

# METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

<i>Marjan Sandev – Jan Šedivka: Porovnání zim 1989–2001 s normálem 1961–1990 pro Českou republiku</i> .....	129
<i>Zdeněk Mrkvica – Zdeněk Šiftař: Vzorový lokální protipovodňový systém pro obec Olešnice v Orlických horách</i> .....	136
<i>Eva Soukalová: Příčinný déšť a povodně na Blanensku a Žďársku v červenci 2002</i> ..	141
<i>Eva Houbová: Fyzikální modelování proudění a difuze nad geograficky komplikovaným terénem</i> .....	145
<i>Rudolf Brázdil – Hubert Valášek – Jarmila Macková: Meteorologická pozorování P. Tadeáše Štíky v Počaplech z let 1788–1789</i> .....	151
Informace – Recenze .....	158

ROČNÍK 55 – 2002 – ČÍSLO 5

<i>Marjan Sandev – Jan Šedivka: Comparison of the 1989–2001 winters with the climatological normal 1961–1990 in the Czech Republic</i> .....	129
<i>Zdeněk Mrkvica – Zdeněk Šiftař: Exemplary local early-warning anti-flood system in Olešnice in the Orlické hory Mts</i> .....	136
<i>Eva Soukalová: Causal rainfall and floods in the Blansko and Ždár regions in July 2002</i> .....	141
<i>Eva Houbová: Physical modelling of flow and diffusion over orographically complex terrain</i> .....	145
<i>Rudolf Brázdil – Hubert Valášek – Jarmila Macková: Meteorological observations of parson Tadeáš Štika at Počaply in 1788–1789</i> .....	151
Information – Reviews .....	158

Meteorologické zprávy, časopis pro odbornou veřejnost ● Vydává Český hydrometeorologický ústav ● Redakce: Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, fax 244 032 721, e-mail: horky@chmi.cz ● Řídí vedoucí redaktor RNDr. Luboš Němec, redaktor prom. knih. Zdeněk Horký ● Redakční rada: Prof. RNDr. Jan Bednář, CSc., Ing. František Hudec, CSc., RNDr. Karel Krška, CSc., Mgr. Stanislav Racko, RNDr. Daniela Řezáčová, CSc., RNDr. Jan Strachota, RNDr. Karel Vaníček, CSc., RNDr. Helena Vondráčková, CSc. ● Za odborný obsah podepsaných článků odpovídají autoři. Proti dalšímu otiskování, uvede-li se původ a autor, není námitek ● Sazba a tisk: 3P s.r.o. ● Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany; Offers for Meteorological Bulletin arranges ČHMÚ, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4 – Komořany ● 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 55 (2002)

V PRAZE DNE 31. ŘÍJNA 2002

ČÍSLO 5

Marjan Sandev – Jan Šedivka (ČHMÚ)

## POROVNÁNÍ ZIM 1989–2001 S NORMÁLEM 1961–1990 V ČESKÉ REPUBLICE

**Comparison of the 1989–2001 winters with the climatological normal 1961–1990 in the Czech Republic.** Snow, or rather snow cover, plays a very significant role in everyday life and has a direct impact on tourism and its returns. Together with air temperature characteristics it influences activities in construction industry and some of other industries, has an impact on agriculture and energy policy of individual subjects and in the longer term even on the whole country. In the last decade it seems that changes in general circulation have occurred over central Europe what causes number of changes in the weather development and its characteristics in the Czech Republic. The work is aimed at objective evaluating (using statistical methods) of winter characteristics for the last decade and finding synoptic causes of these changes by means of subjective methods, specialized literature [1] and own experience. However, its main objective is to support potential tendency of changes and at least partly confirm or disconfirm fear of „forthcoming end of winters in the Czech lands“.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** zimy – hodnocení – charakteristiky zim – řady teplotní – tendence změn

### 1. ÚVOD

V poslední době se v naší republice běžně hovoří o tom, že dříve bývaly zimy tužší a sněhová pokrývka vyšší. Počet těchto názorů se výrazně zvyšuje, a to vzhledem k nevydařeným zimním dovoleným, k neustálé nespokojenosti vlekářů a hoteliérů na horách nebo již k častým vánocům „na blátě“. V tomto kontextu se projevuje rovněž zvýšený zájem sdělovacích prostředků, které o těchto jevech velmi často a rádi veřejnost informují, a to subjektivně nebo objektivně. Tyto úvahy jsou podpořeny některými extrémními projevy počasí z posledních let. Stačí si připomenout sněhové bouře z ledna roku 2000, výrazný nedostatek sněhové pokrývky na našich horách v zimě 2000/2001 až do února nebo únorovou sněhovou kalamitu na dálnici D1 z roku 2001. K těmto úvahám a faktům se v neposlední řadě váže i polemika o globálním oteplování. Rozhodujícími faktory pro výběr sledovaného období byly naše subjektivní pocity o změně charakteristik zim a některé objektivní výsledky, zejména závěry z hodnocení klementinské teplotní řady s přihlédnutím na fakt, že měření na této stanici jsou ovlivněna i její polohou uvnitř rozrůstajícího se města (teplný ostrov).

#### Některé závěry z hodnocení klementinské řady teplot a teplotních rekordů (1775–2001)

- Průměrná roční teplota vzduchu za celé období pozorování (227 let) je 9,56 °C, průměrná teplota vzduchu do roku 1989 byla 9,47 °C a za období od 1989 do 2001 je 10,87 °C.

- Z 10 nejteplejších roků klementinské řady 6 připadá na období od roku 1989 do roku 2001.
- Nejteplejší rok v celé klementinské řadě byl rok 2000 s průměrnou roční teplotou vzduchu 12,0 °C, dále rok 1994 s 11,8 °C a rok 1794 s 11,5 °C. Následují roky 1990, 1992 a 1834 s 11,4 °C.
- Od roku 1989 do roku 2001 byl jen jeden rok (1996) teplotně podnormální, všechny ostatní byly teplotně nadnormální.
- V období od roku 1989 do roku 2001 bylo překročeno 78 denních rekordů maximálních teplot vzduchu, což je více než pětina všech rekordů maximálních teplot. Za stejné období byly překročeny jen čtyři denní rekordy minimálních teplot vzduchu.
- 60% rekordů maximálních teplot vzduchu od roku 1989 do roku 2001 (78) připadá na měsíce v zimním období (prosinec 11, leden 15, únor 10 a březen 8).
- Nejvíce rekordů maximálních teplot vzduchu v zimním období (prosinec–březen) od začátku pozorování připadá na rok 1990 (8), dále na roky 1993 a 1998 (7) a na rok 1989 (6).

### 2. PODKLADY PRO HODNOCENÍ A VÝBĚR METEOROLOGICKÝCH STANIC

Pro hodnocení zimních charakteristik u nás byly vybrány měsíce prosinec až březen z období 1989–2001 a byly porovnány se stejnými měsíci za období 1961–1990. Zároveň byla porovnávána i samotná období jako celek. Při výběru měsíce

se vycházelo z předpokladů, že i když se sníh nebo nízká teplota vzduchu projeví v dubnu či květnu, nebo už v říjnu či listopadu, tak je to chápáno jako studené jaro, resp. studený podzim. Naopak březen, přestože se již jedná (z meteorologického hlediska) o jarní měsíc – když v něm sněží – předpokládá se, že je zima dlouhá a nikoliv, že je studené jaro apod.

V daných měsících byla hodnocena teplota vzduchu ve 2 m a sněhové charakteristiky prezentované výškou sněhové pokrývky, maximální výškou sněhové pokrývky a počtem dnů se sněhovou pokrývkou – tedy meteorologické prvky, které zimu nejlépe vystihují. Pod pojmem sněhová pokrývka se přitom rozumí souvislá sněhová pokrývka, kdy je sněhem pokryto více než 50 % povrchu země v okolí stanice o výšce nejméně 1 cm. K tomu bylo přidáno i hodnocení srážek a pro

vysvětlení výsledků byly analyzovány i teploty vzduchu v hladině 850 hPa a synoptické situace (typizace počasí).

Pro zpracování byly vybrány dvě pražské meteorologické stanice, které charakterizují zejména níže položená města ČR, a zároveň vnitřní a vnější části hlavního města. Abychom porovnali, jak se stejné meteorologické prvky chovají i ve vyšších polohách, byla vybrána stanice ideálně položená zhruba uprostřed ČR na Českomoravské vrchovině ve Žďárských vrších. Tyto stanice byly doplněny dalšími dvěma ve vrcholových polohách našich hor, první na západě v Krušných horách a druhá na východě ČR v Moravskoslezských Beskydech. Jiné horské stanice nebylo možné použít buď z důvodu nekompletní řady pozorování, nevhodnosti umístění, nebo že nevystihují dané pohoří. Pro analýzu teploty vzduchu v hladině 850 hPa byla používána data z výstupů stanice

Tab. 1 Průměry a extrémy za období 1961–1990.

Table 1. Averages and extremes for the period 1961–1990.

období	stanice	prům. počet dnů se sn. pokrývkou	prům. max. výšky sn. pokrývky (cm)	prům. výška sn. pokrývky (cm)	prům. měsíční teplota vzduchu (°C)	rok			
						stanice	prům. roč. max. výšky sn. pokrývky (cm)		
prosinec	Karlovy	8,5	5	1	0,9	Karlovy	12		
	Ruzyně	13,5	9	3	-0,6			Ruzyně	19
	Svratouch	23,5	29	12	-2,7			Svratouch	54
	Fichtelberg	28,5	74	48	-3,9			Fichtelberg	157
	Lysá Hora	29	90	54	-5,0			Lysá Hora	179
leden	Karlovy	15,5	7	3	-0,9	1961-1990			
	Ruzyně	19,5	12	6	-2,4				
	Svratouch	27,5	36	23	-4,4				
	Fichtelberg	30,5	108	81	-5,1				
	Lysá Hora	30,5	122	91	-6,4				
únor	Karlovy	11	6	2	0,8	stanice	absolutní max. výška sn. pokrývky v cm a měsíc jejího výskytu		
	Ruzyně	14,5	12	5	-0,9	Karlovy	34 XII.69		
	Svratouch	24	46	26	-2,9	Ruzyně	57 III.70		
	Fichtelberg	28	135	113	-4,8	Svratouch	150 III.70		
	Lysá Hora	28	159	126	-5,7	Fichtelberg	300 III.65		
březen	Karlovy	4,5	6	1	4,6	Lysá Hora	256 III.71		
	Ruzyně	8,5	10	2	3,0				
	Svratouch	19	35	17	0,5				
	Fichtelberg	30,5	147	117	-2,4				
	Lysá Hora	30,5	162	126	-2,9				

Tab. 2 Průměry a extrémy za období 1989–2001.

Table 2. Averages and extremes for the period 1989–2001.

období	stanice	prům. počet dnů se sn. pokrývkou	prům. max. výšky sn. pokrývky (cm)	prům. výška sn. pokrývky (cm)	prům. měsíční teplota vzduchu (°C)	rok			
						stanice	prům. roč. max. výšky sn. pokrývky (cm)		
prosinec	Karlovy	6	3	0	1,0	Karlovy	7		
	Ruzyně	13,5	7	2	-0,5			Ruzyně	13
	Svratouch	24,5	31	13	-2,6			Svratouch	46
	Fichtelberg	28	67	41	-3,6			Fichtelberg	119
	Lysá Hora	28,5	77	48	-4,7			Lysá Hora	136
leden	Karlovy	7	4	1	0,9	1989-2001			
	Ruzyně	12	8	2	-0,6				
	Svratouch	24	25	13	-2,4				
	Fichtelberg	30,5	69	48	-3,2				
	Lysá Hora	30,5	86	62	-4,2				
únor	Karlovy	7	4	1	2,3	stanice	absolutní max. výška sn. pokrývky v cm a měsíc jejího výskytu		
	Ruzyně	11,5	11	3	0,7	Karlovy	18 II.93		
	Svratouch	21,5	31	14	-1,4	Ruzyně	34 II.93		
	Fichtelberg	27	100	67	-3,2	Svratouch	85 XII.01		
	Lysá Hora	27	114	79	-4,3	Fichtelberg	186 II.99		
březen	Karlovy	2	2	0	5,7	Lysá Hora	230 III.92		
	Ruzyně	6	6	1	4,1				
	Svratouch	15,5	26	9	1,6				
	Fichtelberg	29,5	104	68	-1,0				
	Lysá Hora	29,5	120	87	-2,2				

Praha-Libuš pro období 1971–2001. Typizace počasí je pro území České republiky.

Výběr meteorologických stanic vypadá takto:

Meteorologická stanice	Severní šířka (° ')	Východní délka (° ')	Nadmořská výška (m n.m.)
Praha-Karlov	50 04	14 25	261
Praha-Ruzyně	50 06	14 15	365
Svratouch	49 44	16 02	733
Fichtelberg	50 26	12 57	1213
Lysá hora	49 33	18 27	1322

### 3. VÝSLEDKY

V tabulce 1 jsou prezentovány základní údaje o průměrných měsíčních hodnotách sledovaných prvků, a to: počet dnů se sněhovou pokrývkou, výška sněhové pokrývky, maximální výška sněhové pokrývky a měsíční teploty vzduchu pro všechny stanice za období 1961–1990. Na pravé straně tabulky je průměr ročních maxim výšky sněhové pokrývky spolu s absolutní výškou sněhové pokrývky včetně měsíce jejího výskytu. V tabulce 2 jsou totožné údaje pro srovnávací období 1989–2001. Pro podrobnější přehled a srovnání jednotlivých prvků jsou vypracované grafy.

#### 3.1 Teplotní charakteristiky

Měsíc prosinec je jako jediný ve sledovaném období jen velmi slabě nadnormální, což je způsobeno zejména rokem 1996, který průměrnou teplotu vzduchu výrazně stáhl dolů (obr. 1a). Jinak zde, stejně jako u ostatních měsíců, je u Prahy podstatně větší amplituda teploty vzduchu než u hor. Na obrázku 1b je vidět, že leden na rozdíl od prosince je výrazně teplotně nadnormální, až na roky 1996 a 1997, a to pouze u Prahy a u Svratouchu. Ve vrcholových polohách se takřka nevyskytl rok s teplotou vzduchu pod normálem. Obrázek 1c (únor) ukazuje poměrně výraznou teplotní rozkolísanost v daném období a zejména pak vysoké hodnoty odchylek jak do kladných, tak i do záporných. Při hodnocení břez-

nových teplotních charakteristik (obr. 1d) je zřejmé, že od roku 1993 měsíc březen příliš nevybočuje od normálu.

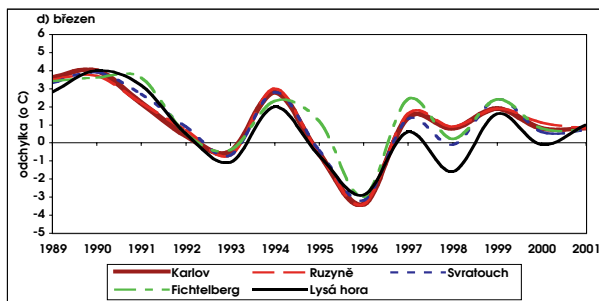
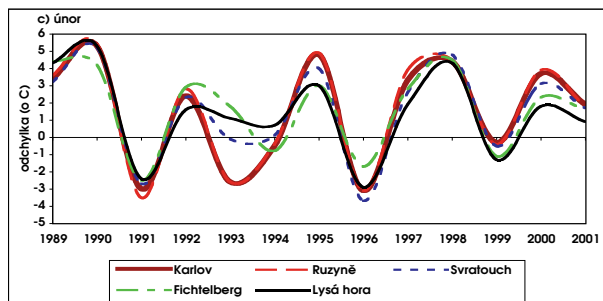
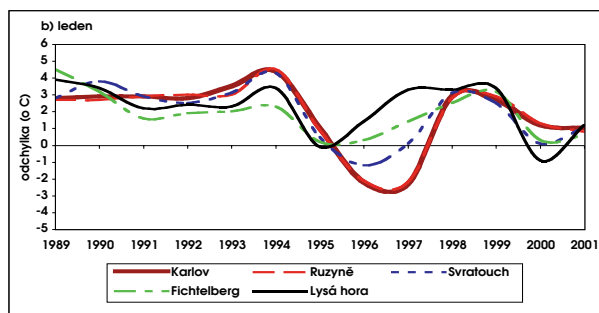
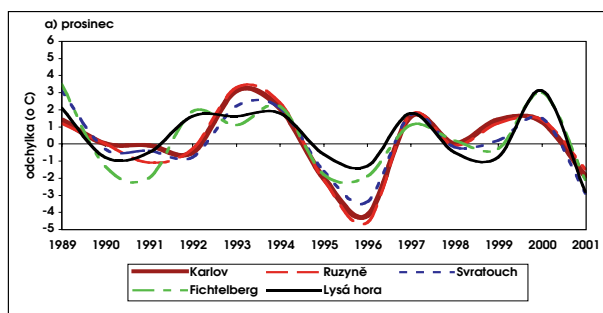
Při porovnání teplotních charakteristik znázorněných na obr. 2a až 2c je na první pohled vidět, že se průměrná měsíční teplota vzduchu v sledovaném období zvedla na všech stanicích, nejvíce v lednu o 2 °C, v únoru asi o 1,5 °C a koncem zimy v březnu je odchylka od 0,7 do 1,4 °C. Naopak nejmenší odchylka je začátkem zimy v prosinci maximálně o 0,3 °C.

Přestože rozdíl v nadmořských výškách mezi Karlovem a Ruzyní je pouze ca 100 m, rozdíl v průměrných teplotách vzduchu kvůli tepelnému ostrovu města je docela velký (ca 1,5 °C), což, jak uvidíme v pozdějším rozboru, má velký vliv na sněhové charakteristiky v hlavním městě. Jiné větší rozdíly podle nadmořské výšky nebyly zaznamenány s výjimkou rozdílu mezi dvěma horskými stanicemi na východě a západě území v březnu.

Pozoruhodnějším faktem je, že se teplotní vrchol zimy posouvá na začátek zimy, tedy do prosince. Do roku 1990 byl teplotní vrchol zimy ve všech polohách v lednu a za ním následoval druhý nejchladnější měsíc únor. V období následujícím, kvůli výraznému vzestupu teploty vzduchu ve zmíněných měsících ve vyšších a horských polohách, se nejchladnějším měsícem už stal prosinec (nikoli únor) a obdobná tendence se projevuje i u stanic níže položených.

#### 3.2 Sněhové charakteristiky

Z obrázků 3 a 4 je zřejmé, že ve sledovaném období dochází ke změnám u téměř všech sněhových charakteristik. U počtu dnů se sněhovou pokrývkou (obr. 3a až 3d) došlo k významnějšímu poklesu na Karlově, a to i v přímé souvislosti s průměrnou teplotou vzduchu, která v žádném měsíci už nemá zápornou hodnotu. Pokles byl také zaznamenán i na Ruzyni a ve vyšších polohách v období od ledna do března. Zde byly v prosinci a na vrcholových stanicích po celou zimu změny jen nepatrné.



Obr. 1 Odchylka průměrných měsíčních teplot vzduchu za období 1989–2001 od normálu (1961–1990).

Fig. 1. Deviation of average monthly air temperatures for the period 1989–2001 from the normal (1961–1990).

Výraznější změny se dají sledovat z obrázků 4a až 4e, kde jsou představeny průměrná výška sněhové pokrývky a průměr měsíčních maxim výšky sněhové pokrývky za období 1989 až 2001 v porovnání s obdobím 1960 až 1990. I když je srovnání výskytu, zejména maximální sněhové pokrývky v obou obdobích, poněkud problematické vzhledem k různé délce obou období, je zde dobře vidět 13letý úbytek sněhové pokrývky. Dramatický pokles téměř o polovinu zaznamenává Praha, a to v průběhu všech sledovaných měsíců. Vůbec největší pokles průměrné výšky sněhové pokrývky je v Praze v lednu. Třetinový pokles průměrných a zároveň i průměrných maximálních výšek lze sledovat i na ostatních stanicích s výjimkou prosince, kdy se jedná jen o nepatrné změny těchto prvků. I u ročních hodnot je pokles opět značný.

Z této analýzy vyplývá, že sněhové charakteristiky velice dobře sledují teplotní změny a jsou výraznější, čím jsou vzestupy průměrných teplot vzduchu vyšší. Tato vazba má přímý vliv i na další zimní charakteristiky, jako je měsíc s nejvyšší průměrnou výškou sněhové pokrývky nebo s nejvyšším průměrem měsíčních maxim výšky sněhové pokrývky. V nižších polohách do roku 1990 připadaly tyto charakteristiky na leden. Jak ukazují obrázky 4a a 4b, dnes už to neplatí. V průběhu posledního desetiletí je patrný jejich posun do měsíce února. Naopak u vyšších poloh si primát stále udržuje únor, přičemž rozdíl s ostatními měsíci se výrazně zmenšuje (obr. 4c). Obdobná situace je kvůli setrvačnosti sněhové pokrývky a průměrným teplotám vzduchu pod bodem mrazu i ve vrcholových polohách s tím, že nejvyšší sněhová pokrývka připadá na březen (obr. 4d a 4e).

### 3.3 Srážkové charakteristiky

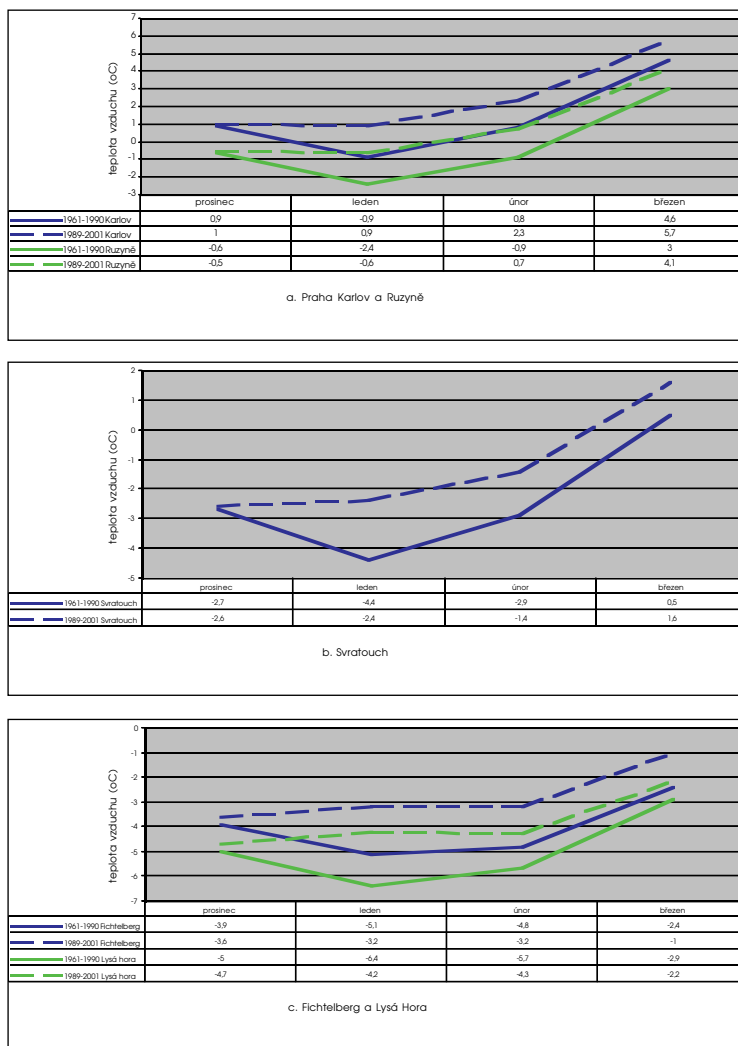
Porovnáme-li srážky ve všech sledovaných měsících z období 1989–2001 se srážkami z období 1961–1990 (obr. 5), můžeme konstatovat, že v nižších a vrcholových polohách došlo k poklesu celkového úhrnu srážek. Díky enormnímu nárůstu březnových srážek je tento trend ve středních polohách prezentovaný stanicí Svratouch opačný. Jinak s výjimkou prosince lze u všech ostatních měsíců sledovat jednoznačný trend průměrných srážek. V nižších a středních polohách byla v prosinci zaznamenána kladná odchylka, nejvíce na stanici v Praze-Karlově o 20 %. Ve vrcholových polohách pak došlo k poklesu. Nejvýraznější srážkový deficit ve všech polohách (u 5 stanic v průměru téměř o 30 %) byl zaznamenán v lednu, menší deficit připadá na únor. V těchto dvou měsících nejcitelněji ubylo srážek v Praze. Naopak nadprůměrné srážky byly naměřeny v březnu, přičemž nejvýraznější na Svratouchu (přes 160 % normálu).

### 3.4 Teplota vzduchu v hladině 850 hPa a rozbor synoptických situací

I když porovnáme data z nehomogenních období, při porovnání teploty vzduchu v hladině 850 hPa je patrné, že k výraznému oteplení došlo v období 1989 až 2001 v měsících lednu a únoru (obr. 6). V ostatních dvou sledovaných měsících se tyto rozdíly příliš neprojevují. Protože se jedná o hladinu, kde je teplota vzduchu v převážné míře ovlivněna

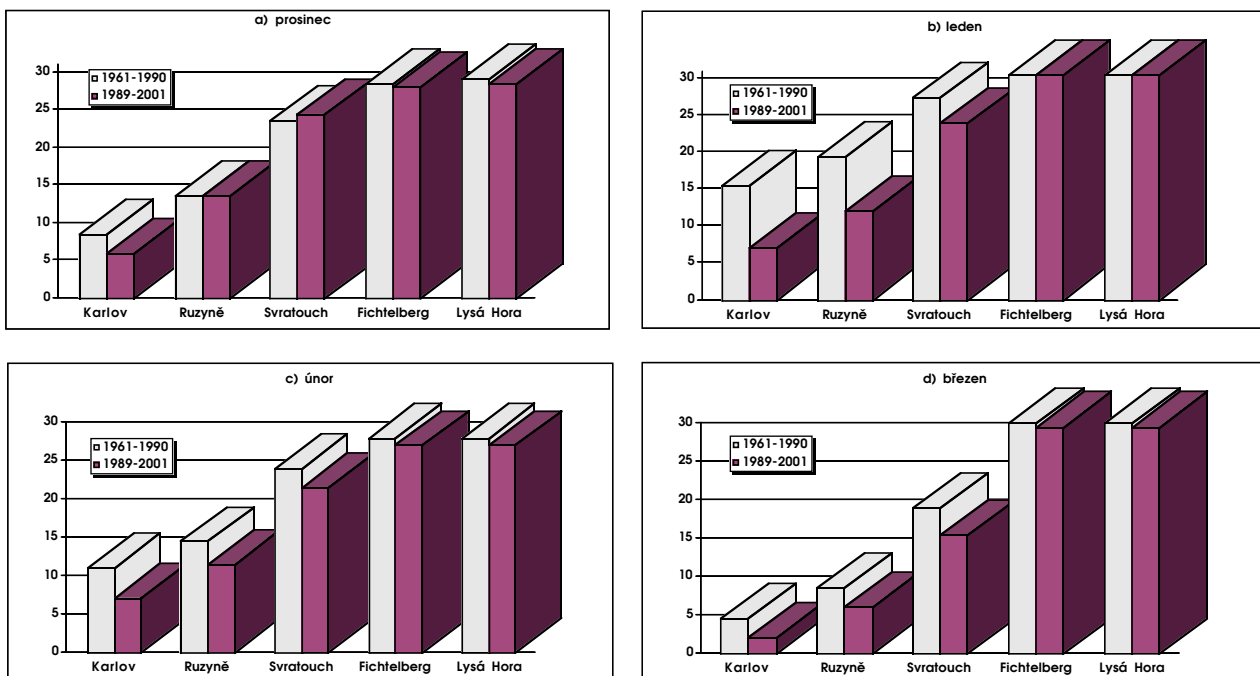
advekcí vzduchu, je nejlépe změny sledovat pomocí všeobecné cirkulace s využitím typizace počasí nad územím České republiky. Rozbor jednotlivých synoptických situací za období 1960–2001 je prezentován v tabulce 3. Některé situace se v zimním období vyskytují zřídka nebo mají nepatrný vliv při hodnocení zimních měsíců. Naopak jiné se vyskytují poměrně často a určují charakter počasí v jednotlivých měsících. Výběr takovýchto synoptických situací obsahuje obrázek 7. Dominantní synoptické situace jsou ve sledovaném období západní cyklonální (Wc) a brázd nízkého tlaku (B). V prvním případě ve všech zimních měsících v období 1989–2001 došlo ke vzestupu počtu dnů, v druhém naopak k jeho poklesům. Tendence výrazného poklesu má ve všech měsících i východní anticyklonální situace (Ea). Pokles s výjimkou prosince zaznamenává i východní cyklonální (Ec) a s výjimkou února i severozápadní cyklonální situace (NWc). Naopak slabý vzestup s výjimkou prosince zaznamenává anticyklonální situace.

