



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

Ladislav Metelka: Hodnoty clear-sky UV indexu na území ČR 33

*Eva Holtanová – Anna Valeriánová – Lenka Crhová: Doba trvání
vegetačního období v letech 1951–2010 v České republice 39*

*Vít Květoň – Michal Žák: Vliv středomořských tlakových níží na četnost
výskytu vydatných srážek a kalamitních sněžení v České republice 45*

<i>Ladislav Metelka</i> : Clear-sky UV index values for the Czech Republic	33
<i>Eva Holtanová – Anna Valeriánová – Lenka Crhová</i> : Duration of growing seasons in the period 1951–2010 in the Czech Republic	39
<i>Vít Květoň – Michal Žák</i> : Effect of Mediterranean cyclones in relation to occurrence of heavy precipitation and extreme snowfall in the Czech Republic	45

Abstracting and Indexing:

- Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Meteorologické Zprávy, odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, čistotu ovzduší a hydrologii. Dvoutměsíčník

Meteorological Bulletin, reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

Vedoucí redaktor – Chief Editor

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

Redaktoři – Assistant Editors

O. Švarinová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

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

M. Kučerová, 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, Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, Slovenská 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, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

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

Vydavatel (redakce) – Publishers

- Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, telefon 244 032 722, 244 032 725, e-mail: suvarinova@chmi.cz. Sazba a tisk: Ing. Jiří Šilar DTP. Rozšiřuje a informace o předplatném podává a objednávky přijímá Český hydrometeorologický ústav, SIS, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, iva.sieglerova@chmi.cz. Cena jednotlivého čísla 35,– Kč, roční předplatné 300,– Kč, včetně poštovného. Registrační číslo MK ČR E 5107.

© Meteorologické Zprávy, Český hydrometeorologický ústav

- Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, Phones: (+420) 244 032 722, (+420) 244 032 725, e-mail: suvarinova@chmi.cz. Printed in the Ing. Jiří Šilar DTP. Orders and enquiries: Please contact Czech Hydrometeorological Institute, SIS, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic, iva.sieglerova@chmi.cz. Annual subscription: 48,– EUR (6 issues)

- ISSN 0026-1173

HODNOTY CLEAR-SKY UV INDEXU NA ÚZEMÍ ČR

Ladislav Metelka, Český hydrometeorologický ústav, Solární a ozonové oddělení, Zámeček 456,
500 08 Hradec Králové 8, metelka@chmi.cz

Clear-sky UV index values for the Czech Republic. The intensity of UV radiation and UV index values are affected by many factors. The most important are solar altitude, cloudiness, total ozone, amount of aerosols, surface albedo and site altitude. Obviously, UV index reaches its maximal values around midday hours (during the highest Sun's elevation above the horizon, and thus the shortest path of sunlight through the atmosphere), and in a clear or almost clear sky. As for cloudiness, the clear-sky UV index, which corresponds to the UV index values at the (almost) clear-sky situations, is an important characteristic. This paper is focused on the analysis of maximum daily values of clear-sky UV indexes based on the measurements at four stations, equipped with UV biometers, for the period 2010–2016. The mean annual daily clear-sky UV index maximum values and their 90% and 95% percentiles were calculated. Based on the comparison of these annual quantities between the Labská bouda mountain station and the nearest lowland station Hradec Králové, the effects of the site altitude and albedo (snow cover) were also clearly detected and quantified. The aim of the article is to present basic climatological evaluation of the maximum daily values of clear-sky UV indexes measured in the Czech Republic. The results will be used in enhancing the rules for issuing high UV index warnings to the public.

KLÍČOVÁ SLOVA: záření sluneční – UV záření – záření erytémové – UV index

KEYWORDS: solar radiation – UV radiation – erythema radiation – UV index

1. ÚVOD

Sluneční záření je prakticky jediným zdrojem energie pro klimatický systém, zásadně tedy ovlivňuje jeho chování. Ultrafialová (UV) část slunečního spektra hraje velice důležitou roli i v biosféře. Toto záření má celou řadu pozitivních efektů, při vysokých dávkách se však může projevit i negativně, pokud dojde k překročení „bezpečných“ limitů. Při vysoké intenzitě UV záření může totiž dojít i k překročení limitů přirozené ochrany organismů a následně k jejich poškození. To se týká i lidí, zejména pokud se jedná o poškození pokožky a zraku. Ke snížení rizika akutního nebo chronického poškození organismu je třeba omezit expozici UV záření, případně realizovat ochranná opatření (Vaníček et al. 1999).

Český hydrometeorologický ústav měří na Solární a ozonové observatoři (SOO) v Hradci Králové od roku 1994 UV spektra slunečního záření pomocí Brewerových spektrofotometrů a od roku 1996 na několika dalších stanicích i intenzitu biologicky aktivního (erytémového) UV záření pomocí UV biometrů.

2. UV ZÁŘENÍ V ATMOSFÉŘE

Ultrafialové (UV) záření je definováno jako záření s vlnovými délkami od 100 do 400 nm. Na svém dlouhovlnném konci tedy přímo navazuje na krátkovlnnou část viditelného spektra. Z hlediska intenzity UV záření při zemském povrchu a jeho biologických efektů dělíme oblast UV záření na 3 podoblasti:

- UV-A s vlnovými délkami 315–400 nm. Nejméně nebezpečná složka UV záření, která ale není absorbována ozonem a k zemskému povrchu prochází jen s minimálním zeslabením, a tedy i v poměrně vysokých intenzitách
- UV-B s vlnovými délkami 280 až 315 nm. Část UV-B záření je absorbována v ozonové sféře, ale část prochází až k zemskému povrchu. Toto záření může být při vyšší intenzitě z biologického hlediska nebezpečné, i když ne tolik, jako UV-C.
- UV-C s vlnovými délkami 100 až 280 nm. Toto záření je z hlediska biologických efektů nejnebezpečnější. Naštěstí je ale prakticky zcela absorbováno ozonovou vrstvou

a molekulárním kyslíkem (výrazně se podílí na vzniku ozonu ve stratosféře prostřednictvím disociace molekul kyslíku) a při povrchu jsou jeho intenzity velmi nízké.

Celkově je tedy UV záření při zemském povrchu složeno z velké části z UV-A záření, jen malou část tvoří UV-B, hodnoty intenzity UV-C jsou zanedbatelné.

Intenzita UV záření při zemském povrchu je ovlivňována řadou faktorů. Mezi nejvýznamnější z nich patří podle Vaníčka et al. (1999):

- Atmosférický ozon, a to zejména v UV-B oblasti. V UV-A oblasti ozon absorbuje minimálně, v UV-C oblasti naopak prakticky kompletně. V těchto oblastech tedy intenzita záření prakticky není závislá na množství ozonu.
- Výška Slunce nad obzorem. Při větší výšce Slunce nad obzorem prochází sluneční záření atmosférou po kratší dráze, je tedy méně absorbováno a rozptylováno a jeho intenzita je vyšší.
- Nadmořská výška. S rostoucí nadmořskou výškou intenzita UV záření roste. Příčinou je opět kratší dráha slunečního záření atmosférou ve vyšších nadmořských výškách.
- Atmosférický rozptyl. Přímá složka záření je tvořena zářením, které při svém průchodu atmosférou nebylo ani rozptýleno ani absorbováno v atmosféře, zatímco difuzní složka je tvořena zářením, u kterého došlo alespoň jednou k rozptylu na molekulách vzduchu a na aerosolech. Rozptyl záření na molekulách vzduchu je silně závislý na vlnové délce, záření kratších vlnových délek je rozptylováno více než záření s delšími vlnovými délkami (Rayleighův zákon). Proto je modrá složka světla rozptylována v atmosféře více než červená a obloha se nám tedy zdá být modrá. Pro UV záření je rozptyl ještě intenzivnější, pro UV-B záření je při povrchu poměr přímé a difuzní složky přibližně 1:1. Rozptylové vlastnosti atmosféry mohou být silně ovlivněny např. přítomností aerosolů.
- Oblačnost a mlha. Oblačnost snižuje intenzitu UV záření, záleží ale hodně na typu a tloušťce oblačnosti. Tenká nebo rozptýlená oblačnost má na UV záření jen malý vliv. Za určitých podmínek může malé množství oblačnosti vést přechodně i k vyšším hodnotám intenzity UV záření, než by odpovídalo bezoblačné obloze. Mlha obecně snižuje intenzitu UV záření rozptylem a absorpcí na kapičkách vody a aerosolech. Míru snížení intenzity UV záření oblačností popisuje tzv. Cloud Modification Factor (CMF), jehož orientační hodnoty jsou uvedeny v tab. 1.
- Albedo povrchu. V UV oblasti se albedo povrchu mírně liší od albeda ve viditelném světle. Zatímco pro nový sníh je albedo ve viditelné i UV oblasti kolem 0,8, pro běžný povrch bez sněhové pokrývky je ve viditelné oblasti kolem

Tab. 1 Typické hodnoty CMF (Cloud Modification Factor) pro různé typy a množství oblačnosti (Vaníček et al. 1999).

Table 1. Typical CMF (Cloud Modification Factor) values for specific cloud types and amount of cloudiness (Vaníček et al. 1999).

Typ oblačnosti	Množství oblačnosti (osminy)			
	0-2	3-4	5-6	7-8
Vysoká	1,0	1,0	1,0	0,9
Střední	1,0	1,0	0,8	0,5
Nízká	1,0	0,8	0,5	0,2
Mlha	–	–	–	0,4
Déšť	–	–	–	0,2

Tab. 2 Definice erytémového akčního spektra (Kiedron et al. 2007; CIE 2014).

Table 2. The definition of erythema action spectrum (Kiedron et al. 2007; CIE 2014).

