

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
76–2023

6

169 Vánoční obleva v Česku? Prostě mýtus

Michal Žák – Hana Škáchová

178 Kombinace indexů stability pro předpovědi bouřek

Martin Motl – David Rýva

**187 Nejstarší limnigraf na území České republiky
- jeho smysl, vznik, přemístění a zánik**

Libor Elleder – Hana Kourková – Jolana Šírová

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



169 Christmas thaw in Czechia – just a myth

Michal Žák – Hana Škáchová

178 Combinations of stability indices for thunderstorm forecasts

Martin Motl – David Rýva

187 The oldest water level gauge in the Czech Republic: its significance, origin, relocation and decline

Libor Elleder – Hana Kourková – Jolana Šírová



Rozšiřuje – Free booking:

Český hydrometeorologický ústav, tiskové a informační oddělení
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tel.: 244 032 722, 244 032 724

Czech Hydrometeorological Institute, Press and Information Department
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4, Czech Republic, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 724

Vánoční obleva v Česku? Prostě mýtus

Christmas thaw in Czechia – just a myth

Michal Žák

Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy
Ke Karlovu 3
121 16 Praha 2
✉ michal.zak@matfyz.cuni.cz

Hana Škáchová

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4
✉ hana.skachova@chmi.cz

The question of Christmas weather is always in the centre of media attention during December. However, pictures and paintings showing snow covered country and towns are not the prevailing reality, as we describe in our paper. On the other hand, when no snow cover occurs during Christmas days, most people talk about “Christmas thaw”. But we have found that most cases with snowless Christmas related to days without snow cover many days before Christmas, i.e., there had been no snow to thaw right before/during Christmas. Actually, thaw and its definition is another point we discuss here. Further, we focus on occurrence of “white” and “rainy” Christmas as well as on significant cooling during the festive days.

KLÍČOVÁ SLOVA: obleva – teplota vzduchu – pokrývka sněhová – Vánoční obleva

KEYWORDS: thaw – air temperature – snow cover – Christmas thaw

1. Úvod

Jaké budou Vánoce? Budou letos Vánoce bílé? To jsou asi nejčastější otázky, se kterými se meteorologové setkávají již od začátku prosince. Není divu, počasí na Vánoce je širokou veřejností, za vydatné podpory médií, velmi často probíráno už několik týdnů před samotnými svátky. Rozšířená představa o zasněžených Vánocích podpořená Ladovými obrázky ale v realitě často nebývá naplněna. A to bývá velmi často následně interpretováno jako vánoční obleva nebo její důsledek.

Otázce vánoční oblevy se věnoval náš článek Vánoční obleva v Česku – Fakt nebo mýtus? (Škáchová, Žák 2009), kde jsme se zaměřili především na vývoj teploty ve druhé polovině prosince. Na základě dlouhodobých průměrů pro vybrané stanice napříč Českou republikou jsme konstatovali, že vánoční oblevu ve smyslu výrazného oteplení (významné singularity) v období vánočních svátků nepovažujeme za podloženou.

Vzhledem k delšímu časovému odstupu a projevům změny klimatu na podnebí v Česku jsme se rozhodli prověřit platnost výše uvedených závěrů pro delší a celkově teplejší období. Motivací bylo ale zejména rozšíření pohledu na problematiku vánoční oblevy ve smyslu výskytu sněhové pokrývky v období vánočních svátků. Důvodem je obecně rozšířená představa, že když Vánoce nejsou bílé, tedy se sněhovou pokrývkou, naplnila se pranostika o vánoční oblevě: „Na Adama a Evu, čekejte oblevu“ (Munzar 1985). Ve skutečnosti ale nemusí jít o důsledek oteplení, může nastat situace, kdy povětrnostní cirkulace v předchozích dnech a týdnech vůbec nevedla k vytvoření sněhové pokrývky. V takovém případě pak obleva sice nedorazila, ale sníh na Vánoce neležel. A konečně jsme se zaměřili i na analýzu výskytu povětrnostních situací a jejich změn v období před vánočními svátky a během nich.

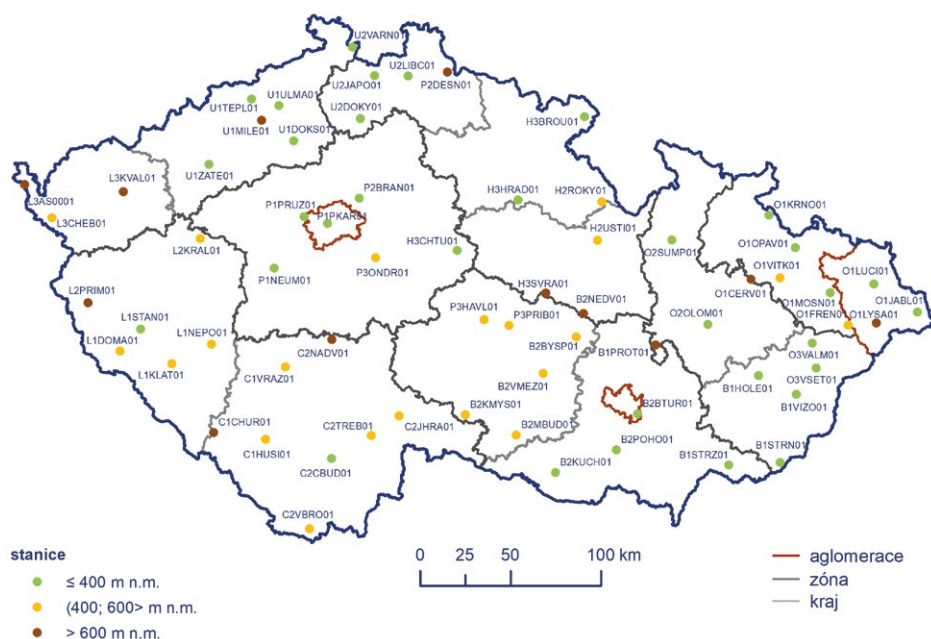
Vánoční oblevu jakožto často zmiňovanou singularitou se zabývalo více autorů, kromě klasické práce J. Munzara (1985), je to například studie M. Radové (2006). Často se v pracích všímajících si počasí v období kolem vánočních svátků věnuje pozornost průběhu teploty a výskytu oteplení, nicméně někdy dochází k záměně pojmů nebo ne zcela jasně odlišení oblevy a oteplení. Vánoční oblevy jako možné význačné singularity počasí ve střední Evropě si samozřejmě všimají i zahraniční autoři zejména v Německu, Rakousku nebo Švýcarsku (Bissolli 1991).

2. Výchozí materiál a metodika zpracování

Pro analýzu povětrnostních situací v období vánočních svátků jsme vycházeli z typizace povětrnostních situací pro území České republiky (ČHMÚ 2022), a to za období 1961–2022. Vyhodnotili jsme jednak četnost výskytu cyklonálních a anticyklonálních situací v jednotlivých dnech a to od 21. do 27. 12. Dále jsme pro tyto dny vyčlenili a vyhodnotili skupinu situací spojených s převážně teplou advekcí (jihozápadní cyklonální SWc, západní cyklonální Wc a západní cyklonální s jižní drahou Wcs) a skupinu situací s převážně studenou advekcí (severní cyklonální Nc, severovýchodní cyklonální NEc, východní cyklonální Ec, severovýchodní anticyklonální NEa a východní anticyklonální Ea).

Pro studium vánoční oblevy v Česku jsme zvolili 66 klimatologických stanic, které mají nepřerušovanou řadu pozorování od roku 1961 do roku 2022 (a v případě potřeby homogenizovaná data; obr. 1). Celkem tedy máme k dispozici 62 let, tj. 62 Vánoc. Stanice jsme rozdělili do tří výškových pásem, a to do 400 m, od 401 do 600 m a od 601 výše. Nejníže položenou stanicí je Ústí nad Labem, Vaňov (150 m n. m.), nejvýše položenou stanicí pak Lysá hora v Beskydech s výškou 1 322 m n. m.

Problematika definice oblevy není úplně jednoduchá a jednoznačná. V meteorologickém slovníku (ČMeS 2017) je uvedeno, že se obvykle jedná o poměrně náhlé a alespoň dvoudenní oteplení nad 0 °C, které se vyskytlo po souvislé vícedenní sé-



Obr. 1 Mapa použitých stanic a jejich zařazení do příslušného výškového pásma.

Fig. 1. Map of the selected stations and their classification with respect to the altitude zone.

rii celodenních mrazů, tj. po nepřerušeném období ledových dnů. Teplotní kritéria pro vymezení oblevy ale nejsou v meteorologické literatuře jednotná. Podle Hlaváče (1966) se hovoří o oblevě při nástupu období alespoň dvou po sobě jdoucích dní s průměrnou denní teplotou vzduchu nad 0 °C, přičemž jeden z těchto dnů měl buď kladné minimum teploty vzduchu, tj. nebyl dnem mrazovým, nebo měl alespoň jedno maximum teploty vzduchu vyšší než 5 °C.

Přístup Hlaváče jsme se rozhodli aplikovat i my. **Vánoční oblevu** jsme z hlediska teplot definovali následovně: ve třídním období 21.–23. 12. musí být maximální teplota na stanici nižší než 0 °C (tedy ledové dny), dále denní průměr teploty 24. i 25. 12. musí přesáhnout 0 °C, a pak buď nejméně jeden z těchto dvou dnů neklesne minimální denní teplota pod 0 °C, anebo maximální denní teplota přesáhne 5 °C. V této souvislosti nás zajímala i v podstatě opačná situace, kdy po teplejších dnech následovaly ledové Vánoce. Tedy kdy po situaci s průměrnou denní teplotou nad nulou pro každý z dnů od 21. do 23. 12., přišel ledový Štědrý den a Boží hod (tedy maximální teplota po oba dny pod nulou).

Vánoční oblevu z hlediska výskytu sněhové pokrývky jsme definovali tak, že ve všech třech dnech od 21. do 23. 12. leží alespoň 1 cm sněhu a dále v obou svátečních dnech 24. a 25. 12. je sněhová pokrývka nulová. Pro detailnější představu jsme dále zvýšili uvažovanou hranici výšky sněhové pokrývky na 5 cm a 10 cm, abychom zahrnuli případy, kdy byla obleva z pohledu tání sněhu podstatně výraznější.

V našem článku jsme se zaměřili i na výskyt tzv. bílých Vánoc, o kterých sní nejeden umělec či děti a jejich rodiče. Bílé Vánoce jsme vymezili pomocí dvou kritérií. Méně přísného, tj. po všechny

tři sváteční dny leží alespoň 1 cm sněhu, a přísnějšího kritéria, kdy výška sněhu každý ze tří svátečních dnů dosahuje alespoň 5 cm, tehdy můžeme opravdu hovořit o „pravých“ bílých Vánocích.

Pro úplnost jsme se rozhodli zařadit i údaje o deštivých Vánocích. Ty charakterizují srážky s úhrnem alespoň 1 mm každý ze tří svátečních dnů na dané stanici, a současně byla nulová výška nového sněhu. Druhým kritériem byl výskyt významnějších deštivých srážek na Štědrý den, a to alespoň 5 mm (opět bez tvorby nové sněhové pokrývky). Pro většinu lidí je právě déšť na Štědrý den tím, co ovlivní jejich vnímání Vánoc.

Pro zajímavost jsme, stejně jako v minulém článku, zpracovali i teplotní poměry o Vánocích v pražském Klementinu. Dále, zejména kvůli mediálnímu zájmu, přinášíme i přehled extrémních teplot, srážek a sněhových charakteristik pro jednotlivé dny vánočních svátků. V tomto případě jsme vycházeli ze všech stanic dostupných v databázi ČHMÚ, které v uvedeném období 1961–2022 měřily.

3. Analýza povětrnostních situací v období Vánoc

Vyhodnotili jsme výskyt povětrnostní situace v období od 21. do 27. 12. na území České republiky. Za období 62 let převažují cyklonální situace ve všech 7 dnech (tab. 1). Výskyt cyklonální situace ve všech sedmi dnech uvažovaného období nastal 26krát, naopak výskyt pouze anticyklonálních situací pak pouze čtyřikrát (1962, 1969, 1972 a 2006).

Pokud jde o situace s převažující teplotou advekce (proudění od západu až jihozápadu při cyklonálním typu situace), vyskytují se zhruba ve třetině případů, zajímavý je ale pokles jejich výskytu těsně po Vánocích, tedy 27. 12. (23 %). Celkově zatímco svátků nastává výraznější pokles výskytu situace SWc, zatímco u situací Wc tento pokles není patrný. Situace s převažující studenou advekce (s hlavní složkou proudění od severu až východu) nastávají v 10–15 % v období 21.–24. 12., od 25. 12., jsou častější (20–25 %). Z této skupiny vybraných situací dominuje typ Nc a Ea, přičemž východní složka proudění se uplatňuje častěji ve druhé polovině uvažovaného období (tab. 2).

Tab. 1 Celkový počet výskytu cyklonálních a anticyklonálních situací pro jednotlivé dny od 21. do 27. 12. za období 1961–2022.

Table 1. Total number of cyclonic and anticyclonic situations occurrences for every day from 21st to 27th December for the period 1961–2022.

	21. 12.	22. 12.	23. 12.	24. 12.	25. 12.	26. 12.	27. 12.
anticyklonální situace	16	16	22	22	18	18	19
cyklonální situace	46	46	40	40	44	44	43

Tab. 2 Frekvence výskytu vybraných situací s převažující teplou a studenou advekcí od 21. do 27. 12. za období 1961–2022.

Table 2. Frequency of occurrence of selected situations with prevailing warm and cold advection from 21st to 27th December for the period 1961–2022.

	21. 12.	22. 12.	23. 12.	24. 12.	25. 12.	26. 12.	27. 12.
teplá advekce							
SWc	9	10	9	10	8	5	3
Wc	11	12	11	8	8	10	7
Wcs	1	1	2	1	3	5	4
studená advekce							
Nc	3	3	2	2	5	3	2
NEc	2	2	0	1	3	3	2
Ec	0	1	1	0	1	3	3
NEa	1	0	1	1	2	1	0
Ea	3	2	2	4	4	3	6

4. Vánoční obleva

4.1 Teplota vzduchu

Vánoční obleva, tak jak byla definována v kapitole 2, nastává jen velmi vzácně, a to pouze ve čtyřech letech během uvažovaného období 1961–2022. Nejčastěji se tento typ oblevy vyskytl v roce 2016 (16 stanic napříč Českem, a to od nížin po Milešovku), následoval rok 1977 (šest stanic hlavně v Čechách), poté 2012 (tři stanice v působnosti ostravské pobočky ČHMÚ, a to včetně Lysé hory) a konečně v roce 2004, kdy nastala obleva v Šumperku.

Příčinou oblev v daných letech byl nástup povětrnostní situace s teplou advekcí (SWc nebo Wc) následující po období s anticyklonálním charakterem počasí. Plošně nejrozsáhlejší obleva v roce 2016 byla zapříčiněna výskytem situace SEa a Wa před svátky a následované od 24. 12. situací Wc. Pro zajímavost můžeme uvést, že největší kladný mezidenní rozdíl maximální teploty mezi 23. a 24. 12. nastal na stanici Neumětely v roce 1977 (0,1 °C vs. 13,4 °C), což bylo zapříčiněno výraznou advekcí teplého vzduchu od jihozápadu (obr. 2). Největší kladný

mezidenní rozdíl minimální teploty byl zaznamenán na stanici Chotusice v roce 1969 (–26,2 °C vs. –8,0 °C), v tomto roce ale nedošlo k oblevě podle výše uvedené definice.

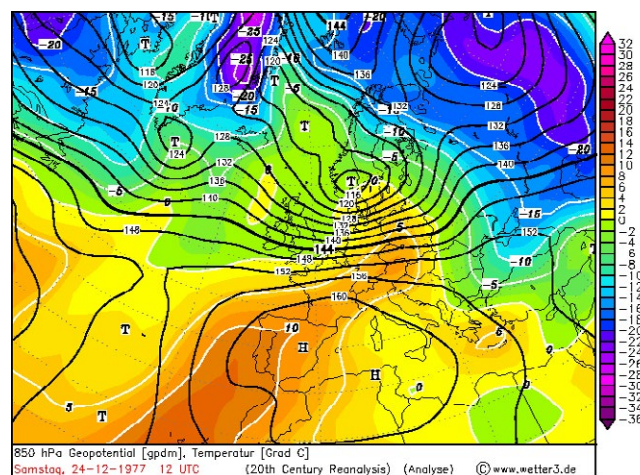
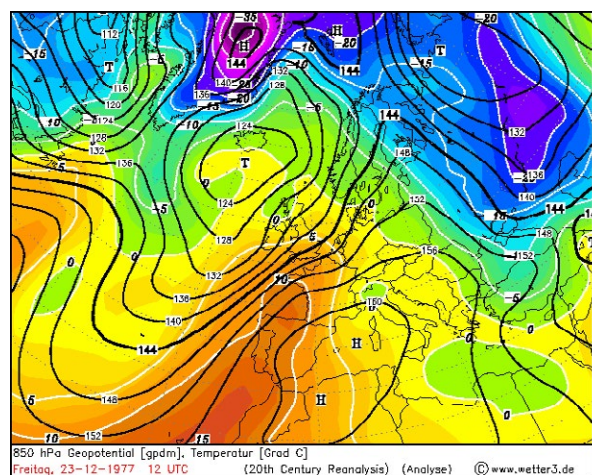
4.2 Sníh

Vánoční obleva z hlediska sněhu, tedy za situace, kdy před svátky leží alespoň 1 cm celkové sněhové pokrývky a po oba sváteční dny (Štědrý den a Boží hod) žádná, nastala ve 29 letech (bereme-li v úvahu alespoň 1 výskyt na zvoleném souboru stanic v daném roce). V roce 1967

se tak stalo na 26 stanicích, následuje rok 2004 (19 stanic), roky 2009 a 2022 (17 stanic), rok 1980 (15 stanic) a rok 1990 (11 stanic). V ostatních letech se vánoční obleva projevila na méně než 10 stanicích. Výraznější úbytek sněhu, tj. před Vánocemi leželo alespoň 5 cm celkového sněhu a o Vánocích žádný, nastal ve 13 letech. V roce 1967 se jednalo o 20 stanic a v roce 2022 o 11 stanic, v ostatních letech na méně než 10 stanicích. Konečně alespoň 10 cm sněhu roztálo v šesti letech, přičemž většího počtu stanic se to týkalo pouze v roce 1967 (šest stanic).

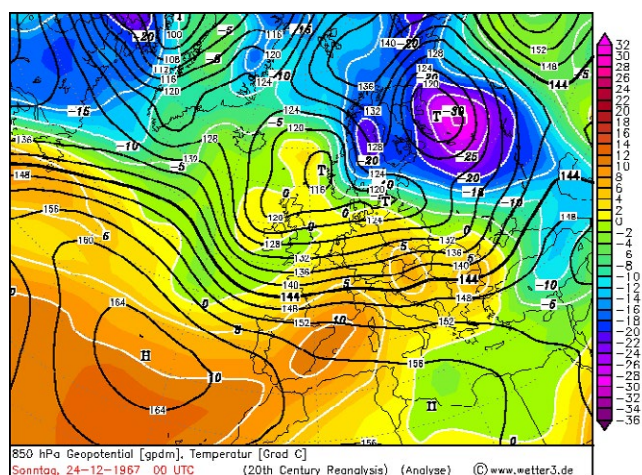
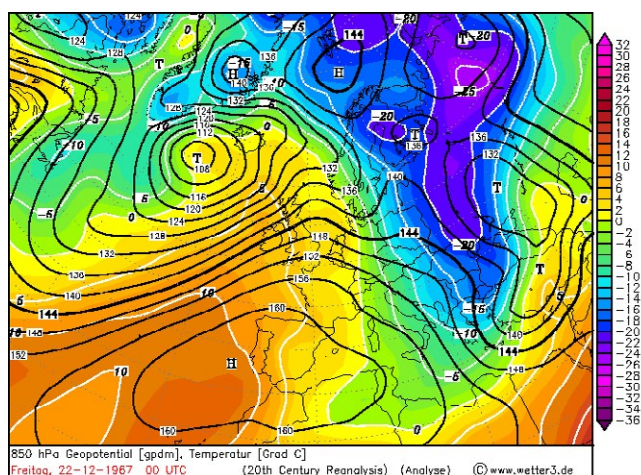
V roce 1967 ležel sníh převážně na stanicích v nížinách a středních výškách (≤ 600 m n. m.), alespoň 5 cm celkového sněhu pak převážně ve středních výškách (401–600 m n. m.). Stejná situace nastala i v letech 2004 a 2009. Sněhová pokrývka byla v roce 2022 zaznamenána převážně na níže položených stanicích (≤ 400 m n. m.), naopak v roce 1980 ležel sníh hlavně na horských stanicích.

Příčinou výrazné sněhové oblevy v roce 1967 byl výskyt západní cyklonální situace až do 24. 12. včetně, následované brázdou nízkého tlaku nad střední Evropou (obr. 3). Ještě před nástupem západní cyklonální situace během pozdního 21. 12.



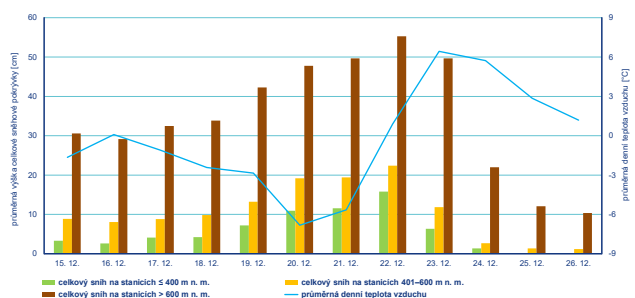
Obr. 2 Analýza výšky hladiny 850 hPa a teploty vzduchu v této hladině pro 23. 12. 1977 12:00 UTC (vlevo) a 24. 12. 1977 12:00 UTC (vpravo), kdy nastal druhý nejvyšší mezidenní rozdíl maximální teploty v průměru pro celé Česko. Zdroj: <https://wetter3.de/Archiv/>.

Fig. 2. Analysis of height and temperature at 850 hPa level for 12:00 UTC on 23rd December 1977 (left) and 12:00 UTC on 24th December 1977 (right), when the second highest inter-day difference in maximum temperature occurred on average for the whole of the Czech Republic. Source: <https://wetter3.de/Archiv/>.



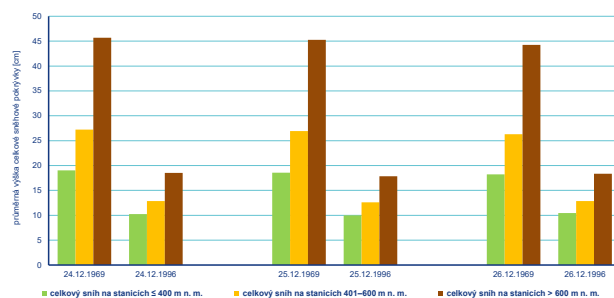
Obr. 3 Analýza výšky hladiny 850 hPa a teploty vzduchu v této hladině pro 22. 12. 1967 00:00 UTC (vlevo) a 24. 12. 1967 00:00 UTC (vpravo), kdy se nad střední Evropou citelně oteplevalo. Zdroj: <https://wetter3.de/Archiv/>.

Fig. 3. Analysis of height and temperature at 850 hPa level for 12:00 UTC on 23rd December 1967 (left) and 12:00 UTC on 24th December 1967 (right), when there was massive warming occurred in the central Europe. Source: <https://wetter3.de/Archiv/>.



Obr. 4 Průměrná teplota vzduchu a průměrná výška celkové sněhové pokrývky pro 3 výšková pásma od 15. do 26. 12. 1967.

Fig. 4. Average air temperature and average height of total snow cover for three altitude zones from 15th to 26th December 1967.



Obr. 5 Průměrná výška sněhové pokrývky během Vánoc 1969 a 1996 pro tři výšková pásma.

Fig. 5. Average height of snow cover for three altitude zones during Christmas 1969 and 1996.

bylo Česko pod vlivem severní cyklonální situace, kdy panovaly poměrně nízké teploty a sněžilo často a vydatně i v nížinách. Během 22. a 23. 12. se výrazně oteplevalo, a kromě hor už začal častěji padat déšť se sněhem a déšť, sněhu tak ubývalo, ale výraznější úbytek nastal často právě až s nástupem svátečních dnů (obr. 4).

5. Bílé a deštivé Vánoce

5.1 Bílé Vánoce

Pojem „Bílé Vánoce“ velmi silně rezonuje mezi veřejností a velmi často je užíván i médi. Jak často jsou ale Vánoce v Česku opravdu bílé?

Použijeme-li nejprve méně přísné kritérium, kdy každý ze svátečních dnů od Štědrého dne do svátku svatého Štěpána leží minimálně 1 cm, pak tato podmínka byla splněna alespoň na jedné uvažované stanici téměř vždy, s výjimkou let 2014, 2015 a 2020. V roce 2014 napadl sníh až 26. 12., zatímco v roce 2020 byl na některých stanicích zaznamenán sníh 24. 12., ale vzápětí roztál. Pouze v roce 2015 neležel sníh v žádném svátečním dni ani na horských stanicích.

