování většinou potvrzují.

Zkušenost učí, že počasí se při trvalejším stoupání nebo klesání rtuti (tlaku) nemění rychle, ale teprve tehdy, když tyto změny dosáhnou určité velikosti. Potom počasí buď setrvá nějakou dobu ve své nové podobě, nebo se zase vrátí k předchozímu stavu. Není tedy ničím neobvyklým, když při klesajícím sloupci rtuti (tlaku) je počasí pěkné a při stoupajícím větrné, pošmourné, se sněhem a deštěm. V takových případech je totiž vzduch pročišťován nebo naopak infikován. Proto se účinek změn (tlaku vzduchu) mnohdy projevuje – v závislosti na ročním období nebo jiných okolnostech – teprve po několika hodinách, za půl dne, za den nebo dokonce až po několika dnech od dosažení určité výšky sloupce rtuti (určitého tlaku). Potom se tento stav hned mění a vytváří tím podmínky pro nové výměny vzduchu atd. atd.

Pokud jde o teploměr, byl zhotoven podle známého florentského způsobu a naplněn obarveným vinným líhem. Stupnici tvoří 80 čárek – zvaných obvykle stupně – nad a 80 čárek pod „mírným bodem“ (v orig. „Puncto Temperati“). Členění vychází od (tohoto) pevně stanoveného bodu a je úměrné měrnému rozsahu přístroje. Jednotně vytištěné stupnice, které jsou běžně nabízeny k různě úzkým nebo širokým teploměrům, se k nim často hodí právě tak, jako jediné kopyto na boty (různých velikostí). Kryt mého teploměru je kolem teploměrné kuličky a trubičky provrtán otvory, aby sem mohl kolem dokola proudit vzduch bez překážek. Jak jsem se přesvědčil, visí-li (tento teploměr) na stejně temperovaném místě vedle jiného přesného teploměru, upevněného na mírně prohloubené destičce, ukazuje obvykle o 1 až 1 1/2 čárky více.“ Tolik J. C. Rost v 11. svazku vratslavské sbírky J. Kanolda pro 3 zimní měsíce roku 1720, vydané roku 1721 [28].

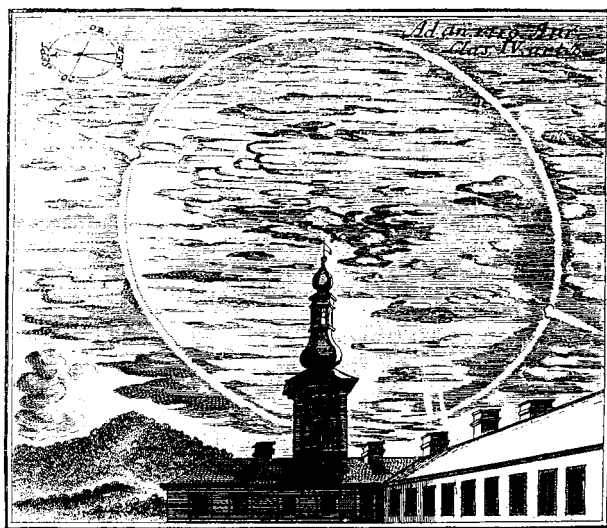
Ukázka z jeho měření v Zákupěch je na obr. 4. Převod hodnot teplot vzduchu do dnešního usu však není snadný, protože zatím není známo, jaký referenční bod (referenční teplotu) měl dr. Rost na mysli. W. Lenke z analýzy deníků Rostova gymnaziálního učitele J. H. Müllera zjistil jen to, že ten „mírnou teplotou“ (Gemässigte Temperatur), tedy 0° své stupnice, rozuměl teplotu vzduchu, „která se vyskytuje na jaře a na podzim nejčastěji“ [12]. D. Algöwer v Ulmu měřil v letech 1710–1714 také teploměrem, označovaným jako florentinský, který měl sto dílků nad a sto dílků pod „průměrným teplem“. Podle Lenkeho Algöwerova 0° odpovídala přibližně 8° [12].

Podle K. Pejmla ještě v polovině 18. století, kdy se v Praze

chystal k prvním měřením teploty vzduchu J. Stepling, nebyla otázka stanovení fixních bodů na teplotní stupnici vůbec vyřešena. Tak ještě o deset let později používali např. v Augsburgu tzv. Brandnerův univerzální teploměr, jehož základní nula prý odpovídala 10° Réaumur, tedy 12,5 °C [24]. V Paříži se „mírným teplem“ rozuměla teplota vzduchu ve sklepeních observatoře, která se příliš neměnila; podle pozdějších měření činila 11,7 °C [11].

Protože ze Zákup jsou k dispozici pouze měření teplot z necelých 4 měsíců chladného pololetí, nelze pro jejich interpretaci použít rozložení četností hodnot během celého roku, jako W. Lenke [11]. Jisté je pouze to, že největšímu mrazu odpovídala nejvyšší číselná hodnota. Tak 24. února 1720 byla při severozápadním větru a jasném počasí s bezvětřím (při zemi) a velmi ostrými, pronikavými mrazy zaznamenána teplota 59°. To však neznamena, že se jednoduše jednalo o „obrácenou“ stupnici; jeden dílek Rostovy stupnice totiž nelze ztotožňovat s „naším“ stupněm, protože byl nepravděpodobný výskyt mrazů větších než – 50 °C. K problému teplotní stupnice se ještě vrátíme v kapitole o Rostových pozorováních v Norimberku.

Kromě prvenství v případě měření tlaku a teploty vzduchu byl J. C. Rost také průkopníkem systematického pozorování směru větru v českých zemích, protože ještě ani J. Stepling v r. 1752 vítr nezaznamenával. Z provedeného orientačního rozboru vyplývá, že dr. Rost používal k vyjádření směru větru šestnáctidílnou větrnou růžici a větry označoval počátečními písmeny jejich německých názvů. Např. pro leden 1720 se jeví nejčetnější větry západní (33 %), jihozápadní (16 %), popř. severozápadní (14 % všech pozorování). Ani v jednom z termínů nebylo zaznamenáno bezvětří, proto se zřejmě jednalo o pozorování směru větru ve výšce podle tahu oblaků. S pojmem bezvětří se ovšem vícekrát setkáváme v popisu počasí, takže pozorovatel si byl již dobře vědom odlišností směrů nebo i síly výškového a přízemního proudění. Např. 7. led-



Obr. 5 Rostův náčrtek z pozorování parhelicického kruhu se dvěma bočními slunci 28. dubna 1719 ráno mezi 7.–8. hodinou, zachycující také část zámku Zákupy. V levém rohu je naznačena orientace (SEPT = Septentrio; N, MER = Meridies; S, OR = Oriens; E, OC = Occidens; W).

Fig. 5. A sketch by Rost from the observation of parhelic circle with two lateral suns on 28 April 1719 morning between 7 and 8 o'clock, capturing also a part of the Zákupy manor. Orientation is outlined in the left corner (SEPT = Septentrio; A, MER = Meridies; S, OR = Oriens; E, OC = Occidens; W).



na 1720 ráno zaznamenal západní, odpoledne a večer severní vítr (ve výšce), avšak v oddílu o počasí je ve všech třech termínech uvedeno bezvětří (při zemi). Údaje o směrech větru jsou na více místech doplněny slovním vyjádřením síly větru [18]. Nově se rozboru Rostových pozorování věnuje práce [2].

Od dubna 1720 již nebyla Rostova denní pozorování ve vřatislavské „sbírce“ publikována, přestože – jak vyplývá z kontextu jeho měsíčních přehledů počasí – prováděl měření nejméně do června 1720 včetně. Pro tiskárnu se totiž ruční sazba tak velkého množství tabulek stala neúnosnou a tak editoři omezili prezentaci denních měření jen na 4 stanice, totiž Vratislav, Löbau (v Horní Lužici, 23 km od Zhořelce), Norimberk a Curych [6].

Dr. Rost se věnoval i pozorování optických jevů v ovzduší, o nichž zasílal samostatné zprávy s náčrtky – např. o výskytu parhelického kruhu v roce 1719 (obr. 5).

#### 4. ŽIVOTOPIS J. C. ROSTA

O lékaři a astronomovi Johannu Carl Rostovi se v severních Čechách, jeho krátkodobém působišti, nedochovalo nic [30]. Zámecká písemná agenda se totiž zachovala jen z pozdější doby a to neúplná, protože zámek v Zákupěch vyplenila roku 1744 pruská vojska a poté roku 1775 vzbuření sedláci [1, 8]. Jen z Hellmannovy monografie [6] se dalo zjistit, že se narodil a zemřel v Norimberku. Ovšem otázky, proč se objevil v roce 1718 nebo ještě dříve v Zákupěch a jaké byly jeho osudy po roce 1721, kdy jeho stopa v Čechách mizí, zůstávaly bez odpovědi. Tuto biografickou mezeru je možné vyplnit teprve nyní díky pomoci Dr. Manfreda Knedlika z Norimberku, který autora upozornil na Rostův medailón [31] a poskytl mu kopii detailního latinského nekrologu [14], v ČR nedostupného. Z těchto obou pramenů lze shrnout:

J. C. Rost se narodil v Norimberku 24. listopadu 1690. Zde navštěvoval tzv. sebaldinskou školu a poté egidiánské gymnázium, kde „byl přiveden k zájmu o vědy a umění“. Vzdělával se dále na veřejných přednáškách různých odborníků, mj. Doppelmayera. Zvláště ho zaujala astronomie (kde jeho učiteli byli Eimmart a Müller), z níž složil již v 16 letech „zkoušku dovednosti“. O dva roky později začal studovat na bavorské univerzitě v Altdorfu, kde se věnoval zejména lékařství. Když v roce 1711 absolvoval s vyznamenáním potřebné zkoušky a přednesl latinsky přednášku o ozéně (chronickém onemocnění nosní sliznice), byl promován na doktora medicíny.