V zimě je teplota vzduchu ve 2 m při Wc situaci z hlavní části ovlivněna advekcí a při západním proudění je přiváděn na naše území relativně teplý vzduch. V důsledku poklesu počtu dnů s východními situacemi (Ec a Ea) se do střední Evropy dostává méně často studený vzduch z prochlazené pevniny. K všeobecnému vzestupu teploty vzduchu na horách



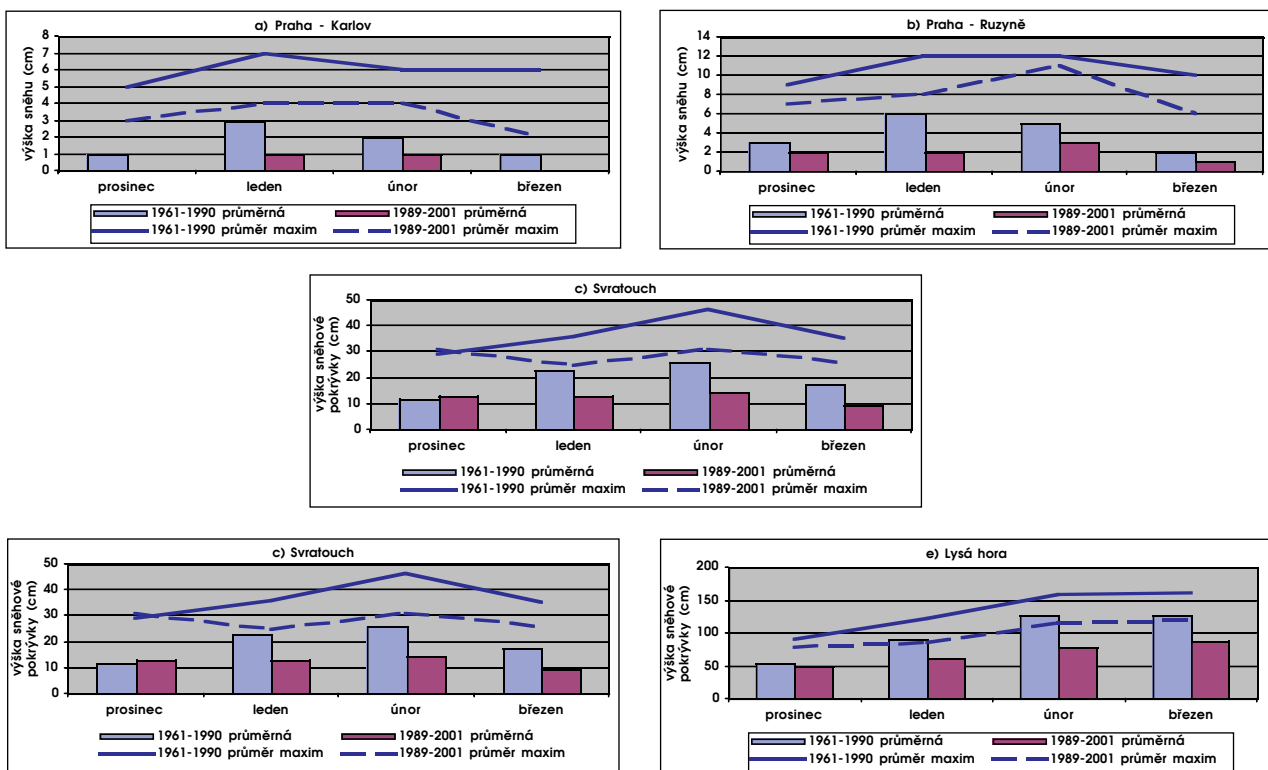
Obr. 2 Průměrná měsíční teplota vzduchu.

Fig. 2. Average monthly air temperature.



Obr. 3 Průměrný počet dnů se sněhovou pokrývkou.

Fig. 3. Average number of days with snow cover.



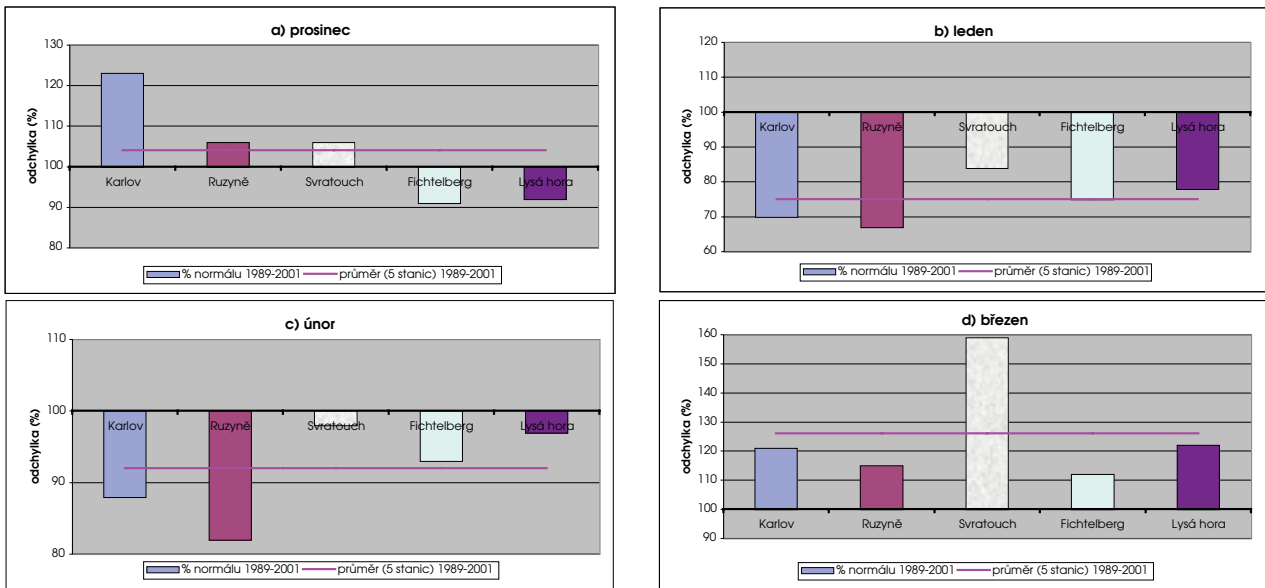
Obr. 4 Průměrná výška sněhové pokrývky a průměr měsíčních maxim výšky sněhové pokrývky.

Fig. 4. Average depth of snow cover and an average of monthly maxima of the snow cover depth.

přispívá i větší počet dní s anticyklonální situací (s výjimkou prosince). V zimě, kdy má při této situaci značnou převahu teplá advekce, je odchylka na horách vždy kladná. V nížinách ve sledovaném období, díky většímu počtu  $W_c$  (častější

výskyt silnějšího proudění), menšímu počtu východních situací (méně vychlazená přízemní vrstva) a také čistšímu vzduchu (menší počet kondenzačních jader) dochází k méně častým výskytům inverzních situací. Přitom se záporná tep-





Obr. 5 Měsíční odchylka srážek za období 1989–2001 v porovnání s normálem 1961–1990 (100 %).

Fig. 5. Monthly deviation of precipitation for the period 1989–2001 in comparison with the normal 1961–1990 (100 %).

lotní odchylka, která je v důsledku silných přízemních inverzí v nížinách největší, zmenšuje. Daleko menší pokles teploty vzduchu ve 2 m v prosinci lze vysvětlit jen díky nepatrnému vzestupu Wc situace, a naopak oproti jiným měsícům téměř dvojnásobným vzestupem Ec a poklesem A situace.

Hodnocení srážek je v podstatě komplikovanější než u teplot. Množství srážek při různých situacích je ve velké míře ovlivněno orografií a postupem frontálních systémů. To znamená, že při jiném výběru stanic se závěry budou (mohou) lišit. Výrazný pokles množství srážek v Praze (největší ze všech stanic) je v lednu a v únoru pravděpodobně z velké části způsoben zvýšením počtu dnů s Wc na úkor jiných více srážkových situací. Menší počet dnů s Ec situací má za následek i menší množství srážek v oblasti Beskyd a na Českomoravské vrchovině. Zvětšený počet dnů s A situací přispívá k všeobecnému poklesu množství srážek na celém území a částečně kompenzuje zvýšení srážek v Krušných horách a v Beskydech při větším počtu Wc situace. Rozdíl mezi lednovými a únorovými sráž-



Obr. 6 Průměrná měsíční teplota vzduchu v hladině 850 hPa (Praha-Libuš).

Fig. 6. Average monthly air temperature at the 850 hPa level (Praha-Libuš).

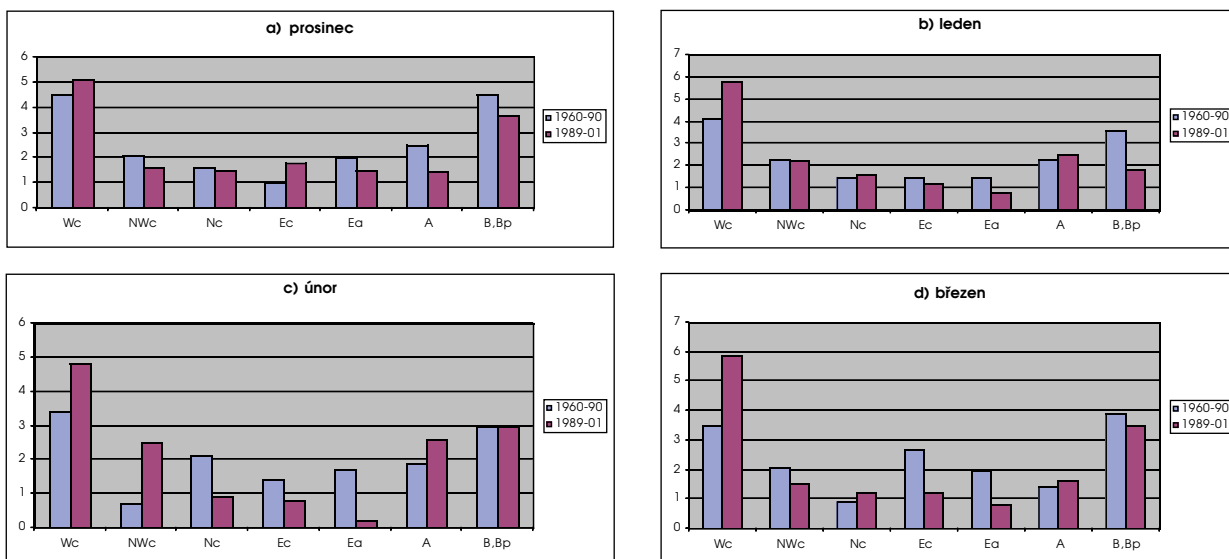
kami lze vysvětlit menším výskytem dnů s B situacemi v lednu, a naopak větším počtem NWc situace v únoru přinášejících více srážek, zvláště v oblasti Krušných hor a Beskyd. V březnu, při zachování všeobecného trendu četnosti synoptických situací, má výskyt a zejména množství srážek jiné rozložení, což souvisí se skutečností, že měsíc březen už přebírá některé charakteristiky jarního měsíce.

Tab. 3 Rozbor synoptických situací – průměrný počet dnů s jednotlivými situacemi za období 1961–1990 a 1989–2001.

Table 3. Analysis of synoptic situations – average number of days with individual situations for the period 1961–1990 and 1989–2001.

	Wc	Wcs	Wa	Wal	NWc	Nwa	Nc	Nec	Nea	Ec	Ea	Sec	Sea	Sa	SWc1	SWc2	SWc3	Swa	B	Bp	Vřz	C	Cv	A	Ap1	Ap2	Ap3	Ap4	
<b>prosinec</b>																													
1961-1990	4,5	1,8	1,2	0	2,1	0,6	1,6	0,7	0,6	1	2	1	0,5	0,3	0,1	1,7	0,8	0,8	3,1	1,4	0,7	0,5	0,3	2,5	0,1	0,7	0,5	0,1	
1989-2001	5,1	1,4	0,2	0	1,6	0,2	1,5	2	0,5	1,8	1,5	1	1,1	0,5	0,5	2,4	1,2	0,3	2,1	1,6	0,9	1	0,2	1,4	0,4	0,5	0,4	0	
<b>leden</b>																													
1961-1990	4,1	0,8	1	0	2,3	0,6	1,5	1,4	0,4	1,5	1,5	1	1,4	0,5	0,7	1,3	1,3	0,7	2,5	1,1	1,3	0,2	0,3	2,3	0,2	0,6	0,3	0,2	
1989-2001	5,8	0,7	1,2	0	2,2	0,7	1,6	1,4	1,1	1,2	0,8	1,3	1	0,8	1	1,8	0,9	0,9	0	1,8	0,2	0,2	0,2	2,5	0,3	0,9	0,5	0,3	
<b>únor</b>																													
1961-1990	3,4	1,7	0,3	0	0,7	0,4	2,1	1,3	0,6	1,4	1,7	1,9	1,1	0,6	0,4	0,7	0,9	0,5	2	1	1,3	1	0,2	1,9	0,1	0,3	0,5	0,3	
1989-2001	4,8	1,8	1	0	2,5	0,2	0,9	1,2	0,5	0,8	0,2	0,8	0,5	0,2	0,8	1,5	0,2	0,8	0,8	2,2	1	0,6	0	2,6	0,5	1,1	0,6	0,1	
<b>březen</b>																													
1961-1990	3,5	1,3	0,9	0,1	2,1	0,9	0,9	1	0,3	2,7	2	1,2	0,8	0,4	0,3	1,8	1,2	0,8	2,8	1,1	0,9	0,5	0,3	1,4	0,4	0,8	0,2	0,2	
1989-2001	5,9	2,2	0,5	0,2	1,5	0,2	1,2	1,8	0,5	1,2	0,8	0,6	1,2	0,4	1,3	0,4	0,2	0,2	1,2	2,3	2,2	0,8	0,4	1,6	0,5	1,5	0,2	0,2	





Obr. 7 Průměrný počet dnů s vybranými synoptickými situacemi v ČR v jednotlivých měsících za období 1989–2001 v porovnání s obdobím 1961–1990.

Fig. 7. Average number of days with selected synoptic situations in CR in individual months for the period 1989–2001 in comparison with the period 1961–1990.

#### 4. ZÁVĚR

V průběhu posledního desetiletí evidentně nastaly změny ve všeobecné zimní cirkulaci nad střední Evropou. Rozbor této práce, který se nezabývá zkoumáním jejich globálních příčin (skleníkové plyny, sluneční aktivita, spolupůsobení oceán-pevnina, globální oteplování...), ukazuje, že tyto změny mají výrazný dopad na počasí u nás.

Všeobecný vzestup počtů teplejších a pokles chladnějších situací v kombinaci s jinými faktory vede k mírnému až silnému vzestupu teploty vzduchu ve sledovaném období. Průměrná měsíční teplota vzduchu ve 2 m se zvedla na všech stanicích, nejvíce v lednu, nejméně v prosinci. V důsledku toho se od středních poloh teplotní vrchol zimy posunul z ledna na začátek zimy, tedy do prosince – měsíce zimního slunovratu, nikoli do února, jak by mnozí mohli očekávat. Při pokračování těchto trendů je otázkou času, kdy toto bude platit i pro níže položená města v republice.

Množství srážek je v přímé souvislosti s rozložením synoptických situací. Z rozboru můžeme konstatovat celkový pokles srážek v lednu a únoru, tedy v měsících s největším vzestupem teploty vzduchu. Dále z uvedených údajů jednoznačně vyplývá, že ve zmiňovaném období od r. 1989 do r. 2001 došlo k poměrně výraznému poklesu výšky sněhové pokrývky, zejména v lednu a březnu, méně již v únoru a nejméně v prosinci. Jinak se u nás vyskytly zimy chudé na sníh i v dávné minulosti, nebyly však tak četné jako v posledních letech. Kromě již zmíněných faktorů, jako je vzestup teploty vzduchu a pokles množství srážek, k výraznému poklesu výšky sněhové pokrývky určitě přispívá i větší četnost dešťových srážek na úkor sněhových. Ani sněhové charakteristiky jako je měsíc s nejvyšší průměrnou nebo maximální výškou sněhové pokrývky nezůstávají mimo tyto vlivy. V Praze (nižší

polohy) se tyto charakteristiky posouvají z ledna do měsíce února a změny lze sledovat i v jiných polohách.

Na úplný závěr se pokusme promítnout tyto poznatky do možného budoucího vývoje počasí v České republice. Bude-li pokračovat tento trend, v nejbližší době můžeme očekávat další změny jak počasí, tak i podnebí u nás. Přitom je velmi pravděpodobné, že se teplotní změny časem projeví i v prosinci, tedy v měsíci, kterého se dosavadní změny příliš nedotkly.

Sněhová pokrývky se bude i nadále zmenšovat, a to ve všech polohách, souvislá sněhová pokrývky (nikoli sněhové srážky) se ve vnitřních částech Prahy může stát i raritou. Období bez sněhové pokrývky, a to i na horách, se budou prodlužovat, sníh jako meteorologický jev bude méně častý. To ovšem neznamená, že některé z následujících zim nemohou být bohaté na sníh, jen jeho četnost se bude i nadále zmenšovat. Dále lze předpokládat, že počasí bude mít pokračující trend k extrémům. To se odrazí ve zvýšeném počtu teplotních rekordů maximálních teplot vzduchu a zejména v projevech počasí; tedy v zimním období můžeme očekávat častější výskyt bouřek (možná i výraznějších), silnější větry a následně závěje a sněhové kalamity, popř. zvýšený počet povodňových situací.

#### Literatura

- [1] Brádka, J. – Dřevíkovský, A. – Gregor, Z. – Kolesár, J.: Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. 1. vyd. Praha, Polygrafia 1961. 32 s.

Lektor RNDr. J. Pavlík, rukopis odevzdán v červnu 2002.

# VZOROVÝ LOKÁLNÍ VAROVNÝ PROTIPOVODŇOVÝ SYSTÉM PRO OBEC OLEŠNICE V ORLICKÝCH HORÁCH

**Exemplary local early-warning anti-flood systems in Olešnice in the Orlické hory Mts.** Early-warning anti-flood local experimental system in Olešnice in the Orlické hory Mts. (NE Bohemia) is described in the paper. This fully automatic system was experimentally built by the Czech Hydrometeorological Institute and is intended to provide an early-warning service in relatively small catchment areas. It is based on the combination of automatic rain gauge and water level measurements with continual monitoring and data evaluation. If threshold values (precipitation intensity, precipitation amounts, water level) are reached or exceeded, the system warns of the possible danger of flood, via screen messages or SMS messages.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** systém varovný protipovodňový

V březnu 2002 byl za účasti zástupců orgánů státní správy, místní samosprávy, vedení ČHMÚ, Hasičského záchranného sboru, spolupracujících organizací, firmy Meteoservis Vodňany a pozvaných sdělovacích prostředků uveden oficiálně do provozu vzorový lokální varovný protipovodňový systém pro obec Olešnice v Orlických horách.

## 1. ÚVOD

Při soužití člověka s přírodou může působením přírodních živlů vzniknout řada extrémních situací, kterým člověk není a asi nikdy nebude schopen zcela vzdorovat.

K nejčastěji se vyskytujícím přírodním katastrofám na území České republiky, způsobujícím značné materiální škody a mnohdy i ztráty na lidských životech, se řadí povodně.

Přestože absolutní ochrana před povodněmi neexistuje, je přesto nezbytné se před povodněmi chránit a jejich škodlivé účinky co nejvíce omezovat. Včasná informovanost a upozornění na zvýšenou pravděpodobnost vzniku povodně a následné varování před blížícím se povodňovým nebezpečím je základním předpokladem pro dosažení potřebné efektivnosti prováděných opatření s cílem minimalizovat materiální škody a vyloučit ztráty na lidských životech.

## 2. LOKÁLNÍ VAROVNÝ SYSTÉM PROTIPOVODŇOVÉ OCHRANY NA MALÝCH POVODÍCH

V průběhu posledních let prakticky do současnosti byly a jsou připravovány a uváděny do provozu ucelené předpovědní systémy na významných vodních tocích s použitím deterministických modelů, analýz historických povodní a bohatých podkladových souborů dat z pravidelně a dlouhodobě prováděného monitoringu, které by měly sloužit k ochraně sídelních útvarů na těchto tocích nebo v jejich blízkosti.

Otevřena však zůstávala otázka řešení protipovodňové ochrany menších sídelních útvarů, tzv. nárazových obcí, především v horských a podhorských oblastech, které se tak trochu ocitly mimo centrum zájmu.

S ohledem na tuto skutečnost přijalo vedení ČHMÚ rozhodnutí uvolnit potřebné finanční prostředky na řešení této problematiky a pověřilo pobočku ČHMÚ v Hradci Králové výběrem vhodné lokality, zpracováním zadání, zajištěním výběrového řízení na dodavatele technologie a vlastní realizací vzorového varovného systému protipovodňové ochrany na vybraném povodí.

Pro malá povodí o plochách přibližně do 50 km<sup>2</sup>, přede-

vším v horských a podhorských oblastech, kde doba postupu povodňové vlny se čítá od několika desítek minut po několik málo hodin, byl přijat ideový záměr navrhnout a vybudovat technicky jednoduchý, dostatečně výkonný a funkčně spolehlivý varovný systém, který by včas poskytl kompetentním složkám místní samosprávy (povodňovým komisím obcí) potřebné informace o aktuálním vývoji srážkoodtokové situace v zájmovém povodí. Současně byly stanoveny následující základní obecné požadavky, které by měl navržený lokální varovný systém splňovat :

- technicky jednoduchý, dostatečně výkonný, vysoce spolehlivý a s ohledem na finanční možnosti většiny obcí cenově dostupný systém měření, sběru a distribuce dat, který by plně automaticky sledoval množství, intenzitu srážek a vodní stav na toku a přenášel tyto informace do sběrného (řídícího) centra,
- pro zajištění potřebného časového předstihu pro varování před nebezpečím povodně je třeba, aby systém plně automaticky v případě překročení zadaných limitních hodnot sám bezprostředně aktivoval výkonné složky určené místní samosprávou,
- systém by měl pracovat více méně bezobslužně s předpokladem provádění servisních kontrol maximálně dvakrát ročně,
- minimální energetická náročnost a nízké provozní náklady,
- předpokládaná životnost systému 10–15 let.

## 3. VÝBĚR ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ A UMÍSTĚNÍ MĚŘICÍCH STANIC

Při výběru zájmového území a obce, pro kterou měl být navržen a vybudován vzorový lokální varovný protipovodňový systém, byla naše pozornost zaměřena na oblast severozápadní části Orlických hor a jejich podhůří, která byla v červenci 1998 postižena katastrofální povodní, způsobenou přívalovými srážkami mimořádné intenzity.

Po vyhodnocení výsledků terénních šetření a s přihlédnutím k velikosti a poloze jednotlivých obcí jsme se ve finální fázi rozhodovali mezi obcemi Kounov (povodí Dědiny) a Olešnice v Orlických horách (povodí Olešenky), kde byla současně v této záležitosti zahájena jednání s představiteli těchto obcí.

Konečné rozhodnutí zásadním způsobem ovlivnilo přizvání zástupců hradecké pobočky ČHMÚ na vstupní jednání záměru vybudovat varovný protipovodňový systém pro ucelené povodí Dědiny o ploše větší než 300 km<sup>2</sup>. Realizace tohoto záměru byla zadána a.s. DHI Hydroinform Praha.

Po tomto jednání mohla být již naše pozornost plně soustředěna na řešení vzorového lokálního varovného systému protipovodňové ochrany pro obec Olešnice v Orlických horách v horní části povodí Olešenky.

Obec Olešnice v Orlických horách, jak již bylo uvedeno, se nachází v severozápadní části Orlických hor na území okresu Rychnov nad Kněžnou a se svými více než 500 obyvateli se řadí k největším obcím v této oblasti. Obcí protéká říčka Olešenka, která je významným levostranným přítokem řeky Metuje.

Plocha zájmového povodí Olešenky nad závěrovým profilem v Olešnici v Orlických horách, který byl stanoven v upravené části koryta toku v bezprostřední blízkosti základní školy, představuje ca 10 km<sup>2</sup>. Nejvyšším bodem v povodí je kóta Vrchmezí 1084 m n.m., nejnižším pak stanovený závěrový profil na Olešence v nadmořské výšce 600 m n.m. Ze základních hydrografických charakteristik povodí stojí za zmínku spád údolí, větší než 10 % a charakteristika povodí 0,49, která upozorňuje na výrazně vějířovitý tvar povodí a odráží skutečnost, že bezprostředně nad obcí dochází k soutoku dvou přibližně stejně vodních toků vlastní Olešenky a Bělidla.

Tyto z pohledu povodňového nebezpečí nepříznivé charakteristiky částečně kompenzuje vysoký podíl zalesněných ploch v povodí. Zalesněnost zde dosahuje téměř 80 %.

S ohledem na plochu a tvar povodí a s přihlédnutím k poloze zájmové oblasti bylo rozhodnuto pro účely varovného systému zřídit dvě automatické srážkoměrné stanice a jednu vodoměrnou stanici s automatickým sledováním výšky hladiny vodního toku.

Při výběru lokalit pro umístění automatických stanic byl současně s reprezentativností umístění měřicích stanic kladen důraz na možnost zabezpečení ochrany zařízení, blízkost zdrojů elektrické energie, snadnou dostupnost v terénu a možnost pravidelného provádění vizuální kontroly technického stavu zařízení s frekvencí minimálně třikrát týdně.

Zřízení vodoměrné stanice s automatickým sledováním výšky vodní hladiny bylo navrženo v upravené části koryta Olešenky v blízkosti budovy základní školy.