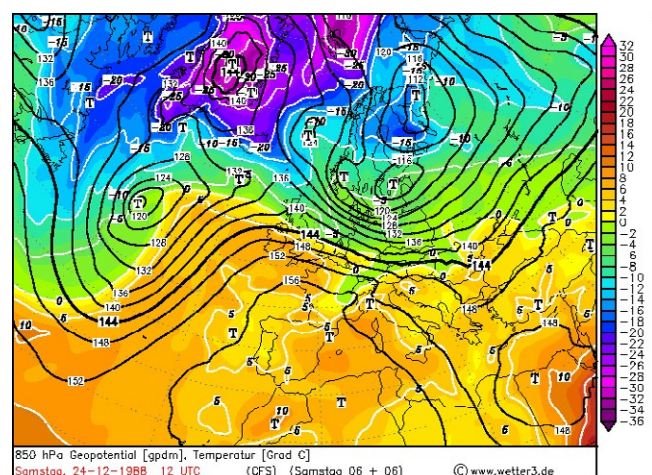
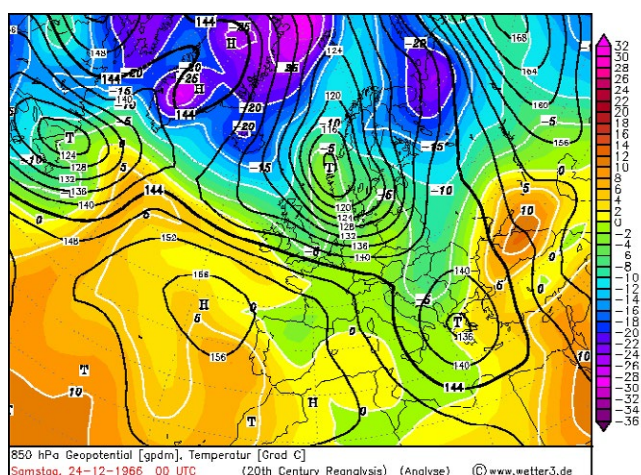
Pokud vezmeme v úvahu přísnější kritérium, tedy výšku celkové sněhové pokrývky v každém ze tří svátečních dnů alespoň 5 cm, zaručující výskyt „pravých“ bílých Vánoc, pak se takové vyskytly v 58 letech (alespoň na jedné stanici v daném roce). Na největším počtu stanic se vyskytly ve sněhové pověstné roce 1969 (zima 1969/1970 přinesla do Česka řadu od té doby nepřekonaných sněhových rekordů), kdy sníh ležel na všech námi uvažovaných stanicích. Následují roky 1996 (méně než 5 cm každý den sněhu leželo pouze v Ondřejově), 1981 (64 stanic), 2001 (56 stanic), 1986 a 1962 (51 stanic). Srovnání výšek sněhu ve sněhové nejvýznamnějších Vánocích 1969 a 1996 je uvedeno na obr. 5.

Uvážíme-li nížiny, pak se bílé Vánoce vyskytly alespoň na jedné stanici ve 28 letech, ve středních polohách ve 42 letech a konečně ve vyšších a horských polohách (nad 600 metrů nad mořem) pak v 59 letech. V tab. 3 je pro všechny stanice uveden počet bílých a „pravých“ bílých Vánoc. Z tabulky vyplývá, že na daném místě, resp. stanici, se v případě nížin „pravé“ bílé Vánoce vyskytují spíše výjimečně, zejména pak ve středních Čechách, Polabí a na jižní Moravě. Pro zajímavost a doplnění uvádíme pro každou stanici i počet případů, kdy bylo stejné kritérium výšky sněhové pokrývky jako u „pravých“ bílých Vánoc splněno i v třídním předvánočním období, tj. 21.–23. 12. (tab. 4). Jak je patrné, počty případů se na většině

Tab. 3 Počet bílých a „pravých“ bílých Vánoc (výška sněhu v každém svátečním dni alespoň 5 cm) pro všechny uvažované stanice.
 Table 3. Number of white and “true” white Christmas periods (snow depth at least 5 cm on each festive day) for all considered stations.

Stanice	Nadm. výška	„Pravé“ bílé Vánoce	Bílé Vánoce
O1LYSA01	1322	56	1
C1CHUR01	1118	51	3
P2DESN01	772	51	1
O1CERV01	749	34	8
H3SVRA01	734	30	5
L2PRIM01	743	29	4
U1MILE01	831	27	12
H2ROKY01	577	27	11
B1PROT01	675	21	7
B2KMYS01	569	21	7
P3PRIB01	533	21	8
O1JABL01	380	21	5
B1STRN01	383	20	5
B2NEDV01	722	19	13
L3ASO001	675	19	8
B2BYSP01	553	18	7
O1FREN01	436	18	4
O2SUMP01	328	18	10
C2NADV01	616	17	12
C2VBRO01	559	17	6
O1VITK01	490	17	9
O3VSET01	387	17	8
U2LIBC01	398	16	5
C1HUSI01	536	15	5
C2JHRA01	524	15	10
B2VMEZ01	452	15	8
H2USTI01	402	15	11
O3VALM01	334	15	4
U2JAP001	320	15	4
L3KVAL01	603	14	9
C2TREB01	428	13	6
H3BROU01	373	13	5
O1LUCIO1	300	13	9

Stanice	Nadm. výška	„Pravé“ bílé Vánoce	Bílé Vánoce
P3ONDR01	491	12	10
L1NEPO01	471	12	4
B1VIZO01	313	12	8
B2MBUD01	460	11	11
L1DOMA01	458	11	1
P3HAVL01	452	11	12
L1KLAT01	430	11	5
U2VARNO1	365	11	6
O1MOSN01	250	11	6
L3CHEB01	483	10	5
C1VRAZ01	433	10	6
L1STAN01	362	10	2
O1KRNO01	360	10	7
C2CBUD01	395	9	5
O1OPAV01	260	9	9
L2KRAL01	468	8	7
P1PRUZ01	364	8	8
B2KUCH01	334	8	11
U2DOKY01	284	8	9
H3HRAD01	278	7	6
B2BTUR01	241	7	7
B1HOLE01	224	7	7
B2POHO01	180	7	6
U1ULMA01	150	7	3
U1TEPL01	236	6	8
B1STRZ01	176	6	5
P1NEUM01	322	5	7
O2OLOM01	257	5	9
U1DOKS01	158	5	7
H3CHTU01	238	4	5
U1ZATE01	210	4	6
P2BRAN01	179	4	5
P1PKAR01	261	2	7



Obr. 6 Analýza výšky hladiny 850 hPa a teploty vzduchu v této hladině pro 24. 12. 1966 12:00 UTC (vlevo) a 24. 12. 1988 12:00 UTC (vpravo), kdy na vybraných stanicích byly registrovány významné kapalné srážky. Zdroj: <https://wetter3.de/Archiv/>.
 Fig. 6 Analysis of height and temperature at 850 hPa level for 12:00 UTC on 24th December 1966 (left) and 12:00 UTC on 24th December 1988 (right), when significant liquid precipitation was registered at selected stations. Source: <https://wetter3.de/Archiv/>.

Tab. 4 Počet „pravých“ bílých „předVánoc“ a Vánoc (výška sněhu v každém dni alespoň 5 cm) pro všechny uvažované stanice.

Table 4. Number of "true" white "pre-Christmas" and Christmas periods (snow depth at least 5 cm on each day) for all considered stations.

Stanice	Nadm. výška	„Pravé“ bílé předVánoce (21.–23. 12.)	„Pravé“ bílé Vánoce (24.–26. 12.)
O1LYSA01	1322	57	56
C1CHUR01	1118	50	51
P2DESN01	772	53	51
O1CERV01	749	32	34
H3SVRA01	734	34	30
L2PRIM01	743	36	29
U1MILE01	831	34	27
H2ROKY01	577	30	27
B1PROT01	675	19	21
B2KMYS01	569	20	21
P3PRIB01	533	17	21
O1JABL01	380	25	21
B1STRN01	383	19	20
B2NEDV01	722	22	19
L3ASO001	675	25	19
B2BYSP01	553	18	18
O1FREN01	436	17	18
O2SUMP01	328	21	18
C2NADV01	616	18	17
C2VBRO01	559	16	17
O1VITK01	490	20	17
O3VSET01	387	20	17
U2LIBC01	398	20	16
C1HUSI01	536	13	15
C2JHRA01	524	14	15
B2VMEZ01	452	15	15
H2USTI01	402	17	15
O3VALM01	334	17	15
U2JAPO01	320	15	15
L3KVAL01	603	19	14
C2TREB01	428	7	13
H3BROU01	373	13	13
O1LUCI01	300	17	13

Stanice	Nadm. výška	„Pravé“ bílé předVánoce (21.–23. 12.)	„Pravé“ bílé Vánoce (24.–26. 12.)
P3ONDR01	491	12	12
L1NEPO01	471	11	12
B1VIZO01	313	14	12
B2MBUD01	460	11	11
L1DOMA01	458	8	11
P3HAVL01	452	13	11
L1KLAT01	430	9	11
U2VARNO1	365	13	11
O1MOSNO1	250	13	11
L3CHEB01	483	11	10
C1VRAZO1	433	9	10
L1STAN01	362	8	10
O1KRNO01	360	13	10
C2CBUD01	395	7	9
O1OPAV01	260	9	9
L2KRAL01	468	8	8
P1PRUZ01	364	7	8
B2KUCH01	334	8	8
U2DOKY01	284	9	8
H3HRAD01	278	9	7
B2BTUR01	241	7	7
B1HOLE01	224	6	7
B2POHO01	180	5	7
U1ULMA01	150	4	7
U1TEPL01	236	6	6
B1STRZ01	176	5	6
P1NEUM01	322	5	5
O2OLOM01	257	8	5
U1DOKS01	158	6	5
H3CHTU01	238	2	4
U1ZATE01	210	4	4
P2BRAN01	179	4	4
P1PKAR01	261	3	2

stanic liší jen málo, což potvrzuje výše zmíněné konstatování o neplatnosti vánoční oblevy z pohledu sněhu.

5.2 Deštivé Vánoce

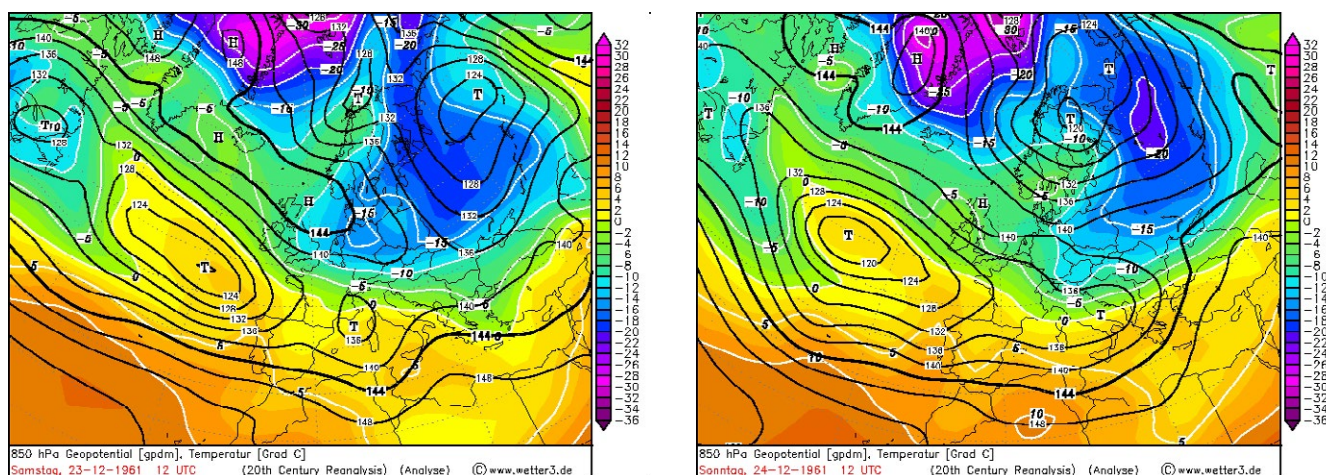
V souvislosti s oteplováním našeho klimatu a zvyšováním teploty prosince jsme se rozhodli odpovědět i na otázku, jak jsme na tom s výskytem „propršených“ Vánoc. Uvážíme-li kritérium 1 mm každý ze svátečních dnů, nastala tato situace v 11 letech. Nejčastěji v roce 2016 a 2019 (8 stanic), dále v roce 1983 (7 stanic). Pro zajímavost a doplnění uvádíme i počet případů, kdy bylo stejné kritérium výskytu srážek splněno i v třídním předvánočním období, tj. 21.–23. 12. (tab. 5).

Tab. 5 Počet deštivých „předVánoc“ a Vánoc (úhrn srážek v každém dni alespoň 1 mm) pro jednotlivé roky.

Table 5. Number of rainy "pre-Christmas" and Christmas periods (total precipitation at least 1 mm on each day) for all years.

Rok	Deštivé předVánoce (21.–23. 12.)	Deštivé Vánoce (24.–26. 12.)
1965	1	2
1967	1	0
1968	6	0
1971	13	0
1974	0	2
1977	0	3
1978	0	5
1979	0	2
1982	1	0
1983	1	7
1986	1	0
1988	2	0
1989	5	0
1991	14	0
1993	7	0

Rok	Deštivé předVánoce (21.–23. 12.)	Deštivé Vánoce (24.–26. 12.)
1995	3	0
1997	0	5
1999	0	1
2002	2	0
2005	1	0
2008	1	0
2011	1	0
2012	0	1
2016	0	8
2017	2	0
2018	44	0
2019	29	8
2020	24	0
2022	47	0



Obr. 7 Analýza výšky hladiny 850 hPa a teploty vzduchu v této hladině pro 23. 12. 1961 12:00 UTC (vlevo) a 24. 12. 1961 12:00 UTC (vpravo), kdy se na největším počtu stanic vyskytl největší záporný mezidenní rozdíl denní maxim teploty vzduchu. Zdroj: <https://wetter3.de/Archiv/>.

Fig. 7. Analysis of height and temperature at 850 hPa level for 12:00 UTC on 23rd December 1961 (left) and 12:00 UTC on 24th December 1961 (right), when the largest number of stations experienced the largest negative inter-day difference of daily maximum air temperature. Source: <https://wetter3.de/Archiv/>.

Zde je zajímavé, že ve výrazně větším počtu případů se vyskytují deštivé „předVánoce“ ve srovnání s deštivými Vánocemi, zejména pak v posledních letech.

Podle druhého kritéria, tedy úhrn alespoň 5 mm srážek na Štědrý den (a současně 0 cm nového sněhu), nastal výskyt deštivých Vánoc v 21 letech. Nejčastěji to bylo v roce 1988, kdy na 44 stanicích byla podmínka splněna, dále v roce 1966 (na 21 stanicích) a konečně v roce 1979 (19 stanic). Nejvyšší srážkový úhrn na Štědrý den (bez tvorby nové sněhové pokrývky) byl zaznamenán ve Vyšším Brodě, a to 26,2 mm v roce 1966, na druhém místě se umístil úhrn ve Vizovicích 21,0 mm z téhož roku, a na třetím místě pak 20,3 mm v Ústí nad Orlicí (v roce 1988).

V roce 1966 byla povětrnostní situace charakterizována jako NWc měnící se na Štědrý den na Nc, nicméně s poměrně vysokou teplotou v hladině 850 hPa (nad -4°C), což vedlo v nižších polohách ke srážkám, přechodně i mrznoucím. V roce 1988 byly Vánoce ve znamení poměrně čerstvého západního proudění s přechodem frontálních systémů doprovázených četnými srážkami, kromě vyšších horských poloh dešťovými (obr. 6).

6. Vánoční ochlazení

Poměrně malý počet výskytů oblevy definované na základě výše uvedených kritérií nás přivedlo na myšlenku, jak často se během vánočních svátků významněji ochlazuje. Tedy kdy po

relativně teplých dnech následoval ledový Štědrý den a Boží hod (viz kap. 2). Taková situace nastala v 6 letech, nejčastěji pak v roce 1990 (Moravské Budějovice, Pohořelice a Havlíčkův Brod). Následují roky s výskytem na dvou stanicích (1976, 1987 a 1992) a na jedné stanici (1974 a 1984). Po roce 2000 se takový případ tedy nevyskytl ani jednou.

Pro zajímavost můžeme uvést, že největší záporný mezidenní rozdíl maximální teploty mezi 23. a 24. 12. se na největším počtu stanic vyskytl v roce 1961. Největší rozdíly byly zaznamenány na stanicích Vráž ($0,0^{\circ}\text{C}$ vs. $-11,0^{\circ}\text{C}$), České Budějovice

Tab. 6 Nejvyšší a nejnižší teplota vzduchu, nejvyšší výška celkové sněhové pokrývky a nejvyšší výška nového sněhu a úhrn srážek v ČR pro jednotlivé sváteční dny.

Table 6. The highest and lowest air temperature, the biggest depth of the total snow cover and the highest amount of new snow and precipitation total in the Czech Republic for individual holiday days.

Datum	Hodnota	Stanice	Nadm. výška
maximální denní teplota			
24.12.1977	$14,5^{\circ}\text{C}$	Kolín (okr. Kolín)	206 m
25.12.1983	$17,5^{\circ}\text{C}$	Hrádek (okr. Klatovy)	495 m
26.12.2015	$16,8^{\circ}\text{C}$	Děčín (okr. Děčín)	142 m
minimální denní teplota			
24.12.2001	$-31,5^{\circ}\text{C}$	Horská Kvilda (okr. Klatovy)	1 048 m
25.12.1961	$-32,4^{\circ}\text{C}$	Brumov-Bylnice (okr. Zlín)	356 m
26.12.1961	$-27,6^{\circ}\text{C}$	Brumov-Bylnice (okr. Zlín)	356 m
celková výška sněhové pokrývky			
24.12.1974	215 cm	Vrbatova bouda (okr. Semily)	1 410 m
25.12.1974	215 cm	Vrbatova bouda (okr. Semily)	1 410 m
26.12.1974	218 cm	Vrbatova bouda (okr. Semily)	1 410 m
výška nového sněhu			
24.12.1966	28 cm	Karlova Studánka (okr. Bruntál)	780 m
24.12.1991	28 cm	Lysá hora (okr. Frýdek-Místek)	1 314 m
25.12.1966	32 cm	Luisino údolí (okr. Rychnov nad Kněžnou)	875 m
26.12.1968	35 cm	Desná, Souš (okr. Jablonec nad Nisou)	772 m
26.12.1991	35 cm	Harrachov (okr. Semily)	675 m
denní úhrn srážek			
24.12.1966	31,8 mm	Lenora (okr. Prachatice)	764 m
25.12.1966	34,3 mm	Luisino údolí (okr. Rychnov nad Kněžnou)	875 m
26.12.1974	46,3 mm	Špindlerův Mlýn, přehrada Labská (okr. Trutnov)	790 m

(−0,1 °C vs. −11,0 °C), Husinec (0,2 °C vs. −10,3 °C), Nepomuk (0,6 °C vs. −9,8 °C) a Neumětely (0,5 °C vs. −9,6 °C). Tehdy se v přílivu studeného vzduchu od severu vytvořila nad střední Evropou nevýrazná oblast vyššího tlaku vedoucí k výraznému zeslabení proudění a díky intenzivnímu radiačnímu ochlazení vzduchu teploty zůstaly hluboko pod nulou (obr. 7).

V případě minimální teploty byl největší rozdíl v roce 1984 na stanici Frenštát pod Radhoštěm (−2,0 °C vs. −14,5 °C), dále na stanici Strání v roce 2001 (−10,6 °C vs. −22,0 °C) a na stanici Vráž v roce 1996 (−6,9 °C na −18,4 °C). Výrazné snížení minimální teploty zpravidla souviselo s protrháním oblačnosti ve studeném vzduchu za současného působení hřebene vysokého tlaku.

7. Extrémní teploty a srážky během Vánoc

Kromě vánoční oblevy a výskytu bílých Vánoc přinášíme přehled extrémních hodnot vybraných meteorologických prvků, které jsou často v popředí zájmu široké veřejnosti a médií. Pro každý ze tří svátečních dnů uvádíme nejvyšší a nejnižší teplotu vzduchu na území Česka (tedy z jakékoliv v daném roce měřící stanice), dále nejvyšší celkovou sněhovou pokrývku a nejvyšší výšku nového sněhu, a konečně i nejvyšší denní úhrn srážek (tab. 6).

Vůbec nejvyšší teplota o Vánocích byla naměřena 17,5 °C dne 25. 12. 1983 (Hrádek na Klatovsku), zatímco nejnižší teplota −32,4 °C dne 25. 12. 1961 (Brumov-Bylnice na Zlínsku). Nejvyšší celková sněhová pokrývka 218 cm ležela na Vrbatově boudě (Vítkovice, Krkonoše), a to 26. 12. 1974. Maximální výška nového sněhu 35 cm byla shodně naměřena na stanicích Desná (26. 12. 1968) a Harrachov (26. 12. 1991). A konečně nejvyšší denní úhrn srážek 46,3 mm byl zaznamenán na přehradě Labská u Špindlerova Mlýna (26. 12. 1974).

8. Vánoce v pražském Klementinu

S ohledem na téměř 250letou délku teplotní řady pražského Klementina jsme se rozhodli věnovat této stanici speciální pozornost. Podobně jako v článku Škáchová, Žák 2009 jsme replikovali metodu Munzara (1985), tj. pro vánoční období (tedy 24.–26. 12.) jsme stanovili počet případů s kladnou a zápornou třídní průměrnou teplotou vzduchu během jednotlivých desetiletí v pražském Klementinu. Uvažovali jsme celou dobu klementinského měření od roku 1775 do roku 2022 (což znamená, že na začátku a na konci nemáme ucelené desetileté období).

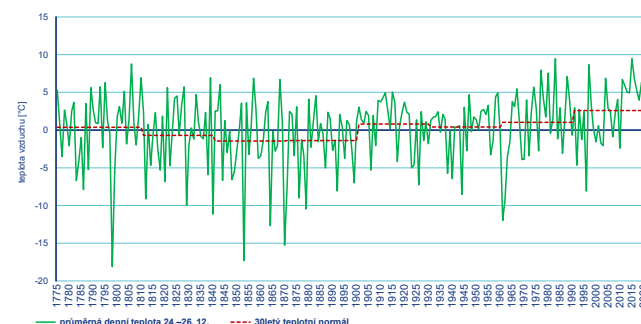
Doplnění 14 let oproti předchozímu článku ukázalo, že zatímco do konce prvního desetiletí 21. století počet případů nad a pod 0 °C kolísá bez nějakého trendu, od roku 2011 už nastaly žádné Vánoce, ve kterých by průměrná 3denní teplota v Klementinu byla pod nulou, což je první takové období v historii měření (tab. 7). Pro názornou představu o dlouhodobém vývoji vánočních teplot v jednotlivých letech uvádíme kolísání třídních průměrů teploty vzduchu za celé období pozorování (obr. 8). Z grafu je dobře patrný výskyt převážně studených, mrazivých Vánoc po většinu 19. století a větší rozkolísanost ve 20. století, kdy už ale dlouhodobé 30leté průměry byly nad nulou. Výrazně teplejší je pak poslední třicetiletí, kdy se už i na vánočních teplotách výrazně projevuje změna klimatu a výrazné oteplení, umocněná navíc zesilujícím tepelným ostrovem Prahy (Žák, 2022).

Vcelku nepřekvapivě se nezměnilo pořadí nejchladnějších Vánoc. Připomeňme, že ty vůbec nejstudenější nastaly v roce 1798 s průměrem −18,1 °C. Následují Vánoce roku 1853 s průměrem −17,3 °C, na třetím místě pak 1870 s průměrem −15,7 °C. Naopak nejteplejší Vánoce nastaly v roce 1983

Tab. 7 Průměrná teplota za třídní vánoční období (24.–26. 12.) v Praze Klementinu za jednotlivá desetiletí (případně kratší období) a počet případů s kladnou a zápornou průměrnou teplotou.

Table 7. Average temperature for the three-day Christmas period (December 24th to 26th) in Prague-Klementinum for individual decades (or shorter periods) and the number of cases with a positive and negative average temperature.

Desetiletí	Průměrná teplota [°C]	Počet případů < 0 °C	Počet případů > 0 °C
1775–1780	+0,72	4	2
1781–1790	−0,68	5	5
1791–1800	−0,94	6	4
1801–1810	+2,50	8	2
1811–1820	−2,20	4	6
1821–1830	+0,56	5	5
1831–1840	−0,49	5	5
1841–1850	−1,21	4	6
1851–1860	−1,06	6	4
1861–1870	−2,07	4	6
1871–1880	−2,34	4	6
1881–1890	−0,15	5	5
1891–1900	−1,71	5	5
1901–1910	+1,21	8	2
1911–1920	+2,30	9	1
1921–1930	−1,07	5	5
1931–1940	−0,18	6	4
1941–1950	+0,07	7	3
1951–1960	+1,48	7	3
1961–1970	−2,08	4	6
1971–1980	+3,04	8	2
1981–1990	+2,14	6	4
1991–2000	+0,46	6	4
2001–2010	+1,20	6	4
2011–2022	+5,81	12	0



Obr. 8 Dlouhodobé kolísání průměrných denních teplot za 3denní období vánočních svátků v Praze Klementinu za období 1775–2008 a dlouhodobé průměry za 30letá období (první a poslední období bylo prodlouženo kvůli zahrnutí celého období měření).

Fig. 8. Long-term fluctuations of average daily temperatures over the 3-day period of the Christmas holidays in Prague-Klementinum for the period 1775–2008 and long-term averages for 30-year periods (the first and last periods were extended to include the entire measurement interval).

Tab. 8 Vánoční průměry nejvyšší a nejnižší průměrné, maximální a minimální teploty vzduchu v Praze Klementinu pro trojici nejchladnějších a nejteplejších Vánoc.

Table 8. Christmas time averages of the highest and lowest average, maximum and minimum air temperatures in Prague-Klementinum for the three coldest and warmest Christmas periods.

Rok	Průměrná teplota	Maximální teplota	Minimální teplota
nejchladnější Vánoce			
1798	-18,1	-12,9	-20,5
1853	-17,3	-12,0	-21,7
1870	-15,3	-12,6	-19,4
nejteplejší Vánoce			
1983	9,5	12,0	6,9
2015	9,5	12,3	6,6
2022	9,4	11,4	6,6

a 2015 se shodným průměrem 9,5 °C, na třetím místě se umístil rok 2022 s průměrem 9,4 °C. Pro zajímavost nabízíme v tab. 8 přehled vánočních průměrů průměrné, minimální a maximální teploty. Dále dodejme, že vůbec nejvyšší teplota na Vánoce byla v Klementinu naměřena 25. 12. 1983 a 26. 12. 2015, a činila 14,6 °C, naopak nejnižší teplota 26. 12. 1853, a to -24,8 °C. A pro úplnost ještě uvádíme nejteplejší Štědrý den z pohledu maxima, který nastal v roce 1977 s hodnotou 12,9 °C, naopak nejnižší štedrodenní minimum činí -20,3 °C v roce 1870.