Poté se vydal na studijní cestu, která vedla přes Coburg, Jenu, Výmar, Erfurt, Gothu, Lipsko, Halle, Wittenberg, Berlín, Frankfurt nad Odrou a Drážďany, kde navštěvoval „učené muže a rozmlouval s nimi“. Ze Saska zamířil do Čech, do vyhlášených lázní Karlových Varů a poté, co se věnoval výzkumu „kyselých minerálních pramenů“ u Chebu, se vrátil domů.

V Norimberku ale dr. Rost pobyl jen půl roku, neboť se mu naskytla příležitost cestovat s panem z Hallersteinu do Belgie. Navštívil s ním znovu Sasko, odkud cestovali do Kasselu a přes Vestfálsko do Holandska, kde „navštívil všechny vznešené a učené muže“. Kvůli nepokojům v Anglii změnili původní plán cesty a vydali se do Francie.

V Paříži, kam dorazili v době korunovace Ludvíka XV., Rost „pilně navštěvoval slavné lékaře, chirurgy a špitály plné nemocných“. Odtud se vydal přes Lotrinsko do Alsaska a pobyl určitou dobu ve Štrasburku. Přes Württemberg se vrátil do rodného města, kde byl koncem roku 1715 přijat za člena lékařského kolegia (komory).

V roce 1717 povolala J. C. Rosta Anna Marie Františka,

velkovévodkyně toskánská – na doporučení vysokého státního úředníka, pana z Imhofu – do funkce svého osobního lékaře. Proto se vydal přes Prahu do její rezidence v Zákupěch (v lat. originále „Reichenstadium, vulgo Zacopy“), kde dostal příležitost „osvědčit svou učenost a zkušenosti“. Přestože koncem roku 1720 (?) toto výhodné místo opustil, neztratil přízeň své zaměstnavatelky, která jej o čtyři roky později jmenovala svým dvorním rádcem.<sup>2</sup>

V Norimberku začal dr. Rost provozovat lékařskou praxi a v roce 1724 se oženil s Ludvikou Magdalenou z Arle. (Manželství bylo požehnáno dítětem, které však po několika dnech zemřelo.) O tři roky později byl přijat za člena tamní Císařské akademie přírodních věd s akademickým jménem Olympus. Krátce poté mu bylo uděleno členství v Pruské královské společnosti nauk v Berlíně.

Ve volném čase, který mu zbýval po péči o nemocné, se „věnoval pozorování oblohy a počasí“. (Dokladem o jeho astronomickém pozorování je např. zpráva o pozorování zatmění Slunce 22. května 1724 [22]).

S výjimkou období, kdy se poprvé vydal do Zákup (1717?), se Johann Carl těšil dosti pevnému zdraví. V roce 1728 se však vážně nachladil a od té doby ho začaly dlouhodobě sužovat zdravotní problémy; po jejich ustoupení se vždy snažil pokračovat v obvyklé práci. Vážné zhoršení zdravotního stavu ho postihlo o Velikonocích 1731, ale ještě se uzdravil natolik, že mohl opět vycházet a léčit. Nicméně zanedlouho ho zachvátil bolestivý zánět lymfatických cév a rakovina (?) hltanu, takže byl na dlouhý čas upoután na lůžko. Ze svých pozemských útrap byl vysvobozen 29. září 1731, v nedožitých 41 letech. (Tolik výtah z nekrologu, který z latiny přeložil PhDr. L. Kysučan.)

S pomocí uvedených biografických dat lze soudit, že J. C. Rost se nepochybně seznámil s meteorologickou problematikou a pozorováním počasí již v rámci přípravy na zkoušku z astronomie v roce 1706. Tak výše zmíněný J. C. Doppelmayer, profesor matematiky na egidiánském gymnáziu, pozoroval počasí od roku 1704 po dobu 11 let bez přerušování. A Rostův starší učitel astronomie, G. Chr. Eimmart, zřídil už v roce 1688 na norimberském hradě observatoř, kde se pozorovalo také počasí. Po jeho smrti v roce 1705 v pozorování pokračoval i druhý učitel astronomie J. H. Müller, taktéž profesor „Rostova“ gymnázia. [13]

V Zákupěch se pak v roce 1719 stal Rostovým meteorologickým poradcem „ctihodný páter Löwald, jezuita ze staroměstského kolegia v Praze“, dvakrát zmíněný v jeho předmluvě k severočeským pozorováním.

#### 5. PO STOPÁCH METEOROLOGICKÉHO „INSTRUKTORA“ LÖWALDA

Víme-li z Rostovy předmluvy, že jezuita P. Löwald prováděl více než 30 let před J. Steplingem v Praze měření tlaku vzduchu, bylo by užitečné zjistit o něm něco bližšího. Byl-li „zběhlý v matematice a fyzice“, není zmíněn v některé dobové biografické příručce? Stejně znějící příjmení, ale s jinou transkripcí, totiž Lewaldt, obsahuje spis S. Vydry o historii vědy, pěstované v Čechách a na Moravě [32]. Z latinského medailónku vyjímáme:

<sup>2</sup> Z posledních Rostových zpráv o počasí ze severních Čech, publikovaných ve Vratislavi, vyplývá, že pobýval v Čechách na letním sídle Anny Marie Františky v Ploskovicích ještě v roce 1721, a to o svatošuhánských svátcích (koncem května a začátkem června), dále 11. září, kdy zaznamenal bouřku a 7. října, kdy pozoroval první sněžení.



moval dr. Rosta při darování svého tlakoměru. Nic ze svých měření ale nepublikoval.

Naskytá se otázka, zda se P. Stepling s P. Lewaldtem osobně znal? Je to velmi pravděpodobné, neboť oba jezuité paralelně působili v Praze několik let, byl ovšem mezi nimi věkový rozdíl 30 let. V době prvních Steplinových měření, v roce 1752, působil ale Lewaldt v Olomouci, do Prahy se vrátil až v roce 1763 (ve věku 77 let), kdy se stal mj. správcem „matematického“ (přírodovědného) muzea [4].

Z dnešního pohledu se může užití pojmu vratislavská „meteorologická síť“ zdát poněkud nepřiměřené, je však třeba si uvědomit, že akce J. Kanolda a jeho spolupracovníků předešla o více než 60 let známou iniciativu Mannheimské meteorologické společnosti pro léta 1781–1792. A jen díky vratislavským a později erfurtským publikacím se dochovala nejstarší systematická meteorologická pozorování a měření v Čechách (popř. také pozorování z Těšína) z 1. poloviny 18. století.

#### Literatura

- [1] ANDĚL, R. et al., 1984. Severní Čechy. Hrady, zámky a tvrze v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Sv. III. Praha, Svoboda, s. 529–531.
- [2] BRÁZDIL, R. – VALÁŠEK, H., 2002. Meteorologická měření a pozorování v Zákupích v letech 1718–1720. *Geografie – Sborník České geografické společnosti*, 107, č. 1, s. 1–22.
- [3] BÜCHNER, A. E.: Miscellanea physico-medico-mathematica... An. 1727(–30). Erford 1731(–33).
- [4] ČORNEJOVÁ, I. – FECHTNEROVÁ, A., 1986. Životopisný slovník pražské univerzity. Filosofická a teologická fakulta 1654–1773. Praha, UK, s. 257–258.
- [5] FECHTNEROVÁ, A., 1993. [Osobní sdělení.]
- [6] HELLMANN, G., 1883. Repertorium der deutschen Meteorologie. Leipzig, 995 s.
- [7] HELLMANN, G., 1914. Die Vorläufer der Societas Meteorologica Palatina. Beiträge zur Geschichte der Meteorologie, Nr. 5. Berlin.
- [8] JÚZOVÁ, E., 1984. Severozápadní Čechy. Praha, Panorama, s. 296–298.
- [9] KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha, UK – Nakl. Karolinum, s. 55. ISBN 80-7184-951-0.
- [10] KÖRBER, H.-G., 1987. Vom Wetteraberglauben zur Wettervorhersage. Edition Leipzig, s. 97, 135.
- [11] LENKE, W., 1962. Die Skalenwerte des Reyherschen Thermometers. *Meteorologische Rundschau*, roč. 15, s. 89–92.
- [12] LENKE, W., 1961. Bestimmung der alten Temperaturwerte von Tübingen und Ulm mit Hilfe von Häufigkeitsverteilungen. Ber. d. Deutschen Wetterdienstes, Bd. 75, Nr. 75, Offenbach a. M., 16 s., příl.
- [13] LENKE, W., 1964. Die ältesten Temperaturmessungen von Nürnberg. *Meteorologische Rundschau*, roč. 17, 1964, s. 163–166.
- [14] Memoria D. D. Joh. Car. Rostii..., 1731. In: *Commercium Liter. ad Rei Medicae et Sci. Natur. Incrementum Institut. Norimbergae*, s. 377–379.
- [15] MUNZAR, J., 1990. The beginnings of regular meteorological observations in the Czech Lands from the 16th to the 18th centuries. In: *Climatic change in historical and the instrumental periods*, ed. R. Brázdil, s. 153–155. Masarykova univerzita Brno.
- [16] MUNZAR, J., 1993. Early meteorological instrumental records in Bohemia. In: *Early meteorological instrumental records in Europe; Methods and results*, ed. B. Obrebska-Starklowa, s. 75–79. Cracow, UJ.
- [17] MUNZAR, J., 1995. První meteorologické měření na území České republiky a otázky jejich metodiky. In: XII. zborník dejín fyziky–1. MESDEF '94, s. 27–31, 67–69. Lipt. Mikuláš.
- [18] MUNZAR, J., 1999. Počátky kvantifikace přírodních složek životního prostředí v Čechách v 18. století na příkladu ovzduší. *Historická geografie*, roč., 30, s. 119–134.
- [19] MUNZAR, J., 2000. Early meteorological measurements in the Czech Lands. In: Giuseppe Toaldo e il suo tempo, eds. L. Pigatto – P. Casini, s. 721–729. Padova.
- [20] MUNZAR, J., 2000. A contribution of the station Zákupy in northern Bohemia to the Wrocław (Breslau) meteorological network of the years 1717–1730. [Nepublikovaný referát na mezin. konf. „Images and reconstructions of weather and climate over the last millenium“.] Krakov.
- [21] MUNZAR, J., 2002. Contribution of the Wrocław (Breslau) meteorological network from the years 1717–1730 to a better knowledge of weather conditions in Central Europe. In: *Man and climate in the 20th century. International conference Wrocław, 13–15 June. Abstract book*, s. 68–69.
- [22] *Neue Zeitungen von Gelehrten Sachen auf d. Jahr 1724.* Leipzig, 25. December, s. 1078.
- [23] PECHOVÁ, O., 1965. Zákupy. Praha. 36 s..
- [24] PEJML, K., 1975. 200 let meteorologické observatoře v pražském Klementinu. Praha, HMÚ. 78 s.
- [25] PFISTER, CH., 1999. *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496–1995)*, s. 26–27. Bern.
- [26] ROST, J. C., 1727. *Witterungstabellen.* In: Chr. J. Treww: *Aloe Americana Clus. Fränkische Acta erudita et curiosa*, roč. 6, s. 381–398.
- [27] ROJECKI, A., 1966. The traditions of meteorology in Poland from the 15th to 19th centuries. *Acta Geophysica Polonica*, roč. 14, No. 1, s. 3–10.
- [28] *Sammlung von Natur- u. Medicin-, wie auch hiezu gehörigen Kunst- u. Literatur-Geschichten, so sich An. 1717 in den 3 Sommer-Monaten (bis An. 1726 in den 3 Herbst-Monaten) in Schlesien u. andern Ländern begeben... von einigen Breslausehen Mudicis.* Breslau 1718 – Erfurt 1730.
- [29] SEELIGER, E. A., 1907. Die erste meteorologische Station in Reichstadt 1717. *Mitth. d. Nordböh. Excursions Clubs*, 30, s. 310.
- [30] SOVADINA, M., 1992. [Osobní sdělení.] Státní okresní archiv Česká Lípa.
- [31] WILL, G. A., 1757. *Nürnbergisches Gelehrter-Lexikon...*, 3. Teil /N–S/, s. 400–401. Nürnberg u. Altdorf.
- [32] WYDRA, S., 1778. *Historia matheseos in Bohemia et Moravia cultae.* Pragae, s. 67.