Základní automatickou srážkoměrnou stanicí bylo rozhodnuto instalovat na lokalitě „Čihalka“ v nadmořské výšce 755 m n.m. u č.p. 226. U této stanice byl navržen celoroční provoz. Vybavení stanice mělo být dokončeno do standardu srážkoměrných stanic státní pozorovací sítě, jejíž součástí se tato stanice měla stát.

Zřízení druhé automatické srážkoměrné stanice – doplňkové – bylo navrženo v oploceném areálu obecního vodojemu v Ruském údolí v nadmořské výšce 660 m n.m. Tato stanice byla určena pouze pro sezonní provoz přibližně od dubna do října. Význam doplňkové srážkoměrné stanice by měl spočívat v upřesnění množství a intenzity, především přívalem srážek spadlých na dané povodí.

Vzorový lokální varovný protipovodňový systém byl zkušebně uveden do provozu v létě 2001, oficiálně byl spuštěn 25. 3. 2002. Po problémech se slabým signálem mobilních stanic byly vyzkoušeny mobilní sítě EuroTel a Peagas (nyní T-Mobile). EuroTel se v uvedené lokalitě neosvědčil a pro slabý signál i přes použití směrových antén a zesilovačů nebylo možno zabezpečit trvale kvalitní signál. Mobilní síť Paegas v uvedené lokalitě byla rovněž na slabší úrovni, ale po použití směrových antén a zesilovačů byl u tohoto ope-

rátora signál dostačující. Po vyřešení problému s přenosy dat systém pracoval dobře a na předem stanovené limity reagoval podle zadaných kritérií.

Umístění sběrného (řídícího) centra bylo projednáno a dohodnuto v budově Obecního úřadu v Olešnici v Orlických horách.

#### 4. VYHLÁŠENÍ VÝBĚROVÉHO ŘÍZENÍ

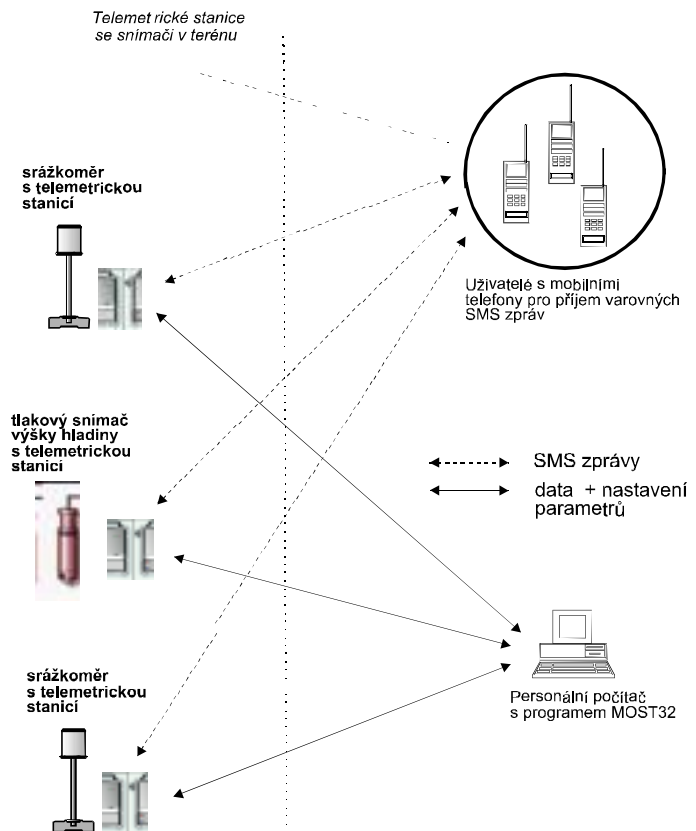
Výběrové řízení bylo vyhlášeno na jaře roku 2000. Do výběrového řízení se přihlásily firmy Noel a Meteoservis Vodňany ve spolupráci s firmou Fiedler – elektronika pro ekologii. Obě firmy nabídly obdobné řešení v souladu se zadáním ČHMÚ. Firma Noel navrhla řešení přenosu dat pomocí rádiových sítí, firma Meteoservis navrhla řešení přenosu dat pomocí sítí mobilních telefonů. Vzhledem k tomu, že v obci Olešnice v Orlických horách není pracoviště s celodenním provozem, nebylo možné použít rádiových sítí, kde je nutnost pracoviště s celodenním provozem a současně je limitující dosah těchto rádiových sítí. U mobilních sítí je možné informace a varování na překročení stanovených limitních hodnot předávat uživateli ať se nachází kdekoli na území pokrytém signálem daného operátora. Současně si uživatel může kdykoliv ověřit a upřesnit získané informace pomocí zpětných dotazových SMS zpráv.

Ve výběrovém řízení nakonec zvítězila firma Meteoservis Vodňany.

#### 5. SLOŽENÍ SYSTÉMU

Systém tvoří následující základní části:

- snímače (srážkoměry, snímače výšky vodní hladiny)



Obr. 1 Schéma lokálního automatického protipovodňového systému pro obec Olešnice v Orlických horách.

Fig.1 Scheme of the automatic local early-warning system in Olešnice in the Orlické hory Mts.

- telemetrická stanice v terénu s napájením z nezávislého zdroje
- komunikační prostředky
- personální počítač s programovým vybavením MOST 32
- další varovné a podpůrné prostředky – např. akustická siréna, výstupní reléové jednotky, zdroje napájení – větrné elektrárny, sluneční články, apod.

## 6. SNÍMAČE

Základní sestavu snímačů pro varovný systém tvoří srážkoměr, měřící množství spadlých srážek, a snímač výšky vodní hladiny. Zde musíme zdůraznit nutnost výběru vhodných míst pro montáž obou snímačů z pohledu správné vypovídací hodnoty naměřených dat. Srážkoměr by měl být instalován v místě, odkud stékání dešťové vody ovlivní stav toků v údolí a rovněž snímač výšky vodní hladiny musí být instalován na vhodném místě horní části toku, kde výrazné zvýšení hladiny signalizuje nebezpečí povodně v nižších polohách.

V systému může být instalováno více snímačů na různých místech. Srážkoměr může být určen pouze pro měření tekutých srážek nebo může být vytápěn i pro měření tuhých srážek v zimním období. V případě vytápěných srážkoměrů je nutný zdroj nn 230V /50Hz v blízkosti instalace. Snímač výšky vodní hladiny může být tlakový pro instalaci přímo do vodního toku, nebo ultrazvukový, měřící výšku vodní hladiny z prostoru nad hladinou (můstek přes tok apod.). Pro varovný systém mohou být využity i jiné snímače – např. průtokoměry.

### 6.1 Umístění snímačů srážek

Snímače pro měření srážek byly umístěny nad obcí Olešnice v Orlických horách na dvou místech:

- na Čihálce, 755 m n.m., 50°22'33" z. š., 016°21'23" z. d., stanice byla současně zařazena do základní sítě srážkoměrných stanic ČHMÚ a je určena pro celoroční provoz,
- vodárna, 660 m n.m., 50°21'58" z. š., 016°19'39" z. d., slouží jako doplňková stanice pouze pro letní provoz (na zimní období se tato stanice zakonzervuje).

### 6.2 Umístění snímače výšky vodní hladiny

Snímač pro měření výšky vodní hladiny byl umístěn ve středu obce na říčce Olešenka na mostě u základní školy, 580 m n.m., 50°22'19" z. š., 016°18'39" z. d.

## 7. TELEMETRICKÁ STANICE MG 35

Každý ze snímačů v terénu je napojen na telemetrickou stanici MG35. Stanice je postavena na průmyslovém GSM modulu TC35 firmy Siemens, který spolu s vlastní řídicí mikroprocesorovou jednotkou tvoří celek schopný vlastního samostatného pořizování dat, jejich následnou archivaci a přenos prostřednictvím GSM sítě při současně nízkých energetických nárocích na zdroj napájecího napětí.

K dispozici je 32 kanálů pro měření a archivaci dat. Každý

kanál má soubor samostatných parametrů, včetně vlastního intervalu archivace. Změřené hodnoty se ukládají do datové paměti ve zvolených měrných jednotkách a spolu s daty lze ukládat i texty přijatých a odeslaných SMS zpráv, změny na binárních vstupech, součty proteklého množství, chybové stavy apod.

Bohaté programové vybavení stanice umožňuje automatické zasílání alarmových a informativních SMS zpráv nebo příjem dotazových a řídicích SMS z mobilních telefonů oprávněných osob. Ze stanic MG 35 tak lze jednoduše vybudovat varovný systém nebo rozsáhlou měřicí síť.

Nastavitelné parametry stanice umožňují i jednoduchou autonomní regulaci technologických procesů prostřednictvím výkonových relé.

### 7.1 Datová paměť stanice

Změřené hodnoty vlastních vstupů se v intervalu nastavitelném po minutě ukládají do datové paměti, která pojme až 200 000 změřených hodnot, včetně data a času jejich pořízení. Každý z 32 archivačních kanálů může mít nastaven rozdílný interval archivace.

Datová paměť zaznamenává do deníku i mimořádné události – příjem nebo odeslání SMS zprávy, výskyt chyby, výpadek síťového napájení.

### 7.2 SMS zprávy

S jejich pomocí lze snadno upozornit provozovatele, popř. servisní pracoviště, na dosažení limitní hodnoty na vlastním vstupu, na dotaz kdykoli odeslat aktuální hodnoty (průtok, hladina, množství srážek...), stavy binárních vstupů (narušení objektu, výpadek v napájení) a lze i ovládat jednotlivá výstupní relé spínací reléové jednotky, je-li ke stanici připojena.

Uživatel může nastavit text až 32 různých SMS. Ke každé zprávě je možné vybrat příjemce ze seznamu oprávněných osob. Odeslání zprávy lze podmínit dobou, po kterou musí být splněna aktivační podmínka zprávy (překročení, pokles, změna binárního stavu, chyba měření...).

Nastavení všech parametrů stanice se provádí z programu MOST32. Parametry je možné měnit i na dálku přes GSM síť.

### 7.3 Napájení stanice

Stanice je napájena z akumulátoru, který je v ideálním případě automaticky dobíjen z blízkého zdroje 230V/50Hz. V případě, že není zdroj 220 V/50 Hz k dispozici, je možné dobíjet pomocí slunečního kolektoru nebo větrné elektrárny.

## 8. KOMUNIKAČNÍ PROSTŘEDKY

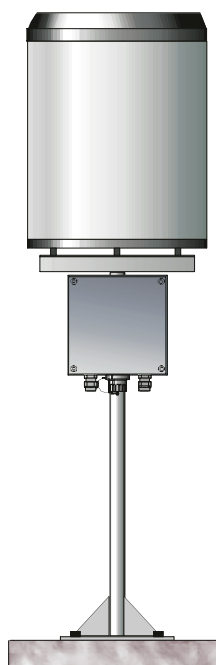
Pro přenos dat a zpráv varovného systému je využita GSM síť. Umožňuje přenášet naměřená data z telemetrických stanic na centrální personální počítač, ale především předávat varovné SMS zprávy na mobilní telefony vybraných uživatelů. Rovněž mohou tito uživatelé zasílat dotazové SMS zprávy na jednotlivé měřicí body a získat aktuální hodnoty.

Pro varovný systém lze obdobným způsobem využít i datovou radiovou síť. Výhodou tohoto řešení je nezávislost na poskytovateli služeb (operátorovi vybrané sítě GSM), tj. relativně stabilní přenosový signál, nevýhodou jsou vyšší investiční náklady a omezený dosah signálu.



Obr. 3 Telemetrická stanice MG 35.

Fig. 3. Telemetric station MG 35.



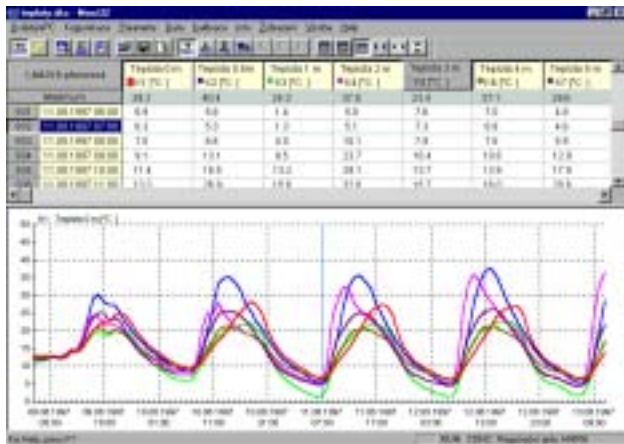
Obr. 2 Automatický srážkoměr.

Fig. 2. Automatic raingauge.



## 9. PERSONÁLNÍ POČÍTAČ A PROGRAMOVÉ VYBAVENÍ MOST 32

Součástí systému je i personální počítač doplněný GSM modemem nebo modemem pro pevnou telefonní síť. Slouží k zobrazení i archivaci dat ze všech měřicích míst a do značné míry i k řízení systému a nastavování jeho parametrů. Veškerou tuto činnost umožňuje program MOST 32, který pracuje v prostředí Windows 95, 98, NT, 2000.



Obr. 4 Obrazovka programu MOST 32.

Fig. 4. Screen of MOST 32 programme.

Program MOST 32 mimo jiné dovoluje:

1. Sběr a ukládání (archivaci) naměřených dat ze všech sběrných míst (součástí zasílaných dat je i deník událostí, tj. data a časy zaslaných SMS zpráv, přijatých dotazových SMS, překročení naměřených limitních hodnot, případně registrovaných událostí, jako je např. otevření skříně stanice, výpadek napájení apod.). Na počítači je možné data zobrazit za vybraná období jak v numerické, tak i v grafické formě.
2. Nastavování parametrů systému
  - nastavení a změnu limitních hodnot měřené veličiny (např. množství srážek za 10 minut nebo prahová hodnota výšky hladiny) pro vygenerování varovné SMS zprávy, a to pro každý kanál telemetrické stanice zvlášť),
  - výběr a změnu čísel mobilních telefonů pro příjem varovných SMS a vysílání dotazových SMS zpráv – komunikace pouze přes heslo,
  - změnu priority SMS zpráv,
  - změnu intervalu ukládání naměřených dat do paměti telemetrické stanice,
  - počet opakování varovných SMS zpráv,
  - nastavení možnosti zasílání periodické zprávy,
  - nastavení intervalu měření okamžitých dat,
  - a další změny v nastavení parametrů systému,
  - pro obec Olešnice v Orlických horách byly nastaveny intenzity srážek zkušebně velmi volně tak, aby byl celý systém v letním období několikrát prověřen. Limity pro vyslání varovných SMS byly stanoveny pro intenzity srážek 10 mm za 15 minut a 20 mm za 1 hodinu. Tyto limity budou postupně zpřísnovány tak, aby co nejvíce odpovídaly hodnotám, kdy srážky způsobí výraznější vzestup hladiny říčky,
  - totéž platí pro nastavení výšky hladiny vody. V současné době podle zkušeností v obci jsou limity na

vyslání varovných SMS zpráv nastaveny na výšky hladiny vody na 30 cm, 40 cm a 55 cm.

3. Informace o stavu systému (mimo již zmíněného deníku událostí i např. stav signálu GSM sítě v místě měřicího bodu).

## 10. PROVOZ PROTIPOVODŇOVÉHO SYSTÉMU

### 10.1 Telemetrická stanice

Základem systému jsou telemetrické stanice MG 35. Registrují jednotlivé pulzy od srážkoměru nebo v nastaveném intervalu měří výšku hladiny, případně další hodnoty. Ve svém řídicím programu mají uloženy jako nastavitelný parametr limitní hodnoty srážek (sumu za nastavený interval archivace), limitní hodnoty stavu hladiny a některé další alarmy (otevření dvířek skřínky, stav nabití akumulátorů) apod. U srážek jsou v normálním provozu zaznamenány všechny pulzy spolu s datem a časem, u měření hladiny vody je měření prováděno jednou za zvolenou dobu (např. 15 minut).

### 10.2 Pravidelné načítání dat

Pokud nedojde k překročení nastavených limitních stavů, ukládají se data do vnitřní paměti komunikátoru a na vyžádání z centra (např. personální počítač na obecním úřadu – nemusí být trvale zapnut) se odešlou do počítače data za vyžádané období. Program MOST32 totiž eviduje pro každou stanici čas jejího posledního načítání a při novém čtení si řekne pouze o zaslání nově změřených hodnot.

V centru probíhá celá záležitost tak, že po spuštění programu MOST32 a po příkazu k ručnímu stažení dat (stiskem jedné ikony) obvolá program jednotlivé stanice (postupně všechny nebo jen jednu vybranou) a přidá do příslušných souborů na disku počítače poslední dosud neuložená data. Současně s uložením dat dojde i k aktualizaci grafů a tabulek, které jsou součástí vizualizačního prostředí programu MOST32.

### 10.3 Volání při alarmu na mobilní telefony

Pokud dojde k překročení některé z nastavených limitních hodnot nebo k jinému předem definovanému nestandardnímu stavu (pokud je limitů více, lze nastavit chování systému pro každý limit zvlášť), vyšle komunikátor SMS zprávu na mobilní telefony vybraných uživatelů. Uživatelé jsou upozorněni na alarmující stav a mohou učinit potřebná opatření včetně zajištění trvalého provozu řídicího počítače, který začne v přednastavených intervalech automaticky načítat poslední naměřená data z telemetrických stanic spolu se zprávami deníku událostí a umožňuje tak obsluze udržet si přehled o aktuálním stavu množství srážek nebo hladin toků, popř. stavu telemetrických stanic.

Uživatel má možnost i přímo z místa, kde obdržel SMS zprávu, pomocí svého telefonu prostřednictvím SMS zprávy se dotázat příslušné telemetrické stanice na další, předem zvolené informace (např. obdrží zprávu o velikosti a o trendu alarmové veličiny, může obdržet sumu srážek za určité období a může se dotázat na okamžitý stav hladiny vody na toku apod.). Při překročení nastavených limitů může datový komunikátor zvětšit četnost měření (snímání hladiny) a po skončení tohoto stavu se opět vrátí do původního režimu.

Pro příjem SMS zpráv doporučujeme více uživatelů (např. starosta, hasiči apod.), aby v případě výpadku jednoho z nich nedošlo k pozdnímu nahlášení alarmujícího stavu. V mobilních telefonech je možno mít již předem připravené dotazové SMS zprávy a v nastalé situaci pak stačí vhodnou dotazovou SMS zprávu pouze vybrat ze seznamu, odeslat, a tím získat upřesnění situace (např. aktuální stav). Volaná telemetrická



Obr. 5 Automatický výsuvný srážkoměr na Číhalce v Olešnici v Orlických horách.

Fig. 5 Automatic telescopic rain gauge at Číhalce in Olešnice in Orlické hory Mts.



Obr. 6 Měřicí místo výšky vodní hladiny u základní školy v Olešnici v Orlických horách.

Fig. 6 Water level measuring profile near to the school in Olešnice the Orlické hory Mts.

stanice odpovídá pouze na zprávy oprávněných uživatelů (pozná je podle telefonního čísla volajícího mobilního telefonu) nebo na zprávy opatřené heslem. Obě zabezpečení lze kombinovat.

## 11. ZÁVĚR

Vzorový lokální varovný protipovodňový systém pro obec Olešnice v Orlických horách byl navržen a realizován s celkovými finančními náklady ve výši ca 200 000,- Kč.

Ve své podobě umožňuje tento systém příslušným orgánům místní samosprávy získat včasnou informaci o základních hydrometeorologických podmínkách v zájmové oblasti při ohrožení povodněmi, především z přívalových srážek.

Získaný časový předstih varování před povodňovým nebezpečím dává složkám krizového řízení možnost v souladu s povodňovým plánem obce přijmout taková opatření, která by minimalizovala škody na majetku a především ztráty na lidských životech.

Je však nezbytné si uvědomit, že pro výsledný efekt funkce lokálního varovného protipovodňového systému má vedle trvalé a plnohodnotné funkčnosti technologické části systému zásadní význam trvalá zainteresovanost provozovatele varovného systému, kterým je obec, na jeho řádné funkci a výstupch.

Pro všechny další případné zájemce o zřízení lokálních varovných protipovodňových systémů ze strany obcí je ČHMÚ připravena přispět radou a pomocí při výběru lokalit pro umístění měřicích stanic a stanovení limitních hodnot.

## Literatura

- [1] Stručný popis varovného protipovodňového systému. Me-teoservis Vodňany 2002.

Lektor RNDr. J. Strachota, rukopis odevzdán v červenci 2002.

## ZMĚNY V EXTRÉMNÍM POČASÍ A KLIMATICKÝCH JEVECH

Ve dnech 11.–13. června 2002 byl Mezivládním panelem pro klimatickou změnu (IPCC) uspořádán v Pekingu workshop Změny v extrémním počasí a klimatických jevech (Changes in Extreme Weather and Climate Events), kterého se zúčastnilo přes 100 odborníků z 51 zemí světa. Cílem jednání bylo připravit doporučení týkající se problematiky meteorologických a klimatologických extrémů pro zpracování čtvrté zprávy pracovní skupiny I (WG I) IPCC o stavu světového klimatu k roku 2005.

Bezchybně připravené jednání v prostorách Čínské meteorologické služby zahájil odstupující předseda WG I prof. Ding Yihui (Čína), na kterého navázali uvitacími projevy Deng Nan, náměstkyně čínského Ministerstva vědy a technologie, sir John Houghton (Velká Británie), odstupující předseda WG I, a dva nově nastupující předsedové této pracovní skupiny, dr. Susan Solomon (USA) a prof. Qin Dahe (Čína). Po uvitacích projevech odeznělo první den 17 vyžádaných referátů. D. B. Stephenson (Velká Británie) se věnoval metodám statistického zpracování extrémů. L. J. Mata (Venezuela) hovořil o potřebě modelových projekcí a typech extrémů v impaktních studiích. Ding Yihui se věnoval problematice písečných a prachových bouří ve vztahu ke klimatické změně

ve východní Asii. P. Jacobs (Holandsko) referoval o problematice bouřlivých vzduchů mořských vod a ochraně proti nim. O současných trendech teplot vzduchu a srážek v Evropě se zmínil A. Klein Tank (Holandsko). Extrémy teplot a srážek podle pozorování a simulované AMIP modely porovnával F. W. Zwiers (Kanada). C. Senior (Velká Británie) pak hovořila o modelování změn v extrémních jevech. Problematika teplotních extrémů byla obšírně diskutována T. C. Petersonem (USA). J. Räisänen (Švédsko) prezentoval modelové simulace změn sezonních srážkových extrémů podmíněných růstem CO<sub>2</sub>. Klimatologii a modelování tornád, velkých krupobití a silných větrů byl věnován referát H. E. Brookse (USA). D. Camuffo (Itálie) uvedl poznatky o kolísání vybraných meteorologických extrémů v oblasti Středozemního moře. C. Price (Izrael) hovořil o globálním družicovém monitoringu blesků a o možnosti využití metody tzv. Schumannovy rezonance. Další blok referátů se věnoval tropickým a mimotropickým cyklonám. Tak T. Knutson (USA) se zmínil o perspektivách v monitoringu tropických cyklon a v dalším referátu o modelování dopadů budoucího oteplování na jejich aktivitu. M. T. Montgomery (USA) se zabýval otázkou pochopení extrémní intenzity tropických cyklon. N. Graham

*Pokračování na str. 144*

# PŘÍČINNÝ DĚŠŤ A POVODNĚ NA BLANENSKU A ŽDÁRSKU V ČERVENCI 2002

**Causal rainfall and floods in the Blansko and Žďár regions in July 2002.** On 15 July 2002 there occurred in Moravia on the catchment boundary between the rivers Svratka and Svitava in the districts of Blansko and Žďár nad Sázavou an extraordinary torrential rainfall, which caused on the left tributaries of the Svratka and on the right tributaries of the Svitava a voluminous flood wave. The most affected was the catchment of the river Hodonínka (67 km<sup>2</sup>), which is a left tributary of the Svratka. The flood wave hit villages, which are located in this catchment: Olešnice, Crhov, Louka, Křtěnov, Hodonín u Kunštátu (district Blansko), and Štěpánov (district Žďár nad Sázavou). The villages are located on the Upper Svratka Highlands in an elevation of about 550 – 650 m a.s.l., which is a part of the Bohemian-Moravian Highlands. The Hodonínka originates at an elevation of 652 m a.s.l. The average slope of the Hodonínka catchment is 13.2 %. Raingauging station in Olešnice recorded on the 15.7.2002 between 17.30 and 19.00 hours rainfall total of 171.7 mm. It represents the greatest recorded daily rainfall total on the territory of the Morava catchment under the confluence with the Bečva since the beginning of measurements. This torrential rainfall caused a flood wave, which receded approximately at midnight. In the course of twenty minutes, in places where water usually is 10 cm deep, the water surface rose up to 2.5 m deep. According to local inhabitants, where the Hodonínka is usually 2 m wide flowed a river 40 – 50 m wide. Discharge was evaluated in the Hodonínka before its confluence with the Svratka as 110 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, which represents an average return interval greater than 200 years.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** extrémní atmosférických srážek – vlna povodňová – průtok kulminační – Česká republika.

## 1. ÚVOD

Dne 15. července 2002 se vyskytla mezi 17.30 a 19.00 h SELČ na Moravě na rozvodí mezi řekami Svratkou a Svitavou v okresech Blansko a Žďár nad Sázavou mimořádná přívalová srážka, která vyvolala na levostranných přítocích Svratky a pravostranných přítocích Svitavy objemnou povodňovou vlnu. Ve srážkoměrné stanici v Olešnici bylo za tu dobu naměřeno 171,7 mm, což je nejvyšší denní úhrn srážek naměřený na území pobočky Brno (povodí Moravy pod soutokem s Bečvou) od počátku měření. Ráno po povodni dne 16.7.2002 vyjela do zasažené oblasti dvě auta ČHMÚ P-Brno s šesti pracovníky oddělení hydrologie mapovat postiženou oblast, nivelovat průtočné profily, zaměřit stopy maximálních hladin, provést hydrometrická měření, pořídit fotodokumentaci a získat údaje o množství spadlých srážek. Na základě terénního šetření byly kulminační průtoky vyhodnoceny v 10 profilech. Dva profily ve Štěpánově na Hodonínce byly zaměřeny a vyhodnoceny dne 22. 7. 2002. Zpráva o povodni [3] byla vypracována v ČHMÚ P-Brno dne 26. 8. 2002.

## 2. POPIS ÚZEMÍ

Území zasažené povodní se nachází uprostřed Moravy na rozvodí mezi řekami Svratkou a Svitavou, severně od krajského města Brna. Povodní byly nejvíce postiženy obce Olešnice, Crhov, Louka, Křtěnov, Kunštát, Hodonín u Kunštátu, Zbraslavec (okres Blansko) a Štěpánov (okres Žďár nad Sázavou). Obce se nacházejí na Hornosvratecké vrchovině, která je součástí Českomoravské vrchoviny, ve zvlněné krajině s četnými poli, loukami, remízky a s nadmořskou výškou kolem 550–650 m n.m. Vrchy a kopce se spojují v horské hřebeny, které místy prudce spadají do údolí, místy přecházejí poznenáhlu do roviny. Obcemi Olešnice, Křtěnov a Hodonín protéká říčka Hodonínka (povodí Svratky), která pramení ve výšce 652 m n.m. u Nyklovic. V Olešnici se ve středu města vlévá do Hodonínky Veselský potok, který je v obci zatrubněný. Hodonínka ústí ve výšce 340 m n. m. do Svratky ve Štěpánově, kam přitéká z východu. Povodí říčky Hodonínky má plochu 67 km<sup>2</sup>, průměrný sklon povodí Hodonínky je 13,2 %. Obcí Crhov protéká Crhovský potok, který se pod Křtěnovem

vlévá do Hodonínky. Obce Kunštát a Zbraslavec leží v povodí řeky Svitavy.