9. Závěr

V článku Vánoční obleva v Česku – Fakt nebo mýtus? jsme konstatovali, že vánoční oblevu ve smyslu výrazného oteplení (významné singularity) v období vánočních svátků nepovažujeme za podloženou. Po delším časovém odstupu a v návaznosti na prohlubující se projevy změn klimatu na podnebí v Česku jsme se rozhodli prověřit platnost našich závěrů a současně rozšířit pohled na studovanou problematiku.

Základní změnu představuje vymezení oblevy, a to jak z pohledu vývoje teplot, tak i sněhové pokrývky před vánočními svátky a během nich. Definice oblevy je v literatuře nejednoznačná, stejně tak i její vnímání veřejností. Pro potřeby tohoto článku jsme zvolili jasnou a jednoduchou definici, která hodnotí třídní období těsně před Vánoci a třídní období vlastních svátků. Je vhodné podotknout, že vnímání laické veřejnosti může chápat jako vánoční oblevu i oteplení, které nastane těsně před svátky a pokračuje i během nich. Nicméně tato otázka přesahuje rozsah tohoto článku.

Zaměříme-li se na teplotní hledisko, pak se u nás vánoční obleva vyskytuje jen velmi vzácně, a to pouze ve čtyřech letech během uvažovaného období 1961–2022. Nejčastěji to bylo v roce 2016 (16 stanic). Pro většinu lidí je ale významnějším faktorem výskyt sněhové pokrývky, resp. její roztání na svátky. V tomto smyslu pak vánoční obleva (při uplatnění málo přísného kritéria 1 cm) nastala ve 29 letech, nejčastěji v roce 1967 (26 stanic). Výraznější úbytek sněhu, tj. situace, kdy před Vánocemi leželo alespoň 5 cm celkového sněhu a o Vánocích žádný, nastal ve 13 letech, přičemž v roce 1967 se jednalo o 20 stanic. Alespoň 10 cm sněhu roztálo v šesti letech, nejčastěji v roce 1967 (šest stanic). Většina zmíněných situací se ale

týká hor nebo vyšších poloh, v nížinách je výskyt tohoto typu oblevy mimořádně vzácný.

Bílé Vánoce, tedy výška sněhové pokrývky alespoň 1 cm během vánočních svátků, nastaly téměř vždy, s výjimkou let 2014, 2015 a 2020, pokud uvažujeme alespoň jednu stanici z našeho výběru stanic. „Pravé“ bílé Vánoce (alespoň 5 cm) se vyskytly v 58 letech (alespoň na jedné stanici v daném roce), v nížinách jsou ale tyto případy výjimečné, zejména v Praze, Polabí nebo na jižní Moravě. Deštivé Vánoce bez sněhu nastaly v 11 letech (alespoň 1 mm každý sváteční den), resp. „propršený“ Štědrý den pak v 21 letech (kdy spadlo alespoň 5 mm).

Konečně opačná situace než obleva, tedy výrazné vánoční ochlazení, u nás nastalo jen v 6 letech, nejčastěji pak v roce 1990. Po roce 2000 se takový případ nevyskytl ani jednou. To do jisté míry může souviset s charakterem proudění, kdy u nás na Vánoce převažují cyklonální situace nad situacemi anticyklonálními.

Na základě zjištěných výsledků můžeme konstatovat, že vánoční obleva vymezená příslušnou definicí je v Česku jevem opravdu výjimečným, a tedy ji nelze považovat za typickou nebo výraznou singularitu podnebí na našem území.

Literatura:

- BISSOLLI, P., SCHOENWIESE, CH., 1991. Kalendergebundene Witterungserscheinungen in neuem Licht. *Naturwissenschaftliche Rundschau*. roč. 44, č. 5, s. 169–175. ISSN 0028-1050.
- BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha: HMÚ, 1. vydání, 32 s.
- ČHMÚ, 2022. Typizace povětrnostních situací pro území České republiky [online]. [cit 2023-05-12]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/typizace-povetnostnich-situaci>.
- ČMeS (Česká meteorologická společnost), 2017. Elektronický meteorologický slovník (eMS) [online]. [cit 2023-05-12]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>.
- HLAVÁČ, V., 1966. Jak se jeví kolísání klimatu za posledních dvě stě roků v pražské teplotní řadě. *Meteorologické zprávy*, roč. 19, č. 2, s. 33–42.
- KVĚTOŇ, V., 2001. Normály teploty vzduchu na území České republiky v období 1961–1990 a vybrané teplotní charakteristiky období 1961–2000. *Národní klimatický program České republiky*, č. 30. Praha: ČHMÚ. ISBN 80-85813-91-2.
- MUNZAR, J., 1985. Medardova kápě aneb pranostiky očima meteorologa. Praha: Horizont. 236 s.
- RADOVÁ, M., 2006. Singularity v ročním chodu klimatických prvků, jejich dlouhodobé změny a souvislost s atmosférickou cirkulací. Diplomová práce. Praha: UK, Matematicko-fyzikální fakulta. Vedoucí práce RNDr. Jan Kyselý, Ph.D.
- ŠKÁCHOVÁ, H., ŽÁK, M., 2009. Vánoční obleva v Česku – Fakt nebo mýtus? *Meteorologické zprávy*, roč. 62, č. 6, s. 187–199. ISSN 0026-1173.
- TOLASZ, R. a kol., 2007. Atlas podnebí Česka. Praha: ČHMÚ, Olomouc: UP Olomouc, 1. vydání, 256 s., ISBN 978-80-86690-26-1, ISBN 978-80244-1626-7.
- WETTER3.DE, 2022. Aktuelle wetterkarten [online]. [cit 2023-05-12]. Dostupné z: www.wetter3.de.
- ŽÁK, M., 2022. Městské klima ve střední Evropě. *Československý časopis pro fyziku*, roč. 72, č. 4, s. 348–360. ISSN 0009-0700.

Lektoři (Reviewers):

Mgr. Radek Tomáš, Mgr. Zuzana Kluková, Ph.D.

Kombinace indexů stability pro předpovědi bouřek

Combinations of stability indices for thunderstorm forecasts

Martin Motl, David Rýva

Český hydrometeorologický ústav
Odbor distančních měření a informací
Generála Šišky 942, Praha 4
✉ martin.motl@chmi.cz, david.rывa@chmi.cz

Large amount of both historical and modern indices calculated from radio-sounding data was developed for the storm prediction. In this work we processed 75 storm indices and other parameters, which could potentially be connected with the storm development. First part of the article is devoted to the effectivity of particular indices with special emphasis on the comparison of various modifications of the convective available potential energy (CAPE). Afterwards there were examined possibilities of the use of various combinations of indices and other parameters, and benefits of these combinations for the thunderstorm forecast. The forecast of the afternoon storms based on midday soundings is analysed in detail, as for this time point, a combination of indices has apparently the biggest benefit.

KLÍČOVÁ SLOVA: sondáž – aerologie – indexy stability – bouřky – předpověď

KEYWORDS: upper air sounding – aerology – stability indices – thunderstorm – forecast

1. Úvod

Sondážní aerologická měření slouží již dlouhá desetiletí jako nepostradatelný nástroj při předpovědi nebezpečných meteorologických jevů, ale i jako vstupní data pro numerické předpovědní modely, kde představují nenahraditelný zdroj informací o stavu vyšších vrstev atmosféry až do výšek přes 30 km. Jednou z nejdůležitějších oblastí předpovědi, ve které mají sondážní měření své nezastupitelné místo, je předpověď konvektivních bouří a s nimi spojených bouřek. Ty představují výrazné nebezpečí nejen pro lidskou činnost na povrchu, ale zejména pro leteckou a lodní dopravu kdekoli ve světě se vyskytnou.

V dnešní době mají zpracování a vyhodnocení naměřených dat na starosti počítače, ale ještě v polovině minulého století tomu tak zdaleka nebylo. Výpočet všech potřebných fyzikálních veličin z naměřených dat tak nebyl operativně možný a přistupovalo se ke zjednodušení v podobě různých indexů stability (např. Táborský 1966; Táborský 1970; Strachota 1966; Forchtgott 1971). Jejich používání pak bylo podloženo spíše statisticky hodnocenými výsledky jejich úspěšnosti než čistě

fyzikální podstatou, která ale byla dobře známá už v dobách, kdy sondážní měření byla teprve v počátcích (např. Chromov 1937; Byers, Braham 1949). To samo o sobě mohl být značný problém, protože tehdy zpracovávané verifikační řady měření byly často velmi krátké, a tak zatížené velkou statistickou chybou. Není tedy až takovým překvapením, že některé starší metody nebo následné snahy o jejich zlepšení, jež na základě dřívějších studií vycházely velmi dobře, vykazují dnes při vyhodnocení na dlouhé řadě pozorování výrazně horší úspěšnost (Táborský 1970; Rýva, Motl 2020).

V současnosti je tedy dávána přednost výpočtu fyzikálně relevantních veličin spíše než zjednodušujících indexů počítaných jen z několika vybraných hladin. I tak jsme ale v předchozí práci (Rýva, Motl 2020) chtěli ověřit to, o kolik lépe si fyzikální veličiny povedou oproti těmto indexům. Výsledky této práce prokázaly, že i některé ze starších metod vykazují velmi dobrou úspěšnost jednoduché předpovědi, zda bude či nebude v okolí sondážní stanice bouřka. Jde především o ty metody, které mají fyzikální základ. Mezi nimi vyniká zejména čtyřvrstevová metoda (Förichtgott 1971). Ta v našem hodnocení vykazovala velmi dobré výsledky, a to zejména při předpovědi z půlnocní sondáže na odpolední a večerní hodiny. Dalším důvodem, proč se zabýváme zjednodušenými indexy, je i snaha o nalezení indexu, který by bylo možné použít na vyhodnocení vhodnosti prostředí pro vznik bouřek i na archivních datech z poloviny minulého století. Ty mají značně omezené vertikální rozlišení – k dispozici jsou jen význačné hladiny, zatímco moderní měření mají vertikální rozlišení cca 6 m. Počítání takových veličin, jako je CAPE (konvektivní dostupná potenciální energie) (např. Chromov 1937, Markovski, Richardson 2010, Sulan et. al 2004), by ze starších dat mohlo dávat výrazně odlišné hodnoty, než byla realita, a takto spočtené hodnoty by nebyly vhodné pro srovnávání s hodnotami spočtenými na datech s vysokým rozlišením. Jelikož pro CAPE existuje vícero variant jejího výpočtu, jedním z cílů práce byla identifikace, která z těchto variant je pro předpověď bouřek na našem území nejlépe využitelná.

V této práci se tedy zaměříme na to, jestli je možné kombinací různých indexů a parametrů dosáhnout výraznějšího zlepšení úspěšnosti předpovědi bouřek na současných operativních datech, ale i na to, zda mezi úspěšnými kombinacemi jsou i takové, které lze použít zpětně na vyhodnocení historických dat. Rovněž nás zajímalo, jak si stojí indexy, které nepoužívají informace o stavu bezprostředně při povrchu – jelikož by mohly pomoci účinně předpovídat bouřky ze sestupových radiosondážních dat (data měřená při pádu sondy zpět na zem). Tato data často nejsou k dispozici až k povrchu, ale v teplé polovině roku dosahují v 93 % případů alespoň hladiny 850 hPa. Pro vyhodnocení úspěšnosti jsme použili stejnou metodiku jako v minulé práci a rozšířili jsme studované období. Hodnoceno je tedy období teplých půlroků (duben–září) let 2004 až 2022, ze kterých máme kompletní data ze sítě detekce blesků a sondážní měření ze stanic ve stávajících lokacích.

2. Zahrnuté indexy a veličiny

Ve vyhodnocení jsme se zaměřili na indexy a veličiny počítané ze sondážních měření stanic Praha-Libuš a Prostějov. Spočítané hodnoty lze rozdělit do několika skupin podle jejich podstaty.

i) První skupinou jsou jednoduché indexy stability používané zejména v době před masivním rozšířením počítačů, protože jejich výpočet je jednoduchý a operativně proveditelný i bez výpočetní techniky. Jejich výpočet je realizovaný na základě jednoduchých součtů a rozdílů teplot a rosných bodů ve dvou nebo třech význačných hladinách. Takto je počítán například klasický *K index (KI)*, (George 1960):

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

kde T jsou teploty příslušných tlakových hladin a T_d teploty rosných bodů v oněch hladinách.

Odobně je počítán i *Total Totals index (TT)*, (Miller 1972):

$$TT = (T_{850} - T_{500}) + (T_{d_{850}} - T_{500}). \quad (2)$$

ii) Ve druhém případě je výpočet složitější a je nutné počítat adiabatický výstup z určité zvolené hladiny (zemský povrch, nebo hladina 850 hPa) do hladiny 500 hPa a zde jen porovnat výslednou teplotu s teplotou okolního vzduchu v této hladině. Takto se počítá například *Faustův index (FI)*, (např. Strachota 1966), jenž byl v Česku hojně využíván ve druhé polovině minulého století:

$$FI = T_f - T_{500}, \quad (3)$$

T_f je teplota, jež se odečítala původně z tabulky, ale aktuálně následovným způsobem. Jde o teplotu dosaženou adiabatickým výstupem částice z hladiny 850 hPa do hladiny 500 hPa s tou modifikací, že jako počáteční deficit rosného bodu není použit deficit v 850 hPa, ale průměrný deficit v hladinách 850, 700 a 500 hPa.

Faustův index je ale v podstatě jen modifikací *Showalterova indexu (SI)*, (Showalter 1947):

$$SI = T_{500} - T_{850 \rightarrow 500}, \quad (4)$$

kde $T_{850 \rightarrow 500}$ je teplota vzduchové částice adiabaticky vystoupané z hladiny 850 hPa do 500 hPa.

Mnohem známější a používanější i v současné době je však *Lifted index (LI)*, (Galway 1956):

$$LI = T_{500} - T_{BLV \rightarrow 500}, \quad (5)$$

kde $T_{BLV \rightarrow 500}$ je teplota vzduchové částice adiabaticky vystoupané ze zvolené počáteční hladiny do hladiny 500 hPa.

Oproti předešlé práci počítáme více modifikací Lifted indexu podle toho, jaká hladina je zvolena pro počátek výstupu vzduchové částice.

V případě počátku výstupu již od zemského povrchu hovoříme v angličtině o tzv. *Surface based (SB)* modifikaci. Ta ale nereprezentuje dobře skutečnost, že konvektivního výstupu se neúčastní jen vzduchová hmota od zemského povrchu, ale i přiléhající vrstvy nad ní.

Tuto skutečnost zohledňuje modifikace označovaná jako *Mixed layer (ML)*, kdy jsou nejprve spočteny teplota a rosný bod získané vertikální promícháním („mixováním“) vrstvy o zvolené vertikální mocnosti při povrchu. Následně počítáme s výstupem takto získané fiktivní vzduchové částice. V našem případě počítáme s mocností vrstvy 50 hPa od zemského povrchu.

Pro zohlednění vyvýšené lability, kdy vrstva vzduchu při zemském povrchu je ovlivněna noční teplotní inverzí, nebo dalšími vlivy, je vhodnější počítat s výstupem z hladiny s maximální hodnotou ekvivalentní potenciální teploty ve spodních 300 hPa od povrchu. Tuto modifikaci označujeme jako *Most unstable (MU)*.

Pro alespoň hrubý odhad labilizace vzduchové hmoty v důsledku denního chodu teploty počítáme na základě sondáže odhad předpokládané maximální teploty vzduchu při povrchu s tím, že je zohledněno i mísení vzduchu v rámci mezní vrstvy v důsledku mělké konvekce. Jde o stejnou metodiku, jako užívá americké Centrum pro předpovědi bouří (Storm Prediction Center 2023), kdy odhad maximální denní teploty vychází z teploty v hladině 850 hPa, odkud je počítána nenasycená adiabata dolů k povrchu a zohledňuje se i přízemní superadiabatická vrstva přičtením 2 °C. Rosný bod vychází z promíchání vrstvy spodních 100 hPa při povrchu. Tuto modifikaci označujeme jako *Surface maximum (SM)*.

Poslední použitou modifikací je *Effective layer mixed (ELM)*, počítaná průměrováním teploty a vlhkosti v tzv. *efektivní vrstvě*, kterou popisujeme dále, protože je definována na základě energie *CAPE*.

Posledním indexem z této skupiny, o kterém se zmíníme podrobněji, je *Thompsonův index (TI)*, jenž je jednoduchým rozdílem *K indexu* a *MU Lifted indexu*, tedy:

$$TI = KI - MU LI. \quad (6)$$

Jde o poměrně často užívaný index v Evropě i Severní Americe, ale jeho slabinou jsou zejména situace s výrazně suchou a vertikálně mohutnou mezní vrstvou.

iii) Třetí skupinou jsou různé modifikace *CAPE*, tedy dostupné potenciální energie pro rozvoj konvekce, jejíž výpočet je integrálem vztaku působícího na částici vzduchu stoupající z výchozí hladiny:

$$CAPE = \int_{LFC}^{EQL} g(z) \frac{T(z) - T_e(z)}{T_e(z)} dz. \quad (7)$$

T je zde teplota vzduchové částice stoupající z počáteční hladiny a T_e je teplota okolí částice vždy v dané hladině, LFC je hladina volné konvekce a EQL představuje hladinu nulového vztaku. Teploty v tomto vzorci jsou, na rozdíl od předchozích, zadávány výhradně v Kelvinech.

Počítané modifikace *CAPE* jsou stejné jako u *Lifted indexu* a odlišují se tedy jen počáteční hladinou adiabatického výstupu vzduchové částice.

K výpočtu *CAPE* byla dále přidána i hodnota *CINH* (často též jen *CIN*), jež vyjadřuje energii nutnou na překonání zádržné stabilnější vrstvy, která brání rozvoji konvekce (např. Colby 1983):

$$CINH = \int_{BLV}^{LFC} g(z) \frac{T(z) - T_e(z)}{T_e(z)} dz. \quad (8)$$

T je opět teplota vzduchové částice stoupající z počáteční hladiny a T_e je teplota okolí částice vždy v dané hladině, kdy BLV je počáteční hladina výstupu a LFC je hladina volné konvekce. Teploty v tomto vzorci jsou stejné jako u $CAPE$ v Kelvinech. Výpočet $CINH$ lze najít i ve variantě s mínusem před vzorcem, a výsledné hodnoty jsou pak kladné, ač jde o energii, jež je nutno do systému dodat.

U všech výše zmíněných modifikací výstupu je počítána právě $CAPE$ a $CINH$, ale i Lifted index, výška kondenzační hladiny (LCL), hladiny volné konvekce (LFC) a hladiny nulového vztlačku (EQL). Stejně tak jsou u všech modifikací počítány hodnoty $CAPE_f$, tedy $CAPE$ se započtením vlivu skupenského tepla tuhnutí (Yaodong et al. 2004), které je obvykle ve výpočtech nasycené adiabaty ignorováno.

Samostatnou variantou $CAPE$ je $ICAPE$, jež je počítána jako dvojná integrace energie v celé efektivní vrstvě:

$$ICAPE = \int_{ELB}^{ELT} \int_{LFC}^{EQL} g(z) \frac{T(z) - T_e(z)}{T_e(z)} dz \rho_{air}(h) dh. \quad (9)$$

ELB je základna efektivní vrstvy a ELT horní hranice efektivní vrstvy. Za efektivní vrstvu označujeme takový vertikální rozsah atmosféry, kdy z libovolné výšky (v rámci této vrstvy) započatý výstup vykazuje vždy nenulovou hodnotu $CAPE$. Teploty v tomto vzorci jsou opět v Kelvinech. Tato veličina představuje celkovou dostupnou energii na jednotku plochy, jakou může konvekce teoreticky mít k dispozici.

Tyto prediktory jsou dnes výrazně upřednostňovány před jednoduchými indexy, protože jde o fyzikálně relevantní veličiny, a nikoli jen zjednodušené indexy ve vybrané pevně stanovené hladině.

iv) Čtvrtou skupinu tvoří prediktory vyjadřující vertikální změny větru, které jsou důležité hlavně pro charakter a organizaci vzniklé konvekce (např. Doswell, Bosart 2001; Markovski, Richardson 2010). U těchto indexů nelze předpokládat, že by samy o sobě dokázaly úspěšně predikovat vývoj konvektivních bouří a s nimi spojených bouřek. Důvodem jejich zařazení do této práce bylo ověření, zda v kombinaci s indexy stability nebo s $CAPE$ dokáží tyto veličiny zlepšit úspěšnost prosté předpovědi výskytu bouřky.

Jde v první řadě o velikosti vektorových rozdílů větru (Markovski, Richardson 2010) (slangově sice hovoříme o „stříhu větru“, ač ten bychom dostali až po vydělení této hodnoty vertikální mocností rozdílů hladin v metrech) mezi zemí (vitr v 10 m nad povrchem) a danou výškou nad povrchem. Standardně se počítají hodnoty pro 1, 3, 6 a doplňkově někdy i 8 km nad povrchem. Pro stejné výšky jsme počítali i délky hodografu (Huntrieser et al. 1997). Posledním parametrem z této skupiny je BRN shear (Markovski, Richardson 2010), který je velikostí vektorového rozdílu hustotou vážených průměrů větru v celé sledované vrstvě a ve spodních 500 metrech. Hodnoty této veličiny jsou počítány pro mocnosti vrstvy 3 a 6 km.

v) Závěrečnou skupinou jsou ostatní veličiny, jakými jsou například hodnoty potenciální srážkové vody (vodní páry) v atmosféře, ale i další vlhkostní parametry jako směšovací poměr v přízemním kilometru, relativní vlhkosti nízkých a středních vrstev troposféry nebo hodnoty lapse rates, tedy velikostí vertikálního teplotního gradientu mezi vybranými hladinami vztažujícími se hlavně k nízkým a středním vrstvám troposféry.

vi) Samostatně je pak zahrnuta čtveřice pomocných indexů čtyřvrstvé metody (Förchtgott 1971) a jejich výsledné vyhod-

nocení v podobě indexu N . Do přehledu jsme zahrnuli i vlastní výpočet indexu N , dále označovaný N^* , který není určený složitým tabulkovým určováním s mnohonásobnými podmínkami a výjimkami (Förchtgott 1975), ale přímým výpočtem. Cílem zavedení indexu N^* byl také přechod od diskrétních hodnot ke spojitým, které mohou pomoci nalézt přesnější prahové hodnoty.

Zpracování sondážních měření touto metodou je obecně složitější než u jednoduchých indexů typu Lifted indexu, Showalterova indexu apod., a proto autor pro jeho realizaci v době před příchodem osobních počítačů vytvořil vlastní speciální typ logaritmického pravítka. Výpočet probíhá tak, že nejprve se z teploty v hladině 850 hPa a teploty rosného bodu u povrchu vypočte tzv. opravená teplota (Förchtgott 1975) v hladině 850 hPa, z té je následně počítán nasycené adiabatický výstup postupně do hladin 700, 500, 400 a 300 hPa. Rozdílem takto vypočtených teplot a teplot okolního vzduchu v těchto hladinách jsou získány 4 hodnoty indexů i_1 , i_2 , i_3 a i_4 . Pomocí rozhodovací tabulky (Förchtgott 1971) s prahovými hodnotami těchto indexů je pak přiřazen výsledný index N v rozmezí 0 až 9, který indikuje maximální očekávanou intenzitu konvekce, popř. i sílu bouřek, kdy 0 značí situaci bez přeháněk a 9 velmi silné bouřky.

Analýzou tabulkového schématu byl definován výpočet indexu N^* , přičemž byla snaha zachovat principy, dle nichž je index N určován. Naopak pro účely určování prahových hodnot nebylo potřeba zachovat mezi indexy N a N^* linearitu a obor hodnot. Nová spojitá varianta je počítána dle vzorce:

$$N^* = \sum_{j=1}^4 \max(-2; \min(2; i_j)). \quad (10)$$

Tedy součet 4 pomocných Förchtgottových indexů, pokud jsou jejich hodnoty v intervalu $(-2; 2)$. Pokud se nacházejí mimo tento interval, do výpočtu vstupuje nejbližší krajní hodnota tohoto intervalu. Obor hodnot indexu N^* je $<-8; 8>$.

3. Data a metody vyhodnocení

Výše popsané indexy jsme spočítali shodně jako v předešlé práci, tedy pro celé období teplých půlroků (duben–září), ale tentokrát rozšířené na roky 2004 až 2022. Výpočet byl provedený zvlášť pro Prahu-Libuš i pro Prostějov a odděleně se počítalo i hodnocení pro různé časové termíny balónového měření a intervaly výskytu bouřky.

Jako vstupní data jsme použili soubory s plným počtem měřených hladin od povrchu po hladinu, kde došlo k prasknutí balónu, ale reálně jsme využili data pouze do hladiny 100 hPa. Pro stejné období jsme zpracovali i data z TDOA (time difference of arrival) sítě detekce blesků CELDN a následně LINET. V těchto datech je k dispozici lokalizace, přesný čas výskytu výboje, ale i informace o polaritě a typu výboje (mezioblačný vs. výboj mezi oblakem a zemí). Souřadnice místa výboje byly přepočteny do gnómonické projekce PACZ23 využívané v ČHMÚ i pro zobrazení radarových dat s rozlišením 1 km/px. Na základě předchozích interních zjištění jsme v každém pixelu mapy považovali za den s bouřkou tu situaci, kdy v okruhu do 15 km došlo k alespoň dvěma výbojům blesku do země. Takový odhad výskytu bouřky nejlépe koresponduje s pozorováními z profesionálních meteorologických stanic. Pro každé sondážní měření jsme tak měli k dispozici datový soubor s dvourozměrným polem informací typu bouřka vs. bez bouřky s rozlišením 1 km.