Lektor RNDr. V. Kakos, rukopis odevzdán v listopadu 2002.

## NAŠE PODNEBÍ V BUDOUCNOSTI

(Zkrácená a upravená verze poselství generálního tajemníka WMO profesora Godwina O. P. Obasiho.)

Každý rok slavíme Světový den meteorologie a připomínáme si tak že 23. března 1950 vstoupila v platnost Úmluva o Světové meteorologické organizaci (WMO). Letošním tématem je Naše podnebí v budoucnosti. Podnebí je nezbytné k udržení života na Zemi, protože má podstatný vliv na zabezpečení potravy, života a majetku, vodních zdrojů, na rekreaci a na udržitelný rozvoj. Navíc je známo, že podnebí do určité míry ovlivňuje náladu, povahu a dokonce i způsob myšlení a kulturu lidí. V současnosti však přibývá důkazů, že člověk mění charakter oně tenké vrstvy vzduchu, která planetu Zemi obklopuje, se všemi dopady na podnebí, které z toho vyplývají. Téma letošních oslav bylo tedy zvoleno tak, aby zdůraznilo potřebu chránit podnebí jakožto zdroj zdravého života současných i budoucích generací. Světový meteorologický den nám také dává příležitost soustředit pozornost veřejnosti, osob odpovědných za rozhodování, médií a občanské společnosti na roli WMO a národních hydrometeorologických služeb v této oblasti.

Je známo, že v minulosti ke změnám podnebí docházelo. Tyto změny však vyplývaly z přirozených příčin. Současné změny, jako např. zvýšení střední globální teploty o 0,6 °C od počátků záznamů přístrojových měření v 60. letech 19. století, však ve velké míře vyplývají z lidské činnosti. Rok 1998 byl nejteplejším zaznamenaným rokem a rok 2001 byl hned druhý v pořadí. Devadesátá léta byla nejteplejší dekadou 20. století a je pravděpodobné, že rychlost a trvání oteplování ve 20. století přesáhla kterékoli jiné období v průběhu uplynulých 1 000 let. Pozorované oteplování se považuje za důsledek růstu koncentrace skleníkových plynů v atmosféře. Obsah oxidu uhličitého, nejvýznamnějšího skleníkového plynu, vzrostl ze zhruba 280 miliontin objemových (ppmv) v roce 1750 na 370 ppmv na konci roku 2001, tedy o více než 32 procent. Ve stejném období se atmosférické koncentrace metanu a oxidu dusného zvýšily o 151, resp. 17 %.

V důsledku oteplování stoupla střední globální hladina moří o 10 až 20 cm. Odhaduje se, že toto zvýšení představuje až desetinásobek průměrného zvyšování za uplynulých 3 000 let. Za posledních 50 let se rozsah mořských ledovců na severní polokouli snížil o deset až patnáct procent. Doba každoročního zamrznání jezer a řek se během uplynulého století zkrátila o zhruba dva týdny. Tloušťka ledu v Arktickém moři v pozdním létě a raném podzimu se za posledních 45–50 let snížila o 40 procent a za posledních 100–150 let byl také pozorován rozsáhlý ústup horských ledovců v nepolárních oblastech.

V průběhu uplynulých 30 let došlo v různých částech světa k dosud nevídaným extrémním povětrnostním a klimatickým úkazům, např. k záplavám, tropickým cyklonům a obdobím sucha. V globálním měřítku došlo za posledních 10 let ke zdvojnásobení počtu hydrometeorologických katastrof. V rámci celého světa hrozí opakovaná sucha a rozšiřování pouští více než 1,2 miliardám lidí, kteří jsou ve většině svých potřeb závislí na půdě. Odhaduje se, že fenomén El Niño, jehož výskyt v letech 1997/1998 byl nejsilnější za poslední století, postihl 110 milionů lidí a světovou ekonomiku přišel na téměř 100 miliard dolarů. Statistiky pojišoven ve shrnutí za období 1950–1999 ukazují, že velké přírodní katastrofy, které

se týkají především počasí a podnebí, způsobily ekonomické ztráty odhadované na 960 miliard dolarů. Většina těchto ztrát byla zaznamenána v posledních desetiletích.

Snad nejnapadnějším důkazem vlivu globálního oteplování jsou změny flory a fauny. V některých částech severní polokoule se od 60. let 20. století vegetační období prodloužilo téměř o 11 dnů. Některé změny vegetačního období zřejmě souvisejí s mírnějšími zimami v rámci celkového globálního oteplování, jež probíhá přibližně od roku 1970.

K prvním pokusům o systematické studium klimatického systému Země docházelo již v dobách Mezinárodní meteorologické organizace (IMO), předchůdkyně WMO, jež v roce 1929 ustavila Komisi pro klimatologii. Od 50. let 20. století přispívají k vysoké kvalitě výzkumu, sledování a interdisciplinárnímu studiu atmosférických procesů výdobytky techniky, mj. radiolokátory, družice a výpočetní technika. Na přelomu 60. a 70. let dvacátého století vedlo nebyvalé sucho v oblasti Sahelu a důkazy období trvalého ochlazování k obavám o budoucí klima. Ve stejnou dobu vedla pozorování zvyšujícího se obsahu oxidu uhličitého v atmosféře Světovou meteorologickou organizaci v roce 1976 k vydání prvního uznávaného prohlášení o možnosti vlivu zvyšování obsahu skleníkových plynů v atmosféře na budoucnost našeho podnebí.

V roce 1979 WMO svolala první Světovou konferenci o klimatu, z níž vzešel Světový klimatický program (WCP) a jeho jednotlivé součásti. WMO vyzvala ke spolupráci další organizace, např. Program pro životní prostředí OSN (UNEP), aby se ujal vedení při studiu dopadů změn, či Mezinárodní radu pro vědu (ICSU) ke spolupráci na výzkumu. V roce 1988, za rostoucích obav ohledně vlivu lidské činnosti na klima a možného vlivu klimatických změn na národní ekonomiky, zejména v rozvíjejících se zemích, ustanovila WMO společně s UNEP Mezivládní panel pro klimatické změny (IPCC). Mezi jeho úkoly patří vyhodnocování vědeckých informací o klimatických změnách a jejich ekologických a socioekonomických dopadech, jakož i stanovování příslušných strategií reakce. Od svého založení byly v rámci IPCC vydány tři hodnotící zprávy. První hodnotící zpráva z roku 1990 vedla k tomu, že WMO a UNEP zahájily jednání o Rámcové úmluvě o klimatických změnách, jež byla podepsána v Riu de Janieru v průběhu Konference OSN o životním prostředí a rozvoji (UNCED) roku 1992. Poté došlo k založení Konference stran úmluvy. Druhá hodnotící zpráva (1995) přispěla k jednáním o Kjótském protokolu a k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách (UNFCCC).