## 3. VÝVOJ POVĚTRNOSTNÍ SITUACE

V první dekádě července roku 2002 určovala počasí v České republice oblast nízkého tlaku vzduchu nad Severním a Norským mořem a Velkou Británií, kolem níž k nám proudil poměrně teplý vzduch od jihozápadu. Na Moravě srážky většinou spojené s bouřkami nebyly příliš intenzivní. Výraznější přestavba povětrnostní situace nastala 10. a 11. července, kdy se začala ze západní do střední Evropy rozšiřovat tlaková výše, která pak poměrně rychle ustoupila nad Skandinávií. Současně se nad severní Itálií prohloubila tlaková níže a z Balkánu k nám začal (13. a 14. 7.) proudit velmi teplý a vlhký vzduch. V kritický den (15. 7.) se střed tlakové níže skoro ve všech hladinách atmosféry až po tropopauzu rozkládal nad Korsikou. Podle měření radiosondážní stanice Brno vlhkolabilní zvrstvení ovzduší bylo příznivé pro vznik bouřek, avšak indexy lability nebyly nápadně vysoké.

Pro příčinné srážky byl rozhodující vývoj bouřek na Žďánsku, které se vytvořily podle radiolokační informace kolem 16 h SELČ přibližně 20–30 km severně od postižené oblasti. Z nich vytékající studený vzduch podpořil o hodinu později vznik výrazné bouřkové buňky v okolí Olešnice, která se obnovovala téměř na místě a způsobila velké srážky extrémně vysoké intenzity. Teprve od 19.30 h SELČ se bouřková činnost začala přesouvat k jihovýchodu a slábnout. V mělké brázdě nízkého tlaku vzduchu, která k nám zasahovala od jihu, se i v dalším dni (16. 7.) vytvářely četné bouřky provázené lijáky, avšak pohroma z předchozího dne se již neopakovala [3].

## 4. HYDROLOGICKÁ SITUACE

### 4.1. Srážky a průtoky

Před povodňovou událostí byly hladiny vodních toků v této oblasti nízké, vodnosti se od 10. 7. 2002 na horním toku Svratky pohybovaly ve vodoměrné stanici Borovnice na úrovni 250 až 335 denních průtoků. Ve vodoměrné stanici Bílovice nad Svitavou od 10. července 2002 průtoky dosahovaly 240



Tab. 1 Příčinné úhrny srážek dne 15. 7. 2002 podle měření místních obyvatel.

Table. 1. Causal rainfall sums on 15 7 2002 according to measurements by local inhabitants.

Místo	Úhrn srážek v mm
<b>Sychotín</b> (Kunštát) horní část obce u benzinové pumpy	160
<b>Rozseč</b> – horní část obce pod krávinem č. p. 43	103 120
<b>Crhov</b> – horní část obce (4 měření)	141–192
<b>Lamberk</b> (samota nad Olešnicí)	131
<b>Louka</b> č.p. 4	150

až 330denních průtoků. Hladiny byly do 13. 7. setrvalé, 14. 7. došlo k mírnému vzestupu hladin.

Přímo v postižené oblasti není žádná vodoměrná stanice. Na horním toku Svratky nad postiženou oblastí je vodoměrná stanice v Borovnici a Dalečíně, další vodoměrná stanice je pod nádrží Vír. Nejbližší stanice pod zasaženou oblastí je Veverská Bitýška na Svratce. V povodí Svitavy je vodoměrná stanice v Letovicích na Svitavě a v Prostředním Poříčí na Křetíně. V Olešnici je umístěna srážkoměrná stanice pobočky ČHMÚ Brno.

Dne 15. 7. 2002 po přívalových srážkách mezi 17.30 až 19.00 h SELČ vznikla povodňová vlna, která opadla přibližně o půlnoci. Nejvíce byly zasaženy levostranné přítoky říčky Hodonínky: Veselský a Crhovský potok. Přibližně v 19.30 h hlásil starosta v Hodoníně u Kunštátu v místním rozhlasu, že se k Hodonínu žene přívalová vlna od Olešnice. V průběhu dvaceti minut se v místech, kde voda běžně dosahuje 10 cm, zvedla hladina až do výšky 2,5 m. Tato situace trvala asi 4 hodiny. Podle místních obyvatel se Hodonínka v místech, kde jindy dosahuje šířky 2 m, změnila v 40 – 50 m širokou řeku.

V oblasti byly povodňovou vlnou zasaženy toky Hodonínka, Veselský potok, Crhovský potok, Dvorský potok, Loucký potok (povodí Svratky), Petrůvka, Sebránek, Sychotínský potok a Úmoří (povodí Svitavy).

Srážkoměrná stanice v Olešnici znamenala dne 15. 7. 2002 171,7 mm srážek (viz tab. 2). Jednalo se o přívalový déšť s dobou opakování  $N > 200$  let. Srážky se měří v Olešnici od roku 1923. Roční průměrný úhrn srážek za období 1931–2001 je 652 mm, průměrný úhrn srážek v červenci za totéž období je 80 mm. Dosavadní maximální denní srážkový úhrn 89,6 mm byl naměřen v červenci 1997. Nešlo o přívalový déšť, ale o dlouhotrvající mírný déšť.

V tab. 2 jsou uvedeny denní úhrny srážek na Blanensku a v okolí dne 15. a 16. 7. 2002 naměřené ve stanicích ČHMÚ.

Nejbližší vodoměrná stanice se nachází jižně od postižené oblasti ve Veverské Bitýšce na Svratce. Zde se projevila odezva na mimořádnou srážkovou

Tab. 2 Denní úhrny srážek podle pozorování ČHMÚ P-Brno.

Table. 2. Daily rainfall sums according to monitoring by CHMI Brno.

Srážkoměrná stanice	Nadm. výška m n. m.	Denní úhrn srážek 15. 7. 2002 mm	Denní úhrn srážek 16. 7. 2002 mm
<b>Vír</b> 480	27	47,4	
<b>Nedvězí</b> 722	52,4	29,4	
<b>Březová nad Svitavou</b>	375	3,4	34,7
<b>Polička</b> 558	5,2	18,9	
<b>Hradec nad Svitavou</b>	445	1,4	25,5
<b>Letovice</b> 337	9,7	40,4	
<b>Lhota Rapotina</b>	300	.	28,8
<b>Knínice u Boskovic</b>	385	.	34,8
<b>Protivanov</b> 670	0,1	16,7	
<b>Sloup</b> 476	.	22,2	
<b>Blansko</b> 287	.	29	
<b>Synalov</b> 540	16,7	38,2	
<b>Sejřek</b> 520	40,8	59,8	
<b>Štěpánov nad Svratkou</b>	400	15,8	46,5
<b>Úsuší – Čížky</b>	395	0,5	39,2
<b>Kuřim</b> 291	.	32,2	
<b>Velká Bíteš</b> 494	0,0	66	
<b>Skřínářov</b> 565	0,2	56,4	
<b>Bystřice nad Pernštejnem</b>	573	4,1	41,9
<b>Věcov – Jimramovské Pavlovice</b>	550	5,8	31,9
<b>Olešnice</b> 535	<b>171,7</b>	14,7	
<b>Lísek</b> 675	0,0	35	
<b>Nové Město na Moravě</b>	600	10,1	45,9

Tab. 3 Kulminační průtoky dne 15. 7. 2002.

Table. 3. Peak discharges on 15 7 2002.

Číslo profilu	Tok	Hydrologické číslo	Plocha km <sup>2</sup>	Max. průtok Q m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	Max. specifický odtok q m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> .km <sup>-2</sup>	Q <sub>100</sub> m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	Doba opakování roky
<b>Povodí Svratky</b>							
1	Hodonínka nad obcí	4-15-01-048	15,87	8,5	0,536	30	2-5
2	Hodonínka nad Veselským potokem	4-15-01-048	17,65	16	0,907	30,5	10-20
3	Veselský potok	4-15-01-049	5,13	27	5,263	15	> 200
4	Crhovský potok	4-15-01-051	7,96	42	5,276	20	> 200
5	Hodonínka nad Dvorským potokem	4-15-01-052	36,15	76	2,102	43	> 200
6	Dvorský potok	4-15-01-052	3,25	20	6,154	13	> 200
7	Hodonín	4-15-01-052	47,27	110	2,327	50	> 200
8	Štěpánov	4-15-01-054	65,65	110	1,675	60	> 200
9	Štěpánov	4-15-01-054	66,78	110	1,647	60	> 200
<b>Povodí Svitavy</b>							
10	Úmoří Zbraslavec	4-15-02-044	32,10	22	0,685	25,5	50

činnost ze dne 15. 7. 2002 o den později dne 16. 7. 2002 v ranních hodinách. Průtok ve stanici kulminoval v 5.30 h SELČ, dosáhl  $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (přibližně  $Q_1$ ) a byl překročen I. SPA (stupeň povodňové aktivity). Trvání I. SPA bylo 16. 7. 2002 od 2.50 do 9.30 hodin. Objem povodňové vlny činil 1,6 – 1,8 mil.  $\text{m}^3$  vody.

Ve vodoměrné stanici Prostřední Poříčí na Křetínce (povodí Svitavy) se před povodní průtoky pohybovaly okolo  $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Dne 15. 7. 2002 kulminoval průtok ve 21 h velikostí  $4,54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  – průtok menší než jednoletá voda. Ve vodoměrné stanici v Letovicích na Svitavě 15. 7. 2001 byl zaznamenán ve 21 h max. průtok  $1,99 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , což je tedy zvýšení asi o  $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  oproti předcházejícím průtokům.

Větší odezva na přivalový déšť se projevila v povodí Svatky, povodí Svitavy bylo zasaženo podstatně méně. V povodí Svatky se na levostranných přítocích vyskytly maximální průtoky s dobou opakování větší než 200 let, v povodí Svitavy byly nejvíce zasaženy pravostranné přítoky Petrůvka a Úmoří, kde se objevily maximální průtoky s dobou opakování 50 let. Říčka Úmoří je pravostranným přítokem Svitavy až pod vodoměrnou stanicí Letovice.

#### 4.2. Ověření průtoku hydraulickým výpočtem podle Chézyho rovnice

Tok: Hodonínka

Profil: Obec Štěpánov nad Svatkou

##### Vstupní údaje:

Průtočná plocha	$S = 27,6 \text{ m}^2$
omočený obvod	$O = 16,12 \text{ m}$
hydraulický poloměr	$R = 1,712$
sklon hladiny	$I = 0,007$
součinitel drsnosti	$n = 0,030$

Chézyho rovnice pro střední profilovou rychlost  $v_s = C (RI)^{1/2}$ ,  
Průtok  $Q = SC (RI)^{1/2}$

Rychlostní součinitel C je stanoven podle Agroskina  
 $C = 17,72 (K + \log R)$ , kde  $K = 1,88$  [1].

Střední profilová rychlost  
 $v_s = 37,39 \cdot 0,109 = 4,07 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Průtok  
 $Q = 4,07 \cdot 27,6 = 112,33 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Střední profilová rychlost podle Chézyho rovnice dosáhla v korytě  $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  při spádu hladiny  $7 \text{ ‰}$ . Průtok stanovený výše uvedeným způsobem odpovídá výsledkům měření techniků v terénu a zejména skutečnosti, že unášivá síla vodního proudu byla tak veliká, že přenášela i velké balvany v korytě.

#### 5. POVODŇOVÉ ŠKODY

Povodňová vlna si vyžádala dva lidské životy, zničila v postižených obcích vozovky, zatopila sklepy a ohrozila statiku několika desítek domů. Nejvíce postiženou obcí byl Crhov. Z celkového počtu 60 domů v obci bylo určitým způsobem poškozeno 30. Zcela byla zničena asfaltová silnice, stará necelé dva měsíce.

V Olešnici se pod vodou ocitlo pět domů, 135 domů bylo poškozeno, bylo poničeno koupaliště, knihovna, kulturní středisko a čistička odpadních vod. Přitom v Olešnici byla během posledních 5 let vybudována protipovodňová opatření – suché poldry na Veselském potoce na ochranu před 40 až 50letou vodou. Poldry však nápor vody nevydržely. Nádrže měly natrženou hráz. Oprava se odhadovala na 5 až 6 milionů Kč.

Tab. 4 Odhad škod způsobených povodní (v milionech korun).

Table. 4. Estimation of damages caused by the flood (in millions of CZK).

Obec	Obecní majetek	Soukromý majetek
Olešnice	8 až 10	15 až 20
Crhov	15	25
Křtěnov	4	0,5
Zbraslavce	1,5	0,5 až 1
Hodonín	2,5	5
Kunštát	1	1,5
Louka	0,5	0,3
Svitávka	1,5	0,5
<b>Odhady některých dalších škod</b>		
Lesy ČR	10	
Olešnice – mlékárna	5 až 7	
Správa a údržba silnic	67	

Pramen: Informace od starostů a vedoucích podniků uveřejněné v deníku Jižní Morava dnes 18. 7. 2002.

Škody na majetku, který spadá pod Správu a údržbu silnic v Blansku, způsobené záplavami, odhadli silničáři předběžně na 25–30 milionů korun. Nejzávažnější škodou byl zcela zničený most na silnici třetí třídy mezi obcemi Olešnice a Hodonín, z něhož zbyla jen asi metrová lávka. Mezi další poškozené úseky patří silnice mezi obcemi Rozseč a Kunštát na hlavním tahu Žďár nad Sázavou-Boskovice-Prostějov. Poničen byl v délce asi 10 km. Více škod vzniklo na místních komunikacích, v některých obcích zcela chybí chodníky i místní silnice. Větší škody na silnicích byly ve žďárském okrese.

#### 6. ZÁVĚR

V postižené oblasti se vyskytla blesková povodeň, kterou způsobil mimořádný přivalový déšť. Navíc se jednalo o extrémní denní srážkový úhrn s dobou opakování větší než 200 let. Obdobný přivalový déšť, který vyvolal podobnou hydrologickou odezvu v povodí, se vyskytl 19. 6. 1986 v povodí Besénku, který je levostranným přítokem Svatky nacházejícím se jižněji pod povodím Hodonínky. Tam přivalová srážka nebyla změřena, nejbližší srážkoměrná stanice Tišnov zaznamenala 73,3 mm [2].



Obr. 1 Následky průchodu povodňové vlny obcí Crhov. Foto J.Svoboda.

Fig. 1. The consequences of the floodwave in the village of Crhov. Photo J. Svoboda.

Výskyt těchto přívalových dešťů nelze v předpovědi přesně lokalizovat. Místo, v němž se silné konvektivní bouře vyskytnou, dopředu určit prakticky nelze, což je ilustrováno i na výše uvedeném popisu vývoje těchto bouří. Podle informace z meteorologických radiolokátorů lze tak učinit s nemalou chybou odhadu a též s jistou časovou prodlevou, vynucenou procedurou zpracování dat. Časové zpoždění údajů pořízených metodami dálkové detekce a velká dynamika silných bouřek jsou hlavními limitujícími faktory při vydávání potřebných varování [3].

#### Literatura

- [1] Čerkašin, A.: Hydrologická příručka. Praha, HMÚ 1964. 224 s. + příl.
- [2] Hrádek, M. – Ondráček, S.: Besének byl opět zlou vodou (O příčinách, průběhu a důsledcích povodní na Tišnovsku 19. června 1986). Tišnovsko, 17, 1986, č. 12, s. 209–215.
- [3] Soukalová, E. a kol.: Zpráva o povodni na Blanensku a ve Štěpánově nad Svratkou. ČHMÚ P-Brno 2002. 11 s. + příl.

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



Obr. 2 Zničená silnice povodní na hranici okresů Žďár nad Sázavou a Blansko pod obcí Louka. Foto J. Svoboda.

Fig. 2. Road destroyed by flood at the border of districts Žďár nad Sázavou and Blansko under the village of Louka. Photo J. Svoboda.

#### Dokončení ze str. 140

(USA) prezentoval výsledky nové analýzy změn cyklon středních šířek a jejich drah. U. Ulbrich (Německo) pak seznámil s výsledky modelování bouří na Severní polokouli pod vlivem klimatické změny. Na závěr bloku vyžádaných referátů sir J. Houghton shrnul aktivity související s přípravou třetí zprávy WG I IPCC a formuloval hlavní problémové okruhy pro jednání jednotlivých pracovních skupin.

Druhý den workshopu se jednání soustředilo do šesti pracovních skupin, zaměřených na teplotu vzduchu, srážky, tropické cyklony, mimotropické cyklony, nebezpečné povětrnostní jevy malého měřítka a statistické metody analýzy extrémního počasí a klimatických jevů. Úkolem pracovních skupin byla identifikace nedostatků v prezentaci meteorologických a klimatologických extrémů ve třetí zprávě WG I IPCC z roku 2001, na které se reagovalo konstatováním výzkumných potřeb k jejich odstranění a formulací odpovídajících doporučení. Závěry jednotlivých pracovních skupin pak byly diskutovány na plenárním zasedání a jejich finálnímu zpracování byl věnován i třetí den konference. To se krátce sešly ještě další pracovní skupiny organizované geograficky podle jednotlivých oblastí WMO (Afrika, Asie, Jižní Amerika, Střední a Severní Amerika, Austrálie a jižní Pacifik, Evropa). Evropská skupina pod vedením A. Klein Tanka formulovala dva závěry týkající se pozorování, resp. modelování:

- a) Pokrok ve znalostech se očekává od pozorovaných změn v extrémních teploty vzduchu, srážek, větru a dalších prvků prostřednictvím koncentrovaného evropského, regionálního a národního úsilí ke shromáždění a analýze denních přístrojových údajů a historických dokumentárních údajů.
- b) S ohledem na velkou různorodost projektů financovaných Evropskou unií, národními institucemi a jinými agenturami, se očekává pokrok v kvantifikaci měnících se klimatologických statistik a impaktů. Skutečné nejistoty mohou být lépe kvantifikovány kaskádou informací v řetězci globální modely, regionální klimatické modely a specifické impaktní modely. Očekávané nejistoty budou relativně

větší pro extrémní srážek a větru než pro teplotní extrém, ale dosažený pokrok může být výraznější právě pro srážky a vítr.

Jednání prakticky všech pracovních skupin upozornilo na následující problémy:

- dostupnost údajů (např. různé formáty a cena archivovaných údajů),
- klesající počet pozorovacích stanic,
- kvalita údajů (nutnost homogenizace řad),
- krátké datové soubory – měly by být rozšířeny digitalizací dalších údajů a využitím existujících paleoklimatických (včetně historicko-klimatologických) dat,
- klíčová role místních odborníků v interakci se specialisty v oblasti modelování klimatu k pochopení předností a nedostatků modelů při aplikaci v každé oblasti,
- potřeba vybudování kapacit, tj. více speciálně připravených odborníků v některých rozvojových zemích,
- potřeba studovat „komplexní klimatické jevy“, kde se různé proměnné kombinují s různými následky,
- potřeba zajištění konzistence informací, např. o tropických cyklonech,
- potřeba lepší komunikace mezi WG I a WG II,
- potřeba citlivého výběru statistických metod pro studium extrémů.

Veškeré informace o workshopu, včetně mnoha podnětných doporučení z pekingského jednání, jsou dostupné na internetu [1] i v tištěné podobě [2]. Seznámení s nimi tak může být nepochybně prospěšné a inspirující i pro české meteorology a klimatology, kteří pracují v oblasti meteorologických a klimatologických extrémů a jejich dopadů.

#### Literatura

- [1] <http://www.ipcc.ch/>
- [2] Workshop Report. IPCC Workshop on Changes in Extreme Weather and Climate Events, Beijing, China, 11–13 June, 2002. Intergovernmental Panel on Climate Change. 107 s.

Rudolf Brázdil

# FYZIKÁLNÍ MODELOVÁNÍ PROUDĚNÍ A DIFUZE NAD GEOGRAFICKY KOMPLIKOVANÝM TERÉNEM

**Physical modelling of flow and diffusion over orographically complex terrain.** The submitted report describes a solving of a case of the air-pollution, namely on an area with the topographically complicated terrain – with regard to the town Jablonné nad Orlicí. This problem has been solved in the way of the physical modelling. After a brief reference to the solving the problem by means of the mathematical modelling follows the more detailed information about the physical modelling (in the wind-tunnel). The paper brings an outline of the essential flowing fluid equations and similarity conditions. These conditions are indispensable to the correct interpretation of the results of the modelling process. The influence of the two dominant point sources (factory-chimneys) of SO<sub>2</sub> was examined by means of the physical simulation (in the scale 1:1000). With regard to the results of the dimensional analysis was used the Townsend-hypothesis of the independence on the Reynolds number. The emission propagation was examined in the wind-tunnel (Institute of Thermomechanics, Academy of Sciences): in the qualitative way with the laser-sheet and in the quantitative way with the IREX-analyzer (in co-operation with the Institute for Hydrodynamics). The modelled atmosphere had the neutral thermal stratification. The real surface concentrations were calculated from the surface concentrations measured on the model. The highest degree of the air-pollutions was proved in the residential part of the town. The imission limit was exceeded as much as seven times, now and then. It may be seen, the emission situation at Jablonné nad Orlicí will get better, if the town succeeds in the extension of the general (central) gas-heating.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** vrstva atmosféry mezní – modelování matematické – modelování fyzikální – rovnice pro proudění tekutiny – podmínky podobnosti – tunel aerodynamický – znečištění ovzduší

## ÚVOD

Zemská atmosféra přijímá téměř veškerou svoji energii od Slunce. Dostupná část této energie se transformuje do pohybů obrovských hmot vzduchu. Zhruba polovina energie se odrazí do vesmíru nebo pohltí v atmosféře, zbytek projde k zemskému povrchu a je jím absorbován. Od povrchu je pak energie vyzářena opět do atmosféry, kde vyvolává intenzivní přenos tepla, vzduchových hmot a hybnosti [11]. Tento přenos se děje především v tzv. mezní vrstvě atmosféry (MVA) [2, 6]. V závislosti na teplotním zvrstvení dosahuje její výška několika set metrů až 1,5 km. Vlivem vazkosti vzduchu zde dochází k přechodu od pohybů ve velkých měřítkách, vyskytujících se ve volné atmosféře, k pohybům v měřítkách malých, více ovlivněných terénelem. Významnou roli hraje i topografie zemského povrchu a rotace Země. V MVA se také odehrávají téměř všechny lidské a biologické činnosti a obsahuje většinu atmosférického znečištění.

Je tedy zřejmé, že fyzikální procesy v této vrstvě jsou velmi složité a je třeba jim věnovat náležitou pozornost. Studují se např. účinky síly a směru větru na zástavbu (výškové budovy, mosty, komunikace, komíny, vodní díla) a lesy, ale i šíření znečištění.

V principu by bylo možné zkoumat MVA přímo v krajině, ale terénní měření všech potřebných parametrů by bylo jen obtížné technicky, organizačně a ekonomicky zvládnutelné. Nebyla by zaručena stálost podmínek během celého měření a podmínky by nešlo měnit v dostatečně širokém rozsahu a v krátkém čase. Proto se fyzikální procesy v MVA modelují matematicky a (nebo) fyzikálně.

V matematických modelech se fyzikální děje uvnitř atmosféry popisují soustavami parciálních diferenciálních rovnic, aby se co nejpřesněji vystihla souhra značného množství fyzikálních proměnných. Dnes se tyto rovnice řeší za použití numerických metod, naprogramovaných pro samočinné počítače. Zatím se matematicky modelují spíše jen jednodušší případy.

Složitéjší případy, které ale také přesněji odpovídají praktickým potřebám urbanistiky, ekologie atd., se zatím řeší nej-

častěji pomocí fyzikálního modelování, tj. simulací dějů nad modelem krajiny. Tento zmenšený model se umísťuje do aerodynamického tunelu (AT) – viz dále. Přitom platí obecné pravidlo, aby byly modelované procesy těm reálným co nejpodobnější.

Príspevkem k problematice fyzikálního modelování má být i tento článek.

## NUTNÉ PŘEDPOKLADY PRO FYZIKÁLNÍ MODELOVÁNÍ

Fyzikální model, jak již bylo řečeno, musí být skutečné předloze podobný především geometricky, dynamicky a termicky (viz např. [3, 5, 6, 9]). Jenom pak bude možné podle modelu předvídat další jevy, popř. je uměle ovlivňovat.

K dosažení přiměřeného přiblížení je nutné splnit tzv. podobnostní kritéria. Pro naše účely jsou nejdůležitější tato:

1. Geometrická podobnost a podobnost okrajových podmínek, tzn. co nejuvěrnější trojrozměrný model krajiny v určitém měřítku.
2. Pro model MVA i pro krajinu stejná následující podobnostní čísla: Reynoldsovo, Rossbyho, Richardsonovo, Prandtlovo, Eckertovo a Froudeovo. Tato čísla vyjadřují vzájemné poměry sil nebo jiných veličin v atmosféře. Čísla musí být stejná na modelu i v krajině, aby se dalo říct, že jsou tyto síly modelovány správně.

Při odvozování uvedených kritérií se vychází např. z následující soustavy rovnic, popisující proudění tekutiny: pohybové rovnice, rovnice kontinuity, zákon zachování energie, rovnice difuze.

Pro námi sledované procesy mezoměřítko lze okamžitě hodnoty veličin popisujících pole proudění rozložit na složku odpovídající pohybům velkých měřítek (označené indexem 0), její střední odchylku (bez indexu) a turbulentní fluktuaci (symbol  $\prime$ ). Pruh nad symbolem značí středování. Jedná se o tzv. Boussinesquovu aproximaci – viz např. [2, 6]. Pak lze tyto rovnice vyjádřit ve standardní souřadnicové soustavě (Oxyz) takto:

– Reynoldsovy rovnice:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\nabla \frac{p}{\rho_0} + g \frac{\Theta}{\Theta_0} \vec{k} - 2\vec{\Omega} \times \vec{v} + \nu \Delta \vec{v} - (\nabla \cdot \vec{v}') \vec{v}' \quad (1)$$

kde je:  $\vec{v}$  vektor střední rychlosti [ $\text{ms}^{-1}$ ],  
 $\vec{v}'$  vektor turbulentní fluktuace rychlosti [ $\text{ms}^{-1}$ ],  
 $\vec{\Omega}$  vektor úhlové rychlosti rotace Země [ $\text{s}^{-1}$ ],  
 $\vec{k}$  jednotkový vektor ve směru osy  $z$ ,  
 $\Theta$  potenciální teplota [K],  
 $\nu$  kinematická viskozita [ $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ],  
 $p$  tlak [Pa],  
 $\rho_0$  hustota vzduchu [ $\text{kgm}^{-3}$ ],  
 $g$  gravitační zrychlení [ $\text{ms}^{-2}$ ],  
 $t$  čas [s];

– rovnice kontinuity:

$$\nabla \cdot (\rho_0 \vec{v}) = 0 \quad (2)$$

– zákon zachování energie:

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \Theta = \left( \frac{\vec{r}}{\nabla} \cdot \frac{\kappa}{\rho_0 c_p} \frac{\vec{r}}{\nabla} \right) \Theta - (\nabla \cdot \vec{v}') \Theta' + \frac{\Phi}{\rho_0 c_p} \quad (3)$$

kde  $\kappa$  je teplotní vodivost [ $\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ],  
 $c_p$  specifické teplo při konstantním tlaku [ $\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$ ],  
 $\Phi$  disipace kinetické energie [ $\text{m}^2\text{s}^{-3}$ ];

– rovnice difuze:

$$\frac{\partial X}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) X = \left( \frac{\vec{r}}{\nabla} \cdot \left( \frac{k_\chi}{\nu} \frac{\vec{r}}{\nabla} \right) \right) X + (\nabla \cdot \vec{v}') \chi' \quad (4)$$

kde  $X$  je objemová koncentrace [ $\mu\text{gm}^{-3}$ ],  
 $\chi'$  její turbulentní fluktuace [ $\mu\text{gm}^{-3}$ ],  
 $k_\chi$  koeficient difuzivity [ $\text{m}^2\text{s}^{-1}$ ].