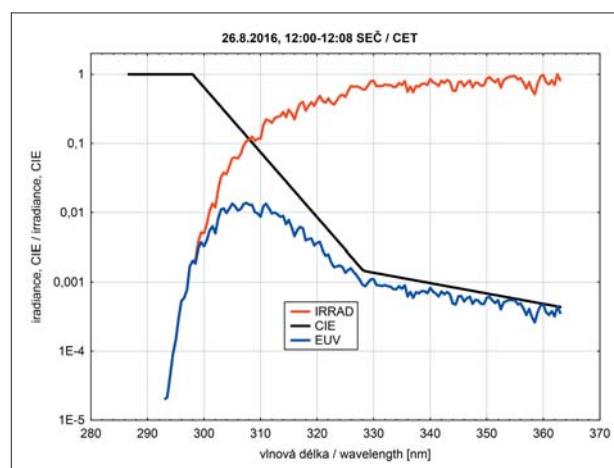
Váhy	Vlnová délka λ [nm]
1	$250 < \lambda \leq 298$
$10^{0,094 \cdot (298 - \lambda)}$	$298 < \lambda \leq 328$
$10^{0,015 \cdot (139 - \lambda)}$	$328 < \lambda \leq 400$
0	$\lambda > 400$

0,2, ale v UV oblasti jen kolem 0,05. Při sněhové pokrývce tedy dochází k intenzivnímu odrazu UV záření od povrchu a rozptyl tohoto odraženého záření může zvyšovat intenzitu UV záření dopadajícího na povrch až o desítky procent ve srovnání se situací bez sněhové pokrývky.

3. DEFINICE

Erytém: Erytém je v lékařství definován jako červené zbarvení kůže způsobené rozšířením krevních cév a zvýšeným prokrvením. Může vznikat řadou různých způsobů, např. v důsledku zánětu, alergie, poranění, chemického podráždění, působením tepla, ale i ultrafialového záření.

Erytémové akční spektrum: Lidská pokožka reaguje různě intenzivně na UV záření různých vlnových délek. Relativní míru erytémové reakce pokožky na UV záření popisuje tzv. erytémové akční spektrum (tab. 2, obr. 1). Z něj je zřejmé, že nejsilněji reaguje pokožka na UV-C záření (to je naštěstí většinou zcela absorbováno v ozonové sféře) a na část UV-B záření (to je absorbováno částečně). Pro delší vlnové délky z UV-B oblasti a pro UV-A oblast citlivost pokožky výrazně klesá, na druhou stranu tyto části UV spektra jsou ozonem absorbovány málo a intenzita v nich může být velká i při zemském povrchu. Vynásobením intenzity UV záření na jednotlivých vlnových délkách erytémovým akčním spektrem dostaneme tzv. erytémovou (erytémově váženou) intenzitu UV záření. V současné době je nejvíce používané erytémové akční spektrum, označené jako CIE 1998 (CIE 2014).



Obr. 1 Naměřené hodnoty intenzity UV záření dne 26. 8. 2016 v poledních hodinách na stanici Hradec Králové, měřeno Brewerovým spektrofotometrem MkIII, #184 (IRRAD, relativně k maximální intenzitě), erytémové akční spektrum (CIE) a erytémově vážené intenzity UV záření (EUV). Logaritmická stupnice.

Fig. 1. Intensities of UV radiation on August 28, 2016 at noon at Hradec Králové, measured by Brewer spectrophotometer MkIII, #184 (IRRAD – relative to maximal intensity), erythema action spectrum (CIE) and erythema weighted intensities of UV radiation (EUV). Logarithmic scale.

UV index: UV index je definován následujícím způsobem (podle WHO 2002):

$$UVI = \frac{1}{25} \int_{250nm}^{400nm} I_{\lambda} \cdot s_{er}(\lambda) d\lambda, \quad (1)$$

kde I_{λ} je spektrální intenzita UV záření na vlnové délce λ [$mW \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$] a $s_{er}(\lambda)$ je hodnota erytemového akčního spektra na vlnové délce λ (bezrozměrné číslo).

V praxi většinou známe intenzitu záření na jednotlivých vlnových délkách v UV oblasti. Tuto intenzitu vynásobíme hodnotou akčního spektra pro danou vlnovou délku. Pro vlnové délky 250 až 400 nm sečteme takto vypočítané součiny a výsledný součet dělíme hodnotou 25 $mW \cdot m^{-2}$.

UV index představuje zjednodušené vyjádření intenzity UV záření a jeho schopnosti vyvolávat kožní erytém. Standardně je měřen na jednotku horizontální plochy (WHO 2002). Erytemově vážená intenzita UV záření dopadajícího na šikmá nebo obecně orientované plochy se může od intenzity na horizontální plochu i výrazně lišit, a to jednak geometrií dopadu slunečního záření, ale také např. vlivem odrazu části UV záření od zemského povrchu, typicky při sněhové pokrývce.

K popisu závislosti UV indexu na albedu povrchu v UV oblasti lze použít např. vztah v publikaci Wieganta (2016).

$$f(A) = (1 - 0,25 \times A_0) / (1 - 0,25 \times A), \quad (2)$$

kde $f(A)$ je multiplikativní faktor zvýšení UV indexu, A_0 je UV albedo povrchu bez sněhové pokrývky (např. 0,05) a A je skutečné UV albedo v okolí dané lokality.

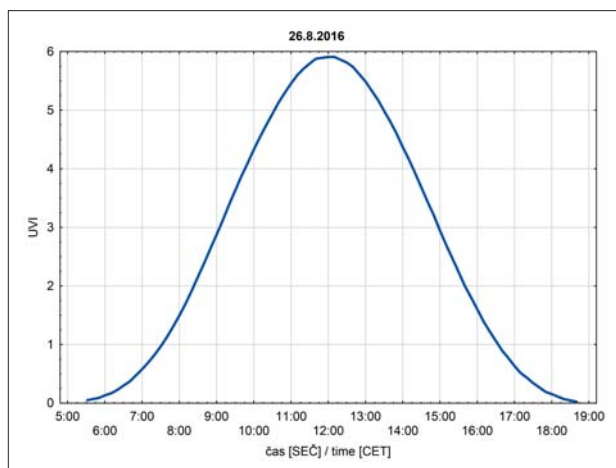
Vliv samotné nadmořské výšky lze pak odhadnout na cca 5–15 % na každý kilometr nadmořské výšky (s výškou hodnoty UV indexu rostou). Odhady vlivu z jednotlivých zdrojů se zde mírně liší.

Je tedy zřejmé, že maximálních hodnot může UV index dosahovat při jasné nebo skoro jasné obloze. Tato hodnota UV indexu se nazývá clear-sky UV index. Je to odhad UV indexu za ideálních podmínek, zejména s ohledem na oblačnost. Při větší oblačnosti jsou skutečné hodnoty UV indexu nižší.

4. DATA

Měření erytemového UV záření v desetiminutovém intervalu pomocí biometru 501 A začalo v síti ČHMÚ na stanicích Hradec Králové (50°10'40" N, 15°50'18" E, 278 m n. m.) a Košetice (49°34'25" N, 15°04'50" E, 532 m n. m.) v roce 1996. V roce 2004 bylo zahájeno měření na stanici Labská bouda (50°46'12" N, 15°32'42" E, 1 315 m n. m.), biometr na této stanici byl však v majetku správy Krkonošského národního parku (KRNP). V roce 2010 začalo měření na čtvrté stanici – Kuchařovice (48°52'52" N, 16°05'07" E, 334 m n. m.). Zatímco měření na stanicích ČHMÚ (Hradec Králové, Košetice a Kuchařovice) trvá dosud, měření na Labské boudě bylo přerušeno po poruše přístroje v roce 2014. Všechny uvedené biometry byly po celou dobu provozu v daných časových intervalech kontrolovány pracovníky SOO Hradec Králové, minimálně formou srovnávacího měření s biometrickým etalonem SOO. Na všech stanicích však existují krátká období bez měření, zapříčiněná zpravidla poruchou čidla nebo nutností převozu čidla do SOO kvůli kalibraci a kontrole.

Z těchto dat byly vybírány denní maximální polední hodnoty UV indexu za jasného nebo skoro jasného počasí. Oblačnost je sice na profesionálních stanicích, kam pat-



Obr. 2 Vývoj hodnot UV indexu za jasného dne (Hradec Králové, 26. 8. 2016).

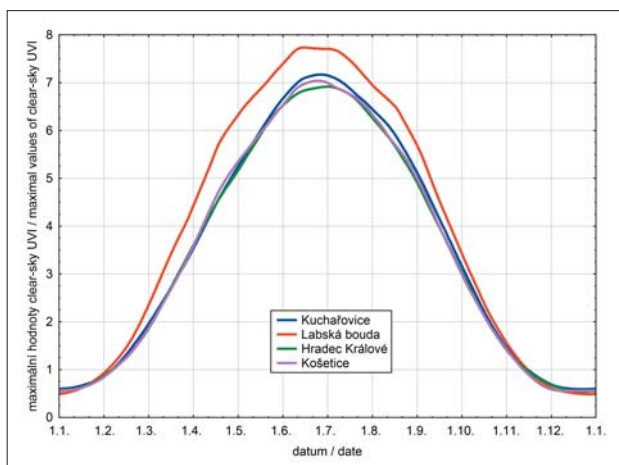
Fig. 2. UV index values during clear-sky day (Hradec Králové, August 26, 2016).

ří i Košetice a Kuchařovice, odhadována každou hodinu, na dobrovolnických stanicích (Hradec Králové, Labská bouda) ale tyto údaje k dispozici nejsou. Další možností bylo nahradit pozorování oblačnosti měřením slunečního svitu. Plně kompatibilní měření délky slunečního svitu, tzn. rovněž v desetiminutovém intervalu, je ale v síti ČHMÚ k dispozici až od roku 2010.

Za období 2010 až 2016 byla tedy vybrána denní maxima průměrných desetiminutových hodnot UV indexu v době od 11:30 do 12:30 SEČ, ale pouze pokud v odpovídajícím desetiminutovém intervalu byl detekován sluneční svit o délce alespoň 540 s (odpovídá nejméně 90 % maximální možné doby slunečního svitu). Omezení na interval 11:30 až 12:30 bylo zvoleno proto, že vlivem časové rovnice, vyplývající z nerovnoměrné úhlové rychlosti oběhu země kolem Slunce v průběhu roku, se právě poledne (kulminace Slunce) může posunovat oproti polední středního slunečního času až o cca 15 minut na obě strany. Navíc je zde i systematický vliv různých zeměpisných délek stanic (časový rozdíl 4 minuty mezi středním polednem a polednem SEČ na každý stupeň zeměpisné délky). V každém případě ale na všech stanicích po celý rok spadá okamžik pravého poledne do intervalu 11:30 až 12:30 SEČ. Požadavek alespoň 90 % maximálního možného slunečního svitu pak vyplývá z poznatku, že malé množství oblačnosti, zejména kupovitá, nemusí výrazněji snižovat intenzitu UV záření, měřenou na povrchu, v některých případech ji může dokonce zvyšovat vlivem odrazu UV záření od oblačnosti. Podobně je tomu u záření ve viditelné oblasti spektra.