3.1 Prostorová a časová reprezentativnost sondáží

S ohledem na četnost sondáží, vzdálenosti sondážních stanic aj. jsme zvolili jako reprezentativní okolí stanice do 150 km. V této práci jsme se zabývali schopností predikce bouřek na následujících 12 h, tj. sondáž 00:00 UTC byla použita jako reprezentativní pro čas 00:00–11:59 UTC (dále pouze 00) a sondáž z 12:00 UTC pro čas 12:00–23:59 UTC (dále 12). Vzhledem k tomu, že sondáž 00:00 UTC slouží často i jako podklad pro předpověď na celý následující den, sledovali jsme i její vztah k bouřkám v čase 12:00–23:59 UTC (dále 00v12). Oproti předešlé práci jsme nově přidali i sondážní měření z 06:00 UTC, která je využívána hlavně leteckými meteorology, a zjišťovali jsme schopnost těchto měření předpovědět bouřky odpoledne nebo večer, tj. v intervalu 12:00–23:59 UTC (dále 06v12). Měření v čase 06:00 UTC je standardně prováděno pouze na stanici Praha-Libuš, pro Prostějov tedy nebylo vyhodnocováno. Ke spočítaným indexům z každé zpracované sondáže tak přibyla informace o procentech plochy TS_{perc} s bouřkou v okruhu do 150 km kolem sondážní stanice v daném časovém rozmezí.

V meteorologických předpovědích jsou pro prostorový rozsah výskytu jevu používány pojmy „ojediněle“ v případě, že se jev vyskytuje na 5–29,9 % území a „místy“ v případě výskytu jevu na 30–49,9 % území. Proto bylo dále pracováno s hranicemi $TS_{perc} \geq 5 \%$ a $TS_{perc} \geq 30 \%$. To odpovídá situacím, kdy se na daném území bouřky vyskytovaly alespoň ojediněle, respektive alespoň místy.

Celkově tak bylo sledováno 14 kategorií podle termínu sondážního měření, stanice, času, kdy byl sledován výskyt bouřek, a minimálního prostorového rozsahu pokrytí bouřkami. Tyto kategorie a jejich další značení v článku shrnuje tab. 1.

3.2 Skill score

Zaměřili jsme se na hledání prahových hodnot jednotlivých indexů takových, aby nejlépe odpovídaly situaci, kdy hodnota indexu větší nebo rovna prahové hodnotě předpovídá vznik bouřky a hodnota pod prahovou hodnotou předpovídá, že bouřková činnost nevznikne.

Tab. 1 Zkoumané kategorie měření, termínu předpovědi a rozsahu bouřek a jejich značení v článku.

Table 1. The examined categories of measurement, forecast horizon and extent of thunderstorms and their labelling in the article.

Stanice	Termín sondáže	Termín předpovědi výskytu bouřek	Minimální prostorový rozsah bouřek	Značení v článku
Praha	00:00 UTC	00:00–11:59 UTC	5 %	Prg_00_05
			30 %	Prg_00_30
		12:00–23:59 UTC	5 %	Prg_00v12_05
			30 %	Prg_00v12_30
	06:00 UTC	12:00–23:59 UTC	5 %	Prg_06v12_05
			30 %	Prg_06v12_30
Prostějov	00:00 UTC	00:00–11:59 UTC	5 %	Pro_00_05
			30 %	Pro_00_30
		12:00–23:59 UTC	5 %	Pro_00v12_05
			30 %	Pro_00v12_30
	12:00 UTC	12:00–23:59 UTC	5 %	Pro_12_05
			30 %	Pro_12_30

Pro vyhodnocení schopnosti předpovědní metody předpovídat daný jev se zpravidla vychází z kontingenční tabulky (Zacharov 2004):

Předpověď	Skutečnost	
	ano	ne
ano	zásah (a)	falešný alarm (b)
ne	chyba (c)	správné vyloučení (d)

Cílem předpovědní metody je pak minimalizace položek b , c . Na základě hodnot a , b , c , d lze vyčíslit kvalitu předpovědní metody, přičemž způsobů vyčíslení je mnoho a každý z nich popisuje trochu jiné vlastnosti předpovědní metody.

Základními parametry vlastností předpovědi jsou:

Pravděpodobnost detekce (Probability of detection, POD), která vyjadřuje podíl výskytu jevu, který se předpovědi podařilo zachytit:

$$POD = \frac{a}{(a+c)} \quad (11)$$

Pravděpodobnost falešné detekce (Probability of false detection, POFD) zachycující naopak podíl falešných alarmů z celkového množství situací, kdy jev nenastal:

$$POFD = \frac{b}{(b+d)} \quad (12)$$

Samy o sobě jednotlivě tyto parametry k vyhodnocení kvality předpovědi nestačí. Pro dokonalou předpověď platí $POD = 1$, to ale bude platit také v případě, že jev budeme předpovídat vždy. Naopak $POFD$ v ideální předpovědi bude $POFD = 0$, což ale platí i v situaci, kdy jev nebudeme předpovídat nikdy. Proto byla historicky odvozena různá skill score, ale pro účely tohoto vyhodnocení jsme použili True skill statistic (TSS):

$$TSS = POD - POFD = \frac{ad-bc}{(a+c)(b+d)} \quad (13)$$

TSS na rozdíl od jiných nepracuje s přímým srovnáním s náhodnou předpovědí a vychází z jednoduchého předpokladu, že ideální předpověď má mít co nejvyšší POD a co nejnižší $POFD$. Další důležitou vlastností TSS je, že parametry b a c nejsou záměnné. To znamená, že chyby a falešné alarmy nemají stejnou váhu, ale tato váha závisí na relativní četnosti jevu. Čím vzácnější jev je, tím lepší je předpověď (dle TSS), která jev zachytí, a to i za cenu nárůstu falešných alarmů. TSS nabývá hodnot od -1 do 1 , přičemž dokonalá předpověď má $TSS = 1$.

Vzhledem k charakteristice bouřkové činnosti jako nebezpečného jevu jsme pro další vyhodnocení vybrali právě TSS, které při nízké četnosti jevu klade větší důraz na to, aby jev před-

povědi neunikl. Maximální TSS (TSS_{max}) a tomu odpovídající prahovou hodnotu indexů jsme hledali zvlášť pro obě stanice, jelikož lokální podmínky mohou ovlivňovat jak efektivitu indexu pro předpověď bouřek, tak samotnou optimální prahovou hodnotu pro tuto předpověď. Řešeny byly zvlášť dvě výše zmíněné četnosti bouřek a čtyři výše zmíněné možnosti časové reprezentativnosti sondáží – celkem tedy bylo pro každý index stability získáno 14 prahových hodnot a tomu odpovídajících TSS_{max} .

3.3 Kombinace indexů

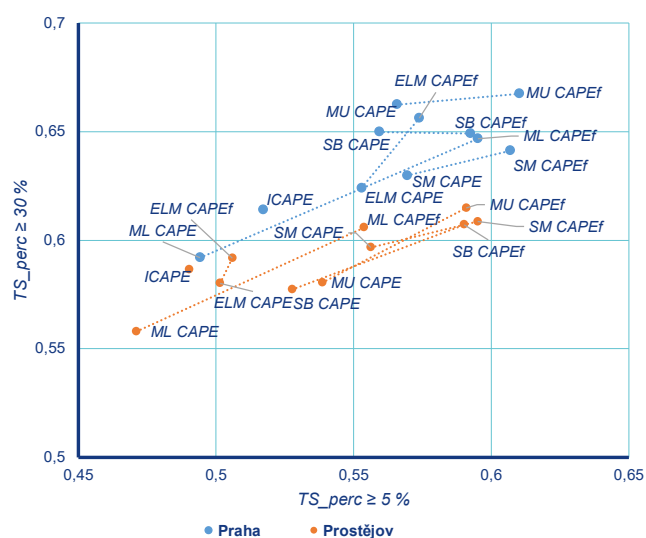
Pro kombinace indexů byly použity tři varianty výpočtu. Prvním byla varianta logického operátoru AND, tedy předpoklad překročení prahových hodnot obou analyzovaných indexů

současně. Druhou variantou byl logický operátor OR, tedy bylo vyžadováno překročení prahové hodnoty alespoň 1 ze sledovaných indexů. Třetí pak byla lineární kombinace obou indexů, která vytvořila novou proměnnou Y podle vzorce:

$$Y = VAR1 + A \cdot VAR2, \quad (14)$$

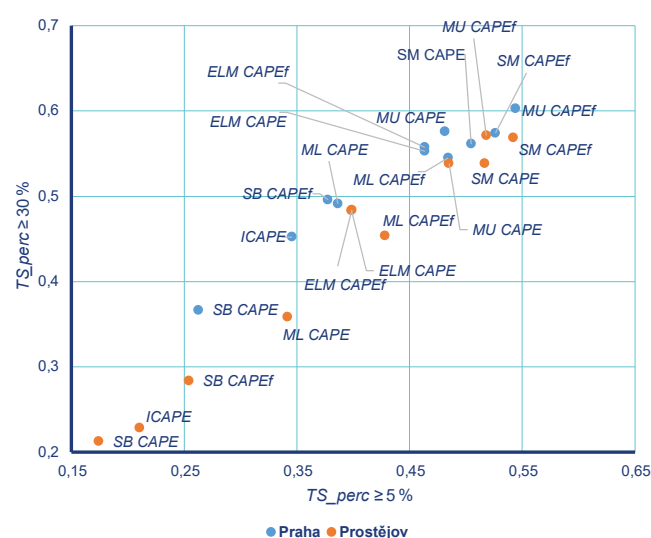
kde $VAR1$, $VAR2$ jsou jednotlivé původní indexy, A pak určuje optimální poměr těchto indexů.

Pro všechny tři varianty byly vyhledány optimální prahové hodnoty pro maximalizaci TSS – v případě logických operátorů tedy dvě prahové hodnoty pro dva indexy, v případě lineární kombinace optimální poměr příspěvků jednotlivých indexů a prahová hodnota pro nově vzniklou proměnnou. Ve všech



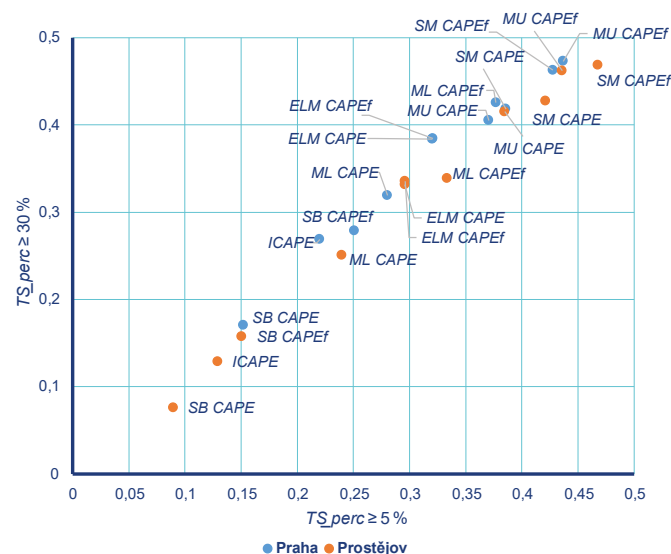
Obr. 1 TSS_{max} pro předpověď odpoledních bouřek z různých variant CAPE v termínu 12:00 UTC.

Fig. 1. TSS_{max} for the prediction of afternoon thunderstorms from different CAPE variants in 12:00 UTC term.



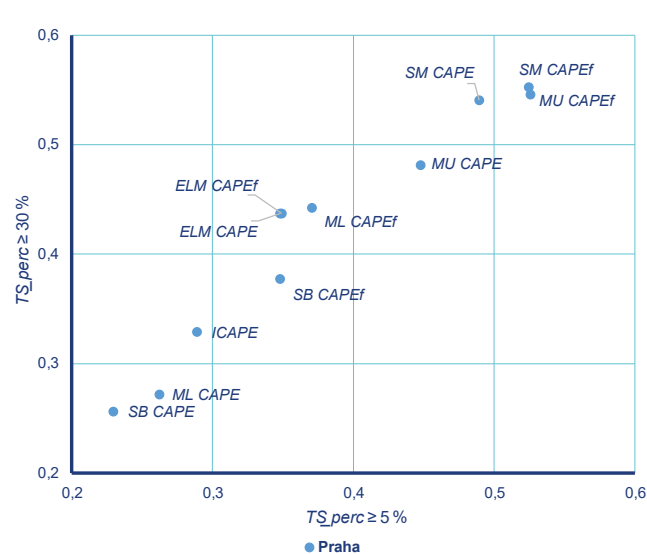
Obr. 2 TSS_{max} pro předpověď dopoledních bouřek z různých variant CAPE v termínu 00:00 UTC.

Fig. 2. TSS_{max} for the prediction of morning thunderstorms from different CAPE variants in 00:00 UTC term.



Obr. 3 TSS_{max} pro předpověď odpoledních bouřek z různých variant CAPE v termínu 00:00 UTC.

Fig. 3. TSS_{max} for the prediction of afternoon thunderstorms from different CAPE variants in 00:00 UTC term.



Obr. 4 TSS_{max} pro předpověď odpoledních bouřek z různých variant CAPE v termínu 06:00 UTC.

Fig. 4. TSS_{max} for the prediction of afternoon thunderstorms from different CAPE variants in 06:00 UTC term.

třech variantách je nalezené TSS_{max} vždy vyšší nebo rovno TSS_{max} získaným pro samostatné indexy, proto bylo potřeba počítat s tím, že zlepšení samotného TSS_{max} nemusí být vždy relevantní, ale může být náhodnou odchylkou. Pro určení relevance zlepšení byla stanovena hladina 90 % jistoty, že kombinace indexů určuje pravděpodobnost vzniku bouřek lépe než indexy samostatné. Interval vypočtených hodnot TSS_{max} , v němž nebylo možno s jistotou více než 90 % vyloučit, že daná kombinace indexů určuje pravděpodobnost vzniku bouřek nejlépe, je dále nazýván „pásmo relevance“. Pro sledovaných 75 parametrů existuje celkem 2 775 jejich dvojkombinací, přičemž jen menšina z nich dává statisticky relevantní a fyzikálně smysluplné výsledky. Článek se proto bude věnovat jen těm nejzajímavějším výstupům ze získaného souboru dat.

4. Výsledky a diskuze

Při zpracování TSS_{max} jednotlivých indexů se i přes zavedení mnoha dalších variant $CAPE$ a s ní spojených veličin potvrdily výsledky práce (Rýva, Motl 2020), kdy ve většině sledovaných variant dopadl nejlépe některý z Förichtgottových indexů. V tab. 2 je seznam TSS_{max} s odhadem chyby, nejúspěšnější index a seznam těch, u kterých nelze alespoň s 90 % jistotou vyloučit, že jsou nejlepší.

Kromě poledních sondáží vychází vždy nejlépe buď i_2 nebo N^* . Tyto dva indexy jako jediné nelze s jistotou vyloučit jako nejlepší ani v jedné ze 14 sledovaných kategorií.

Napočítáno bylo mj. celkem 11 variant $CAPE$. Z obr. 1 je patrné, že varianta indexu se započtením skupenského tepla tuhnutí vychází vždy lépe než bez něj (pro lepší orientaci jsou příslušné dvojice bez započtení skupenského tepla tuhnutí a s jeho započtením spojeny přerušovanou čarou). Obdobně situace vypadá i pro zbylých deset sledovaných kategorií (00, 00v12, 06v12), kdy varianty se započtením skupenského tepla tuhnutí dopadají bez výjimky lépe.

Dále lze vyzorovat, že nejlépe vychází varianty $MU CAPEf$ a $SM CAPEf$, nicméně pro polední termín jsou varianty $SB CAPEf$ a $ML CAPEf$ téměř srovnatelné. V ostatních sledovaných kategoriích 00 (obr. 2), 00v12 (obr. 3) i 06v12 (obr. 4) je už ztráta $ML CAPEf$ a zejména $SB CAPEf$ značná. $MU CAPEf$ má mírně vyšší hodnoty pro pražské radiosondáže a $SM CAPEf$ pro prostějovské, nicméně tyto rozdíly jsou pod hladinou 90 % jistoty významnosti.

4.1 Kombinace indexů

Jednou z hlavních motivací realizace analýzy kombinací indexů bylo získání informace o vlivu $CINH$ na úspěšnost příslušného indexu $CAPE$. Paradoxně zrovna tato kombinace k žádnému výraznějšímu zlepšení nevedla. V tab. 3 jsou jako příklad uvedeny pravděpodobnosti vzniku bouřek pro Prahu, sondáž z 12 hodin při různých hodnotách $SB CAPE$ a $SB CINH$. Hodnota $234 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ byla pro $SB CAPE$ zvolena, jelikož vyšla pro tento prediktor jako prahová při jeho samostatném použití. $-22 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ je pak medián nenulových hodnot $CINH$. Z tabulky podle očekávání vyplývá minimální pravděpodobnost bouřek při nulové $SB CINH$ a nízké $SB CAPE$. Velmi překvapivé je ovšem zvýšení pravděpodobnosti na 10 % při stále nízké $SB CAPE$, ale nenulové (ať už nízké nebo vysoké) $CINH$. V situacích s vysokou $SB CAPE$ je pravděpodobnost bouřek srovnatelná pro všechny intervaly hodnot $CINH$.

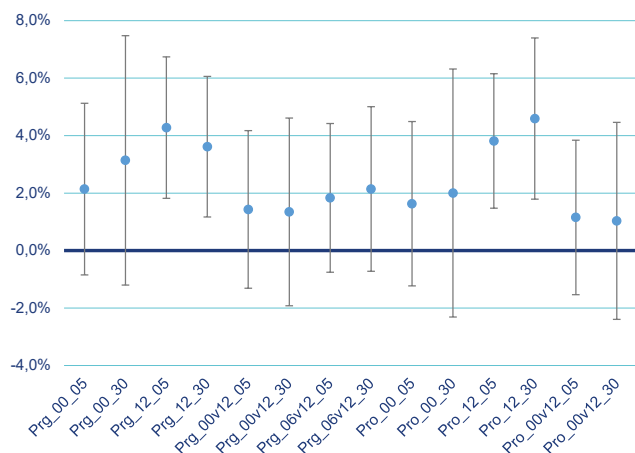
Tab. 2 Maximální TSS a seznam indexů, u nichž nelze s alespoň 90 % jistotou vyloučit, že jsou pro danou kategorii předpovědi nejlepší.
Table 2. Maximal TSS and list of indices for which it cannot be ruled out with at least 90 % certainty that they are the best for the given category of prediction.

	Nejllepší index	TSS_{max}	Förichtgott						LI				EQL				CAPEf				CAPE			TI	SI
			i_2	i_3	i_4	N	N^*	MU	ML	SB	SM	ELM	MU	ML	SB	SM	ELM	MU	ML	SB	SM	ELM	MU	SM	SB
			5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %	30 %	5 %
Prg	00	N^*	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	N^*	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	00v12	SI	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	06v12	$MU LI$	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
Pro	00	i_2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	N^*	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	00v12	N^*	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	06v12	N^*	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	00	i_2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	12	i_2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	00v12	$SM EQL$	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
	06v12	i_2	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Tab. 3 Pravděpodobnost vzniku bouřek ($TS_{perc} \geq 30\%$) podle hodnot $SB\ CAPE$ a $SB\ CINH$ ze sondáže Praha 12:00 UTC.

Table 3. Probability of thunderstorms ($TS_{perc} \geq 30\%$) according to $SB\ CAPE$ and $SB\ CINH$ values from the Prague 12:00 UTC sounding.

$p(TS_{perc} \geq 30\%)$		$SB\ CAPE$		
		0	< 234	≥ 234
$SB\ CINH$	0	1,8 %	2,9 %	47,9 %
	(0; -22)	–	10,3 %	52,0 %
	≤ -22	–	11,9 %	52,5 %



Obr. 5 Zvýšení nejvyšší dosažené TSS_{max} zavedením dvojkombinace indexů místo jediného a interval 90% jistoty (pásmo relevance) pro sledované kategorie.

Fig. 5. Increase of the highest achieved TSS_{max} by introducing a double combination of indices instead of a single one and a 90% confidence interval (relevance band) for the examined categories.

Tab. 4. Maximální dosažené TSS pro jednotlivé kategorie termínu měření a předpovědi.

Table 4. Maximal TSS achieved for the categories of measurement term and prediction term.

	Termín sondáže a bouřek	Hranice TS_{perc}	TSS_{max}	POD	POFD	Samostatné indexy v pásmu relevance	Počet dalších dvojkombinací v pásmu relevance
Praha	00	5 %	57,3 %	79,6 %	22,3 %	N, N^*, MU_{CAPEf}	211
		30 %	63,7 %	83,8 %	20,2 %	i_4, N^*, MU_{CAPEf}	300
	12	5 %	65,8 %	80,2 %	14,4 %	–	41
		30 %	70,4 %	91,6 %	21,2 %	–	71
	00v12	5 %	48,3 %	79,6 %	31,3 %	i_2, i_3, N^*	95
		30 %	51,9 %	80,4 %	28,6 %	i_2, i_3, i_4, N, N^*	48
	06v12	5 %	58,4 %	81,6 %	23,2 %	i_2, N, N^*	10
		30 %	61,0 %	87,2 %	26,1 %	i_2, N^*	76
Prostějov	00	5 %	57,9 %	81,3 %	23,4 %	i_2, N^*	151
		30 %	60,4 %	84,5 %	24,0 %	$i_2, i_4, N, N^*, MU_{CAPEf}, SM_{CAPEf}, MU_{EQL}$	171
	12	5 %	64,6 %	87,7 %	23,1 %	–	87
		30 %	68,6 %	86,2 %	17,6 %	–	25
	00v12	5 %	50,4 %	80,3 %	29,9 %	i_2, N, N^*	115
		30 %	50,3 %	75,6 %	25,3 %	$i_2, i_3, i_4, N, N^*, SM_{EQL}$	135

Konkrétní jednotlivé situace, kdy byla vysoká $SB\ CINH$, nízká $SB\ CAPE$, a přesto výrazná bouřková činnost, lze poměrně dobře vysvětlit. Obvykle se jednalo o případy, kdy bouřky vznikaly ve večerních hodinách ze vzduchové hmoty, kterou polední sondáž ještě nemohla zachytit. Proč však tyto situace nastávají častěji při nenulové $SB\ CINH$ při polední sondáži než při nulové, bude předmětem dalšího výzkumu.

Některé jiné kombinace indexů ovšem byly úspěšnější. Na obr. 5 je vyjádřeno zlepšení maximálního TSS pro všech 14 sledovaných kategorií. Více než 90% míru jistoty, že je kombinace dvou indexů efektivnější než použití jediného, máme pouze ve všech 4 kategoriích předpovědi odpoledních bouřek z polední sondáže. Poměrně vysoké se zdá i zlepšení pro Prahu v termínu 00:00 UTC a $TS_{perc} \geq 30\%$, ale zde je zároveň vzhledem k nízké četnosti rozsáhlých dopoledních bouřek zvýšený i interval nejistoty.

Lze tedy konstatovat, že při použití sondáže v 00:00 či 06:00 UTC pro předpověď odpoledních bouřek a též při použití sondáže 00:00 UTC pro předpověď dopoledních bouřek se jako nejvhodnější jeví Förchtgottovy indexy, přičemž se příliš nezlepší přidáváním dalších parametrů. Další indexy zaznamenaly signifikantní zlepšení i pro předpověď odpoledních bouřek ze sondáže 06:00 UTC, ale ani po tomto zlepšení nebyly prokazatelně lepší než samostatné indexy Förchtgottovy.

Přehled maximálních dosažených TSS pro jednotlivé kategorie je v tab. 4. Z tabulky je dobře patrné postupné zvyšování možnosti předpovědi odpoledních bouřek, blíží-li se termínem měření ke sledovanému období – TSS_{max} se zvyšuje od cca 50 % o půlnoci až k hodnotě 70 % pro $TS_{perc} \geq 30\%$ v poledním termínu. V tabulce jsou pro každou kategorii uvedeny samostatné indexy, u kterých nelze s jistotou více než 90 % říct, že by byly samostatně horší než použití libovol-

né z kombinací indexů. Totéž přirozeně nelze říct o kombinacích těchto indexů s kterýmkoli dalším parametrem. Počet dvojkombinací, neobsahujících výše zmíněné indexy, a přesto se stále vyskytujících v pásmu relevance, se pohyboval řádově v desítkách až stovkách.

Vzhledem k tomu, že signifikantní zlepšení přineslo použití dvou indexů pro předpověď odpoledních bouřek pouze ze sondáží ve 12:00 UTC, zaměřili jsme se dále na tyto situace. Z veličin nezmiňovaných mezi nejlepšími samostatnými indexy se ve dvojkombinacích v popředí opakovaně objevovaly FI , vertikální gradient teploty mezi hladinami 800 a 600 hPa ($LR8060$) a KI . Pro lepší představu velikosti zlepšení je porovnání nejlepších dvojkombinací se samostatnými indexy zobrazeno v tab. 5. Lze zní například vyčíst, že při situaci s vůbec nejvyšším TSS_{max} (Praha, 30 %) bylo použitím dvou

Tab. 5. Srovnání využití samostatného indexu s použitím kombinace dvou pro předpověď odpoledních bouřek ze sondáže ve 12:00 UTC.

Table 5. Comparison of using a single index versus using a combination of the two for the prediction of afternoon thunderstorms from the 12:00 UTC sounding.