Pro odvození podobnostních kritérií je nutné tyto rovnice převést do tzv. bezrozměrného tvaru. Transformují se do něho zavedením charakteristického měřítka pro délku  $L$ , rychlost  $U$ , teplotu  $\Theta$ , úhlovou rychlost  $\Omega$  a gravitační zrychlení  $g$ :

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = -\nabla p + \text{Ri} \vec{k} + \frac{1}{\text{Re}} \Delta \vec{v} - 2 \frac{1}{\text{Re}} \vec{\Omega} \times \vec{v} - (\nabla \cdot \vec{v}') \vec{v}' \quad (5)$$

$$\nabla \cdot (\rho_0 \vec{v}) = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \Theta = \frac{1}{\text{Pr}} \frac{1}{\text{Re}} \Delta \Theta - (\nabla \cdot \vec{v}') \Theta' + \frac{\text{Ec}}{\text{Re}} \Phi \quad (7)$$

$$\frac{\partial X}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) X = \frac{1}{\text{Pr}} \frac{1}{\text{Sc}} \Delta X + (\nabla \cdot \vec{v}') \chi' \quad (8)$$

kde  $\text{Sc} = \nu/k_\chi$  je Schmidtovo číslo.

\* Proměnné v bezrozměrném tvaru rovnic by měly být označeny např. indexem \*, ale pro přehlednost je tento index vynechán.

V rovnicích (5) – (8) se pak vyskytují podobnostní čísla, zmíněná výše:

Reynoldsovo číslo je definováno jako poměr setrvačných a vazkých sil:

$$\text{Re} = \frac{UL}{\nu} \quad (9)$$

Rossbyho číslo vyjadřuje poměr inerciálních sil a síly Coriolisovy:

$$\text{Ro} = \frac{U/T}{f_c U} = \frac{U}{f_c L} \quad (10)$$

Zde je  $f_c = 2\Omega \sin \varphi$  Coriolisův parametr [ $\text{s}^{-1}$ ],  
 $\varphi$  je zeměpisná šířka [ $^\circ$ ].

Richardsonovo číslo charakterizuje poměr změn turbulentní kinetické energie, vzbuzené termickými příčinami, a kinetické energie vyvolané tím, že se transformovala energie základního proudění. Toto číslo zároveň určuje míru stability, resp. instability teplotního zvrstvení:

$$\text{Ri} = \frac{g}{\Theta} = \frac{\partial \Theta / \partial z}{|\partial U / \partial z|^2} \quad (11)$$

přičemž  $z$  značí vertikální souřadnici [m].

Prandtlovo číslo (přesněji jeho turbulentní analog) udává poměr koeficientu turbulentní difuze pro hybnost a teplo. Pro velké rozpětí teplot je lze považovat za látkovou konstantu (v MVA má přibližně hodnotu 0,89):

$$\text{Pr} = \frac{\mu c_p}{k} \quad (12)$$

Eckertovo číslo je poměrem mezi vazkou a Coriolisovou silou:

$$\text{Ec} = \frac{\nu}{f_c L^2} \quad (13)$$

Froudeovo číslo charakterizuje poměr mezi inerciálními a a vztakovými silami (viz [10]):

$$\text{Fr}^2 = \frac{\rho_0 U^2}{g h (\rho_0 - \rho_s)} \quad (14)$$

Zde  $h$  značí vznos vlečky nad terénem,  $\rho_s$  hustotu polutantů. Pro pole dostatečně vzdálené od zdroje, což je v našem případě splněno, však mají vztakové síly a počáteční hybnost na difuzi zanedbatelný vliv. Dominantní roli hrají procesy v turbulentním proudě. (Zdroji blízké pole je pak možné zahrnout zavedením vhodných okrajových podmínek.)

Všechny podmínky podobnosti ovšem nelze při modelování zpravidla splnit najednou. Např. se může stát, že modelovaný úsek krajiny je příliš velký ( $\text{Ro} \approx 1$ ) a uplatňuje se Coriolisova síla, jejíž účinek nelze v tunelu simulovat.

Z úvah o podobnosti plyne i následující: pokud předpokládáme rychlost větru řádu  $10^0 \text{ms}^{-1}$ , charakteristický rozměr v krajině  $10^3 \text{m}$  a na modelu  $10^0 \text{m}$ , potom podle podmínky rovnosti Reynoldsova čísla pro krajinu i pro model musí být rychlost proudění na modelu řádu  $10^3 \text{ms}^{-1}$ , což je hodnota v nynějším zařízení nedosažitelná.

Proto je nutné vybrat dominantní parametry na úkor ostat-

ních. Musí se použít tzv. aproximativní simulace, pro niž se odvozují přibližná kritéria, která však stále ještě postačí situaci popsat s dostatečnou přesností.

V naší práci jsme se měli zabývat oblastí malého měřítka, tj. řádově  $10^1 - 10^4$  m. Modelovali jsme tzv. komplexní terén. Je to velmi členitá krajina s městskou zástavbou, kde se však na modelu měly zanedbat určité podrobnosti.

K aproximativní simulaci použité v tomto speciálním případě – Townsendově hypotéze o nezávislosti na Reynoldsově čísle – se dostaneme později.

## AERODYNAMICKÝ TUNEL

Jak již bylo uvedeno, fyzikální modelování se provádí v aerodynamických tunelech. Ty, jak je uvedeno v [7], lze obecně rozřadit podle několika hledisek. Jedním z nejdůležitějších je rozdělení na měření při nízkých, resp. vysokých rychlostech. Mezi tunele pro nízké rychlosti se vyhranily na začátku 20. století dva základní typy: tunel s okruhem uzavřeným nebo otevřeným. Pro zvláštní účely byly stavěny tunele vertikální a přetlakové. Měření při vysokých rychlostech lze pak úžeji dělit na měření v oblasti subsonické, transsonické a supersonické, nebo na měření v tunelech s uzavřeným okruhem a uzavřeným měřicím prostorem a v tunelech s tzv. přerušovaným chodem. Při zkoumání silových účinků na těleso rozlišujeme tři základní případy:

1. Prostředí proudí, model je v klidu (dnes většina aerodynamických tunelů).
2. Model se pohybuje, prostředí je v klidu (volný pád zkoumaného tělesa nebo jeho pohyb po nakloněné rovině).
3. Model i prostředí se pohybují (vývrtkový nebo poryvový tunel, tunel pro volný let modelu).

Dále můžeme měřické metody dělit na měření modelů ve skutečné velikosti, ve volné atmosféře nebo v tunelu.

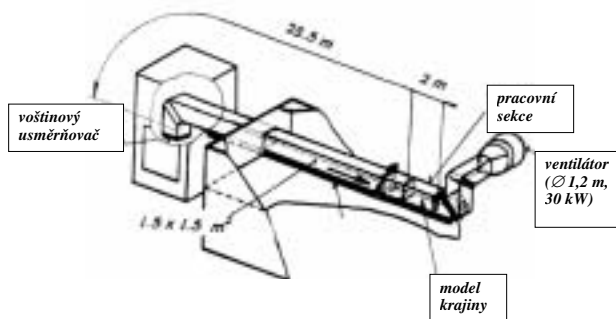
Tato různá hlediska je možné do jisté míry kombinovat v jednom tunelu a využít tak současně výhod několika principů. Bližší informace o těchto zajímavých technických řešeních je možné najít v [1].

Z pohledu našeho problému jsou důležité tunele s nízkou rychlostí proudění, proto se podrobněji zmíním o nich.

V nízkorychlostním tunelu s uzavřeným okruhem opisuje vzduch hnaný ventilátorem uzavřenou dráhu, takže se měření provádí pořád s toutéž náplní vzduchu. V měřicím prostoru, který může být uzavřený nebo otevřený, je pak normální atmosférický tlak. Nevýhodou uzavřeného okruhu ale např. je, že při výzkumu difuzních procesů dochází ke kumulaci testovacího plynu.

Do tunelu s otevřeným okruhem je vzduch nasáván ventilátorem z vnějšku – z haly nebo z venkovního prostředí. Pak je ovšem proudění v tunelu do jisté míry ovlivněno vnějšími atmosférickými podmínkami. V celém měřicím prostoru se udržuje přibližně stejný tlak, tudíž i stejná rychlost podél osy proudění a napříč.

Takový tunel je v České republice např. v Novém Kníně. Tato laboratoř patří Ústavu termomechaniky (ÚT) AV ČR (obr. 1). Tunel je tam přímý, s konstantním profilem  $1,5 \times 1,5$  m. Vzduch se nasává ventilátorem. Tento ventilátor



Obr. 1 Tunel ÚT AV ČR v Novém Kníně.

Fig. 1. Tunnel of the Institute of Thermomechanics of the Academy of Sciences of CR at Nový Knín.

je opatřen regulátorem otáček s plynulým chodem. Vstup do tunelu se nachází v tzv. uklidňovací komoře, v jejíž jedné stěně jsou plechová vrata, která se při měření otevřou. Ve stropě této místnosti je instalován prachový filtr o ploše  $64 \text{ m}^2$ , přes nějž vzduch prochází do pravouhého kolena opatřeného ohybovými lopatkami, které stáčí proud do vodorovného směru. Za kolenem se nachází voštinový usměrňovač a sada sít, která slouží k vyrovnání rychlostního pole a k utlumení turbulentních fluktuací rychlosti. Následuje přímý proudovod čtvercového průřezu  $1,5 \times 1,5$  m a délky  $25,5$  m, který je zakončen měřicím prostorem stejného průřezu v délce  $2$  m. Obě boční stěny měřicího prostoru jsou tvořeny průhlednými okny z jednolitých skleněných tabulí o rozměrech  $2 \times 1,5$  m. Měřicí prostor je dnes už také vybaven traverzovacím zařízením pro upevnění a přemístování měřicích sond v poli proudění. Za měřicím prostorem je vzduch pomocí dvou směrovacích pevných kolen, která jsou vzájemně pootočená o  $90^\circ$ , vyveden vně budovy. V tomto tunelu lze docílovat rychlosti  $(0,1; 13) \text{ ms}^{-1}$ . V současné době není možné regulovat teplotu vzduchu v tunelu. Měří se tedy za neutrálního zvrstvení. Z toho vyplývá, že se v tomto tunelu nemohou simulovat např. inverzní smogové situace. Nicméně je možné vytvářet aspoň odhady dlouhodobých imisních charakteristik.



Obr. 2 Letecký snímek Jablonného nad Orlicí.

Fig. 2. Aerial photograph of Jablonné nad Orlicí.



Tab. 1 Charakteristika klimatické oblasti MT2.

Table 1. Characteristic of the climate region MT2.

Počet letních dnů	20 – 30
Počet dnů s průměrnou teplotou 10° a více	140 – 160
Počet mrazových dnů	110 – 130
Počet ledových dnů	40 – 50
Průměrná teplota v lednu	– 3 až – 4 °C
Průměrná teplota v červenci	16 – 17 °C
Průměrná teplota v dubnu	6 – 7 °C
Průměrná teplota v říjnu	6 – 7 °C
Průměrný počet dnů se srážkami 1 mm a více	120 – 130
Srážkový úhrn ve vegetačním období	450 – 500 mm
Srážkový úhrn v zimním období	250 – 300 mm
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	80 – 100
Počet dnů zamračených	150 – 160
Počet dnů jasných	40 – 50

## PRAKTICKÝ ÚKOL

Jednou z organizací, která řeší ve spolupráci s AV ČR přítomnost a šíření nežádoucích znečišťujících látek pomocí metody fyzikálního modelování, je sdružení představitelů měst Podorlicka, tzv. Sdružení Orlice (viz [8]). Za modelovou oblast pro tyto účely bylo vybráno město Jablonné nad Orlicí (obr. 2), resp. jeho část o rozměrech přibližně 1500 x 1500 m.

Podrobné informace byly získány na tamějším Městském úřadě: Jablonné nad Orlicí leží v údolí na soutoku Tiché Orlice a Orlického potoka. Toto údolí odděluje Bukovohorskou hornatinu (800–1000 m n. m.) a nižší Žamberskou pahorkatinu. Krajina je velmi členitá, v pásmu bučin s bohatým bylinným patrem.

Nadmořská výška města se pohybuje v rozmezí 400–500 m.

Území města je zařazeno do mírně teplého klimatického pásu MT2 (tab. 1).

Přímo v Jablonném se neprovozuje žádná klimatologická ani srážkoměrná stanice ČHMÚ. Nejbližší stanice je v Nekoři, 5 km severozápadně od Jablonného, 505 m n. m. Průměrný roční úhrn srážek (1963–1993) dosahuje 844 mm, s maximem 102 mm v červenci a minimem 49 mm v dubnu.

Z uvedených skutečností i obr. 2 vyplývá, že Jablonné leží v orograficky značně komplikovaném terénu, pro který je vhodné využívat sofistikované matematické nebo fyzikální modely. V tomto případě, jak již bylo řečeno, byla použita metoda druhá.

Vzhledem k zeměpisné poloze té krajiny a k utváření jejího povrchu lze předpokládat převládající západní až severozápadní větrné proudění. To také bylo na modelu studováno.

Z hlediska ekologického lze o této oblasti uvést následující:

- míra zamoření lesních půd se tam běžně nesleduje, jsou však ohroženy pod vlivem silné svažitosti vodní erozí;
- bylo zjištěno, že tamější závod Tesla zamořil podzemní vodu trichlorethylenem, firma Isolit-Bravo např. látkou PCB a ropnými produkty;
- okres Ústí nad Orlicí nepatří mezi oblasti, které by vyžadovaly zvláštní ochranu ovzduší;
- podle instrukcí Registru emisí a zdrojů znečištění ovzduší (REZZO) nejsou v tomto místě evidovány žádné

velké zdroje znečištění, ale středních zdrojů je tam 11; jsou to hlavně kotelný průmyslových závodů. Z malých zdrojů se uvádějí velmi významná lokální topeniště na tuhá fosilní paliva. Tato topeniště mají nízké komíny a jsou tepelně málo vydatná. Nejvýznamnějším mobilním zdrojem oxidů dusíku, oxidu uhelnatého a olova je frekventovaná silnice třídy II / 11.

## KONSTRUKCE FYZIKÁLNÍHO MODELU ZKOUANÉ KRAJINY

Podle mapových podkladů a podle dalších základních technických údajů, které byly poskytnuty Městským úřadem v Jablonném nad Orlicí, byl pořízen vrstevnicový model v poměru 1 : 1000, o rozměrech 1500 x 1500 mm. Jednotlivé vrstvy (o tloušťce 2 mm) trojrozměrného modelu krajiny byly vyrobeny z buničiny a slepeny disperzním lepidlem. Při konstrukci modelu se použilo technologických postupů, které původně vyvinuli v ÚT a které zaručují tvarovou stabilitu modelu během manipulace.

Pak byly na model namontovány nebo aspoň naznačeny další podrobnosti terénu, především vyšší zástavba, komunikace, lesní porost a vodní plochy.

## METODIKA VÝZKUMU

Pro modelování šíření znečištění v Jablonném se použila Townsendova metoda nezávislosti na Reynoldsově čísle, která je popsána např. v [4]: Pokud platí

$$\frac{u^* \cdot h_{mn}}{v} \leq 70 \quad (15)$$

kde je  $u^*$  frikční rychlost,

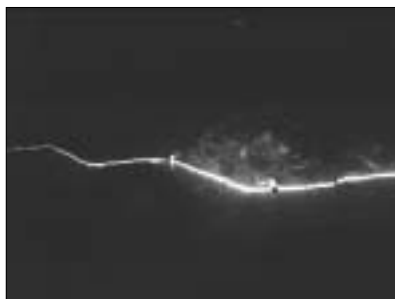
$h_{mn}$  výškový rozdíl mezi vrcholem a údolím,

pak turbulentní proudění nezávisí na aktuální hodnotě Reynoldsova čísla.

Toto kritérium, jak bylo uvedeno v [5], se v našem případě splňuje pro vnější rychlosti větší než  $0,2 \text{ ms}^{-1}$ . Vzhledem k tomu, že byl zkoumán vliv proudění o rychlosti  $1 \text{ ms}^{-1}$ , lze předpokládat, že proudění na modelu odpovídá proudění v přírodě. Zdroje měly při všech měřeních stejné polohy, odpovídající polohám skutečným.

Nejprve se na modelu zjišťovaly kvalitativní odhady šíření znečištění. Proudění bylo zviditelněno cigaretovým kouřem, a to tak, že kouřové částice unášené proudovým polem osvětloval laserový nůž a obraz snímala CCD kamera. Pomocí těchto odhadů byly vytipovány zájmové oblasti, které pak byly prozkoumávány podrobně.

Ukázalo se, že patnáctimetrová překážka na návětrném vrcholu, která simulovala les, působila tak, že v údolí vznikla



Obr. 3 Vizualizace šíření emisí z nízkého zdroje.

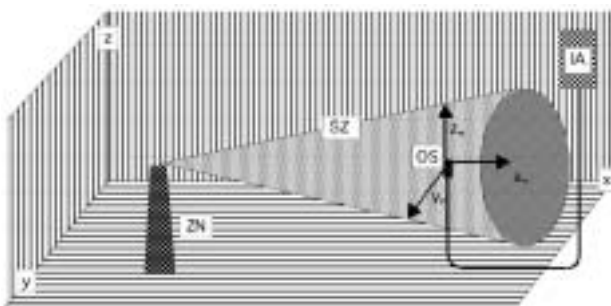
Fig. 3. Visualisation of emission spreading from low source.



Obr. 4 Vizualizace šíření emisí z vysokého zdroje.

Fig. 4. Visualisation of emission spreading from high source.





Obr. 5 Princip měření koncentrací. ( $x, y, z$  – souřadnicové osy, ZN – zdroj, IA – infraanalyzátor plynu, OS – odběrová sonda plynného kontinuálního vzorku, SZ – kouřová vlečka,  $x_p, y_p, z_p$  – osy možného pohybu odběrové sondy).

Fig. 5. Principle of concentrations measurement ( $x, y, z$  – axes of coordinates, ZN – source, IA – infra analyzer of gas continuous sample, SZ – smoke plume,  $x_p, y_p, z_p$  – axes of potential move sampling probe).

tzv. recirkulační zóna. Imise z nízkého zdroje (10 m vysoký komín) pak zůstaly v údolí a jejich koncentrace vzrůstala (viz obr. 3). Tento problém by bylo možno alespoň částečně vyřešit např. zvednutím stavební výšky komínu nebo zvýšením unikové rychlosti emise.

Nevýhodou obou způsobů jsou však vysoké finanční náklady. Přesto byla vyzkoušena i výška komínu 80 m (obr. 4). Exhalace se dostaly nad recirkulační zónu a hlavní proud je vynesl mimo zástavbu, ale poškozovaly vzdálenější krajinu. Imisní hodnoty ovšem byly nižší a především město zůstalo před nimi chráněno.

Byl zkoumán i v Jablonném vzácný případ bezvětří: kouř stoupá vzhůru, ochladí se a klesá zpět.

Dále se rozložení imisí sledovalo kvantitativně. Jako bodové zdroje znečištění byly zkoumány komíny firmy Bravo, a. s. a Masokombinát. Na měření koncentrací se podílel Ústav pro hydrodynamiku (ÚH) AV ČR.

Z modelového komínku vychází testovací plyn  $\text{CO}_2$ , který je svými vlastnostmi podobný skutečným zplodinám ( $\text{SO}_2$ ) a pohlcuje infračervené záření v rozsahu vlnových délek 2–5  $\mu\text{m}$ . Odběrová sonda snímá vzorky a ty jsou silikonovou trubičkou nasávány do analyzátoru IREX, kterým se určují modelové koncentrace  $X_m$  (obr. 5).



Obr. 6 Rozložení přizemních bezrozměrných koncentrací  $K$  v okolí Masokombinátu.

Fig. 6. Distribution of surface dimensionless concentrations  $K$  in the vicinity of the firm Masokombinát

V rovnici pro koncentraci pasivní příměsi v bezrozměrném tvaru (8), který je stejný pro model i krajinu, je nutné vyjádřit i koncentraci v bezrozměrném tvaru  $K$ :

$$K = \frac{XUL^2}{Q} \quad (16)$$

kde je  $X$  objemová koncentrace,  
 $U$  charakteristická rychlost,  
 $L$  charakteristický rozměr,  
 $Q$  tepelná vydatnost spalin.

Rozložení přizemních bezrozměrných koncentrací  $K$  v okolí Masokombinátu a Brava, a. s. je patrné na obr. 6 a 7.\*

Z rozměrové analýzy plyne rovnost hodnot bezrozměrné koncentrace na modelu a prototypu. Tyto koncentrace pak byly přepočteny na reálné hodnoty podle vztahu

$$X_p = X_m \frac{X_p U_m}{Q_m U_p} \left( \frac{L_m}{L_p} \right)^2 \quad (17)$$

kde index  $p$ , resp.  $m$  značí hodnotu dané veličiny v krajině, resp. na modelu.

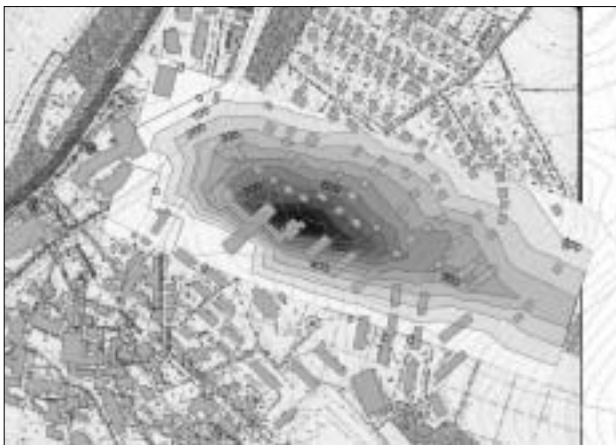
Vzhledem k tomu, že se v továrnách výrobní procesy mění a produkce je nepravidelná, mohl se provést jen odhad reálných koncentrací při plné pracovní kapacitě, kdy se spaluje černé uhlí, tj. produkuje  $\text{SO}_2$ . Byl použit kvalifikovaný odhad pro zařízení tohoto typu s výkonem 9 MW ( $15\text{gm}^{-3}$ ), výška obou komínů je 31,7 m. Výsledky s uvážením tohoto odhadu jsou ukázány na obr. 8 a 9. Nutno zdůraznit, že středování hodnot koncentrace probíhalo na modelu ca 5 minut, což odpovídá osmihodinovým koncentracím v krajině. Ty lze za předpokladu meteorologicky stacionární situace srovnávat s denním imisním limitem  $\text{SO}_2$ , který je  $150\ \mu\text{gm}^{-3}$ .

\* Obr. 6 – 9 jsou orientovány tak, že horní okraj odpovídá severu. V severozápadním rohu jsou vidět dva body, které značí polohu dominantních zdrojů. Z pohledu čtenáře levý bod odpovídá komínu firmy Bravo, a. s., pravý komínu Masokombinátu. Uzavřené čáry s čísly vyznačují izolinie příslušných koncentrací  $\text{CO}_2$ , vypočtené podle (16) (obr. 6 a 7), resp. podle (17) (obr. 8 a 9).



Obr. 7 Rozložení přizemních bezrozměrných koncentrací  $K$  v okolí Brava, a. s.

Fig. 7. Distribution of surface dimensionless concentrations  $K$  in the vicinity of the firm Masokombinát.



Obr. 8 Rozložení přízemních koncentrací v okolí Masokombinátu při vnější rychlosti proudění  $5 \text{ ms}^{-1}$ .

Fig. 8. Distribution of surface concentrations in the vicinity of the firm Bravo at outdoor flow speed  $5 \text{ ms}^{-1}$ .



Obr. 9 Rozložení přízemních koncentrací v okolí Brava, a. s. při vnější rychlosti proudění  $5 \text{ ms}^{-1}$ .

Fig. 9. Distribution of surface concentrations in the close to the firm Bravo at outdoor flow speed  $5 \text{ ms}^{-1}$ .

Jak je vidět, maximální koncentrace jsou naměřeny 300–350 m od zdroje, asi 50 m severovýchodně od osy proudění na návětrné straně. Zde překračují limit místy až sedmkrát. Znepokojujícím faktem je, že právě zde stojí sídliště.

## ZÁVĚR

Těžištěm tohoto článku jsou výsledky studie znečištění ovzduší exhalacími  $\text{SO}_2$  v okolí továren firem Bravo, a. s. a Masokombinát v Jablonném nad Orlicí, která je řešena v rámci spolupráce AV ČR a Sdružení Orlice.

Pro odhad imisní zátěže bylo použito metody fyzikálního modelování v aerodynamickém tunelu. (Tato metodika je popsána na začátku článku.) Vzhledem k velikosti zkoumané oblasti, k rychlosti větru a k měřítku 1:1000 byla jako aproximační simulace vybrána Townsendova hypotéza o nezávislosti na Reynoldsově čísle. Na plastickém modelu krajiny byly zachyceny podstatné rysy této oblasti, jako jsou zdroje znečištění, vyšší budovy, silnice, vodní plochy a lesy. Kvůli získání hrubého odhadu se napřed provedlo kvalitativní hodnocení proudění nad krajinou při různých výškách zdrojů a návětrné překážky. Tento odhad, provedený pomocí laserového nože, posloužil k vtipování nejpostíženějších míst. Ta pak byla proměřena podrobněji. Hodnoty koncentrace se měřily infračerveným analyzátozem IREX. Pomocí podobnostních kritérií pak byly přepočteny na reálné koncentrace v krajině.

Pozadové hodnoty nebyly započítány, ale samozřejmě také ovlivňují zkoumanou oblast. (Např. lze očekávat, že bude znečištění z vnějšího proudění vtaženo do recirkulační zóny.) Při meteorologicky stacionární situaci lze tyto výsledky srovnat se čtyřadvacetihodinovými průměry. Bylo prokázáno, že místy je povolený limit překročen až sedmkrát, a to na sídlišti.