Typický průběh hodnot UV indexu během jasného dne je na obr. 2. Z grafu je patrné poměrně ostře vyjádřené maximum hodnot UV indexu v poledních hodinách, přičemž 75 % maximální polední intenzity UV indexu je dosaženo cca dvě hodiny před polednem a dvě hodiny po poledni a 50 % maximální polední hodnoty cca tři hodiny před polednem a tři hodiny po něm. V různých obdobích roku se ale tyto hodnoty mohou mírně lišit.

Hodnoty maximálních poledních UV indexů za jasného počasí byly následně zprůměrovány po jednotlivých kalendářních dnech s cílem získat informace o průměrném ročním chodu této charakteristiky. Vzhledem k malému počtu dní pro dané datum v datovém souboru bylo ale průměrování přes

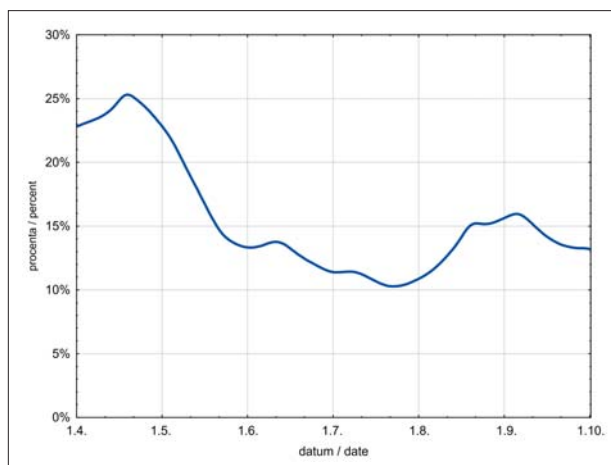


Obr. 3 Průměrné hodnoty poledních maxim clear-sky UVI pro 4 stanice.
Fig. 3. Mean values of noon maxima of clear-sky UVI at 4 stations.

všechny dostupné roky provedeno nejen pro daný kalendářní den, ale v rámci „okna“ ± 5 dnů od daného kalendářního dne. Výsledné hodnoty ovšem byly i tak ovlivněny náhodnými efekty, proto byly následně ještě shlazeny pomocí robustní lokálně vážené regrese.

Výsledné průměrné roční chody maximálních poledních hodnot UV indexu za jasného počasí (clear-sky UV index) ukazují, kromě jasného ročního chodu, pro níže položené stanice Hradec Králové (278 m n. m.), Košetice (532 m n. m.) a Kuchařovice (334 m n. m.) velmi podobné hodnoty, zatímco na stanici Labská bouda (1315 m n. m.) jsou hodnoty vesměs zřetelně vyšší. To má dvě příčiny:

- V letních měsících, kdy se na žádné ze stanic nevyskytuje souvislá sněhová pokrývka, jsou maxima clear-sky UV indexu na Labské boudě systematicky asi o 10–15 % vyšší než na nejbližší nížinné stanici Hradec Králové. S uvážením nadmořských výšek stanic lze konstatovat, že zde dochází ke zvýšení maxim UV indexu asi o 10 % na 1000 m nadmořské výšky. To je jen o něco vyšší hodnota, než jakou většinou uvádí literatura; např. 7–15 % na 1000 m (Fioletov et al. 2010), 2 % na 1000 stop = cca 7 % na 1000 m (EPA 2004), 6–8 % na 1000 m (Vaníček et al. 1999). Evidentně se zde ale projevují i rozdíly ve znečištění atmosféry aerosoly (horská stanice versus nížinná stanice v Hradecko-Pardubické aglomeraci). Reálný odhad vlivu nadmořské výšky pak může být 5–10 % na 1000 m, což je v souladu s většinou publikovaných údajů.
- V březnu a dubnu se projevuje kombinovaný vliv nadmořské výšky a sněhové pokrývky. V tomto období v nížinách již souvislá sněhová pokrývka zpravidla není, zatímco ve vyšších horských oblastech se vyskytuje celkem pravidelně. Tento kombinovaný vliv znamená zvýšení hodnot maxim UV indexu na Labské boudě, oproti níže položeným stanicím, až asi o 25 % s tím, že maximální naměřené zvýšení bylo až o 50 %. Asi 10 % zvýšení maxim UV indexu lze ale přičíst rozdílu nadmořských výšek a odlišným parametrům aerosolového znečištění na obou stanicích, na samotnou sněhovou pokrývku pak zbývá v průměru cca 15% navýšení UV indexu. Podle vztahu (2) by to odpovídalo UV albedu v okolí Labské boudy 0,55 až 0,6. Je ale třeba zdůraznit, že okolí stanice Labská



Obr. 4 Relativní rozdíly průměrných maxim clear-sky UVI na Labské boudě vzhledem k Hradci Králové

Fig. 4. Relative differences of mean clear-sky UVI maxima at Labská bouda vs. Hradec Králové.

bouda nepředstavuje ideální hladký zasněžený povrch, ale jsou to zasněžené nízké smrčiny a kosodřevina. Navíc i v tomto srovnání se mohou projevovat různé parametry aerosolového znečištění na obou stanicích. Nicméně všechno nasvědčuje tomu, že UV albedo zasněženého povrchu v prostoru Labské boudy nedosahuje teoretické maximální hodnoty kolem 0,8.

- Květen je přechodovým měsícem, kdy v okolí stanice Labská bouda zpravidla postupně mizí sněhová pokrývka. Relativní systematické rozdíly mezi maximálními denními hodnotami clear-sky UV indexu na stanici Labská bouda vzhledem ke stanici Hradec Králové jsou na obr. 4.

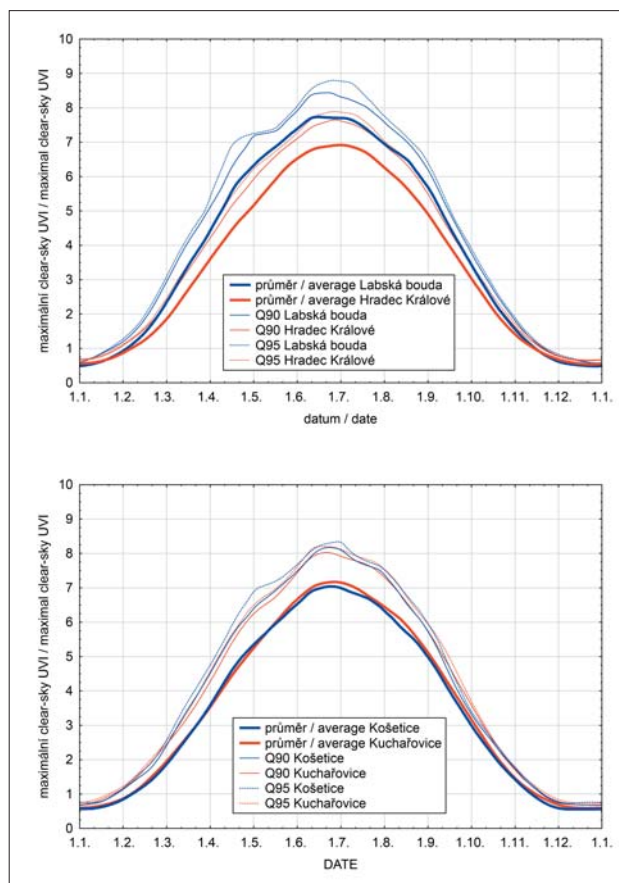
Vliv sněhové pokrývky je zřejmý i z ročního chodu naměřených absolutních měsíčních maxim clear-sky UV indexu za roky 2010–2016. Na stanici Labská bouda se totiž vyskytuje jako na jediné bimodální průběh se sekundárním maximum právě v dubnu, kdy Slunce již vystupuje výše na obloze a vysoké albedo sněhové pokrývky dále výrazně zvyšuje maximální hodnoty clear-sky UV indexu. Souvislá sněhová pokrývka na Labské boudě přitom zpravidla trvá do konce dubna nebo začátku května. To dokládá i tab. 3.

Kromě středních hodnot maximálních poledních clear-sky UV indexů byly vypočítány i jejich 90% a 95% kvantily. 90% kvantil je v průměru překročen v cca 10 % případech, 95% kvantil v cca 5 % případech, jedná se tedy v obou případech o hodnoty v daném ročním období mimořádně vysoké. Výpočet byl proveden identicky výpočtu dlouhodobých průměrů, tedy přes okno ± 5 dní kolem daného kalendářního

Tab. 3 Maximální naměřené hodnoty clear-sky UVI za období 2010 až 2016. Hlavní i podružná maxima jsou vyznačena tučně.

Table 3. Maximum measured values of clear-sky UVI in the period 2010–2016. Primary and secondary maxima are shown in bold.

	Kuchařovice	Labská bouda	Hradec Králové	Košetice
IV.	6,3	8,2	6,2	7,0
V.	7,5	7,4	7,4	7,3
VI.	9,0	9,3	8,3	9,6
VII.	8,6	8,8	8,0	8,7
VIII.	7,9	7,8	7,1	7,8
IX.	6,1	6,4	5,5	6,1



Obr. 5 Průměry, 90% a 95% kvantily hodnot maximálního clear-sky UVI pro 4 stanice.

Fig. 5. Averages, 90% and 95% percentiles of maximum clear-sky UVI values for four stations.

dne, s následným shlazením pomocí robustní lokálně vážené regrese. Výsledky jsou znázorněny na obr. 5.

Z grafů je zřejmé, že pro tři níže položené stanice (Hradec Králové, Košetice a Kuchařovice) jsou aritmetické průměry i 90% a 95% kvantily podobné, zatímco na Labské boudě jsou po většinu roku systematicky vyšší. Střední hodnoty clear-sky UV indexu pro Labskou boudu jsou přibližně na úrovni cca 90–95% kvantilu hodnot pro ostatní stanice. Největší rozdíly mezi Labskou boudou a ostatními stanicemi jsou zřetelné v dubnu, jsou způsobeny kombinací vlivu nadmořské výšky a sněhové pokrývky.

Lineární regresní analýza vztahů mezi anomáliemi celkového množství ozonu v Hradci Králové a anomáliemi maximálních poledních hodnot clear-sky UV indexu ukazuje jasnou a statisticky významnou závislost, kdy 1% změna celkového

Tab. 4 Parametry lineární regrese $UVI_A = a + b \times TOZ_A$ mezi anomáliemi maximálních denních clear-sky UVI (UVI_A) a anomáliemi celkového ozonu (TOZ_A).