Ve své Třetí hodnotící zprávě vydané v září 2001 dochází IPCC k závěru, že „existují nové a silnější důkazy o tom, že většina oteplování pozorovaného za posledních 50 let je důsledkem lidské činnosti“. Tyto závěry jakož i předpovědi týkající se budoucího klimatu, vycházejí z výsledků výpočtů složitých modelů celkové cirkulace mezi oceány a atmosférou, ze scénářů využívání energií a z předpovědí týkajících se emisí skleníkových plynů. Předpovědi budoucnosti sice zahrnují řadu nejistot, avšak důvěra ve schopnosti klimatických modelů poskytovat užitečné odhady značně vzrostla. Dokládá to uspokojivá modelová simulace současného klimatu, jevu El Niño/Jižní oscilace (ENSO) a monzunů, ale také jistých klimatických období v minulosti, jako např. vlivu erupce sopky Pinatubo v roce 1994 na globální střední teplotu zemského povrchu.

Třetí hodnotící zpráva IPCC uvádí, že globální střední teplota zemského povrchu vzroste v období let 1990 až 2100 o 1,4 °C až 5,8 °C. Tato předpokládaná rychlost oteplování je mnohem vyšší než změny pozorované v průběhu 20. století a velmi pravděpodobně neměla období za posledních nejméně 10 000 let. Zvýšení hladiny moří v letech 1990 až 2100 se předpokládá v rozsahu od 9 do 88 cm. To by mělo významný socioekonomický dopad, protože by byly ohroženy nízké ostrovy, přístavy, některé zemědělské plochy, zdroje sladké vody, turistické oblasti a produktivní pobřežní území.

Předpokládá se, že srážky se v průběhu 21. století zintenzivní. V nízkých zeměpisných šířkách dojde v některých oblastech ke snížení a v jiných ke zvýšení srážek. Ve středních až vysokých zeměpisných šířkách se srážkové události zintenzivní. Může dojít k častějším výskytům suchých období a záplav.

Sněhová pokrývka a zaledněné mořské oblasti severní polokoule se podle předpovědi budou dále zmenšovat a ledovce a ledové pokrývky vrcholů hor budou dále ustupovat. Bylo zjištěno, že hranice zalednění vrcholu hory Kilimandžáro v rovníkové oblasti v posledních letech ustupuje.

Změny klimatu také mnoha způsoby ovlivní lidské zdraví, a to jak přímo (snížením stresu z chladu, avšak zvýšením tepelné zátěže v zemích mírného podnebí), tak nepřímo cestou změn v dosahu vektorů chorob (např. komárů), vodou přenášených patogenních látek a jakosti vod a ovzduší. U některých druhů může dojít ke zvýšení výskytu co do počtu i územního rozšíření, avšak změna klimatu zhorší riziko vyhynutí některých zranitelnějších druhů a ztráty biodiverzity.

Tyto předpovědi se sice týkají následujících 100 let, ovšem daleko horší je obava, že člověkem způsobené klimatické změny mohou přetrvat po celou řadu staletí i v případě, kdyby dnes došlo k úplnému omezení emisí skleníkových plynů do atmosféry, protože některé ze skleníkových plynů jako např. oxid uhličitý, mají dlouhou životnost.

Nejbezprostřednější hrozby lidstvu se týkají zvýšených výkyvů v intenzitě a frekvenci bouřkových a jiných jevů souvisejících s extrémním počasím a podnebí, jako jsou záplavy a sucha, čtenější vlny veder v oblastech velkých měst a vliv stoupání mořské hladiny na nízko položené pobřežní oblasti. Podrobné předpovědi změn klimatu pro oblasti na úrovni regionu či povodí zatím nejsou k dispozici, je však moudré předpokládat, že změny pozorované v posledních desetiletích budou pokračovat a že budou představovat naléhavé a zhoršující se problémy pro mnohé oblasti našeho života. Plánování reakce na hrozby klimatických změn vyžaduje zmapování celé řady možných budoucích událostí a identifikaci zásadních možností, které by představovaly nejlepší reakci na tyto výzvy. V budoucnosti povede zrychlování vývoje techniky ke zužování nejistot, což bude mít zásadní vliv na způsob, jak řešíme klimatické otázky. V tomto ohledu by lepší pochopení klimatických procesů a stále rozsáhlejší schopnosti počítačů a družic mohly vést ke zlepšení předpovědi na lokální a regionální úrovni. Vědci také pracují na technických řešeních pro zmírnění globálního oteplování.

Opatření, jež byla dosud zvažována pro zmírnění klimatických změn, jsou pro ochranu budoucího klimatu zatím nedostatečná. Mezinárodní společenství by okamžitě mělo

začít jednat prostřednictvím UNFCCC a Kjótského protokolu tak, aby došlo k přiměřenému omezení emisí skleníkových plynů do atmosféry, a uplatnit další opatření ke snížení nejistot v předpovědích vývoje klimatu. Za tímto účelem budou WMO a národní hydrometeorologické služby nadále zastávat vedoucí úlohu při řešení klíčových vědecko-technických otázek.

První z těchto záležitostí se týká systematického pozorování, jež je nutno zlepšit, a rekonstrukce minulých klimatických období. Je také zapotřebí získávat více údajů z polárních a oceánských oblastí, s cílem umožnit lepší kvantitativní vyhodnocování klimatických extrémů. V odpověď na tyto problémy WMO i nadále posiluje svoje programy Světová služba počasí (WWW), jež sleduje počasí a podnebí, i Globální pozorování atmosféry (GAW), zaměřený na chemické složení atmosféry a také své sítě pro hydrologická sledování.

Druhá otázka se týká potřeby řešit nejistoty, které v sobě dlouhodobé předpovědi zákonitě nesou. Za tímto účelem probíhají rozsáhlé snahy, zejména v rámci Programu výzkumu světového klimatu (WCRP), jehož úkolem je zlepšit schopnost předpovídání klimatu díky lepším modelům. Cílem těchto snah je lépe pochopit klimatické procesy týkající se mj. úlohy celé kryosféry, rozložení a předpovědi budoucích emisí skleníkových plynů i jejich „výпустí“ a zdrojů, a dále role bioty a povrchů souše a oceánů i oceánských hlubin. Projekt Variability a předvídatelnosti klimatu (CLIVAR) je těžištěm programu WCRP při studiu variability klimatu, rozšiřování efektivních předpovědí klimatických výkyvů a zpřesňování odhadů antropogenních klimatických změn. Navíc je nutno dále rozvíjet klimatické modely pro lepší simulaci regionálních a lokálních vlivů klimatických změn a extrémních povětrnostních jevů.

Třetí otázka se týká nutnosti zajistit, aby z pokroku klimatologie těžily všechny země. V tomto ohledu je projekt WMO Služby klimatických informací a předpovědí (CLIPS) určen na pomoc jednotlivým zemím při aplikaci klimatických údajů a sezonních předpovědí v oblastech, jako je vodohospodářství, zemědělství a zmírňování následků katastrof.

A konečně je v rámci snah o řešení klimatických změn nutno posílit mezinárodní rámec pro koordinaci národních a mezinárodních snah, aby výsledky výzkumů, údaje a informace získané pozorováním a další zdroje byly využívány k co největšímu celkovému užítku. Zejména národní hydrometeorologické služby by se měly těšit nezbytné podpoře při naplňování svého poslání – pochopit počasí a klima a poskytovat nezbytné služby.

Pokrok při řešení těchto problémů by IPCC měl umožnit zodpovězení některých zbývajících otázek ve Čtvrté hodnotící zprávě, jež je plánována na rok 2007. Zpráva IPCC se mimo jiné zaměří na snižování nejistot a poskytování lepších předpovědí na úrovni jednotlivých států a bude-li to možné i povodí. V tomto ohledu je dobré připomenout, že Světový summit o udržitelném rozvoji (WSSD), který se konal v roce 2002 v jihoafrickém Johannesburgu, vyzval k obnovení závazků řešit náročné úkoly týkající se zmírňování chudoby, změn ve spotřebitelském a výrobním chování, zmírňování přírodních katastrof a ochrany a řízení přírodních zdrojů pro hospodářský a společenský rozvoj.

## DRUHÁ KONFERENCE ICTP O DETEKCI A MODELOVÁNÍ REGIONÁLNÍ KLIMATICKÉ ZMĚNY

Oddělení fyziky počasí a klimatu Mezinárodního centra pro teoretickou fyziku (Physics of Weather and Climate Group, The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics) v Terstu, vedené průkopníkem regionálních klimatických modelů Filippem Giorgim, bylo hlavním pořadatelem Druhé konference ICTP o detekci a modelování regionální klimatické změny, která proběhla v Terstu v týdnu od 30. září do 4. října 2002. Konference se 122 účastníky z celého světa (zastoupeny byly, s pochopitelnou výjimkou Antarktidy, všechny kontinenty) měla vysokou úroveň. Ukazuje se, že prudký rozvoj probíhá v současnosti ve dvou oblastech: ve výzkumu nejistot při konstrukci scénářů a studiu dopadů klimatické změny a v modelování této změny pomocí regionálních klimatických modelů. Běžnými se stávají integrace regionálních modelů až na 30 let. Čím dál větší důraz je kladen na vytváření ansámbľů modelových integrací pro odhad nejistot způsobených vnitřní proměnlivostí modelů. Společným jmenovatelem většího počtu prezentací byla rovněž demonstrace toho, že regionální klimatické změny (např. v teplotě, srážkách nebo výšce mořských vln) pozorované v několika málo uplynulých desetiletích vybočují z přirozené proměnlivosti klimatu, resp. jsou konzistentní se změnami předpovídanými klimatickými modely pro budoucí klima.

Konference byla rozdělena do pěti sekcí. V každé z nich bylo předneseno několik (dvě až pět) vyžádaných úvodních přednášek, větší množství ústních příspěvků, a součástí akce byla i prezentace posterů. Českou republiku zastupovali čtyři účastníci – M. Dubrovský, R. Huth, J. Kyselý (ÚFA AV ČR) a T. Halenka (KMOP MFF UK).