Předběžné výsledky výzkumů v aerodynamickém tunelu využilo Sdružení Orlice, když žádalo státní orgány o pomoc při financování zavádění topného plynu. Podle informací z MÚ v Jablonném je pozitivní vliv přechodu na topný plyn již patrný. V případě zdražování plynu je ale nutno počítat s tím, že se obyvatelstvo v brzké době vrátí opět ke spalování různých tuhých paliv. Doufejme tedy, že ke změně budou nuceni alespoň původci většího znečištění.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že se často podceňuje vliv lokálních zdrojů znečišťování v menších sídlech. Emise

z těchto zdrojů mohou vést za nepříznivých klimatických podmínek, podporovaných geografickým uzpůsobením terénu, k růstu koncentrací škodlivin srovnatelnému s většími městy. Pochopitelně lze tedy předpokládat, že např. Jablonnému bude pozornost věnována i nadále. Určitě zajímavé výsledky přinesou další měření na modelu: zkoumání účinků větru přicházejícího z jiných světových stran, zkoumání liniového zdroje, jímž je zde silnice třídy III/11, nebo plošného zdroje, za který lze považovat sídliště.

Je též zapotřebí konzultovat výsledky fyzikálního modelování i s dalšími odborníky. Určitě by tato mezioborová spolupráce přinesla poznatky použitelné např. i pro praxi lesního nebo vodního hospodářství.

## Literatura

- [1] Barlon, J. B. – Rae, W.H.(Jr), – Pope, A.: Low-speed Wind Tunnel Testing. John Wiley & Sons Inc., 1999.
- [2] Bednář, J. – Zikmunda, O.: Fyzika mezní vrstvy atmosféry. Praha, Academia 1985.
- [3] Bloechl, B.: Windkanalmodellierung von Waermeinseln in turbulenter Grenzschicht. Karlsruhe, Institut fuer Hydrologie und Wasserwirtschaft (IHW) 1988, sv. 34.
- [4] Cermak, J. E.: Application of Fluid Mechanics to Wind Engineering. Journal of Fluids Engineering, reprinted from March 1975, Vol. 97.
- [5] Houbová, E.: Fyzikální modelování proudění a difuze nad geograficky komplikovaným terénem. [Diplomová práce.] MFF UK, KMOP, 2001
- [6] Jaňour, Z.: Modelování mezní vrstvy atmosféry. Praha, Karolinum 2001.
- [7] Jaňour, Z. – Podzimek, J. – Hacura, V.: Základy aerodynamiky a mechaniky letu. Praha, Naše vojsko 1953.
- [8] Konference Orlice. Sborník. Žamberk (Ústí nad Orlicí, Sdružení měst a obcí) OHGS 1997–1999.
- [9] Meteorologický výkladový a terminologický slovník. Praha, Academia, MŽP ČR 1993.
- [10] Plate, E. J.: Wind Tunnel Modelling of Wind Effects in Engineering. In: Engineering Meteorology, Elsevier 1981.
- [11] Sorbjan, Z.: Structure of the Atmospheric Boundary Layer. New Jersey, Prentice Hall 1989.

Lektoři Ing. M. Jirsák, CSc. a doc. RNDr. F. Heseck, CSc., rukopis odevzdán v dubnu 2002.

# METEOROLOGICKÁ POZOROVÁNÍ P. TADEÁŠE ŠTIKY V POČAPLECH Z LET 1788–1789

**Meteorological observations of parson Tadeáš Štika at Počaply in 1788–1789.** Visual daily meteorological observations of parson Tadeáš Štika of Počaply (today Králův Dvůr) carried out from 1 January 1788 to 30 June 1789 are analysed. Interpretation of the temperature and precipitation patterns of the individual months is performed. Frequencies of the number of precipitation days, cloudiness, strong winds, thunderstorms and fogs are compared with systematic observations of those characteristics at the Prague Klementinum. In detail the variation of the weather is described in the above period in comparison with the other narrative sources from the Czech Lands. Particular attention is paid to extremely low air temperatures in the period December 1788 – January 1789.

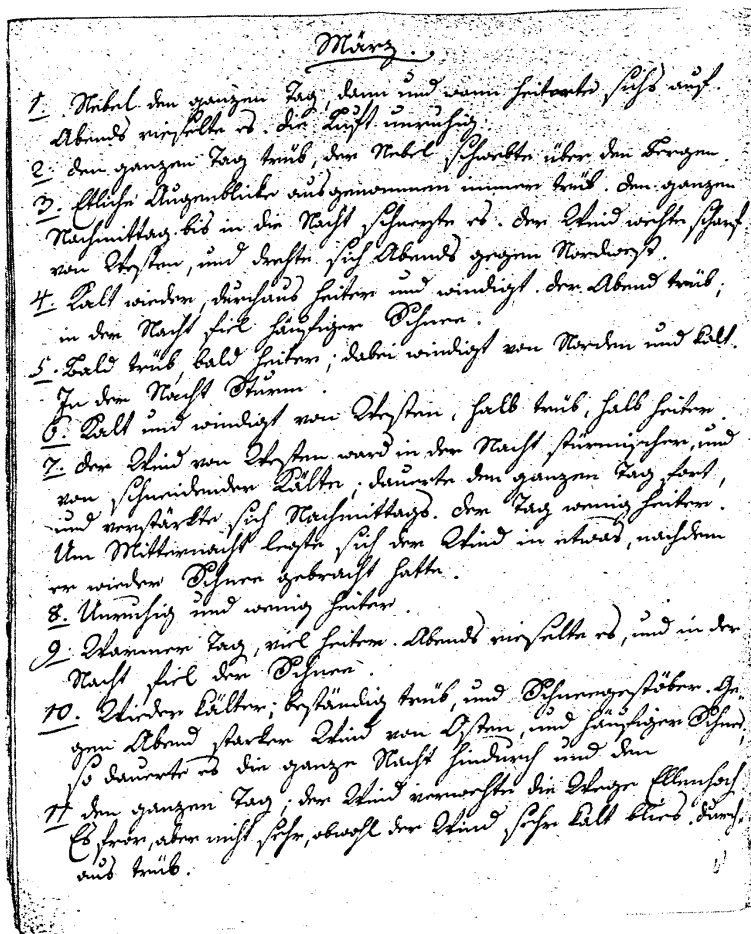
**KLÍČOVÁ SLOVA:** pozorování meteorologická vizuální – zima 1788/89 – Tadeáš Štika – Počaply – Praha-Klementinum

## 1. ÚVOD

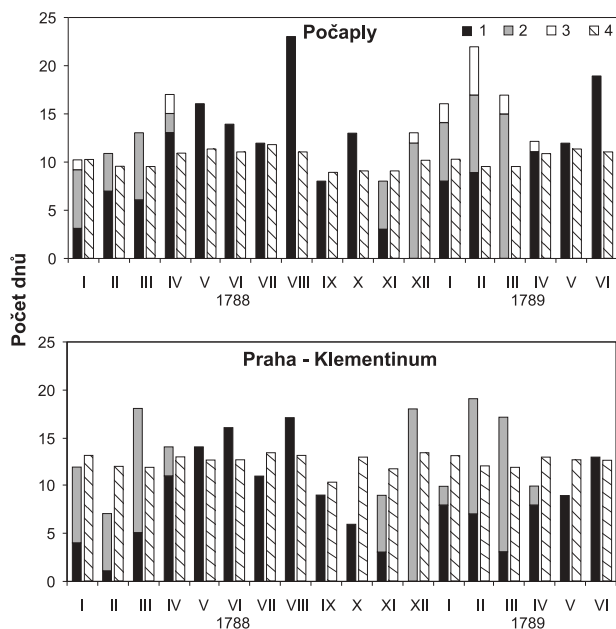
Ve druhé polovině 18. století se v českých zemích objevuje několik míst, v nichž byla prováděna po různě dlouhou dobu systematická přístrojová meteorologická měření a pozorování (viz např. [24]). S výjimkou Prahy-Klementina [23] však byla jen výjimečně publikována či dokonce klimatologicky zpracována (např. pro některá místa v Čechách viz [34, 36], pro Žitenice viz [15, 16], pro Telč viz [5, 8]). Přitom mnohá z nich by mohla přispět k hlubšímu poznání časové a prostorové variability klimatu v českých zemích v 18. či v první polovině 19. století (např. dosud nezpracována jsou meteorologická pozorování Antonína Kramaříka a jeho pokračovatelů z Teplé z let 1787–1832 – viz [37]). Příčiny tohoto stavu lze spatřovat v dostupnosti těchto údajů (rukopisné materiály deponované v různých archívech), jejich kratší délce (zpravidla měsíce až několik roků), chybějících metadatech (použití přístroje, jejich instalace, metodika měření), pracnosti vyhodnocování, stejně jako v obecném přesvědčení o kvalitě a reprezentativnosti pražských klementinských měření, publikovaných a připravených v uživatelsky pohodlnější podobě, navíc dále průběžně prodlužovaných. Přitom klimatologicky zpracované údaje z dalších stanic by umožnily verifikovat a doplnit tato pozorování, včetně získání představy o prostorových změnách klimatologických charakteristik, což platí např. pro studium dopadu erupce vulkánu Laki na Islandu v roce 1783 (viz např. [9, 31, 33]) či o vůbec nejchladnějším březnu 1785 a prosinci 1788 v odpovídajících klementinských měsíčních záznamech (viz [8]). Podrobnější analýzu s ohledem na současné globální oteplování by si zasloužila také devadesátá léta 18. století, neboť měření teploty vzduchu a výskyt extrémně teplých měsíců v letech 1790–1799 v pražském Klementinu je srovnatelný s nejteplejší dekadou 1990–1999 ve 20. století [6].

Stranou takovýchto analýz by však neměla zůstat ani vizuální pozorování počasí, stejně

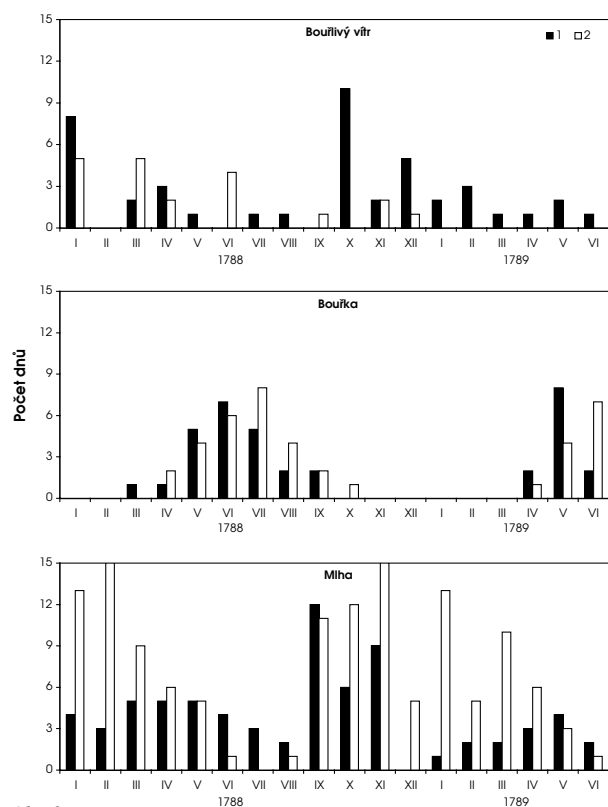
jako písemné zprávy o počasí z dalších pramenů, které obsahují nejen přímé popisy počasí, ale i informace o jeho dopadech na přírodu a společnost, a jsou tak dokladem percepce počasí a jeho účinků současníky. Právě konfrontace těchto záznamů s přístrojovými měřeními může přispět ke zhodnocení míry jejich subjektivity, stejně jako ke zkvalitnění o ně se opírajících rekonstrukcí, zejména v případě těch klimatolo-



Obr. 1 Ukázka rukopisných denních meteorologických záznamů P. Tadeáše Štiky [42].  
Fig. 1. A specimen of hand written daily meteorological records of Tadeáš Štika [42].



Obr. 2a

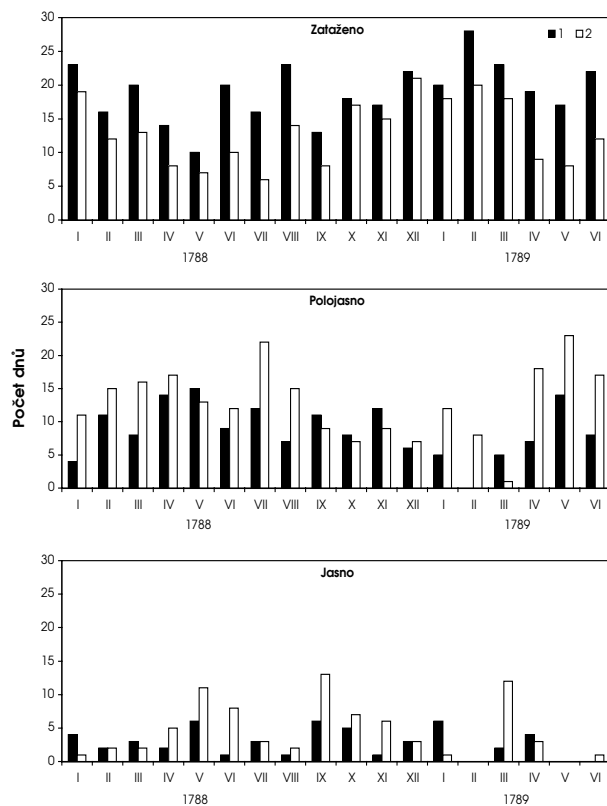


Obr. 2c

gických charakteristik, s jejichž měřením se započalo později (např. množství srážek). Předložená práce přispívá do mozaiky studia historického klimatu v českých zemích analýzou vizuálních denních pozorování P. Tadeáše Štíky z let 1788–1789 v Počaplech.

## 2. P. TADEÁŠ ŠTIKA A JEHO METEOROLOGICKÁ POZOROVÁNÍ

Tadeáš Štika se narodil 14. srpna 1758 v Poděbradech jako syn Ferdinanda Graciána Štíky, kvestora poděbradského panství, a jeho manželky Marie Františky [22]. Podle záznamů v Pamětní knize farního úřadu v Počaplech (dnes Králův



Obr. 2b

Obr. 2 Měsíční četnosti počtu srážkových dnů (1 – déšť, 2 – sněžení, 3 – smíšené srážky, 4 – srážkové dny s úhrnem  $\geq 0,1$  mm pro Králův Dvůr a Prahu-Klementinum – viz [39]) (a), počtu zatažených, polojasných a jasných dnů (b), počtu dnů s bouřlivým větrem, bouřkou a mlhou (c) v Počaplech (1) podle denních meteorologických pozorování P. Tadeáše Štíky a v Praze-Klementinu (2) v období leden 1788 – červen 1789.

Fig. 2. Monthly frequencies of the number of precipitation days (1 – rain, 2 – snowfall, 3 – mixed precipitation, 4 – precipitation days with the total  $\geq 0.1$  mm for Králův Dvůr and Prague-Klementinum – see [39]) (a), the number of overcast, half-covered sky and clear days (b), the number of days with stormy wind, thunderstorm and fog (c) at Počaply (1) according to daily meteorological observations of Tadeáš Štika and at Prague-Klementinum (2) in the period January 1788 – June 1789.

Dvůr na Berounsku) se dne 24. října 1785 stal lokalistou ve zdejší kostele. Když byla v roce 1789 lokalie povýšena na faru, stal se P. Štika prvním počapelským farářem. Než získal z arcibiskupské konsistoře jmenovací dekret, spravoval faru jako administrátor. Na faře v Počaplech působil až do 28. ledna 1799, kdy odešel na faru do Kladruhu u Stříbra (zde je zmíněn v Pamětní knize farního úřadu Kladruhy vedené v letech 1775–1883). V Kladrubech také dne 6. února 1814 ve věku 56 let zemřel na „nervovou horečku“ a o dva dny později zde byl pochován [21].

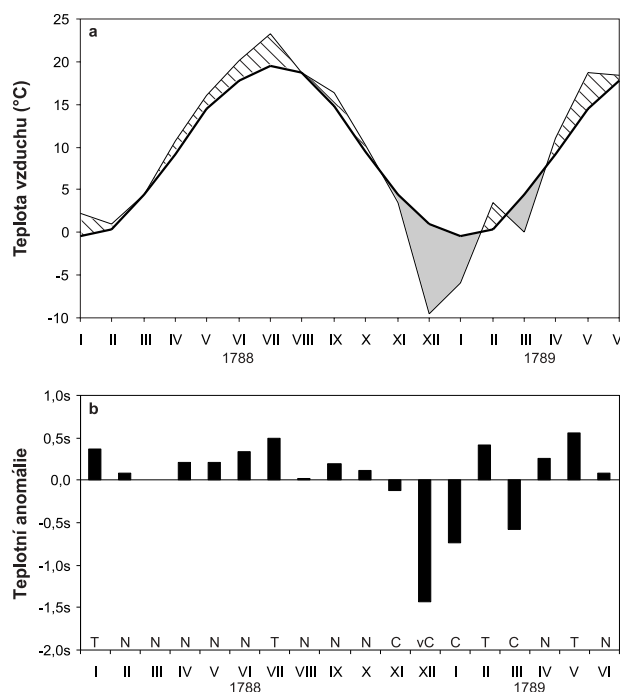
Štikovy denní meteorologické záznamy se vztahují k době jeho působení v Počaplech. Začínají 1. lednem 1788 a pokračují až do 30. června 1789, přičemž za celé období chybí pouze zápis pro 30. březen 1789. Dnes jsou záznamy součástí archivního fondu Státní hvězdárny v Archivu Akademie věd ČR v Praze [37, 42, 43]. S ohledem na dobu jejich vzniku se nabízí hypotéza, že se zápisky dostaly do okruhu studijního zájmu královského astronoma a ředitele pražské hvězdárny Antonína Strnada, a později byly zařazeny mezi spisy hvěz-

dárny. Není známo, zda Štika pozoroval počasí již před 1. lednem 1788 a zda v této činnosti pokračoval po 30. červnu 1789. Jasná není ani motivace pro jeho záznamy. Na rozdíl od jiných autorů (např. pozorování P. Karla Bernarda Heina v Hodočicích u Znojma z let 1780–1789 [7]) byla jeho pozorování skutečně cílená, velmi podrobná a navíc i systematická. Štika nevolil jako mnozí jiní autoři té doby formu deníkových záznamů, ve kterých by byly meteorologické údaje jen doplňkem popisu událostí všedního dne, ale soustavně zaznamenával jen každodenní průběh počasí. Rukopisné meteorologické záznamy jsou psány německy úhledným kurentem (obr. 1). S různým stupněm podrobnosti popisuje Štika zpravidla počasí v průběhu dne (velmi často s rozlišením na dopoledne, odpoledne a večer), stejně jako v noci: „[10. Junius 1788] Früh heiter und warm, der Ostwind war stärker. Gegen Mittag häufte sich das Gewölke und Nachmittag erfolgte mit einem gelinden Gewitter ein Regenguss den ganzen Nachmittag. Der Abend und die Nacht waren trüb und mit Regen untermischt. Wind von Norden.“ (tj. [10. červen 1789] Ráno jasno a teplo, východní vítr byl silnější. K poledni se nahromadily mraky a po poledni následoval při mírné bouřce liják trvajícím celé odpoledne. Večer a noc byly zamračené, smíšené s deštěm. Vítr od severu.) S použitím běžné německé terminologie charakterizuje teplotní ráz dne, srážky a oblačnost. Značnou pozornost věnuje popisu směru a síly větru, včetně jeho změn v průběhu dne (v českém překladu): „[25. květen 1789] ... Vítr vanul ve dne od východu a přihnal trochu mraků. Večer se na krátkou chvíli utiřil a pak se začal stáčet na vzduch k západu ...“ Od německé terminologie směru větru se odchýlil jen 29. dubna 1789, když uvedl „ein warmer Zephyr“ (tj. teplejší západ[ní vítr]).

Jako zvláště pečlivý pozorovatel se ukázal Štika při zaznamenávání meteorologických jevů. Tak u bouřek uváděl i bouřky vzdálené, hřmění a blýskavice (v českém překladu): „[15. květen 1789] ... K poledni se nakupila bouřková oblaka a celé odpoledne byl proměnlivý vítr. Často se blýskalo od západu a východu, na severozápadě začalo hřmět, ale zde nepršelo. Večer se ještě stále blýskalo na západní straně ...“ V případě mlhy si všiml doby jejího trvání a zvláště uváděl mlhu nad řekou. Několikrát zmínil i rosu (např. „ráno silnější rosa“) a zmrzlou rosu (např.: „[31. říjen 1788] Ráno ležela všude silnější zmrzlá rosa ...“). Jen výjimečně zapsal Štika nemeteorologické události a jevy. Tak 11. února 1788 barvitě popsal polární záři (v českém překladu): „... V osm hodin byla nádherná polární záře, silně červená se světlými bílými pruhy, která sahala doprostřed Velkého vozu, odkud se rozprostírala na západ ...“. O další polární záři se zmiňuje ke dni 24. září 1788 (obě jsou uvedeny také v katalogu polárních září jižně od 55° s. š. – [19]). V pražském Klementinu byla ale polární záře v tomto roce, vedle těchto dvou případů, pozorována ještě pětkrát a v první polovině příštího roku ještě jednou [34]. Z dalších událostí uvádí Štika v roce 1789 např. kvetení obilí (29. května) a začátek senoseče (18. června).

### 3. KLIMATOLOGICKÉ VYHODNOCENÍ ŠTIKOVÝCH METEOROLOGICKÝCH POZOROVÁNÍ

Nepřetržitě Štikovy denní meteorologické záznamy z Počaple umožňují provést četnostní zpracování některých pozorovaných charakteristik a porovnat je s pravidelnými meteorologickými pozorováními, prováděnými v té době na stanici Praha-Klementinum (viz souhrnné měsíční údaje in [34]). Jak počty srážkových dnů (obr. 2a), tak i počty zataže-



Obr. 3 Chod průměrných měsíčních teplot vzduchu (a) a měsíčních teplotních anomálií vyjádřených v násobcích směrodatné odchylky  $s$  (b) v období leden 1788 – červen 1789 na stanici Praha-Klementinum (referenční období 1901-1960). V části a) je pro porovnání uveden průměrný roční chod teploty vzduchu v referenčním období (silná čára), v části b) interpretovaný teplotní charakter měsíců podle Štikových záznamů v Počaplech (viz tab. 1).

Fig. 3. The variation of mean monthly air temperatures (a) and monthly temperature anomalies expressed in multiples of the standard deviation  $s$  (b) in the period January 1788 – June 1789 at the station Prague-Klementinum (reference period 1901-1960). In part a) the mean annual temperature variation is given in the reference period (bold line), in part b) the interpreted temperature pattern of the months according to Štika's records at Počaple (see Table 1).

ných, polojasných a jasných dnů (obr. 2b), stejně jako dnů s bouřlivým větrem, bouřkou a mlhou (obr. 2c), ukazují, že pozorování byla prováděna natolik pečlivě a systematicky, že jsou porovnatelná jak s klementinskými, tak patrně i s novodobými pozorováními (viz obr. 2a). Oproti pražským pozorováním udával Štika ve všech měsících více zatažených dnů, a to převážně na úkor počtu polojasných, ale i jasných dnů. V měsících zimního půlroku zaznamenal také podstatně nižší počty dnů s mlhou. Výraznější rozdíly jsou patrné rovněž u počtu dnů s bouřlivým větrem, kdy např. v říjnu 1788 oproti 10 takovým dnům v Počaplech není pro Prahu-Klementinum uveden v [34] překvapivě žádný, stejně jako v první polovině roku 1789. Naproti tomu rozdíly v počtech dnů s bouřkou nemají systematický ráz. Přitom ale např. z 20 pozorovaných dnů s bouřkou v Praze od dubna do července roku 1788 [34] zaznamenal Štika souhlasně ve 14 dnech také bouřku v Počaplech.

Pokud jde o teplotní charakter jednotlivých dnů, jsou Štikovy záznamy spíše nesystematické. Přesto byla provedena interpretace teplotních poměrů jednotlivých měsíců s členěním na teplé (T), normální (N), studené (C) a velmi studené (vC) měsíce. Analogicky byly jednotlivé měsíce se zřetelem na počty srážkových dnů a další Štikovy informace o srážkách klasifikovány na suché (S), normální (N) a vlhké či sněžné (V) (tab. 1).

Tab. 1. Teplotní a srážkový charakter jednotlivých měsíců v období leden 1788 – červen 1789 v Počaplech podle denních meteorologických pozorování P. Tadeáše Štíky (zkratky viz text).

Table 1. Temperature and precipitation patterns of the individual months in the period January 1788 – June 1789 at Počaply according to daily meteorological observations of Tadeáš Štika (abbreviations see text).

Rok	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1788	T/N	N/N	N/N	N/V	N/V	N/N	T/N	N/V	N/S	N/N	C/S	vC/N
1789	C/N	T/V	C/N	N/N	T/N	N/V	–	–	–	–	–	–

#### 4. ŠTIKOVÁ POZOROVÁNÍ V KONTEXTU METEOROLOGICKÝCH MĚŘENÍ A DALŠÍCH ZPRÁV O POČASÍ V ČESKÝCH ZEMÍCH

Interpretace teplotního charakteru jednotlivých měsíců od ledna 1788 do června 1789 podle Štikových pozorování (tab. 1) může být konfrontována s chodem teplot vzduchu stanice Praha-Klementinum (obr. 3a). Pro snazší porovnání s interpretovanými hodnotami byly měsíční teplotní anomálie vyjádřeny v násobcích směrodatné odchylky (obr. 3b). Ve studovaném období byly v Praze pouze 4 měsíce (listopad 1788 – leden 1789 a březen 1789) s měřeními teplotami pod hodnotami odpovídajících šedesátiletých měsíčních průměrů (1901–1960), zatímco v ostatních měsících odpovídaly měsíční teploty těmto průměrům nebo byly vyšší. Podle Štikových záznamů z Počapel byly vcelku uspokojivě jako teplé interpretovány měsíce, jejichž kladné odchylky se pohybují v Praze kolem 0,5násobku směrodatné odchylky. Naproti tomu jako normální se jeví listopad 1788, který by podle Štikových záznamů o častých mrazech a podle dalších narativních zpráv o nástupu zimy mohl být interpretován spíše jako chladný. Rovněž informace o zamračeném, deštivém a větrném počasí by svědčely spíše k interpretaci chladnějšího srpna 1788, který byl však podle měření v Praze teplotně normální. Stejně tak Štikovy zápisy o častých mrazech v březnu 1789, podobně jako zprávy dalších narativních pramenů, by svědčily spíše ve prospěch velmi chladného března. To ukazuje, že nesystematické kvalitativní záznamy o teplotním charakteru jednotlivých dnů mohou vést k ne zcela výstižné charakteristice celého měsíce, což platí zejména při interpretaci chladnějších měsíců.

V další části jsou Štikovy zápisy komentovány v kontextu ostatních písemných zpráv o počasí z českých zemí. Porovnání se nabízí vedle klementinských pozorování zejména se záznamy milčického rychtáře Františka J. Vaváka, který si pořizoval dlouhou dobu podrobné záznamy o počasí a příbuzných jevech (pro studované období edičně zpracovaných v [32]).

##### 4.1 Rok 1788

V lednu převládalo v Počaplech spíše zamračené a mírné počasí, ve 2. dekádě se silnými větry a sněžením. Mrazy ale Štika zmiňuje jen ve dvou dnech a chladno v pěti dnech, což ukazuje na teplejší charakter měsíce. To potvrzují zprávy z narativních pramenů. Tak v Rožnově pod Radhoštěm se v lednu toho roku oralo a selo [18]. Nepatrně sněhu, malá chladna a chození bosky od Vánoc do 6. ledna uvádí pramen z Mimoně [40]. Podle Vavákových záznamů bylo v Milčicích do 12. ledna mírně, bez mrazů, sněhu a dešťů [32]. Na Trutnovsku je uváděna 16.–17. ledna vichřice s lesními polomy a dalšími škodami [11]. Štika zaznamenal bouřlivý vítr již 12.–14. ledna, ale i 17. ledna. Vavák zmiňuje větrno, vichřice a škody v lesích mezi 20.–26. lednem [32], čemuž by odpovídaly Štikovy záznamy o bouřlivém větru 22.–23. a 26. ledna.

