

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Petr Zacharov jr. – Daniela Řezáčová: Srovnání účinnosti diagnostických a prognostických charakteristik konvekčního prostředí</i>	65
<i>Pavla Štěpánková: Variabilita jarních mrazů na stanici Praha-Klementinum v období 1775–2003</i>	73
<i>Pavel Chaloupecký – Jiří Kastner: Režim přízemních mlh v Praze</i>	79
Informace – Recenze	85
Typy povětrnostních situací na území České republiky v roce 2004	96
Typy povětrnostních situací na území Slovenskej republiky v roku 2004	96

ROČNÍK 58 – 2005 – ČÍSLO 3

<i>Petr Zacharov, jr. – Daniela Řezáčová: A comparison of diagnostic and prognostic characteristics of convective environment</i>	65
<i>Pavla Štěpánková: Variability of spring frosts at the station Praha-Klementinum in the period 1775–2003</i>	73
<i>Pavel Chaloupecký – Jiří Kastner: Regime of ground fogs in Prague</i>	79
Information – Reviews	85
Weather situations on the territory of the Czech Republic in 2004	96
Weather situations on the territory of the Slovak Republic in 2004	96

Abstracting and Indexing:

- Current Contents/Physical
- Chemical and Earth Sciences
- Cambridge Scientific Abstracts (CSA)
- Meteorological and Geostrophysical Abstracts
- Environmental Abstracts

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 Mgr. Zdeněk Horký ● Redakční rada: Prof. RNDr. Jan Bednář, CSc., Ing. František Hudec, CSc., RNDr. Karel Krška, CSc., RNDr. Jan Sulan, RNDr. Daniela Řezáčová, CSc., RNDr. Jan Strachota, RNDr. František Šopko, 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 58 (2005)

V PRAZE DNE 30. ČERVNA 2005

ČÍSLO 3

Petr Zacharov jr. – Daniela Řezáčová (Ústav fyziky atmosféry AV ČR)

SROVNÁNÍ ÚČINNOSTI DIAGNOSTICKÝCH A PROGNOSTICKÝCH CHARAKTERISTIK KONVEKČNÍHO PROSTŘEDÍ

A comparison of diagnostic and prognostic characteristics of convective environment. Forecasting convective phenomena, particularly quantitative forecast of heavy convective precipitation, needs still a significant improvement. That is why the successful forecast of convective environment is a useful tool of operational convection forecasting. Stability indexes and other suitable thermodynamic characteristics belong to basic forecasters equipment at the short-range prediction of convection. Prognostic values resulting from numerical weather prediction (NWP) model are often used. In this article the values of *CAPE*, Faust index, and *K*-index are determined from the outputs of the NWP model ALADIN-LACE and compared with diagnostic sounding variables. Besides a basic statistical comparison of the diagnostic and prognostic precursors we also compare their forecast performance. Radar data are used to define a predicted variable – predictand, and skill scores, derived from contingency table, are used to assess the precursor skill. The prognostic characteristics of convective environment prove to be of the same performance as the diagnostic variables calculated from a simplified radio sounding.

KLÍČOVÁ SLOVA: prostředí konvekční – srážky konvekční – index instability – *CAPE*

1. ÚVOD

Při předpovědi srážkové konvekce je nutné vzít v úvahu dva faktory. Prvním z nich je existence prostředí, které je příznivé pro vývoj konvekční oblačnosti s dostatečnou vertikální mohutností. Druhým je časová a prostorová lokalizace vzniku srážkové oblačnosti, tzn. posouzení spouštěcích mechanismů pro vznik výstupných proudů, které se ve vhodném konvekčním prostředí budou vyvíjet. Tato studie se zaměřuje na charakteristiky konvekčního prostředí v diagnostické i prognostické verzi a nehodnotí přímo spouštěcí mechanismy pro vývoj konvekčních srážek.

Základní vlastností prostředí, které podporuje vývoj srážkové konvekce, je alespoň podmíněně instabilní zvrstvení atmosféry v dostatečně mohutné vertikální vrstvě. Jako indexy instability, resp. stability, jsou potom označovány číselně vyjádřené míry stability vertikálního teplotního zvrstvení. Na základě úvah vycházejících z metody částice bylo vyvinuto velké množství indexů, odhadujících výskyt srážkové konvekce, který předpokládáme při překročení statisticky podložené prahové hodnoty indexu.

První práce používající různé indexy instability sahají až do padesátých let minulého století, nicméně řada indexů odvozených v té době se používá při předpovědi konvekce, či pro

podporu předpovědi konvekčních srážek, i v současné době. Je velmi pravděpodobné, že se v různých podobách budou používat i v blízké budoucnosti, dokud operativní předpovědní modely nebudou produkovat dostatečně přesnou objektivní předpověď konvekčních srážek. Na druhé straně v tak vyhraněných partiích jako je předpověď počasí za extrémních konvekčních podmínek, spojených s výskytem extrémních jevů (krupobití, silných nárazů větru, tornád, či „downburst“), je použití některých složitějších „indexů“ (např. *CAPE*, *CIN*, *SRH*, aj. viz dále) i nadále užitečné a má význam dále studovat vlastnosti konvekčního prostředí.

Nejjednodušší indexy jsou si navzájem velmi podobné, protože vycházejí z hodnot teploty a vlhkosti ve fixních (zpravidla standardních) izobarických hladinách. Hlavní výhoda těchto indexů nesporně spočívá v jejich jednoduchosti a rychlosti výpočtu, přehlednosti a intuitivnosti. Jedním z nejpoužívanějších indexů této třídy je *K* index ([6], viz např. [8]). Do této skupiny lze zařadit i indexy uvažující instabilitu předem definované vrstvy, nebo indexy počítající s adiabatickými změnami vystupující vzduchové částice. *K* indexům tohoto typu patří známý Showalterův index, který je definován jako rozdíl mezi teplotou vzduchu v hladině 500 hPa a teplotou, kterou bude mít částice vyzdvižená z hladiny 850 hPa

suchoadiabaticky do kondenzační hladiny a potom pseudoadiabaticky do hladiny 500 hPa. Mezi jednoduché indexy náleží i v ČR tradičně užívaný Faustův index ([5], viz např. [13]), Lifted index (který je v podstatě modifikací indexu Showalterova), index Jeffersonův aj. Souhrn celé řady indexů instability i dalších charakteristik konvekčního prostředí lze nalézt např. v pracích [7, 8, 10]. Podrobný přehled zahraniční i české literatury vztahující se k problematice indexů instability je uveden v [17].

Každý z používaných indexů má své silné i slabé stránky a nemůže kompletně charakterizovat stav atmosféry. Faktem je, že důležité detaily teplotního zvrstvení mohou být v těchto indexech shlzeny či dokonce mohou úplně chybět. Showalterův index může např. vykazovat nereprezentativní hodnoty, jestliže se vlhkostní vrstva nerozšířila od povrchu nad hladinu 850 hPa. Některé studie se snaží překlentout tento problém užitím vhodné statistické kombinace několika indexů (viz např. [4, 7]). Výsledné zlepšení účinnosti dosažené kombinace indexů však nemůže být podstatné, protože se jedná o kombinaci charakteristik, které jsou silně korelované.

Komplexnější indexy započítávají zjednodušeně i vertikální stříh větru, např. index SWEAT (Severe WEATHER Threat) [7], stále se však jedná o indexy instability ve smyslu jejich definice. V řadě prací jsou jako indexy využívány i různé ryze termodynamické parametry, jako např. výška výstupné či konvekční kondenzační hladiny [7].

Pro tuto práci byl z množiny indexů instability vybrán K index KI a Faustův index FI , jejichž definiční vztahy lze zapsat ve tvaru

$$KI = T_{850} - T_{500} + T_{D850} - (T_{700} - T_{D700}), \quad (1)$$

$$FI = T_f - T_{500}, \quad (2)$$

kde T_{xxx} je teplota v izobarické hladině XXX hPa, T_{Dxxx} je odpovídající teplota rosného bodu a T_f reprezentuje teplotu nasycené vzduchové částice obsahující kondenzované produkty, které se vypařují do okolního nenasyčeného prostředí. Hodnota T_f se stanoví z tabulky, kterou odvodil Faust pro praktické použití indexu.

Na rozdíl od první skupiny indexů, beroucí v úvahu pouze fixní izobarické nebo vertikální hladiny, byly vyvinuty metody posuzující konvekční prostředí pomocí vertikálně integrovaných veličin. Nejznámější z této skupiny je CAPE (Convective Available Potential Energy – konvekční dostupná potenciální energie) definovaná jako integrál energie vztlaku od hladiny volné konvekce do hladiny nulového vztlaku. Veličina CAPE je tedy určena jako práce, kterou vztlaková síla vykoná na částici při zdvihu mezi zmíněnými hladinami. Přitom vyjádření síly vztlaku B a hodnoty CAPE lze zapsat ve tvaru (viz např. [12]) :

$$B(z) = g \frac{[T_p(z) - T_e(z)]}{T_e(z)}, \quad (3)$$

$$CAPE = \int_{zLFC}^{zEL} B dz = \frac{w_{max}^2}{2}, \quad (4)$$

kde z je vertikální souřadnice, g tíhové zrychlení a T_p , resp. T_e , je teplota částice, resp. okolí. Integrační meze odpovídají výšce hladiny volné konvekce ($zLFC$) a výšce hladiny nulového vztlaku (zEL), v níž má vzduchová částice maximální adiabatickou výstupnou rychlost, w_{max} . CAPE tedy využívá

informaci o celém vertikálním profilu teploty a je daleko více spjatá s okolím, ve kterém se může konvekce vyskytovat.

Jak uvádí např. [14] naráží numerický výpočet hodnoty CAPE v některých případech na praktické problémy. Jde o vyjádření CAPE v situacích, když sondáž zaznamaná ve spodních hladinách superadiabatické zvrstvení nebo když rozdíl mezi adiabatickou teplotou a teplotou aerologického výstupu je na úrovni výpočetní přesnosti. Tyto problémy lze pochopitelně ošetřit pomocí vhodných numerických kritérií. Volbu počátečních podmínek pro výpočet CAPE lze např. modifikovat tak, že CAPE počítáme pro počáteční podmínky charakterizující určitou přízemní vrstvu. V této studii pracujeme jak s podrobnými aerologickými výstupy, tak s vertikálními profily, v nichž je počet hladin omezen. Postupovali jsme proto tak, že počítáme a hodnotíme maximální hodnotu kladné energie instability pro výstup z přízemní teploty a vlhkosti. Jde tedy o výpočet maximalizované CAPE, kde započítáváme všechny vrstvy s kladným adiabatickým zrychlením.

Hodnota CAPE reprezentuje pouze horní hranici aktuálního maxima vertikální rychlosti. Neadiabatické negativní příspěvky ke vztlaku, které redukuje adiabatickou vertikální rychlost, jako je redukce vztlaku na hmotnost kondenzátu, a na míšení oblačného a okolního vzduchu, jsou v teorii částice zanedbány. Přestože hodnota CAPE vyjadřuje, jak silnou konvekci můžeme očekávat, není žádná záruka, že i při vysokých hodnotách CAPE silná konvekce vznikne. Z hlediska hodnocení aerologického výstupu jde o existenci energetické bariéry ve spodních hladinách, již je nutné při vývoji konvekce překonat. Tato bariéra, která vyjadřuje energii potřebnou ke zdvižení nejméně nestabilní částice do hladiny volné konvekce, je dána opět integrálem vztlaku tentokrát od povrchu země do hladiny volné konvekce a byla nazvána CIN (Convective INhibition, viz [2]). Hodnota CIN je vhodným doplňkem hodnoty CAPE, je však velice citlivá na podmínky v mezní vrstvě a její analýza jakožto prekurzoru je značně obtížná.

Původně byly indexy instability i další veličiny projektovány pro výpočet z ranního aerologického výstupu, který se vhodně modifikoval, aby zachytil změny v přízemní vrstvě. Modely numerické předpovědi počasí umožňují výpočet těchto charakteristik na základě prognostických dat.

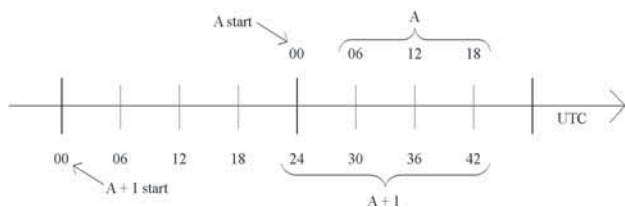
Také v české odborné literatuře najdeme celou řadu prací zabývajících se indexy instability a výpočtem různých termodynamických charakteristik ze sondážních dat (viz přehled referencí v [17]). Úlohou této práce není znovu studovat chování různých indexů instability či termodynamických charakteristik, ale srovnat několik vybraných charakteristik počítaných z klasické sondáže a z výstupů prognostického modelu. Základem studie je diplomová práce prvního z autorů [17]. Výpočty uvedené v [17] byly ještě dále upřesněny a souhrn výsledků je uveden v tomto článku. V části 2 charakterizujeme použitá vstupní data a část 3 shrnuje výsledky základního statistického porovnání diagnostických a prognostických veličin. Část 4 se zaměřuje na srovnání účinnosti obou typů veličin při předpovědi výskytu letních srážek, přičemž využívá vhodnou charakteristiku odvozenou z radarových dat. Poslední část 5 shrnuje a hodnotí získané výsledky.

2. DATA

Práce vyžadovala vstupní data tří typů. Pro srovnání charakteristik stanovených z vertikálního teplotního a vlhkostního zvrstvení atmosféry byla potřebná aerologická měření a prognostické výstupy modelu ALADIN-LACE. Diagnostické veličiny byly počítány z aerologických dat a prognostické

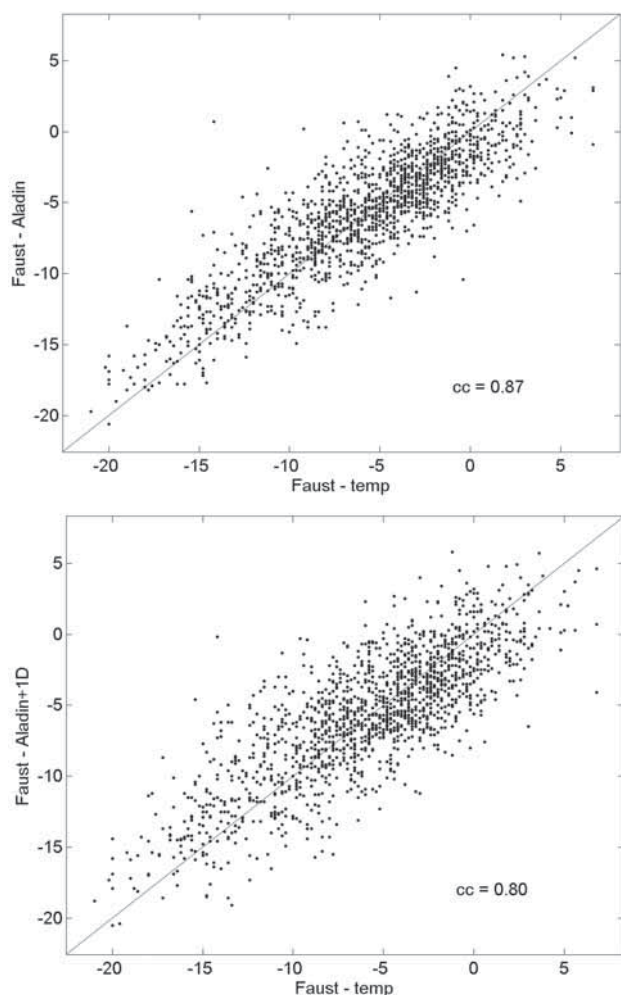
veličiny z modelových výstupů. Pro porovnání účinnosti diagnostických a prognostických charakteristik byly užity prediktandy odvozené z radarových měření.

Diagnostické prekurzory byly počítány z dat aerologické stanice Praha-Libuš z let 2000 – 2002. Byla užita data z teplé poloviny roku (duben–říjen) a ze všech termínů 00, 06, 12 a 18 UTC. Sledované prekurzory byly stanoveny jak z úplné aero-



Obr. 1 Časová osa schematicky znázorňující dobu platnosti prekurzorů stanovených z dat Aladin a Aladin+1D.

Fig. 1. Time axis showing schematically the time position of prognostic precursors determined from the data sets Aladin and Aladin+1D.



Obr. 2 Závislost prognostické a diagnostické hodnoty Faustova indexu. Na horizontální ose jsou vyneseny indexy Fausta z stanovené z dat Temp, na vertikální ose jsou hodnoty z dat Aladin (nahore) a Aladin+1D (dole). Korelační koeficient je uveden v grafu a označen cc.

Fig. 2. Scatter plots comparing diagnostic and prognostic values of Faust index. The horizontal axis shows Faust indices determined from sounding data. The vertical axis shows Faust indices calculated from the data Aladin (above) and Aladin+1D (below). The correlation coefficient (cc) is given in the graph area.

logické informace, tak ze zjednodušených profilů. V nich byly uvažovány pouze standardní izobarické hladiny 925, 850, 700, 500, 300 hPa tak, jak to odpovídá archivovaným výstupům z modelu ALADIN-LACE (viz dále). V dalším textu je upravená verze aerologického výstupu pro zjednodušení označovaná jako „Upravený temp“. Standardní výstup je označován jako „Temp“. Omezení na standardní hladiny pochopitelně neovlivnilo hodnoty uvažovaných indexů instability, které se počítají pouze z údajů ve standardních tlakových hladinách.

Prognostické veličiny byly počítány z archivu výstupů modelu ALADIN-LACE. Data v gridech byla bilineárně interpolována do polohy stanice Praha-Libuš. Pro každou integraci modelu byla k dispozici data ukládaná po třech hodinách v intervalu $< +6h, +42h >$. V termínech +9, +15, +21, +27, +33, +39 hodin se zapisují pouze přízemní veličiny, v termínech +6, +12, +18, +24, +30, +36, +42 hodin se zapisují i veličiny ve standardních tlakových hladinách 925, 850, 700, 500, 300 hPa. Data užita pro porovnání s diagnostickými veličinami zahrnují hodnoty teploty, výšky geopotenciální hladiny, relativní vlhkosti a zonální i meridionální složky vektoru rychlosti větru v jednotlivých izobarických hladinách. Byly zpracovány výstupy +6, +12, +18, +24, +30, +36, +42 pro začátek integrace v 00 UTC pro letní sezony 2000–2002. Pro zjednodušení jsou v dalším textu prognostické veličiny stanovené z dat +6, +12, +18 (předpověď na 6 až 18 hodin) označovány jako data Aladin a veličiny určené z dat +24, +30, +36, +42, tzn. předpovědi na 24 až 42 hodin, jako Aladin+1D (obr. 1).

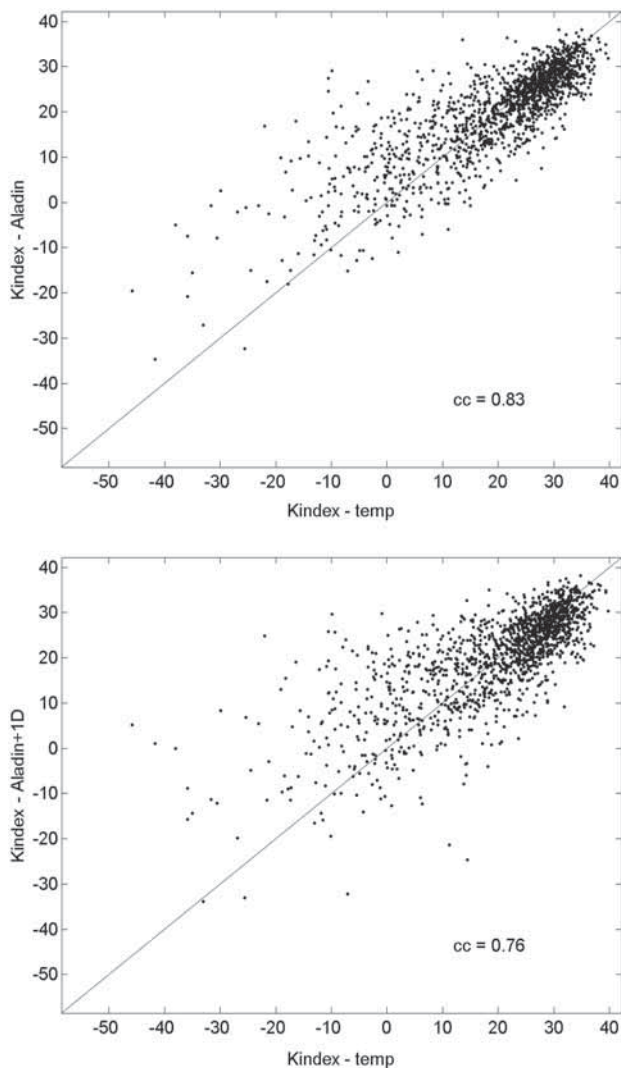
Pro hodnocení prognostické účinnosti diagnostických i prognostických prekurzorů byla použita data z radaru ČHMÚ Brdy (Dopplerovský radiolokátor EEC DWSR-2501 C, pracující v C pásmu na vlnové délce 5,3 cm) z letních sezon 2000–2002. Radarová data byla prakticky úplná po celé sledované období, v roce 2000 chybí čtyři dny, v roce 2001 jeden a v roce 2002 chybí 18 dní. V rámci studie [11] byl připraven datový soubor různých veličin, které vycházejí z hodnot maximální sloupcové odrazivosti, Z_{max} , a charakterizují časový vývoj pole radarové odrazivosti v ploše. Z této nabídky byla vybrána hodnota maximálního počtu pixelů, v nichž Z_{max} překračuje práh 40 DBZ ($NPIX40$). Hodnota $NPIX40$ byla stanovena pro pixely 2 km x 2 km ve čtverci o straně 200 km se středem v pozici radaru Brdy. Maximalizace byla provedena přes všechna radarová měření z šestihodinových intervalů 00–06, 06–12, 12–18 a 18–24 UTC. Hodnoty $NPIX40$ charakterizují plošný výskyt vysokých hodnot radarové odrazivosti, přičemž prahová hodnota 40 DBZ je považována za dobrou indikaci výskytu silných srážek. Schopnost prekurzorů rozlišit situace s významnými hodnotami $NPIX40$ byla testována pro prahové hodnoty $NPIX40 = 0, 30, a 50$ pixelů, což odpovídá ploše $NPIX40 \times 4\text{km}^2 = 0, 120 a 200 \text{km}^2$ pokryté $Z_{max} > 40\text{DBz}$.

3. STATISTICKÉ HODNOCENÍ

Při hodnocení řad indexů instability a hodnot CAPE byly srovnávány hodnoty průměru a směrodatné odchylky počítané pro jednotlivé typy uvažovaných charakteristik. Pro vzájemné srovnání časových řad byly použity hodnoty střední kvadratické chyby ($RMSE$) a systematické chyby ($BIAS$) stanovené podle vzorců:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T1_i - T2_i)^2}, \quad (5)$$

$$BIAS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T1_i - T2_i), \quad (6)$$



Obr. 3 Jako obr. 2 pro index K.

Fig. 3. Like Fig. 2 but for the K index.

Tab. 1 Hodnoty průměru (mean) a směrodatné odchylky (std.) pro Faustův index, index K a CAPE v termínech 00, 06, 12, 18 UTC a pro termíny 06–18 UTC dohromady. Sloupce T označují hodnoty získané z aerologického výstupu, UT je upravený výstup, A jsou předpovědi modelu ALADIN na první den a A+1 jsou předpovědi na druhý den.

Table 1. The mean value (mean) and standard deviation (std.) of Faust index, index K and CAPE for terms 00, 06, 12, 18 UTC and for terms 06–18 UTC altogether. Column T marks values obtained from sounding data, UT is for modified sounding, A is for the forecast by the ALADIN-LACE model that relates to the first day, and A+1 is related to the next day.

		FI			KI			CAPE			
		T	A	A+1	T	A	A+1	T	UT	A	A+1
00 UTC	mean	-5.6		-5.7	21.2		20.7	20.8	101.2		61.9
	std.	4.9		4.5	11.9		10.0	86.6	226.4		188.8
06 UTC	mean	-6.3	-6.4	-6.3	19.0	19.1	19.1	31.7	59.1	24.2	22.4
	std.	5.0	4.5	4.6	13.3	10.7	11.0	85.8	158.9	99.1	90.2
12 UTC	mean	-6.2	-5.8	-5.8	18.6	20.3	20.2	381.5	127.2	103.1	95.8
	std.	4.8	4.5	4.4	13.8	10.4	10.5	558.0	270.3	250.6	253.8
18 UTC	mean	-4.7	-4.8	-4.9	22.3	21.9	21.9	215.2	164.3	129.7	122.7
	std.	5.1	4.2	4.4	12.5	9.7	9.9	407.5	328.5	301.8	303.1
06-18 UTC	mean	-5.8	-5.7	-5.7	19.9	20.4	20.4	209.5	116.9	85.6	80.3
	std.	5.0	4.5	4.5	13.3	10.3	10.6	426.4	265.6	237.7	237.8

Tab. 2 Hodnoty RMSE, BIAS a korelací pro Faustův index a index K. T:A značí srovnání indexů z aerologického výstupu (T) a předpovědi modelu ALADIN-LACE. Obdobně A+1 značí předpověď modelu ALADIN na další den.

Table 2. RMSE, BIAS and correlation for Faust index and index K. T:A marks the comparison of indices from sounding (T) and from the 1 day ALADIN-LACE forecast (A). Similarly, the A+1 corresponds to the forecast related to the next day.

		FI			KI		
		T:A	T:A+1	A:A+1	T:A	T:A+1	A:A+1
6 UTC	RMSE	2.31	2.94	2.33	7.25	8.96	5.62
	BIAS	0.11	0.01	-0.1	-0.07	-0.17	-0.09
	CORR	0.89	0.82	0.87	0.84	0.74	0.87
12 UTC	RMSE	2.46	2.91	2.25	7.7	8.84	5.53
	BIAS	-0.42	-0.46	-0.03	-1.71	-1.68	0.03
	CORR	0.87	0.81	0.87	0.84	0.78	0.86
18 UTC	RMSE	2.73	3.19	2.67	7.61	8.15	5.39
	BIAS	0.06	0.12	0.06	0.46	0.39	-0.07
	CORR	0.84	0.78	0.81	0.79	0.76	0.85
6-18 UTC	RMSE	2.51	3.02	2.43	7.52	8.66	5.51
	BIAS	-0.08	-0.11	-0.02	-0.44	-0.49	-0.04
	CORR	0.87	0.8	0.85	0.83	0.76	0.86

kde T1, T2 označují řady různých typů dat (Temp, Upravený temp, Aladin, Aladin+1D). Korelace mezi jednotlivými řadami byla sledována s pomocí korelačního koeficientu, viz např. [16].

Hodnoty Faustova indexu jsou poměrně shodné pro všechny typy dat (Temp, Aladin, Aladin+1D), což plyne jak z vysokých hodnot korelací (všechny korelace nad 0.75), tak z nízkých hodnot BIAS (viz tab. 1 a 2). Jediná výraznější neshoda je v termínu 12 UTC, kdy řady Aladin a Aladin+1D systematicky přeceňují hodnoty indexu, což je patrné z průměrných hodnot a hodnot systematické chyby. Předpověď na druhý den (řada Aladin+1D) je sice horší než předpověď na první den, nicméně ne výrazně. Graficky je dobrá shoda hodnot FI ukázána na obr. 2. Pro hodnoty indexu K je situace obdobná jako u FI. Jak je patrné z tab. 1 a 2, odchyluje se index K systematicky pouze v termínu 12 UTC (viz také obr. 3).