12:00 UTC	Hranice TS_perc	Použité indexy	Vzorec	TSS _{max}	POD	POFD	a – zásah	b – false alarm	c – chyba	d – správné vyloučení
Praha	5 %	1	$ShI \leq 3,3$	61,6 %	82,6 %	21,1 %	1 014	467	213	1 749
		2	$9,7 \cdot LR8060 + TI \geq 81$	65,8 %	80,2 %	14,4 %	984	318	243	1 898
	30 %	1	$MU LI \leq -0,6$	66,8 %	84,7 %	17,9 %	532	505	96	2 310
		2	$7,5 \cdot LR8060 + TI \geq 70$	70,4 %	91,6 %	21,2 %	575	596	53	2 219
Prostějov	5 %	1	$SMEQL \geq 3,9$	60,8 %	86,8 %	26,1 %	1 099	570	167	1 618
		2	$70 \cdot FI + SMCAPE_f \geq -256$	64,4 %	85,6 %	21,3 %	1 110	506	156	1 682
	30 %	1	$i_2 \geq 0,1$	64,0 %	90,3 %	26,3 %	570	742	61	2 081
		2	$8,4 \cdot LR8060 + TI \geq 76$	68,6 %	86,2 %	17,6 %	544	496	87	2 327

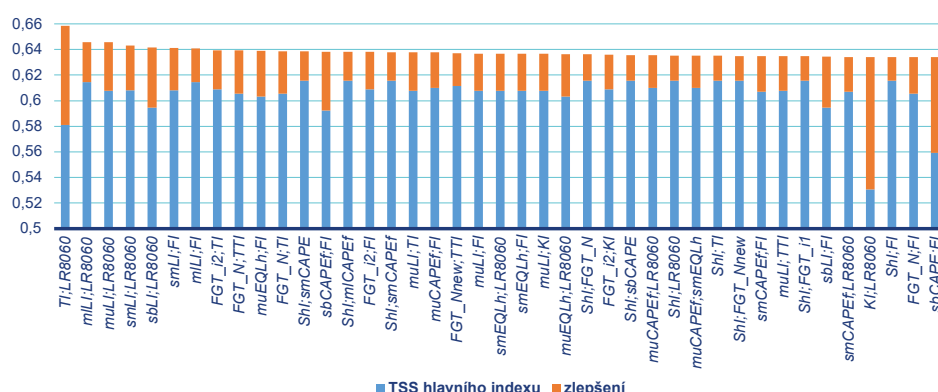
**Obr. 6 Zlepšení TSS_{max} použitím druhého indexu při předpovědi alespoň ojedinělých bouřek z polední sondáže.**

Fig. 6. TSS_{max} improvement using the second index for predicting of at least isolated thunderstorms from the midday sounding.

Tab. 6 Počty kombinací v pásmu relevance a četnost nejlepších vedlejších indexů.

Table 6. The number of combinations in the relevance band and the frequency of the best secondary indices.

	Hranice TS_perc	Kombinací	Hlavních indexů	Výskyt vedlejších indexů		
				LR8060	FI	jiný
Praha	5 %	41	16	7	5	4
	30 %	71	22	18	2	2
Prostějov	5 %	87	16	7	6	3
	30 %	25	13	1	8	4

indexů správně detekováno o 43 více bouřkových situací z celkových 628, ale zároveň se zvýšil počet falešných alarmů o 91 při 2 815 situacích bez bouřek.

Ve čtyřech sledovaných kategoriích (Praha/Prostějov, 5 %/30 % bouřek) se v pásmu relevance vyskytovalo 25 až 87 kombinací indexů. V kombinaci byl vždy určen jako hlavní ten index, který měl samostatně pro danou situaci vyšší TSS_{max}, index s nižší hodnotou TSS_{max} byl označen jako vedlejší.

Na obr. 6 je jako příklad znázorněno maximální TSS všech 41 kombinací v pásmu relevance pro kategorii Praha, 5 %, jako TSS_{max} hlavního indexu a „přidaná hodnota“ získaná použitím indexu vedlejšího. Zde si nejlépe vedl TI index v kombi-

naci s LR8060, další čtyři místa zaujímají různé varianty LI opět spolu s LR8060. Jelikož i v TI indexu figurujícím v neúspěšnější kombinaci je Lifted index zahrnut (viz vzorec (6)), lze říci, že na všech pěti předních místech se vyskytuje kombinace LR8060 a LI.

Vždy bylo sledováno, který vedlejší index byl pro hlavní index nejpřínosnější, souhrn je v Tab. 6. Jako nejúčinnější vedlejší indexy se jednoznačně prosadily LR8060 a FI, naopak se neprosadil žádný z indexů popisujících stav větru. Při bližším pohledu na kombinace je patrné, že LR8060 obvykle lépe doplňuje různé varianty LI a EQL, zatímco FI se jeví jako vhodný doplněk pro CAPE. Kombinace LR8060, TI ve třech ze čtyř sledovaných situací vyšla nejlépe, ve čtvrtém případě se ztratou 0,3 % na nejlepší kombinaci indexů. Tuto kombinaci lze tedy považovat za neúspěšnější z hlediska předpovědi odpoledních bouřek z polední sondáže, kdy TSS_{max} dosáhla v průměru hodnoty 67,2 %.

Z kombinací indexů, které nepracují s údaji pod hladinou 850 hPa, si nejlépe vedl KI index s LR8060. Pro polední termín ztrácel na kombinaci TI s LR8060 v průměru 2,9 %, a v budoucnu by tak tato kombinace mohla upřesnit předpověď odpoledních bouřek na základě sestupových dat z polední sondáže.

5. Závěr

Potvrdily se výsledky předchozí práce, které naznačovaly, že pro předpověď bouřek s delším časovým odstupem od měření jsou parametry vytvořené v 70. letech minulého století

J. Förchtgottem vhodnější než ostatní indexy, a to včetně těch nejmodernějších. Za úspěšné lze považovat zavedení spojitého indexu N^* , vycházejícího z Förchtgottovy čtyřvrstvé metody, který byl v 5 ze 14 sledovaných kombinací času a místa měření sondáže a bouřek nejúspěšnější.

Bylo zjištěno, že započtení latentního tepla tuhnutí při výpočtu CAPE má na předpověď vzniku bouřek prokazatelně pozitivní vliv. Ze zkoumaných variant CAPE je na našem území nejvhodnější využití MU CAPEf a SM CAPEf.

Zavedení kombinací indexů nemělo pro předpověď bouřek tak pozitivní vliv, jak autoři očekávali, a ze získaných výsledků ho nelze považovat za statisticky významný s výjimkou předpovědi na odpoledne z polední sondáže. Velmi překvapivé je zjištění, že zohledněním CINH při vyhodnocení CAPE nejen že nedochází ke zlepšení předpovědi, ale pravděpodobnost bouřek při nenulové CINH je dokonce vyšší než bez ní. V budoucnu by bylo vhodné se na vysvětlení tohoto jevu zaměřit blíže, například vyhodnocením odpovídajících synoptických situací.

Pro předpověď odpoledních bouřek lze považovat za nejefektivnější lineární kombinaci Thompsonova indexu s gradientem teploty mezi hladinami 800 a 600 hPa. Jako doplňkové indexy, které vylepšují schopnost předpovědi těch nejúspěšnějších, se opakovaně projevovaly právě LR8060 a také Faustův index. Ten byl v minulé práci hodnocen jako poněkud zastaralý a zaostávající za těmi moderními. Potvrdilo se, že jeho efektivita samostatně na ty nejlepší nestačí, ale zjevně obsahuje informace, které mohou modernější indexy posunout dále kupředu.

S rostoucí kvalitou dat ze sestupových sondáží bude vhodné se zabývat možností předpovědi bouřek i z těchto dat. Jelikož sestupová data často nedosahují až k povrchu, lze využít stávající indexy, které povrchové informace nevyužívají (nejlépe se v tomto směru jeví kombinace KI a LR8060). Bylo by vhodné se též zaměřit na možnosti modifikace dalších úspěšných indexů (např. CAPEf) tak, aby vyžadovaly informace až od hladiny 850 hPa výše.

Naopak pro historické analýzy sondážních měření se jeví jako velmi dobré Förchtgottovy indexy, které nevyžadují vysoké rozlišení sondáže. Nicméně se budeme zabývat i efektivitou použití dalších indexů (LI, CAPEf, EQL) a jejich modifikací při zpracování dat s horším rozlišením.

Literatura:

- BYERS, H. R., BRAHAM, R. R., 1949. The Thunderstorm – Report of the Thunderstorm Project, United States Department of Commerce, Weather Bureau.
- COLBY, F. P., 1984. Convective Inhibition as a Predictor of Convection during AVE-SESAME II. *Monthly Weather Review*, Vol. 112, č. 11. Dostupné z: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1984\)112%3C2239:CIAAPO%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1984)112%3C2239:CIAAPO%3E2.0.CO;2).
- DOSWELL, C. A., BOSART, L. F., 2001. Extratropical Synoptic-Scale Processes and Severe Convection. In: *Severe Convective Storms: A Meteorological Monographs*. Oklahoma: American Meteorological Society. ISBN 1-878220-41-1.
- FÖRCHTGOTT, J., 1971. Předpověď bouřek čtyřvrstvou metodou za rok 1970. *Meteorologické zprávy*, roč. 24, č. 3–4, s. 84–87.

- FÖRCHTGOTT, J., 1975. Předpověď bouřek – čtyřvrstvá metoda: Návod k použití [originální strojopis autora].
- HUNTRIESER, H. H., SCHIESSER, H. H., SCHMID, W., WALDVOGEL, W., 1997. Comparison of Traditional and Newly Developed Thunderstorm Indices for Switzerland. *Weather and Forecasting*, Vol. 12, č. 1, s. 108–125.
- CHROMOV, S. P., 1937. Úvod do synoptického rozboru počasí. Praha: Vojenský ústav vědecký, s. 109–114.
- GALWAY, J. G., 1956. The lifted index as a predictor of latent instability. *Bulletin American Meteorological Society*, s. 528–529. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/1520-0477-37.10.528>.
- GEORGE, J. J., 1960. Weather Forecasting for Aeronautics. Waltham: Academic Press, 673 s.
- MARKOVSKI, P., RICHARDSON, Y., 2010. Mesoscale Meteorology in Midlatitudes. Advancing weather and climate science. Chichester: Wiley-Blackwell, 2010. ISBN 978-0-470-74213-6.
- MILLER, R. C., 1972. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central. Tech. Rept. 200(R). Headquarters, Air Weather Service, USAF, 190 s.
- RYBA, D., MOTL, M., 2020. Ověření vybraných indexů stability pro předpovědi bouřek. *Meteorologické zprávy*, roč. 73, č. 6, s. 167–172.
- SHOWALTER, A. K., 1953. A Stability Index for Thunderstorms Forecasting. *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 34, č. 6, s. 250–252.
- STRACHOTA, J., 1966. Ověření několika metod pro předpověď bouřek v letním pololetí 1965, *Meteorologické zprávy*, roč. 19, č. 3–4, s. 105–110.
- SULAN, J., PEŠICE, P., STAŠA, P., 2004. Výpočet konvekční dostupné potenciální energie CAPE a možnosti jeho využití v provozu ČHMÚ. *Meteorologické zprávy*, roč. 57, č. 3, s. 61–68.
- TÁBORSKÝ, Z., 1966. Porovnání některých metod předpovědi bouřek. *Meteorologické zprávy*, roč. 19, č. 6, s. 164–171.
- TÁBORSKÝ, Z., 1970. Příspěvek k Faustově metodě pro předpovědi bouřek. *Meteorologické zprávy*, roč. 23, č. 1, s. 2–7.
- YAODONG, L., JIANWEN, L., SHOUTING, G., 2004. Assessment of several moist adiabatic processes associated with convective energy calculation. *Advances in Atmospheric Sciences*, Vol. 21, s. 941–950. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/BF02915596>.
- ZACHAROV, P., 2004. Diagnostické a prognostické prekurzory konvekce [Diplomová práce]. Praha: Matematicko fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, KMOP, 61 s.
- THOMPSON, R., HART, J., 2023. SPC Experimental Sounding Analysis System [online]. Storm Prediction Center [citováno 24.11.2023]. Dostupné z: <https://www.spc.noaa.gov/exper/soundings/help/index.html>.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. Petr Zacharov, Ph.D., RNDr. Petr Pešice, Ph.D.

Nejstarší limnigraf na území České republiky – jeho smysl, vznik, přemístění a zánik

The oldest water level gauge in the Czech Republic: its significance, origin, relocation and decline

Libor Elleder

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení aplikované hydrologie
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4
✉ libor.elleder@chmi.cz

Hana Kourková

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení povrchových vod
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4

Jolana Šírová

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení hydrofondu a bilancí
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4

The aim of the present study is an insight into the history of installing the oldest limnigraph on the Czech Republic's territory. Despite an undisputed success and progress of the Czech hydrology under the leadership of the Swiss hydrologist Andreas Rudolph Harlacher in 1870–1890, installation of limnigraphs in our country was markedly delayed, as compared to Switzerland, Germany or even within the Austrian Empire. Actually, the first limnigraphs appeared in the above countries some 10–30 years earlier. A digitization of the oldest Czech systematic water level observations and gathering of all archive materials related to the “Staroměstské mlýny” site in Prague resulted in an unexpected finding: the oldest limnigraph recording sheet was revealed, however, for an unknown limnigraph profile. Only two facts were clear, i.e., that the profile of limnigraph was situated in Prague (but unclear were exactly) and that the recording started in November 1900. Our paper answers the basic questions were the limnigraph was located, what instrumentation it included, why the recording was cancelled, and what was the further destiny of this limnigraph. Additionally, we present a brief information on the very beginnings of installation of limnigraphs in the period 1900–1914 on the territory of the present-day Czech Republic.

KLÍČOVÁ SLOVA: historie hydrometrie – limnigraf – Praha – 1900 – Czeija-Nissl

KEYWORDS: history of hydrometry – limnigraph – Prague – 1900 – Czeija-Nissl

1. Úvod

Na počátku položíme sobě a čtenářům otázku. Víme, kdy a kde byl na území České republiky instalován první limnigraf? Pravděpodobně odpovíte: nevíme. A upřímně řečeno, jsme to přesně nevěděli ani my.

Možná by měla nyní následovat otázka, co je vlastně limnigraf. Hydrologům ani meteorologům to není potřeba vysvětlovat, tedy stručně pro ty ostatní. Limnigraf patří k řadě dalších zapisovacích měřicích zařízení, kdy je měřená veličina (zde vodní stav) zapisována průběžně na pásek připevněný na registrační otočný buben. Další nutný pojem je limnigram. Jedná se o záznam vodního stavu za určitou dobu na limnigrafickém papíře či pásce. Velikost těchto pásek nebyla standardní, a tak je možné i podle nich určit konkrétní druh přístroje.

Již první limnigrafy potřebovaly malou stavbu, limnigrafickou budku (bývala označována jako domeček), prostě proto, aby hodinový stroj, otočný buben i papír byly chráněny před povětrnostními vlivy. Navíc je tu i část méně viditelná jako plováková šachta a přívodní kanál. Celá tato stavba je limnigrafickou stanicí. Musíme tu uvést ještě jednu terminologickou poznámku. Limnigrafická stanice je často označována prostě jako limnigraf, což je kratší a popravdě řečeno v praxi možná čtenější označení.

V našem článku se budeme zabývat nalezeným limnigramem, který byl určen jen rokem a datem (r. 1900), ale nikoliv místem, kde se měření konalo. Je to o to zajímavější, že se jedná o nejstarší dochovaný limnigram u nás. Dále se budeme zabývat i „limnigrafickým domečkem“ (limnigrafickou stanicí) a jeho měřicím mechanismem – hodinovým strojem (limnigrafem).

Počátek výstavby limnigrafických stanic (dál limnigrafů) u nás je možné, dle rukopisné evidence vodočtů vedené v hydrologické službě asi do r. 1950 (Stará pasportizace 1945), klást do počátku 20. století. Potvrzují to i nejstarší dochované projekty limnigrafů v Kamýku nad Vltavou (r. 1902 a 1903), popis vodočtů v Brandýse nad Labem (r. 1901) a Lounech (r. 1902). Nicméně v tomto výčtu chyběla Praha. Je opravdu možné, že první limnigraf v Praze vznikl až r. 1928 v Modřanech, tedy s takovým zpožděním?

Asi by bylo vhodné hned na začátku odpovědět na další pravděpodobnou otázku. Proč je dobré vědět, kdy a kde vznikl nejstarší limnigraf u nás? Začneme tou praktickou stránkou věci. Při rutinních úkolech, které jsou spojeny s digitalizací hydrologických dat, je vhodné mít přehled, zda a odkdy jsou v té či oné lokalitě pozorování ve formě limnigramů, nebo kdy jsou zdrojem jen měsíční a mimořádná rukopisná hlášení od pozorovatele. Ta jsou mezi hydrology tradičně označována jako raporty. Zatím nám vedle soupisu vodočtů chyběl i soupis starších limnigramů se začátky jejich pozorování. Znamená to tedy udělat si trochu větší přehled a lepší komfort v práci.

Je tu i obecnější důvod, jde tu o znalost vývoje našeho oboru. Znamená to lépe se orientovat v důvodech, proč byly jednotlivé objekty instalovány, anebo proč byly rušeny. Jde tu jistě také o kus historie techniky a vědy a tento znalostní kamínek do mozaiky poznání patří. Aby spolehlivě zapadl a neviklal se, věnujeme prvnímu limnigrafu tento text, který je přípravou na významná výročí meteorologie, hydrologie a hydrometrie v České republice v r. 2025.

Rozhodli jsme se kromě soupisu všech vodočtů provést i soupis limnigramů a tento článek věnovat i nové skutečnosti, kterou přinesl tento rok 2023. Doufáme, že čtenáře příběh nálezů nejstaršího limnigrafu zaujme. Nové poznatky určitě rozšíří obzory o pražské hydrometrii a překročí horizont znalostí daný články Novotného (1963) a Elledera (2005).

1.1 Pátrání po zapomenutém limnigrafu

Občas se stává, že při pečlivém hledání něčeho objevíme něco docela jiného. V r. 2020, těsně před začátkem pandemie Covidu, jsme přivezli balík všech materiálů spojených s vodočtem Staroměstské mlýny z datového úložiště ČHMÚ v Brozanech.



Obr. 1 Nejstarší limnigrafický záznam v ČR 1900–1914, nahoře úplný začátek pozorování, zápis je vyznačen německým slovem „Anfang“ (začátek), dole zpráva o konci pozorování 4. 3. 1914. Zdroj: Archiv ČHMÚ, Praha.

Fig. 1. The oldest water level chart record in Czech Republic recorded by water level recording gauging station (limnigraph) from 1900–1914. At the top of the recording chart, the German word „Anfang“ denotes the very beginning of observation at 1st November 1900. A note on termination of observation at 4th March 1914 is on the second recording chart below. Source: Archives of CHMI, Prague.

Souviselo to s úmyslem digitalizovat a úplně dokončit popis naší nejstarší hydrologické řady v profilu Staroměstské mlýny, a to vzhledem k blízkému se dovršení dvou století od jejího počátku v r. 1825. Tento vodočet byl zpočátku velmi jednoduchý, záznamy se prováděly různě, přenosnou odměrnou tyčí a v době povodní i tužkou na zeď přilehlé budovy (Elleder 2016). O tom více ale bude publikováno v jiných příspěvcích.

V době „lockdownu“ byl čas provést zamýšlenou digitalizaci dat a celkový přepis raportů včetně komentářů pozorovatelů a záznamů o provozu mlýnů. Překvapením byly ale připomenuté limnigramy, přesněji čtyři různé typy limnigramů z let 1900–1944 připojené ke složce Staroměstský mlýny, a to různých velikostí. Tři z nich se daly identifikovat podle popisů: šlo o limnigraf „Na Výtoni“ (byl označen „V Podskalí“, měření od r. 1932), „Na Františku“ (od r. 1915) a „Staroměstské mlýny“ (od r. 1932). Čtvrtý a nejstarší typ představují limnigramy z let 1900 až 1914, a právě zde popisy a označení lokality chyběly, resp. popis se omezil jen na označení „Prag“. Byl to tedy evidentně zápis z pražského limnigrafu. Odpovídala tomu kóta nuly vodočtu (185,00 m n. m. Jadran), od níž se měřila výška vodní hladiny. Kde byl v Praze umístěn, jasné nebylo. U posledního limnigrafického záznamu, kterým na jaře 1914 končí provoz tohoto limnigrafu, je poznámka „Am 4. März 1914 mit den Beobachtungen aufgehört. Das Limnigraphhäuschen muss entfernt werden“ (obr. 1). Na obálce je ještě text zopakován a prodloužen o „und ist derselbe in Mies aufgestellt werden“. Znamená to, že 4. března 1914 záznamy končí, „domeček“ bude odstraněn a odvezen do Stříbra.

Věděli jsme tedy jen to, že bylo naplánováno odvézt limnigraf do Stříbra, ale nebylo dlouho jasné odkud. Bylo nepravděpodobné, že by mohlo jít o vodočet Staroměstské mlýny. O tom, že by u Staroměstských mlýnů na Novotného lávce stál ve stejné době nějaký limnigraf, nebyly známy žádné informace. Na dobových fotografiích a ani na pohledu na Novotného lávku od malíře a grafika V. Röhlinga (který je zatím jediným zřetelným zobrazením vodočetné latě zde) z doby kolem r. 1930 není vidět. Limnigraf zde byl v provozu (podle nalezených limnigramů) až od prosince 1932 a měření se dochovalo pro léta 1932–1944. Navíc byla nalezena rukopisná poznámka v evidenci stanic u vodočtu Staroměstské mlýny (Stará pasportizace 1945): „Malý limnigraf 1932/ XII“, potvrzující počátek pozorování a fakt, že zde býval malý rouroví limnigraf. A ten bylo možné na fotografiích snadno přehlédnout.

Nic dalšího nenásvědčovalo existenci ještě staršího limnigrafu v Praze. Ani doc. J. Novotný, pamětník vzdálenějších dob pražské hydrologie, který nastoupil do hydrologické služby v r. 1910, v práci věnované nejstarším měřeným řadám a historii pražských vodočtů, se o žádném tak starém limnigrafu nezmiňoval. Přitom zmínil i méně známé vodočty jako vodočet v plavebním kanálu na Smíchově a přístavu v Holešovicích. Samozřejmě zmínil i druhý, a pro Prahu směrodatný vodočet poříční správy v Karlíně, zřízený r. 1867 (Novotný 1963). Ten nepřicházel v úvahu, kolem r. 1902 se dostal do vzduchu slupicového jezu v Troji a neodpovídala by kóta nuly vodočtu (180,45 m n. J.). Nejpravděpodobnější by byl vodočet u Křížovníků, (označený též jako „Bradáč“ či „Bradáček“), který by nejlépe odpovídal i výškou nuly vodočtu. Ten měřil v letech 1887 až 1900 a měl být náhradou jezového vodočtu Staroměstské mlýny. Staroměstský vodočet byl totiž ovlivněn provozem mlýnů, vorovou propustí, a navíc byl umístěn v profilu jezu. Vodočet „Bradáč“ se nacházel na stejném místě, kde byl kolem r. 1990 obnoven a kde je dodnes, tedy pod jezem i pod Karlovým mostem. Vodočet v Modřanech, náhrada za Karlín byl vy-

baven limnigrafem až r. 1928 a jeho kóta nuly byla podstatně výše než kóta vyznačená v nalezeném limnigramu.

Mohl být hledaný limnigraf v místě plánovaných limnigrafů „Na Výtoni“ anebo „Na Františku“? Nemohl. Jejich výstavba souvisela s tehdy teprve projektovaným nábřežím Palackého a na Františku a zamýšlenou redukcí pražských jezů na pouhé dva. Celá modernizace v obou úsecích byla dokončena až otevřením elektrárny na Štvanici r. 1914. Oba dva limnigrafy před r. 1900 byly maximálně jen na papíře, a tedy pouhou možností. Ani jeden by nebyl tím správným vysvětlením. Jejich popis a nové poznatky, které doplnily naše znalosti o dvou objektech sloužících jako veřejné limnigrafy, a také meteorologické sloupky (Tydlitát, Trejbal 2019), si zaslouží samostatný budoucí článek.

1.2 Limnigraf na Nábřeží korunního prince Rudolfa

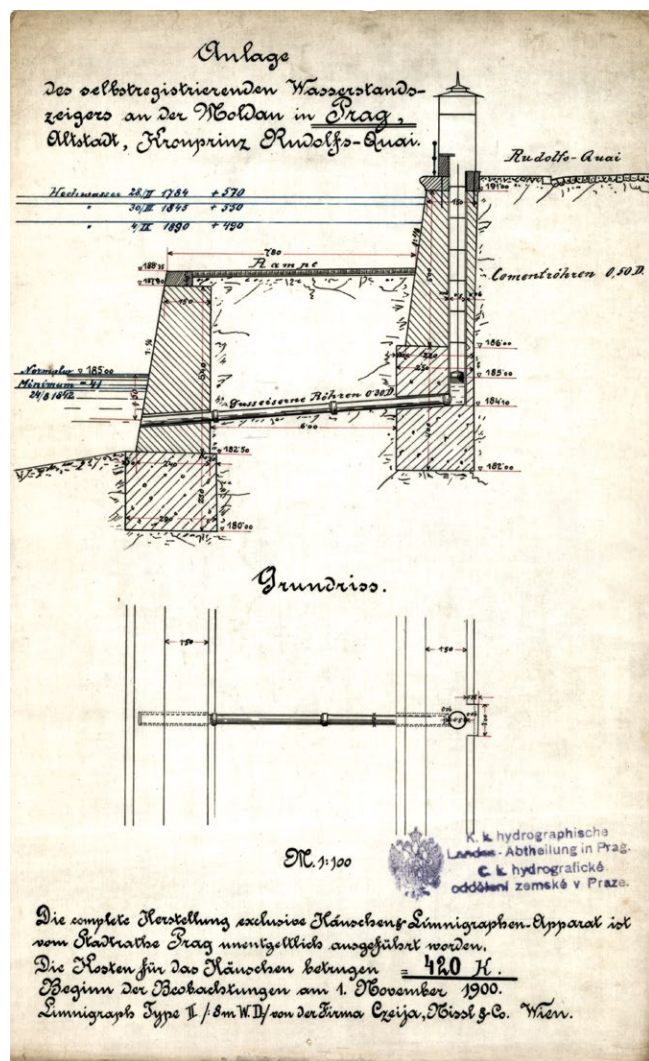
Žádný ze známých vodočtů a limnigrafů zřejmě ten hledaný nebyl. Jediným vodítkem k určení polohy neznámého pražského limnigrafu byla kóta nuly vodočtu uvedená u limnigrafického zápisu. Ta odpovídala poloze někde mezi Staroměstským jezem

a Novomlýnským jezem. Tento r. 1914 zrušený jez býval mezi vtokem do Rudolfovy štol, tzv. „Havírnou“ (Nábřeží Edvarda Beneše 338/10) a Novými mlýny (Nové mlýny 1239/2). Štola zřízená Rudolfem II. r. 1593 pro zásobení rybníků v Královské oboře nutně souvisela a souvisí jak s hladinou zrušeného jezu, tak s hladinou současného Helmovského jezu. Úsek mezi oběma jezy (přibližně mezi Karlovým a Štefánikovým mostem) je dosti dlouhý, navíc je silně změněný budovaným nábřežím a najít to pravé místo se zdálo málo pravděpodobné.