V úvodní přednášce úvodní sekce, věnované *detekci regionální klimatické změny a hledání jejích příčin (detection and attribution)*, konstatoval P. Stott (V. Británie) na základě srovnání pozorování s integracemi globálních klimatických modelů pro období od poloviny 19. století do současnosti, že změny teploty v tomto období lze velmi dobře vysvětlit kombinací přirozených (sluneční a vulkanická činnost) a antropogenních (nárůst koncentrací skleníkových plynů a aerosolů) faktorů a že nárůst globální teploty pozorovaný od 70. let 20. století lze do značné míry připsat antropogenní činnosti, tj. zesílení skleníkového efektu v důsledku rostoucích koncentrací oxidu uhličitého. Další příspěvky se zabývaly detekcí změn zejména teploty a srážek v regionálním měřítku, např. v Kostarice, Alpách, Maroku či Španělsku. J. Schmidli (Švýcarsko) prezentoval výsledky získané z databáze měsíčních úhrnů srážek v alpské oblasti ve velmi husté síti (25 x 25 km) pro období 1901–1990.

Druhá sekce se zabývala *simulacemi regionální klimatické změny pomocí spřažených (coupled) globálních klimatických modelů*. P. Whetton (Austrálie) studoval pomocí skupinových (ensemble) integrací vnitřní proměnlivost modelů a zjistil, že růst koncentrací skleníkových plynů v atmosféře je pravděpodobnou příčinou pozorovaného silného poklesu srážek v jihozápadní Austrálii. K. Jylhä (Finsko) prezentovala analýzu výstupů z globálního modelu pomocí Köppenovy klasifikace. Zvané přednášky J. Räisänen (Švédsko) a F. Giorgiho (Itálie) se zabývaly problémem, jak ze souboru skupinových integrací z více modelů odhadnout spolehlivost jed-

notlivých modelů při stanovení změny klimatu a jak ji kvantifikovat. J. Räisänen rovněž ukázal, jak se zmenšujícím se měřítkem klesá shoda mezi modely a že při zdvojnásobení koncentrací skleníkových plynů jsou rozdíly mezi modely významnějším zdrojem nejistoty než vnitřní proměnlivost v jednotlivých modelech.

Třetí sekce byla věnována *atmosférickým modelům s vysokým a proměnlivým rozlišením*. Velmi dobrý přehled klimatického modelování s proměnlivým rozlišením přednesl M. Déqué (Francie). Zmínil projekt na vzájemné srovnání modelů s proměnlivým rozlišením (SGMIP), který v současnosti zahrnuje šest takových globálních modelů. Podle něj regionální klimatické modely a globální modely s proměnlivým rozlišením dávají v oblasti, kde má globální model vysoké rozlišení, podobné výsledky; oba přístupy se proto zdají být rovnocenné. J. McGregor (Austrálie) předvedl zajímavé (a na první pohled podivné) řešení globálního modelu konstruovaného na tzv. konformní krychlové síti, tedy oblasti získané konformní projekcí globu na krychli s osmi póly – rohy, které se nacházejí v subtropích. W. Gutowski (USA) ukázal možnosti modelu, v němž se hustota sítě přizpůsobuje vývoji a pohybu zkoumaného jevu (např. cyklony). Další příspěvky v této sekci se zabývaly např. hledáním mechanismů v budoucnu očekávaného letního vysušování střední Evropy (D. Rowell, V. Británie) nebo změnami vlastností cyklon ve Středomoří (P. Lionello, Itálie).

*Regionální klimatické modely* byly tématem nejpočetnější sekce. R. Laprise (Kanada) se zabýval citlivostí regionálního modelu na rozlišení řídicího (globálního) modelu: skok mezi délkou kroku sítě (rozlišením) na hranici mezi oběma modely nemá být příliš velký. R. Arritt (USA) zkoumal mj. citlivost regionálních modelů na změny ve fyzikálních parametrizacích. L. Sloan (USA) ukázala výsledky skupinových simulací pro dvojnásobné koncentrace skleníkových plynů v Kalifornii se zaměřením na výškovou závislost změny teploty: očekávané oteplení roste s nadmořskou výškou. J. Bell (USA) pomocí regionálního modelu zkoumal změny četností extrémních událostí a délky vegetačního období v důsledku zesílení skleníkového efektu. Změny extrémních srážkových událostí v Evropě simulované modelem HIRHAM, což je předpovědní model HIRLAM s fyzikou převzatou z globálního klimatického modelu ECHAM, byly tématem přednášky J. Christensena (Dánsko). Ten zaujal přítomné Čechy zejména tím, že si za pozadí své počítačové prezentace zvolil známou fotografii soutoku Vltavy s Beroučkou z loňských povodní. Pro řadu povodí evropských řek ukázal očekávané změny ročního chodu srážek a odtoků. Např. v povodích Odry a Labe očekává model HIRHAM v létě celkový pokles srážek, ale současně nárůst extrémních srážkových událostí: čím extrémnější srážková událost, tím větší nárůst její pravděpodobnosti se dá očekávat. Ch. Frei (Švýcarsko) zdůraznil význam hlubší analýzy modelových parametrů; ukázal totiž, že poměrně úspěšná simulace průměrných srážek v Alpách několika regionálními modely je výsledkem superpozice dvou chyb: nadhodnocení četnosti a podhodnocení intenzity srážek. J. Kleinn (Švýcarsko) se zabýval citlivostí odtoku z povodí Rýna na změny teploty v okrajových podmínkách při zachování relativní vlhkosti, tj. při zvýšení absolutní vlhkosti. S. Seneviratne (Švýcarsko) tento postup, tj. zvýšení teploty a zachování relativní vlhkosti v okrajových podmínkách,

a navíc zvýšení koncentrací CO<sub>2</sub>, prezentovala jako „náhradní“ scénář pro simulaci klimatické změny regionálním modelem.

Poslední sekce se zabývala *hranicí či přechodem (anglicky interfacem) mezi klimatickými informacemi a dopady klimatické změny*. M. Beniston (Švýcarsko) ukázal, že k tomu, aby mohlo dojít ke stabilizaci koncentrací skleníkových plynů v atmosféře, musí se urychleně přistoupit k poměrně drastickému snižování jejich emisí. Např. pro stabilizaci koncentrací CO<sub>2</sub> na úrovni 750 ppm, tj. přibližně dvojnásobku dnešních koncentrací, by bylo třeba za několik málo desetiletí snížit emise na úroveň nižší než byla v roce 1990. H. von Storch (Německo) prezentoval svou poměrně revoluční myšlenku tzv. spektrálního nudgingu (český výraz pro to neexistuje; „nudge“ znamená v angličtině podle slovníku „strkat do někomu loktem“): regionální model je ovlivňován globálním modelem nejen prostřednictvím okrajových podmínek, ale také uvnitř integrační oblasti, to však selektivně pro různé výšky (čím blíže k povrchu, tím méně) a vlnová čísla (čím menší rozměr, tím menší vliv). To umožňuje regionálnímu modelu držet se klimatu globálního modelu ve velkých měřítcích, ale vyvíjet si vlastní klima v malých měřítcích zejména při zemském povrchu. T. Carter (Finsko) se zabýval „explozí“ nejistoty v řetězci modelů, který směřuje od socioekonomických modelů přes emise a koncentrace skleníkových plynů, radiční působení (forcing), globální klima, jeho regionalizaci až po dopady klimatické změny. V této sekci odezněly i dva referáty českých účastníků: M. Dubrovský hovořil o nejistotách při vytváření lokálních scénářů klimatické změny a R. Huth diskutoval nejistoty v určení lokální klimatické změny, které vznikají volbou metody a prediktorů ve statistickém downscalingu. Další tři české příspěvky byly prezentovány formou posterů: studie dlouhodobých změn cirkulace nad Evropou a zejména její perzistence autorů J. Kyselého a R. Hutha, první výsledky klimatických integrací modelem ALADIN (R. Huth spolu s širokým autorským kolektivem) a vliv vysokofrekvenční a nízkofrekvenční proměnlivosti ve stochastickém generátoru počasí na výstupy z hydrologických a zemědělských modelů (M. Dubrovský, J. Buchtele a Z. Žalud).

Závěrečné dva dny konference byly vlastně pracovním zasedáním účastníků projektu PRUDENCE (Předpověď regionálních scénářů a nejistot pro definici rizika a důsledků klimatické změny v Evropě), který je financován z 5. rámcového programu EU a jehož koordinátorem je J. Christensen (Dánský meteorologický ústav, Kodaň). Ve veřejné části zasedání byly prezentovány dosavadní výsledky a cíle tohoto projektu, který sdružuje více než 20 evropských institucí. Prezentace byly věnovány rovněž dvěma příbuzným projektům z 5. rámcového programu EU, STARDEX (Statistický a regionální dynamický downscaling extrémů pro evropské regiony; koordinátorka C. Goodess, Univerzita Východní Anglie, Norwich, Velká Británie) a MICE (Modelování dopadů klimatických extrémů; koordinátorka J. Palutikof z téže instituce). Vlastní pracovní jednání bylo organizováno ve třech sekcích. První z nich byla věnována regionálnímu modelování a analýze klimatické změny v Evropě pro období 2071–2100, jakož i stanovení nejistoty v modelových výsledcích v důsledku formulací jednotlivých modelů (viz [www.dmi.dk/f+u/klima/prudence/](http://www.dmi.dk/f+u/klima/prudence/)), jejich parametrizací a rozlišení. Jednotliví partneři zde prezentovali první výsledky svých modelářských aktivit v rámci úkolů řešeného projektu, který začal koncem minulého roku. S tématy této sekce byl velmi těsně spojen obsah dvou projektů řešených v ČR v rámci GA ČR a VaV MŽP, z tohoto hlediska byla účast na

této sekci velmi poučná. Druhá sekce byla věnována studiu vlivu příštích scénářů klimatické změny na hydrologii, zemědělství, lesnictví a ekosystémy s odhadem rizik budoucích možných extrémů v Evropě. Třetí sekce se věnovala projekci výsledků projektu do evropské politiky v oblasti důsledků klimatické změny. I tyto oblasti mají velký význam pro pokračování příslušných našich domácích projektů, resp. formulaci dalších úkolů v rámci budoucích navazujících projektů.