U hodnoty CAPE je situace složitější. Předpověď této hodnoty je poměrně horší než pro oba uvažované indexy instability. Je patrné silné podceňování hodnot CAPE v termínech 12 a 18 UTC (viz tab. 1 a 3). Naproti tomu je v těchto termínech vidět poměrně slušná korelace hodnot CAPE pro data Temp, Aladin a Aladin+1D. Z tabulek vyplývá, že hodnoty CAPE z upraveného tempu mají blíže k hodnotám z řad Aladin i Aladin+1D. To je způsobeno zjednodušením profilů oproti úplné informaci Temp, protože výpočet hodnoty CAPE je značně citlivý na podmínky v nejnižších vrstvách. Náznorně to ukazuje termín 12 UTC, kde je BIAS mezi řadou dat Temp a řadami Aladin a Aladin+1D desetinásobný oproti řadě Upravený Temp. Z rozdělení četností hodnot CAPE (obr. 4) je patrná vyšší četnost vysokých hodnot CAPE (kolem 1 500 J.kg⁻¹) u dat Temp oproti ostatním. V 18 UTC není situace tak výrazná, přesto je BIAS opět nižší při srovnání řady Upravený Temp a řad Aladin

Tab. 3 Hodnoty RMSE, BIAS a korelací pro hodnotu CAPE. T:UT značí srovnání indexů z aerologického výstupu (T) a upraveného výstupu (UT). Obdobně A značí předpovědi modelu ALADIN a A+1 značí předpověď modelu na další den.

Table 3 RMSE, BIAS and correlation for CAPE. T:UT marks the comparison of indices from temp (T) data and modified temp data (UT). Similarly, A marks forecast of NWP model ALADIN, and A+1 marks the model forecast related to the next day.

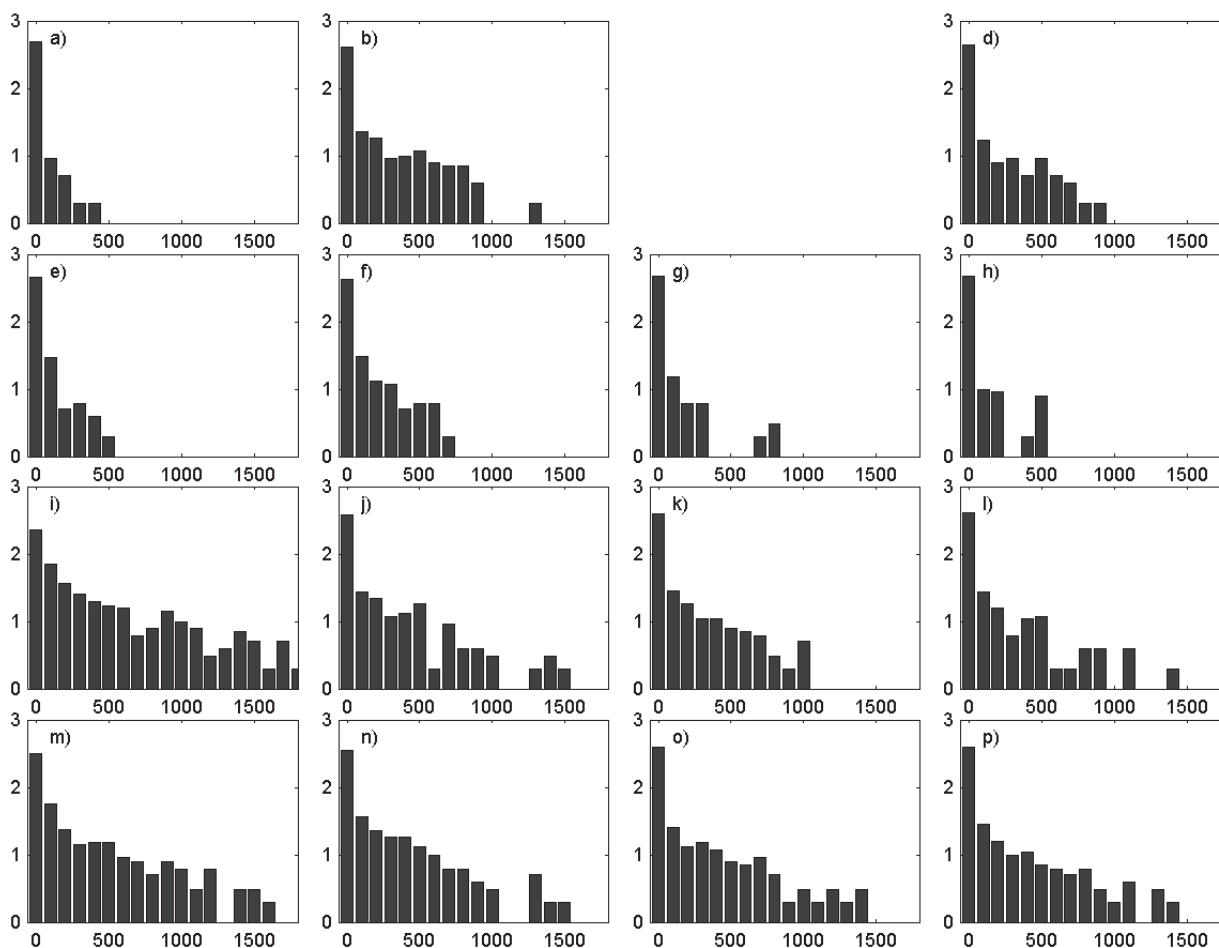
		CAPE					
		T:UT	T:A	T:A+1	UT:A	UT:A+1	A:A+1
6 UTC	RMSE	161.65	115.71	104.14	143.74	165.11	103.39
	BIAS	-27.4	7.57	9.33	34.97	36.73	1.76
	CORR	0.26	0.22	0.3	0.5	0.26	0.41
12 UTC	RMSE	432.19	533.48	568.55	235.41	272.32	217.09
	BIAS	254.34	278.5	285.72	24.15	31.38	7.22
	CORR	0.87	0.6	0.47	0.6	0.47	0.63
18 UTC	RMSE	251.26	336	394.36	282.35	334.23	242.63
	BIAS	50.84	85.5	92.41	34.67	41.58	6.91
	CORR	0.8	0.62	0.45	0.61	0.45	0.68
6-18 UTC	RMSE	303.34	370.08	403.98	227.89	266.54	197.22
	BIAS	92.59	123.86	129.15	31.26	36.56	5.3
	CORR	0.75	0.58	0.45	0.6	0.45	0.66

a Aladin+1D. Naopak pro termín 00 UTC je patrné podcenění nočních inverzí u dat Upravený temp a Aladin+1D oproti hodnotám z řad Temp (viz obr. 4).

4. VERIFIKACE PŘEDPOVĚDI

Verifikace předpovědi srážek je v posledním desetiletí intenzivně diskutovaný problém. Standardní způsoby verifikace meteorologické předpovědi nejsou pro verifikaci kvantitativní předpovědi srážek příliš vhodné. Ukazuje se např., že při verifikaci předpovědi srážek standardními metodami, které vycházejí z kontingenční tabulky, se shlazená předpověď srážek často jeví jako lepší, než výstupy modelů s velkým rozlišením [1]. Proto se v současnosti testuje řada nestandardních metod verifikace, které využívají také radarové odhady srážkových úhrnů. Pro účely této studie, která má porovnat kvalitu diagnostických a prognostických charakteristik konvektivního prostředí, je však užití kritérií definovaných z kontingenční tabulky zcela vhodné. V zájmu stručnosti bude dále pro tyto míry užita zkratka SS (z angl. Skill Scores). Diskuse SS je uvedena např. v [3, 9, 16]. Různé SS odrážejí různá hlediska kvality předpovědi a výběr daného SS závisí na konkrétní potřebě. Pro vystižení celkové kvality předpovědi je zpravidla nutné užít více typů SS.

Kontingenční tabulku je možné využít pro hodnocení



Obr. 4. Rozložení hodnot CAPE (horizontální osa) s logaritmickou vertikální osou (dekadický logaritmus absolutní četnosti). Grafy v řádcích a)-d) jsou pro termín 00 UTC, e)-h) pro termín 06 UTC, i)-l) pro termín 12 UTC a m)-p) pro termín 18 UTC. První sloupec grafů je pro hodnotu CAPE počítanou z dat temp, druhý z hodnot upraveného tempu, třetí z dat Aladin a čtvrtý z dat Aladin+1D. Protože data analýzy Aladin z 00 UTC nebyla k dispozici, je vynechán graf c).

Fig. 4 Histograms of CAPE values (horizontal axis). Vertical axis shows the decimal logarithm of absolute frequency. Graphs in rows a)-d) are for the term 00 UTC, e)-h) 06 UTC, i)-l) 12 UTC and m)-p) 18 UTC. The first, second, third and fourth column relates to the CAPE evaluated from sounding data (temp), modified sounding, Aladin data and, Aladin+1D data, respectively. Graph c) is missed, because of the unavailable Aladin analysis from 00 UTC.

binární předpovědi událostí, jejichž pozorovaný výskyt lze vyjádřit formou ano/ne. V této studii byly pro srovnání prognostické účinnosti diagnostických a prognostických prekurzorů použity hodnoty $NPIX40$ (viz část 2), které vyjadřují největší plošný rozsah maximální odrazivosti nad 40 DBz dosažený v daném časovém intervalu. Předpovídaná událost byla definována jako překročení dané prahové hodnoty T_NPIX40 . Při hodnocení obou indexů instability jsme užíli tři prahové hodnoty $T_NPIX40 = 0, 30$ a 50 . Při hodnocení CAPE jsme se omezili na dvě prahové hodnoty $T_NPIX40 = 0, 30$.

Pro sestrojení kontingenční tabulky je dále nutné stanovit prahovou hodnotu indexu T_I , jejíž překročení určuje, zda jev bude předpovídan. Lze tak vyšetřit i vhodnost dané prahové hodnoty T_I , jestliže zpracujeme kontingenční tabulky pro různé hodnoty T_I . Nicméně ani tato otázka není úplně jednoduchá, protože různé SS nemusí indikovat přesně stejnou optimální prahovou hodnotu T_I . Prahová hodnota indexu T_I je potom optimální pouze z hlediska daného SS. S uvažováním obou prahových hodnot lze členy kontingenční tabulky a_{11} a a_{00} užitě v této studii vyjádřit jako

$$a_{11} = n(F = 1, O = 1) = n(I > T_I, NPIX40 > T_NPIX40), \quad (7a)$$

$$a_{00} = n(F = 0, O = 0) = n(I \leq T_I, NPIX40 \leq T_NPIX40), \quad (7b)$$

kde n je relativní četnost případů s výsledkem předpovědi $F = 0/1$, výsledkem pozorování $O = 0/1$, a T_I značí prahovou hodnotu indexu $I = IF, IK, CAPE$. Obdobně jsou definovány členy kontingenční tabulky a_{01} a a_{10} .

Při testech popsaných v této části se volí různé prahové hodnoty T_I a testuje se přesnost předpovědi pro dané T_NPIX40 podobně jako v [13, 17]. Pro každou dvojici prahových hodnot T_I a T_NPIX40 byla sestrojena odpovídající kontingenční tabulka a spočítány hodnoty několika SS. Práce [17] demonstruje, že základní výsledky porovnání diagnostických a prognostických veličin jsou identické pro všechny SS, které hodnotí výskyt správné předpovědi. Proto v tomto článku ukazujeme příklad výsledků pouze pro jeden SS. Pro

jeho jednoduchost jsme vybrali kritérium CSI (z angl. Critical Success Index), které je definováno jako

$$CSI = \frac{a_{11}}{a_{11} + a_{01} + a_{10}} = \frac{a_{11}}{1 - a_{00}}, \quad (8)$$

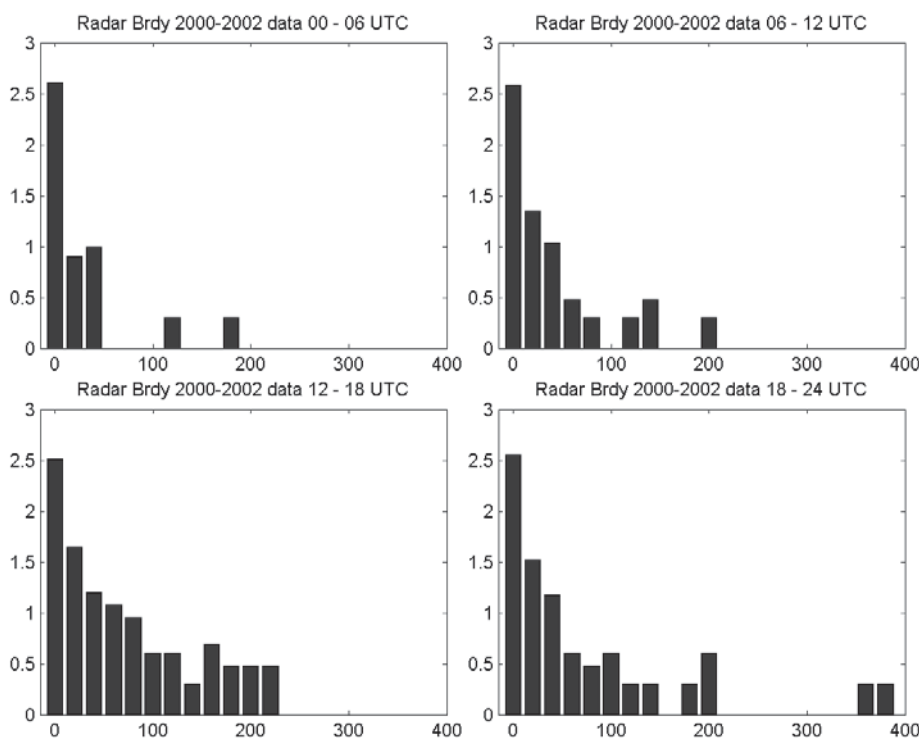
užívá se pro charakteristiku úspěšnosti předpovědi u řídkých jevů a někdy bývá označováno jako TS (z angl. Threat Score).

Souhrn výsledků pro CSI je znázorněn na obr. 6, kde prahová hodnota T_I tvoří horizontální osu. Pro danou hodnotu T_NPIX40 a každou hodnotu T_I byla spočítána hodnota CSI a vynesena na vertikální osu. Lze tak určit optimální prahovou hodnotu prekurzoru T_I z hlediska CSI. Obrázek 6 byl sestrojen pro hodnoty $NPIX40$ v intervalu 12 – 18 UTC a pro vertikální profily z 12 UTC.

Pro oba indexy instability indikuje obr. 6 očekávaný tvar závislosti CSI na T_I , který odpovídá poměrně dobré oddělitelnosti obou rozdělení hodnot indexu vyjádřené prahem T_NPIX40 . U nízkých prahových hodnot T_I , které leží v oblasti stabilních vertikálních profilů, roste CSI s hodnotou prahu. Pro tyto hodnoty T_I je a_{11} konstantní, s růstem T_I roste hodnota a_{00} a v souhlasu s (8) i hodnota CSI. Opačná situace nastává u vysokých hodnot T_I . Hodnota a_{00} je zde konstantní, a_{11} klesá s růstem T_I a výsledkem je pokles křivky CSI.

Důležité je, že z obr. 6 vyplývá poměrně dobrá shoda v hodnocení předpovědi pro diagnostické i prognostické hodnoty Faustova indexu i indexu K . Křivky závislosti CSI na prahové hodnotě indexu jsou si velmi podobné pro data Temp, Aladin i Aladin+1D. Shoda je patrná i v poloze a hodnotě maxima CSI (CSIX). S rostoucí hodnotou T_NPIX40 , tzn. s rostoucím plošným rozsahem vysokých hodnot odrazivosti, klesá hodnota CSIX a poněkud roste hodnota indexu, při níž maximum nastává. V některých případech se v oblasti CSIX dostává předpověď Aladina výše než předpověď z tempu, rozdíl nicméně není nijak významný a lze jej připisat omezenému rozsahu dat. Obrázek 6 byl sestrojen pouze ve vztahu k termínu 12 UTC, závislosti pro jiné časové intervaly a termíny jsou však obdobné (viz [17]).

Z obr. 6 je patrné, že hodnota CAPE se chová poněkud jinak než oba indexy. Charakteristický tvar křivky CSI s optimální prahovou hodnotou $T_I = T_CAPE$ je jasně vyjádřen pouze u hodnot CAPE stanovených z dat temp. Z hodnocení také vyplývá jasně vyšší úspěšnost předpovědi v termínu 12 UTC, počítáme-li hodnotu CAPE z dat temp zejména pro $T_NPIX40 = 0$. Zároveň je zřej-



Obr. 5 Logaritmický histogram četnosti výskytu hodnot $NPIX40$ pro jednotlivé termíny. Na horizontální ose je uvedena hodnota $NPIX40$ a na vertikální ose dekadický logaritmus její četnosti.

Fig. 5 Logarithmic histogram of $NPIX40$ frequency distribution for the values related to individual terms (marked at the top of each panel). Horizontal axis indicates the $NPIX40$ values and the vertical axis gives the decimal logarithm of frequency.

mé, že použijeme-li hodnoty CAPE z upraveného tempu, dostaneme hodnoty CSI obdobné hodnotám pro model Aladin. Ukazuje se, že za tento rozdíl je v termínu 12 UTC odpovědný nedostatečný popis spodních hladin atmosféry (kolem 900 hPa) u dat upravený temp, Aladin a Aladin+1D, který zabraňuje správnému výpočtu hodnot CAPE. Poznamenejme, že v termínu 18 UTC již rozdíl není tak zásadní, protože silné prohřátí v přízemní vrstvě ve večerních hodinách klesá a výpočet CAPE není chováním přízemní vrstvy tolik ovlivněn.

5. ZÁVĚR

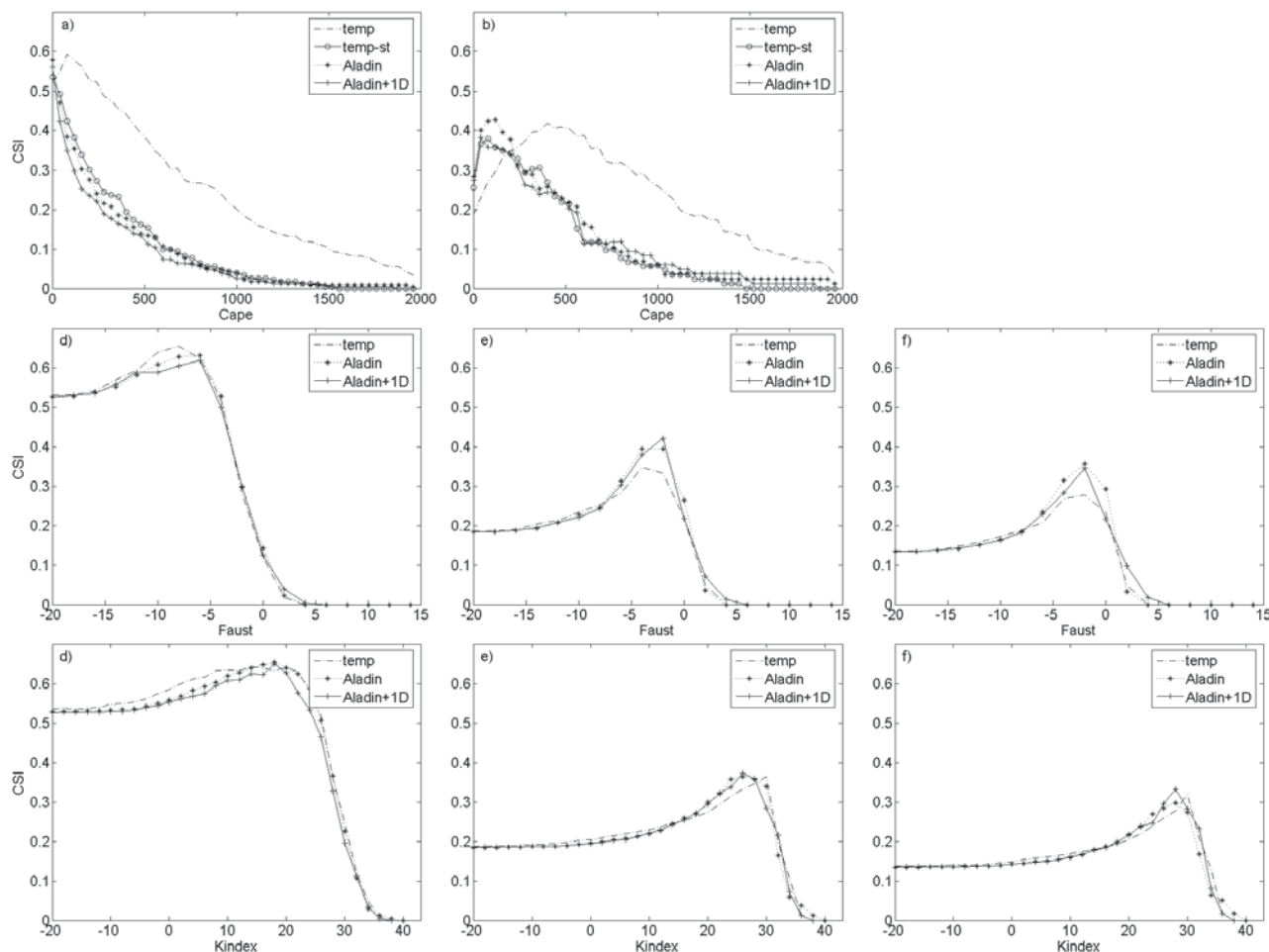
V práci je proveden výpočet tří prekurzorů konvekce. Jako zástupce nejjednodušších byl vybrán index K , jako zástupce indexů instability jednoduše zahrnujících termodynamiku byl uvažován Faustův index a jako zástupce složitějších integrovaných měř instability hodnota CAPE. Tyto prekurzory byly počítány z dat aerologického měření ze stanice Praha-Libuš (diagnostické prekurzory) a z výstupů prognostického modelu ALADIN interpolovaných z gridové sítě do polohy stanice. Bylo provedeno statistické srovnání řad prekurzorů a verifikace jejich účinnosti při předpovědi parametru $NPIX40$, který charakterizuje pokrytí oblasti maximální radarovou odrazivostí vyšší než 40DBZ. Jde tedy o nepřímou charakteristiku výskytu letních srážek.

Práce vychází z výpočtů provedených v rámci diplomové práce [17]. Původní výpočty hodnot CAPE byly dále upraveny tak, že odpovídají maximálním hodnotám CAPE do výšky hladiny 300 hPa. Dále byla zpřesněna, doplněna a vyčištěna vstupní databáze dat.

Výsledky práce lze shrnout do následujících bodů:

- Hodnoty Faustova indexu a indexu K z řady předpovědí modelu Aladin odpovídají hodnotám počítaným z aerologického výstupu. To je patrné jak ze statistických charakteristik, tak z verifikace předpovědi konvekce pomocí radarové odrazivosti vyjádřené veličinou $NPIX40$.
- Předpověď indexů instability na druhý den je jen nepatrně horší než předpověď jednodenní.
- Hodnoty CAPE počítané z modelových předpovědí se výrazně liší od hodnot počítaných z úplného výstupu Temp. Je zde patrný vliv silně zjednodušeného popisu spodních vrstev atmosféry. To dokumentuje i shoda hodnoty CAPE počítané z řad upraveného tempu s hodnotami z předpovědi modelu.

Ukázalo se, že hodnota CAPE počítaná pouze z archivovaných modelových dat se podstatně liší od hodnot stanovených z úplného tempu. Prognostickou hodnotu CAPE je proto účelné počítat přímo z modelových hladin, které zahrnují



Obr. 6 Verifikace předpovědi konvekce pomocí hodnoty $NPIX40$ vyjádřená verifikačním kritériem CSI. První řada obrázků a)-b) je pro hodnotu CAPE, druhá d)-f) pro Faustův index a třetí g)-i) pro K index. Pro první sloupec je použita jako mez předpovědi konvekce hodnota $NPIX40 = 0$, pro druhý sloupec $NPIX40 = 30$ a pro třetí $NPIX40 = 50$.

Fig. 6. The verification of forecasting the $NPIX40$ value as expressed by the skill score CSI. The first graph row is for CAPE, the second for Faust index and the third for the index K . The graphs in the first, the second and the third column correspond to the threshold value $NPIX40 = 0, 30$, and 50 , respectively.

přesnější popis spodních vrstev. Na druhé straně není hodnota CAPE postačující podmínkou vzniku konvekce. Pro předpověď silné konvekce je nutná i diskuse hodnoty CIN. Dalším vlivem, který může podpořit či utlumit vývoj silných konvekčních bouří, které produkují silné srážky, je stříh větru. V literatuře je důkladně popsán možný vliv stříhu větru na vznik a vývoj konvekční bouře (viz např. [15]) pro jednoduché modelové podmínky charakterizující okolní prostředí. Další diskuse předpovědi silné srážkové konvekce se tedy rozrůstá ještě o charakteristiky stříhu větru, jako např. Storm-Relative Helicity, aj. a jejich účinnost, resp. použitelnost, v reálných situacích. Je pochopitelné, že obtížně řešitelnou otázkou je velikost impulsu potřebného pro iniciaci konvekce. Jeho nutná velikost se bude lišit v závislosti na konkrétní situaci a zejména na hodnotě CIN. Vícerozměrná analýza konvekčního prostředí zahrnující zmíněné charakteristiky může být motivací další práce. K řešení úlohy mohou přispět i studie případů využívající vhodný NWP model, který je schopen konvekci rozlišit explicitně.

Poděkování: Poděkování za data poskytnutá pro diplomovou práci a využitá v tomto článku náleží Českému hydrometeorologickému ústavu. Autoři děkují RNDr. Petru Pešicemu, PhD. za poskytnutí zpracovaných radarových dat. Základem této studie je diplomová práce prvního z autorů, která vznikla s konzultačním vedením druhého autora. Vedoucím diplomové práce byl Prof. RNDr. J. Bednář, CSc., kterému patří poděkování za pomoc při jejím zpracování. Panu doc. RNDr. J. Kopáčkovi, CSc. patří poděkování za četné užitečné konzultace týkající se předmětu studie. Práce byla provedena s podporou grantu S3042101 GA AV ČR.

Literatura

- [1] BOUGEAULT, P., 2003. The WGNE survey of verification methods for numerical prediction of weather elements and severe weather events. CAS/JSC WGNE Report, 18, WMO/TD-NO.1173, Appendix C, s. 1-11.
- [2] COLBY, F. P. Jr., 1984. Convective inhibition as a Predictor of Convection during AVE-SESAME II. *Monthly Weather Review*, roč. **112**, s. 2239–2252.
- [3] DOSWELL, C. A. III. – DAVIES-JONES, R. – KELLER, D., 1990. On Summary Measures Skill in Rare Event Forecasting Based on Contingency Tables. *Weather and Forecasting*, roč. **5**, s. 576–585.
- [4] DUBROVSKÝ, M., 1994. Probabilistic prediction of thunderstorm occurrence. *Meteorologické Zprávy*, roč. **47**, s. 103–112.
- [5] FAUST, H., 1951. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Verdunstungsstabilität. *Zeitschrift für Meteorologie*, Bd. **5**, Heft 3, s. 66–68.
- [6] GEORGE, J.J., 1960. *Weather Forecasting for Aeronautics*. New York: Academic Press. 673 s.
- [7] HUNTRIESER, H. – SCHIESSER, H. H. – SCHMID, W. – WALDVOGEL, A., 1997. Comparison of traditional and newly developed thunderstorm indices for Switzerland. *Weather Forecasting*, roč. **12**, s. 108–124.
- [8] MANZATO, A., 2003. A climatology of instability indices derived from Friuli Venezia Giulia soundings, using three different methods. *Atmospheric Research*, č. **67-68**, s. 416–454.
- [9] METELKA, L., 2001. Optimalizace kategoriálních předpovědí. *Meteorologické Zprávy*, roč. **54**, s. 39–45.
- [10] PEPPLER, R. A. – LAMB, P. J., 1989. Tropospheric static stability and central North America growing season rainfall. *Monthly Weather Review*, roč. **117**, s. 1156–1180.
- [11] PEŠICE, P. – SULAN, J. – ŘEZAČOVÁ, D., 2003. Convection precursors in the Czech territory. *Atmospheric Research*, č. **67-68**, s. 523–532.
- [12] RAY, P. S. edit., 1988. *Mesoscale meteorology and forecasting*. AMS Boston, 793 s.
- [13] ŘEZAČOVÁ, D. – MOTL, V., 1990. The use of the simple 1D steady-state convective cloud model in the decision tree for determining the probability of thunderstorm occurrence. *Studia Geophysica et Geodaetica*, Vol. **34**, s. 147–166.
- [14] SULAN, J. – PEŠICE, P. – STAŠA, P., 2004. Výpočet konvekční dostupné potenciální energie „CAPE“ a možnosti jejího využití v provozu ČHMÚ. *Meteorologické Zprávy*, roč. **57**, s. 61–68.
- [15] WEISMAN, M. L. – KLEMP, J. B., 1982. The dependence of Numerically Simulated Convective Storms on Vertical Wind Shear and Buoyancy. *Monthly Weather Review*, roč. **110**, s. 505–520.
- [16] WILKS, D.S., 1995. *Statistical methods in the Atmospheric sciences*. Academic Press. 467 s.
- [17] ZACHAROV P., Jr., 2004. Diagnostické a prognostické prekurzory konvekce. [Diplomová práce.] Praha: Matematicko-fyzikální fakulta UK, KMOP. 61 s.