Table 4. Linear regression parameters of $UVI_A = a + b \times TOZ_A$ of the relation between anomalies of maximum clear-sky UVI (UVI_A) and total ozone anomalies (TOZ_A).

Stanice	a	b	r_{xy}
Kuchařovice	-0,024	-0,963	-0,64
Labská bouda	-0,046	-1,302	-0,75
Hradec Králové	-0,022	-0,967	-0,67
Košetice	-0,032	-1,340	-0,69

množství ozonu má za následek cca 1,0–1,3% změnu hodnot maximálních poledních UV indexů (nárůst ozonu vede k poklesu UV indexu, pokles ozonu k nárůstu UV indexu). Korelace jsou poměrně vysoké, korelační koeficienty se pro různé stanice pohybují v intervalu -0,64 až -0,75. Anomálie byly počítány jako relativní odchylky naměřených denních hodnot jednotlivých dnů od průměrných hodnot v časové řadě pro daný kalendářní den za celé zpracovávané období.

Parametry lineární regrese pro konkrétní stanice jsou uvedeny v tab. 4.

5. ZÁVĚR

ČHMÚ využívá v provozní praxi předpovědi UV indexu služby TEMIS (Tropospheric Emission Monitoring Internet Service), které jsou vydávány ve spolupráci holandské meteorologické služby KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut) a ESA (European Space Agency). TEMIS vydává předpovědi maximálních hodnot clear-sky UV indexu v poledních hodinách. Předpovědi jsou založeny na satelitních měřeních vlastností ozonové vrstvy a zahrnují aktuální den a následujících 5 dní. Předpovídané hodnoty obsahují korekci na nadmořskou výšku podle topografie GMTED2010 a korekci na sněhovou pokrývku podle dlouhodobých měsíčních průměrů albeda na 340 nm, podle měření přístroje GOME-2 (Global Ozone Measuring Experiment) na družici MetOp A. Měsíční průměrné hodnoty jsou zde interpolovány na denní hodnoty pro daný kalendářní den. Tyto předpovědi jsou zveřejňovány denně v rámci Ozonového a UV zpravodajství ČHMÚ na webových stránkách ČHMÚ.

Speciální upozornění na výrazně zvýšené hodnoty UV indexu jsou v současné době vydávána na základě subjektivního hodnocení těchto předpovědí. Předložené zpracování maximálních poledních hodnot UV indexu při jasné nebo skoro jasné obloze by však mohlo poskytnout objektivnější vodítko pro vydávání upozornění na vysoké hodnoty UV indexu. Zejména zpracování 90% a 95% kvantilů umožňuje posoudit, do jaké míry jsou vyšší naměřené nebo předpověděné maximální polední hodnoty UV indexu běžné, nebo naopak mimořádné pro danou lokalitu a roční dobu.

Umožňuje rovněž kvantifikaci vlivu nadmořské výšky nebo sněhové pokrývky na maximální hodnoty UV indexu. Porovnáním hodnot maximálních poledních UV indexů za jasného nebo skoro jasného počasí ze stanice Labská bouda s výsledky z níže položených stanic (Hradec Králové) lze odhadnout vliv nadmořské výšky na cca 10 % na jeden kilometr výšky. To je o něco vyšší hodnota, než jakou většinou uvádí literatura. Vliv samotné sněhové pokrývky na UV index byl rovněž detekován, kvantitativně se jedná na stanici Labská bouda v průměru asi o +15 %. To odpovídá albedu cca 0,55 až 0,6. Toto albedo je poněkud nižší než v literatuře uváděných 0,8 pro sněhovou pokrývku, odpovídá ale zimnímu charakteru povrchu v okolí Labské boudy (zasněžené nízké smrčiny a kosodřevina). Pro albedo 0,8 vychází korekce UV indexu na sněhovou pokrývku kolem +20 až +25 %.

Závěrem je třeba zdůraznit, že uvedené výsledky se týkají pouze poledních maxim UV indexu za jasné nebo skoro jasné oblohy. Málo oblačné počasí ale bývá spojeno s určitými synoptickými situacemi, zejména anticyklonálními. Ty jsou ale také často doprovázeny podprůměrným množstvím celkového ozonu, což má také vliv na úroveň UV záření. Uplatňuje se zde tedy výběrový efekt. Získané výsledky tak nelze aplikovat na všechny dny obecně, ale skutečně jen na dny s malou nebo žádnou oblačností v poledních hodinách.

Výsledky zpracování budou následně využity při objektivizaci kritérií pro vydávání upozornění na předpokládané vysoké hodnoty UV indexu na území ČR.

Literatura:

- CIE, 2014. Rationalizing Nomenclature for UV Doses and Effects on Humans. CIE/WMO/GAW Technical Report. Joint publication of CIE and WMO (World Meteorological Organization). CIE 209:2014, WMO/GAW Report No. 211. Vídeň 2014. ISBN 978-3-902842-35-0. [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/documents/GAW_Report_211_CIE.pdf.
- EPA, 2004. A Guide to the UV Index. United States Environmental Protection Agency, 2004. [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: <http://www.epa.gov/sites/production/files/documents/uviguide.pdf>.
- FIOLETOV, V., KERR, J. B., FERGUSON, A., 2010. The UV Index: Definition, Distribution and Factors Affecting It. *Canadian Journal of Public Health*, Vol. 101, No. 4 (2010). [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: <http://journal.cpha.ca/index.php/cjph/article/download/1905/2203>.
- KIEDRON, P., STIERLE, S., LANTZ, K., 2007. Instantaneous UV-index and Daily UV Dose Calculations. NOAA-EPA

Brewer Network, 2007. [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/neubrew/docs/UVindex.pdf>.

- VANÍČEK, K., FREI, T., LITYNSKA, Z., SCHMALWIESER, A., 1999. UV-Index for the Public. A guide for publication and interpretation of solar UV Index forecasts for the public. Working Group 4 of the COST-713 Action "UVB Forecasting". Brussels, 1999. [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: http://www.uv-index.ch/images/Leitfaden_COST-713.pdf.
- WHO, 2002. Global Solar UV Index. A Practical Guide. A joint recommendation of the World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, and the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. WHO, 2002. [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: <http://www.who.int/uv/publications/en/UVIGuide.pdf>.
- WIEGANT, E., 2016. Improving satellite-based estimations of UV index and dose and first assessment of UV in a world-avoided. KNMI Scientific Report WR-2016-01, 2016. [online]. [cit. 23.06.2017]. Dostupné z WWW: <http://bibliotheek.knmi.nl/knmipubWR/WR2016-01.pdf>.

Lektor (Reviewer): Mgr. Anna Pribulová, Ph.D.

INFORMACE – RECENZE

30 LET MONTREALSKÉHO PROTOKOLU

V roce 1973 vyslovili chemici Frank Sherwood Rowland a Mario Molina teorii, podle které atomární chlor uvolňovaný z chlorofluorokarbonů (CFC) působením ultrafialového záření ve stratosféře, může pomoci procesu podobných katalytickým rozkládat ozon a tím poškozovat ozonovou vrstvu. Tato teorie byla zpočátku terčem kritiky, zejména ze strany chemických průmyslových kruhů, jejichž ekonomické aktivity byly založeny právě na využívání CFC. Postupně se ale stále více ukazovalo, že tato teorie je správná a CFC představují reálné riziko pro stav ozonové vrstvy. Na základě těchto zjištění byla v roce 1985 podepsána Vídeňská konvence o ochraně ozonové vrstvy. Šlo o rámcovou dohodu, bez konkrétních závazků na redukci emisí CFC. V platnost vstoupila po ratifikaci ve 20 zemích 22. září 1988 a do současnosti ji ratifikovalo 197 států, tedy prakticky všechny členské státy OSN.

Definitivní experimentální potvrzení Rowlandovy a Molinovy teorie přišlo v roce 1985, kdy odborníci z British Antarctic Survey, Joe Farman, Brian Gardiner a Jonathan Shanklin, detekovali výraznou redukci ozonu nad stanicí Halley Bay v Antarktidě a ta byla navíc nezávisle potvrzena odborníky z NASA pomocí satelitních měření. Toto markantní snížení množství ozonu v oblasti tzv. ozonové díry vedlo k potřebě realizace konkrétních kroků zaměřených na redukci emisí CFC. Navíc množství ozonu postupně začalo klesat nejen v antarktické oblasti, ale i v mírných zeměpisných šířkách obou polokoulí. Výsledkem politických jednání byla mezinárodní dohoda, která byla podepsána 16. září 1987 v Montrealu a která poprvé kvantifikovala požadavky na snižování emisí látek poškozujících ozonovou vrstvu. Tato dohoda je známa pod názvem Montrealský protokol. Od jejího podpisu tedy nedávno uplynulo 30 let.

Montrealský protokol vstoupil v platnost 1. 1. 1989 a do současnosti ho ratifikovalo rovněž všech 197 členských států OSN. Z tohoto pohledu jsou Vídeňská úmluva o ochraně ozonové vrstvy a Montrealský protokol první univerzálně ratifikované dohody v historii OSN.

Montrealský protokol představoval ve své době „maximum možného“, ale ještě zdaleka nezaručoval účinnou ochranu ozonové vrstvy v takové míře, jak bylo třeba. Postupně ovšem bylo přijato několik jeho revizí a dodatků. Mezi ty podstatné dodatky patří zejména Londýnský (1990), Kodaňský (1992), Montrealský (1997), Pekingský (1999) a dodatek z Kigali (2016 – ještě nevstoupil v platnost). Lze konstatovat, že teprve kodaňský dodatek z roku 1992 znamenal takové zpřísnění emisí CFC a dalších látek poškozujících ozonovou vrstvu, které mohlo vést k její postupné regeneraci v průběhu 21. století.

Montrealský protokol a jeho dodatky postupně vedly k náhradě nebezpečných CFC (chlorofluorokarbyny) méně nebezpečnými HCFC (hydrochlorofluorokarbyny). I ty jsou ale postupně nahrazovány sloučeninami typu HFC (hydrofluorokarbyny). HFC neobsahují chlor, nejsou tedy nebezpečné pro ozonovou vrstvu, jsou to ale silné skleníkové plyny. Přitom jsou stále používány ve velké míře (např. HFC-134a v automobilových klimatizacích). Jejich redukci a náhradou za méně skleníkově aktivní sloučeniny se zabýval např. dodatek z Kigali (2016). Je zde tedy vidět celkem jasné propojení problematiky ochrany ozonové vrstvy (Montrealský protokol a jeho dodatky) a problematiky ochrany klimatu (Kjótský protokol, resp. Pařížská dohoda).