V pražském Klementinu, kde jsou uváděny převládající západní a jihozápadní větry, byl v tomto měsíci pozorován bouřlivý vítr ve dnech 17.–19. a 22.–23. ledna [34]. Od 27. ledna do 5. února byly podle Vaváka mrazy, které poté pomalu přestaly, takže kolem 24. února se již oralo a koncem měsíce se sel ječmen [32]. Podle Štíky bylo chladněji se sněžením kolem poloviny února, poté však do konce měsíce spíše tepleji.

Chladno se sněžením a větrno bylo podle Štikových záznamů v první polovině března, takže k 11. březnu zmiňuje zaváté cesty. V nížinách napadlo na půl až 3/4 lokte sněhu, tj. asi 30–44 cm – viz [13], který úplně roztál 23.–25. března [27, 29, 32]. Dne 29. března zaznamenal Štika poprvé hřmění. V Praze je první bouřka udávána o tři dny později k 1. dubnu [34]. V dubnu převládalo podle Štíky větrné a proměnlivé počasí, spíše ale vlhčí. Vavák zmiňuje od 24. dubna do konce měsíce mrazy a studené větry [32]. K 5. dubnu poznamenal Štika v Počaplech poletující sněhové vločky a u Zbirohu padající krupky či kroupy („Schlossen“). Zatímco dne 1. května odpoledne konstatoval horko jako v psích dnech, již ve dnech 5.–7. května a poté dne 21. května pozoroval ranní mrazy (pro 21. květen je záznam o mrazu též z Chomutova – [2]). Z 18. května je zpráva o průtrži mračen, obětech na lidských životech a škodách z Javorníku [17]. Štika tento den zaznamenal v Počaplech bouřku a liják. Velmi teplo bylo ve dnech 25.–28. května. Celkem 16 srážkových dnů, z toho v šesti dnech s lijákem nebo silným deštěm, ukazuje na srážkově bohatší měsíc.

Červen se podle Štikových záznamů jeví jako teplotně a srážkově průměrný. Zatímco začátek měsíce byl spíše chladný, teplo bylo zejména 7.–10., 14.–16. a 19.–21. června. Dvě třetiny dnů byly zamračené a 7 dnů bylo s bouřkou. Vavák ale hovoří v tomto měsíci o velkém suchu [32]. Dne 21. června, kdy zaznamenal Štika bouřku v Počaplech, byl bleskem zapálen dům a usmrceno dítě ve Varnsdorfu [26]. Teplý a srážkově průměrný byl podle Štikových zápisů červenec. Horka panovala zejména mezi 13. a 24. červencem. To potvrzují i Vavákovy zprávy z Milčic, kde 7.–8. července začaly žně, uhodila parna a do 25. července byla sklizena pšenice [32]. Úroda obilí byla toho roku dobrá [1, 27]. Dne 12. července, kdy Štika zaznamenal v Počaplech bouřku se silným lijákem, byla bleskem rozbita kamenná socha „Ecce homo“ v Karlových Varech [20]. Dne 31. července uvádí Štika kroupy a silný liják charakteru průtrže mračen v nedaleké Karlově Huti. Zamračené, větrné a deštivé počasí nastoupilo v srpnu. Štika zaznamenal v Počaplech celkem 23 dnů s deštěm a stejný počet zamračených dnů i dnů s větrem.

V první dekádě září převládalo v Počaplech jasné a teplé počasí, což potvrzují i Vavákovy údaje [32]. Ve dnech 16.–18. září ale pozoroval Štika již první ranní mrazy. Za celý měsíc se v Počaplech vyskytlo 12 dnů s mlhou, zejména v nočních a ranních hodinách. V říjnu, který byl podle Štíky teplotně a srážkově spíše normální, vály často bouřlivé větry (10 dnů). Vavákovy záznamy hovoří o suchu začátkem měsíce, kdy se



selo obilí. Dne 19. října spadl hojný déšť, přičemž deště trvaly do 26. října [32]. Štika uvádí deště 21.–22. a 24.–26. října. Dne 24. října zmiňuje „bouřlivé krupobití“, což odpovídá zprávám o bouři z téhož dne v Praze a Žitenicích [35]. Chladnější (13 dnů s mrazem), sušší (8 srážkových dnů) a zčásti mlhavý (9 dnů s mlhou) byl v Počaplech listopad. V Praze je uváděno v tomto měsíci 9 srážkových dnů, ale 15 dnů s mlhou [34]. Podle Vaváka se mohlo do poloviny měsíce orat, pak uhodily mrazy [32]. V Žitenicích byly podle Kreybichových pozorování teploty pod bodem mrazu od 15. listopadu, přičemž poté do konce měsíce v 10 dnech sněžilo [35]. V Telči podle pozorování Františka Aloise Maga klesly teploty pod bod mrazu poprvé 12. listopadu, přičemž od 20. listopadu byly již trvale pod nulou [8]. Silné sněžení, udávané Štikou v Počaplech dne 26. listopadu, potvrzují také záznamy ze Stříbra [30] a z Milčic [32]. Meteorologická pozorování z Prahy uvádějí v tomto měsíci stále severní větry (ve dnech 17. a 19. listopadu bouřlivé) a první sníh v souladu s Počaply a Žitenicemi dne 16. listopadu [34].

Sněžení a velká chladna při převážně zamračeném počasí pokračovaly také v prosinci. Sněžení zaznamenal Štika celkem ve 13 dnech, mrazy a velká chladna v 18 dnech, zamračeno ve 22 dnech. Největší mrazy uvádí pro 20. prosinec („Leidentliche Kälte.“, tj. Nesnesitelná zima) a při jasném počasí dne 28. prosince („Die heftigste Kälte.“, tj. Nejkrutější zima). To odpovídá přístrojovým měřením, neboť nejnižší teplota vzduchu klesla v tomto měsíci v Telči až na  $-28,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  (20. prosince), v Chocni na  $-27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  (27. a 28. prosince), v Praze-Klementinu na  $-24,4\text{ }^{\circ}\text{C}$  (28. prosince) a v Žitenicích na  $-21,3\text{ }^{\circ}\text{C}$  (18. a 19. prosince) [34]. Obzvláště bouřlivý vítr, který přinesl množství sněhu, je zmiňován Štikou pro den 24. prosince, což potvrzují i pozorování z Prahy (zde v prosinci sněžilo dokonce v 18 dnech), Žitenic a Telče [8, 34, 35]. V Telči zaznamenal Mag silné sněžení již 1. prosince, přičemž poté sněžilo v tomto měsíci v dalších 10 dnech. Dne 14. prosince zde zmrzl jeden muž a mnoho dalších lidí utrpělo omrzliny. Tloušťka ledu na telčských rybnících dosáhla 1 vídeňského lokte, tj. asi 78 cm [8]. Časté sněžení, množství sněhu a silné mrazy, kdy zamrzla i voda ve studních, uvádí také Vavák [32]. Prameny z Mimoňska hovoří o množství sněhu a tuhých mrazech, které překonaly chladna z roku 1784 (tj. tuhou zimu 1783/84). To se projevilo dokonce menší návštěvou při vánočních bohoslužbách [40, 41]. V pražském Klementinu byl tento měsíc s průměrnou teplotou  $-9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  dosud nejchladnějším prosincem a druhým nejchladnějším měsícem vůbec od roku 1775 (po únoru 1929 s  $-11,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Extrémně chladné počasí souviselo patrně s advekcí studeného kontinentálního arktického vzduchu od severu a severovýchodu do střední Evropy (blíže viz [8]).

#### 4.2 Rok 1789

V lednu roku 1789 pokračovala velká chladna, takže podle Štikova zápisu k 7. lednu si nezadala s mrazy z 28. prosince předchozího roku. S nástupem západního proudění od 10. ledna však poněkud polevila. V dalším průběhu ledna však Štika zaznamenal vedle mírného počasí a oblevy opět mrazy a chladna. Naposledy ale v Počaplech sněžilo 15. ledna, poté již byly srážky jen v podobě deště (celkem 16 srážkových dnů). Dvě třetiny dnů v měsíci bylo zamračeno. V únoru uvádí Štika pro všechny dny zamračené počasí, časté střídání deště, sněžení a smíšených srážek (celkem 22 srážkových dnů), přičemž mrazy jsou zmiňovány jen v 7 dnech. Popsaný charakter zimy dokládají také mnohé další prameny. Tak např.

v Telči se dostaly teploty vzduchu opět nad nulu teprve 26. ledna [8]. To již podle Vaváka „vody se shromažďovaly, k Labi pomalu se berouce,“ přičemž 28. a 29. ledna se Labe rozvodnilo a lámal se led [32]. O neslýchané zimě s množstvím sněhu trvající až do začátku února se zmiňuje Karel Josef Voda z Hlinska [1]. Podle pramene ze Stříbra dosáhl sníh této zimy až výšky dospělého muže. Dne 27. ledna pak odešel při povodni led [30]. Povodeň, která odnesla most, je zmiňována také v Hradci Králové [28]. Podle pramene z Mimoňe bylo třeba topit v místnostech dnem a nocí, aby v nich nemrzlo [40]. V Praze podle Františka Martina Pelcla extrémně chladná zima, jakou nikdo nepamatoval, povolila 10. ledna [27]. Zpráva z Chomutova hovoří o množství sněhu od začátku zimy a špatně průchodných cestách, na což vzápětí uhodily tuhé mrazy a zamrzly studny [2]. Tuhou zimu uvádějí i prameny z Varnsdorfu [26] a Smidar [38]. Řeka Bílina zamrzla této zimy na 1,5 lokte (tj. asi 87 cm) a po tání velkého množství sněhu přišla v Bílině povodeň [12]. V Krušných horách pomrzlo mnoho zvířete a její stavy výrazně poklesly [25]. Pramen ze Sobůlek uvádí pomrzlé ovocné stromy a vinice a množství sněhu, který uskořil jařinám [10]. Mnoho lidí omrzlo nebo přímo zmrzlo na cestách. Percepci této zimy nejlépe vyjadřuje Vavákův zápis: „Zima tato jistě v dlouhé paměti zůstávati bude od oznobení a zdraví zkažení množství lidu i do smrti zmrzlých i nyní ještě [se] nacházejících, tolikéž dobytka ...“ [32].

Zima 1788/89 v Evropě byla analyzována již A. Strnadem [35], který uvedl teplotní údaje z řady míst v Evropě. Největší prosincové mrazy připadly vedle Ruska právě na střední Evropu (obr. 4). Nověji se touto zimou v oblasti Iberského poloostrova zabývali Barriendos et al. [4] a v kontextu Magových pozorování v Telči Brázdil et al. [8]. Na výjimečnost této zimy ukazuje i fakt, že prosinec 1788 a leden 1789 představují třetí nejchladnější dvouměsíční období v celé klementinské řadě [14].

Teplý únor byl vystřídán dalším nástupem zimy v březnu, kdy Štika zaznamenal v Počaplech v 17 dnech mrazivé nebo velmi chladné počasí. Tak k 7. březnu konstatuje, že mráz byl tak silný, že zmrzlé bláto udrží i člověka, k 10. březnu zase, že zmrzlé bláto udrží lehké vozy, a den poté již naložené vozy. Dne 12. března byl mráz již tak silný, že hliněné nádoby naplněné tekutinou popraskaly. Ze 17 srážkových dnů sněžilo v Počaplech v 15 dnech, přičemž ve zbylých 2 dnech byly srážky smíšené. I když jeden sedlák začal již 24. března sít, pro následné mrazy bylo setí přerušeno a všeobecně začalo teprve od 6. dubna. Podle Vaváka se místy oralo již koncem února, ale březnové mrazy a sněžení přesunuly zahájení polních prací až na začátek dubna [32]. Mnoho sněhu napadlo od začátku měsíce do 20. března také v Praze [27]. Podle klementinských pozorování sněžilo v Praze v tomto měsíci ve 14 dnech, přičemž převažovaly severní větry [34]. Tato extrémně tuhá a dlouhá zima (obr. 5) byla ukončena teprve táním sněhu a povodní v prvních dnech dubna [28]. Štika hovoří o tání sněhu a velké vodě v zápise z 3. dubna. Jinak se ale duben, v němž uvádí v první dekádě a na jeho konci několik teplých dnů a uprostřed měsíce naopak několik chladnějších dnů, jeví podle interpretace jeho zápisů spíše jako teplotně a srážkově průměrný. V měsíci květnu pozoroval Štika v Počaplech celkem 8 dnů s bouřkou a 12 srážkových dnů. Vavák však uvádí v tomto měsíci již velké sucho [32], které nepochybně souviselo i s velmi teplým počasím. Tak Štika zaznamenal v květnu 9 dnů s teplým a 11 dnů s velmi teplým či horkým počasím. Podle pražských pozorování se střídaly jihozá-



padní a jihovýchodní větry [34]. Dne 18. května je zmiňováno krupobití a škody v Plotišti nad Labem [28], přičemž Štika téhož dne zapsal v Počaplech bouřku a liják.

V červnu převažovalo podle Štikových záznamů většinou zamračené (22 dnů) a deštivé (19 srážkových dnů) počasí. Dne 21. června padaly v Králově Dvoře kroupy velikosti holo-bích vajíček, v Počaplech však žádné. Téhož dne po bouřce a lijáku na Mladoboleslavsku došlo k protržení rybníků s následnými škodami a 9 utonulými osobami [3]. Bouřku, krupobití, liják, vichřici a škody zmiňuje také Vavák, který uvádí od 21. do 28. června každodenní deště [32]. V Počaplech ale přšelo každý den až od 25. června do konce měsíce.

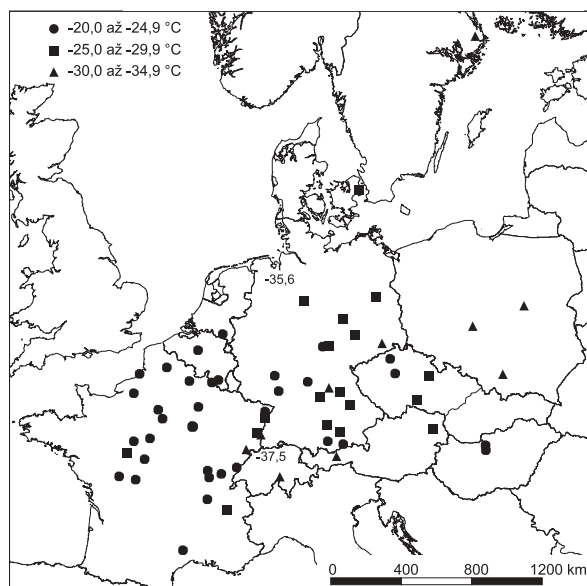
## 5. ZÁVĚR

Vizuální denní pozorování počasí P. Tadeáše Štíky z Počapel z ledna 1788 – června 1789 jsou cenným příspěvkem k rekonstrukci klimatu v českých zemích, při níž je třeba vycházet z velkého množství prostorově a časově heterogenních klimatologických údajů, které by se měly stát základem pro budoucí syntézu. Ačkoli spadají do období přístrojových měření a zahrnují pouze 18 měsíců, jsou velmi cenné z hlediska studia prostorové variability klimatu a vzájemné konfrontace s ostatními narativními záznamy o počasí. Jejich věrohodnost a využitelnost k rekonstrukci klimatu je dále potvrzena porovnáním s výsledky systematických meteorologických pozorování v pražském Klementinu.

**Poděkování:** Upřímné poděkování za pomoc při zjišťování životopisných údajů o P. Tadeáši Štikovi patří SOKA Tachov (PhDr. M. Novotná), SOKA Nymburk (Ing. B. Řeháková) a SOA Praha (J. Nováková). Za nezištné zhotovení kopií Štikových záznamů patří náš dík pracovníkům Archivu Akademie věd ČR v Praze. Studie byla vypracována s finanční podporou GA ČR pro řešení grantu č. 205/01/1067.

## Literatura

- [1] Adámek, K. V.: Paměti Karla Josefa Vody. Zprávy Musea okresu hlineckého, **4**, 1917, s. 76–87.
- [2] Ankert, H.: Wetterberichte aus einer alten Komotauer Chronik. Erzgebirgs Zeitung, **24**, 1903, s. 183–185.
- [3] Bareš, F.: Paměti města Ml. Boleslavě. Díl II. Mladá Boleslav, Nákladem Jos. L. Švídala 1920. 302 s.
- [4] Barriandos, M. – Peña, J. C. – Martín-Vide, J. – Jönsson, P. – Demarée, G. (1997): The winter of 1788–1789 in the Iberian peninsula from meteorological reading observations and proxy-data records. In: Pigatto, L., ed.: Guisepe Toaldo e il suo tempo. Padova, Bertocello Artigrafiche 1997, s. 921–941.
- [5] Brázdil, R. – Macková, J. – Sviták, Z. – Valášek, H. – Hradil, M.: Nejstarší moravská meteorologická měření v Telči od Františka Aloise Maga z Maggu z let 1771–1775. Meteorol. Zpr., **55**, 2002, č. 2, s. 50–60.
- [6] Brázdil, R. – Písek, J. – Luterbacher, J. – Tolasz, R. – Květoň, V.: Fluctuations of extremely cold and warm months in the Czech Republic during the period of instrumental records and their relation to the atmospheric circulation. In: Österreichische Beiträge zu Meteorologie und Geophysik, Wien 2001, č. 27 (CD-ROM).
- [7] Brázdil, R. – Valášek, H. – Macková, J.: Climate in the Czech Lands during the 1780s in the light of daily weather records of

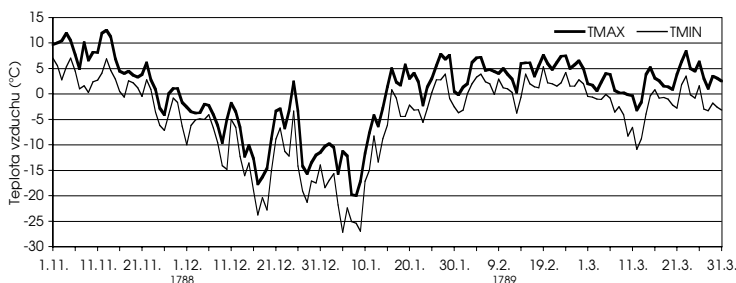


Obr. 4 Geografické rozložení nejnižších teplot vzduchu  $\leq -20$  °C v prosinci roku 1788 v Evropě podle údajů A. Strnada [35]. Teplota  $-37,5$  °C se vztahuje k Basileji,  $-35,6$  °C k Brémám. Ze stanic prezentovaných Strnadem nejsou v obrázku znázorněny minimální teploty pro Moskvu ( $-39,5$  °C) a St. Petersburg ( $-30,6$  °C).

Fig. 4. Geographical distribution of the lowest temperatures  $\leq -20$  °C in December 1788 in Europe according to data by A. Strnad [35]. The temperature value  $-37,5$  °C is related to Basle,  $-35,6$  °C to Bremen. From stations presented by Strnad minimum temperatures for Moscow ( $-39,5$  °C) and St. Petersburg ( $-30,6$  °C) are not expressed.

parson Karel Bernard Hein from Hodonice (southwestern Moravia): Comparison of documentary and instrumental data. Climatic Change, 2002, v tisku.

- [8] Brázdil, R. – Valášek, H. – Sviták, Z. – Macková, J.: History of Weather and Climate in the Czech Lands V. Instrumental Meteorological Measurements in Moravia up to the End of the Eighteenth Century. Brno, Masaryk University 2002. 250 s.
- [9] Demarée, G. R. – Ogilvie, A. E. J.: Bons Baisers d'Islande: Climatic, environmental, and human dimensions impacts of the Lakagígar eruption (1783–1784) in Iceland. In: Jones, P. D. – Ogilvie, A. E. J. – Davies, T. D. – Briffa, K. R., eds.: History and Climate. Memories of the Future? New York,



Obr. 5 Chod maximálních (TMAX) a minimálních (TMIN) denních teplot vzduchu na stanici Praha-Klementinum v období 1. listopad 1788 – 31. březen 1789 (údaje podle [23]).  
Fig. 5. The variation of the maximum (TMAX) and the minimum (TMIN) daily air temperatures at the station Prague-Klementinum in the period from 1 November 1788 to 31 March 1789 (data according to [23]).

- Boston, Dordrecht, London, Moscow, Kluwer Academic /Plenum Publishers 2001, s. 219–246.
- [10] *Fintajsl, F.*: Pamětní kniha obce Sobůlek u Kyjova. Selský archiv, **9**, 1914, s. 109–111, 127–130.
- [11] *Holinková, J. – Navrátil, J., eds.*: Z kroniky města Trutnova a okolí 1710–1871. Krkonoše. Podkrkonoší. Vlastivědný sborník prací. Havlíčkův Brod, Východočeské nakladatelství 1964, s. 122–140.
- [12] *Hutter, T.*: Die Stadt Bilin und ihre Geschichte von der ältesten Zeit bis auf unsere Tage (1890). Bilin, Verlag des Bürgermeisteramtes 1891. 168 s.
- [13] *Chvojka, M. – Skála, J.*: Malý slovník jednotek měření. Praha, Mladá fronta 1982. 280 s.
- [14] *Kakos, V. – Munzar, J.*: Zima 1829/30 – nejužší ve střední Evropě od počátku měření teploty vzduchu. Meteorol. Zpr., **53**, 2000, č. 4, s. 103–108.
- [15] *Katzerowsky, W.*: Übersicht der Maxima und Minima der Temperatur von Schüttenitz und Leitmeritz. Jahres-Bericht des k. k. Staats-Ober-Gymnasiums zu Leitmeritz in Böhmen für das Schuljahr 1887. Leitmeritz, Verlag des k. k. Staats-Ober-Gymnasiums 1887, s. I–IX.
- [16] *Katzerowsky, W.*: Maxima und Minima des Luftdruckes von Schüttenitz und Leitmeritz. Jahres-Bericht des k. k. Staats-Ober-Gymnasiums zu Leitmeritz in Böhmen für das Schuljahr 1890. Leitmeritz, Verlag des k. k. Staats-Ober-Gymnasiums 1890, s. 29–33.
- [17] *Kneifel, R.*: Topographie des kaiserl. königl. Antheils von Schlesien. Zweyter Theil, zweyter Band. Brünn, Gedruckt bei Joseph Georg Trassler 1805. 269 s.
- [18] *Kramoliš, J. L. O.*: Paběrky z dějou městečka Rožnova. Opis, SOKA Vsetín, Sběrka rukopisů.
- [19] *Křivský, L. – Pejml, K.*: Solar activity, aurorae and climate in central Europe in the last 1000 years. Travaux Géophysiques, **33**, 1985, č. 606, s. 77–151.
- [20] *Lenhart, J. J.*: Carlsbads Memorabilien vom Jahre 1325 bis 1839. Prag, Gottlieb Haase Söhne 1840. 506 s.
- [21] Matrika římskokatolického farního úřadu Kladruby. Státní oblastní archiv v Plzni, i. č. 35, s. 76.
- [22] Matrika římskokatolického farního úřadu Poděbrady z let 1754–1770. Státní oblastní archiv v Praze, i. č. 11, st. sign. VII, fol. 38 p.v.
- [23] Meteorologická pozorování v Praze-Klementinu 1775–1900. I. Praha, Hydrometeorologický ústav 1976. 258 s.
- [24] *Munzar, J.*: Počátky meteorologických měření v Československu v 18. století. Dějiny věd a techniky, **2**, 1969, č. 3, s. 183–187.
- [25] *Nožička, J.*: Proměny lesů a vývoj lesního hospodaření v Krušnohoří do r. 1848. Rozpravy Československé akademie věd, Řada matematických a přírodních věd, **72**, č. 3. Praha, Nakladatelství Československé akademie věd 1962. 115 s.
- [26] *Palme, A.*: Warnsdorf mit seinem historischen Denkwürdigkeiten von wessen Gründung an bis zum Jahre 1850. B. Leipa, J. Hamann 1913. 255 s.
- [27] *Pán, J.*: František Martin Pelcl. Paměti. Praha, Nakladatelství Fr. Borový 1931. 103 s.
- [28] *Pišl, F.*: Paměti obce Plotiště nad Lab. Nákladem obce Plotiště nad Lab., tiskem Františka Ottmana v Holicích 1938. 419 s.
- [29] *Robek, A.*: Lidové kronikářství na Poděbradsku. Edice lidových kronikářských textů. Praha, Ústav pro etnografii a folkloristiku ČSAV 1978. 202 s.
- [30] *Schmidt, G.*: Eine Mieser Chronik des 18. Jahrhunderts. Nach Kalendaraufzeichnungen des Mieser Bürger- und Töpfermeisters Anton Mathias Reisser (1717–1804) und anderen zeitgenössischen Quellen. Mies, Selbstverlag 1907. X + 168 s.
- [31] *Sigurdsson, H.*: Volcanic pollution and climate: the 1783 Laki eruption. EOS, **63**, 1982, č. 32, s. 601–603.
- [32] *Skopec, J.*: Paměti Františka J. Vaváka, souseda a rychtáře milčického z let 1770–1816. Kniha druhá (Rok 1784–1790). Část II. (1787–1790). Praha, Nákladem “Dědictví sv. Jana Nepomuckého” 1912. 169 s.
- [33] *Stothers, R. B.*: The great dry fog of 1783. Climatic Change, **32**, 1996, s. 79–89.
- [34] *Strnadt, A.*: Meteorologische Resultate der in Prag und einigen andern Orten in Böhmen gemachten Luftbeobachtungen und andern Erscheinungen. In: Neuere Abhandlungen der k. Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften. Erster Band. Wien und Prag, J. V. Degen 1791, s. 235–256.
- [35] *Strnadt, A.*: Beyträge zu der Geschichte des Winters im Christmonate 1788. In: Mayer, J.: Sammlung Physikalischer Aufsätze, besonders die Böhmisches Naturgeschichte betreffend, von einer Gesellschaft Böhmischer Naturforscher. Dritter Band. Dresden, In der Waltherischen Hofbuchhandlung 1793, s. 39–88.
- [36] *Strnadt, A.*: Resultate der in Prag und einigen andern Orten in Böhmen 1790, 1791, 1792, 1793 gemachten meteorologischen Beobachtungen. In: Neuere Abhandlungen der k. Böhmisches Gesellschaft der Wissenschaften. Zweyter Band. Prag, J. G. Calve 1795, s. 249–253.
- [37] *Šlechtová, A.*: Státní hvězdárna. Inventář archivního fondu. Praha, Ústřední archiv Československé akademie věd 1981. 202 s.
- [38] *Šrám, V.*: Paměti městečka Smidar nad Cidlinou. Hradec Králové, Nákladem Vác. Šrám 1904. 384 s.
- [39] Tabulky. Podnebí Československé socialistické republiky. Praha, Hydrometeorologický ústav 1961. 379 s.
- [40] *Tille, J.*: Geschichte der Stadt Niemes und ihrer nächsten Umgebung. Niemes, Druck und Verlag von A. Bienert 1905. 540 s.
- [41] *Wiechowsky, A.*: Aus den Aufzeichnungen des Lehrers Anton Lehmann aus Neuland bei Niemes. Mitteilungen des Nordböh. Vereines für Heimatforschung und Wanderpflege, **51**, 1928, s. 28–36 a 110–115.
- [42] Witterungsbeobachtungen im Jahre 1788. Von H. Thaddäus Stika Administrator zu Poczapel bey Beraun. Archiv AV ČR Praha, Státní hvězdárna, i. č. 706, st. sign. VI C 4, č. 1.
- [43] Witterungsbeobachtungen vom 1ten Jenner bis 1ten Julius des 1789ten Jahres. Von Potschapel bei Beraun. Archiv AV ČR Praha, Státní hvězdárna, i. č. 707, st. sign. VI C 4, č. 2.