Lektor Prof. RNDr. J. Bednář, CSc., rukopis odevzdán v březnu 2005.

VARIABILITA JARNÍCH MRAZŮ NA STANICI PRAHA-KLEMENTINUM V OBDOBÍ 1775–2003

Variability of spring frosts at the station Praha-Klementinum in the period 1775–2003. The longest air temperature series in the Czech Republic from the station Praha-Klementinum was selected for the study of spring frosts variability in the past. In the contribution daily minimal air temperatures and the occurrence of their values under the freezing point (frost day) were studied for the period March – May of the years 1775 – 2003. The number of frost days in spring has registered a statistically significant decrease 0,28 day/10 years. It is not possible to speak about a continuous decrease in number of frost days in the whole 229-year long series. In the second half of the 19th century the majority of the characteristics under the study (number of frost days, occurrence of the last frost day, occurrence of potential damaging frosts) reached its maximum. Results of the work will serve as a reference series for interpretation of written records on spring frosts in the Czech lands since the 16th century.

KLÍČOVÁ SLOVA: řada teplotní – Praha-Klementinum – teplota vzduchu minimální – mrazí jarní

1. ÚVOD

V souvislosti s pokračováním procesu globálního oteplování je věnována značná pozornost studiu meteorologických extrémů [9], zejména v souvislosti s jejich častějším výskytem, se ztrátami na lidských životech a materiálními škodami. Malá změna v průměrných hodnotách řad meteorologických prvků či v jejich variabilitě může mít za důsledek podstatné změny ve frekvenci výskytu a intenzitě projevu extrémních projevů počasí. Navíc výskyt těchto mezních hodnot může často daleko lépe charakterizovat stav klimatického systému, než jeho popis, založený na hodnotách průměrných [4].

Mezi extrémy, které mohou působit značné škody zejména v zemědělství a ovocnářství, patří výskyt pozdních mrazů, a to zejména se zřetelem na prodloužení vegetačního období a časnější nástup jednotlivých fenofází u zemědělských plodin a ovocných stromů na jaře [6].

V minulosti byla v tehdejším Československu problematika jarních mrazů a jejich dopadů na zemědělskou produkci věnována značná pozornost. Jednalo se převážně o snahu vytvořit metody pro předpověď jarních mrazů na základě různých postupů, jako např. použití empirických vzorců, předpověď složek tepelné bilance aktivního povrchu apod. [13]. Komplexní studie, analyzující výskyt jarních mrazů v Západoslovenském kraji, se objevily na konci 60. let 20. století [1, 8]. Práce byly opět zaměřeny na možnost předpovědi výskytu škodlivých jarních mrazů a jejich součástí je i přehled synoptických situací s nejčetnějším výskytem pozdních mrazů.

Jarní mrazy ovlivňovaly lidskou společnost i v minulosti, kdy byl člověk více existenčně závislý na výsledcích sklizně. V historických pramenech nejrůznějších typů (kroniky, deníky, hospodářské záznamy aj.) je proto takovým jevům věnována velká pozornost. Tyto písemné zdroje použil pro sledování sekulárního chodu četnosti a intenzity jarních mrazů Pejml [14]. Pro verifikaci intenzity historických jarních mrazů použil měření, prováděná na agrometeorologické observatoři HMÚ v Doksanech (1951–1970). Z jeho výsledků vyplývá, že v současné době je daleko větší pravděpodobnost výskytu mrazíků v dubnu než v květnu. Na přelomu 16. a 17. století tomu bylo naopak, což pravděpodobně vedlo k úpadku českého vinařství v 17. století.

Fenologická data využil ve své práci také Stibral [16], který se věnoval problematice ohrožení jablem v květu jarními mrazy. Na základě fenologických pozorování ze čtyř míst v České republice definoval škodlivé jarní mrazy jako ty, kte-

ré se vyskytnou v období čtrnácti dnů po nástupu fáze „první květy jablem“. Došel k závěru, že výše položené lokality (např. Benecko – 800 m n. m.) zaznamenávají sice větší počet jarních mrazů, ale jen malá část z nich patří mezi škodlivé (12 %). Naproti tomu nižší nadmořské výšky (např. Litomyšl – 360 m n. m.) byly ohroženy škodlivými mrazy v 39 % všech případů jarních mrazů v období 1935–1964.

V poslední době zůstala tematika jarních mrazů na pozadí zájmů klimatologů a meteorologů, ačkoli jarní mrazy patří nepochybně mezi významné meteorologické extrémy v ČR [5]. Přítom existující datová základna přístrojových měření a historicko-klimatologických zpráv o počasí umožňuje studovat problematiku jarních mrazů, včetně jejich dopadů, v podstatně širším měřítku než kdykoliv v minulosti. Tematika mrazů je předmětem analýz také v zahraničí. I když spíše z pohledu mrazového nebezpečí než jeho kolísání a systematického studia dopadů (viz např. [10]).

2. POUŽITÁ DATA

Jarní (nebo také pozdní) mrazí je možné charakterizovat jako výskyt hodnoty teploty vzduchu pod bodem mrazu v jarním období (měsíce březen až květen). Pokud je meteorologická stanice vybavena přístrojem pro kontinuální měření teploty vzduchu, je možné nejen určit, v které dny klesla teplota vzduchu pod bod mrazu, ale i délku trvání mrazu. Takových stanic je v naší republice velmi málo a je nutné se spokojit s jednoduššími postupy při zjišťování výskytu mrazu. Jako základní zdroj je proto používána minimální teplota vzduchu, která se měří v meteorologické budce pomocí minimálního teploměru [15]. Čtení hodnoty minimální teploty vzduchu se na klimatických stanicích provádí jednou za den v termínu 21 h SEČ.

Pro tuto studii byla použita nejdelší řada minimálních teplot vzduchu v České republice ze stanice Praha-Klementinum za období 1775–2003. Tato stanice je umístěna v komplexu budov v centru hlavního města a je tak ovlivněna jeho tepelným ostrovem. Ten je v případě průměrné roční teploty vzduchu odhadován na 0,07 až 0,08 °C za 10 let před rokem 1940 a asi na 0,1 °C za 10 let v následujícím období [2, 3].

Základní charakteristikou, vyjadřující variabilitu jarních mrazů, je počet mrazových dnů, datum posledního výskytu mrazového dne (den, v němž minimální teplota vzduchu byla nižší než 0,0 °C – [12]), a hodnota pozdního mrazu. Všechny tyto charakteristiky byly zpracovány pro jednotlivé dekády,

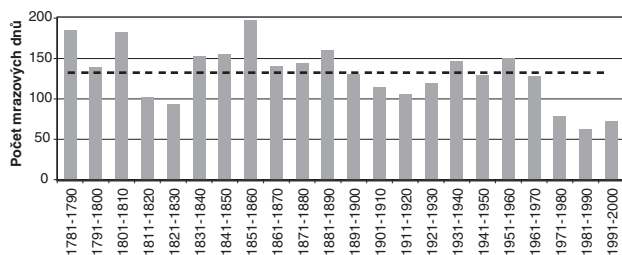
měsíce, roky, desetiletí a padesátiletí pomocí základní popisné statistiky.

3. VÝSLEDKY

3.1 Počet mrazových dnů

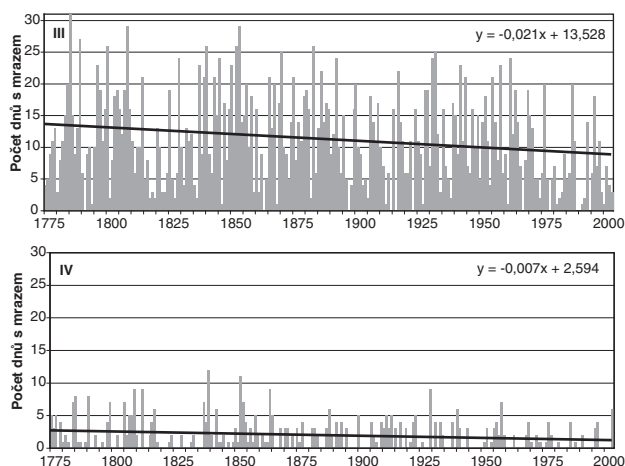
V Praze-Klementinu se v období 1775–2003 vyskytlo průměrně 13 jarních mrazových dnů za rok, z toho v březnu 11 dnů a v dubnu pak 2 dny (tab. 1). V osmi případech nebyl v období března–květen zaznamenán žádný mrazový den (tab. 2). Nejvíce roků bez jarního mrazu bylo zaznamenáno ve 20. století (6 případů), z toho polovina v posledních dvaceti letech.

Pouze jednou za celé období měření se minimální teplota vzduchu v březnu držela pod bodem mrazu po celý měsíc jako pokračování dlouhé a tuhé zimy, a to v roce 1785. V tomto roce bylo také zaznamenáno nejvíce mrazových dnů na jaře za celé období pozorování (39 dnů). Naopak žádný mrazový den nebyl v březnu zaznamenán v 11 případech. Mimo 8 případů uvedených v tab. 2, to bylo ještě v letech 1863, 1923 a 1978. Nejvíce mrazových dnů v měsíci dubnu bylo zaznamenáno v roce 1839 (12 dnů), stejný měsíc bez mrazu se vyskytl celkem ve 104 případech, tedy téměř v polovině roků sledované řady. Nejčastěji se mraz v dubnu nevyskytl ve 20. století, v letech 1901–1950 celkem 27 případů a v období



Obr. 1 Počet mrazových dnů na jaře v jednotlivých dekádách na stanici Praha-Klementinum za období 1781–2000 (přerušovaná čára – průměrný dekádový počet mrazových dnů).

Fig. 1 The number of frost days in spring in individual ten-day periods at the station Praha-Klementinum for the period 1781–2000 (dashed line – average number of frost days in the ten-day period).



Obr. 2 Průměrný počet mrazových dnů v březnu (III) a v dubnu (IV) na stanici Praha-Klementinum za období 1775–2003, spolu s lineárními trendy obou řad a jejich rovnicemi.

Fig. 2. Average number of frost days in March (III) and April (IV) at the station Praha-Klementinum for the period 1775–2003, together with linear trends of the both series and their equations.

Tab. 1 Základní statistické charakteristiky počtu mrazových dnů na stanici Praha-Klementinum v období března–květen v letech 1775–2003 (v druhém sloupci jsou uváděny roky výskytu dané hodnoty, případně její četnost).

Table 1. Basic statistic characteristics of the number of frost days at the station Praha-Klementinum in the period March – May in the years 1775–2003 (the second column gives years of the occurrence of the given value or eventually its frequency).

	III		IV		III-V	
Průměr	11		2		13	
Minimum	0	11x	0	104x	0	8x
Maximum	31	1785	12	1839	39	1785
Medián	10	15x	1		12	
Modus	6		0	104x	10	15x
1. decil	3		0		4	
9. decil	21		5		24	
Směr. odchylka	7,4		2,4		8,4	
Rozptyl výběru	54,5		5,7		69,7	
Špičatost (α)	-0,67		2,39		-0,17	
Šikmost (ε)	0,41		1,56		0,56	
Var. rozpětí	31		12		39	

Tab. 2 Nejvyšší a nejnižší počet mrazových dnů vymezený 1. a 9. decilem a roky bez jarních mrazů na stanici Praha-Klementinum za období 1775–2003 (čarami jsou oddělena jednotlivá padesátiletí).

Table 2. The highest and the lowest number of frost days defined by the first and the ninth deciles and years without spring frosts at the station Praha-Klementinum for the period 1775–2003.

Rok	1. decil			9. decil			Bez mrazu	
	III	IV	III-V	Rok	III	IV		III-V
1780	3	1	4	1784	20	7	27	1791
1794	1	0	1	1785	31	8	39	1897
1801	2	0	2	1789	27	1	28	1914
1818	3	1	4	1796	23	1	24	1916
1819	2	0	2	1800	26	0	26	1967
1822	3	0	3	1807	19	5	24	1989
1823	3	1	4	1808	29	5	34	1990
1827	2	0	2	1809	16	9	25	1994
1831	4	0	4	1829	24	0	24	
1835	4	0	4	1837	23	7	30	
1836	2	0	2	1839	21	12	33	
1846	1	0	1	1840	26	2	28	
1863	0	1	1	1845	24	2	26	
1868	1	3	4	1850	23	3	27	
1898	4	0	4	1852	26	11	37	
1903	4	0	4	1853	29	7	36	
1912	1	3	4	1865	21	5	26	
1927	1	0	1	1870	25	3	28	
1961	1	0	1	1875	21	3	24	
1974	2	1	3	1883	26	2	28	
1978	0	2	2	1892	24	2	26	
1981	1	1	2	1900	20	5	25	
1982	2	0	2	1917	22	4	26	
1983	3	0	3	1929	19	9	28	
1991	1	2	3	1931	24	4	28	
1992	2	0	2	1932	25	0	25	
1999	3	0	3	1944	21	3	24	
2000	1	0	1	1955	21	3	24	
2002	4	0	4	1958	23	7	30	
				1962	24	0	24	

1951–2000 26 případů. V 19. století byl bezmrazový duben zaznamenán celkem ve 40 případech (22× v 1. polovině, 18× v 2. polovině). V květnu bylo zaznamenáno za celých 229 let pozorování pouze 8 mrazových dnů – tři v roce 1864, po jednom dni pak v letech 1782, 1850, 1876, 1877, 1935.

Pokud bychom minimální a maximální počet mrazových dnů vymezili pomocí 1. a 9. decilu (tab. 2), nejvíce roků s nejnižším počtem mrazových dnů na jaře bylo zaznamenáno v 2. polovině 20. století (10 případů). V 1. polovině 19. století patří také 10 roků svým počtem mrazových dnů do 1. decilu, na druhou stranu se zde vyskytlo i nejvíce roků s maximálním počtem mrazových dnů (9 případů). S osmi případy počtu mrazových dnů v 9. decilu následuje období 1851–1900. Devatenácté století tak výrazně převyšuje z hlediska extrémního počtu mrazových dnů vymezených 9. decilem (17 případů) století dvacáté, které je v posledním decilu zastoupeno jen osmi případy.

Relativně velké zastoupení má v posledním decilu také 18. století, přestože řada Klementina začíná v roce 1775, a je z něj tedy hodnoceno jen 26 roků. Tři z těchto pěti případů patří do 80. let 18. století, přesto však toto desetiletí nedosáhlo absolutního maxima počtu mrazových dnů na jaře (obr. 1). Největší počet jarních mrazových dnů byl zaznamenán v desetiletí 1851–1860 (celkem 198 dnů). Z dekadového počtu mrazových dnů v jarním období je zřejmý výskyt nadprůměrného počtu jarních mrazových dnů na přelomu 18. a 19. století, vystřídáný výrazným poklesem v následujících dvou desetiletích. Období 1831–1890 pak se svými počty jarních mrazových dnů v dekadách patří mezi nadprůměrné. Od 90. let 19. století se už téměř všechna desetiletí (s výjimkou 30. a 50. let 20. století) pohybují se svými počty jarních mrazových dnů pod průměrnou hodnotou (131 mrazových dnů za dekádu). Poslední tři desetiletí 20. století zaznamenaly pokles k 50 % hodnoty průměru, v případě desetiletí 1981–1990 (63 dnů) i pod něj.

Nejvíce jarních mrazových dnů se vyskytlo v 2. polovině 19. století (773 dnů), což bylo oproti období 1801–1850 zvýšení celkem o 87 dní. Dvacáté století se vyznačuje výrazným poklesem počtu jarních mrazových dnů, hlavně ve své druhé polovině, kdy bylo zaznamenáno pouhých 64 % (493 dnů) z celkového počtu jarních mrazových dnů za období 1851–1900.

Z hlediska jednotlivých měsíců má na pokles největší podíl úbytek mrazových dnů v březnu, kdy jejich chod vykazuje sestupný trend o 0,21 dne za 10 let (obr. 2). U počtu mrazových dnů v dubnu je to pokles pouze o 0,07 dne za 10 let. Sestupný trend pro celé jarní období má hodnotu 0,28 dnů za 10 let, všechny trendy jsou statisticky významné na hladině významnosti $p = 95 \%$.

Vzhledem k umístění stanice v centru města je zřejmé, že na soustavném poklesu počtu mrazových dnů se podílí i tepelný ostrov města [2], který je v případě průměrné roční teploty vzduchu odhadován na 0,07 až 0,08 °C za 10 let před rokem 1940 [3]. V referenčním období 1961–2000 dosáhl

více jak trojnásobku (0,3 °C za 10 let). Při srovnání klementinské řady s jinými stanicemi, umístěnými mimo souvislou zástavbu (letišťe Praha-Kbely, letišťe Praha-Ruzyně, letišťe Brno-Tuřany, Milešovka), je zajímavé, že nejtěsnější korelace ($r = 0,81$) má roční chod jarních mrazových dnů Prahy-Klementina s řadou Brno-Tuřany (tab. 3). Korelace mezi počty mrazových dnů v měsíci březnu je pro všechny stanice (s výjimkou Milešovky) shodná. Výrazné rozdíly jsou v případě korelací mezi počty mrazových dnů v dubnu (korelace s řadou Praha-Ruzyně se pohybuje na hranici statistické významnosti na hladině $p = 95 \%$).

Zesilování tepelného ostrova města je možné analyzovat pomocí trendů odchylek studovaných charakteristik [2], a proto i v tomto případě byly vypočteny odchylky počtu mrazových dnů pro jarní období pro řadu Klementina a jednotlivé stanice uvedené v tab. 3 pro období 1961–2000. Statisticky významného trendu (na hladině významnosti $p = 95 \%$) bylo dosaženo jen v případě odchylek s řadou Brno-Tuřany (1,22 dne za 10 let), v ostatních případech byly trendy statisticky nevýznamné, odchylky s řadou Milešovky zaznamenaly trend klesající.

3.2 Poslední mrazový den

Poslední mrazový den byl určen jako den, v němž minimální teplota vzduchu klesla naposledy v období březen-květen pod bod mrazu. Základní statistické charakteristiky pro

Tab. 3 Korelace mezi řadami počtu mrazových dnů Prahy-Klementina a dalších vybraných stanic, rovnice lineární regrese pro odchylky řad březen-květen a jejich trendy pro období 1961–2000 (tučně - hodnota statisticky významná na $p = 95 \%$).

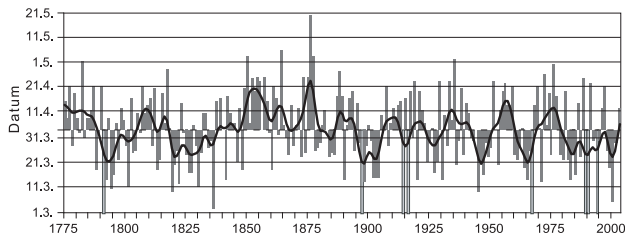
Table 3. Correlation among series of the frost days number of the Praha-Klementinum station and other select stations, equations of linear regression for deviations of series March-May and their trends for the period 1961–2000 (in bold – a statistically significant value – $p = 95 \%$).

	Korelace			Odchylky řad III-V	
	III	IV	III-V	rovnice lineární regrese	trend/10 let
Praha-Kbely	0,87	0,52	0,75	$y = 0,065x + 9,985$	0,65 dne
Praha-Ruzyně	0,87	0,42	0,68	$y = 0,071x + 13,742$	0,71 dne
Brno-Tuřany	0,87	0,67	0,81	$y = 0,122x + 8,708$	1,22 dne
Milešovka	0,71	0,28	0,42	$y = -0,076x + 56,373$	-0,76 dne

Tab. 4 Základní statistické charakteristiky výskytu posledního mrazového dne na stanici Praha-Klementinum v období březen-květen v letech 1775–2003 a v jednotlivých padesátiletích (v druhém sloupci je uváděn rok výskytu dané hodnoty, případně její četnost).

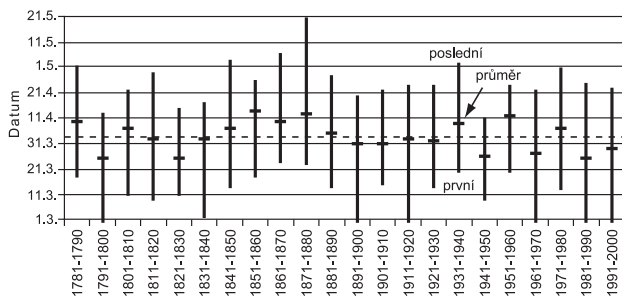
Table 4. Basic statistic characteristics of the occurrence of the last frost day at the station Praha-Klementinum in the period March-May in the years 1775–2003 and in individual fifty years (the second column gives the year of the occurrence of the given value, eventually its frequency).

	1775–2003		1801–1850		1851–1900		1901–1950		1951–2000	
	Datum		Datum		Datum		Datum		Datum	
Průměr	3. 4.		2. 4.		8. 4.		1. 4.		1. 4.	
Minimum	-	8x	2. 3.	1836	-	1897	-	1914 1916	-	4x
Maximum	20. 5.	1876	3. 5.	1850	20. 5.	1876	2. 5.	1935	30. 4.	1976
Tmin (°C)	-0,7		-0,4		-0,7		-1,2		-0,1	
Medián	4. 4.		4. 4.		5. 4.		31. 3.		31. 3.	
Modus	21. 4.	9x	10. 4.	5x	5. 4.	5x	15. 3. 30. 3. 23. 4.	3x 3x 3x	- 24. 3.	4x 4x
1. decil	14. 3.		14. 3.		23. 3.		15. 3.		13. 3.	
9. decil	21. 4.		18. 4.		25. 4.		20. 4.		22. 4.	
Délka řady	229		50		50		50		50	



Obr. 3 Odchylky výskytu posledního mrazového dne od dlouhodobého průměru (1775–2003 – přerušovaná čára) v jarním období na stanici Praha-Klementinum v letech 1775–2003 (shlazen Gaussovým filtrem pro 10 let).

Fig. 3 Deviations of the occurrence of the last frost day from the long-term average (1775–2003 – dashed line) in spring at the station Praha-Klementinum in the years 1775–2003 (smoothed by means of Gauss filter for 10 years).



Obr. 4 První, poslední a průměrný výskyt posledního mrazového dne pro dekády v jarním období v letech 1781–2003 na stanici Praha-Klementinum (přerušovaná čára – dlouhodobý průměr 1775–2003).

Fig. 4. The first, the last and an average occurrence of the last frost day for the ten-day periods in spring in the years 1781–2003 at the station Praha-Klementinum (dashed line – long-term average 1775–2003).

tuto veličinu pro stanici Praha-Klementinum jsou uvedeny v tabulce 4.

Průměrný výskyt posledního jarního mrazu připadá na 3. duben, nejpozději se poslední mráz vyskytl 20. 5. 1876 (minimální teplota $-0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Rok 1876 s posledním výskytem mrazového dne v 2. polovině května je ojedinělý v celé řadě, v ostatních letech se poslední mráz objevil nejpozději 6. května. Při bližším pohledu na denní hodnoty minimální teploty vzduchu je zřejmé, že se jednalo o náhlé ochlazení, trvající jen několik dnů. Ještě 18. května 1876 dosáhla hodnota minimální teploty vzduchu $9,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuto skutečnost potvrzují i písemné prameny. Na mnoha místech v Čechách (České Budějovice, Litoměřice, Mladá Boleslav) a na Moravě (Olomouc, Pouzdřany) byly zaznamenány zprávy o mrazu v noci z 19. na 20. května, který poškodil kvetoucí stromy, vinice a obiloviny.

Nejpozdějším výskytem posledního jarního mrazu se vyznačuje 2. polovina 19. století, téměř čtvrtina případů (8 z 30) vymezená 9. decilem (tab. 5) je právě z tohoto období. V prvním decilu, tzn. nejčasnější poslední jarní mráz, popř. zcela bez mrazu, dominuje s osmi případy 1. polovina 20. století. Za ní následují se šesti případy 1. a 2. polovina 19. a 2. polovina 20. století.

V celkovém chodu výskytu posledního mrazového dne (obr. 3) nelze jednoznačně vysledovat významný trend, je možné pouze potvrdit skutečnost, že v 2. polovině 19. století byl častěji zaznamenán poslední jarní mráz po 3. dubnu – průměrném datu výskytu posledního jarního mrazu. Období 1935–1980 se pak vyznačovalo oscilací výskytu posledního

Tab. 5 Nejpozdější a nejčasnější výskyt posledního mrazového dne vymezený prvním a posledním decilem na stanici Praha-Klementinum za období 1775–2003 (b. m. – bez mrazu).

Table 5. The latest and earliest occurrence of the last frost day defined by the first and the last decils at the station Praha-Klementinum for the period 1775–2003 (b. m. – without frost).

Nejpozdější mráz 9. decil		Nejčasnější mráz 1. decil	
Datum		Datum	
21. 4.	1777	b. m.	1791
1. 5.	1782	14. 3.	1792
21. 4.	1787	10. 3.	1794
21. 4.	1790	11. 3.	1801
21. 4.	1807	9. 3.	1819
20. 4.	1812	12. 3.	1822
18. 4.	1815	11. 3.	1830
28. 4.	1817	2. 3.	1836
20. 4.	1849	14. 3.	1841
3. 5.	1850	18. 3.	1860
25. 4.	1854	23. 3.	1872
25. 4.	1857	23. 3.	1884
6. 5.	1864	14. 3.	1890
25. 4.	1873	b. m.	1897
25. 4.	1875	13. 3.	1898
20. 5.	1876	15. 3.	1902
3. 5.	1877	15. 3.	1903
27. 4.	1888	15. 3.	1904
21. 4.	1907	b. m.	1914
23. 4.	1919	b. m.	1916
23. 4.	1929	14. 3.	1920
23. 4.	1933	14. 3.	1930
2. 5.	1935	9. 3.	1945
20. 4.	1938	16. 3.	1947
23. 4.	1951	b. m.	1967
22. 4.	1956	13. 3.	1971
26. 4.	1972	b. m.	1989
30. 4.	1976	b. m.	1990
24. 4.	1988	b. m.	1994
22. 4.	1991	5. 3.	2000

Tab. 6 Absolutní a relativní četnost výskytu posledního mrazového dne za období březen–květen na stanici Praha-Klementinum v letech 1775–2003 a za jednotlivá padesátiletí (n – absolutní četnost, f – relativní četnost).