Výsledky Montrealského protokolu a jeho dodatků jsou nesporné a jasně měřitelné. K největšímu poškozování ozonové vrstvy docházelo v 90. letech 20. století. Od té doby koncentrace reaktivního chloru ve stratosféře zvolna klesají, množství ozonu v mírných šířkách obou polokoulí zvolna roste a i rozsah a hloubka každoroční ozonové díry nad Antarktidou začaly vykazovat klesající trend. Návrat ozonové vrstvy do jejího přirozeného stavu ale i tak potrvá ještě několik desetiletí, a lze ho předpokládat někdy ve třetí čtvrtině 21. století.

Už dnes lze ale konstatovat, že Montrealský protokol se stal dosud nejúspěšnější globální dohodou podobného typu.

Ladislav Metelka

DOBA TRVÁNÍ VEGETAČNÍHO OBDOBÍ V LETECH 1951–2010 V ČESKÉ REPUBLICE

Eva Holtanová, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany; Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8, eva.holtanova@mff.cuni.cz

Anna Valeriánová, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, anna.valerianova@chmi.cz

Lenka Crhová, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany; Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, V Holešovičkách 2, 182 00 Praha 8, lenka.crhova@chmi.cz

Duration of growing seasons in the period 1951–2010 in the Czech Republic. For the assessment of expected climate change and its possible impacts it is necessary to evaluate changes in meteorological characteristics relevant to sectors of interest. Growing seasons are defined as periods with daily mean air temperature above a specific threshold. They are important for evaluation of conditions relevant to agriculture as well as natural ecosystems. The contribution presented is focused on analysis of duration of period with daily mean air temperature above 5 °C, 10 °C and 15 °C in the period of 1951–2010. Attention is paid to differences between 1951–1980 and 1981–2010 periods. Several methods of calculation of the duration of growing seasons under consideration are compared in the first part of the study. Method of linear interpolation of long-term monthly mean values is then used in the second part of the study. The results showed prolongation of growing seasons over most of the area of the Czech Republic. The biggest changes are observed at lower and middle altitudes.

KLÍČOVÁ SLOVA: teplota vzduchu charakteristická – období vegetační – metoda lineární interpolace – metoda robustní lokálně vážené regrese – projekt STARDEX – kumulativní metoda

KEYWORDS: characteristic air temperature – growing season – linear interpolation – robust locally weighted regression – STARDEX project – cumulative method

1. ÚVOD

V roce 2016 byla zaznamenána zatím nejvyšší průměrná roční globální teplota vzduchu od roku 1850, přičemž 16 ze 17 nejteplejších let bylo zaznamenáno v 21. století (WMO 2017). I v regionálním až lokálním měřítku dochází na mnoha místech k nárůstu průměrné roční nebo i sezonní teploty vzduchu. Přestože průměrná roční teplota na území České republiky (ČR) vykazuje poměrně velkou meziroční proměnlivost, můžeme u ní pozorovat dlouhodobě vzestupný trend (Pretel 2010). Pro zhodnocení změny klimatu a jejích možných dopadů na různé sektory lidské činnosti je potřeba sledovat vývoj nejen průměrných hodnot klimatických veličin, ale i charakteristik, které jsou důležité pro daný obor. Průměrné doby trvání průměrné denní teploty vzduchu nad stanovenou mezí, tzv. charakteristické teploty vzduchu, mají význam pro zhodnocení podmínek pro pěstování zemědělských plodin i výskyt volně rostoucích druhů rostlin. Jako charakteristická teplota se volí prahová hodnota pro různé fáze vývoje rostliny, např. biologické minimum teploty vzduchu, jehož překročení je podmínkou počátku vegetace (Kešner 1986). Velmi často se soustřeďuje pozornost na průměrnou denní teplotu vzduchu 5, 10 a 15 °C. Podle Havlíčka a kol. (1986) ohraničuje trvání teploty nad 5 °C období vlastního růstu rostlin a vývoje vegetace. Období s teplotou nad hranicí 10 °C je obdobím příznivých podmínek pro růst a vývin rostlin. Během trvání průměrné denní teploty vzduchu nad hranicí 15 °C nastává intenzivní růst a vývoj vegetace (Havlíček a kol. 1986).

Studie Černochové a Kalvové (2007) a Květoňové (2000) ukázaly, že v průběhu 20. století došlo na území ČR ke změnám doby trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu 5, 10 a 15 °C, soustředily se ovšem jen na několik vybraných meteorologických stanic. V tomto příspěvku je pozornost věnována analýze doby trvání období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a více (dále také uváděno jako velké vegetační období nebo období s T05), 10 °C a více (hlavní vegetační období, období s T10) a 15 °C a více (vegetační léto, období s T15) s použitím všech dostupných měření

ČHMÚ z období 1951–2010. Porovnány jsou zde údaje mezi obdobími 1951–1980 a 1981–2010. V následující kapitole jsou popsány různé metody určování nástupu, konce a trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu. Dále je pro jednu vybranou stanici (Opava) provedeno srovnání výsledků získaných různými metodami s cílem zjistit, do jaké míry může výběr metody ovlivnit výsledky výpočtu. Poté je ukázáno porovnání výsledků jedné vybrané metody pro dvě výše uvedené časová období pro celé území ČR.

2. DEFINICE A ZPŮSOB VÝPOČTU PRŮMĚRNÝCH DÉLEK OBDOBÍ S CHARAKTERISTICKOU TEPLOTOU

Pro stanovení doby trvání období s charakteristickou teplotou se používají různé metody. Mezi nejjednodušší metody patří postup založený na průměrném ročním chodu teploty vzduchu, který byl použitý v Atlasu podnebí ČSR (1958). Tento způsob spočívá v určení průměrných měsíčních teplot vzduchu v zadaném časovém období a proložení křivky průměrného ročního chodu denních teplot metodou lineární interpolace, přičemž měsíční průměry se přiřadí k prostřednímu dni daného měsíce; blíže viz Černochová (2006) nebo Černochová, Kalvová (2007). Průměrná doba trvání období s danou charakteristickou teplotou vzduchu je pak určena jako počet dní, kdy je křivka průměrného ročního chodu nad danou hranicí.

Alternativní metoda určení průměrného ročního chodu teploty na základě dlouhodobých průměrů denních teplot byla testována ve studiích Černochové (2006) nebo Černochové a Kalvové (2007). Je založena na shlazení průměrného ročního chodu denní teploty vzduchu metodou robustní lokálně vážené regrese (RLWR) se dvěma různými šířkami vyhlazovacího okénka $h = 30$ a $h = 15$. V závěru článku Černochové a Kalvové (2007) je konstatováno, že tato metoda je vhodná pro určení průměrných dob trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu. Princip metody je velmi podobný, jako v případě metody lineární interpolace. V obou případech se

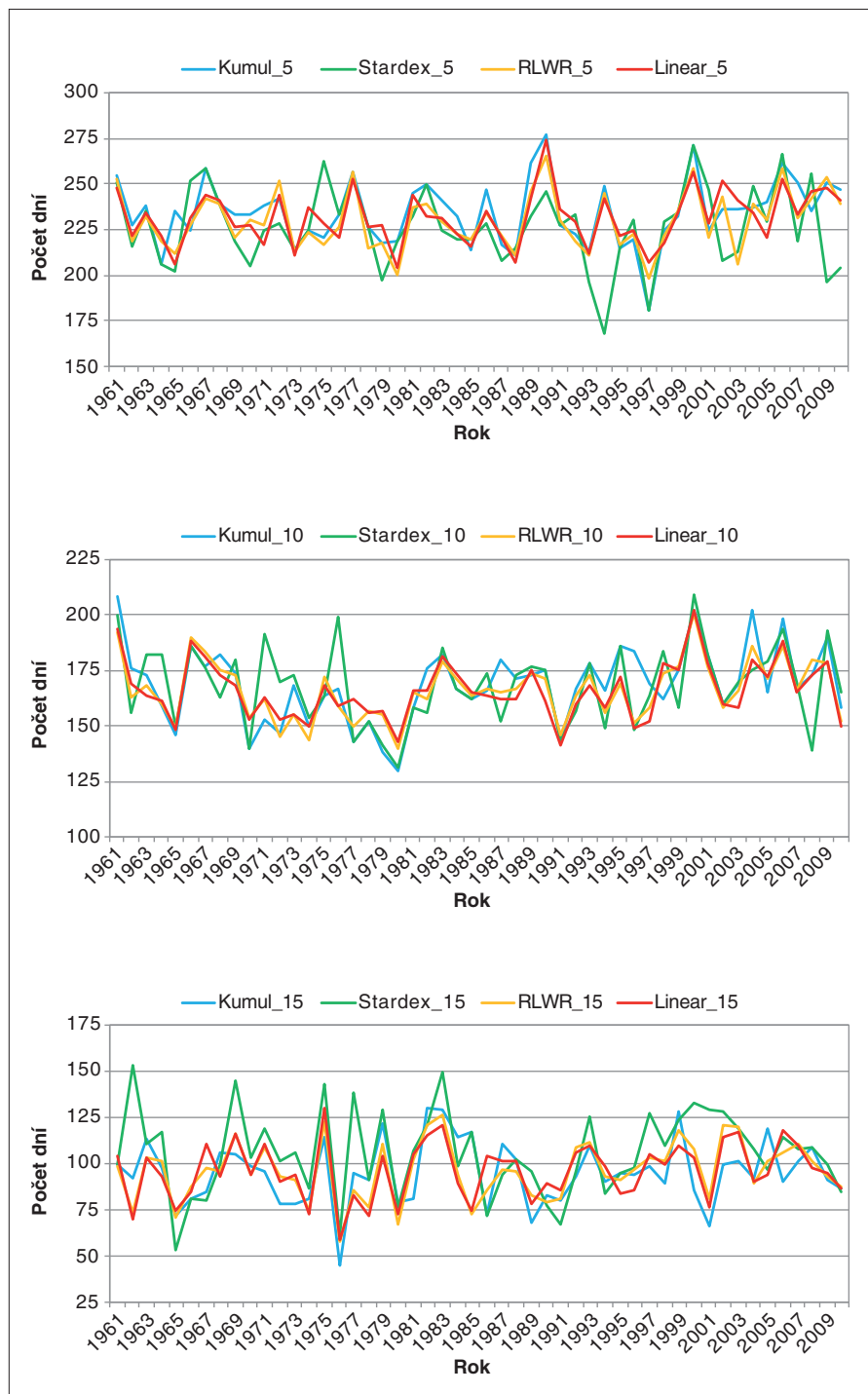
doba trvání období s danou charakteristickou teplotou vzduchu určuje na základě určitým způsobem shladeného ročního chodu teploty. Porovnáním výsledků metody lineární interpolace a metody RLWR pro průměrné doby trvání období s průměrnou teplotou 5, 10 a 15 °C v období 1961–2000 byla v práci Černochové a Kalvové (2007) odhadnuta neurčitost výpočtu spojená s výběrem konkrétní metody výpočtu na 6 dní.