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

## EVROPSKÁ KONFERENCE O SILNÝCH BOUŘÍCH (Praha, srpen 2002)

Odrazem stále se zvyšující pozornosti meteorologie a klimatologie k jevům menšího měřítka byla druhá evropská konference o silných bouřích (European Conference on Severe Storms, ECSS), která se konala ve dnech 26.–30. srpna 2002 v Průhoncích u Prahy. Hlavním pořadatelem druhé ECSS byl Český hydrometeorologický ústav, o organizaci celé akce se postaral především Martin Setvák se svými kolegy z Libuše s pomocí dalších pracovníků z ČHMÚ i Ústavu fyziky atmosféry.

Ačkoliv anglosaský pojem „Severe storm“ je užíván k označení téměř jakéhokoli potenciálně nebezpečného počasí, uvedená konference se až na výjimky zabývala jevy spojenými s nebezpečnými *konvektivními* bouřemi, a to především z hlediska jejich typizace, klimatologie, monitoringu či předpovědi.

Konference byla rozdělena do následujících sekcí:

1. Úvodní prezentace, klimatologie a statistika
2. Tornáda a downbursty – případové studie a statistika
3. Přívalové povodně, intenzivní srážky, kroupy, zimní bouřky
4. Radarová a družicová pozorování, detekce blesků
5. Podmínky pro vznik konvektivních bouří, aerologické sondáže, vliv orografie, procesy synoptického měřítka a mezoměřítka
6. Numerické modelování
7. Předpovědi, nowcasting, varování, pojistná plnění

Vlastní konferenci zahájil ředitel Českého hydrometeorologického ústavu Ivan Obrusník, za Českou meteorologickou společnost přednesl krátký projev též Jan Bednář, za Evropskou meteorologickou společnost René Morin a za Ministerstvo životního prostředí České republiky Pavel Jílek.

První příspěvek – Co nás naučily společenské dopady silných bouří a tornád – prezentovaný Charlesem Doswellem, se poněkud vymykal většině ostatních, neboť pojednával především o silných bouřích v kontextu připravenosti celé společnosti a různých agentur na možnost příchodu environmentálních katastrof. Ačkoliv jen málokdo pochybuje, že Evropa je méně náchylná k ničivým bouřím a tornádům než USA, autor zdůraznil, že nebezpečné konvektivní bouře se v Evropě vyskytují též, přičemž pouze jejich četnost je celkově nižší než na severoamerickém kontinentě. Charles Doswell zároveň vyslovil návrh na zřízení jednoho výzkumného, monitorovacího či varovného centra pro celou Evropu, které by mělo využít celoevropských zkušeností.

Následující referát N. Dotzeka a jeho kolegů se zabýval odhadem rozdělení četnosti tornád podle Fujitovy stupnice intenzity s důrazem na využití historických zkušeností s vývojem těchto odhadů od 50. let 20. století na severoamerickém kontinentě. Zvolením vhodného teoretického rozdělení nejlépe se přibližujícího k napozorovaným případům je dle autora možné lépe odhadnout množství extrémních případů, a to jak velmi slabých, tak nejsilnějších tornád.

Další příspěvky se soustředily na vytvářející se klimatologii mezocyklon, vycházející z radarových měření a z aerologických sondáží. J. Snow ukázal, že podle tříletého zhodnocení radarových měření jsou mezocyklony (alespoň na studovaném území Texasu a Oklahomy) poměrně běžným jevem, přičemž vztah jejich radarem zjistitelných parametrů k nebezpečným povětrnostním jevům, zejména k silným srážkám a tornádům, je bohužel zatím poměrně slabý.

H. Brooks přednesl příspěvek týkající se prediktorů odvozených z aerologických sondáží, které mohou popsat konvektivní prostředí vhodné pro vývoj extrémních jevů. Přes problémy týkající se problematické úplnosti archivu konvektivních jevů zdůraznil, že pro odlišení potenciálně nebezpečných bouří od méně nebezpečných je kromě hodnot CAPE důležitý především stříh větru ve spodní polovině troposféry a že v případě výskytu tornádických bouří je zřejmě nejdůležitější silný stříh větru ve vrstvě 0–1 km nad terémem spolu s nízkou VKH.

Mnoho příspěvků se zabývalo případy silných bouří spojených s downbursty a tornády, které se podle uvedených příspěvků vyskytují po celém kontinentě od Středozeemí až po Finsko. Jeden z českých příspěvků se zvláště soustředil na zvýšení počtu zjištěných tornád ve vazbě na lepší dostupnost internetu v České republice.

Četné referáty se zabývaly detekcí silných bouří radarem a sledováním krupobití s důrazem na jejich ničivé projevy a objevila se též pojednání o potlačování ničivosti krupobití (hail suppression) z Chorvatska a Rakouska, což je stále poněkud kontroverzní téma.

Z hlediska monitoringu silných bouří se především využívá meteorologický radar, ale několik příspěvků se zabývalo využitím družicové informace pro detekci některých parametrů silných bouří. Ačkoliv se zdůrazňují limity družicových pozorování, je možné ze stále se zvětšujícího počtu dostupných kanálů meteorologických družic získat více informací o mikrofyzice horní části oblaků, což může sloužit jako doplňující informace o konvektivních procesech.

Numerické modelování se měřítka konvektivních jevů přibližuje teprve při zmenšování kroku sítě pod 1 km, což zatím významně omezuje jeho použitelnost při konkrétní predikci silných konvektivních bouří. To dokumentoval i zajímavý francouzský příspěvek zaměřený na testování schopnosti modelů s různým rozlišením a různými mikrofyzikálními parametrizacemi modelovat vývoj krup. Další příspěvky se zabývaly spíše potenciálem současných prognostických modelů pro předpověď či varování před silnými bouřemi a na procesy většího měřítka, např. na předpověď vývoje ničivé cyklony z 10.–11. listopadu 2001 v západním Středozeemí. Zde zazněl i příspěvek pracovníků Ústavu fyziky atmosféry zaměřený na modelování extrémních konvektivních jevů na našem území modelem LM Německé povětrnostní služby v experimentálním uspořádání s horizontálním krokem 2.8 km.

I když i „prostá“ klimatická statistika či operativní detekce silných bouří mezoměřítka se potýká s mnoha těžkostmi, jednou z nejproblematičtějších oblastí současné meteorologie zůstává predikce vzniku a vývoje těchto jevů. Některé systémy pro nowcasting používají různé typy extrapolace, ale již během několika desítek minut ztrácejí výrazně svoji účinnost, neboť konvektivní bouře je velmi nelineární proces s životním cyklem většinou od desítek minut po hodiny.

Přes tyto problémy se stále širší pozornost věnuje varovným systémům před nebezpečnými povětrnostními jevy spojenými se silnou konvekcí, přičemž v závěrečné diskusi zazněly mnohé hlasy na podporu celoevropského střediska pro silné bouře, které by shromažďovalo poznatky nejen o destruktivních projevech konvekce, ale též o jiných nebezpečných povětrnostních jevech s cílem efektivnějšího využití těchto informací pro varovnou službu. Uvedené středisko by mělo sloužit především jako *komplementární* zdroj informací

a varování, tedy nikoliv jako *náhrada* národních meteorologických agentur. Objevily se též snahy zavést celoevropskou databázi nebezpečných povětrnostních jevů.

Jistou zajímavostí konference byla též možnost sledování startu rakety Ariane 5 nesoucí družici Meteosat druhé generace (Meteosat Second Generation, MSG), která významně zlepšila monitoring atmosféry v oblasti Evropy a Afriky.

Čeští meteorologové přednesli tři ústní referáty a vystavili též tři postery, což odráží nemalou aktivitu v této oblasti, která byla významně podpořena projektem GAČR 205/1451/00 (Silné konvektivní jevy na území ČR).

Před vlastní konferencí, ve dnech 21.–23. srpna 2002, se na stejném místě ještě konal mezinárodní seminář s názvem „Severe Convective Storms“, který byl organizovaný ve spolupráci Českého hydrometeorologického ústavu a společnosti EUMETSAT.

Na závěr je nutné konstatovat, že přes některé komplikace způsobené následky povodní z první poloviny srpna se konference i seminář velmi vydařily a splnily své cíle, ke kterým patřilo též setkání mnoha věhlasných odborníků nejen mezi sebou, ale též s kolegy z východoevropských zemí. Všem organizátorům v čele s hlavním „motorem“ akce Martinem Setvákem i ČHMÚ jako zajišťující instituci patří za velmi kvalitní přípravu a průběh celého setkání oprávněně poděkování.

*Poznámka: Nejdůležitější informace o konferenci včetně abstraktů příspěvků zůstanou na dobu alespoň několika let na adrese <http://www.chmi.cz/ECSS2002/>.*

Milan Šálek

## MEZINÁRODNÍ KONFERENCE O KVANTITATIVNÍ PŘEDPOVĚDI SRÁŽEK

V prvním srpnovém týdnu (2.8–6.8.2002) se v Anglii v areálu Univerzity Reading konala mezinárodní konference, která se zabývala problematikou tzv. kvantitativní předpovědi srážek (Quantitative Precipitation Forecasting, QPF). Konferenci pořádaly anglická Královská meteorologická společnost (Royal Meteorological Society, RMS) a anglická Meteorologická služba (Meteorological Office) pod názvem INTERNATIONAL CONFERENCE ON QUANTITATIVE PRECIPITATION FORECASTING (IC-QPF). Konference byla sponzorována WMO WWRP (World Weather Research Programme) a RMS. Podporu poskytly i WMO HWRP (Hydrology and Water Resources Programme), ECMWF, EUMETSAT a Britská hydrologická společnost.

Cílem IC-QPF bylo zhodnotit současné potřeby a možnosti měření a předpovědi srážek (předpovědní doby od nowcastingu až po předpovědi sezonní). Zvláštní důraz byl kladen na situace s vysokým dopadem na společnost, především na situace vyvolávající povodně. V souladu s tím rozvrhli organizátoři program konference do následujících sekcí:

Sekce 1 – SOUVISLOSTI (dopady srážkových událostí a předpovědi; ztráty, kterým lze předjet; potřeby uživatelů; forma a včasnost předpovědi; verifikační metody pro vysoce proměnná srážková pole; kvalita současných operačních předpovědí).

Sekce 2 – ODHADY SRÁŽEK (Quantitative Precipitation Estimate, QPE – radary, družice a další metody pro odhad srážek; kvantifikace chyb pozorování; integrované pozorovací systémy).

Sekce 3 – NOWCASTING (extrapolace pozorovaných polí; kombinované využití radarů, družic a produktů nume-

rické předpovědi počasí; pravděpodobnostní výstupy nowcastingu; umělá inteligence; použití koncepčních modelů; výsledky projektu pro demonstraci předpovědi počasí při olympiádě v Sydney v roce 2000).

Sekce 4 – KRÁTKODOBÉ PŘEDPOVĚDI ZALOŽENÉ NA NWP MODELECH (NWP metody zahrnující asimilaci dat z podrobných pozorování; post-processing NWP výstupů; statistické metody; ansámblová (skupinová) předpověď).

Sekce 5 – DLOUHODOBÁ A SEZONNÍ PŘEDPOVĚD (prediktabilita, predikční metody, tropy a mírné šířky).

Sekce 6 – APLIKACE (demonstrace praktického přínosu pro vybrané aplikace, jako jsou hydrologické předpovědi, letecká služba a zemědělství).

Jako sekce 7 byla označena závěrečná panelová diskuse předsedů šesti pracovních sekcí:

## BUDOUCÍ NEJDŮLEŽITĚJŠÍ CÍLE A PRACOVNÍ OBLASTI, PŘEHLED KONFERENCE.

I když konference byla zdánlivě monotematicky zaměřena na kvantitativní předpověď srážek, je z přehledu tematických okruhů, které byly zařazeny do jednotlivých sekcí, zřejmé, že výsledná skladba příspěvků nemohla pokrýt všechny zmíněné oblasti. Na konferenci bylo přihlášeno celkem 167 příspěvků. Velmi důležité je, že autoři mohou své prezentace zpřístupnit na svých webovských stránkách a odpovídající adresy (linky umožňující stažení prezentace) se shromažďují na webovské stránce RMS s adresou: <http://www.royal-met-soc.org.uk/entry/qpfproc.html>.

V sekci 1 byly prezentace rozděleny do dvou bloků. První z nich se věnoval přesnosti současné QPF a její uživatelské hodnotě. Příspěvky vycházely převážně ze srovnání přesnosti předpovědi různých provozních NWP modelů. Rozsáhlé srovnávací studie byly prezentovány autory z DWD (Ulrich Damrath) a ECMWF (Anna Gheli). Byla komentována i kvalita výsledků systémů nowcastingu, které byly srovnávány v projektu Sydney 2000 (Thomas Keenan a další). Výsledky ukazují, že nowcasting silných konvektivních srážek je přesnější než prostá perzistence, ale jeho kvalita zatím odpovídá kvalitě prosté extrapolace. Opět byla vyjádřena potřeba adekvátních dat pro verifikaci modelů. I když byla prezentována i přesnost experimentálních sezonních předpovědí srážek (John Roads), výpověď o jejich užitečnosti byla předložena spíše jako otevřená otázka. Při posuzování užitečnosti současné předpovědi srážek pro hydrologické účely (Clark a další) byla patrná značná rezervovanost a jasně byla vyjádřena potřeba dialogu mezi výzkumem a hydrologickým uživatelem.

Druhý blok této sekce byl logicky věnován otázkám verifikace předpovědi. Čtenáře odkazujeme především na pozvaný referát Elizabeth Ebertové, který lze nalézt na webovské stránce RMS. Obecně byla zdůrazněna potřeba nových verifikačních metod, které dokáží zhodnotit kvalitu předpovědi srážek v souladu s uživatelským požadavkem. Podrobnější model se z hlediska bodové verifikace často jeví jako méně přesný než zcela shlazená předpověď z modelu méně podrobného. Je nutné přejít od bodových hodnot k plošným a využít i distanční měření (Martin Goeber a další, Met Office UK). Novým prvkem je tzv. objektově orientovaná verifikace (Michael Baldwin; Rebecca Morss a další). Tyto verifikační postupy jsou zatím ve stadiu koncepcí a jednoduchých příkladů. Mají však své opodstatnění v myšlence, že uživatele nezajímá obecná přesnost předpovědi, ale přesnost předpovědi konkrétního uživatelského výstupu.

V sekci 2 byl mj. prezentován příspěvek Isztara Zawadského o chybách radarových měření srážek, které se dají zařa-

dit do kategorií systematických chyb a náhodných odchylek. Autor se soustředil především na vliv geometrie radarového paprsku a typu srážek. V případě konvektivních srážek nevykazuje vertikální profil v průměru takovou závislost na výšce jako u srážek stratiformních. Velká je náhodná chyba, způsobená vysokou proměnlivostí vertikálního profilu odrazivosti. V případě stratiformních srážek je dominantní především systematická chyba vznikající zónou zvýšené odrazivosti (bright band) a přítomností tuhých srážek. Z těchto důvodů je u odhadů srážek ve větších vzdálenostech od radaru nutné aplikovat korekci na vertikální profil odrazivosti odlišenou podle typu srážek.

Príspevek Marion Mittermaierové pojednával o pokusu využít pro korekci intenzity srážek výpočty numerického modelu předpovědi počasí, konkrétně údaje o výšce nulové izotermy vlhké teploty. Testy ukázaly, že využití numerického modelu dává lepší výsledky než pouhé využívání objemových měření samotného radaru, ale zůstávají stále otázky spojené s případnými nepřesnostmi modelových výpočtů.

Další příspěvky se zabývaly rozdělením velikosti kapek (např. R. Uijlenhoet), odhadem srážek polarimetrickými radary (A. Brandes) a odhady srážek z meteorologických družic. Satelitní odhady srážek jsou stále předmětem diskusí a navíc platí, že jsou využitelné především v subtropických a tropických oblastech. Vynikající příspěvek o mikrofyzičce tropického bouřkového mraku zazněl od D. Atlase.

V sekci 3 patřil k zajímavým příspěvkům přehledový referát Erika Liljase o metodách nowcastingu srážek v Evropě, ve kterém jeho autor kladl důraz na uživatelskou hodnotu předpovědi. Jedním z nejdůležitějších úkolů, kterým čelí meteorologické služby, je – zjednodušeně řečeno – změnit „společnost citlivou na počasí“ na „společnost reagující na povětrnostní informace“ (“to turn *weather sensitive community* to *weather information sensitive community*”). Podobný přehledový referát, tentokrát o nowcastingu v Severní Americe, přednesl James Wilson. Ačkoliv ještě v abstraktu svého příspěvku uváděl, že zatím neexistuje předpověď srážek pro USA založená na radarových odhadech srážek, ve svém příspěvku a v závěrečné diskusi uvedl, že to již není pravda (neboť takovýto produkt je již “Advektivně-statistická předpověď” autorů D. Kitzmiller a ostatních, který byl uveden v posterové sekci). Největšími problémy zůstávají nadále identifikace míst, kde se silná konvekce začne vyvíjet, a tzv. vyvýšená konvekce. Také rychlý vývoj bouřek je špatně předpověditelný, což se týká všech nowcastingových systémů.

Nowcasting využívá množství technik, ke kterým patří též využívání numerických modelů předpovědi počasí pro diagnostiku budoucího vývoje silné konvekce (např. Stan Trier a kol., NCAR, USA). Pozoruhodnými příspěvky bylo též pojednání o závislosti prediktability na velikosti předpovídaných „objektů“ (Urs Germann a kol., McGill, Kanada) a o bayesovském statistickém modelu pro předpověď silných bouří ve Velké Británii (Will Hand, UK MetOffice). Nelze nezmínit referát o zhodnocení nowcastingových systémů, které se používaly v době olympijských her v Sydney v roce 2000 (T. Keenan a kol.). Bylo zjištěno, že i velmi sofistikované systémy, mezi něž se počítají NIMROD a GANDOLF, mají s předpovědí nelineárního chování konvekce zásadní problémy, což vzbudilo bohatou diskusi na téma nowcastingu.

Do sekce 4 zaměřené na krátkodobou předpověď byla zařazena řada zajímavých příspěvků s nestandardním přístupem k předpovědi zejména silné konvekce. Zazněly i kritické diskusní příspěvky na adresu některých autorů. Na klimatologii radarových pozorování byl zaměřen příspěvek amerických

autorů (Richard Carbone a další). Podle jejich názoru délka epizod se silnou konvekcí (až do 60 hodin) zvyšuje šanci na jejich předpověď v rozmezí 6 až 48 hodin.

Druhý blok sekce 4 byl věnován asimilaci dat do předpovědních modelů. V první části zaznělo několik příspěvků věnovaných asimilaci radarových dat do NWP modelu (Andrea Rossa aj. Andrew Crook, Stephane Laroche aj., William Skamarock aj., a další). Zdá se, že různé typy asimilace radarových dat jsou pro zlepšení QPF přínosem. Není zatím zcela jasná délka i poloha prognostické doby, v níž se pozitivní vliv projevuje. Zazněly i příspěvky věnované asimilaci srážek zjištěných z družicových měření (Arthur Hou aj.). Největší pozornost v tomto bloku získal japonský příspěvek (Ko Kuzumi a další), který prezentoval provozní aplikaci 4D-Var systému v hydrostatickém modelu (10 km, 40 hladin). Verifikace provedená pro červen a září 2001 ukázala přínos 4D-Var k přesnosti předpovědi srážek; zlepšení předpovědi se však omezovalo pouze na několik hodin.

Další soubor příspěvků v sekci 4 se věnoval vývoji parametrizací srážek. Hlavním problémem je pochopitelně parametrizace srážkové konvekce a její uplatnění v NWP modelech s různou rozlišovací schopností. Diskutuje se hlavně tzv. „10km bariéra“ pro využití parametrizací konvekce a značné úsilí je věnováno zlepšování parametrizací mikrofyzičce, jejíž důležitost stoupá, jakmile v modelu odstoupíme od konvektivní parametrizace.

Pravděpodobnostní techniky užívající statistické metody byly předmětem předposledního bloku sekce 4. Jde v zásadě o dva problémové okruhy. První z nich se dotýká interpretace kvantitativní předpovědi srážek s důrazem na interpretaci pravděpodobnostní a její uživatelskou hodnotu, druhý diskutuje možnosti statistického postprocessingu přímých modelových výstupů.

Závěr sekce 4 patřil ansámblové (skupinové) předpovědi srážek. Zájemce o hodnotné referáty z této oblasti odkazujeme zejména na příspěvky (Tracton a Du) a (Mullen a Buizza). Zdá se, že i v oblasti kvantitativní předpovědi konvektivních srážek nacházejí skupinové předpovědi své místo.

V tomto stručném přehledu věnujeme sekcím 5 a 6 pouze omezený prostor. V sekci 5 zaměřené na dlouhodobé a sezónní předpovědi stojí za zvýšenou pozornost zejména příspěvek (Palmer aj.), který se věnoval sezónní předpovědi srážkových událostí. Do svého příspěvku aktuálně zahrnul i pojednání střeoevropské povodňové epizody ze srpna 2002. V sekci 6 zaměřené na hydrologické aplikace zazněly vyžádané referáty na téma užitečnost QPF pro hydrologické aplikace; R. Krzysztofowicz zde mj. zmínil užitečnost kvantifikace nejistoty operativní předpovědi srážek a používání pravděpodobnostních předpovědí, což je výzvou i pro českou hydrometeorologii.

Závěrečná diskuse se týkala otázek otevřených pro další období. Naprostou většinu zmiňujeme v předchozím textu.

Z České republiky se konference zúčastnili dva pracovníci ČHMÚ a dva pracovníci z ÚFA AV ČR. V rámci sekcí (2, 4 a 6) jsme prezentovali tři přihlášené postery a na žádost organizačního výboru předanou těsně před konferencí jsme vystavili formou posteru i aktuální shrnující informaci o srpnové povodňové epizodě.

Mezinárodní konference o kvantitativní předpovědi srážek určitě patří mezi setkání kvalitní a přínosná. Organizátorům se podařilo zajistit vysokou odbornou úroveň konference a věříme, že byl položen základ pro budoucí druhou konferenci na toto závažné téma.

Milan Šálek – Daniela Řezáčová



## MIMOŘÁDNÁ NABÍDKA PUBLIKACE

V nakladatelství Karolinum vyšla za finančního přispění Českého hydrometeorologického ústavu dlouho očekávaná kniha Karla Kršky a Ferdinanda Šamaje

### DĚJINY METEOROLOGIE V ČESKÝCH ZEMÍCH A NA SLOVENSKU

V publikaci jsou poprvé v ucelené podobě zachyceny dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku od nejstarších dob až do roku 1992. Součástí díla, rozloženého do tří částí a 26 kapitol, jsou informace o významných objektech meteorologické služby, důležitých přístrojích a vynikajících osobnostech.

V první části je zachycen vývoj meteorologie od nejstarších dob do roku 1918, druhá část mapuje dějiny meteorologie mezi oběma světovými válkami (1919–1938) a závěrečný oddíl je věnován období 1939–1992.

Kromě seznamu použité literatury na konci každého oddílu obsahuje kniha jmenný rejstřík, seznam zkratek a odborných výrazů a 36stránkové anglické resumé.

Vydáním této původní monografické práce se česká meteorologická služba zařazuje mezi několik málo zemí, které se mohou takovým dílem pochlubit.

Kniha obsahuje celkem 568 stran, 61 černobílých fotografií v textu a na 36 samostatných stranách je 53 barevných snímků. **Cena knihy je 290,- Kč při přímém odběru v ČHMÚ, při zasílání poštou se účtuje poštovné a balné.**

**Publikaci lze objednat na adrese:**

Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany.  
Tel./fax: 02/44032721. E-mail: [jiratova@chmi.cz](mailto:jiratova@chmi.cz)

**Na objednávce uvádějte svoje IČO.**





## NABÍDKA PUBLIKACÍ ČHMÚ

### **HYDROLOGICKÁ ROČENKA ČESKÉ REPUBLIKY 2001.**

179 s. včetně 25 barevných příloh. Cena 685,- Kč.

Ročenka přináší uživatelům komplexní informace o pozorování hydrologických prvků v roce 2001. Obsahuje kvantitativní a kvalitativní charakteristiky režimu povrchových a podzemních vod a popisuje bilanční změny v oběhu vody. Mimo to přináší přehled změn, týkající se provozovaných pozorovacích stanic, objektů a profilů státních hydrologických sítí. Rovněž zahrnuje informace o činnosti hydrologické služby na pobočkách ČHMÚ, o poskytování hydrologických dat veřejnosti a o pracích ČHMÚ publikovaných v roce 2001. V kapitole Aktuální a regionální problémy a úkoly hydrologie je první část věnována monitoringu jakosti podzemních vod a druhá využití nového hydrometeorologického měřicího vozu pro hydrometrování.

Publikace obsahuje i přehlednou tabulku počtu pozorovaných objektů a úplné seznamy všech vodoměrných stanic, profilů jakosti vody a pozorovaných objektů podzemních vod.

Součástí ročenky je bohatý tabulkový a grafický materiál uvádějící přístupnou formou informace z hydrometeorologické datové základny České republiky.

### **ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2001.**

Grafická ročenka. 162 s. včetně 89 barevných map. Cena 1 500,- Kč.

Grafická ročenka zhuštěnou formou tabulek, grafů a mapových znázornění podává souhrnný přehled o stavu znečišťování a znečištění ovzduší, včetně hodnocení atmosférické depozice. Zatímco tabelární přehled, který vydání této publikace předchází, představuje formu objektivní prezentace verifikovaných emisních dat a údajů o chemickém složení atmosférických srážek z jednotlivých měřicích stanic, spočívá těžiště ročenky zejména v mapových prezentacích charakterizujících zatížení území ze znečišťování ovzduší.

Součástí ročenky je bohatý tabulkový a grafický materiál uvádějící přístupnou formou informace z hydrometeorologické datové základny České republiky.

Z obsahu:

- emise látek znečišťujících ovzduší
- imise látek znečišťujících ovzduší
- atmosférická depozice

Ročenka je vydávána dvojjazyčně česko-anglicky pro usnadnění výměny dat o kvalitě ovzduší.

#### **Publikaci můžete objednat na adrese:**

Český hydrometeorologický ústav, SIS, P. Jirátová, Na Šabatce 17, Praha 4 – Komořany,  
tel./fax: 02/44032721, e-mail: [jiratova@chmi.cz](mailto:jiratova@chmi.cz)

**Na objednávce uvádějte svoje IČO.**