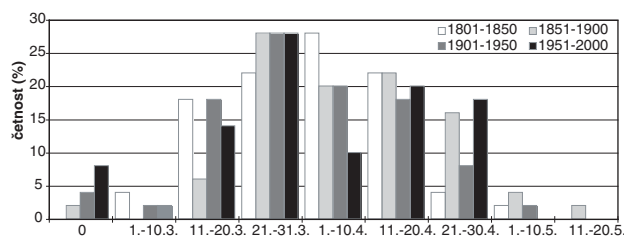
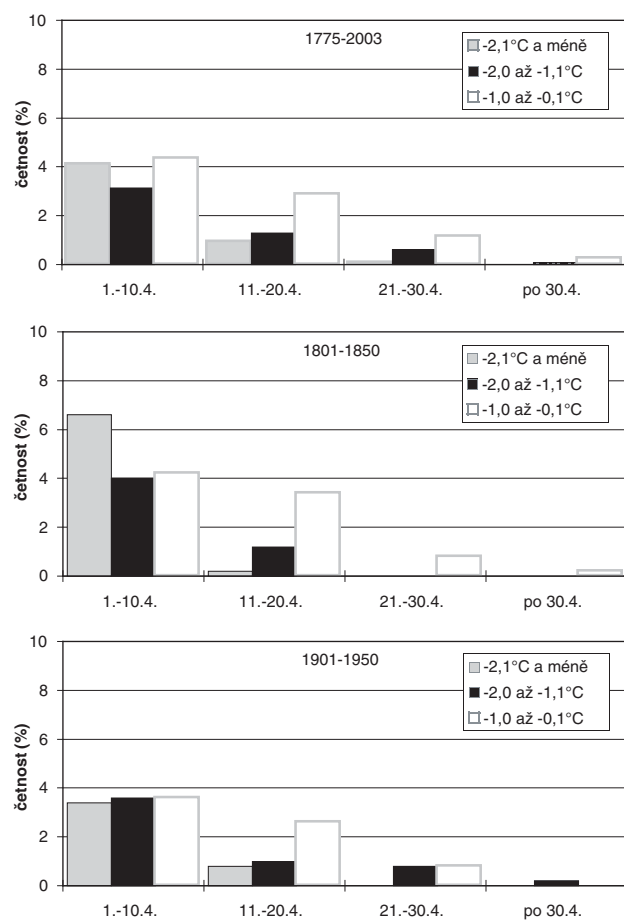
Table 6. Absolute and relative frequency of the occurrence of the last frost day for the period March–May at the station Praha-Klementinum in the years 1775–2003 and in individual fifty years (n – absolute frequency, f – relative frequency).

	1775–2003		1801–1850		1851–1900		1901–1950		1951–2000	
	n	f (%)	n	f (%)	n	f (%)	n	f (%)	n	f (%)
bez mrazu	8	3	0	0	1	2	2	4	4	8
1.–10. 3.	5	2	2	4	0	0	1	2	1	2
11.–20. 3.	31	14	9	18	3	6	9	18	7	14
21.–31. 3.	59	26	11	22	14	28	14	28	14	28
1.–10. 4.	48	21	14	28	10	20	10	20	5	10
11.–20. 4.	46	20	11	22	11	22	9	18	10	20
21.–30. 4.	26	11	2	4	8	16	4	8	9	18
1.–10. 5.	5	2	1	2	2	4	1	2	0	0
11.–20. 5.	1	0	0	0	1	2	0	0	0	0
Σ	229		50		50		50		50	

dne s mrazem kolem průměrné hodnoty, po roce 1981 převážoval výskyt posledního mrazového dne pod dlouhodobým průměrem.

Pro celé období byl určen nejčasnější a nejpozdější výskyt posledního mrazového dne pro jednotlivé dekády a vypočítán dekádní průměrný výskyt posledního jarního mrazu (obr. 4). Nejnižší dekádní průměr výskytu posledního jarního mrazu (25. 3.) mají tři desetiletí: 1791–1800, 1821–1830, 1981–1990. Naopak v průměru nejpozději byl poslední mraz zaznamenán 13. dubna v dekadě 1851–1860. Na obrázku 4 je možné vymezit souvislé období pěti desetiletí 1841–1890, kdy průměrný výskyt posledního mrazu za dekádu byl nad průměrem celého sledovaného období 1775–2003. Na to následuje období čtyř desetiletí 1891–1930 s dekádním průměrem pod dlouhodobým průměrem výskytu posledního mrazového dne. Absolutní hodnoty odchylek od průměru však jsou mnohem menší než v předchozím období.

Z hlediska relativní četnosti (tab. 6) se více než 60 % případů posledního jarního mrazu v celém období 1775–2003 soustředí na poslední dekádu března a první dvě dekády měsíce dubna. Poslední březnová dekáda je nejčetnější i u tří padesátiletých období 1851–1900, v období 1801–1850 byl poslední jarní mraz zaznamenán nejčastěji v první dubnové dekadě. Směrem do současnosti narůstá počet roků, kdy nebyl zaznamenán žádný jarní mraz a klesá počet jarních mrazů v měsíci květnu. V 2. polovině 20. století nebyla po 30. dubnu zaznamenána minimální teplota vzduchu pod bodem mrazu (tab. 6, obr. 5), na druhou stranu došlo v posledním padesátiletí k nárůstu četnosti výskytu posledního jarního mrazu v druhé a třetí dubnové dekadě (20 a 18 % případů) na úkor první dekády (10 %).



Obr. 5 Relativní četnost výskytu posledního mrazového dne na stanici Praha-Klementinum za jednotlivá padesátiletí v období 1801–2000.

Fig. 5. Relative frequency of the occurrence of the last frost day at the station Praha-Klementinum in individual fifty years in the period 1801–2000.

3.3 Škodlivost jarních mrazů

Pro posuzování jarních mrazů z hlediska případných škod na zemědělských plodinách jsou důležité počty mrazových dnů v druhé polovině jarního období, kdy nízké teploty vzduchu představují reálné nebezpečí poškození rostlin. Vegetace v našich zeměpisných šířkách je do jisté míry proti chladu ve vegetačním období odolná. Velký význam při tom hraje druh rostliny a fenologické fáze, ve které se mraz vyskytne. Např. za kritickou hodnotu pro jabloňové květy je považována teplota vzduchu $t \leq -1,0$ °C [16], stejně tak pro květy vinné révy. Poškození listů ořešáku nebo jarního ječmene se objevuje při $t \leq -3,0$ °C [14].

Za potenciálně nebezpečné jarní mrazy je tedy možné označit všechny dny s minimální teplotou vzduchu $t \leq -1,0$ °C. Kritická doba výskytu jarních mrazíků závisí na začátku vegetačního období rostlin. Pro zjednodušení je dále uvažován celý duben a květen.

Obr. 6 Rozdělení relativních četností počtu mrazových dnů a jejich hodnoty minimální teploty vzduchu v dubnu a květnu na stanici Praha-Klementinum v období 1775–2003 a v jednotlivých padesátiletích.

Fig. 6 Distribution of relative frequencies of the number of frost days and their values of minimal air temperature in April and in May at the station Praha-Klementinum in the period 1775–2003 and in individual fifty years.

Podle rozdělení četnosti výskytu jarních mrazů v těchto dvou měsících (obr. 6) je zřejmý výrazný pokles počtu dnů s minimální teplotou vzduchu $t \leq -2,1$ °C v jednotlivých padesátiletích. V období 1801–1850 bylo takovýchto dnů v dubnu zaznamenáno 34, většina těchto dnů se vyskytla v 1. dekádě (33). V 2. polovině 19. století byly tyto případy rozloženy rovnoměrněji (1. dekáda – 14, 2. dekáda – 13) a třikrát se vyskytly i v 3. dekádě dubna. Ve 20. století klesl počet dnů s minimální teplotou vzduchu $t \leq -2,1$ °C na 21 případů v letech 1901–1950 a v 2. polovině 20. století dokonce na pouhých 6 případů. V květnu se v celé řadě nevyskytl ani jeden den s minimální teplotou vzduchu $t \leq -2,1$ °C.

Dny s minimální teplotou vzduchu z intervalu $-2,0$ až $-1,1$ °C se v 1. polovině 19. století vyskytly pouze v první a druhé dekádě dubna, ve třetí dekádě se tyto dny vyskytly ve všech zbývajících padesátiletích. V květnu se takový den vyskytl dvakrát za celé období (v roce 1864 a 1935).

Počet dnů s minimální teplotou vzduchu v intervalu od $-1,0$ až $-0,1$ °C klesá od počátku dubna směrem ke konci jarního období ve všech padesátiletích klementinské řady. V květnu se vyskytlo 6 dnů s teplotou vzduchu v tomto intervalu pouze v 19. století (1782, 1850, 2x v 1864, 1876, 1877).

Z hlediska výskytu tzv. nebezpečných jarních mrazů (podle [14] všechny dny po 20. dubnu s minimální teplotou vzduchu $t \leq -1,0$ °C) bylo zcela bez rizika období 1801–1850. Největší nebezpečí škod jarními mrazy naopak měla 2. polovina 19. století, kdy se po 20. dubnu vyskytly i dny s minimální teplotou $t \leq -2,1$ °C. V minulém století byly po 20. 4. zaznamenány pouze mrazy do hodnoty $t < -2,0$ °C, a to pouze v sedmi případech.

4. ZÁVĚR

Nejvíce mrazových dnů se v jarním období vyskytuje v březnu, kdy do střední Evropy často zasahují studené vzduchové hmoty ze severu a severozápadu. Mimo advekce studeného vzduchu se na zvýšeném počtu mrazových dní podílí v březnu i délka dne a noci. Za stejných povětrnostních podmínek probíhá v noci vyzařování tepla ze zemského povrchu do atmosféry v březnu déle než v dubnu nebo květnu [8].

Na stanici Praha-Klementinum došlo v období 1775–2003 k výraznému poklesu výskytu jarních mrazů a jejich intenzity. V případě počtu mrazových dnů se jedná o statisticky významný sestupný trend 2,8 dne za 100 let. Pokles není kontinuální, v 19. století je možné vymezit období zhruba 20 let výraznějšího minima některých charakteristik, např. den s posledním mrazem se v tomto období pouze ve třech letech vyskytl po dlouhodobém průměru (3.4.). Naopak v padesátiletí 1851–1900 bylo dosaženo maxima ve velké části studovaných charakteristik (počet mrazových dnů, průměrný výskyt posledního mrazového dne, četnost možných škodlivých mrazů).

Z výsledků je zřejmé, že klesá počet mrazových dnů v druhé polovině jarního období. Neznamena to ovšem pokles možného rizika škod jarními mrazy, protože díky příznivějším teplotám vzduchu na počátku jara dochází k dřívějšímu nástupu jednotlivých fenologických fází a tím i ke změně začátku kritické doby výskytu jarních mrazů.

Tento příspěvek je součástí řešení grantu Grantové agentury ČR s názvem „Variabilita časných a pozdních mrazů a jejich dopady v Českých zemích od 16. století“, který se zabývá komplexní analýzou výskytu časných a pozdních mrazů se zřetelem na jejich dopady na společnost.

Poděkování

Tato studie byla vypracována díky finanční podpoře řešení grantu č. 205/02/P138 Grantové agentury České republiky.

Literatura

- [1] BALLON, L., 1966. Jarné mrazy v Západoslovenskom kraji. *Meteorologické Zprávy*, roč. **19**, č. 3–4, s. 101–104.
- [2] BRÁZDIL, R., 1991. Kolísání vybraných meteorologických prvků ve střední Evropě v období přístrojových pozorování. *Národní klimatický program ČR*. Sv. **2**. Praha: ČHMÚ. 56 s.
- [3] BRÁZDIL, R., 1993. The homogeneity of air temperature measurement Prague-Klementinum with respect to the intensification of the urban heat island. In: *Early Meteorological Instrumental Records in Europe – Methods and Results*. Kraków, s. 18–32.
- [4] BRÁZDIL, R., 1998. Meteorological extremes and their impacts on forests in the Czech Republic. In: Beniston, M., Innes, J.L., eds.: *The Impacts of Climate Variability on Forests*. Berlin: Springer, s. 19–47.
- [5] BRÁZDIL, R., 2000. Climate fluctuation and meteorological extremes in the Czech lands since 16th century. In: *Proceedings of International Symposium on Climate Change and Variability, and their Impacts*. Korea s. 21–30.
- [6] BRÁZDIL, R. – ROŽNOVSKÝ, J., 1995. Dopady možné změny klimatu na zemědělství v České republice. *Národní klimatický program ČR*. Sv. **18**. Praha: ČHMÚ. 139 s.
- [7] BRÁZDIL, R., – VALÁŠEK, H. – MACKOVÁ, J. 2003. Climate in the Czech Lands During the 1780s in Light of the Daily Weather Records of Parson Karel Bernard Hein of Hodonice (Southwestern Moravia): Comparison of Documentary and Instrumental Data. *Climatic Change*, Vol. **60**, s. 297–327.
- [8] FORGÁČ, P. – MOLNÁR, F., 1967. Jarné mrazy v Západoslovenskom kraji. *Sborník prací HMÚ, Zv. 9*, Bratislava: SHMÚ, s. 31–86
- [9] HOUGHTON, J. T. – DING, Y. – GRIGGS, D. J. – NOGUER, M., – LINDEN, P. J. Van Der, 2001. *Climate Changes 2001. The Scientific Basis*. Cambridge: University Press. 867 s.
- [10] LOMAS, J. – GAT, Z. – BORSUK, Z. – RAZZ, Z., eds., 1989. *Frost Atlas*. Israel: Meteorological service.
- [11] MACKOVÁ, J., 2003. Rekonstrukce kolísání klimatu v Českých zemích v 18. století. [Disertační práce.] Brno: Geografický ústav PřF MU. 201 s.
- [12] *Meteorologický slovník výkladový a terminologický*, 1993. Praha: Academia, MŽP. 594 s.
- [13] PEJML, K., 1955. Vývoj a současný stav předpovědi nočních mrazů v době vegetační. *Meteorologické Zprávy*, roč. **8**, č. 1, s. 8–42.
- [14] PEJML, K., 1973. Sekulární chod četnosti a intenzity jarních mrazíků. *Sborník prací HMÚ*, Sv. **19**. Praha: HMÚ, s. 8–42.
- [15] SLABÁ, N., 1972. Návod pro pozorovatele meteorologických stanic ČSSR. Praha: HMÚ. 222 s.
- [16] STIBRAL, J., 1966. Četnosti mrazíků v době květu jableň. *Meteorologické Zprávy*, roč. **19**, č. 6, s. 177–179.

Lektor RNDr. M. Kohut, článek odevzdán v lednu 2005.

REŽIM PŘÍZEMNÍCH MLH V PRAZE

Regime of ground fogs in Prague. Analysis of the data from 1961–2001 proved that there was a significant difference between trends in the fog occurrence at the Prague center (observatory Karlov) and at the Prague periphery (observatory Ruzyně). While the fog occurrence appeared to decrease slightly at the periphery, there was a rapid decrease of the fog occurrence in the Prague center. The different trends were caused by several factors, mainly by a lower relative humidity and higher air temperature in the Prague center (urban heat island). Maximum fog occurrence was found at the both observatories at the beginning of autumn (at the end of September and in October). However, while the rapid decrease started at the observatory Ruzyně in February, the fog occurrence began to decrease at the observatory Karlov already in November. The spring and the summer were the periods with minimal fog occurrence at the both observatories.

KLÍČOVÁ SLOVA: výskyt mlhy – aglomerace městská – vlivy – vlhkost vzduchu relativní – teplota vzduchu

1. ÚVOD

V několika posledních desetiletích markantně vzrostl vliv antropogenních faktorů na přírodní prostředí. Jedním z mnoha meteorologických jevů, jehož výskyt je v městských aglomeracích výrazně ovlivněn antropogenními faktory, je vznik a trvání mlhy. V současné společnosti má studium vzniku a trvání mlh narůstající význam, což je zapříčiněno především rychlým rozvojem automobilové a letecké dopravy, kde má předpověď výskytu mlh zásadní vliv na bezpečnost provozu.

Každé město představuje z krajinně ekologického hlediska zcela přetvořený, umělý ekosystém. Následkem urbanizace zde došlo ke změnám vlastností aktivního povrchu. Ty způsobily především úbytek zeleně na úkor nepropustných a málo propustných povrchů, jako jsou asfalt, beton, apod., dále umělá produkce tepelné energie (především v zimní topné sezoně) a jiné následky činnosti lidské společnosti (doprava, průmysl, kanalizace,...). Plocha pokrytá zelení se ve městech pohybuje většinou v rozmezí 10–50 %, kdežto v neurbanizované krajině 90–100 % [8].

Cílem této práce je zodpovězení otázek, které souvisí s různou četností výskytu mlh v centru Prahy a na jejím okraji. Jedná se především o analýzu teplotních a vlhkostních podmínek a některých dalších meteorologických charakteristik při vzniku a trvání mlhy.

K uvedené problematice se vztahují diplomová práce [3] a ročníková práce [4], jejichž autorem je Pavel Chaloupecký a vedoucím RNDr. Jiří Kastner. Jejich obsahem je také rozsáhlá literární rešerše vycházející z mnoha recentních odborných publikací.

2. SOUBOR DAT

Pro zpracování této práce byl využit úplný soubor denních dat za období 1961–2001 ze dvou pražských stanic. Z centra Prahy byla vybrána stanice Praha-Karlov a z periferní oblasti stanice Praha-Ruzyně. Na této stanici by měl být méně patrný vliv městského klimatu.

K dispozici byla následující data (vždy pro obě stanice – Praha-Karlov a Praha-Ruzyně):

- výskyt mlh (denní data v binární podobě 1 – ano a 0 – ne)
- teplota vzduchu v klimatologických pozorovacích termínech (7, 14, 21 hodin)
- vlhkost vzduchu v klimatologických pozorovacích termínech (7, 14, 21 hodin)
- průměrná denní rychlost větru

V následujících tabulkách (tab. 1 a 2) jsou uvedeny základní statistické charakteristiky datového souboru, respektive

dat, která měla při zpracování této práce zásadní význam. Jedná se o výskyt mlh, průměrnou denní teplotu vzduchu a relativní vlhkost vzduchu.

3. MĚSTSKÝ TEPELNÝ OSTROV A VLHKOST VZDUCHU V PRAZE

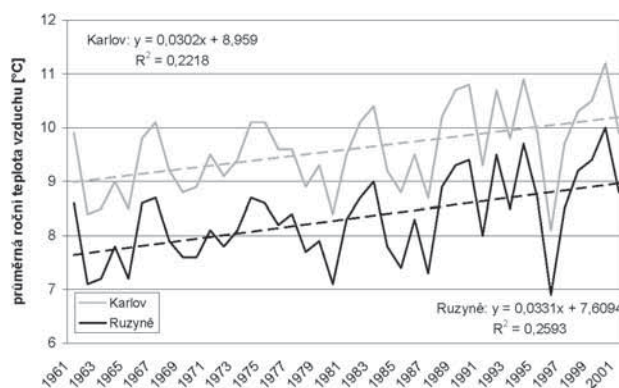
V Meteorologickém slovníku [5] je definice městského tepelného ostrova (dále jen MTO) uvedena takto: „Tepelný ostrov je oblast zvýšené teploty vzduchu v mezni a přizemní vrstvě atmosféry nad městem nebo nad průmyslovou aglomerací ve srovnání s venkovským okolím.

Tepelný ostrov vzniká v důsledku:

- a) umělého aktivního povrchu, který podmiňuje větší akumulaci tepla a menší albedo ve městě,
- b) charakteristické vodní a vláhové bilance,
- c) tepelného znečištění ovzduší z antropogenních zdrojů.“

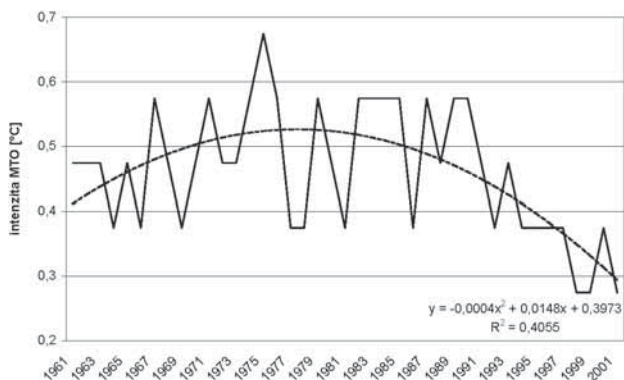
Vývoj teploty vzduchu v Praze se nikterak nevymyká trendu, který je patrný ve všech velkých světových aglomeracích [2]. I v Praze docházelo během posledních desetiletí k prohlubování městského tepelného ostrova.

Z obr. 1 je zřejmé, že ve vnitřní části města vykazovaly hodnoty teploty vzduchu po celé sledované období vzestupný trend. Na stanici Praha-Ruzyně je na počátku sledovaného období patrný pozvolný nárůst průměrných ročních ročních teplot vzduchu. Od poloviny 80. let je nárůst průměrných ročních teplot vzduchu na této stanici ztlačně strmější. Rozdíl průměrných ročních teplot vzduchu na stanici v centru a na



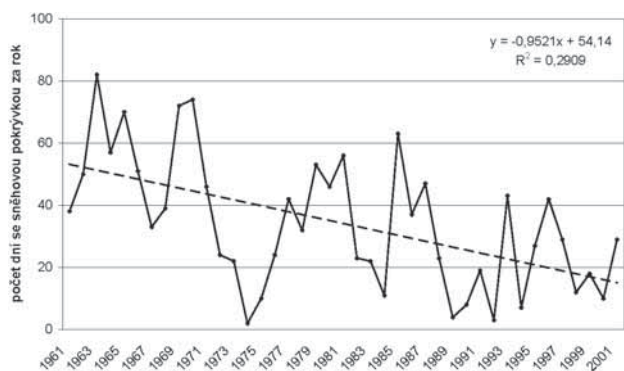
Obr. 1 Porovnání vývoje průměrných ročních teplot vzduchu na stanici Praha-Karlov a Praha-Ruzyně v období 1961–2001.

Fig. 1. A comparison between the trends of mean annual air temperature at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně for the period of 1961–2001.



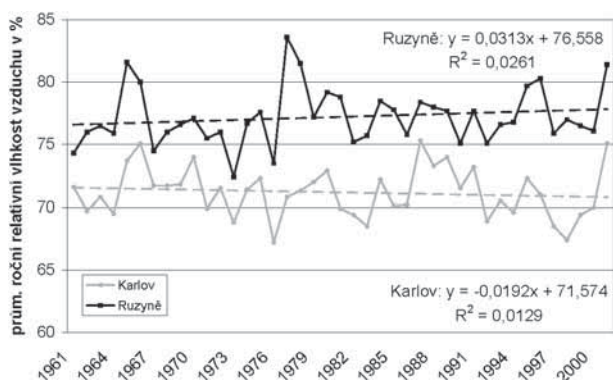
Obr. 2 Vývoj intenzity MTO v Praze v období 1961–2001 (rozdíl průměrných ročních teplot vzduchu mezi Karlovem a Ruzyní, vyrovnaný pomocí průměrného vertikálního gradientu teploty vzduchu $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).

Fig. 2. The time evolution of the intensity of the urban heat island in Prague during the period 1961–2001 (difference between the mean annual air temperature at Praha-Karlov and Praha-Ruzyně balanced by means of the mean gradient of $0,65^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$).



Obr. 3 Vývoj počtu dní se sněhovou pokrývkou za rok na stanici Praha-Karlov v období 1961–2001.

Fig. 3. The trend of the annual number of days with a snow cover at the observatory Praha-Karlov in the period of 1961–2001.



Obr. 4 Vývoj průměrných ročních relativních vlhkostí vzduchu na stanicích Praha-Karlov a Praha-Ruzyně v období 1961–2001.

Fig. 4. The trends of the mean annual relative humidity at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně in the time period 1961–2001.

periferii města se v posledních letech snižuje (viz obr. 2), což je pravděpodobně způsobeno rozrůstáním zástavby, rozvojem letišť a budováním obchodních a průmyslových zón v okrajových oblastech Prahy v posledních desetiletích. Stanice Praha-Ruzyně tak patrně přestává být reprezentativní jako periferie MTO v Praze.

O zesilování efektu MTO v Praze během sledovaného období může vypovídat i poměrně významně klesající trend ve vývoji počtu dní se sněhovou pokrývkou za rok na Karlově (obr. 3). Během 60. a na počátku 70. let se sněhová pokrývka na této stanici udržela v průměru přibližně 55 dní v roce, kdežto v letech 1989–2001 se sněhová pokrývka v průměru vyskytovala již pouze v 19 dnech v roce.

Relativní vlhkost vzduchu je v centru Prahy nižší než v nejsušších oblastech celé České republiky [1]. Nízkou relativní vlhkost vzduchu v centru Prahy (obr. 4) způsobuje především rychlý odtok vody kanalizací, málo propustná půda, resp. nepropustný umělý povrch, malá vertikální výměna vzduchu a vysoký obsah kouřových a prachových částic v ovzduší [1]. Výpar má díky efektu MTO velký potenciál, ovšem v důsledku převahy málo propustných povrchů je výrazně nižší než v neurbanizované krajině [8]. Je třeba poznamenat, že u obr. 4 nebylo uvažováno přestěhování stanice Praha-Ruzyně v roce 1976. Na výsledný trend by to ale nemělo mít zásadní vliv.

4. HLAVNÍ FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VÝSKYT MLH VE MĚSTECH

Vliv města na četnost výskytu mlh je složité jednoznačně posoudit, protože v městském klimatu má na vznik mlhy vliv mnoho faktorů, které mají často protikladný účinek. Je třeba zjistit, které faktory jsou převažující.

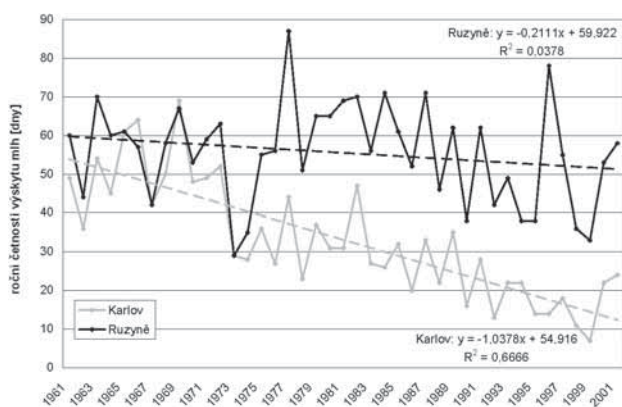
Hlavní faktory ovlivňující výskyt mlh ve městech je možné rozdělit do 3 skupin:

1. Faktory, které napomáhají vzniku mlh
 - *Vyšší míra znečištění ovzduší.* Při vyšší úrovni znečištění se v ovzduší vyskytují vyšší koncentrace atmosférických aerosolů antropogenního původu (např. kouř, popílek průmyslového původu a jiné zplodiny ze spalovacích procesů), které působí jako velká kondenzační jádra a výrazně tak napomáhají vzniku mlh. Tento faktor převládá v některých průmyslových aglomeracích (v ČR např. na Ostravsku [7]).
2. Faktory, které znesnadňují vznik mlh
 - *Nižší relativní vlhkost vzduchu* je pravděpodobně nejvýznamnějším faktorem, který napomáhá snížení četnosti výskytu mlh ve městech. I přes velké množství kondenzačních jader, které se vyskytují v atmosféře, je v důsledku snížené vlhkosti vzduchu v městských oblastech znesnadněna tvorba kapiček mlhy.
 - *Efekt městského tepelného ostrova*, v jehož důsledku je klima v centru města teplejší a sušší než v jeho okolí, čímž výrazně napomáhá snížení četnosti výskytu mlh ve městech.
3. Faktory, které mohou mít pozitivní i negativní vliv na vznik mlh
 - *Nižší rychlost větru* ve středu města v důsledku vyššího koeficientu drsnosti může mít pozitivní i negativní vliv na vznik mlh. Mlha vzniká převážně při malých rychlostech proudění vzduchu, které jsou čtenější v centru města. V centru města je však také vysoká četnost případů bezvětří, kdy je zamezeno rozšíření mlhy do okolí.
 - *Topografie povrchu* také významně ovlivňuje výskyt mlh. Např. radiační inverze bývá nejvýraznější v konkávním reliéfu [6].
 - *Povětrnostní situace*

5. MLHY V PRAZE

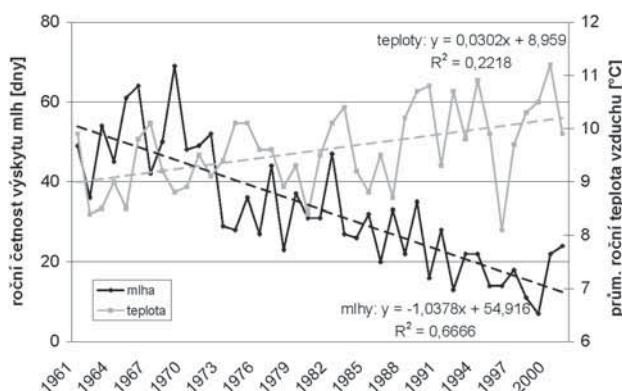
Z obr. 5 je zřejmé, že výskyt mlh je podstatně četnější na periférii města. Stanice Praha-Karlov vykazuje značně klesající trend ve vývoji výskytu mlh po celé sledované období, kdežto na stanici Praha-Ruzyně lze vypočítat pouze méně výrazný pokles ve vývoji ročních četností výskytu mlh, který je patrný až od poloviny 80. let. V 60. letech a na počátku let 70. byl výskyt mlh v centru města přibližně stejně četný jako na okraji Prahy. Od poloviny 70. let začala četnost výskytu mlh v centru Prahy rapidně klesat, zatímco na okraji města nedocházelo k zásadním změnám výskytu mlh. V 60. letech se mlha na stanici Praha-Karlov vyskytla v průměru v 52 dnech za rok, kdežto v posledním desetiletí 20. století již jen v 16 dnech.