Některé další způsoby určení dob trvání charakteristické denní teploty vzduchu jsou založeny na analýze naměřených denních dat v jednotlivých letech, ne na průměrných hodnotách za delší časové období. Určení trvání období s teplotou nad danou hranicí probíhá pro každý rok zvlášť a zjištěné hodnoty jsou případně následně zprůměrovány přes zvolené časové období. Jeden z takových způsobů výpočtu doby trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu byl představen v projektu Stardex (<http://www.cru.uea.ac.uk/projects/stardex>) a převzat v některých dalších mezinárodních projektech, např. v projektu CECILIA, <http://www.cecilia-eu.org/>. Začátek období s danou charakteristickou teplotou je v tomto případě určen prvním výskytem situace, kdy v šesti po sobě následujících dnech je průměrná denní teplota vzduchu vyšší než daná hranice. Konec je pak stanoven na základě prvního výskytu po sobě jdoucích šesti dní s průměrnou denní teplotou vzduchu pod stanovenou hranicí. Sládek (1989) popsal způsob výpočtu doby trvání období s převládající teplotou nad danou mezí, založený na určení maxima a minima kumulativní součtové řady odchylek průměrné denní teploty vzduchu od dané hranice. Začátek období je dán výskytem maxima této řady, konec výskytem minima.

Výhodou metody lineární interpolace je jednoduchost a rychlost výpočtu, jelikož nepracuje přímo s denními daty ale s dlouhodobými měsíčními průměry. Ovšem nedokáže postihnout roční chod denní teploty a vytváří umělé skoky ve středech měsíců, kterým je přiřazena průměrná měsíční teplota (Květoň 2001). Problémy s rychlostí výpočtu v dnešní době odpadají díky dostupnosti potřebné výpočetní techniky. Na druhou stranu pro možnost srovnání s hodnotami uvedenými ve starších publikacích, např. Atlas pod-

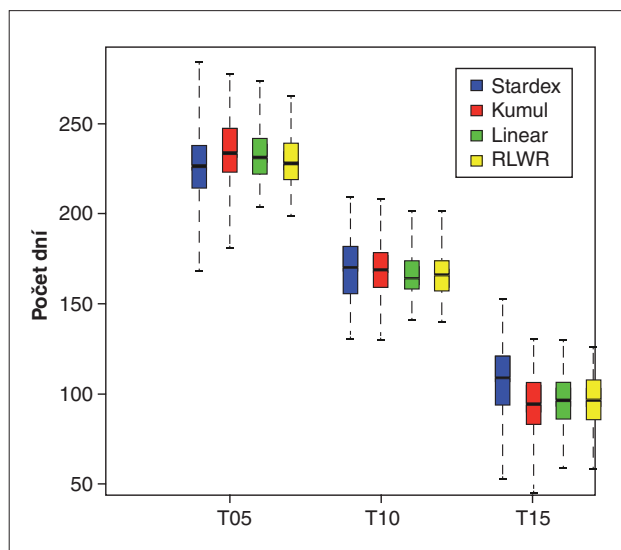
nebí ČSR (1958) je výhodné použít právě metodu lineární interpolace.

Pro zjištění, do jaké míry se liší výsledky různých metod, je následující část studie zaměřena na porovnání výsledků metod lineární interpolace (dále označováno Linear), robustní lokálně vážené regrese (RLWR), metody z projektu Stardex a metody Kumul popsané v publikaci Sládka (1989) pro jednu



Obr. 1 Trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu 5 °C (nahore, označeno _5), 10 °C (uprostřed, _10) a 15 °C (dole, _15) v jednotlivých letech 1961–2010 odvozené metodami kumulativních součtů (Kumul), lineární interpolace (Linear), Stardex a robustní lokálně vážené regrese (RLWR) pro stanici Opava.

Fig. 1. Duration of periods with characteristic air temperature of 5 °C (denoted as _5), 10 °C (_10) and 15 °C (_15) by years of 1961–2010 calculated by methods of cumulative sums (Kumul), linear interpolation (Linear), Stardex and robust locally weighted regression (RLWR).



Obr. 2 Krabicové grafy doby trvání období s teplotou vzduchu 5 °C a vyšší (T05), 10 °C a vyšší (T10) a 15 °C a vyšší (T15) v jednotlivých letech období 1961–2010 na stanici Opava odvozených metodami kumulativních součtů (Kumul), lineární interpolace (Linear), Stardex (Stardex) a robustní lokálně vážené regrese (RWLR). Vyznačeny jsou medián, horní a dolní kvartil a minimum a maximum daného souboru hodnot.

Fig. 2. Box plots of duration of periods with daily mean air temperature above 5 °C (T05), 10 °C (T10) and 15 °C (T15) by years of 1961–2010 at the Opava station calculated by methods of cumulative sums (Kumul), linear interpolation (Linear), Stardex and robust locally weighted regression (RWLR). Median, upper and lower quartiles and minimum and maximum values are visualized in the box plots.

vybranou meteorologickou stanicí. U metody RLWR je použita šířka vyhlazovacího okénka 30 dní.

3. POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ RŮZNÝCH METOD

Porovnání doby trvání charakteristické teploty vzduchu 5, 10 a 15 °C spočtené výše uvedenými čtyřmi metodami bylo provedeno pro stanici Opava pro jednotlivé roky období 1961–2010. Důvodem pro výběr této stanice byla kompletní řada měření za sledované období, umístění stanice bez výrazných změn a poloha stanice v nízké nadmořské výšce.

Na obr. 1 je vidět, že výsledky metod Kumul, Linear a RLWR si navzájem poměrně dobře odpovídají. Naopak doby trvání charakteristické teploty spočtené metodou Stardex jsou v některých letech dosti vzdálené výsledkům ostatních tří metod. V některých letech se například doby trvání období s T15 a T10 téměř shodují, obdobně např. v roce 1994 je trvání období s T05 určená metodou Stardex jen o dva dny delší, než trvání období s T10 určené metodou Kumul. Maximální rozdíly mezi dobami trvání období spočtenými čtyřmi uvažovanými metodami v jednotlivých letech dosáhly u T05 hodnoty 81 dní, u T10 hodnoty 41 dní a u T15 hodnoty 83 dnů. Pokud srovnáme pouze metody RLWR a Linear, rozdíly nepřesáhnou 35 dní a 95 % hodnot rozdílu je menších než 11 dní. Uvažujeme-li však všechny čtyři metody, 95. percentil má hodnotu 37–52 dní, v závislosti na teplotní hranici.

Z obr. 2 je jasné vidět, že statistické rozdělení délek trvání charakteristické teploty vzduchu v jednotlivých letech odvozené metodami Linear a RLWR si jsou podobná, ať už se jedná o hodnoty mediánů, mezikvartilové rozpětí nebo absolutní rozpětí mezi minimem a maximem daného souboru hodnot. Nejodlišnější od těchto dvou postupů jsou výsledky metody

Stardex, zejména pro T05 a T15. U T05 metoda Stardex hodnoty doby trvání období spíše podhodnocuje, medián hodnot je téměř na úrovni spodního kvartilu souborů Linear a RLWR. Metoda Kumul dává o něco méně odlišné výsledky, liší se zde zejména absolutní rozpětí hodnot. Vysoké rozdíly mezi metodou Stardex a ostatními metodami odpovídají u T05 výskytu ojedinělých chladnějších období počátkem října, kdy je dle definice ukončené období trvání T05, přestože obvykle nastane ještě oteplení, které zachytí ostatní uvedené metody. U T15 se jedná naopak o prodloužení doby trvání, které odpovídá krátkodobému oteplení v jarních měsících, které splňuje podmínky definice pro nástup průměrné denní teploty vzduchu 15 °C a více, přestože pak následuje období s nižší průměrnou denní teplotou vzduchu.

Zatím byla věnována pozornost trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu v jednotlivých letech. Velmi často se ale odvozuje a analyzuje spíše průměrné doby trvání těchto období za zvolené delší časové období, zpravidla 10 nebo 30 let. Třicetileté průměry pro dvě časová období jsou uvedeny v tabulce 1. U metod Kumul a Stardex byly průměrné hodnoty určeny jako průměr doby trvání období s danou charakteristickou teplotou vzduchu v jednotlivých letech. U metody Linear byly základem výpočtu dlouhodobé měsíční průměry teploty vzduchu, a u RLWR dlouhodobé denní průměry, tak jak je to obvyklé v dřívějších publikacích, např. Černochovej, Kalvová (2007), Květoňová (2000). Rozdíl mezi hodnotami třicetiletých průměrů dob trvání období spočtených jednotlivými metodami dosahuje většinou 9–11 dní, u T15 dokonce 13 dní (tab. 1). Průměrné délky spočtené RLWR a metodou Linear se navzájem liší maximálně o tři dny.

Z výše uvedeného vyplývá, že výsledky metod Linear a RLWR si navzájem nejlépe odpovídají, což vyplývá z velmi podobné podstaty obou metod (viz výše). Výsledky určené metodou Stardex se jeví naopak velmi odlišné od ostatních metod. Kromě již zmíněných rozdílů stojí za povšimnutí i fakt, že výsledky této metody udávají pro všechny tři zkoumané charakteristické teploty nejmenší změnu průměrné doby trvání mezi obdobími 1961–1990 a 1981–2010, pro T05 dokonce naznačují zkrácení průměrného trvání.

V práci Černochovej (2006) byl proveden odhad chyby určení průměrných délek období s charakteristickou teplotou v důsledku volby určité metody výpočtu. Tento odhad byl stanoven na 6 dní, ale byl založen pouze na porovnání metod Linear a RLWR. Zde prezentované výsledky, při zahrnutí dal-

Tab. 1 Průměrné doby trvání období s charakteristickými teplotami vzduchu 5 °C, 10 °C a 15 °C v obdobích 1961–1990 a 1981–2010 na stanici Opava odvozené metodami kumulativních součtů (Kumul), lineární interpolace (Linear), Stardex a robustní lokálně vážené regrese (RWLR).