Součástí konference byla i krátká prezentace projektu PIRCS, organizovaného E. Taklem z Univerzity v Iowě (USA). Tento projekt se zabývá srovnáním regionálních klimatických modelů (zatím jich je přihlášeno 16) pro předem dané období a oblast. Organizátoři projektu projevíli zájem jak o další modely, které by se mohly do srovnání zapojit, tak o spolupracovníky při verifikaci těchto modelů. To je velkou výzvou pro řešitelské kolektivy zmíněných lokálních projektů, i když možnost zapojení naší klimatické verze modelu ALADIN ve stanovené lhůtě s nutností řešení vstupu poskytovaných vnějších dat do modelu není v této fázi příliš realistická.

Hlavní organizátor, F. Giorgi, na závěr sdělil, že by se konference o regionálním modelování klimatu měla do budoucna v Terstu konat pravidelně jednou za dva až tři roky.

*Radan Huth – Tomáš Halenka – Jan Kyselý  
– Martin Dubrovský*

## **AGROMETEOROLOGICKÝ ZPRAVODAJ – SLUŽBA ZEMĚDĚLCŮM**

Pobočka Českého hydrometeorologického ústavu v Ostravě spolu se Státní rostlinolékařskou správou, oblast Opava (dále SRS) přistoupila v roce 1999 k vydávání Agrometeorologického zpravodaje (dále AMZ) o rozsahu 5–6 stran a k jeho rozšiřování mezi zemědělskou i odbornou veřejnost. Motívem tohoto kroku byl zájem zemědělců i drobných pěstitelů o krátkodobé předpovědi počasí a některé klimatické jevy, zejména o výskyt, intenzitu a úhrn srážek, teploty vzduchu a možnost výskytu ranních mraziků v jarním období, možnost výskytu bouřek a krupobití, sílu větru apod., a protože Státní rostlinolékařské správě skončila, až na malé výjimky, povinnost signalizace výskytu chorob a škůdců, tak zde byl také zájem o tyto informace. Agrometeorologický zpravodaj je vydáván ve vegetační době (březen–říjen) každý týden, v době vegetačního klidu (listopad–únor) vždy jednou za měsíc.

Úvodní část AMZ tvoří vždy něco pro zábavu i poučení. Byly zde uváděny lidové pranostiky, historické meteorologické zajímavosti z literatury, výklad některých meteorologických termínů i lidové pozorování chování zvířat a rostlin ve vztahu k počasí.

Klimatická část AMZ obsahuje rámcovou předpověď počasí, která je dělena na jednotlivé dny v týdnu a kterou zpracovává regionální předpovědní pracoviště pobočky vždy v neděli ve večerních hodinách pro celý další týden. Dalším bodem je zhodnocení průběhu počasí v uplynulém týdnu. K tomuto účelu vycházíme z denních dat našich automatických stanic. Zaměřujeme se hlavně na srážky, jejichž týdenní úhrn vyhodnocujeme lokálně procenticky ve vztahu k dlouhodobým průměrům sledovaných stanic a na průměrné denní a týdenní teploty, jejichž odchylky jsou rovněž porovnávány s dlouhodobými průměry sledovaných stanic. Ty jsou zejména důležité pro stanovení možností výskytu některých škodlivých činitelů v zemědělství a zahradnictví a v tomto se také promítá naše spolupráce se Státní rostlinolékařskou správou.

V každém čísle AMZ uvádíme pro zajímavost nejvyšší denní teplotu, nejnižší noční teplotu a nejnižší přízemní teplotu naměřenou v uplynulém týdnu. Po ukončení měsíce následuje jeho stručné zhodnocení opět z hlediska srážkového a teplotního a týdenní i měsíční hodnocení je zaneseno do tabulky.

Je samozřejmostí, že v AMZ využíváme také týdenní údaje z naší fenologické staniční sítě. Jedná se nejen o informace o vývoji polních plodin a ovocných dřevin v daném období, ale také o postupu polních prací v regionu severní Moravy a Slezska.

Hlavní součástí fytopatologické části AMZ jsou zhruba od března přehledy výskytu chorob a škůdců. Interval jejich zpracovávání se mění v průběhu celého roku. V období, kdy je nejvíce problémů v oblasti ochrany rostlin, tj. od dubna do začátku července, jsou tyto přehledy zpracovávány pravidelně v týdenních intervalech. Zprávy poskytují aktuální přehled výskytu chorob a škůdců u hlavních polních plodin a rovněž uvádějí i stav výskytu důležitých chorob a škůdců na ovocných stromech a u zeleniny. Zprávy jsou zpracovávány ve všech okresech regionu severní Moravy a Slezska a následně na základě těchto informací se sestavuje souhrnná zpráva o celkové situaci ve výskytu chorob a škůdců v rámci celého regionu. V průběhu podzimního a zimního období jsou tyto přehledy vzhledem k vegetačnímu klidu zpracovávány jedenkrát za dva měsíce. Právě v tomto období je více pozornosti věnováno různým podrobnějším informacím a zajímavostem z oblasti ochrany rostlin, včetně detailnějšího hodnocení některých ověřovaných metod a modelů pro prognózu výskytu škodlivých činitelů.

Důležitou součástí AMZ v průběhu vegetační doby je předpoklad vývoje chorob a škůdců v porostech v následujícím období. Na základě současného stavu chorob a škůdců a s ohledem na předpokládaný průběh počasí v následujícím období se zpracovává předpověď dalšího vývoje chorob a škůdců v porostech. Právě předpověď počasí je velmi důležitá pro stanovení dalšího vývoje situace v porostech. Pro předpoklad dalšího vývoje zdravotního stavu porostů se využívá rovněž výsledků různých programů a matematických modelů pro předpověď výskytu některých chorob a škůdců. Státní rostlinolékařská správa vyhodnocuje v průběhu vegetace dvě celostátní prognózy, které se zpracovávají ve všech krajích naší republiky. Jedná se o „Krátkodobou prognózu výskytu stéblolamu“ na ozimé pšenici a „Prognózu plísně bramborové“ u brambor. Krátkodobá prognóza výskytu stéblolamu je vydávána na základě porovnání týdenních srážek s dlouhodobými srážkovými normály. Předpověď zpracovává počítačový program a na základě srážek se stanoví prognóza škodlivého nebo slabého výskytu stéblolamu. Konečné vyhodnocení se provádí po 10 týdnech a výsledky této prognózy jsou uváděny aktuálně na stránkách AMZ. Zhruba od konce května do konce září se zpracovává v pravidelných týdenních intervalech prognóza plísně bramborové. Obdobně i u této metody je její podstatou porovnávání sumy týdenních srážek s normálem týdenních srážek pro danou oblast. Předpověď rovněž zpracovává počítačový program, v našem regionu je předpověď zpracovávána pro ca 45 lokalit. Na základě této prognózy se stanovuje jednak termín zahájení preventivního ošetření proti plísní bramborové a jednak riziko ohrožení porostů a tím i termíny následných ošetření. Výsledky této prognózy jsou rovněž aktuálně uváděny na stránkách AMZ. Právě včasnost preventivního ošetření rozhoduje o účinnosti tohoto zásahu. Kromě těchto celostátně stanovovaných prognóz jsou v regionu severní Moravy a Slezska využívány některé další pro-

gnostické programy, případně prognózy s využitím sum efektivních teplot. Jedním z takových programů je i model pro hodnocení infekčního tlaku a termínu ošetření proti skvrnatičce řepné, který je založen na vyhodnocování hodinových údajů o teplotě a relativní vzdušné vlhkosti. Skvrnatička řepná je závažná choroba na cukrovce, u níž byl v posledních letech zaznamenán výrazný nárůst a která vyžaduje včasné ošetření ve vhodném termínu. Obdobně jako u plísně bramborové je velmi důležité načasování chemického ošetření v optimálním termínu. Pokyny ohledně vhodného termínu ošetření proti této chorobě jsou rovněž aktuálně předávány pěstitelům prostřednictvím AMZ. Jedním z prvních závažných škůdců ozimé řepky v jarním období je krytonosec řepkový a čtyřzubý. Jedná se opět o jednoho ze škůdců, u kterých je velmi důležité správně stanovit termín chemického ošetření. Na základě víceletého ověřování se provádí signalizace ošetření proti tomuto škůdci s využitím sum efektivních teplot a maximálních denních teplot s ohledem na vývoj počasí v následujících dnech.

Kromě výše uvedených prognostických modelů se využívají pro odhad výskytu chorob a škůdců i některé další metody. Na území našeho regionu je rozmístěno několik světelných lapačů, které slouží pro monitorování letu některých škodlivých druhů mûr v zemědělských plodinách. Právě na základě údajů z těchto světelných lapačů jsou zemědělci prostřednictvím AMZ upozorňováni na zvýšenou úroveň náletu těchto škůdců a riziko možného poškození porostů. Jedná se především o osenici polní a mûru zelnou, u kterých letos byla zaznamenána zvýšená letová aktivita a v této souvislosti i lokálně až silné poškození některých porostů, zejména cukrovky. Světelné lapače byly využívány i pro monitorování letu zavíječe kukuřičného, což je opět jeden ze závažných škůdců kukuřice, u kterých především byl během posledních dvou let zaznamenán významný nárůst škodlivosti, a to i v našem regionu. Tomuto škůdci bude nutné věnovat pozornost a pravděpodobně existují i další způsoby monitorování jeho vývoje, například s využitím sum efektivních teplot. Tyto možnosti je však nutné v následujících letech dále ověřit. V souvislosti s tímto škůdcem byla v letošním roce ověřována pokusně i možnost využití feromonových lapačů. I u tohoto škůdce je opět důležité správně stanovení termínu ošetření a právě na základě využití výše uvedených metod byli pěstitelé informováni prostřednictvím AMZ o aktuálním stavu výskytu.