Méně četný výskyt mlh ve vnitřní Praze souvisí zřejmě s nárůstem počtu obyvatel hlavního města v posledních desetiletích, a s tím spojeným zvýšením počtu domů, bytů, dopravních komunikací a dalších objektů na úkor rostlinného pokryvu. Nárůst počtu obyvatel ovlivnil rovněž zvýšení intenzity MTO. Stanice Praha-Karlov je navíc lokalizována v konvexní poloze, kde jsou obecně, oproti údolním oblastem, horší podmínky pro výskyt mlh. V 90. letech byly zavedeny některé ekologičtější výrobní provozy, u mnohých došlo k odsíření a zpřísnění norem. V důsledku toho bylo uvolňováno menší množství znečišťujících látek do ovzduší (neplatí pro oxidy



Obr. 5 Porovnání vývoje ročních četností výskytu mlh na stanicích Praha-Karlov a Praha-Ruzyně v období 1961–2001.

Fig. 5. The time evolution of the mean annual fog frequency at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně in the time period 1961–2001.



Obr. 6 Porovnání vývoje průměrných ročních teplot vzduchu a četností výskytu mlh na stanici Praha-Karlov v období 1961–2001.

Fig. 6. The time evolutions of mean annual air temperature and fog frequency at the observatory Praha-Karlov in the period 1961–2001.

dušiku, na jejichž emisích se podílí rozhodující měrou doprava) a celková úroveň znečištění ovzduší se výrazně zlepšila. Tím ale také poklesla koncentrace aerosolů antropogenního původu, které mohou působit jako velká kondenzační jádra a napomáhat tak vzniku mlhy. Pravděpodobnost vzniku mlhy v centrální části Prahy se tak ještě více snížila a klesající trend četností výskytu mlh pokračuje až do současnosti.

Také na stanici Praha-Ruzyně je patrný od poloviny 80. let mírně klesající trend ve vývoji četností výskytu mlh (obr. 5). Ten je pravděpodobně zčásti způsoben účinkem MTO, který v těchto letech začíná ovlivňovat také okolí Ruzyně (patrně v důsledku postupného rozrůstání zástavby do blízkosti letišť).

Na obr. 6 je znázorněn vývoj ročních četností výskytu mlh a průměrné roční teploty vzduchu na stanici Praha-Karlov. Z grafu je zřejmé, že zatímco teplota vzduchu vykazovala rostoucí trend, četnost výskytu mlh naopak klesající. Korelační koeficient mezi těmito veličinami je $-0,41$, což, vzhledem k velikosti datového souboru, potvrzuje poměrně významnou negativní korelaci mezi teplotou vzduchu a četností výskytu mlh v Praze.

6. ROČNÍ CHOD MLH V PRAZE

Pro přesnější stanovení hlavních období (sezony) výskytu mlh v ročním chodu byly pro každý den v roce vypočteny relativní četnosti udávající procentuální výskyt mlh za sledované období (počet dní s výskytem mlhy/délka sledovaného období, tj. 41 let). Výsledné hodnoty lze považovat, s určitou nepřesností, za pravděpodobnosti výskytu mlhy pro každý den v roce.

Pro určení hlavních sezon výskytu mlh byla stanovena kritéria. Pro stanici Praha-Karlov se jedná o pravděpodobnost výskytu mlhy pro daný den vyšší než dvojnásobek průměru. Jelikož je průměrná hodnota pravděpodobnosti na Karlově přibližně 9 %, bude za hlavní sezonu výskytu mlh na této stanici považováno období s pravděpodobností výskytu mlhy pro každý den vyšší než 18 %, tzn. v daný den se mlha za sledované období vyskytla častěji než v 18 %. Na stanici Praha-Ruzyně je průměrná hodnota pravděpodobnosti ca 15 %. Za hlavní sezonu by tedy mělo být považováno období s pravděpodobností výskytu mlh vyšší než 30 %. Toto kritérium je však splněno jen během velmi krátkého období na podzim a v zimě, tudíž byla hranice snížena na 25 %. Naopak období s výrazně podprůměrným výskytem mlh lze charakterizovat jako období, ve kterém je pravděpodobnost výskytu mlhy nižší než polovina průměrné pravděpodobnosti výskytu mlhy pro každý den v roce. Na stanici Praha-Karlov je tedy stanovena hodnota 4,5 % a na stanici Praha-Ruzyně 7,5 %.

Z tabulky 3 je patrné, že i přes nižší vymezený práh je na Karlově v průměru ročně pouze 44 dní, které splňují kritérium pro hlavní sezonu výskytu mlh, kdežto na Ruzyni je to 77 dní. Počet dní, které splňují kritérium pro období s výrazně podprůměrným výskytem mlh, je podobný na obou sledovaných stanicích – na stanici Praha-Karlov průměrně 120 dní v roce a na stanici Praha-Ruzyně 126 dní v roce.

Z obr. 7 je zřejmé, že období maximálního výskytu mlh nastává na obou stanicích na počátku podzimu (konec září – začátek října). Avšak zatímco na Ruzyni začíná výraznější pokles výskytu mlh až na přelomu února a března, na Karlově dochází k rapidnímu poklesu výskytu mlh již na začátku listopadu. Jaro a konec léta jsou na obou stanicích přechodným obdobím s průměrnou četností výskytu mlh, většina léta je na obou stanicích obdobím s nejnižším výskytem mlh. Je zřejmé, že k největším odchylkám v četnosti vzniku mlh

Tab. 1 Absolutní četnost dní s výskytem mlhy v období 1961–2001 na sledovaných stanicích.

Table 1. Absolute frequency of the fog days at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně (1961–2001).

	Počet dní s mlhou během sledovaného období
Praha-Karlov	1359
Praha-Ruzyně	2278

dochází na přelomu podzimu a zimy, od listopadu do ledna. V nejchladnější části roku jsou často příznivé podmínky pro vznik advekčního typu mlh, které se vyskytují při vyšších rychlostech větru než mlhy radiální. V centrální části města je ovšem rychlost proudění vzduchu v důsledku existence husté zástavby podstatně snížena, a tak je zde výskyt advekčních mlh mnohem sporadičtější než v neurbanizované krajině. Další příčinou nižší četnosti výskytu mlh v centru města je patrně snižující se počet dní se sněhovou pokrývkou ve středu města (důsledek vyšší teploty vzduchu – viz obr. 3). V zimním období vznikají mlhy často ochlazením přízemní vrstvy atmosféry od chladnějšího povrchu, např. od sněhové pokrývky.

Na stanici Karlov nastává hlavní sezona výskytu mlh 28. září a s menším přerušením na počátku října pokračuje až do 1. listopadu. Maximální hodnota relativní četnosti výskytu mlhy v daný den dosahuje 43,9 %, a to 12. října. V některých výjimečných případech v lednu, září a listopadu přesahuje pravděpodobnost výskytu mlh v několika dnech také 18 %, ovšem jedná se zpravidla pouze o jeden až dva dny, což samozřejmě není možné považovat za sezonu. Období s velmi málo pravděpodobným výskytem mlh (méně než 4,5 %) začíná na Karlově 12. dubna a s drobnými výjimkami pokračuje až do 28. srpna.

Na stanici Praha-Ruzyně lze vysledovat dvě hlavní sezony výskytu mlh a dvě vedlejší sezony, kdy je stanovené kritérium splněno ca v 50 % dní. První hlavní sezona začíná 5. ledna a končí 26. ledna. Druhá hlavní sezona nastává 6. října a je ukončena 4. prosince. Vedlejší sezony probíhají od 9. do 29. února a od 20. do 31. prosince. Maximální hodnota relativní četnosti výskytu mlh pro daný den je překvapivě nižší než na Karlově – činí 39,0 % a byla vypočtena pro 17. říjen a 1. prosinec. Období se sporadickým výskytem mlh není tak výrazné ani tak dlouhé jako na Karlově. Hlavní období minimálního výskytu mlh nastává 4. května a s menšími výjimkami trvá do 4. srpna.

Kritéria pro určení hlavních sezon výskytu mlh a období s výrazně podprůměrným výskytem mlh byla stanovena subjektivně. Proto je třeba i uvést, jak délka těchto období závisí na velikosti prahové hodnoty; především je tím myšleno období maximálního výskytu mlh.

Tab. 2 Základní statistické parametry souboru teplotních dat a dat relativní vlhkosti vzduchu pro stanice Praha-Karlov a Praha-Ruzyně.

Table 2. Main statistical parameters of the air temperature and relative humidity distribution at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně.

Statistické ukazatele souboru teplotních a vlhkostních dat (průměrná denní teplota vzduchu a relativní vlhkost vzduchu)								
		Aritmetický průměr	Medián	1. kvartil	3. kvartil	Rozptyl souboru	Maximum	Minimum
Praha-Karlov	T	9,6°C	10,0°C	3,3°C	16,1°C	66,0°C	30,0°C	-18,7°C
	r	71,2 %	72,0 %	61,7 %	81,0 %	165,0 %	100,0 %	30,7 %
Praha-Ruzyně	T	8,1°C	8,4°C	1,8°C	14,5°C	66,1°C	28,2°C	-22,6°C
	r	77,3 %	78,7 %	69,3 %	86,7 %	148,5 %	100,0 %	28,7 %

Tab. 3 Počet dní, které splňují kritéria pro hlavní sezona výskytu mlh a pro sezonu s výrazně podprůměrným výskytem mlh na stanicích Praha-Karlov a Praha-Ruzyně.

Table 3. The numbers of days, that meet the criteria of being qualified as the main season of fog occurrence and the season with markedly sub-normal fog occurrence at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně.

Praha-Karlov	Počet dní s výrazně nadprůměrným výskytem mlh (relativní četnost výskytu mlh >18 %)	44
	Počet dní s výrazně podprůměrným výskytem mlh (relativní četnost výskytu mlh < 4,5 %)	120
Praha-Ruzyně	Počet dní s výrazně nadprůměrným výskytem mlh (relativní četnost výskytu mlh 25 %)	77
	Počet dní s výrazně podprůměrným výskytem mlh (relativní četnost výskytu mlh 7,5 %)	126

Tab. 4 Závislost počtů dní, které splňují kritérium pro stanovení hlavní sezony výskytu mlh, na velikosti prahu na stanicích Praha-Karlov a Praha-Ruzyně.

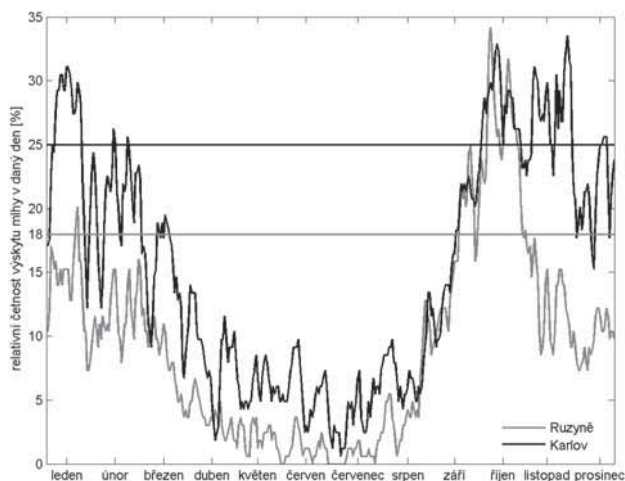
Table 4. Number of days that can be qualified as the main season of fog occurrence in dependence on the threshold size at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně.

Praha-Karlov		Praha-Ruzyně	
Velikost prahu pro stanovení sezony maximálního výskytu mlh	Počet dní, ve kterých je splněno dané kritérium	Velikost prahu pro stanovení sezony maximálního výskytu mlh	Počet dní, které splňují dané kritérium
15 %	70	18 %	136
18 %	44	25 %	77
20 %	35	30 %	28
25 %	19		

Pokud by bylo pro stanici Praha-Karlov kritérium vymezující hlavní sezona výskytu mlh sníženo na 15 % (viz tab. 4), pak by bylo splněno v 70 dnech v roce. Hlavní sezona by pak začínala již 21. září a končila 10. listopadu. Toto kritérium je splněno i během několika dní na počátku ledna, ty ale netvoří souvislé období, a tudíž je za hlavní sezona výskytu mlh není možné považovat.

Zvýšíme-li pro stanici Praha-Karlov práh na 20 %, počet dní, ve kterých je splněno toto kritérium, se sníží na 35 v roce (viz tab. 4). Sezona maximálního výskytu mlh by začínala 28. září a s menším přerušením na počátku října by pokračovala až do 31. října. Oproti stanovenému prahu 18 % by se hlavní období výskytu mlh zkrátilo pouze o den a kritérium by nebylo splněno v několika dalších dnech v lednu, září a listopadu.

Pokud by byl práh zvýšen na 25 % (zvolená hodnota na Ruzyni), kritérium pro hlavní sezona výskytu mlh by bylo splněno pouze v 19 dnech v roce (viz tab. 4), převážně v říjnu. Přesné stanovení hlavní sezony výskytu mlh by bylo obtížné, protože celistvé období, ve kterém je splněno dané kritérium, nastává pouze od 10. do 15. října a od 18. do 24. října.



Obr. 7 Relativní četnosti počtu dní s mlhou pro každý den v roce na Karlově a Ruzyni za období 1961–2001 (4denní klouzavé průměry).

Fig. 7. The relative frequency of days with fog occurrence at the observatories Karlov and Ruzyně in the time period 1961–2001 (4-day running average).

V ostatních případech je vždy přerušeno krátkým obdobím s nižší hodnotou pravděpodobnosti výskytu mlh.

Pokud by byl práh pro Ruzyni snížen na 18 % (zvolená hodnota na Karlově), bylo by kritérium pro hlavní sezonu výskytu mlh na této stanici splněno ve 136 dnech v roce (viz tab. 4). Sezona s maximálním výskytem mlh by pak začínala 21. září a s menším přerušením na počátku ledna a v polovině února by pokračovala až do 29. února.

Pokud by bylo naopak kritérium zvýšeno až na dvojnásobek průměrné hodnoty, tj. na 30 %, bylo by splněno pouze ve 28 dnech v roce (viz tab. 4). Sezonu maximálního výskytu mlh na této stanici by pak vůbec nebylo možné určit, jelikož dny, ve kterých je toto kritérium splněno, netvoří žádné celistvé období a jsou rozptýleny do období přesahujícího 4 měsíce (říjen až leden).

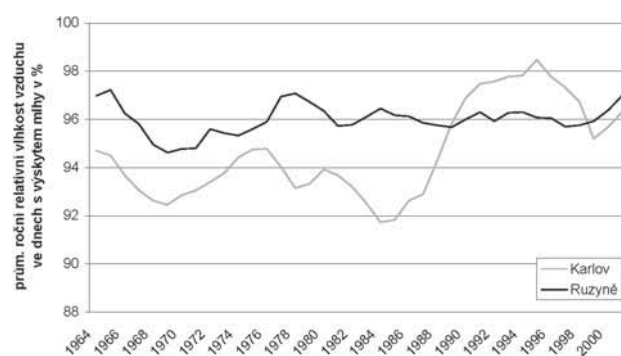
7. VZTAH MEZI VLHKOSTÍ VZDUCHU A VZNIKEM MLH V PRAZE

Ponevadž mlhy se mohou vytvářet, díky přítomnosti atmosférických aerosolů antropogenního původu v ovzduší, i v podmínkách, kdy relativní vlhkost vzduchu nedosahuje 100 %, mělo by platit, že s rostoucí úrovní znečištění ovzduší klesá hodnota relativní vlhkosti vzduchu potřebná pro vznik mlhy.

Pro zpracování tohoto příspěvku byla k dispozici pouze data relativní vlhkosti vzduchu v klimatologických pozorovacích termínech (v 7, 14 a 21 hodin) a rovněž binární údaje, charakterizující výskyt mlh v jednotlivých dnech. Jako údaj nejvíce se přibližující skutečným podmínkám byla vybrána vždy nejvyšší hodnota relativní vlhkosti vzduchu pro každý den s mlhou (v klimatologických pozorovacích termínech v 7, 14 a 21 hodin). Z tohoto souboru pak byl vytvořen roční průměr.

Obě křivky v grafu na obr. 8 byly pro větší přehlednost shlazené 4letým klouzavým průměrem. Z obr. 8 je zřejmé, že na počátku sledovaného období došlo k mírnému poklesu průměrných ročních relativních vlhkostí vzduchu ve dnech s výskytem mlhy. Minima dosahuje křivka přibližně v polovině 80. let (v těchto letech se mlhy často vyskytovaly i při relativních vlhkostech vzduchu 80–85 %). Poté začaly průměrné roční relativní vlhkosti vzduchu ve dnech s výskytem

mlhy poměrně výrazně růst, přičemž hlavní fáze růstu nastala na počátku 90. let (dále už křivka spíše stagnuje). Prvotní pokles průměrné relativní vlhkosti vzduchu ve dnech s mlhou na Karlově je patrně důsledkem zhoršování úrovně znečištění ovzduší ve vnitřní Praze v 60. až 80. letech 20. stol. Základními škodlivinami v pražském ovzduší byly, podobně jako v jiných velkoměstech, oxid siřičitý (SO_2) a oxidy dusíku (NO_x) [1], které mohou, po sloučení s dalšími látkami (nejčastěji amoniak), plnit funkci velkých kondenzačních jader a mlhy mohou vznikat i při nižších relativních vlhkostech vzduchu než 100 %. Nejvyšší koncentrace těchto látek byly v Praze zaznamenávány v 80. letech, kdy také křivka vývoje průměrných ročních relativních vlhkostí vzduchu ve dnech s výskytem mlhy dosahuje minimálních hodnot. Na počátku 90. let byly postupně zaváděny ekologicky šetrnější provozy a úroveň znečištění ovzduší se znatelně vylepšovala. Výrazně se snížily především koncentrace oxidu siřičitého (SO_2). Proto se také zvýšila průměrná relativní vlhkost vzduchu ve dnech s výskytem mlhy.



Obr. 8 Vývoj průměrné roční relativní vlhkosti vzduchu ve dnech s výskytem mlhy na Karlově a na Ruzyni v období 1961–2001 (4leté klouzavé průměry).

Fig. 8. The time evolution of the mean annual relative humidity in the fog days at the observatories Praha-Karlov and Praha-Ruzyně in the time period 1961–2001 (4-year running average).

8. ZÁVĚR

Z analýzy dat z let 1961–2001 vyplývá, že trendy vývoje výskytu mlh v centru města (na stanici Praha-Karlov) a na jeho okraji (stanice Praha-Ruzyně) jsou podstatně odlišné. Zatímco na periferní stanici došlo během sledovaného období jen k mírnému poklesu výskytu mlh, ve vnitřní Praze se četnost výskytu mlh poměrně rapidně snižovala. Tento pokles je způsoben několika faktory, především ale nižší vlhkostí vzduchu a vyšší teplotou vzduchu v centru města.

Je pravděpodobné, že v budoucnu se již nebude nikterak markantně zvyšovat rozdíl v četnosti výskytu mlh mezi Prahou a jejím neurbanizovaným okolím. Četnost výskytu mlh již ve vnitřní Praze, oproti hodnotám v posledním desetiletí sledovaného období, patrně nikterak výrazně nepoklesne (četnosti výskytu mlh jsou již velmi nízké). Naopak na Ruzyni je pokles ve vývoji výskytu mlh v budoucnu možný. Městská zástavba se bude patrně dále rozrůstat do venkovského okolí, v důsledku čehož se zde podmínky pro výskyt mlh budou nadále zhoršovat (podobně jako v centru města).

Poděkování

RNDr. Daniele Řezáčové, CSc. za cenné rady a připomínky při zpracování tohoto příspěvku. Českému hydrometeorologickému ústavu za poskytnutí dat.

Tento příspěvek vznikl za podpory Grantové agentury ČR v rámci projektu 205/03/0162 a VZ MSM 0021620831.

Literatura

- [1] ČERVENÝ, J. a kol., 1984: Podnebí a vodní režim ČSSR. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 414 s.
- [2] FEZER, F., 1995: Das Klima der Städte. 1. vydání. Rotha: Justus Perthes. 199 s.
- [3] CHALOUPECKÝ, P., 2004: Režim přizemních mlh v Praze v období 1961-2001. [Diplomová práce.] Praha: PŘF UK.
- [4] CHALOUPECKÝ, P., 2002: Vývoj horizontální dohlednosti na území Prahy. [Ročníková práce.] Praha: PŘF UK.
- [5] Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1993. Praha: Academia. 594 s.
- [6] KUCHARÍKOVÁ, D. – PROŠEK, P., 1983: Vliv konvexního a konkávního reliéfu na tvorbu a vývoj radiačních inverzí teploty. *Meteorologické Zprávy*, roč. 36, č. 3, s. 84–92.
- [7] LIBOŠKOVÁ, R., 2002: Klimatický režim mlhy na Ostravsku. [Diplomová práce.] Praha: PŘF UK.
- [8] MALBERG, H., 1994: Meteorologie und Klimatologie. Berlin: Springer. 332 s.

Lektoři RNDr. I. Hůnová, CSc. a RNDr. L. Němec, rukopis odevzdán v březnu 2005.

ZEMĚ

Sestavil kolektiv autorů pod redakcí Jamese F. Luhra. Praha: Euromedia Group a. s. - Knižní klub 2004. 520 stran. ISBN 80-242-1225-0.

Rozsáhlá encyklopedická publikace se věnuje Zemi jako celku. Ve svých oddílech popisuje Zemi jako planetu, dějiny jejího vývoje, postavení ve vesmíru, anatomii (stavbu), příčiny změn na její povrchu, pevninu (tvorbu hor a sopek, řeky, jezera, ledovce a ostatní typy krajiny), oceány (včetně jejich pobřeží) a konečně pak zemskou tektoniku; v naší recenzi se budeme zabývat oddílem Atmosféra, obsahujícím kapitoly o podnebí a počasí.

Kniha staví na obrovském množství vyobrazení, velmi dokonalých (grafické provedení knihy si zaslouží zvláštní pochvalu). Ve všech kapitolách je zachován stejný přístup; nejprve úvodní schéma (všeobecný úvod, odkazující na příbuzné kapitoly), pak výklad hlavních pojmů a konečně tematické panely, věnující se podrobnějšímu popisu a základním trendům. To usnadňuje práci s knihou, ve které bychom se vzhledem k enormnímu množství popisovaných témat obtížně orientovali.

Oddíl Atmosféra je dělen na dvě části. V první kapitole o podnebí se začíná popisem jednotlivých vrstev atmosféry, kam by snad bylo možné zařadit kromě uvedených i exosféru. Zdá se, že při popisu sněžné čáry došlo k chybě, místo nižší má být správně nejvyšší. U přízemního ozonu by bylo vhodné zmínit též smog, jehož je přízemní ozon podstatnou částí. Z grafu koncentrací CFC není příliš jasné, že ty jsou nejvyšší na severní polokouli.

U kapitoly Cirkulace atmosféry je zbytečný další obrázek, popisující účinky Coriolisovy síly. Připustíme, že pojem Ferrelovy buňky není v české literatuře frekventovaně používán, i když jej autor definoval již v roce 1857. Popis atmosférické cirkulace není přesný; vzduch v Hadleyově buňce klesá zhruba kolem 30°. Proto vzduch z polární buňky nemůže vanout až k rovníku, nýbrž pouze k Ferrelově buňce, tj. k 60 až 70°. To je správně popsáno v odstavci Převládající větry.

U obrázku „Krutá zima v Kanadě“ (část Změny a oscilace) by snad mělo být uvedeno, že takový jev nastává při klad-

né oscilaci NAO. U části El-Niño by se mělo hovořit o cyklech (nikoliv o tom, že během ENSO se rozdíl mezi tlaky sníží).

Část Podnebné oblasti je velmi zdařilá, nejen co do popisu, ale rovněž co do uvedených příkladů. Pouze v úvodu by bylo vhodnější oddělit konstatování o Aristotelově dělení klimatu od následujícího textu, protože ten svádí k domněnce, že vymezení podle obratníků je jeho dílem.

U kapitoly Počasí v části Vzduchové hmoty bych chtěl jen připomenout, že během léta není arktická a kontinentální polární vzduchová hmota identická. U obrázku Bouřková fronta, pokud by studená fronta „převálcovala“ teplou“ (citát), by zřejmě šlo o studenou okluzi, resp. o studenou frontu druhého typu. Pro lepší pochopení se zde některé pasáže z předchozí části opakují.

V odstavci Monzunové systémy by si zasloužilo uvést, že střed oblasti vysokého tlaku je zhruba nad Bajkalským jezerem (totéž platí pro letní nízký tlak). V části Srážky a oblaka se používá pojem teplota rosného bodu (lépe rosný bod) a ta je závislá nikoliv na teplotě vzduchu, ale na vlhkosti v něm obsažené. U obrázku Vznik dešťových oblaků by se nemělo hovořit o výšce rosného bodu (takový rozměr rosný bod nemá).

V odstavci Námraza a jinovatka je jíní mylně zařazeno mezi námrazkové jevy. Dále pak je nejasně vysvětlen pojem zmrzlá rosa, který je spojen s ledovkou. O zrnité námraze, která vzniká především zmrzutím podchlazené vody, zde není ani zmínka.

Celá pasáž o druzích oblaků je velmi zdařilá, snad s poznámkou, že undulatus nepatří do rozlišení tvarů, ale odrůd. Stratus může v zimě obsahovat ledové krystalky. Snad by bylo vhodné zmínit, že cumulus a cumulonimbus prorůstají všemi patry. Z obrázku Druhy oblaků vypadl cumulus.

V kapitole Vítr, obrázek Katabatický vítr připomeňme, že mlha není důvodem jeho vzniku, spíše následkem stékání studeného vzduchu podél svahů dolů. Místo rarášek by bylo vhodnější užít pojem prachový (písečný) vír.

Závěrem, i přes uvedené poznámky, bych chtěl konstatovat, že celý oddíl Atmosféra (stejně jako ostatní části knihy) si zaslouží, aby byla čtenáři, dychtícími po bližším seznámení s danou problematikou, pečlivě prostudována.

Lubomír Coufal

TÉMA: ASIMILACE DAT

Slovo úvodem

Jak známo, předpověď počasí je vlastně problém zadání počátečních podmínek. Závísí totiž v první řadě na co nejlepší znalosti aktuálního stavu atmosféry. Tak se dostáváme k pojmu analýza, který používáme v meteorologii každý den. Analýzu můžeme definovat jako pravidelnou prostorovou reprezentaci závislých meteorologických veličin v daném čase. V praxi se analýza používá hned trojmo: i) za účelem diagnostiky současného počasí; ii) pro předpověď počasí; iii) pro následnou verifikaci předchozích předpovědí. Abychom mohli „udělat analýzu“, potřebujeme vlastně také tři věci: především síť pozorování, dále diagnostickou metodu, která mimo jiné zahrnuje vnitřní vazby mezi jednotlivými proměnnými, a v neposlední řadě prognostickou složku, která nám poskytne předběžný odhad na základě minulých pozorování.

Z historie víme, že první meteorologické přístroje a více méně pravidelná pozorování se objevila v polovině 18. století, a že první subjektivní analýze, vlastně synoptické mapě, to trvalo ještě celé jedno století, než spatřila světlo světa. Od dob pana Le Verrier, otce první organizované pozorovací sítě a synoptické mapy, se rozvinuly metody objektivní analýzy a hlavně se podstatně změnila technologie pořizování dat.