Nakonec k určení lokalizace napomohl nálezný projektů různých limnigrafů (Beroun, Modřany, na Botiči atd.), které byly uloženy v archivu ČHMÚ Pobočky Praha. Díky patří řediteli pobočky D. Kurkovi, který projekty v archivu našel. Jedna projektová dokumentace (obr. 2) odpovídala přesně očekávání. Jednalo se o projekt limnigrafu na Nábřeží korunního prince Rudolfa z r. 1900. Popis projektu „Anlage des Selbstregistrierenden Wasserstandszeigers an der Moldau in Prag, Altstadt, Prinz Rudolfs-Quai“ byl vcelku nepochybným dokladem, že se jedná o stejný limnigrafický domek, v originále „Häuschen = domeček“, který „má být přemístěn do Stříbra (Mies)“, jak bylo poznamenáno na posledním limnigramu z r. 1914. Limnigraf tedy stál na Nábřeží prince Rudolfa (Alšovo či Dvořákovo nábřeží), jen nebylo jasné kde. Za povšimnutí zde stojí dobový výraz pro limnigraf, který kolísá mezi výrazem „Selbstregistrierende Wasserstandszeiger“ (samopisný ukazatel vodního stavu) a kratším výrazem „limnigraf“. Ten druhý výraz později logicky zvítězil.

Zastavme se na chvíli v tomto zajímavém místě, kde „prakticky vše“ neslo mezi lety 1880 až 1918 Rudolfovo jméno. V minulosti byla situace pražských nábřeží v těchto místech od současné odlišná. V 16. století, zde bývaly sanytrovny (Bečková 2012), lázně a také hradby. Od r. 1660 bylo nedaleko „Rejdiště“, čili „Tummel platz“ městská jízďárna, v 19. století upravená na sklad dřeva. Břehy byly pozvolné a nábřeží zed' byla jen u kláštera Křižovníků, kam se již nejméně od počátku 18. století vyznačovaly výšky povodní (obr. 3).

Některá z těchto vysoko navrhovaných míst se ani v době velkých povodní, jako například v letech 1784, 1845 a 1890, nezatápěla. Ostatně to platilo i za nové situace, tedy v r. 1900, kdy bylo vybudováno nové nábřeží. Limnigraf i nábřeží byly podle vyznačených kót povodní projektovány i nad tehdy nejvyšší vodu r. 1784 (obr. 2). Kontrast mezi novými vysokými budovami a původní starou Prahou zřetelně ukončení Nábřeží korunního Prince Rudolfa za Rudolfinem. Jeho dostavba se nedařila a jeho stavební ukončení (1877) bylo stejně náhlé jako ukončení života korunního prince samotného (1889). Česká společnost do korunního prince vkládala značné naděje, o to



Obr. 2 Projekt budky limnigrafu pro města Prahu, Brandýs nad Labem, Mělník a Louňy z r. 1900.

Fig. 2. The limnigraph booth project for water level recording gauge station in Prague city, Brandýs nad Labem, Mělník and Louňy towns from 1900.



Obr. 3 Břeh Vltavy a bývalá jezdecká škola „Rejdiště“, r. 1867 před výstavbou lávky prince Rudolfa. Foto: F. Fridrich. Zdroj: K. Bečková 2012.

Fig. 3. Vltava River embankment and former riding school “Rejdiště” in 1867, just before Prinz Rudolf iron footbridge establishment. Photo: F. Fridrich. Source: K. Bečková 2012.



Obr. 4. Nábřeží okolo r. 1870, břeh Vltavy s kotvícími vory, s již hotovou lávkou prince Rudolfa a budovou Lannovy parketárny (dvojice komínů) ještě před požárem r. 1879. Zdroj: K. Bečková 2012.

Fig. 4. Embankment in around 1870, a river shore with rafts and finished iron Prinz Rudolf footbridge and the building of Lanna parquet factory (indicated by a two factory chimneys) before of fire in 1879. Source: K. Bečková 2012.

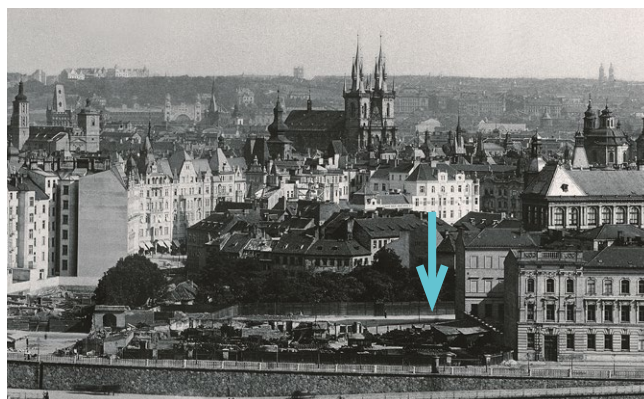


Obr. 5a Fotografie z 11. června 2023. Kruhová část obruby chodníku je jasným dokladem umístění budky limnigrafu pod Rudolfinem. Foto: R. Tydlitát 11. 6. 2023.

Fig. 5a. A photo from 11th June 2023. A distinct circle forming outline of the walkway near Rudolfinum building is a clear evidence of former placement of the water level recording gauge booth. Photo: R. Tydlitát 11th June 2023.

víc, když od r. 1878 v Praze přechodně bydlel. Jeho jméno nesla pěší lávka na Klárově (1868–1869) (obr. 4), nábřeží pod klášterem Křižovníků (1875–1877), a nakonec jediné, co dodnes ještě nese jeho jméno, je budova Rudolfiny, otevřená v roce 1885.

Nábřeží korunního prince Rudolfa se ale skládalo ze dvou částí a stále by to byl 700 m dlouhý úsek od Karlova mostu až pod most Svatopluka Čecha. Další upřesnění polohy prvního limnigrafu bylo po nález staré projektové dokumentace vcelku jednoduché. Řez nábřežím s limnigrafem (obr. 2) byl zjevně veden sjezdovou rampou na snížené nábřeží (nesprávně náplavku) Vltavy. Takový sjezd je v místě Nábřeží prince Rudolfa (dnes v místě Dvořákova nábřeží) jen jeden. V místě limnigrafu byla rampa asi 2 m pod nábřežím. Stačilo odpočítat v půdorysu místo, kde se tento bod nachází. V daném místě na horním nábřeží skutečně dodnes existuje část obruby chodníku (obr. 5a), která kopíruje kruhový základ budky limnigrafu. Tam stával od listopadu 1900 do dubna 1914 první limnigraf (obr. 5b), a to nejen pro Čechy, ale s největší pravděpodobností i pro celé území dnešní republiky. Těmito místům dlouho vévodila Lan-



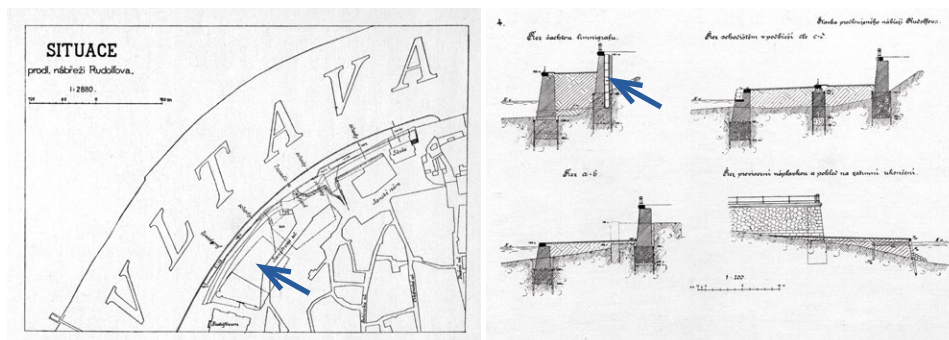
Obr. 5b Rok 1908. Nábřeží pod Rudolfinem u Akademického gymnázia (v pozadí Židovský hřbitov a Pařížská třída). Objekt nad sjezdovou rampou je budka limnigrafu (modrá šipka), který byl v provozu tehdy osmým rokem. Zdroj: K. Bečková 2012.

Fig. 5b. The embankment downstream the Rudolfinum building nearby to former Academic gymnasium building (in background is the Old Jewish Cemetery and the Pařížská street) in 1908. The object above of descent ramp (blue arrow) is the oldest water level recording gauge station, which have had worked already 8 years by then. Source: K. Bečková 2012.

nova vyhořelá továrna na parkety (1879) (obr. 4), k jejíž opravě zásahem magistrátu již nedošlo a definitivně se tato místa změnila právě až budovami postavenými na novém nábřeží po r. 1900. Když je limnigraf nyní lokalizován, zbývá mu dát ještě jméno. Nábřeží je přejmenováno, ale proč nenazvat zapomenutý limnigraf limnigrafem „pod Rudolfinem“?

1.3 Stavba limnigrafu

Zřízení limnigrafu a dvoudílného vodočtu v r. 1900 zapadá do souvislosti s dostavbou prodlouženého Nábřeží prince Rudolfa budovaného v letech 1875 až 1877 a jeho pokračování (etapa XII/1.) v letech 1898 až 1899, jak uvádí Malý (1999). Ve skutečnosti se tato dostavba odehrávala v letech 1899 až 1900, a to včetně výstavby limnigrafu. Práce nebyly bez komplikací s ohledem na nároky firmy Voith, která užívala stávající náplavku pro svoje vory a sklady dřeva (obr. 4), které musely být odstraněny až úředním dekretem. Výstavbě nebyla příznivá ani příroda. Velmi dlouhá zima a množství sněhu vedlo ke dvěma poměrně významným povodním v únoru a ještě v dubnu 1900. Ty nanesly množství štěrku do základových jam, takže jejich hloubení muselo začít znovu. V novém nábřeží musely být upraveny provizorní průchody „čapadla“, právě s ohledem na provoz vorů. To vše lze zjistit ve velmi užitečné publikaci, kterou periodicky vydával magistrát, aby prezentoval všechny své realizované stavby. To platí i o našem prvním limnigrafu a jeho instalaci: *K měření výšky hladiny vodní upraveny dva vodočty, jeden pro nižší stavy až do +1,5 m při schodech podběžních při shybce, druhý pro vyšší stavy vodní, při schodech nábřežních. Automatické měření a zaznamenávání stavů vodních děje se limnigrafem. Týž zařízen byl společným nákladem obce a c. k. kanceláře hydrografické na zdi nábřeží. Skládá se v podstatě z plováku na struně zavěšeného, jenž ve zvláštní, s řekou potrubím spojené šachtě plovákové nahoru i dolů může se pohybovati. Struna, na jejímž druhém konci připevněno protizávaží plováku, běží přes kladku, jež dle toho stoupá-li plovák či klesá, v jednom či druhém směru volně se otáčí. Na kladce připevněno ozubené kolečko, jež otáčí se s ním zároveň a svými zuby do ozubené svislé tyče zasahujíc, tuto nahoru a dolů pošinuje. Na konci tyče ozubené upraveno rydllo; konec jeho přiléhá k válci vertikálnímu, otáčenému strojem hodinovým. Na válci napjat papír*



Obr. 6 Projekt nově budovaného nábreží v r. 1900 s vyznačením limnigrafu pod Rudolfinem a řezy s vyznačením jeho šachty (Erben, Srb 1904).

Fig. 6. Project of new embankment from 1900 shows water level gauge placed downstream to Rudolfinum building. The cross section shows the shaft (pit) for float (Erben, Srb 1904).

kreslicí, na kterýž diagram stavů vodních samočinně se zapisuje. Celý přístroj uschován v budce plechové, postavené nad šachtou plovákovou poblíž novostavby akademického gymnasia, (Erben, Srb 1904). Dál následuje popis 7 m širokých sjezdových ramp a další detaily, které již nejsou pro nás podstatné. Zajímavá je pro nás situace a řezy nábrežím s vyznačením limnigrafu a také hloubky plovákové šachty, která zde asi dodnes existuje (obr. 6).

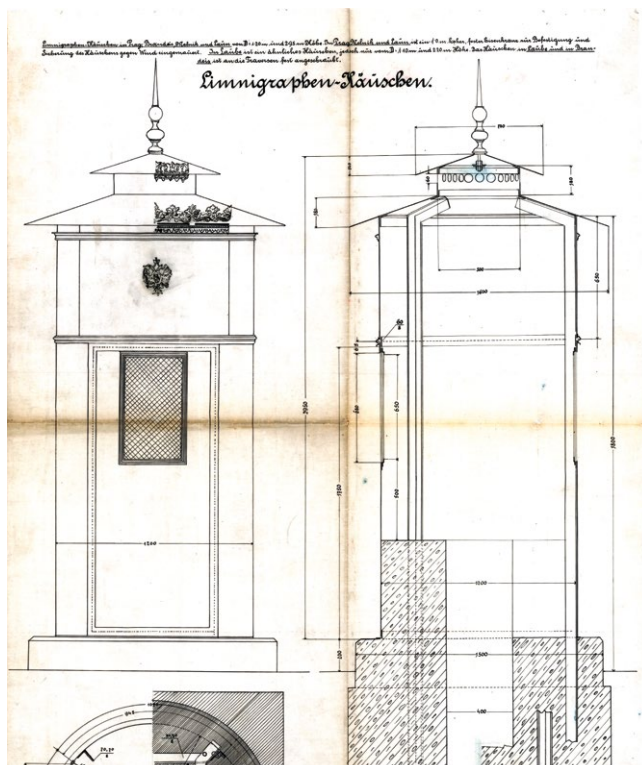
1.4 Zařízení nového limnigrafu

Podle projektu (obr. 2) původní hodinový stroj nepocházel ani z Německa či Švýcarska, ale dodala ho vídeňská firma Czeija, Nissl & Co. Zakladatelé byli Karl August Czeija (1843–1909) z Vídně a ing. Franz Nissl (1852–1942) původem z Českých Budějovic. S podílem Franz Nissla vznikla „Telephon- und Telegraphenfabrik Czeija, Nissl & Co.“. V r. 1896 vznikla ale převzetím konkurenční firmy, „Telegraphen- und Telefonbauanstalt C. Schäffler“ firma „Vereinigte Telefon- und Tele-

raphenfabrik Czeija, Nissl & Co.“. Tato rakouská firma nebyla rozhodně jediným dostupným výrobcem. K nejznámějším alternativám patřila např. firma A. Ott v Kempten (Mette et al. 1998) a Otto A. Ganser ve Vídni. Pokud procházíme celý rukopisný soubor evidence stanic do r. 1950 (Stará pasportizace 1945), narážíme většinou na rozličné typy od druhé vídeňské firmy zaměřené na geodetické přístroje a kompas, která dodávala zapisovací limnigrafy i ombrografy Ganser. Jenže zařízení firmou Czeija, Nissl & Co. v r. 1900 a přinejmenším ještě r. 1903 v Čechách převažovalo, alespoň podle tehdejšího soupisu. Převahu si firma Ganser zajistila asi až později.

1.5 Limnigrafický domek v Praze a jeho užití jinde v Čechách

Limnigrafický domek navržený c. k. hydrografickým oddělením zemským pro umístění limnigrafického přístroje byl určen zpočátku pro Prahu, Brandýs nad Labem, Louny a Mělník, jak to plyne z poznámky v detailním návrhu budky limnigrafu pro Mělník (obr. 7). Ta byla evidentně shodná s budkou v Praze (obr. 2). Je tu ještě zmínka o menší variantě limnigrafické budky pro Loubí (Prostřední Žleb) u Děčína, která měla průměr jen 1,1 m a výšku 2,2 m. Tyto věžovité stanice kruhového půdorysu připomínající kiosky pro vylepování plakátů, měly odstupňovanou dvojitou stříšku s mírným sklonem a ozdobnou makovicí. Výška základní varianty budky byla 2,95 m a průměr 1,2 m. Budky byly vybaveny státní symbolikou, tedy rakouskou císařskou orlicí a snad stylizovaným zemským symbolem, představujícím asi českou královskou korunu. První takový limnigrafický domek byl osazen v listopadu 1900 na Nábreží prince Rudolfa v Praze. Další tři téhož typu byly instalovány r. 1901, tedy v Brandýse nad Labem na pobřežním kamenném



Obr. 7 Projekt limnigrafického domečku pro Mělník, označeného jako „Limnigraphen-Häuschen“. Zdroj: Archiv ČHMÚ, Praha.

Fig. 7. A project of water level recording booth house building for Mělník town, the booth house is denoted in German as „Limnigraphen-Häuschen“. Source: Archive of CHMI, Prague.



Obr. 8 Starý transformátor na Smíchově z r. 1900. Foto: Katalog NPÚ, 2023.

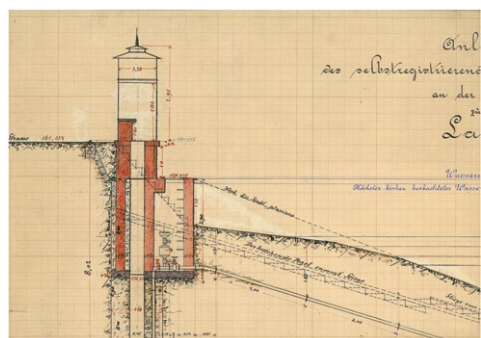
Fig. 8. An old electrical transformer booth house in Prague city in Smíchov district from approx. 1900. Photo: Catalogue of NPÚ, 2023.

pilíři zrušeného dřevěného mostu (obr. 9), v Lounech (obr. 10) a v Mělníce (obr. 11). Pátý, o něco menší limnigrafický domek byl použit v Loubí také téhož roku. Domky v Praze, Lounech a Mělníce byly o 1 m vyšší díky armovanému věnci, kdežto budky v Brandýse nad Labem a Loubí byly přišroubovány na železné konzole (ta v prvním případě ještě existuje!). Kromě



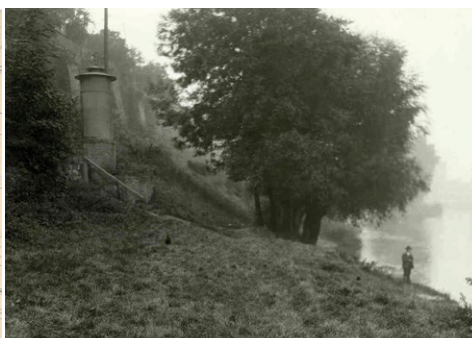
Obr. 9 Brandýs nad Labem – povodeň 1928, limnigraf, budka – kovový kiosek. Druhý nejstarší limnigraf osazený 5. dubna 1901 na pobřežním kamenném pilíři před r. 1870 zrušeného starého dřevěného mostu. Zdroj: Archiv Muzea Brandýs nad Labem.

Fig. 9. Brandýs nad Labem-town during a flood in 1928. The booth house of water level recording gauging station is the second oldest one established (on 5th April 1901) in the Czech Republic. It was placed on the old shore bridge pillar of the removed (before 1870) wooden bridge. Source: Archive of Museum in Brandýs nad Labem town.



Obr. 10 Louny, Ohře, projekt limnigrafu pro Louny z r. 1901 a fotografie ca z r. 1925 Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 10. Louny town, Ohře River, a water level recording gauging station project from 1903, a booth house in 1925. Source: Archive of hydrological service of CHMI.



Obr. 11 Mělník, Labe limnigraf zřízený v místě plovárny a loďnice r. 1901 anebo dříve, foto v r. 1925 a 2007. Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 11. Mělník town, Elbe River in 1925 and 2007. The water level recording gauging station established in 1910 or earlier. Source: Archive of hydrological service of CHMI.

této pětice, jak je zřejmé z fotoarchivu hydrologické služby, jeden z nejstarších limnigrafů instalovaný v Českých Budějovicích u železničního mostu r. 1904 byl zjevně stejný anebo velmi podobný (obr. 12). V r. 1910 byly instalovány takové limnigrafické domky i na Metuji, a to pro limnigraf v Nového Města v Krčíně (obr. 13) a v Hronově (obr. 14). Na úplném konci práce, až po odevzdání článku se podařilo najít fotodokumentaci limnigrafu s velmi podobnou budkou limnigrafu z r. 1910 v Chotějovicích na Bílině a shodný typ z r. 1912 v Benešově nad Ploučnicí (obr. 15).

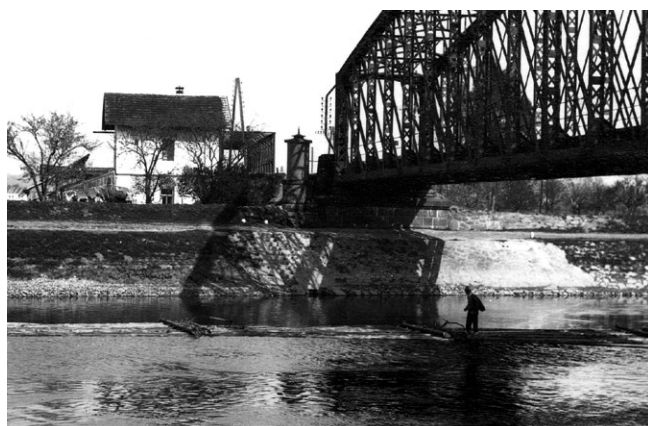
Zbývá ještě problém, kdo limnigrafický domek vyráběl. Bývalý pracovník NPÚ nás informoval o trafostanicích firmy Ganz (Trafostanice Ganz 3000 V), které byly instalovány v Čechách kolem r. 1900 (obr. 8). Přes velkou podobnost se ale jedná o jiný výrobek, a v této věci zůstal problém otevřený.

1.6 Limnigraf na cestách

Úsek nábřeží včetně nového jezu, elektrárny a limnigrafu „Na Františku“ byl kompletně dokončen r. 1914. Tím se stal limnigraf pod Rudolfinem nakonec přebytečným. Kdy přesně začal nový limnigraf „Na Františku“ pracovat, není úplně jasné, uložení limnigramy začínají ale až 1. lednem 1915.

Podle výše uvedeného mělo být 4. března 1914 ukončeno pozorování limnigrafem „pod Rudolfinem“, „domeček“ odstraněn a postaven ve Stříbře. Prostě řečeno: původně pražský limnigraf měl nově měřit vodní stavy Mže ve Stříbře. Zrušený vodočet byl skutečně v březnu 1914 rozebrán. Ve složce, která se týká vodočtu a limnigrafu ve Stříbře, najdeme kromě korespondence ohledně pozorovatele (r. 1898) i rozsáhlejší korespondenci, která se týká zamýšleného zřízení limnigrafu, a to již v r. 1913 (obr. 16).

Ing. Fiala z c. k. hydrografického oddělení Místodržitelství to zdůvodnil zamýšlenou regulací Mže a nutnými vstupními daty pro malé, střední a velké průtoky. Obrací se tu na starostu Stříbra (dopis z 24. 2. 1913) ve věci výstavby. K realizaci stavby limnigrafu mělo dojít v květnu 1914. Převoz limnigrafu a domku lim-



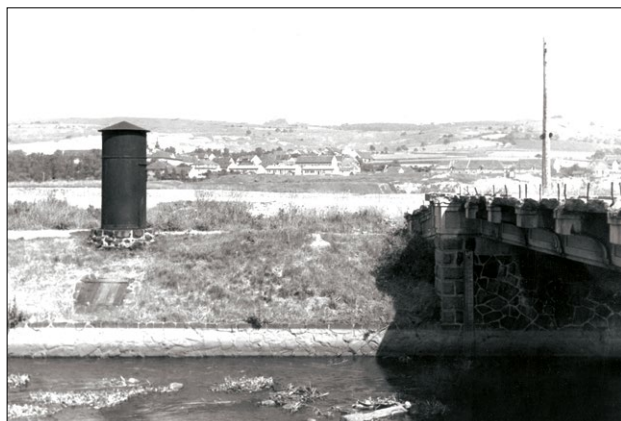
Obr. 12 České Budějovice, železniční domek a železniční most s limnigrafem z r. 1904, snímek kolem r. 1925. Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 12. České Budějovice town in 1925, train booth house and train bridge with water level recording gauging station established in 1904 or earlier. Source: Archive of hydrological service of CHMI.



Obr. 13 Metuje v Krčíně, limnigraf osazen r. 1910, foto ca 1925. Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 13. Metuje River in Krčín in approx. 1925, a water level recording gauging station established in 1910. Source: Archive of hydrological service of CHMI.



Obr. 15 Limnigraf Chotějovicích na Bílině z r. 1910 je vlevo. Limnigraf v Benešově nad Ploučnicí z r. 1912 vpravo. Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 15. The water level recording gauge station in Chotějovice on Bílina River from 1910 is on the left. The water level recording gauge station in Benešov nad Ploučnicí town established in 1912 is on the right. Source: Archive of hydrological service of CHMI.



Obr. 14 Limnigraf v Hronově osazený r. 1910, foto dne 23. 4. 1925. Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 14. The water level recording gauge station established in Hronov town in 1908, a photo from 23rd April 1925. Source: Archive of hydrological service of CHMI.

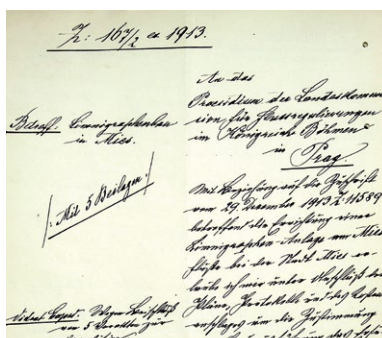
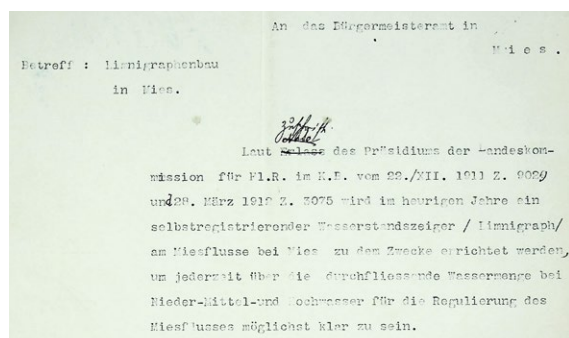
nigrafu zajistila firma A. Lanna, která 22. 4. 1913 zaslala klíče a účet za dopravu. Dopisem z července podává presidium komise pro úpravu řek na vědomí, že s pozorováním se začalo, a že pozorovatelem bude „Schriftgießermeister“ (snad slévač) Wenzel Kokesch. Podle údajů ve staré technické dokumentaci (Stará pasportizace 1945) začal staronový limnigraf pracovat 1. 5. 1914 (obr. 17).