Table 1. Average duration of periods with characteristic air temperature of 5 °C, 10 °C and 15 °C in 1961–1990 and 1981–2010 at the Opava station calculated by methods of cumulative sums (Kumul), linear interpolation (Linear), Stardex and robust locally weighted regression (RWLR).

t [°C]		Kumul	Linear	Stardex	RLWR
5	1961–1990	235	224	228	224
	1981–2010	236	228	225	226
10	1961–1990	165	162	167	163
	1981–2010	174	165	169	168
15	1961–1990	95	91	104	92
	1981–2010	98	96	106	97

ších dvou metod, ukázaly, že nejistota spojená s volbou určité metody může být ještě větší.

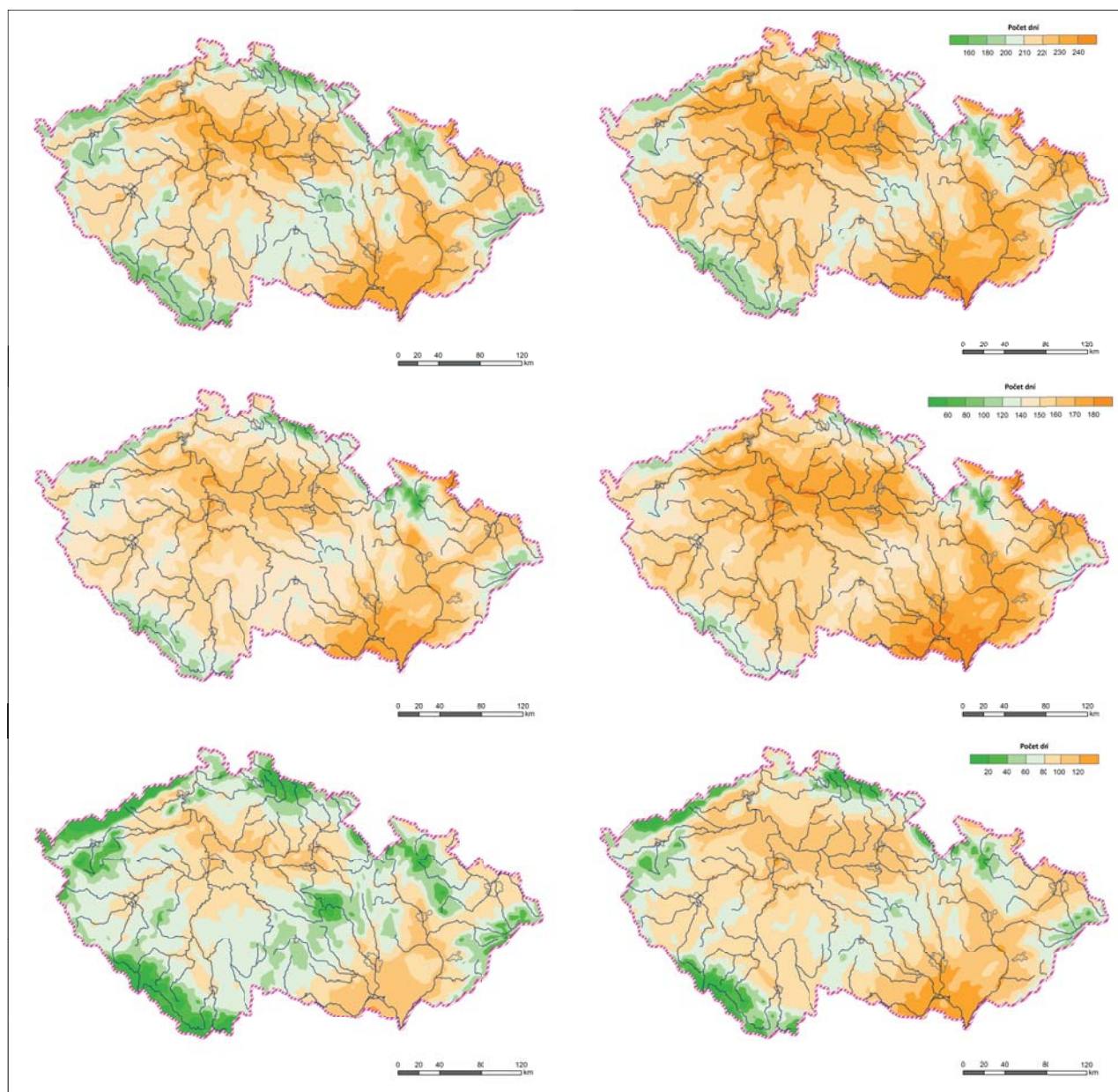
Další část této studie je zaměřena na porovnání trvání T05, T10 a T15 na území ČR v období od roku 1951 do roku 2010. Pro zpracování byla vybrána metoda lineární interpolace, a to zejména s ohledem na případnou možnost následného srovnání výsledků s hodnotami pro první polovinu 20. století (Atlas podnebí ČSR 1958).

4. POROVNÁNÍ PRŮMĚRNÝCH DOB TRVÁNÍ ODBOÍ S CHARAKTERISTICKOU TEPLOTOU VZDUCHU V LETECH 1951–1980 A 1981–2010

Prezentované výsledky jsou založeny na všech dostupných datech staničních měření průměrné měsíční teploty vzduchu z období 1951–2010 z databáze ČHMÚ CLIDATA.

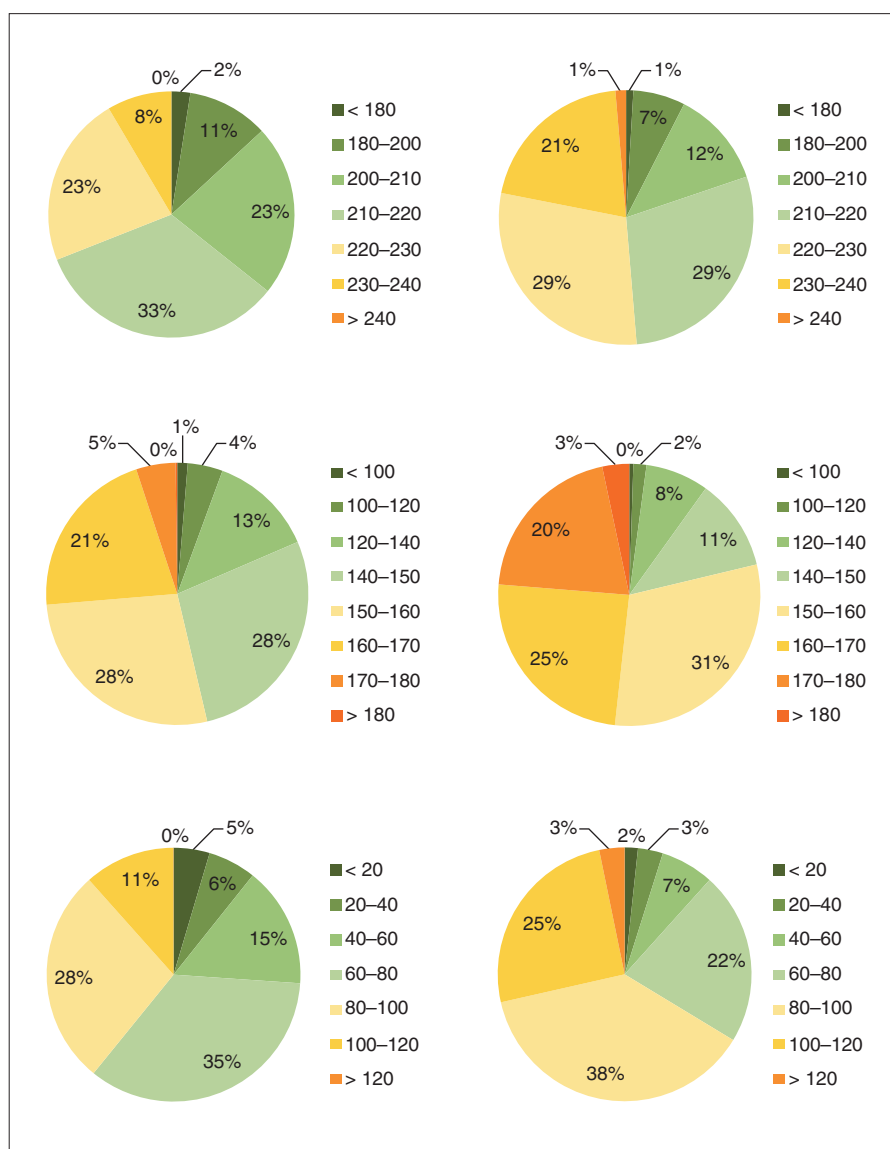
Do zpracování byly zařazeny stanice, které měly za studovanou 30letá období dostupná data alespoň za 25 let. Údaje pro první studované období vycházejí z dat 106 stanic, pro druhé časové období byla data dostupná ze 158 stanic.

Prostorové rozložení průměrného trvání charakteristické teploty koresponduje s rozložením průměrné teploty vzduchu, a obecně tedy platí, že nejdelší doba trvání dané charakteristické teploty vzduchu je pozorována v nížinách, nejkratší naopak v horských oblastech (obr. 3). Z porovnání prostorového rozložení průměrných délek s T05, T10 a T15 v období 1951–1980 a 1981–2010 (obr. 3) je patrné, že na většině území ČR pozorujeme prodloužení trvání období s T05, T10 i T15. K nejvýraznějším změnám dochází v nižších a středních polohách. Na grafech na obr. 4 je znázorněno v procentech plochy území ČR s dobou trvání charakteristické teploty T05, T10 a T15 pro období 1951–1980 a 1981–2010.



Obr. 3 Průměrná doba trvání období s teplotou 5 °C (nahoře), 10 °C (uprostřed) a 15 °C (dole) v obdobích 1951–1980 (vlevo) a 1981–2010 (vpravo) odvozená metodou lineární interpolace (Linear).

Fig. 3. Average duration of daily mean air temperature of 5 °C (top), 10 °C (middle) and 15 °C (bottom) in the periods of 1951–1980 (left) and 1981–2010 (right) calculated by the method of linear interpolation (Linear).