Kromě uvedených chorob a škůdců se informace v AMZ týkají celé řady dalších chorob a škůdců na významných zemědělských plodinách. Pozornost je zde věnována i drobným pěstitelům, kteří jsou tímto způsobem upozorňováni na některé významné choroby a škůdce, u nichž je důležitá zejména včasnost chemického zásahu. Jedná se především o termíny ošetření proti kadeřavosti broskvoní, což je jeden z nejzávažnějších problémů drobných pěstitelů ovocnářů v předjarním období, v posledních letech začíná být stále větším problémem moniliový úžeh hlavně u višní, kde intenzita výskytu je silně ovlivněna počasím, především úrovní teplot. U ovocnářů je problémem i výskyt obaleče jablečného a švestkového, u kterých se k monitorování náletů využívají feromonové lapače. Informace o úrovni náletů jsou rovněž předávány pěstitelům prostřednictvím AMZ. U zeleniny představují hlavní problémy především plíseň bramborová na rajčatech a plíseň okurková na okurkách.

V závěru fytopatologické části jsou uváděny některé další informace týkající se především aktuálních chorob a škůdců, které se v daném období vyskytují nebo u kterých se předpokládá výskyt v následujícím období. Tyto informace zahr-



nují většinou popis daného škodlivého činitele, včetně podmínek pro jeho šíření a možností chemické ochrany. Zatímco v hlavním vegetačním období jsou tyto informace většinou stručné a obsahují pouze nejdůležitější charakteristiky týkající se daného škodlivého činitele, během podzimního období jsou zde uváděny podrobnější články týkající se jednotlivých škodlivých činitelů, ale i řada dalších informací související více či méně se zemědělskou problematikou a problematikou ochrany rostlin, včetně dalších různých aktualit ze zahraničních zdrojů.

Kromě klasického zasílání AMZ jsme v letošním roce přistoupili k další operativní formě informovanosti zemědělců, a to k zasílání „žhavých“ informací z oblasti výskytu škodlivých činitelů na polních plodinách formou SMS zpráv. Jedná se o okamžitou signalizaci výskytu škodlivého činitele v konkrétní lokalitě na základě informace SRS. Tato služba je velice kladně hodnocena a ještě rychleji tak napomáhá zemědělcům včas reagovat na danou situaci a rozhodovat se pro eliminaci těchto škodlivých činitelů následným ošetřením.

Naši odběratelé, ale i ostatní zájemci nás mohou kontaktovat na adresách [sedenkova@chmi.cz](mailto:sedenkova@chmi.cz) a [obo.opava@srs.cz](mailto:obo.opava@srs.cz).

Věra Šeděnková – Libuše Májková

## JAK SE CHRÁNIT PŘED PRUDKOU ZMĚNOU KLIMATU ANEB METEOROLOGICKÉ OSVĚTY NENÍ NIKDY DOST

Téma Světového dne meteorologie roku 2003 Naše podnebí v budoucnosti je ryze klimatologické. Pro meteorology, kteří přicházejí do styku s nemeteorologickou odbornou i laickou veřejností a hlavně se zástupci sdělovacích prostředků, by mělo být vhodnou příležitostí k tomu, aby vysvětlili, co to je podnebí (klima) a jak se liší od počasí či povětrnosti, a co to je klimatická změna, případně kolísání klimatu. Vždyť smyslem Světových meteorologických dní a jejich každoročně se měnících témat není jen propagovat pokaždé jinou činnost koordinovanou Světovou meteorologickou organizací a zdůrazňovat užitek, který lidstvu přináší, ale provádět také účinnou meteorologickou osvětu. V meteorologii bychom asi nenašli jiné tak hojně nesprávně používané termíny, jako jsou klimatické podmínky, poměry nebo vlivy. Zemědělci v rozhlase a televizi běžně hovoří o nepříznivých klimatických podmínkách žní, které se moc nevyvedly, protože bylo chladno a často pršelo, silničáři hořekují na pokračujícími zlými klimatickými poměry v zimě, když jim dochází naplánovaná nafta a posypové směsi. Od sportovních novinářů slyšíme, že těsně před startem skokanské soutěže jsou těžké klimatické podmínky, protože nahore na nájezdu fouká vítr a dole kvůli mlze je špatně vidět. Ředitel nemocnice uvádí, že klimatické vlivy částečně oddálily položení střešní krytiny na hlavní budově a podobně. Nejvíce překvapuje, že pojem „klimatický“ namísto „povětrnostní“ používají zemědělství odborníci, protože lze předpokládat, že na vysokých školách je nikdo špatně neučí. Již v první české vysokoškolské příručce zemědělské meteorologie [1], kterou před 80 lety napsal Josef Kopecký (1865–1935), profesor Vysoké školy zemědělského a lesního inženýrství v Praze, se píše: „Člověk při své činnosti jest odkázán velmi často do volné přírody, kde jest vystaven přímým vlivům živlů přírodních, které mohou buď blahodárně jeho práci podporovati a usměrňovati, anebo i ničivě působiti na jeho dílo, které pod otevřenou oblohou buduje. Jak turista, tak inženýr, anebo hospodář z bedlivého pozorování

úkazů přírodních může se vyvarovati mnohé škodě; zvláště zemědělec mohl by na zdárný výsledek své práce pevně počítati, kdyby mohl usouditi, jaká povětrnost práci jeho bude provázeti“ (str. 110). Tedy ne klimatické, nýbrž povětrnostní podmínky ovlivňují průběh a výsledky konkrétní zemědělcovy práce.

V několika posledních desetiletích se do zájmu novinářů a do podvědomí širší veřejnosti dostal dlouhodobý přírodní proces, označovaný jako klimatická změna. Je tomu tak především proto, že byla poskytnuta určitá publicita významným mezinárodním akcím, týkajícím se životního prostředí anebo přímo podnebí. V souvislosti s tím se začaly množit snahy vysvětlovat různé děje, anomálie a třeba i jevy, které se jen zdají neobvyklými, globálním oteplováním Země a klimatickou změnou, podobně jako kdysi pomocí atomových výbuchů nebo družic. Přibývá odvážných domněnek odborníků, které by meteorologové měli sledovat aspoň po stránce terminologické, když už je nemohou potvrdit nebo vyvrátit. Např.: „Zvyšující se počet hus u nás (rozuměj na Novomlýnských nádržích v zimě – pozn. K.K.) však může souviset s globálním oteplováním. Na klimatické změny totiž ptáci reagují velmi citlivě. Příkladem je husa velká, jež u nás žije po celý rok, ale zimovat vždy létala do Afriky, říká ornitolog“ (Lidové noviny 7. 2. 2003). Kdo se však osmělí rozhodnout, zda příčinou změněného chování hus je změna podnebí, kolísání podnebí nebo jen více teplých zim za sebou?

Některá chybná použití odborných výrazů ve sdělovacích prostředcích však nelze přehlížet. Meteorologové by například neměli být neteční k novinovému článku s nadpisem „Naše tělo oslabují nejen viry, ale také prudké změny klimatu“, který vyšel v deníku Rovnost 24. 1. 2003. Článek, jehož předmětem je péče o naše zdraví, obsahuje i doporučení, jak se proti uvedeným změnám máme chránit: „...mimo jiné jíst hodně ovoce a zeleniny, která je zdrojem vitamínu C“.

Osvětová práce meteorologů mimo jiné při příležitosti Světového dne meteorologie 2003 může uživatelům meteorologických pojmů jen prospět.

### Literatura

- [1] KOPECKÝ, J., 1923. Základy zemědělské meteorologie a bioklimatologie. 1923. Praha, Publikace ministerstva zemědělství, roč. 1923, č. 29. 128 s.

Karel Krška

## GESCHICHTE DER METEOROLOGIE IN DEUTSCHLAND (Dějiny meteorologie v Německu.)

Offenbach am Main. Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes.

1. Paul Dubois: *Das Observatorium Lindenberg in seinen ersten 50 Jahren, 1905-1955.* 1993. 375 s.
2. Hans-Günther Körber: *Die Geschichte des Meteorologischen Observatorium Potsdam.* 1993. 129 s.
3. Hans-Günter Körber: *Die Geschichte des Preußischen Meteorologischen Instituts in Berlin.* 1997. 71 s.
4. Klaus Wege: *Mit Beiträgen von Joachim P. Kuettner und Ludwig Weickmann.* 2000. 104 s.
5. Klaus Wege: *Die Entwicklung der meteorologischen Dienstes im Deutschland.* 2002. 366 s.

Velké kulturní národy mají velké kulturní dějiny – a věda je jednou z duchovních oblastí kultury. Toto konstatování

potvrzuje i obsah pětidílných dějin německé meteorologie, úctyhodného spisu Německé povětrnostní služby, vycházejícího v samostatné publikační řadě po dobu deseti let. Dílo nezapomíná jen vědecké poznatky, závěry a teorie, kterými kdy němečtí odborníci obohatili světovou meteorologii, ale sleduje především všechny činnosti, které vedly k vytváření datových základů, z nichž poznání meteorologických a klimatologických procesů vychází a o něž se opírá předpovědní praxe. Podrobně popisuje historii funkčně a organizačně velmi diferencované meteorologické služby a jejích zařízení, např. observatoří a líčí vývoj vysokoškolských ústavů a jiných institucí, které přispěly k rozvoji meteorologického poznání většinou od 19. století až do současnosti. Každý průměrně vzdělaný český meteorolog, který zná desítky jmen německých meteorologů a fyziků jak z jejich publikací, tak podle názvů přístrojů, vzorců, vztahů a zákonů podle nich pojmenovaných, již při letmém nahlédnutí do kteréhokoliv svazku zjistí, jak malou část německé meteorologie obsáhl.