2. České, moravské a slezské limnigrafy první generace

Kromě uvedených devíti (včetně Chotějovic deset) limnigrafů s jednoduchou plechovou konstrukcí limnigrafického domečku se začaly užívat paralelně a hned od začátku i jiné, zejména zděné stavby limnigrafů jako např. některé vltavské, dnes výstavbou Vltavské kaskády zaniklé (Cajthaml et al. 2022). Nové limnigrafy vznikly také na horním Labi, Orlici, Jizeře a Doubravě. Ty patřily ve svém původním provedení k nejkrásnějším. Výstavba limnigrafů byla v té době spojena často se zamýšlenou regulací toku (Doubrava, Metuje), s budoucí výstavbou jiných vodohospodářských staveb (přehrady Labská, Království, Pařížov a Pastviny) anebo s obojím.

Podobná situace byla na Moravě a Slezsku. Překvapením byla ale skutečnost, že ještě před zprovozněním limnigrafu pod Rudolfinem, byl v červenci 1900 zřízen limnigraf v Těšíně na Olši. To ale platilo jen do r. 1920, kdy byla Polsku odstoupena pravobřežní část Těšínska včetně limnigrafu – limnigraf totiž stál na pravém břehu řeky pod mostem. Další limnigrafy vznikly na horní Moravě, Bečvě, Odře a Ostravici.

Další zajímavostí je, že projektanti přehrady Bystřička v povodí Vsetínské Bečvy, tedy



Obr. 16 Dopis ing. Fialy na radnici města Stříbra ohledně limnigrafu z r. 1913. Dopis této komisi pro kanalizaci českých řek je vpravo. Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

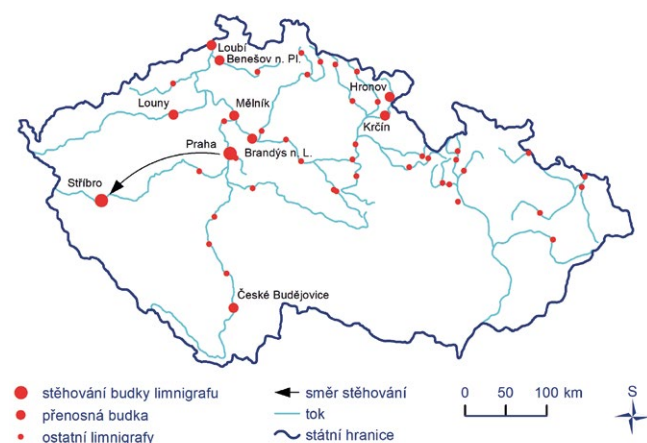
Fig. 16. A letter by Ing. Fiala from 1913 to the town hall Stříbro town regarding installation of water level gauging station. The letter by him addressed to the commission for regulation of Czech rivers is on the right. Source: Archive of hydrological service of CHMI.



Obr. 17 Stříbro, snímek z r. 1925.

Zdroj: Archiv hydrologické služby ČHMÚ.

Fig. 17. Stříbro town, a photo from 1925, the water level recording gauging station. Source: Archive of hydrological service of CHMI.



Obr. 18 Limnigrafy postavené mezi lety 1900–1914 na území dnešní České republiky, velký symbol označuje původní limnigraf v Praze, středně velký symbol označuje domečky přenosného limnigrafu a ostatní symboly zbývající limnigrafy.

Fig. 18. Gauging stations established in 1900–1914 on the area of present Czech Republic. A big circle denotes a former water level gauging station in Prague transferred to Stříbro town in 1914. A middle circle denotes booth houses of gauging stations and the other circles denote other water level gauging stations.

stavební rada E. Grohmann či arch. P. Barg, ale zejména hydrologové z vídeňské centrální služby jako A. Lauda, R. Siedek, A. Swarowski a K. Goebl měli k dispozici měřený průběh katastrofální povodně v roce 1903 a extrémního sucha v roce 1904 právě v profilu limnigrafu Jarcova. Kromě toho měli k dispozici ještě údaje z limnigrafů na Senici a Bystřičce (Grohmann 1907), které ale nejsou patrně v evidenci ČHMÚ.

2.1 Smysl limnigrafu pod Rudolfinem

Na začátku jsme měli řadu podkladů, které zdánlivě nedávaly smysl. Časem se ukázalo, že vše zapadá docela dobře do sebe. Zřízení nového limnigrafu může také souviset se zrušením vodočtu Bradáč (1887–1900) u Křižovníků, na který limnigraf pod Rudolfinem navazuje. Nová stanice „Na Františku“ zase navázala na jeho záznamy z let 1900–1914. Pozorování jsou ale „Na Františku“ dostupná až od ledna 1915. To znamená, že záznam vodních stavů za 9 měsíců v roce 1914 zatím chybí.

Přes krátkou dobu pozorování, pouhých 14 let, se jedná o první limnigraf na území dnešní ČR, což nebylo do r. 2023 známo. Situace se změnila vybudováním limnigrafu v profilu Modřany (od r. 1928) a Staroměstské mlýny (od r. 1932). Mezi lety 1914 a 1944 měla tedy Praha po zrušení limnigrafu pod Rudolfinem v každé jezové zdři jeden limnigraf. Včetně Prahy bylo instalováno nejméně 9 stejných limnigrafických budek v letech 1900–1901, 1904, 1910 a 1912. Poslední taková budka byla přenesená z Prahy do Stříbra r. 1914. V našem archivu představuje limnigram (obr. 1) se slovem „Anfang“, tedy začátek – okamžik, kdy někdo poprvé napnul papír, osadil pero a spustil stroj. Bylo to na začátku „hydrologického roku“, tedy 1. listopadu 1900. Zároveň to byl počátek 20. století, ale osobitě hydrologický.

3. Shrnutí a širší kontext

Česká hydrologie získala díky A. R. Harlachovi a F. Studničkově velký, možná světově významný náskok zřízením hydrologické služby v r. 1875, rozsáhlými hydrometrickými měřeními, elektrifikovanými přístroji (r. 1876), vývojem (1882–1886) a zavedením hydrologických předpovědí (r. 1892). V oboru zavádění limnigrafů to ale neplatí. Nejen ve Švýcarsku byly v provozu limnigrafy mnohem dříve. Nejstarší limnigrafy byly zřízeny v r. 1868 v Basileji (Honsell 1889) a v r. 1869 v Kostnici (Kupferschmid 1927). To byly nejstarší limnigrafy na Rýnu, teprve později vznikaly limnigrafy další, např. stroj brémského hodináře Kapperta (Klemke 2022) byl použit pro limnigraf v Koblenzi (r. 1880), následovaly další např. v Emmerichu, v r. 1890 v Mannheimu (Deutsche Leuchtfeuer-Ludwigshafen 2023), sousedním Ludwigshafenu (Rhein Neckar Industriekultur Ludwigshafen 2023). Ten byl uveden do provozu stejně jako limnigraf v Praze, tedy r. 1900 či 1901 (Rhein Neckar Industriekultur Ludwigshafen 2023; Deutsche Leuchtfeuer-Ludwigshafen 2023).

Dobře nedopadlo porovnání ani v rámci Rakouska, a to právě k r. 1900, o kterém jsme psali (Paris 1900). Proti jiným povodím jako Dunaj, Dráva, Pád atd. jsme měli v povodí Labe jen jeden jediný limnigraf, a to právě ten nově instalovaný v Praze. Česká hydrologie začala zpoždění ale rychle dohánět v letech 1900 až 1914. Do začátku války se počet limnigrafů na celém dnešním území ČR přiblížil počtu 43 (obr. 18).

Snad stojí za zdůraznění i tři zajímavé paralely s jinými dříve zpracovanými objekty, meteorologickými sloupky. Také zde v určité fázi výzkumu, kdy byl již shromážděn vysoký počet objektů „meteosloupků“ (celkem 50) vzbuzovalo údiv, proč není žádný objekt v Praze (nakonec se našly čtyři). Druhou paralelou je časový předstih Švýcarska (podobně jako u limnigrafů). Patrně nejstarší meteorologický sloup vůbec byl totiž postaven na náměstí Grand Quai v Ženevě již v roce 1838. Podobné porovnání platí i s Německem (limnigrafy v Porýní). Pokud se vrátíme k prostorovému rozložení limnigrafů do r. 1914, je zarážející vyšší hustota limnigrafů na severu Čech i Moravy. Ale něco podobného bylo patrně opět i u meteorologických sloupků (Tydlitát, Trejbal 2019), odpověď, proč tomu tak je, necháme prozatím otevřenou.

4. Závěr

Záchrana nejceněnějších naměřených dat se rozběhla rychleji díky programu „Data rescue“. Nález starších limnigramů byl tak trochu „vedlejším produktem“ digitalizace řady „Staroměstské mlýny“, či skoro náhodou. Bez dalších uschovaných starých materiálů (starých projektových dokumentací, korespondence, map, přehledů stanic atd.) by bylo prakticky nemožné zjistit, o jaký profil se jedná. Je potřeba vzít v úvahu, že před sto lety vznikaly některé vodočty v zájmu zamýšlené regulace vodních toků, některé byly zřízeny pro vodárenské účely, anebo v souvislosti se stavbami vodních nádrží. Většina z nich byla v evidenci Hydrografického oddělení místodržitelství. Právě nejstarší pražský limnigraf pod Rudolfinem z této evidence unikl, a to již dávno, někdy před sto lety.

Dnes je mnohem jasnější časová posloupnost a smysl výstavby pražských vodočtů a limnigrafů. Limnigraf pod Rudolfinem (1900–1914) vyplňuje mezeru mezi vodočtem Bradáč či Bradáček (1887–1900) a limnigrafem „Na Františku“ (od r. 1915) a Modřany (od r. 1928). Z nejstarších pražských limnigrafů zbyly nyní dva (Na Františku a na Výtoni). Ty jsou dodnes ozdobou Prahy a patří možná k nejkrásnějším limnigrafům v Evropě. O nich bude, jak doufáme, příští článek.

Poděkování:

R. Tydlitátovi, řediteli pobočky Praha D. Kurkovi, náměstkovi ředitele Muzea v Českém Těšíně R. Ježovi, M. Hůrkovi z muzea v Brandýse nad Labem, K. Bečkové z Muzea hl. m. Prahy, M. Vostřelovi z Oblastního muzea v Lounech, dr. Ladislavu Špačkoví, bývalému zaměstnanci Národního památkového ústavu, a Jiřímu Chmelenskému z Národního památkového ústavu Praha.

Literatura:

- BEČKOVÁ, K. 2012. Tematický speciál o Vltavě a jejích březích od Bráníka po Helmovský jez. *Věstník klubu za starou Prahu*, roč. XLII, č. 3. ISSN 1213-4228.
- CAJTHAML, J., ZIMOVÁ, R. FIALOVÁ, D. et al. 2022. Vltava: proměny historické krajiny. 303 s. Praha: ČVUT, PŮF UK, MK ČR. ISBN 978-80-01-06948-6.

- DEUTSCHE LEUCHTFEUER-LUDWIGSHAFEN, 2023. PegelUhr Ludwigshafen [online]. [cit. 1. 12. 2023]. Dostupné z: <https://www.deutsche-leuchtfuehr.de/binnen/rhein/pegelmesser/pegel-ludwigshafen.html>.
- DEUTSCHE LEUCHTFEUER-MANNHEIM, 2023. Pegel Mannheim [online]. [cit. 1. 12. 2023]. Dostupné z: <https://www.deutsche-leuchtfuehr.de/binnen/rhein/pegelmesser/pegel-mannheim.html>.
- ELLEDER, L., 2005. Tradice záznamu hladin povodní v Praze. *Documenta pragensia* XXIV, s. 123–160.
- ELLEDER, L., 2016. Proxydata v hydrologii: Řada pražských průtokových kulminací 1118–1825, Praha: ČHMÚ. 103 s. ISBN 978-80-87577-44-8.
- ERBEN, J., SRB, J., 1904. Administrativní zpráva královského hlavního města Prahy a spojených s městskou statistickou komisí obcí Karlína, Smíchova, Král. Vinohradů a Žižkova za léta 1900 a 1901. Praha: Statistická komise královského hlavního města Prahy a spojených obcí, s. 444. Dostupné také z: <https://www.digitalniknihovna.cz/mlp/uuid/uuid:13444490-9f64-11dd-b-967-0030487be43a>.
- GROHMANN, E., 1907. Der Bau der Bystričkatsperre im Wsetiner Beczwagebiere nebst Ergänzenden mitteilungen zu dem Projekte der Wasserversorgung des Donau-Oder Kanals unter besonderer Berücksichtigung des Abnormalen Trockenjahres 1904, *Allgemein Bauzeitung* 54–63.
- HONSELL, M., 1889. Der Rheinstrom und seine wichtigsten Nebenflüsse von den Quellen bis zum Austritt des Stromes aus dem Deutschen Reich. Centralbureau für Meteorologie und Hydrographie im Groß-herzogthum Baden (Hrsg.), Ernst & Korn, Berlin.
- KLEMEK, M., 2022. Die Bedeutung mechanischer Schwimmerschreibepgel des Bremer Uhrmachers C. B. Kappert für die Unterweser-korrektur durch Ludwig Franzius, *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung (Hydrology and Water Resources Management)*, roč. 6, č. 3, s. 158–164.
- KUPFERSCHMID, K., 1927. Die Höher- und Tieferbettungen des Rheins zwischen Basel und Mannheim von 1882 bis 1921 und ihre Bedeutung für die Schiffbarmachung dieser Stromstrecke durch Regulierung, Berlin.
- MALÝ, F., 1999. Jak ovlivňovaly povodně na Vltavě rozvoj města v pražské kotlině [rukopis]. Praha, 46 s.
- METTE, U., BRAND, F., GÜRNBERG, F., FISCHER, J., SYKORA, H., 1998. Eine Reise durch Technik und Zeit-125 Jahre Ott, Kempten 208 s.
- NOVOTNÝ, J., 1963. Dvě stoleté hydrologické řady průtokové na českých řekách. *Sborník prací Hydrometeorologického ústavu Československé socialistické republiky*, sv. 2, Praha: HMÚ, 116 s.
- PAMÁTKOVÝ KATALOG, 2023. Trafostanice Ganz 3000 V [online]. Národní památkový ústav [cit. 1. 11. 2023]. Dostupné z: <https://pamatkovykatalog.cz/trafostanice-23391272>.
- PARIS, 1900. Catalogue spécial de l'Exposition du Bureau Central I. R. Hydrographique à Vienne. Specia-Katalog der Ausstellung des K. K. Hydrographischen central Bureau in Wien, Wien. 87 s.
- RHEIN NECKAR INDUSTRIEKULTUR LUDWIGSHAFEN, 2023. Pegeluhr an der ehemaligen Kammerschleuse in Ludwigshafen [online]. [cit. 1. 12. 2023]. Dostupné z: <https://www.rhein-neckar-industriekultur.de/objekte/pegeluhr-an-der-ehemaligen-kammerschleuse-in-ludwigshafen>.
- STARÁ PASPORTIZACE, 1945. Rukopisná evidence vodoměrných stanic hydrologické v Čechách, nestránkováno.
- TYDLITÁT, R., TREJBAL, J., 2019. Povětrnostní sloupky: průvodce po objektech drobné architektury s meteorologickými přístroji. 1. vydání. Praha: ČHMÚ. 274 s. ISBN 978-80-87577-97-4.

Lektoři (Reviewers):

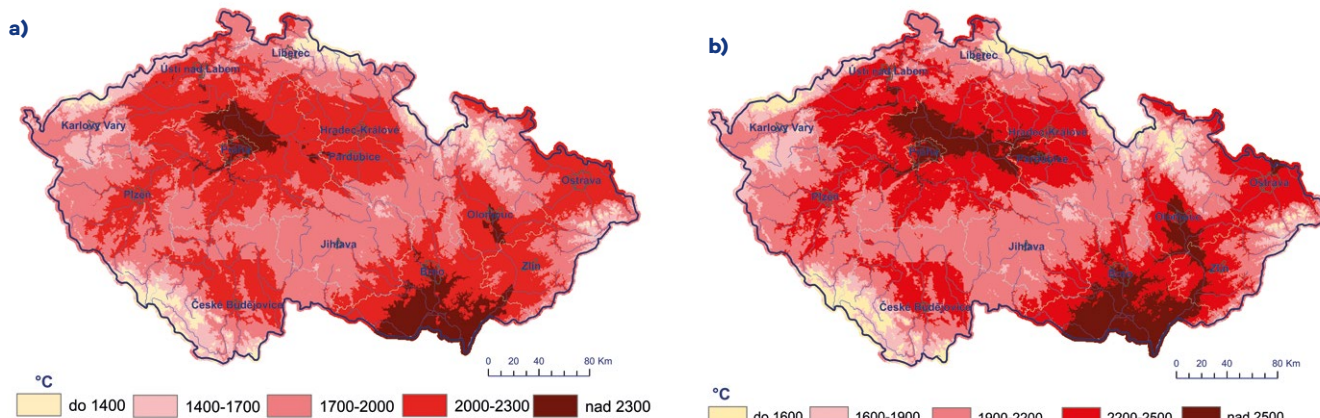
Ing. Ladislav Kašpárek, CSc, Ing. Pavel Polcar

POČASÍ A ROSTLINY

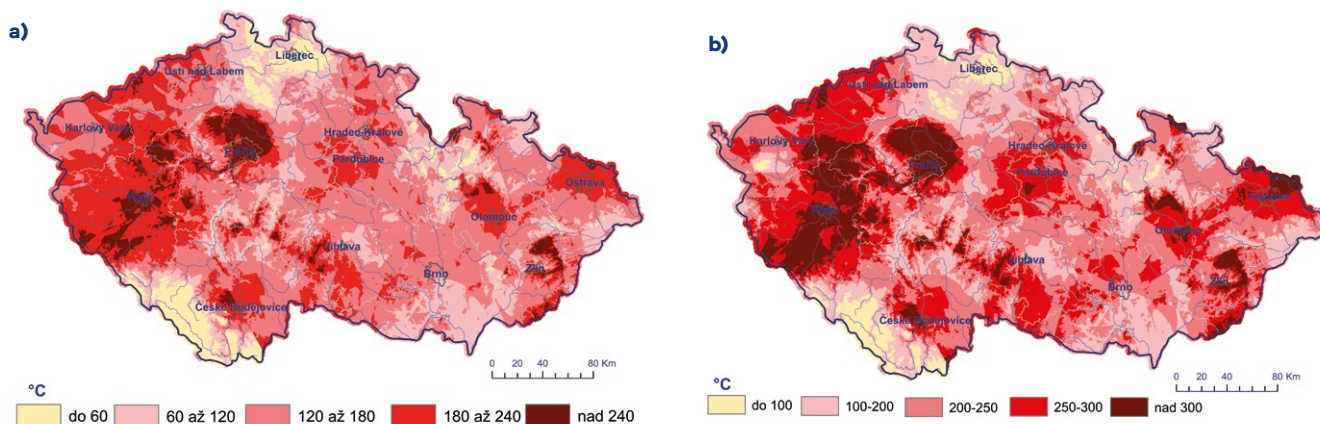
Fenologický vývoj na území ČR v září a říjnu 2023

V tomto čísle vyhodnotíme časové období od 1. září do 31. října 2023. Při hodnocení vybraných charakteristik je používán normál 1991–2020.

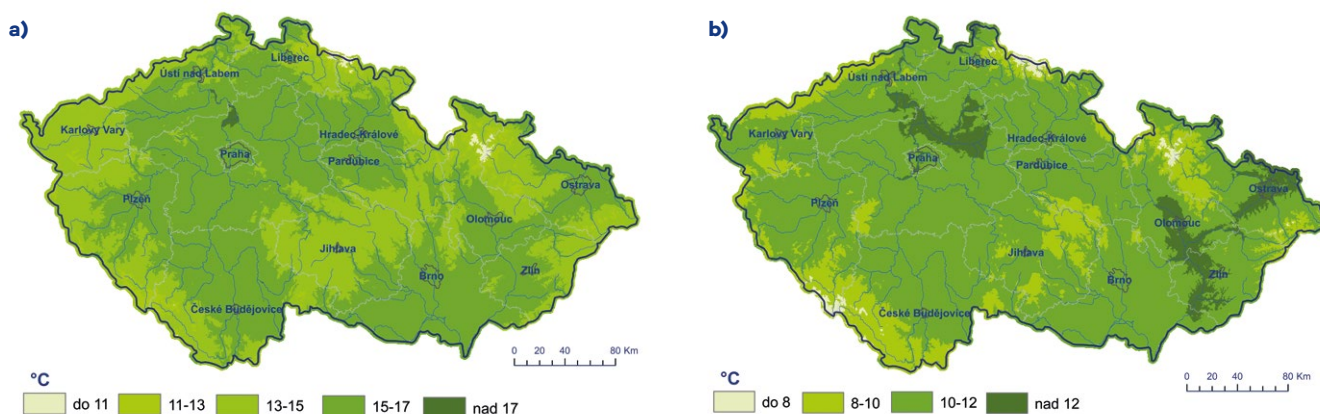
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2023 do 30. 9. 2023 a 31. 10. 2023 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v září v rozmezí od 1 400 do 2 300 °C, v říjnu od 1 600 do 2 500 °C (v obou měsících to bylo více než v roce 2022). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny v Polábí, na Olomoucku a jižní Moravě. Od-



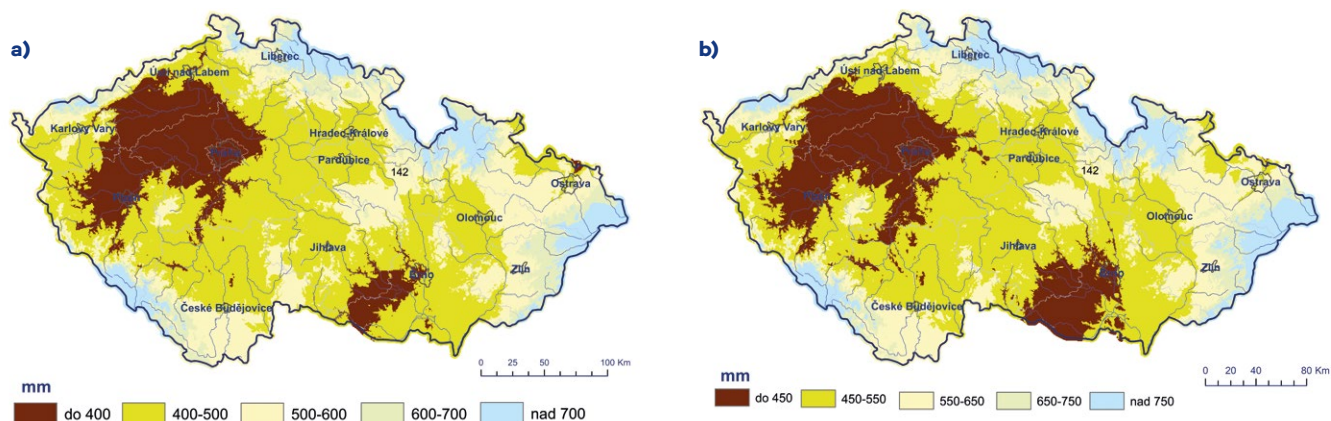
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2023 do 30. 9. 2023 (a) a do 31. 10. 2023 (b).



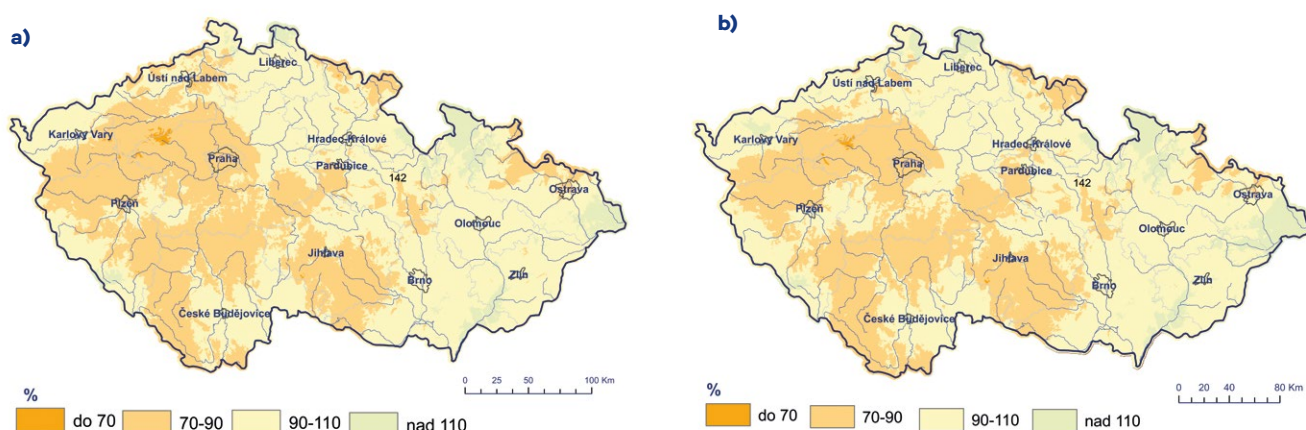
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchylka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2023 do 30. 9. 2023 (a) a do 31. 10. 2023 (b).



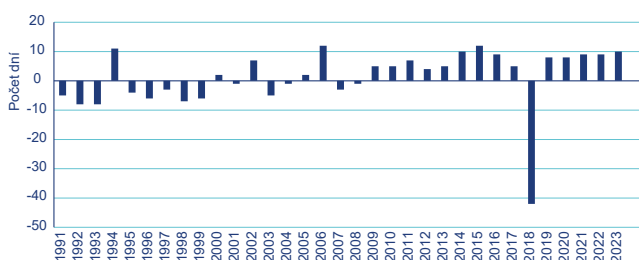
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 1. 10. 2023 (a) a 29. 10. 2023 (b).



Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 30. 9. 2023 (a) a 31. 10. 2023 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 30. 9. 2023 (a) a 31. 10. 2023 (b).



Obr. 6 Žloutnutí listů lísky obecné – odchylky od normálu 1991–2020, stanice Benešov (350 m n. m.).

chytky od normálu 1991–2020 byly v obou měsících na celém území kladné.

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 1. 10. 2023 a 29. 10. 2023 je uvedena v obrázku 3. Na začátku října byla průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm v rozmezí 11 až 17 °C, na konci října se hodnoty pohybovaly v rozmezí od 8 do 12 °C.

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2023 do 30. 9. 2023 a 31. 10. 2023 a procentické vyjádření normálu 1991–2020 je vykreslen na obrázku 4 a 5. Nejvyšší kumulativní úhrn srážek byl zaznamenán v severních, západních,

středních a částečně i v jižních Čechách, a dále i částečně na jižní Moravě. Ve srovnání s normálem 1991–2020 dosahovaly hodnoty v září a říjnu na většině území pouze 70 až 110 % normálu. V Čechách byly procentické úhrny srážek nižší než na Moravě.

V září dozrávaly plody různých dřevin, např. lísky, jeřábu, bezu, habru, akátu, dubu či buku, v říjnu převážně dozrávaly trnky. Nastal „fenologický podzim“, žloutnutí listů začínalo na konci září a v průběhu října, a to se zpožděním ve srovnání s dlouhodobým průměrem. Barvy listů jsme mohli užívat delší dobu než obvykle, interval mezi fenologickou fází žloutnutí listů 10 % a žloutnutí listů 100 % byl na mnohých lokalitách delší než měsíc.

Obrázek 6 představuje odchylky žloutnutí listů 10 % lísky obecné od fenologického normálu 1991–2020 na stanici Benešov u Prahy. Od roku 2009 byly všechny odchylky kladné kromě roku 2018, kdy listy začaly žloutnout předčasně vzhledem k výskytu výrazné epizody sucha.

Informace o celkovém shrnutí vývoje vegetace a počasí v roce 2023 včetně fenologických zajímavostí a abnormalit vám přineseme v prvním čísle Meteorologických zpráv v roce 2024.

Lenka Hájková

INFORMACE – RECENZE

Rozhovor s prof. J. Horelem, vedoucím katedry atmosférických věd na Utažské univerzitě

Profesor John Horel je vedoucím katedry atmosférických věd na Utažské univerzitě (University of Utah), Salt Lake City. Je jedním ze stěžejních tvůrců projektu MesoWest, který sdružuje na 60,000 stanic v USA a zdarma poskytuje jejich data. Je autorem nebo spoluautorem přes 230 příspěvků s více než 8700 citacemi. Účastnil se zabezpečení olympijských her v Salt Lake City a je jedním z autorů, kteří popsali specifickou cirkulaci Solného jezera. V rozhovoru nabízí vhled do práce na projektu MesoWest, jaká byla úskalí získávání a archivování dat a kde tato data mají uplatnění.

Pane profesore, jedním z Vašich hlavních projektů, který se táhne velkou částí Vaší kariéry je MesoWest¹. Na něj dodnes spoléhá celá řada lidí a je hlavním datovým zdrojem tady u Vás v Utahu. Jaké byly začátky v roce 1996?

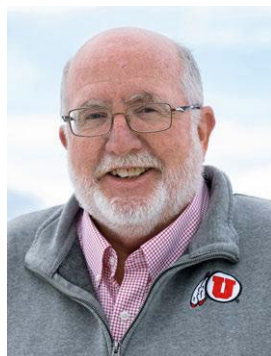
Všechno v podstatě začalo už dlouho předtím. A opravdu, ten projekt vznikl z potřeby. Protože tady v Utahu jsme neměli prostředky na to, abychom vytvořili pozorovací síť. Nicméně tu existovala spousta jiných pozorovacích sítí, jen některé z nich byly federální, například zabezpečující sledování počasí pro hasiče. Jiné se týkaly vodních zdrojů, a pak další se týkaly úrovně okresů, místních samospráv, tenkrát šlo i o monitoring znečištění v obydlených oblastech.

Naše snažení začalo přibližně ve stejné době, co funguje Oklahoma Mesonet. Jejich model spočíval v tom, že budou instalovat novou stanici v každém okrese, takže stanice byly zhruba 80 kilometrů vzdálené. Náš přístup byl prostě dostat data. „Pokud budeme mít přístup k vašim datům, dáme je dohromady a je nám jedno, jaká jsou. My to zprovozníme.“ Na to uživatelé slyšeli, a byl to tak trochu podnět k tomu, že jsme datum zahájení stanovili na rok 1996.

Klíčové bylo, že jsme změnili způsob, jakým jsme data archivovali. To bylo poprvé, kdy jsme všechna data vložili do databáze MySQL. Předtím rozhodně nebyla ve formátu, který by kdokoli jiný mohl skutečně použít. Takže jádrem není ani tak sběr nebo zobrazení dat, ale naše změněná schopnost data efektivně archiovat.

Na začátku to byla síť Utah Mesonet a byly to jen stanice v okolí. Pak ale přišly Olympijské hry v Salt Lake City, že?

Ano, prvně ale přišel velký projekt s agenturami, které se zabývají počasím pro předpovědi požárů. Ty jsou ve Spojených státech rozděleny mezi pět různých agentur, které mají vlastní pozorovací síť, ale všechny používají stejný standard a jde o vzdálené automatizované meteorologické systémy. A tak se to celé stalo. Celý projekt byl směřovaný přes náš Utah Meso-



net a rozšířený na MesoWest, na západ USA. Později jsme se přes celou oblast Fire Weather dostali na přilehlé státy, Aljašku, část Kanady... a z původních asi 500 stanic máme dnes v MesoWest asi 60 000 stanic. Hlavní charakteristikou je, že jsou všechny veřejně přístupné. K datům může přistupovat kdokoli, to byla taková naše značka. Díky přístupnosti se z toho stal takový velký projekt.

Lépe řečeno, může se to zdát jako velký projekt, ale vždycky nám připisovali mnohem větší zásluhy, než je skutečnost. Lidé si myslí, že my jdeme a opravujeme všechny ty stanice, které nevlastníme. My ani vlastně nemáme přesný přehled o tom, kde se v některých případech vůbec nacházejí. Vždy šlo především o software a údržbu pozorovacích sítí, resp. o to, jak získáváte data. Další věc, která projekt hodně změnila od poloviny 90. let, je dostupnost internetu. Nicméně stále jde o jednoduchý proces. Získat, archivovat, zobrazit a šířit.

Samozřejmě vše bylo děláno s ohledem na využitelnost v Národní meteorologické službě (NWS). My jsme podobné projekty viděli třeba v Coloradu, ale věděli jsme, že stejně to dělat nelze.

Jak to myslíte?

V Coloradu MesoNet neměl nohy (*smích*). Prostě nestál na pevných základech. Byl to projekt financovaný federální vládou a pak financování vyschlo a prostě se zastavilo. My jsme si toho problému financování byli od začátku vědomi. Takže hlavní bylo, že jsme byli schopni náš projekt tak nějak udržet v chodu tím, že jsme se stali užitečnými mnoha lidem. Pokud jde o milníky, hlavní bylo dostat se na národní úroveň v oblasti Fire Weather, a potom 2002 Zimní olympijské hry. To jsou věci, které nás dostaly do povědomí.

Jinak způsob, jakým zobrazujeme data, se za 25 let příliš nezměnil. Částečně je to proto, že lidé ať už z meteorologické služby nebo z hasičských agentur, měli jasnou představu o tom, co chtějí a jak budou informace používat. Takže chtěli konkrétní zobrazení, které by odpovídalo jejich potřebám. Proto zůstáváme u docela základních tabulkových zobrazení, zobrazení časových řad, map.

A opět, co dělá MesoWest poněkud unikátní, je to, že se můžete vrátit zpět a podívat se na stará data. To s sebou nese i riziko. My data kontrolujeme a čistíme v reálném čase. Nemáme takové možnosti, abychom mohli věci procházet dvakrát. Například kvůli ochraně života a majetku chcete data co nejrychleji, jakmile je získáte. Proto když opravíte data o týden později, nejsou vám k ničemu.

¹ <https://mesowest.utah.edu/>

Zmínil jste také Zimní olympijské hry. Možná z odborného hlediska to byl velký milník, že? Jaká byla tedy vaše role a jaká byla vaše rutina během konání her?

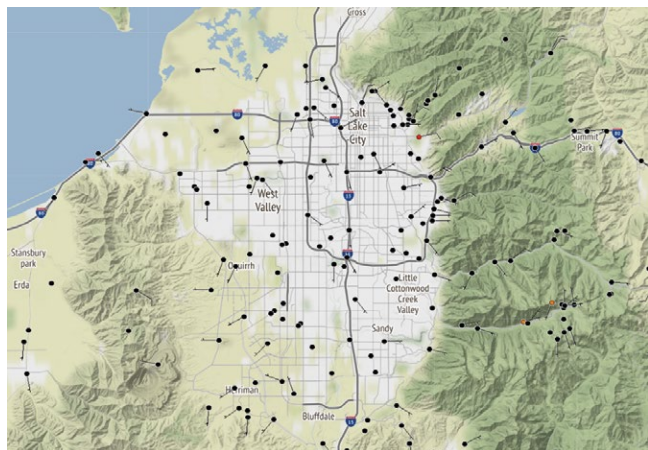
No, víte, naše zkušenost vzešla z Letních olympijských her v Atlantě. To přišlo v době, kdy meteorologická služba vedla boj se soukromou meteorologickou společností, protože nebylo jasné, kdo podporu bude zajišťovat. Vždyť jde o hry. Je to něco, co by měla dělat vláda? Nebo by to neměli dělat soukromí meteorologové?

Na všech velkých sportovních akcích je však důležitý aspekt ochrany života a majetku. Takže federální vláda zde musí hrát určitou roli. Existuje také spousta pravidel týkajících se toho, co je nutné pro činnost samotných sportovních akcí, což je část, o kterou by se federální vláda opravdu neměla starat. Vědět, jaká je teplota na běžeckém závodišti, na trati, není ochrana života a majetku. Nikdo nezemře, když si na lyže nanese špatný vosk.

Třetí část, která se historicky děje, je, že věci jako olympijské hry přivádějí výzkumnou komunitu k testování nových nástrojů. A tak federální vláda, meteorologická služba pro Atlantu, vyvinula nový model s vysokým rozlišením a testovala ho. Takže tady byly tři různé aspekty: ochrana života a majetku, podpora samotných her a pak výzkum.

Když došlo na hry v Salt Lake, federální vláda řekla, že nám nic financovat nebude. Tak vzniklo naše první partnerství soukromého a veřejného sektoru. Tým měl tedy tři složky. Univerzita poskytla podporu výzkumu, a tak se moje skupina podílela na zřizování meteorologických stanic uprostřed pastvin, z nichž se nakonec stalo místo pro běžecké závody. A na druhé straně kopce, než ho odstřelili, udělali skokanský můstek. Stavěli jsme stanice uprostřed ničeho, než postavili bobovou dráhu a všechny ostatní. Především se před začátkem her hodně sbírala data.

Jeden člen týmu (Jim Steenburgh) dělal hodně modelování, vývoj modelu speciálně pro hry. Zejména se snažil přijít se statistikami modelových výstupů. Federální Meteorologická služba se stále zabývala ochranou života a majetku a předpovědi v místě konání her ve skutečnosti zpracovávali soukromí meteorologové. Jeden z nich, náš bývalý kolega, vedl tým prognostiků a dělal briefingy o počasí a všechny oficiální olympijské záležitosti. V podstatě dělal všechny možné předpovědi počasí, aby byla média spokojená.



Stanice v Salt Lake City a okolí sdužované projektem MesoWest. Zdroj: https://issuu.com/uofucollegeofscience/docs/atmos_air_currents_magazine/s/20878553.

Naše role pak začala ustupovat do pozadí, což bylo také způsobeno 11. zářím. Takže bezpečnost se stala obrovskou záležitostí. Měl jsem představu, když jsem ty meteorologické stanice stěhoval pořád dokola podle toho, jak se v průběhu stavby měnila trať, že i v průběhu her snad budeme moci přesunout stanici a na nějaké závody se podívat.

Naši studenti a dobrovolníci byli pověřeni pozorováním na místě, takže museli provádět manuální pozorování. Ale nakonec to byl pouze jeden člen mé skupiny, který mohl skutečně navštívit místa konání, pokud se vyskytly nějaké problémy s vybavením. Ale bezpečnost byla velice přísná! V žádném případě jsem se s tím nechtěl potýkat. Nakonec jediná olympijská sportoviště, která jsem během her viděl, byla ta, na která jsem si koupil lístky.

Nicméně, zahajovací a závěrečný ceremoniál byl tady v kampusu na stadionu. A tak nejlepší místo pro sledování ohňostro-
jů zahajovacího a závěrečného ceremoniálu bylo na naší střeše. Nebylo to tak, že bychom nemohli vyjít na střechu, protože tam byli lidé z tajné služby s útočnými puškami. To až pět minut před koncem závěrečného ceremoniálu. Když odešli, mohli jsme jít nahoru a sledovat ohňostroj na střeše.

To bylo hlavní vzrušení z celé té akce. Sice jsme měli operační středisko, kde jsme se starali o to, aby modely běžely, aby všechna data proudila, a tak podobně. To ale vlastně byla trochu nuda, protože se nic tak moc nedělo. Zajímavější to bylo pro seismické centrum v Utahu, kde pracovali 24 hodin denně, 7 dní v týdnu pro případ, že by během olympiády došlo k zemětřesení.

Zpátky k projektu MesoWest. Když se snažíte získat všechna tato data od různých úřadů a společností, musí to být náročné vyjednávání, že?

Teď nevím, jestli to v časopise má být, nebo ne. Ale skutečnost je taková, že nemáme skoro s nikým žádné dohody. Velmi brzy poté, co jsme začali, nám lidé svoje data chtěli poskytovat. Lidé nám dávají data, protože chtějí, aby byla součástí větší sítě, aby mohli vidět svá data online. Protože všichni mají přístup ke svým vlastním datům, typicky ve svých vlastních systémech, ale pak je nemohou zobrazit nebo porovnat s ostatními uživateli. A také se chtějí ujistit, že meteorologická služba má všechna data, aby je mohla použít pro ochranu života a majetku. Takže chci říct, že to vyjednávání je v pohodě. „Chcete nám dát data. Jaké proměnné hlásíte? Jaké jsou jednotky? Jaká je zeměpisná šířka a délka stanice? Jak ji chcete nazývat? A jakou má nadmořskou výšku?“ a to bylo všechno. Takže místo toho, abychom řekli: „Vý, poskytovatelé dat, musíte nám je poskytnout v tomto konkrétním formátu, úrovni přesnosti, frekvenci, jinak si je nevezmeme“, jsme nevyžadovali žádné úsilí ze strany poskytovatelů.

Rychle jsme si ale díky zkušenostem uvědomili, že univerzity nejsou místem, kde by se měly provádět činnosti pro operativní využití. Nyní jsem členem správní rady společnosti Synoptic Data, komerční společnosti, která se oddělila od společnosti MesoWest. Pokud vám skutečně jde o ochranu životů a majetku, musíte vše dělat v prostředí, kde máte větší jistotu, že data budou k dispozici. Takže jsme brzy pracovali tak, že nám bylo jedno, kde počítače jsou, takže jsme relativně brzy přesunuli veškeré provozní vybavení, servery, do Národní meteorologické služby.

A nyní společnost Synoptic dělá vše v Amazon Cloud, to trochu mění situaci. Synoptic je takzvaná veřejně prospěšná společnost, což znamená, že se nesnažíte pouze vytvářet příjmy, ale máte také poskytovat veřejně prospěšné služby. To Synoptic

dělá. Poskytuje data, protože je ani nevlastní. Ta data patří těm lidem, kteří je poskytli. Takže firma poskytuje zdroje způsobem, který jsme na univerzitě nemohli udržet. Lidé si myslí, že MesoWest dělá všechno, a stále děláme hodně, ale mnoho práce odvede společnost Synoptic.

Kam byste chtěli tento projekt posunout nebo jak jej vylepšit? Nebo kdy si myslíte, že bude za deset let?

Jo, tak já půjdu taky jednou do důchodu (*smích*).

Je to dobrá otázka. Univerzitní výzkum pracuje obvykle v časovém měřítku tří let. Získali jsme veškerou podporu, ať už to bylo financování olympijských her, financování výzkumu požárů v přírodě, a podobně. Vše přichází po menších částech, a tak neustále musíte dělat věci, které mají nějaký konečný užitečný výsledek. Takže spolupracujeme s federálními agenturami, jako je Národní meteorologická služba. To nám pomáhá sít pořád rozšiřovat i o méně dostupná data.

Postupně se začleňujeme pod Národní program Mesonet, což je tedy vlastně program nákupu dat od mnoha různých poskytovatelů. Nejsou to jen povrchová data typu Mesonet, ale máme sondy, sondáže, sdružené senzory, jiné sítě mají radiometry, které poskytují vertikální profily teploty a vlhkosti. Takže existuje spousta povrchových pozorování. Poskytuje tedy přístup k údajům z dalších 50 sítí po celých Spojených státech, z nichž některé jsou velmi rozsáhlé, někam je zase omezený přístup. Když chcete mít fungující projekt, nejde data jen tak rozdávat. Navíc nyní je velký zájem o způsoby, jak získat informace o tom, co se děje v celé mezní vrstvě, a nejen o tom, co se děje v nejnižších 10 metrech. Takže tímto směrem projekt bude pokračovat. Národní program Mesonet stojí nyní na docela pevných základech. Ale náš model financování je stále tak trochu modelem neustálé resuscitace (*smích*).

S Národní meteorologickou službou se nyní zabýváme tím, co tady částečně děláš i ty (*pozn. red.: myšlen autor článku*). Jak to udělat, aby se tato pozorování skutečně používala v systémech asimilace dat. Většina operačních modelů totiž neasimuluje povrchová pozorování. Rozdíl mezi modelovou orografií a skutečnou je typicky moc velký, aby systém asimilace dat modelů připustil povrchová pozorování. Takže zbývá ještě hodně práce, aby to bylo užitečné i pro numerické modelování. Zatím v Národní meteorologické službě existuje něco, čemu se nyní říká National Blended Model, který bere všechny různé modely, které jsou k dispozici, a používá analýzy současného počasí a minulého počasí ke korekci těchto předpovědí. Tam si myslím, že projekt najde uplatnění. No, je tu ještě spousta věcí, které je třeba udělat. Ale kdo je bude dělat?

Určitě je to část Vašeho života, že? Co považujete za největší přínos celého projektu?

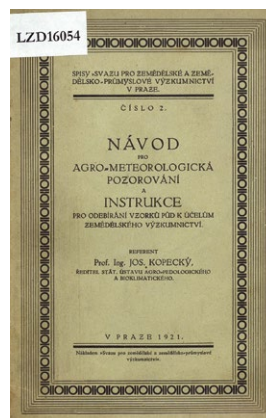
My nikdy nevíme, jak jsou tyto informace u lidí využívány. Nikomu nic nepovolujeme ani nedáváme pouze část dat. Když půjdete na Google Scholar a vyhledáte MesoWest, najdete plno odkazů na věci, které jsme nikdy neměli v úmyslu a ani jsme si to nedokázali představit. Ať už jde o migraci ptáků nebo ekologické analýzy. Dosah projektu je mnohem větší než napsat výzkumný článek, který se možná ani nikdo neobtěžuje číst.

Druhou součástí je, že když meteorologická služba vydává varování před nepříznivým počasím, většinou se odvolává na to, že v nějaké vzdálené lokalitě pozorujeme silné poryvy větru. Takže MesoWest je součástí jejich operací a je to také součástí

jejich práce s veřejností. Služba totiž díky tomu dokáže efektivně data získávat i zobrazovat. To je asi jeho největší síla, větší než přínos čehokoli jiného, co jsme kdy udělali. A musím říct, že jsem na to opravdu hrdý.

David Sládek

Významné výročí české zemědělské meteorologie



Letos, v roce 2023, uplynulo 100 roků od vydání první české příručky agrometeorologie, nazvané Základy zemědělské meteorologie a bioklimatologie. Jejím autorem byl Josef Kopecký (1865–1935), profesor pedologie, meteorologie a klimatologie Vysoké školy zemědělského a lesního inženýrství při ČVUT a ředitel Státního výzkumného ústavu pro agropedologii a bioklimatologii v Praze. Dílem, které autor nazývá orientačním, chtěl vzbudit zájem o agrometeorologii a bioklimatologii, jakožto zvláštní nová odvětví

všeobecné meteorologie. Spis vznikl v době, když již nově vytvořené československé instituce byly stabilizovány a intenzivně přispívaly k budování státu. Zapojoval se do něho i aplikovaný zemědělský výzkum, usilující o zvýšení zemědělské výroby. Z toho důvodu praktické cíle sledovalo také uvedené pojednání profesora Kopeckého, z něhož vyjímáme: *Pozorování meteorologických činitelů nutno uzpůsobit ve směru agro-meteorologickém a bioklimatickém, aby tím náležitě vystižena byla souvislost meteorologických přírodních úkazů v atmosféře k životu organickému, a tím aby vyšetřeny byly přirozené podmínky veškeré výroby zemědělské. Jedině důkladné vyšetření bioklimatického rázu krajiny a agro-meteorologických činitelů může nám být správným vodítkem k vymezení okruhů výrobních a okruhů vegetačních pro jednotlivé odrůdy plodin hospodářských a proto nutno, aby každá složka meteorologická ve směru agro-meteorologickém a bioklimatickém byla zvlášť sledována a posuzována. Potřeba zemědělského zaměření meteorologického pozorování vedla ke zřízení sítí zvláštních agrometeorologických stanic, které provozovaly zemské výzkumné ústavy pro agropedologii a bioklimatologii různého označení, a až od roku 1937 jednotného názvu Státní výzkumné ústavy pro půdoznalství a zemědělskou meteorologii, na Slovensku Státní výzkumné ústavy pro půdoznalstvo a poľnohospodársku meteorológiu. Návod pro agrometeorologická pozorování vypracoval profesor Kopecký již v roce 1921.*

Literatura:

KOPECKÝ, J., 1921. Návod pro agrometeorologická pozorování a instrukce pro odebírání vzorků půd k účelům zemědělského výzkumnictví. 1. vyd. Praha: Spisy Svazu pro zemědělské a zemědělsko-průmyslové výzkumnictví v Praze, č. 2, 39 s.

KOPECKÝ, J., 1923. Základy zemědělské meteorologie a klimatologie. 1. vyd. Praha: Publikace ministerstva zemědělství, roč. 1923, č. 29, 128 s.

Karel Krška

Meteorologické zprávy

Meteorological
Bulletin

Odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, kvalitu ovzduší a hydrologii. Dvuměsíčník

Reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

Vydavatel (redakce) – Publishers

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany

Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic

e-mail: mz@chmi.cz, casmz.chmi.cz

Vedoucí redaktor – Chief Editor

R. Tolasz, Český hydrometeorologický ústav, Ostrava, Česká republika

Redaktor – Assistant Editor

H. Stehlíková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

R. Brožková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

R. Čekal, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

I. Hůnová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

M. Kašpar, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

L. Němec, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

E. Plavcová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

D. Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

M. Setvák, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

J. Strachota, Praha, Česká republika

J. Sulan, Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, Česká republika

F. Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

A. Vizina, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, Česká republika

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

V. Voženílek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Tisk:

COLORA PrintHouse s. r. o., Husova 373/29, 757 01 Valašské Meziříčí

CC BY-NC-ND

ISSN 0026-1173

ISSN 2788-3140 (on-line)

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

ROČENKY ČHMÚ

Hydrologická ročenka České republiky 2022

Praha 2023, 250 stran, ISBN 978-80-7653-061-4 (pdf)

Hydrologická ročenka je jednou z mnoha forem prezentace aktivit ČHMÚ a výsledků sledování a hodnocení hydrologických poměrů v České republice v daném roce. Snahou je podat ucelené informace o hydrologických měřeních i následném hodnocení ve vztahu k dlouhodobým charakteristikám. Cílem je v opakující se textové, tabelární a grafické formě prezentace umožnit uživatelům průběžné sledování a porovnávání prostorových a časových změn vodního režimu.



Klimatologická ročenka České republiky 2022

Praha 2023, 84 stran, ISBN 978-80-7653-056-0 (pdf)

Klimatologická ročenka přináší hodnocení základních klimatologických charakteristik na území České republiky v daném roce. Vyhodnocení je provedeno na základě dat naměřených v síti meteorologických a klimatologických stanic ve správě ČHMÚ, ale i dalších subjektů. Ročenka je rozdělena do několika kapitol, primárně podle jednotlivých měřených meteorologických prvků, tedy teploty vzduchu, rychlosti větru, množství sněhu a srážek či délky slunečního svitu. Nechybí ani informace o fenologii, zajímavých jevech počasí v daném roce či informace o staniční síti.

Znečištění ovzduší na území České republiky 2022

Praha 2023, 182 stran, ISBN 978-80-7653-060-7 (pdf)

Ročenka „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2022“, společně s elektronicky publikovanou datovou ročenkou „Souhrnný tabelární přehled“ a s metodickým materiálem „Systém sběru, zpracování a hodnocení dat“ je uceleným přehledem informací o kvalitě ovzduší na území ČR v daném roce. Hodnocení kvality ovzduší vychází z naměřených údajů, shromažďovaných v rámci ISKO, za využití dalších podkladů a matematických nástrojů. Datová ročenka prezentuje verifikovaná naměřená imisní data a údaje o chemickém složení atmosférických srážek z jednotlivých lokalit včetně agregovaných údajů, grafická ročenka poskytuje komentované souhrnné informace v přehledných mapách, grafech a tabulkách.



<https://info.chmi.cz/rocenka/>

Český
hydrometeorologický
ústav