V objektivní analýze, jejíž historii započal Richardsonův pokus v roce 1922, jsme se přes komplikované grafické metody, polynomiální přiblížení a metodu postupných korekcí nakonec dostali k použití teorie optimálního odhadu v meteorologii. První vlaštkou byla v tomto směru Gandinova metoda optimální interpolace z 60. let dvacátého století, která se v rozvinutějších podobách používá ještě dnes. Teorie optimálního odhadu, s podmínkou platnosti určitých předpokladů, vede k řešení rovnice pro tzv. BLUE (Best Linear Unbiased Estimate) odhad. Takže jednoduše řečeno, zhruba od 60. let minulého století je problém analýzy popsán jednou „BLUE“ rovnicí.

Rovnice BLUE odhadu má dva hlavní členy. První popisuje vzdálenost optimálního odhadu od pozorování, druhý zase vzdálenost od tzv. předběžného odhadu, kterým je zpravidla krátká předpověď modelu z předchozí analýzy, který k řešení nové analýzy používáme. Jde vlastně o využití minulých pozorování, ovšem navíc zatížených chybou modelové předpovědi, byť krátké. Tato informace je však stále cenná pro přeurčení úlohy, vedoucí k přesnějšímu koncovému odhadu. Díky používání předběžného odhadu s pomocí předpovědního modelu se dostáváme k pojmu asimilace dat do modelu, který dnes používáme v numerické předpovědi počasí daleko častěji než pojem analýza, a také k pojmu asimilačního cyklu. Celý další velký díl výzkumu a vývoje v disciplíně asimilace dat je o tom, jak nejlépe rovnici BLUE odhadu řešit, zvláště s ohledem na to, že vektor řešení (vítr, tlak, teplota, vlhkost ve všech uzlových bodech modelové mřížky) bývá řádu asi 10^6 až 10^7 .

S takovou obrovskou dimenzí úlohy si v praxi nejlépe poradily variační metody, které se prosadily v polovině 80. let minulého století. Variační počet dovoluje totiž elegantní a kompaktní formulaci řešení BLUE odhadu: je to minimum funkcionálu, který je ve tvaru kvadratické formy a který měří již výše zmíněnou vzdálenost od pozorování a předběžného odhadu. Pro praktické řešení variační úlohy je důležitá meto-

da sdružených (adjungovaných) operátorů, kterou zavedli Le Dimet & Talagrand (1986). Při hledání minima funkcionálu je totiž potřeba vypočítat jeho gradient podle kontrolního vektoru (klasicky je kontrolním vektorem vítr, teplota, tlak, vlhkost ve všech uzlových bodech), který má již výše zmíněnou délku třeba 10^7 . Zatímco první člen gradientu vůči předběžnému odhadu se vlastně vypočítává v uzlových bodech mřížky a technicky nepředstavuje velký problém, druhý člen gradientu vůči pozorování už je oříškem. Klasicky by se musel každý jednotlivý příspěvek k celkovému gradientu zvlášť vypočítávat pro každý prvek vektoru vůči každému pozorování, a to by bylo nesmírně náročné. Tento problém řeší velmi elegantně právě metoda sdruženého zobrazení, která vyčíslení gradientu vzdálenosti vůči pozorování ošetřuje jednoduchým a výpočetně levným způsobem.

Jak pracuje metoda sdružených zobrazení, můžeme vysvětlit na následujícím příkladě. Datový operátor, který počítá z modelových proměnných (tlak, teplota, vlhkost) takovou radiometrickou informaci, kterou pozoruje senzor na družici, zobrazuje vlastně informaci z prostoru kontrolní proměnné modelu do prostoru pozorování. Zde se vypočte rozdíl modelového odhadu proti pozorované radiometrické hodnotě a s ním spojený příspěvek ke gradientu funkcionálu, jehož minimum hledáme. Sdružený datový operátor pak zobrazí tento gradient zpět do prostoru kontrolní proměnné, jinými slovy promítne jej na gradient v teplotě, vlhkosti, tlaku a tak dále. Použití datových operátorů a k nim sdružených zobrazení umožnilo spolu s variační formulací obrovský rozkvět asimilace nekonvenčních dat. V případě konvenčních dat, jako je třeba teplota měřená radiosondou, se datový operátor redukuje pouze na prostorovou interpolaci z uzlových bodů modelu do bodu měření. K této interpolaci také existuje sdružené zobrazení, které promítne gradient funkcionálu v teplotě z bodu měření zpět do uzlových bodů modelové mřížky.

Metoda sdruženého zobrazení se dá rozšířit i na samotný model. Tam je ale potřeba v první fázi odvodit tangentský lineární (TL) model, který je založen na principu lineárních perturbací. Za základ pro linearizaci slouží řešení (trajektorie) úplného nelineárního modelu. Pomocí TL modelu, který je vlastně lineárním zobrazením, můžeme popsat evoluci perturbací proměnných podél modelové trajektorie. Celkové řešení, které je součtem základní trajektorie a perturbací, porovnáváme s pozorováními v příslušných časových okamžicích. Zároveň vypočítáváme příspěvek ke gradientu funkcionálu, daný vzdáleností řešení k pozorováním. Následně sdružený (adjungovaný; značený také zkratkou AD) model, který je definován jako sdružené zobrazení k modelu TL, slouží ke zpětné projekci gradientu funkcionálu na počáteční stav. Tak se dostáváme k možnosti rozšířit analýzu podél časové osy a k metodě nazývané čtyřdimenzionální variační asimilace dat, ve zkratce 4DVAR. Časový interval, podél kterého porovnáváme pozorování s modelovým řešením a hledáme optimální odhad, nazýváme asimilačním oknem.

Variační formulace má další výhody, neboť je aditivní. Kvadratická forma může být rozšířena o další členy, například o měření vzdálenosti k řešením zbavených vysokofrekvenčního šumu. V jedné variační úloze je tak ošetřena i tzv. inicializace dat, odstraňující nevyvážené části analyzovaných přírůstků hmoty a větru. Na druhou stranu je variační úloha vysoce početně náročná, a proto je aplikována relativně pozdě

vzhledem k znalosti teorie optimálního odhadu a potřebných nástrojů lineární algebry. I když byly vyvinuty velice účinné a rychle konvergující algoritmy pro nalezení minima funkcionálu, například metodou konjugovaného gradientu, je stále potřeba výkonného počítače s dostatkem centrální paměti. I tak praktická aplikace, maximálně využívající tzv. metodu přírůstků, je záležitostí důmyslného zvládnutí všech možných detailů.

Jak jsme se již zmínili, rozvoj zaznamenaly nejen metody analýzy, ale i technologie pořizování dat. Kromě klasických konvenčních měření máme k dispozici relativně obrovské množství radiometrických dat z družic. Přesto, že v asimilaci dat do modelů je využita relativně malá část, pomohla tato data poměrně významně k zlepšení prediktability atmosféry, zvláště na jižní polokouli. Stále častější jsou pokusy o asimilaci dat z radarů do modelů mezo- a konvekčního měřítka. Objem tzv. nekonvenčních dat, která by se dala asimilovat do předpovědních modelů, zcela určitě dále poroste.

O tom, kde se nacházíme dnes, jaký je dnešní stav disciplíny asimilace dat, a to nejenom v meteorologii, bylo sympozium, nedávno uspořádané v Praze.

ČTVRTÉ WMO MEZINÁRODNÍ SYMPOZIUM O ASIMILACI POZOROVÁNÍ V METEOROLOGII A OCEÁNOGRAFII, PRAHA 18.–22. DUBEN 2005

Již v pořadí čtvrté sympozium o asimilaci pozorování se konalo pod hlavičkou Světové meteorologické organizace v Praze v týdnu od 18. do 22. dubna. Navázalo tak na předchozí sympozia, jejichž historie začala v Clermont Ferrand (1990). Dá se říci, že impulzem pro vznik specializovaného sympozia byl právě vzestup variačních metod v období 1985 až 1990. Další dvě sympozia se pak pořádala v Tokyu (1995) a v Québecu (1999). Právě během třetího sympozia v kanadském Québecu byla předsedou programové komise předběžně navržena Praha pro pořádání dalšího setkání.

Oficiální potvrzení ze sekretariátu WMO přišlo však až na konci října 2003, kdy byla jmenována mezinárodní organizační komise sympozia v čele s Alexandrem Frolovem (Roshydromet, Rusko). V této komisi byli dále čtyři spolupředsedové programové komise: Steve Cohn (NASA,

USA), Andrew Lorenc (Met Office, Velká Británie), Neville Smith (BMRC, Austrálie), Chris Snyder (NCAR, USA); dále předsedkyně lokální organizační komise Radmila Brožková (ČHMÚ) a zástupci WMO: Elena Manaenkova (ředitelka programu AREP) a Philippe Courtier (předseda pilotní komise programu WWRP). Šlo o poměrně nezvyklý formát, hlavně co se týče čtyř spolupředsedů programové komise. Nicméně rozšířený centrální tým, fungující tak v pěti členech a vydatně podpořený Michalem Žákem (ČHMÚ, člen lokální organizační komise), se v praxi velmi dobře osvědčil.

Protože šlo o poměrně významné setkání s očekávanou účastí okolo 200 odborníků z celého světa, do organizace se zapojil nejenom Český hydrometeorologický ústav, ale také Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy a Ústav fyziky atmosféry Akademie věd České republiky. Nad sympoziem pak převzaly záštitu významné vědecké a politické osobnosti: prof. RNDr. Ivan Wilhelm, CSc., rektor Univerzity Karlovy; prof. RNDr. Helena Illnerová, DrSc., předchozí předsedkyně Akademie věd ČR a následně její nástupce prof. RNDr. Václav Pačes, DrSc.; prof. RNDr. Ivan Netuka, DrSc., děkan Matematicko-fyzikální fakulty UK; RNDr. Libor Ambrozek, ministr vlády ČR pro životní prostředí a ing. Ivan Obrusník, DrSc., ředitel ČHMÚ.

Jako místo konání bylo vybráno konferenční centrum Univerzity Karlovy v Karolinu, vybavené vynikajícím přednáškovým sálem a dalšími nezbytnými prostory. K hladkému průběhu sympozia přispěl profesionálně zdatný personál konferenčního centra a organizačního oddělení Univerzity Karlovy. Prostředí velké auly Karolina pak dodalo zahájení sympozia opravdu slavnostní a důstojnou atmosféru.

Se zajištěním lokální logistiky pomáhala organizátorům agentura Carolina. Jelikož bývá tradicí, že konference WMO jsou prosty registračního poplatku v zájmu co nejširší účasti vědců z rozvojových zemí, měli i v případě tohoto sympozia organizátoři dosti starostí s jeho finančním zabezpečením. To se nakonec podařilo zajistit díky příspěvkům od sponzorů, kterými byly:

- NEC, High Performance Computing Europe, GmbH, Düsseldorf, Německo
- Global Ocean Data Assimilation Experiment



Zahájení čtvrtého mezinárodního sympozia v aule Karolina. Zleva: R. Brožková (ČHMÚ), E. Manaenkova (WMO), V. Pačes (prezident AV ČR), I. Obrusník (ředitel ČHMÚ), Ph. Courtier (WWRP), T. Novotný (MŽP), A. Frolov (Roshydromet, Rusko). Foto O. Šuvarinová.

- EUMETSAT, Darmstadt, Německo
- CNRM/Météo-France, Francie
- NASA, USA
- NCAR, Mesoscale and Microscale Meteorology, USA
- Cray, Inc., USA
- Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Itálie
- Centre National d'Etudes Spatiales, Francie
- Vaisala, Finsko
- World Climate Research Program
- THORPEX: A World Weather Research Program

O účast na sympoziu byl skutečně obrovský zájem, který překonal veškerá očekávání; zaregistrovalo se celkem 256 účastníků z 28 zemí světa s 259 příspěvky (orálními a posterly). Ve srovnání s minulými sympozii tato čísla svědčí o tom, že obor asimilace dat prožívá velký rozvoj. Kromě velkých předpovědních center typu ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) začínají i menší týmy v různých zemích světa používat moderní metody asimilace dat. Zde je vhodné ještě dodat, že předběžně bylo přihlášeno dokonce 305 příspěvků (a 350 účastníků) a redukce na konečných 259 příspěvků představovala nesnadnou úlohu pro programovou komisi. Tato komise měla celkem 11 členů; každý příspěvek byl vyhodnocen alespoň třemi členy nezávisle na sobě pro získání finální „známky“. Snahou samozřejmě bylo akceptovat co nejvíce příspěvků; organizátoři zavedli i možnost zapsat se na čekací seznam pro případ, kdy se někdo jiný ze sympozia odhlásí. Dá se říci, že nakonec byly vyloučeny jenom ty příspěvky, které svým tématem skutečně neměly nic společného s asimilací dat.

Tradiční formát sympozia o asimilaci dat je ten, že všechny přednášky probíhají v jednom plénu, nikoliv paralelně. Je to právě proto, že metodika asimilace dat byla nejvíce vypracována v meteorologii, odkud se poznatky přenášely do jiných příbuzných oborů, jako je právě oceánografie a teď v poslední době modelování chemických procesů v atmosféře. Asimilace dat tudíž těmito obory prolíná a účelem sympozia je setkání vědců a výměna zkušeností a metod z těchto jednotlivých disciplín; proto tedy není zvykem rozdělovat přednášky do paralelně probíhajících sekcí. Ovšem vzhledem k tomu, jak obrovský byl zájem o účast na pražském sympoziu, bude možná nutné opustit tradici a paralelní přednáškové bloky zavést. Fokus sympozia se tak asi do budoucna změní.

Podmínka jediného přednáškového pléna v praxi znamená, že během jednoho týdne lze vyslechnout pouze relativně malé množství přednášek, které ovšem musí být pečlivě vybrány, aby co nejlépe reprezentovaly danou sekci. V případě pražského sympozia bylo vytvořeno celkem deset tematických bloků (aspekty prostředí, tj. hlavně chemické transportní modely apod.; ansámblové metody; asimilace dat v modelech oceánů a moří; problematika délky tzv. asimilačního okna; numerická předpověď počasí; satelitní pozorování, asimilace v modelech atmosféry mezo- a konvekčního měřítka; metodika a statistika; reanalýza; diagnostika pozorování), uvedených třinácti pozvanými přednáškami. Tyto klíčové přehledové přednášky byly doplněny dalšími kratšími přednáškami, kterých bylo celkem čtyřicet čtyři. Značná část příspěvků, a to v počtu asi dvou set, byla tak prezentována formou posterů. Vzhledem k jejich značnému množství bylo nutné uzpůsobit program tak, aby účastníci měli dost času si posterly prohlédnout.

Sympozium tak mělo skutečně světově špičkovou úroveň přednášek a splnilo jeden ze svých hlavních cílů: podat souhrnnou, přehlednou informaci o posledních pokrocích v asimilaci dat do modelů atmosféry a oceánů. Co se tedy dá

říci o důležitých trendech za uplynulé období od předchozího sympozia v kanadském Québecu? Dá se říci, že ke značnému pokroku došlo ve všech aplikacích asimilace dat. Například v roce 1999 to bylo jenom Evropské centrum pro střednědobou předpověď počasí (ECMWF), které v provozní praxi mělo již od roku 1997 implementovanou čtyřdimenzionální variační asimilaci dat (4DVAR), zatímco letos je 4DVAR operativně používáno v dalších globálních předpovědních modelech Météo-France (2000), UK Met-Office (2004), v Japonsku (2005) a Kanadě (2005).

Motivace přechodu na čtyřdimenzionální asimilaci dat je zřejmá. Jednak dovoluje postihnout v BLUE algoritmu dynamický vývoj struktury chyb modelového odhadu stavu atmosféry, jednak umožňuje lépe využít pozorování z tzv. asynoptických termínů, tedy ta která jsou k dispozici ve vysokém časovém rozlišení. Typicky jde hlavně o nekonvenční satelitní data, dále také o bulletinové z dopravních letadel, v blízké budoucnosti o data z meteorologických radarů. Jak jsme se již zmínili v úvodu, řešení BLUE odhadu v prostoru i čase v dostatečném rozlišení je početně nesmírně náročné a bez velmi výkonných počítačů nemyslitelné. V současné době je délka asimilačního okna typicky 6 hodin pro globální modely; pro účely střednědobé globální předpovědi je asimilační okno modelu ECMWF dlouhé až 12 hodin. Navíc se variační úloha řeší pro nižší rozlišení, než ve kterém se počítá produkční předpověď. Jednak je to určité proto, aby se ušetřil výpočetní čas, jednak ze zkušenosti se stejně ví, že spektrum kratších vln se v modelu rychle přizpůsobí delším planetárním vlnám a vlnám synoptického měřítka, a tak by se analyzovaná informace obsažená v krátkých vlnách stejně ztratila v případě, kdy by nebyla plně v konzistenci s vnitřní dynamikou a fyzikou modelu.

Jinou alternativou, jak řešit úlohu čtyřdimenzionální asimilace dat, je metoda Kalmánova filtru. Ta totiž umožňuje vzít korektně v úvahu vývoj chyby modelu, zatímco v klasickém algoritmu 4DVAR se na začátku asimilačního okna používá staticky vypočtený model kovariancí chyb předběžného odhadu. Řešení plně úlohy Kalmánova filtru je velmi drahé pro praktickou aplikaci a pokusy o redukci řádu úlohy zatím nevedly k úspěšným výsledkům. Na sympoziu byla ale zmíněna jiná možnost, a sice řešení úlohy Kalmánova filtru variační cestou. Je to oblast výzkumu, která se otevírá, a která možná přinese další zdokonalení asimilačních algoritmů.

Také jsme se již zmínili, že zavedení variačních metod při řešení BLUE odhadu dále umožnilo daleko efektivnější využití nekonvenčních dat. S tím, jak se rozvíjely algoritmy řešení optimálního odhadu spolu se stále lepším využíváním satelitních dat, tak se podařilo zlepšovat prediktabilitu atmosféry v rytmu zhruba jeden den za deset let. Jinými slovy to znamená, že ta samá úspěšnost předpovědi počasí na 5. den v roce 1985 je dnes prodloužena až na 7. předpovědní den! Ohromující je také zlepšení prediktability na jižní polokouli, a to zvláště díky satelitům, kdy se téměř setřel rozdíl vůči severní polokouli. Asimilace dat tedy hraje významnou roli ve zlepšování prediktability atmosféry.

Bylo by ale velmi nespravedlivé přisoudit tuto klíčovou úlohu pouze satelitním datům. Všechna data jsou totiž důležitá a právě na využívání dat ze všech dostupných kvalitních zdrojů stojí síla celého systému. Je také na místě zdůraznit, že satelitní data nemohou a ještě asi hodně dlouho nebudou moci nahradit data pořízená radiosondami. Ta mají totiž stále nejvyšší kvalitu a hlavně slouží k odstranění směrodatné odchylky satelitních dat, což je nutný předpoklad pro jejich

asimilaci. Například je také zajímavé vědět, jaký mají přínos individuální typy dat pro prediktabilitu. Na severní polokouli mají radiosondy zhruba stejný potenciál prediktability jako družicová data ATOVS (Advanced TIROS Operational Vertical Sounder ze série družic TIROS), a to 6 až 24 hodin; je to stále více než data pořízená komerčními dopravními letadly (6 až 12 hodin).

Ke zvyšování prediktability přispívají i dokonalejší modely, jejichž kvalita je také klíčovým vstupem pro celkový úspěch. Kvalita modelu hraje roli jak v samotné produkční předpovědi, tak i v asimilačním cyklu prostřednictvím předběžného pole. Kovariance chyb modelu, stejně jako jeho směrodatná odchylka od skutečného stavu atmosféry je nedílnou součástí řešení BLUE odhadu. Pokroku lze dosáhnout pouze tehdy, zlepšují-li se obě součásti předpovědního systému, kterými jsou model včetně asimilace dat. Zde se samozřejmě přidává ještě další absolutně nutná podmínka: množství a kvalita pozorování atmosféry a oceánů.

Můžeme říci, a to na sympoziu bylo několikrát vysloveno, že dnes prožíváme určitou zlatou éru, co se týče právě satelitních pozorování. Trvalo přitom téměř dvacet let, než se například data z instrumentu TOVS začala skutečně efektivně v modelech využívat, než se vlastně odstranila všechna podstatná úskalí. V dnešní době jsme tedy schopni kapitalizovat na této dlouhodobé investici. Ovšem je určité nebezpečí, že zlatá éra nemusí trvat i nadále. Je to z toho důvodu, že se nové sondy vyvíjejí dnes příliš rychle, aniž by se někdo zabýval otázkou dostatečné časové stability dostupnosti určitého produktu dat. Může tak dojít k tomu, že během relativně krátké doby existence partikulárního typu sondy se asimilační systémy nenaucí daný typ dat optimálně využít, na rozdíl od dnešního příkladu dat TOVS.

Kromě rozvoje globálních systémů asimilace dat prožívá nevídaný vývoj asimilace dat do mezoměřítkových modelů atmosféry. Zde ve srovnání s globálními modely jsou algoritmy řešení poměrně rozdílné. Pokud se vůbec používá čtyřdimenzionální metoda, tak potom s velmi krátkým asimilačním oknem. Je to především proto, že 4DVAR je velice drahý nástroj a je tak v ostrém protikladu k požadavku na co nejrychlejší poskytování krátkodobé mezoměřítkové prognózy. Jsou tu ale i jiné důvody pro to, aby asimilační okno bylo relativně krátké. V modelech mezoměřítku je totiž potřeba co nejvíce využít i během asimilace bohatý popis diabatických ireversibilních procesů, ke kterým se velmi obtížně hledá sdružené zobrazení. Pokud se i povede dané rovnice regularizovat a vhodné sdružené zobrazení najít, stejně většinou dochází k tvorbě nezanedbatelných systematických chyb, které zamezují úspěšné konvergenci variačního algoritmu. S tímto problémem bojují zejména globální modely synoptických měřitek, kde je zapojení diabatických procesů do variačního řešení BLUE odhadu poměrně minimální. Ale právě v mezoměřítkových modelech s velmi krátkým asimilačním oknem systematické chyby nemají čas dosáhnout významnějších hodnot; tím pádem zapojení diabatických procesů do mezoměřítkového 4DVAR může být daleko bohatší než v případě globálních modelů s delším asimilačním oknem.

Také se stále rozvíjejí postupy asimilace velmi lokálních dat, například z meteorologických radarů, která se v globálních modelech nevyužívají. Sympozium dále ukázalo, že se asimilační techniky začínají používat i pro chemické transportní modely, kde se otevírají možnosti dalších aplikací.

Další podrobnosti, týkající se sympoza, lze najít na webovské stránce: www.chmi.cz/meteo/ok/dasympos/index.htm, na

kterou je odkaz i z hlavní stránky ČHMÚ a kde je možné nalézt orální prezentace. ČHMÚ také vydal sborník krátkých abstraktů všech přijatých příspěvků, který je k dispozici v knihovně ústavu. Tento sborník byl účastníky sympoza velice oceněn, a to jak po stránce ediční, tak po stránce estetické a kvality vazby. Vybrané přednášky ze sympoza budou publikovány jako články ve zvláštním vydání Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society.

ZAPOJENÍ ČHMÚ DO ASIMILACE DAT

Jak jsme se právě zmínili, problematika asimilace dat v modelech mezoměřítku je v některých aspektech podstatně rozdílná od případu globálních modelů. Právě na tomto poli se angažuje oddělení numerické předpovědi počasí Českého hydrometeorologického ústavu. Předpovědní model ALADIN, který se provozně počítá v rozlišení 9 km pro území střední Evropy, kombinuje ve své počáteční podmínce 4DVAR analýzu modelu ARPEGE (Météo-France) se svým vlastním předběžným odhadem informace jemného měřítka, které není globálním modelem již postiženo. Specifická verze této metody, které se v odborném žargonu říká blending, byla vyvinuta v Praze v rámci středoevropské spolupráce LACE (Limited Area modelling in Central Europe).

Asimilační cyklus blendingu modelu ALADIN je svázán s asimilačním cyklem ARPEGE, tj. pracuje se 4DVAR analýzami spočtenými v režimu tzv. dlouhého „cut-off“, kdy se čeká déle na pozorování pořizovaná v reálném čase (zejména družice, letadla). Pro implicitní blending spekter analýzy ARPEGE a předběžného odhadu ALADIN se využívá metoda digitálního filtru. Ve vlastní produkční předpovědi, která ale nevstupuje do asimilačního cyklu, se blending provádí s produkční analýzou ARPEGE (spočtenou při kratším cut-off čase pro sběr pozorování) a předběžným odhadem modelu ALADIN z asimilačního cyklu. Aplikace blendingu zlepšuje jak kvalitu počátečních podmínek, tak následné předpovědi oproti metodě prosté dynamické adaptace. V analýzách modelu ALADIN se konzistentně zachovávají struktury mezoměřítku, jakými jsou například mořské a horské brízy, organizované konvekčními pásy a podobně.

Dále se na pražském pracovišti provozuje aplikace nazývaná DiagPack, která je vhodná pro okamžitou předpověď počasí (nowcasting); jde o hodinové objektivní analýzy, využívající husté sítě přízemních pozorování. Tyto analýzy se počítají metodou optimální interpolace. Její statistický model kovariancí chyb modelu je přitom vyladěný tak, aby analýza nebyla optimální kombinací informace z pozorování a předběžného pole, ale aby se co nejvíce přiblížila pozorováním. Jde tedy o analýzy, které slouží výhradně jako diagnostický nástroj aktuálního stavu počasí; nejsou totiž vhodné jako počáteční podmínka pro model. Je to právě kvůli výše zmíněnému přeladění statistického modelu. Analýza je pak sice blíže pozorováním, ale dále od pomalé variety modelu; tím pádem by se nevyvážená část přírůstků analýzy k předběžnému odhadu projevila v následné integraci jako šum a ne jako signál.

Ve výzkumu je tým ČHMÚ zapojen do práce na určení matice kovariancí statistických chyb předpovědního modelu na omezené oblasti tak, aby se mohla vybudovat mezoměřítková asimilační metoda navazující na blending, ale aby se přitom nepoškodilo dlouhovlnné spektrum využívající výsledky 4DVAR analýzy ARPEGE. Pro tento účel byl vypočten statistický model kovariancí chyb modelu ALADIN, který eliminuje vliv bočních okrajových podmínek. Na krok blendingu by tak navázala mezoměřítková analýza typu 3DVAR využívající těchto statistik.

Pro účely mezoměřítkové analýzy je ale vhodné využít pokud možno hustá lokální pozorování, která nebyla již zahrnuta v globální 4DVAR analýze. Proto se v tomto roce, který byl možná optimisticky oddělením numerické předpovědi počasí vyhlášen rokem asimilace dat, začalo pracovat na přípravě asimilace satelitních dat. Konkrétně jde o data ze senzoru SEVIRI (Spinning Enhanced Visible and Infra-Red Imager) družice METEOSAT druhé generace (MSG), která mají výhodu relativně hustého prostorového a časového rozlišení. Výhledově se také počítá s asimilací radarových dat; tady jde ale ještě o výzkumný běh na dlouhou trať, než se bude dařit skutečně optimálně využít informaci obsaženou v těchto pozorováních.

Kromě asimilace dat v mezoměřítku se tým ČHMÚ podílí i na využití metod asimilace 4DVAR pro účely synoptické předpovědi. Jde o techniku, která umožňuje asimilovat do modelu pomocí 4DVAR algoritmu tzv. opravu, kterou může vygenerovat synoptik na základě čerstvých pozorování v případě, kdy se řešení předpovědního modelu začíná od nich odklánět. Jde hlavně o porovnání struktur synoptického měřítka, zejména anomálií potenciální vorticity na horní hranici mezní vrstvy a v hladině tropopauzy. Metodou inverze potenciální vorticity lze potom spočítat „opravené“ pole teploty, větru a tlaku. Tuto metodu lze tedy používat pouze v synoptickém měřítku, nicméně má potenciál zlepšit předpověď významného počasí, typicky bouřlivou cyklogenezi a podobně.