Již jen stručná recenze uvedeného díla o celkovém rozsahu 1045 stran (formát A4) textu, černobílých a barevných fotografií, mapek a grafů by vyžadovala více místa, než Meteorologické zprávy mohou poskytnout. Proto se omezíme jen na základní informace.

První a neobjemnější díl, věnovaný aerologické (aeronautické) observatoři v Lindenbergu u Berlína, napsal k jejímu 50. výročí její tehdejší ředitel P. Dubois. Protože však Akademické nakladatelství v bývalé NDR z ideologických důvodů spis nepřijalo (1958), vyšel v konečné podobě až v nové edici. Je ukázkově vyrobeným a pedantně zpracovaným historickým dílem, svědčícím o velkém rozhledu a hlubokých vědomostech autora. Začal popisem aerologických snah ještě v Pruském meteorologickém ústavu, tedy před založením observatoře Lindenberg (1847–1904), spočívajících v budování horských stanic, zavádění letadlových měření a ve zřízení aeronautické observatoře Tegel u Berlína. Činnost lindenberské observatoře jako samostatné instituce (1905–1932) rozdělil do dvou časových úseků podle toho, kdo byl jejím ředitelem (objevitel stratosféry R. Aßmann 1905–1914 a H. Hergesell 1914–1932). Podrobně píše o používaných aerologických technických prostředcích a výsledcích sondáží, praktickém zajišťování vzducholodní dopravy, terénních expedicích i účasti v Mezinárodní aerologické organizaci. Také v dalších obdobích, za krátkého působení observatoře v rámci Meteorologického ústavu (1932–1934), které se dělo pod vedením H. v. Fickera a v Říšském ústavu pro povětrnostní službu v letech 1934–1945 pod vedením W. Martena, H. Koschmiedera a F. Heratha, postupoval obdobně, když popisoval vnitřní vývoj stanice, její rutinní práci a výzkumnou činnost, která byla vždy pro observatoř typická. V poválečném období, v němž aerologie začala používat radiolokátory, radiosondy více typů a přistoupila k ozonovým sondážím, se stanice rozvíjela v Meteorologické, resp. Hydro-meteorologické službě NDR, z velké části pod vedením autora spisu (1950–1969). Uzavírá jej kompletní bibliografie pracovníků a výčet úředních dokumentů, které vydala.

Druhý díl obsahuje dějiny meteorologické observatoře v Postupimi, která sehrála velice důležitou úlohu hlavní pruské a později německé stanice. Jejího předchůdce lze hledat v Pruském meteorologickém ústavu, spojeného hlavně se jmény H. W. Doveho a W. v. Bezolda, po jehož reorganizaci byla založena Meteorologicko-magnetická observatoř Potsdam v roce 1892, provádějící nejrůznější solární, geofyzikální

a meteorologická měření a výzkum (A. Schmidt, G. Hellmann, R. Süring, H. v. Ficker, H. Koschmieder aj.). Po 2. světové válce byla hlavní meteorologickou observatoří NDR až do roku 1990, kdy byla po sloučení obou částí rozděleného Německa včleněna do jednotné Německé povětrnostní služby. Spis uzavírá chronologický výčet událostí ze života observatoře z let 1847–1994.

Třetí díl podává samostatný přehled dějin již zmiňovaného Pruského meteorologického ústavu v Berlíně v letech 1847–1933 a po jeho včlenění do Říšské povětrnostní služby (1934–1945), takže se obsahově mnohde překrývá s dílem druhým. Navíc informuje o organizačních změnách, které nastaly od ukončení 2. světové války až do roku 1990, kdy bylo pracoviště začleněno do celoněmecké povětrnostní služby. Soupis pramenné literatury je o 144 položkách, jejichž řazení je záhadou.

Čtvrtý díl je kronikou meteorologické stanice Zugspitze, jež na stejnojmenném alpském vrcholu a nejvyšším bodě Německa v nadmořské výšce 2 963 m zahájila činnost v roce 1900. K jejímu vybudování, jakož i dalších horských stanic, dal podnět J. v. Hann na 2. kongresu Mezinárodní meteorologické organizace v Římě v roce 1879. Stanice měly doplňovat aerologická měření pomocí upoutaných draků a balonů (v roce 1902 dosáhl balon s registračními přístroji při výstupu v Tegelu rekordní výšky 19 960 m!) a umožnit trojrozměrné poznávání atmosféry. Spis popisuje postup výstavby observatoře, rozvoj a okolnosti pozorování (jsou uvedena i jména pozorovatelů), zapojení observatoře do mezinárodních výzkumných projektů a obsahuje dlouhý soupis publikací o stanici a prací vycházejících z jejího měření a také některé údaje o jejím klimatu.

Pátý a druhý nejrozsáhlejší díl je souborným pojednáním o vývoji meteorologické služby na německém území. Připomíná účinkování Falcké meteorologické společnosti (1780–1795), která měla charakter první světové meteorologické služby, stručně i vývoj meteorologie v Rakousku a podrobně se zabývá námořní výstražnou službou (Deutsche Seewarte) a povětrnostními službami jednotlivých německých zemí, v nichž působili mnozí slavní průkopníci moderní meteorologické vědy. V roce 1934 vznikla Říšská povětrnostní služba jako celostátní instituce, která integrovala zemské služby a až do konce války zajišťovala veškeré činnosti od správy pozorovacích sítí, přes zabezpečování letectva až po agrometeorologii. Je vzpomenu, že v roce 1940 bylo z aerologické observatoře ve Friedrichshafenu vyčleněno oddělení fyziky oblaků a jako samostatný ústav (Wolkenforschungsstelle) pod vedením W. Findeisena přestěhováno do Prahy. Při obnově válkou zničeného Německa se začala povětrnostní služba křísit v okupačních zónách vítězných velmocí. Později procházela samostatným vývojem ve dvou německých státech, v obou dosáhla vynikajících mezinárodně uznávaných výsledků; po jejich sloučení existuje od roku 1990 jen jedna německá povětrnostní služba. Těžiště 5. dílu spočívá právě v detailním zpracování rozvoje služeb od roku 1945 do současnosti (organizace, úkoly, personálie), v přílohách jsou organizační schemata i vojenských meteorologických (geofyzikálních) organizací, mapy staničních sítí, fotografie různých dokumentů apod. V soupisech literatury, která jsou zařazeny za jednotlivými kapitoly, nacházíme i Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku vydané v roce 2001.

*Karel Krška*



## ÚPRAVA CITACÍ V METEOROLOGICKÝCH ZPRÁVÁCH OD ROKU 2003

Od 1. čísla Meteorologických zpráv v roce 2003 přistupujeme k drobným úpravám bibliografických citací. Naším cílem je přiblížení k citační praxi uplatňované zejména v akademické obci i v zahraničí, i když postupy nejsou zcela jednotné. Po zevrubném zvážení jsme jenom částečně akceptovali poměrně komplikovanou normu ČSN ISO 690 Bibliografické citace, protože její absolutní prosazení by bylo velmi problematické jak z hlediska autorského, tak i redakčního. **Hlavní změnou proti současné praxi je forma psaní jména autora z malých písmen na velká (bude uváděno maximálně pět autorů), přeřazení doby vydání (vročení) hned za jméno autora, uvádění názvů seriálových publikací, tj. časopisů, ročenek, sborníků apod., v nezkrácené podobě v kurzívě a navíc i uvádění ISBN u knih a ISSN u seriálových publikací, pokud je to možné. V textu článku bude i nadále uváděn v hranatých závorkách pouze číselný odkaz na citovaný pramen.**

### Příklady citací:

#### *Monografie*

KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Nakladatelství Karolinum. 568 s. ISBN 80-7184-951-0.

#### *Seriálová publikace – časopis*

RACKO, S. – SIMON, A. – SOKOL, A., 2002. Niektoré z príčin búrok v zimnom období. *Meteorologické zprávy*, roč. **55**, č. 3, s. 69–81. ISSN 0026-1173.

#### *Seriálová publikace – sborník*

VAVRUŠKA, F., 1999. Porovnání měření teploty vzduchu na klasických a automatických meteorologických stanicích. In: *Sborník prací Českého hydrometeorologického ústavu*. Praha: ČHMÚ, sv. **47**, s. 53–56. ISBN 80-85813-65-3, ISSN 0232-0401.



## EDIČNÍ PLÁN NAKLADATELSTVÍ ČHMÚ NA ROK 2003

EDICE

TITUL

**Sborník prací**

Titul bude upřesněn

**Práce a studie**

Seš. 32 R. Tolasz – M. Stříž: Prostorová analýza srážkového pole za období 1961–1990  
Seš. 33 P. Štěpánek: Homogenizace teploty vzduchu v České republice v období  
přístrojových pozorování

**Mimo ediční řady**

J. Šantroch et al.: Přizemní ozon  
J. Kubát et al.: Poznatky a poučení z povodně 2002  
K. Krška – V. Vlasák: Historie a současnost hydrometeorologické služby na jižní Moravě  
J. Rožnovský – M. Kohut – M. Hradil: Agroklimatické podmínky jižní Moravy  
V. Květoň – H. Květoňová: Charakteristiky teploty vzduchu v České republice 1961–2000  
J. Daňhelka et al.: Posouzení vhodnosti aplikace srážkoodtokových modelů  
s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území České republiky  
(koedice s Českou zemědělskou univerzitou)

**Seriálové publikace**

Výroční zpráva ČHMÚ 2002  
Hydrologická ročenka České republiky 2002  
Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika 2002  
Znečištění ovzduší na území České republiky. Grafická ročenka 2002  
Společná zpráva o kvalitě ovzduší v oblasti Černého trojúhelníku 2002