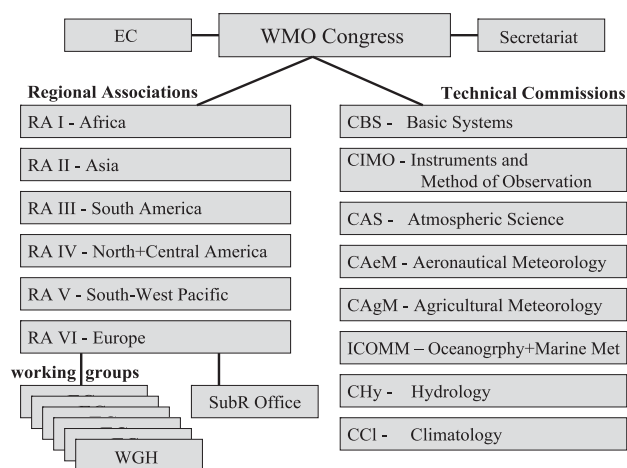
Český hydrometeorologický ústav také navazuje výzkumnou spolupráci v oboru asimilace dat s dalšími národními pracovišti. Jde zejména o Ústav informatiky AV ČR, který se zabývá asimilací dat znečištění atmosféry a jejich potenciálem pro možnost předpovědi kvality ovzduší.

Asimilace dat je disciplína, která ve srovnání s ostatními disciplínami numerické předpovědi počasí má svoje specifické nároky jednak na výpočetní techniku, jednak na předběžné zpracování zejména nekonvenčních dat a sestavení vhodné databáze pozorování. Tyto technické požadavky, zvláště týkající se zpracování dat a vhodného databázového řešení, představují nemalý logistický problém pro menší meteorologické služby. Doufejme proto, že nový ambiciózní databázový systém SDNES, budovaný v ČHMÚ, bude odpovídat příštím provozním požadavkům asimilace dat, podaří-li se v tomto směru udělat pokrok. Jako první asimilační úloha, která se připravuje pro provoz modelu ALADIN v ČHMÚ, je analýza proměnných modelu zemského povrchu (půdní teploty a vlhkost, sníh, atd.) metodou optimální interpolace. Počáteční stav výškových polí bude i nadále ošetřen pomocí spektrálního blendingu. Před plánovaným spuštěním paralelního testu zbývá ještě dorešit některé algoritmické detaily napojení této asimilace na ostatní kroky přípravy počáteční podmínky. Neboť, jak s oblibou říkají specialisté na asimilaci dat, ďábel je schován v maličkostech.

Radmila Brožková

10. ZASEDÁNÍ PRACOVNÍ SKUPINY HYDROLOGIE REGIONÁLNÍ ASOCIACE VI SVĚTOVÉ METEOROLOGICKÉ ORGANIZACE

Český hydrometeorologický ústav nabídl sekretariátu Světové meteorologické organizace (SMO) uspořádání 10. zasedání pracovní skupiny Hydrologie Regionální asociace VI –



Organizační uspořádání SMO.

Evropa. Tato nabídka navázala na dřívější i současné aktivity ČHMÚ v SMO, které jsou poměrně intenzivní a přispívají k dobré pozici a prezentaci ústavu v evropském i světovém měřítku. Ředitel ústavu je v současné době členem Výkonné rady (EC) SMO, hlavního orgánu agencie v meziobdobí kongresů, náměstek ředitele pro hydrologii (autor článku) je předsedou pracovní skupiny Hydrologie RA VI, a další pracovníci ústavu jsou zapojeni v technických komisích SMO.

Struktura SMO je členěna oborově i regionálně (viz. schéma) a zahrnuje celou škálu činností v meteorologii, klimatologii, hydrologii a ochraně vodních zdrojů, jak vyjadřuje i podtitul organizace: „počasí, klima a voda“.

Desáté zasedání pracovní skupiny Hydrologie RA VI se konalo ve dnech 4. – 7. května 2005 v kongresovém centru FLORET v Praze-Průhonících. Zasedání se účastnilo 58 představitelů hydrologických služeb 30 evropských zemí, zástupce Komise pro hydrologii SMO, Spojeného výzkumného centra EU, Evropská environmentální agencie a dalších mezinárodních organizací (IHP UNESCO, IAHS).

Slavnostního zahájení se zúčastnil také stálý představitel ČR v SMO a člen Výkonné rady SMO Ing. Ivan Obrusník, DrSc., ředitel odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí RNDr. Jan Hodovský a ředitel odboru státní správy ve vodním hospodářství a správy vodních toků Ministerstva zemědělství Ing. Daniel Pokorný.

Pracovní program zasedání byl velmi bohatý. Účastníci byli seznámeni se zprávami reportérů na stanovená prioritní témata, kterými v uplynulých obdobích byly:

- styk s veřejností a zviditelnění hydrologických služeb
- potenciální extrémní povodně
- klima a voda
- hodnocení kvality vody
- hodnocení a předpovídání sucha
- institucionální aspekty monitoringu a hodnocení
- povodňová předpovědní a výstražná služba

Většina reportérů během období spolupracovala s dalšími členy pracovní skupiny (přidruženými experty). Zprávy za poslední dva body přednesli předsedové pracovních podskupin, které byly na tato témata vytvořeny. Obecně byl diskutován široký rozsah aktivit hydrologických služeb, nicméně největší pozornost v programu zasedání i ve vystoupeních účastníků byla zaměřena na dva problémové okruhy, které jsou v současné době v Evropě aktuální.

Prvním je povodňová prevence a ochrana, na které se hydrologické služby významnou měrou podílejí, jednak zpraco-



Účastníci zasedání před kongresovým centrem Floret v Praze-Průhonicích. Foto J. Jandouš.

váním hydrologických podkladů pro hodnocení povodňového rizika a navrhování protipovodňových opatření, jednak zabezpečováním povodňové předpovědní a výstražné služby. Aktuálnost tohoto tématu je pochopitelná po velkých povodních, které postihly evropská povodí v posledních letech. SMO vyvolala v oblasti povodňové ochrany další iniciativy také v celosvětovém měřítku, a to společně s UNESCO a Global Water Partnership. Rovněž Evropská unie dává povodňové ochraně značný prostor ve svých programech. Konkrétní aplikací je vývoj Evropského systému včasného varování (European Flood Alert System), který je ve Spojeném výzkumném centru EU v Ispře připravován pro dvě pilotní povodí, Labe a Dunaj. Evropská komise iniciovala přípravu EU Akčního programu pro řízení povodňového rizika, který by se po přijetí Komisí měl stát závazným dokumentem. Doprovodnou iniciativou, podporovanou Francií, je založení Evropského okruhu výměny informací o předpovídání povodní (European Exchange Circle on Flood Forecasting), jehož první výsledky na zasedání prezentovala zástupkyně Francie.

Druhým problémovým okruhem je implementace Rámcové směrnice ES o vodní politice, která se sice týká pouze členských zemí EU, ale i ostatní země se hlásí k jejím principům. Zapojení hydrologických služeb do procesu implementace je v různých zemích velmi rozdílné, což vyplývá z toho, že cílem Rámcové směrnice je dosažení „dobrého stavu vod“, a to u povrchových vod z hlediska jejich chemického a ekologického stavu, u podzemních vod z hlediska kvantitativního a chemického stavu. Nejbližším úkolem, na kterém se hydrologické služby z větší či menší části podílejí, je vypracování programů monitoringu podle Rámcové směrnice s termínem prosinec 2006.

Pracovní skupina došla k závěru, že dosavadní prioritní oblasti dané působností jednotlivých reportérů zůstávají pro další období aktuální, i když u některých byly název i obsah činnosti přeformulovány. Navrhuje se zachovat podskupinu

Povodňové předpovědi a varování, jejíž činnost se rozeběhla až koncem dosavadního období. Ostatní aktivity budou pokryty činností reportérů a k nim přidružených expertů. Předseda Pracovní skupiny Hydrologie bude o činnostech a výsledcích skupiny a plánu práce pro příští období referovat na 14. zasedání Regionální asociace VI, které se bude konat v září tohoto roku v Německu.

Zasedání Pracovní skupiny hydrologie bylo z pohledu účastníků hodnoceno jako úspěšné. Možnosti kongresového centra v Průhonicích, spolu se zajištěním ubytování ve stejném areálu, umožnily vytvoření vhodných podmínek pro práci i relaxaci. Účastníci ocenili rovněž organizovanou prohlídku zámeckého parku s odborným výkladem, která byla v tomto období kvetoucí flóry příjemným zážitkem. Organizační zabezpečení celé akce bylo účastníky oceněno, za což bych chtěl poděkovat všem pracovníkům ústavu, kteří se na zajištění akce podíleli.

Jan Kubát

POZNATKY Z PŘÍPRAVY METEOROLOGŮ VE VELKÉ BRITÁNII

V posledních třech letech jsme každý jednotlivě využili příležitost odcestovat do Velké Británie na více než čtyřměsíční odbornou stáž, v jejímž rámci jsme rovněž absolvovali Initial Forecasting Course (IFC) při britské Met Office College. Jako meteorologové s již téměř desetiletou praxí v oboru, a se stále dostatečnou úrovní znalostí z oblasti fyziky atmosféry, jsme měli jedinečnou možnost porovnávat nejen úroveň znalostí, nýbrž především způsob a kvalitu přípravy meteorologů působících v operativě na všech úrovních – od meteorologa-synoptika, přes instruktora-pedagoga vyučujícího na Met Office College – až po prestižní post Chief Forecaster v centru služby v Exeteru; napůl vědeckého pra-

covníka, který se nejen věnuje praxi, ale rovněž působí na poli výzkumném a publikačním.

Hmatatelný rozdíl ve struktuře studia a následné odborné kariéry je možné objevit už na samotném začátku. Zatímco u nás se výchově a přípravě nové generace věnují přímo jednotlivé vysoké školy a univerzity mající ve svých studijních programech zakomponovanou meteorologii – takovými jsou například Univerzita Karlova nebo Univerzita obrany (dříve Vojenská akademie v Brně) – tak v Británii je vysokoškolský diplom v oboru meteorologie či příbuzném oboru teprve jedním z předpokladů pro další kariéru. Vlastní nezbytnou podmínkou pro přijetí není úspěšné absolvování meteorologické specializace na některé z britských univerzit, ale studentem se může stát kdokoli, kdo má matematicko-fyzikální základ vysokoškolské úrovně a úspěšně složí vstupní testy. Většinu uchazečů o další studium v Met Office College však přesto tvoří absolventi meteorologie, zejména pak univerzity v Readingu. Nicméně mezi studenty jsou kupříkladu i klimatologové, dále také oceánografové a astrofyzikové. To samo o sobě u odborné veřejnosti předznamenává při široce známé kvalitě absolventů úroveň a rozsah výuky na Met Office College.

Zhruba v polovině IFC podstupují studenti první sérii zkoušek z teorie, testující především znalosti fyzikálních zákonitostí a podmíněnosti z termodynamiky, dynamiky a statiky atmosféry, „probabilistic forecasting“, koncepčních modelů, numerické meteorologie, detailní rozbor satelitních snímků atd. Následuje praktická zkouška prověřující schopnost používat nepřeborné množství různých předpovědních metod. Testy jsou náročné nejen z hlediska množství požadovaných znalostí, nýbrž i z pohledu časového limitu, neboť ten je velmi přísný a pouze u cizinců dovolují regule u teoretické části půl hodiny navíc. Na základě úspěšnosti, kterou charakterizuje bodové ohodnocení s požadovaným minimálním limitem pro úspěšné absolvování, jsou studenti propuštěni do druhé poloviny studia či navrženi k jeho ukončení. Ke konci IFC se studenti opět podrobují sérii přezkoušení, které mapuje znalosti celého několikaměsíčního intenzivního studia. Samotný závěr tvoří přibližně měsíc trvající praxe, během níž je simulován reálný provoz předpovědního centra, poskytujícího informace širokému spektru uživatelů. Každý si tedy vyzkouší vše od tvorby předpovědi a specifických produktů pro letectvo, včetně simulovaných letových briefingů, přes speciální předpovědi pro různé uživatele z okruhu průmyslu, hospodářství a státní správy až pro práci pro média, jako jsou předpovědi pro rozhlas, včetně živých vstupů. Bombónkem byly kamerové zkoušky a simulované televizní vysílání pro BBC. Po dobu celé praxe je kladen silný důraz na to, aby režim práce byl téměř identický s tím, jaký je v reálném pracovním prostředí. To znamená směnný provoz a jistou úroveň stresu odpovídající pevnému časovému harmonogramu vydávání předpovědi. Na závěr každé směny, ve které u různých postech pracuje pět šest lidí, probíhá zhodnocení, během něhož se nejdříve provede podrobná analýza stavu atmosféry, následovaná předpovědi počasí na příštích 36 hodin s možnou vyhlídkou na nejbližší dny. Součástí je rovněž hodnocení jednotlivých členů směny, doplněné připomínkami a doporučeními, směřujícími k jejich dalšímu zlepšení.

Jestliže student složí všechny zkoušky a následně úspěšně projde zkušební měsíční praxí, získá certifikát, na jehož základě může pracovat jako „forecaster under supervision“, což obvykle trvá šest měsíců. V průběhu této doby aplikuje a konfrontuje nabyté znalosti se situacemi ve skutečném provozu v různých předpovědních centrech a na jednotlivých leteckých bázích.

Po uplynutí šestiměsíční lhůty se studenti opět vrací do Met Office College, kde nastupují finální část studia – Forecasting Consolidation Course – FCC (dříve též Advanced Forecasting Course – AFC). Náplní této části je dále více prohloubit znalosti z dynamiky (např. Carrollova modifikace Sutcliffeovi teorie a její aplikace, Q- vektory), pokročilý rozbor snímků z meteorologických satelitů (např. rozbor snímků z MSG, použití WV snímku pro verifikaci některých výstupních předpovědních polí numerických modelů), nástin a diskuze nejbližšího vývoje ve výzkumu i operativě a podobně. Celý „forecaster program“ skládající se z IFC, praxe a FCC rámcově uzavírá velká závěrečná zkouška „forecaster viva“, probíhající ve dvou dnech a mající rovněž teoretickou a praktickou část. Obě jsou opět časově omezeny. Praktická – „real time analysis and forecast“ – je navíc doplněna zhruba hodinovou diskuzí s učiteli, kteří po prostudování odpovědí kladou doplňující otázky, jejichž cílem je především detailně prověřit znalosti fyzikální podstaty jevů a chování atmosféry. Není jistě bez zajímavosti, že celá zkouška je nahrávána a po několika letech archivována. Úspěšný absolvent získává prestižní a mezinárodně uznávaný certifikát osvědčující, že držitel je všestranně erudovaný meteorolog schopný pracovat na téměř kterémkoliv místě nejenom britské služby, ale díky renomé Met Office i na postech v zahraničních službách, což zájem zahraničních studentů o studium potvrzuje.

Struktura, vstupní požadavky na uchazeče i rytmus a tempo výuky se v britské službě výrazně liší od studia a kariérního postupu v naší vojenské i civilní službě. Studium teoretických částí je mnohem těsněji spjato s praxí, než je tomu u nás. Jestliže jednu hodinu probíhá přednáška či početní cvičení, následující hodina je věnována ověřování si poznatků nad výstupy z modelů, mapami a diagramy. Díky faktu, že si studenti v průběhu studia zkoušejí mimo analýzy a tvorby předpovědi pro různé uživatele i styk s médiem, jsou v prvopočátku lépe připraveni na samostatný a ne vždy lehký život meteorologa, než je tomu u nás.

Vzhledem ke skutečnosti, že Britové nemají vojenskou obdobu meteorologické služby, musí zabezpečení ozbrojených sil, kromě námořních sil, kde si personál školí a následně i posty obsazují námořníci sami, řešit jiným způsobem, než je tomu v jiných evropských státech.

Ještě před vlastním ukončením výukového programu je jim nabídnuta možnost zařazení na místa u MMU (Meteorological Mobile Unit), jež je přímo podřízena velení britského královského letectva (RAF). MMU zahrnuje několik desítek meteorologů a vlastní logistickou podporu. Pracovněprávní vztah MMU a Met Office není v žádném případě ambivalentní. Met Office i nadále zůstává garantem odborné způsobilosti každého příslušníka MMU. Všechny meteorologické stanice na souši ve Velké Británii jsou odborně podřízeny Met Office, z nichž značná část neautomatizovaných stanic se podílí na organizování přímé meteorologické podpory zabezpečení britského královského letectva a britské armády. Toto zabezpečení je prováděno jak civilními zaměstnanci Met Office, vlastními prověrku třetího stupně utajení (secret), tak příslušníky MMU, kteří tvoří maximálně 40 % lidského potenciálu jednotlivých stanic. Příslušníci MMU jsou pravidelně testováni a absolvují testy psychické odolnosti. Smlouvu obvykle podepisují na nejbližší dva roky s tím, že v případě potřeby mohou být kdykoliv vysláni do zahraničí za účelem provádění meteorologického zabezpečení vlastních jednotek. Účast na jakékoli zahraniční misi či cvičení nesmí přesáhnout šest měsíců v kalendářním roce. Příslušník MMU není povinen nosit uniformu na území Velké Británie, avšak v pří-

padě pracovního nasazení v zahraničí je mu propůjčena hodnost důstojníka juniora, čemuž odpovídá hodnost podporučíka v armádě ČR. Příslušníkem MMU se může stát po splnění všech zmíněných podmínek každý bezúhonný občan s britskou státní příslušností a stejně jako v české armádě neexistuje pohlavní diskriminace.

Josef Novotný – Vladimír Répal

VZDUCHOLOĎ „ITALIA“ V DUBNU 1928 NAD MORAVSKOU TŘEBOVOU Nad jedním záznamem v městské kronice

Na jaře roku 1928 se v celém světě mluvilo a psalo o chystané výpravě generála Uberta Nobileho (1885 – 1978) vzducholodí „Italia“ k severnímu pólu. U nás byly její přípravy sledovány zvláště pozorně, poněvadž expedice se měl zúčastnit na doporučení Marie Curie-Sklodovské její žák, pozdější významný český fyzik-radiolog, František Běhounek (1898 – 1973) s úkolem měřit v polárních oblastech atmosférickou elektřinu, radioaktivitu vzduchu a kosmické záření. Vzducholod' konstruoval sám U. Nobile speciálně pro italskou polární výpravu. Byla 105 m dlouhá, v průměru měla 19,5 m, objem činil 18 500 krychlových metrů, poháněna byla třemi motory o celkovém výkonu 750 k (asi 560 kW) a byla naplněna výbušným vodíkem. Proto bylo nutné, aby se při své dlouhé cestě za cílem vyhnula bouřkovým mrakům, neboť úder blesku by znamenal její zánik a záhubu celé šestnáctičlenné posádky složené převážně z Italů. Expedice kromě výzkumného úkolu, vedle F. Běhouneka se jí zúčastnil i švédský fyzik a meteorolog Finn Malmgren, měla také propagovat fašistický režim Benita Mussoliniho, pod jehož patronací výprava víceméně probíhala. Jak známo, celý pokus skončil tragicky 24. května 1928. Vzducholod' sice dosáhla uvedeného dne v 0. 20 hodin pólu, avšak podle původního plánu měla na něm přistát. Skupinka vědců zde plánovala po několika dnech provádět nejrůznější fyzikální a meteorologická měření. Poněvadž počasí se náhle katastrofálně zhoršilo, vzducholod' pouze nad polem zakroužila, Nobile nechal shodit na led italskou vlajku a osmdesátikilový litinový kříž požehnaný papežem Piem XI. a vydal povel k návratu na operační základnu v Kingsbay na Špicberkách. Během zpátečního letu vzducholod' ztratila orientaci, v náporch silného větru se stala neovladatelnou, a v důsledku silné námrazy náhle klesla a velitelská kabina se roztránila o ostré ledové kry. Jeden člen posádky okamžitě zahynul, šest jich zůstalo v odlehčené vzducholodí, která se vznesla a navždy zmizela, devět trosečníků, mezi nimi U. Nobile a F. Běhounek, skončilo uprostřed zamrzlého moře. V následujících týdnech pak celý svět s napětím sledoval četné záchranné akce vyslané z různých zemí, jichž se zúčastnilo celkem asi 1500 lidí na 16 lodích, na 21 letadlech a několik skupin i na saních [4]. Pomoc přišla až 12. července 1928, když se na obzoru objevil sovětský ledoborec Krasin, na jehož palubě byl zkušený polárník Rudolf L. Samojlovič. Nobileho expedice si vyžádala celkem sedmáct lidských životů, z toho osm z řad členů polární výpravy včetně F. Malmgrena a devět obětí z řad záchránců. Byl mezi nimi i slavný norský polární badatel, velitel úspěšné výpravy k severnímu pólu na vzducholodí „Norge“ z r. 1926, Roald Amundsen (1872 – 1928), který 18. června 1928 vzlétl na pomoc trosečníkům s pětičlennou posádkou (jeden Nor a čtyři Francouzi) na francouzském hydroplánu Latham ze sever-

ního norského města Tromsø; bohužel od tohoto dne se stal se svými druhy neznámým. Všem obětem tragické polární expedice včetně zahynuvším záchráncům byl v tomto nejsevernějším padesátitisícovém univerzitním městě 28. července 1969 odhalen monumentální pomník s vyjádřením velké úcty norského lidu svému hrdinovi při dobývání obou zemských pólů. Za zaznamenání jistě stojí, že vůdce italských fašistů chápal tragický konec celé výpravy jako národní ostudu a U. Nobileho degradoval a nakonec propustil z armády. Nobile pak řadu let žil v zahraničí, v letech 1932 – 1936 působil jako konstruktér vzducholodí v Sovětském svazu a v letech 1939 – 1942 žil v USA.

Méně je známo, že vzducholod' mohla havarovat již na samém počátku své cesty, při přeletu území Moravy v neděli 15. dubna 1928, když se dostala do pásma silných bouřek. Startovala uvedeného dne z Milána ve dvě hodiny ráno a letěla severním směrem přes Terst, Lublaň, Vídeň, Brno na operační základnu v Kingsbay na Špicberkách s mezipřistáním ve Stolpu (polském Slupsku) v Pomoranech na pobřeží Baltského moře. Státní ústav meteorologický v Praze byl předem italskou stranou požádán o meteorologické zabezpečení přeletu nad československým územím. Proto příslušná povětrnostní a radiotelegrafická služba byla závčas aktivizována a na třicet pět leteckých povětrnostních hlídek mělo posílat aktuální meteorologické informace do Prahy, odkud měly být i s rozbohem počasí radiotelegraficky předávány posádce vzducholodí. Přelet se však uskutečnil za mimořádně složité povětrnostní situace pro naši meteorologickou službu [9], [10].

S první přeháňkou se vzducholod' setkala již před Vídní kolem 13. hodiny a aby se vyhnula další nepřízni počasí kroužila asi jednu hodinu kolem rakouského hlavního města. Po částečném přechodu fronty nabrala severní směr a ve 14.30 hodin přeletěla naši hranici u Mikulova, v 16 hodin zakroužila nad Brnem, mohutně pozdravována obyvateli, a pokračovala dále na sever. Pak však nastaly pro let nečekané komplikace. Již v 15.30 hodin byla posádka poprvé informována o pásmu bouřek vytvářejících se v severních a středních Čechách a postupujících směrem do Kladska a na severní Moravu. Vzducholod' jim se značnými obtížemi uhýbala, letěla nízko nad zemí ve výšce sto až sto padesáti metrů, často v mlze a krupobití, takže někdy stěží bylo vidět na zem a v prostoru Králík měla přeletět naši hranici do Polska.

Samozřejmě let tak obrovského tělesa neunikl značné pozornosti obyvatel měst a vesnic na dlouhé trase po našem území, o čemž např. také svědčí stručný německý záznam v moravskotřebovské kronice [2]. Zde čteme pod nadpisem „Nobile nad Moravskou Třebovou“ následující:

„Dne 14. 4. 1928 (má pozn.: chyba v uvedení data) v pět hodin odpoledne přeletěla řiditelná vzducholod' „Italia“ italského letce generála Nobileho naše město na své cestě k severnímu pólu. Přiletěla od východu a nad naším městem se obrátila k severu. Tímto směrem potom letěla dále. Nad Moravskou Třebovou dostihla vzducholod' tři československá letadla z Olomouce a doprovázela ji až k hranicím“. Zápis byl proveden později, poněvadž se dále uvádí: „Průběh a tragický konec letu k severnímu pólu zde později vyvolaly velký zájem. Přesné vyličení letu nad Moravou obsahuje Běhouneka kniha „7 Wochen auf der Eisscholle“ (H. A. Brockhaus, Leipzig)“.

O zvýšeném zájmu tehdejšího obyvatelstva našeho města o polární expedici svědčí podrobnější článek v *Schönhengster Zeitung* (Hřebečské noviny) z 21. 4. 1928 pod nadpisem „Italští letci k severnímu pólu nad Moravskou Třebovou“ [3].

Bohužel opět se uvádí chybné datum startu, konstatuje se „doutníkový tvar vzducholodě poloztuženého systému majora Parsevala“, popisuje se první trasa letu (Milán, Terst, Lublaň, Vídeň, Mikulov, Brno, Olomouc, Vratislav, Stolp), konstatuje se, že kolem páté hodiny odpoledne byla dobře viditelná také nad Moravskou Třebovou. Stejně jako na jiných místech, nad nimiž přeletěla, vzbudila velkou pozornost. Uvádí se technické parametry vzducholodě, akční rádius 5 000 km, maximální rychlost 85 km/h, avšak tvrdí se, že u nás letěla mnohem pomaleji, sotva poloviční rychlostí. U Moravské Třebové prý byla dostižena a pak doprovázena a fotografována eskadrou tří československých vojenských letadel, které odletěly z Olomouce o půl páté. Dále se v článku píše: „V důsledku vyhánění se bouřlivému povětří se vzducholodě několikrát značně vychýlila ze směru letu, takže teprve pozdě večer přeletěla u Vratislavi československou hranici a v pondělí o půl deváté ráno hladce přistála ve Stolpu. Ve Stolpu zůstane „Italia“ delší dobu, bude doplněna plynem, budou opravena drobná poškození a provedeny potřebné technické zkoušky. Odlet k severnímu pólu se neuskuteční před 8. – 10. květnem. O třiceti a půl hodinovém letu z Milána do Stolpu se generál Nobile vyjádřil velmi uspokojivě, zejména o tom, jak se vzducholodě a její zařízení osvědčila, přestože se několikrát dostala do silné bouřky a od Lužice byla zahánána až k západním Karpatům. Generál Nobile, který už jednou přeletěl severní pól, pevně věří, že se jeho expedice k severnímu pólu zdaří“. Tolik stručný obsah článku ze zdejších novin, bohužel některé údaje v něm obsažené nejsou přesné a ani úplné.

A jak let ve skutečnosti probíhal? Před československo-polskou hranicí vzducholodě nabrala výšku asi tisíc pět set metrů a místo u Králík se jí přelet v důsledku bouřlivého počasí podařilo v 18 hodin až u Starého Města na Moravě. Podle svědectví F. Běhouneka [1] se posádka dostala do velmi svízelné situace, kterou nikdo z pěti přítomných osob, které se zúčastnily dřívější úspěšné Amundsen – Ellsworth – Nobileho polární výpravy na palubě vzducholodě „Norge“ z r. 1926, nepamatoval. Přesto vzducholodě pokračovala v letu a nad Kladskem se dostala do dalšího pásma bouřek, které se valily přes Broumovsko do Kladské kotliny. Proto není divu, že za této situace U. Nobile uvažoval o návratu zpět do Itálie. Pražský meteorologický ústav po obdržení povětrnostní situace z Trutnova a ze Žacléře z 19. hodiny doporučil posádce změnit kurz poněkud na západ směrem do Čech, kde se již vyjasnilo. Avšak ve tmě a za nepříznivého počasí nebyly podmínky ani k pozemní orientaci, ani k navigaci výpočtem. V boji se živly vzducholodě bloudila, nakonec se ocitla zpět na Moravě, aniž o tom posádka věděla. V 21.25 hodin byla její poloha goniometricky zaměřena 10 km jižně od Brna, tedy v místech, kde již byla před šesti hodinami. Po tomto zjištění chtěl Nobile let vzdát a poněvadž se počasí náhle zlepšilo a i jeho prognóza byla slibná, rozhodl se pro jeho pokračování. Avšak volil výhodnější kurz letu přes východní Slezsko směrem na polské město Gliwice, které vzducholodě poprvé mījela ve 22.37 hodin a podruhé po vyčkání lepšího počasí 15 minut po půlnoci 16. dubna. Ve dvě hodiny přeletěla Vratislav a konečně o půl deváté ráno přistála ve Stolpu.

Několik dní po přistání „Italia“ ve Stolpu obdržel ředitel pražského Státního meteorologického ústavu dr. Rudolf Schneider (1881–1955) tento dopis:

„Velectěný pane profesore! Když jsme nyní užili několika dní klidu ve Stolpu, považují za svou nezbytnou povinnost, abych Vám, pane profesore, poděkoval za velmi cennou pomoc, kterou Váš ústav prokázal expedici na cestě Milán

– Stolp. Když jsme se s úspěchem probíjávali bouřkami ve Slezsku, byla to hlášení Vašeho ústavu a Lindenbergu, která nám umožnila pokračovat v cestě“. Podepsán generál Umberto Nobile, Stolp, Pomořany [6, 10].

Vysilující způsob zajišťování letu a kontaktu se vzducholodí podrobně zaznamenal Gustav Swoboda (1893–1956), pracovník Státního meteorologického ústavu v Praze, autor první příručky letecké meteorologie na světě [12], a po II. světové válce první generální sekretář Světové meteorologické organizace (SMO, WMO), nové organizace přidružené k OSN [11].

Osudy „trosečníků na kře ledové“ literárně zpracoval ještě v roce 1928 F. Běhounek [1]. Rovněž další účastníci expedice, jako např. Ital Trojani a i sám U. Nobile vydali své vzpomínky (Katastrofa vzducholodí „Italia“, Křídla nad pólem). Na náměty zmíněných knih byl také natočen velmi úspěšný film „Červený stan“.

Poděkování

Autor děkuje Miloslavu Kužilkovi, předsedovi městské památkové komise, a PhDr. Janě Martínkové, ředitelce muzea v Moravské Třebové, za upozornění na záznam ve zdejší kronice, na zmíněný novinový článek a za provedení jejich překladů.

Literatura

- [1] BĚHOUNEK, F., 1928. Trosečníci na kře ledové. Praha: Mars. Téhož roku kniha vyšla také švédsky a rusky, později německy, italsky, holandsky, španělsky, slovinsky, rumunsky a některé její části i francouzsky. V r. 1955 u nás kniha vychází znovu, avšak pod pozměněným názvem Trosečníci polárního moře. Praha: SNDK.
- [2] Nobile über M. Trübau. Záznam v městské kronice za r. 1928, díl druhý, s. 22 (zapsal kronikář Rudolf Pechold).
- [3] Die italienischen Nordpolflieger über Mähr.- Trübau. Schönhengster Zeitung. 21. April 1928. Nr. 16, S. 3.
- [4] Kronika 20. století. 2002. Praha: Fortuna Print. 1568 s.
- [5] KRAUS, I., 2004. Dějiny technických věd a vynálezů v českých zemích. Praha: Academia. 270 s.
- [6] KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Univerzita Karlova, Nakladatelství Karolinum. 568 s.
- [7] KRŠKA, K., 2003. Balony a vzducholodě v dějinách letectví a meteorologie. In: XX. Zborník dejín fyziky, 9. MESDEF 2002, 19. – 22. 9. 2002 Žilina. Bratislava: Edičné centrum FMFI UK, s. 51 – 72.
- [8] MUNZAR, J. a kol., 1989. Malý průvodce meteorologií. Praha: Mladá fronta. Edice Malé encyklopedie, sv. 21. 248 s.
- [9] MUNZAR, J. – PEJML, K., 1989. Meteorologické zabezpečení přeletu vzducholodí „Italia“ nad Československem v roce 1928. In: III. konferencia Meteorologické zabezpečenie letectva. Súčasná otázky československej leteckej meteorológie. Práce a štúdie 41. Bratislava: SHMÚ, s. 39–49.
- [10] MUNZAR, J. – PEJML, K. – KRŠKA, K., 1990. Meteorologie skoro detektivní. Praha: Horizont. 288 s.
- [11] SWOBODA, G., 1931. Le voyage du dirigeable Italia sur l'Europe centrale, le 15 avril 1928, du point de vue météorologique. Extrait de „La Meteorologie“, No. 70–72, Janvier – Mars. 15 s.
- [12] SWOBODA, G., 1937. Letecká meteorologie a povětrnostní služba letecká. Praha: Vojenský ústav vědecký. 256 s. + příloha.

Rudolf Kolomý

LETECKÁ METEOROLOGIE

Autor: Petr Dvořák.

Nakladatelství Svět křidel 2004. 222 stran.

Autor disponuje odborným vzděláním (má za sebou praxi leteckého meteorologického pozorovatele i leteckého meteorologa u Českého hydrometeorologického ústavu) i pilotními zkušenostmi (je aktivním vyznavačem paraglidingu). Má tak veškeré předpoklady k tomu, aby napsal praktickou a fundovanou příručku pro zájemce o meteorologii a sportovní létání. Přes některé výhrady se tento záměr podařilo splnit.

Kniha je členěna do 47 kapitol (+ rejstřík). V prvních pěti kapitolách se autor zběžně věnuje meteorologii jako takové a základním informacím o počasí, leteckým meteorologickým zprávám, hlášením, výstrahám, informacím SIGMET a AIRMET apod. Zde se zvláště v kapitole „Letecké meteorologické zprávy a hlášení“ dopustil několika nepřesností v odborném názvosloví a definicích, které je nutné uvést na pravou míru.

Zpráva SPECI není „mimořádná a nepravidelná zpráva podobná zprávě METAR“, jak je uvedeno na str. 10, ale „mimořádná zpráva sestavená na základě mimořádných pozorování a určená pro rozšiřování mimo rámec letiště původu“ (především pro plánování letů, vysílání VOLMET/meteorologické informace pro letadlo za letu/ a přenosy D-VOLMET). Stejně tak je METAR „pravidelná zpráva sestavená na základě pravidelných pozorování (v intervalu ½ hodiny nebo 1 hodina) a určená pro rozšiřování mimo rámec letiště původu“ (především pro plánování letů, vysílání VOLMET a přenosy D-VOLMET).

Zpráva SNOWTAM, uvedená také na straně 10, není leteckou meteorologickou zprávou, neboť není sestavována leteckou meteorologickou službou, ale provozovatelem letiště. Část zprávy SNOWTAM je pak jako skupina o stavu drah součástí zpráv METAR/SPECI.

SIGMET není výstražná zpráva, ale informace. Možná se někomu může zdát, že je to hra se slovy, nebo zbytečný pedantismus, ale v letecké meteorologii je nutné používat přesné termíny v tom znění, jak jsou definovány a používány v předpise MD ČR L3-METEOROLOGIE (ICAO Annex 3). Platnost informace SIGMET nesmí přesáhnout 6 hodin, přičemž je doporučena maximální délka 4 hodiny, která je pro informace SIGMET v regionu EUR všemi leteckými meteorologickými službami dodržována (neplatí pro informace SIGMET vydávané na šíření vulkanického popelu).

U uvedení tří stupňů intenzity, které se používají pro hodnocení nebezpečných meteorologických jevů (slabý, mírný, silný), se autorovi vloudil překlep, neboť místo „silný“ je uvedeno „střední“. Bohužel právě termín „střední“ je často v letecké komunitě chybně používán pro označení mírné intenzity.

Předpověď trend je chybně uvedena jako „TREND“, tj. velkými písmeny jako akronym. Předpis L3 ji však uvádí správně malými písmeny, neboť se nejedná o akronym, ale název vycházející z anglického slova trend, znamenajícího tendenci.

Na straně 11 je uvedeno, že výstrahy na nebezpečné meteorologické jevy jsou vydávány v otevřené řeči v českém jazyce a neslouží k mezinárodní výměně. V době psaní knihy to byla pravda, ale v souvislosti se změnou č. 73 ICAO Annex 3, platnou od listopadu 2004, jsou výstrahy pro jednotlivá letiště (např. na v knize zmiňované sněžení a bouřky) vydávány ve zkrácené otevřené řeči s použitím zkratk uvedených v předpise L8400 (a také uvedených v cirkuláři AIC C 27/03 vydaného LIS ŘLP ČR, s. p), rozuměj s použitím anglických zkr-

tek a se záhlavím LKxx AD WRNG (kde xx znamená další identifikaci letiště v ČR např. pro letiště Praha-Ruzyně LKPR AD WRNG). Výstrahy pro oblastní středisko řízení letového provozu (ACC ŘLP ČR, s.p.) jsou i nadále vydávány v otevřené řeči, tj. česky, a v záhlaví mají české slovo „výstraha“ (na silný výškový vítr, pokles tlaku QNH pod 993 hPa atd.).

Na straně 11 autor ve výčtu platností předpovědi TAF tvrdí, že se lze setkat s TAFy s platností na 12 a 24 hodin. Platností na 24 jsou např. používány v USA a Kanadě, ale platnost na 12 hodin ve světě nikde používána není.

Jen malá poznámka k vysílání ATIS. Autor uvádí, že v ČR je toto vysílání k dispozici pouze pro letiště Praha-Ruzyně. ŘLP ČR, s. p. však již zprovoznilo tuto službu také pro regionální letiště Karlovy Vary, Brno-Tuřany a Ostrava-Mošnov.

Na straně 13 je v tabulce popisující jednotlivé části zprávy METAR uvedeno „přistávací předpověď typu TREND“. Správně je „přistávací předpověď trend“.

V dalších kapitolách se zabývá popisem atmosféry, jejího členění a už podrobněji jednotlivými meteorologickými prvky. Zvláštní pozornost věnuje především teplotě vzduchu, větru a vlhkosti v atmosféře. Obsáhla je i část zabývající se termikou, aerologickým diagramem, jeho vyhodnocením a především využitím v praxi. Tato část je doplněna i obsáhlým obrazovým materiálem. Problematiku termiky – jejího vývoje, denního a ročního chodu, vzniku kupovité oblačnosti a využití termiky v praxi přibližuje velmi podrobně a názorně a k vysvětlení používá i poměrně neotřelá přirovnání, což však není na škodu věci.

V dalších kapitolách rozebírá dohlednost, oblačnost a její druhy, srážky. V kapitole věnované nebezpečným jevům (námraza, bouřka, tornádo) se zabývá především problematikou vzniku bouřkového oblaku a bouřky, jako jednoho z nejnebezpečnějších jevů v letectví.

Kapitola „Vzduchové hmoty a atmosférické fronty“ se věnuje klasifikaci jednotlivých vzduchových hmot a jejich charakteristice, podrobně se zde hovoří i o atmosférických frontách, jejich vzniku a projevech. Tato část je vybavena také názorným obrazovým materiálem, který umožňuje čtenáři pochopit jednotlivé zvláštnosti frontálního počasí, počasí v anticykloně a cykloně, zvláště s přihlédnutím k letům VFR. Tato kapitola celou knihu uzavírá.

Co postrádáme:

- především pečlivější redakční úpravu - např. „statokumul“ místo správného „stratokumul“ a jiné drobné překlepy a nepřesnosti
- jednotnou transkripci cizích jmen a názvů (např. Snellův a Snelliův zákon), jednou autor používá výraz vzletová dráha, jindy runway, jednou tropopauza se „s“, v dalším textu tropopauza se „z“
- jednoduché definice, které by byly dále v textu vysvětleny a rozvedeny
- číslování a popis obrázků s odvolávkami v textu
- neškodilo by uvést ucelený přehled používaných jednotek a jejich stručné definice (např. v poznámkovém aparátu, který zcela chybí)
- možná by prospěl i krátký kontrolní test k jednotlivým kapitolám nebo tématům
- jednodušší češtinu, méně komplikovanou stavbu vět
- vhodné by bylo i přehlednější členění do kapitol a podkapitol a rozdělení občas dlouhého textu do kratších odstavců s výraznější grafickou úpravou

Celkově lze vydání publikace hodnotit pozitivně, i přes výše uvedené výhrady. „Letecká meteorologie“ podává čte-

náři zhuštěný a vcelku názorný přehled o vztahu počasí - létání. Přínosem je především praktická zkušenost autora, jeho odborné vzdělání, a tím i schopnost spojit teorii s praxí a v neposlední řadě zručně zpracované obrázky a grafy a stylové černobílé fotografie.

Alena Škrabalová – Bohumil Techlovský

KATASTROFÁLNÍ POVODEŇ V ČESKÉ REPUBLICĚ V SRPNU 2002

Editoři: J. Hladný, L. Kašpárek, M. Krátká, M. Kněžek, M. Martínková.

Praha: Ministerstvo životního prostředí 2005. 68 stran.
ISBN 80-7212-350-5.

Publikace shrnuje hlavní poznatky a závěry z rozsáhlého projektu Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002, na kterém se v letech 2002 až 2004 podílelo více než sto specialistů z deseti různých oborů. Hlavním koordinátorem vyhodnocovacích prací byl Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, dalšími spolupracujícími organizacemi byly Český hydrometeorologický ústav, Agentura ochrany přírody a Česká geologická služba.

Ikdyž většina faktografických údajů byla v různých výstupech a modifikacích publikována, přesto užitečnost předkládané publikace je nezpochybnitelná: syntéza informací a víceborový pohled provázené bohatým ilustrativním znázorněním (tabulky, grafy, fotografie) jsou přínosné nejen jako aktuální svědectví, ale budou ještě více oceněny s dobovým odstupem jako relevantní pramen poznání.

Kromě předmluvy (ministr životního prostředí L. Ambrozek), úvodu, shrnutí a závěrů, literatury a přehledu o výstupech projektu včetně jejich uložení, obsahuje publikace devět kapitol, z nichž

- první kapitola je věnována meteorologickým příčinám povodně,
- ve druhé a třetí kapitole je vyhodnocen průběh povodně a jeho extrémita po stránce hydrologické,
- ve čtvrté kapitole je na dvou stranách podána stručná informace o hlásné a předpovědní povodňové službě, kterou zajišťuje ČHMÚ, včetně hodnocení vydaných předpovědí (celkem bylo vydáno 59 informačních zpráv),
- zatížení a poškození vodních děl za povodně je sledováno v páté kapitole s rozdělením na velké vodní nádrže (z 27 významných vodních děl bylo 15 vystaveno mimořádnému zatížení), malé vodní nádrže (je uveden přehled

23 rybníků větších než 5 ha s protrženou hrází), ochranné hráze,

- v šesté kapitole jsou prezentovány dopady povodně na kvalitu povrchových a podzemních vod,
- následující dvě kapitoly se zabývají vztahy mezi krajinou a povodní z různých aspektů i sociálními a ekonomickými důsledky povodně (srovnání povodní 1997 a 2002, dopady na zdraví obyvatelstva, škody na majetku, hodnocení aktivit povodňové ochrany ve vztahu k příčinám povodně),
- v poslední kapitole nazvané Informační podklady a mapová dokumentace povodně jsou k dispozici informace o datových souborech a výstupech včetně jejich uložení.

Za hlavní přínos publikace pokládáme již zmíněné shrnutí faktografických dat a poznatků o průběhu povodně a jejich následcích s dobrým provázáním textového komentáře a obrazové (mapové) dokumentace – viz např. v první, „meteorologické“ kapitole symetrické znázornění na mapách denních úhrnů srážek v jednotlivých dnech od 6. do 13. 8. 2002 doprovázené odpovídajícími infračervenými snímky z geostacionární družice Meteosat (str. 8–9) nebo kombinované šestiměsíční odhady srážek z meteorologických radarů a srážkoměrných stanic ČHMÚ (str. 13). Cenné je také zařazení materiálů dokumentujících extrémitu povodně v historickém kontextu (např. tabulka 18 největších hodnot extrémních jednodenních, dvoudenních a třídních úhrnů srážek na území Česka (str. 14)). V kapitolách šest a sedm jsou konstatovány problémy, na které v prvních odborných odezvách po povodni nezbýval příliš čas: vliv živelní pohromy na kvalitu vody, využívání krajiny v záplavových územích a možné revitalizační změny apod. Sociální a ekonomické důsledky povodně jsou kromě textu doloženy celostránkovou tabulkou s vyčíslením nákladů na obnovu majetku k zabezpečení základních funkcí (bohužel číselné údaje jsou vysázeny bez rozlišení řádů, což znesnadňuje orientaci – celková suma 69 065 273 je vysázena dohromady). Editorům se také nepodařilo „sladit“ některá fakta – v předmluvě signované L. Ambrozkem se uvádí celkový počet 92 obětí na životech u obou povodní, ale v osmé kapitole (str. 58) je to o 13 méně (60 v roce 1997 a 19 v roce 2002). Naopak sumarizace závěrů (str. 64–65) je přesvědčivá a vystihuje vše podstatné, co je v publikaci obsaženo.

Kompletní sestavy dílčích zpráv celého projektu jsou uloženy na deseti místech v ČR (viz seznam na str. 66), recenzovaná publikace je k dispozici v knihovnách Českého hydrometeorologického ústavu a Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka.

Zdeněk Horký

TYPY POVĚTRNOSTNÍCH SITUACÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2004

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.
I	B	NEc	NEc	Vfz	Vfz	Bp	Bp	Bp	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Bp	Bp	Bp	NWc	NWc	Nc	Nc	NEa	NEa	B	B	B	B	Bp	Wc	
II	Wc	Wc	Wc	SWa	SWa	SWa	NWc	NWc	NWc	NWc	Nc	Nc	NWc	NWc	NWc	NWc	NWc	NWc	Ap ₃	SEa	SEa	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	B	B	NEc			
III	NEc	NWc	NWc	Nc	Ap ₄	B	B	Ec	Ec	Ec	SEa	SEa	Sa	Sa	Wa	Wa	A	A	Wc	Wc	Wc	B	B	C	C	NEc	NEc	Ap ₂	SEa	SEa	
IV	SEa	SEa	SEa	B	B	B	C	C	C	NWc	NWc	Ea	Ea	Ea	Ea	SEc	SEc	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	Ap ₁	Ap ₁	Cv	Cv	Cv	NEa	NEa	NEa	SEc	SEc	
V	SEc	Vfz	Vfz	Bp	Bp	C	C	C	C	NEc	NEc	NEc	NEc	Ap ₂	NWc	NWc	Wa	Wa	Wa	Wa	Bp	Bp	NWc	NWc	NWc	NWc	Bp	Ap ₃	Ap ₃	Wcs	
VI	Wcs	Wcs	Ec	Ec	Vfz	Ap ₂	A	A	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Ap ₂	Wc	Wc	Wc	Wc	B	B	B	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₂	Wc	Wc	Ap ₂		
VII	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₁	SWc ₁	SEa	SEa	B	B	Wc	Wc	SWa	SWa	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₂	Bp	Bp	NEc	NEc	Ap ₄	Vfz
VIII	Vfz	NEc	NEc	Ea	Ea	Ea	Ea	SEa	SEa	SEa	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₁	Ap ₁	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	B	B	B	Ap ₁	Wcs	Wcs	Bp	Bp	SWc ₂	Bp	Bp	
IX	A	A	A	A	A	Ea	Ea	Ea	NWa	NWa	SWc ₂	SWc ₂	Ap ₁	B	B	Ap ₁	SWa	SWa	SWc ₂	NWc	NWc	NWc	NWc	B	B	Wc	Wc	Wc	Wc		
X	Vfz	Vfz	SWa	SWa	SWa	SWa	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₃	NEa	NEa	SEa	SEa	C	C	C	C	Ap ₂	SWc ₁	SWc ₁	SWa	SWa	SWa	SWa	SWc ₃	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	SEc	
XI	SEc	SEc	SEa	SEa	Bp	Bp	Bp	Ec	Ec	Ec	Ec	Bp	Bp	Wa	Wa	Wc	Wc	Wc	Nc	Nc	Nc	NWc	NWc	Ap ₂	Ap ₂	Wc	Wc	SWc ₃	SWc ₃		
XII	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Wa	Wa	Wa	Wa	A	A	A	A	A	A	A	A	Bp	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	Ap ₂	Wc	Wc	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Bp	Wc	Wc	

TYPY POVĚTRNOSTNÍCH SITUACÍ NA ÚZEMÍ SLOVENSKEJ REPUBLIKY V ROKU 2004

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.
I	B	NEc	NEc	NEc	Vfz	Vfz	Vfz	Vfz	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	Bp	Bp	NWc	NWc	Nc	Nc	NEa	NEa	B	B	B	B	Bp	Ap ₁	
II	Wc	Wc	Wc	SWa	SWa	SWa	NWc	NWc	NWc	NWc	Nc	Nc	NWc	NWc	NWc	NWc	NWc	NWc	Ap ₃	SEa	SEa	Bp	Bp	Bp	B	B	B	NEc			
III	NEc	NWc	NWc	Nc	Ap ₄	Ap ₄	Ap ₄	Ec	Ec	Ec	SEa	SEa	Sa	Sa	Wa	Wa	A	A	Wc	Wc	Wc	B	B	C	C	NEc	NEc	Ap ₂	SEa	SEa	
IV	SEa	SEa	SEa	B	B	B	C	C	C	B	B	Ea	Ea	Ea	Ea	SEc	SEc	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	Ap ₁	Ap ₁	Cv	Cv	Cv	NEa	NEa	NEa	SEc	SEc	
V	SEc	Vfz	Vfz	Bp	Bp	C	C	C	C	NEc	NEc	SEc	SEc	Ap ₂	NWc	NWc	Wa	Wa	Wa	Wa	Bp	Bp	NWc	NWc	NWc	NWc	Bp	Ap ₃	Ap ₃	Wcs	
VI	Wcs	Wcs	Ec	Ec	Vfz	Ap ₂	A	A	Wal	Wal	Wal	Wal	Wal	Ap ₂	Wc	Wc	Wc	Wc	B	B	B	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₂	Wc	Wc	Wc	Ap ₂		
VII	Wcs	Wcs	Wcs	Wcs	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₂	SWc ₁	SWc ₁	SEa	SEa	B	B	Wc	Wc	SWa	SWa	SWc ₁	SWc ₁	SWa	SWa	SWa	SWa	SWa	SWa	SWc ₃	SWc ₁	SWc ₁	SWc ₁	NEc	NEc
VIII	NEc	NEc	NEc	Ea	Ea	Ea	Ea	SEa	SEa	SEa	A	A	SWc ₃	SWc ₃	Ap ₁	Ap ₁	SWa	SWa	SWa	B	B	B	Wcs	Wcs	Bp	Bp	SWc ₂	Bp	Bp		
IX	A	A	A	A	Ea	Ea	Ea	NWa	NWa	Ap ₃	Ap ₃	SWc ₂	Ap ₁	B	B	Ap ₁	SWa	SWa	SWa	NWc	NWc	NWc	NWc	B	B	SEc	SEc	Wc	Wc		
X	Vfz	Vfz	SWa	SWa	SWa	SWa	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	NEa	NEa	SEa	SEa	C	C	C	Ap ₂	SWc ₁	SWc ₁	SWa	SWa	SWa	SWa	SWa	SWa	SWc ₁	SWc ₁	SEc	
XI	SEc	SEa	SEa	SEa	Bp	Bp	Bp	Ec	Ec	Ec	Ec	Bp	Bp	Wa	Wa	Wc	Wc	Wc	Nc	Nc	Nc	NWc	NWc	Ap ₂	Ap ₂	Wc	Wc	SWc ₃	SWc ₃		
XII	SWc ₃	SWc ₃	SWc ₃	Wa	Wa	Wa	Wa	A	A	A	A	A	A	A	A	Bp	Bp	Bp	Bp	Ap ₂	Ap ₂	Wc	Wc	SWc ₂	SWc ₂	Bp	Bp	Bp	Wc	Wc	

Pozn.: Celý kalendář typizací je na internetové adrese: <http://www.chmi.cz/meteo/om/mk/kalendar.html>



POKYNY PRO AUTORY

V časopisu Meteorologické zprávy jsou publikovány původní odborné a informativní články včetně recenzí. Za odborný obsah článků odpovídají autoři. O uveřejnění článků rozhoduje redakční rada, a to se zřetelem k lektorským posudkům i předpokladu praktického uplatnění.

Formální úprava a rozsah rukopisů

Rukopis má být stručný, srozumitelný a terminologicky přesný. Hlavní články by neměly přesahovat 20 normostran včetně tabulek a obrázků, informativní články 4 strany.

Doporučená osnova článků:

- jméno autora (bez titulu) a název instituce
- název práce (výstižný a stručný, nemá přesahovat 90 úhozů)
- úvod
- metodika, způsob řešení
- výsledky a jejich zhodnocení
- závěr (stručné a jasné vyjádření přínosu práce, možnost aplikace v praxi)
- literatura
- tabulky (číselné označení arabskými číslicemi, názvy nad tabulky, tabulky je možné zařazovat do textu podle číselného odkazu nebo samostatně)
- obrázky (samostatně) a seznam obrázků
- resumé pro překlad do angličtiny, u článků publikovaných v angličtině širší resumé v češtině nebo slovenštině.

Publikování článků v angličtině

Vybrané kvalitní články je možné publikovat v angličtině. K rukopisům článků předkládaným v angličtině je nutné přiložit rozsáhlejší české nebo slovenské resumé (1 až 2 rukopisné strany). Po zlektorování článku rozhodne redakční rada o jazyku zveřejnění. Náklady za eventuální pořízení překladu nebo jazykové revize překladu předloženého autorem se odečítají od autorského honoráře.

Technické požadavky

Texty článků musí být odevzdány v tištěné formě A4 s řádkováním 1,5 (okolo 36 řádků na stránce) + jako soubor zpracovaný na počítači v textovém editoru, např. Word, Wordperfect, AmiPro. Lze zaslat e-mailem nebo na disketě s tištěným provedením. Jednotlivé řádky neukončovat znaky Ctrl („tvrdý enter“) – ty používat jen na konci odstavce.

Rovnice

Rovnice se číslují na pravém okraji a pod vzorcem nebo rovnicí se uvádí význam jednotlivých označení. Při zpracování na počítači je třeba věnovat zvláštní pozornost vyznačení indexů, exponentů a dalších znaků (např. °C). Ve vzorcích by měly být přesně vyznačeny kurzíva, tučné písmo, verzálky, řecké písmo. Při používání matematického aparátu je nutné respektovat příslušné normy ISO nebo ČSN.

Obrázky

Obrázky se odevzdávají jednou na jasné bílém papíře + jako soubor v některém z běžných grafických formátů (EPS; JPEG; TIFF; WMF, BMP); pokud je třeba použít nějaký odlišný formát, je nutné tuto věc konzultovat předem s redakcí.

Pokud obrázky není možné zpracovat na počítači, předkládají se ve dvou vyhotoveních: na jasné bílém papíře originál bez popisků a kopii s přesnými popisy. Podpisky k obrázkům musí obsahovat číselné označení a vlastní název obrázků.

Obrázky musí mít přesně označené osy, a to jednotkami nebo příslušnými symboly.



Citace literatury

Seznam použité (citované) literatury se umísťuje na konci článku pod název Literatura. Hlavní zásady: V textu článku se v hranatých závorkách uvádí pouze číselné označení, v seznamu pod tímž identifikačním označením vlastní citace. Jména autorů velkými písmeny (bude uváděno maximálně pět autorů), za jmény autorů rok vydání (vročení), 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.

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.

Jazyková správnost

Při psaní rukopisů jsou směrodatná poslední vydání pravidel českého pravopisu nebo slovenského pravopisu. Zkratky, které nejsou zcela běžné, je nutné při prvním použití rozepsat v plném znění. V českém pravopisu došlo ke zkrácení samohlásek v koncovech těchto typů přejatých slov:

- iv: motiv, aktiv, masiv...
- iva: direktiva, defenziva...
- ivum: aktivum, pasivum...
- ivní: intenzivní, agresivní...
- emie: epidemie, leukemie...
- erie: scenerie, materie...
- on: ozon, balon, milion...
- ona: sezona, fazona, cyklona, ale: prognóza
- manie: toxikomanie, grafomanie...
- fuze: difuze, infuze...
- en: benzen, acetylen...

K dalším změnám dochází při psaní *s* a *z* u slov zdomácnělých, kde dochází k psaní vyslovované podoby (píše se *z*): báze, filozofie, izobara, organizace, revize, prezident, univerzita, kurz, pulz, impulz.

Korektury

Autor má právo na autorskou korekturu svého článku, kterou provádí na okrajích vytištěného textu, podepíše a opatří datem.