Obr. 4 Plošné rozdělení území ČR [%] pro průměrné doby trvání období s teplotou 5 °C (nahore), 10 °C (uprostřed) a 15 °C (dole) v obdobích 1951–1980 (vlevo) a 1981–2010 (vpravo) odvozené metodou lineární interpolace (Linear).

Fig. 4. Distribution of the area of CZ (in % of area CZ) according to the average duration of daily mean air temperature of 5 °C (top), 10 °C (middle) and 15 °C (bottom) in the periods of 1951–1980 (left) and 1981–2010 (right) calculated by the method of linear interpolation (Linear).

V obou studovaných obdobích bylo u průměrné doby trvání T05 zaznamenáno minimum na stanici Sněžka (110 dní v prvním období a 119 dní ve druhém), maximum v Praze-Klementinu (244 a 256 dní). Na stanicích v nadmořské výšce nad 600 metrů je v období 1981–2010 průměrná doba trvání T05 kratší než 212 dní (v období 1951–1980 nepřekročilo 208 dní), na území pod 300 metrů delší než 224 dní, v předchozím období byl počet vyšší než 216 dní. Nejvýznamněji se u T05 změnil podíl plochy území u doby trvání od 230 do 240 dní, a to z 8 na 21 %, a v období 1981–2010 byla zaznamenána navíc i doba trvání více než 240 dní (obr. 4). Kromě Prahy-Klementina byla hranice 240 dní překročena i na jižní Moravě.

U doby trvání T10 bylo v obou zkoumaných třicetiletích zaznamenáno minimum opět v nejvyšších horských polohách,

na Sněžce je trvání T10 dle zvolené metodiky 0 dní pro obě období. V průměru bylo na Sněžce zaznamenáno 32,8 dne s průměrnou denní teplotou 10 °C a více v období 1951–1980 a 41,9 dne v období 1981–2010. Maximum v prvním období bylo na stanici Mikulov, okres Břeclav (182 dní), v druhém na stanici Praha-Klementinum, a to 193 dní, přičemž stanice Mikulov ukončila měření teploty vzduchu v roce 1983. V Praze-Klementinu byla průměrná doba trvání T10 v prvním období 180 dní (druhá nejvyšší hodnota po Mikulově). U stanic s nadmořskou výškou nad 600 metrů je v pozdějším období zjištěná doba trvání T10 kratší než 153 dní (v období 1951–1980 kratší než 146 dní), u stanic pod 300 metrů naopak delší než 163 dní (153 dní v prvním období). Jak dokumentují mapy na obr. 3 i grafy na obr. 4, došlo v období 1981–2010 k rozšíření oblasti s dobou trvání T10 nad 180 dní (na území Prahy, v Polabí a na jižní Moravě v oblastech, kde v dřívějším období byla pozorována průměrná doba trvání 170–180 dní).

Pro T15 byla v prvním období na 11 stanicích (s nadmořskou výškou nad 730 m, většinou horské stanice) zaznamenána nulová průměrná doba trvání. V pozdějším třicetiletí bylo nalezeno 10 stanic s nulovou dobou trvání T15, z nichž ale více než polovina nemá k dispozici měření pro první období, takže údaje nelze dobře porovnat. Podobně jako u T10 byla maximální doba trvání T15 zaznamenána pro stanici Mikulov (121 dní) a pro druhé období pro Prahu-Klementinum (132 dní). U stanic s nadmořskou výškou nad

600 metrů je v pozdějším období zjištěná doba trvání T15 nižší než 74 dní (v období 1951–1980 nižší než 66), u stanic pod 300 metrů naopak delší než 95 dní (82 dní). U T15 je na obr. 3 a 4 vidět posun a rozšíření oblastí s průměrnou dobou nad 80 dní. Za pozornost stojí i výrazné prodloužení období s T15 na některých stanicích, nejdelší u Svratouchu o 56 dní (viditelné na obr. 3). V období 1951–1980 byla průměrná měsíční teplota na této stanici v červenci a srpnu těsně pod 15 °C, a v druhém období pak přesahovala 16 °C. V prvním sledovaném období 1951–1980 se tudíž období s T15 na této stanici nevyskytlo vůbec (v průměru), v druhém už ano. Neznačená to ovšem, že by v prvním třicetiletí nebyly roky, kdy průměrná měsíční teplota v letních měsících vystoupila nad 15 °C. Naopak, v červenci byla tato hranice překonána ve 14 letech a v srpnu v 8 letech z 30.

5. ZÁVĚR

V prezentovaném příspěvku byl podán stručný přehled různých metod výpočtu průměrné doby trvání období s charakteristickou teplotou vzduchu a zhodnoceno prostorové rozložení průměrné doby trvání období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5, 10 a 15 °C v období 1951–1980 a 1981–2010 na území ČR. U všech zkoumaných hodnot charakteristické teploty pozorujeme nárůst počtu dní jejich trvání. Prodloužení doby trvání tzv. velkého i hlavního vegetačního období je spojeno zejména s dřívějším nástupem průměrné teploty vzduchu 5 a 10 °C v jarním období (o 5–7 dní). U vegetačního léta dochází k srovnatelnému prodloužení trvání na začátku i na konci letní sezony, nejčastěji se posuny pohybují mezi 3 až 8 dny.

Zjištěné změny nejsou významně ovlivněny rozdílným počtem stanic použitých pro výpočty v obou časových obdobích. Pro období 1981–2010 byly vytvořeny i mapy z menšího počtu stanic, ale výsledky byly velmi podobné.

Vizuální srovnání map na obr. 3 s odpovídajícími mapami pro první polovinu 20. století v Atlase podnebí ČSR (1958) ukázalo, že v průběhu 20. století zcela jistě došlo k prodloužení doby trvání zkoumaných hodnot charakteristické teploty vzduchu na území ČR. Pro teplotu 5 °C je prodloužení patrné zejména ve středních Čechách a na Vysočině (prodloužení o 10–20 dní). U teploty 10 °C se prodloužení projevilo více i na jižní Moravě, kde v první polovině 20. století průměrná doba užšího vegetačního období nepřekročila 180 dní, již v období 1951–1980 ale tato hranice byla překonána na velké části jihu Moravy. I na ostatním území ČR došlo k prodloužení, většinou opět o 10–20 dní. Pro teplotu 15 °C se prodloužení doby trvání ukazuje až pro období 1981–2010, srovnání údajů uvedených v Atlase podnebí ČSR (1958) s výsledky získanými v této studii pro období 1951–1980 neukázalo téměř žádný rozdíl.

Možný vývoj průměrné doby trvání období s charakteristickou teplotou v budoucnosti lze odhadovat na základě výstupů regionálních klimatických modelů. Modelové výstupy jsou zatíženy řadou nejistot (Holtanová, Kalvová 2015), na které se samozřejmě při zpracování musí brát zřetel. Jednou z cest, jak neurčitosti zohlednit, je použít soubory více modelů, místo zaměření se na jeden konkrétní model. V práci Šácha (2010) byla provedena analýza devíti simulací regionálních klimatických modelů z projektu ENSEMBLES (van der Linden, Mitchell 2009) pro dvě geografické oblasti v ČR, konkrétně pro okolí stanic Žatec a Husinec. Použita byla metoda RLWR. Pro referenční období 1961–1990 byly nalezeny nezanedbatelné odchylky simulovaných průměrných dob trvání období od pozorovaných hodnot. Modelové změny pro období 2021–2050 při předpokladu emisního scénáře A1B (Nakićenović, Swart 2000) udávají prodloužení trvání období s T05 a T10 o 5–10 % oproti referenčnímu období 1961–1990. Pro průměrnou dobu trvání T15 je rozmezí modelových výsledků velké. Pro okolí stanice Žatec dávají modely změnu doby trvání vegetačního léta o 0–35 %, pro okolí stanice Husinec dokonce o 0–100 %. Prodloužení menší než 8 dní ale dává pouze jeden regionální model. Nejkratší a nejdelší prodloužení navíc dávají modely, které byly vyhodnoceny jako nejméně úspěšné v simulaci průměrné doby trvání T15 v referenčním období. Velké prodloužení u některých modelů je dáno tím, že pro tuto relativně výše položenou lokalitu mají často v referenčním období maximum průměrného ročního chodu teploty pod 15 °C nebo jen těsně nad touto hranicí, ale pro období 2021–2050 dochází ke zvýšení maxima ročního chodu.

Prodloužení průměrné doby trvání vegetačního období neznamená automaticky zlepšení podmínek pro pěstování zemědělských plodin, ani nelze jednoduše odhadovat reakci přirozených ekosystémů na změněné podmínky. Důležitý vliv mají totiž i další meteorologické prvky a jejich změny, zejména změny v množství srážek a jejich rozložení během roku. Pro zhodnocení dopadů zjištěných teplotních změn by tedy bylo třeba provést širší analýzu, což leží mimo cíle této studie.

Literatura:

- Atlas podnebí ČSR, 1958. kolektiv autorů: Atlas podnebí Československé republiky 1901–1950. Praha: Hydrometeorologický ústav, 379 s.
- ČERNOCHOVÁ, E., 2006. Změny délek období s charakteristickými teplotami vzduchu. [Diplomová práce.] Praha: MFF UK. 71 s.
- ČERNOCHOVÁ, E., KALVOVÁ, J., 2007. Změny délek období s charakteristickými teplotami, *Meteorologické zprávy*, roč. 60, č. 3, s. 85–90. ISSN 0026-1173.
- HAVLÍČEK, V. a kol., 1986. Agrometeorologie. Praha: Státní zemědělské nakladatelství. 264 s.
- HOLTANOVÁ, E., KALVOVÁ, J., 2015. Neurčitosti výstupů regionálních klimatických modelů. *Meteorologické zprávy*, roč. 68, č. 4, s. 116–123.
- KEŠNER, B., 1986. Agrometeorologie. Praha: Vysoká škola zemědělská Praha. 2. vydání. 272 s.
- 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*, sv. 30. Praha: ČHMÚ. ISBN 80-85813-91-2. ISSN 1210-7565.
- KVĚTOŇOVÁ, H., 2000. Charakteristické denní teploty vzduchu v České republice. [Bakalářská práce.] Praha: MFF UK. 23 s.
- NAKIĆENović, N., SWART, R. (eds.), 2000. Emissions Scenarios. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 92-9169-113-5.
- PRETEL, J. (ed.), 2010. Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Technické shrnutí 2007–2011 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 30. 11. 2017]. Dostupné z WWW: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/ok/klimazmena/files/vav_TECHNICKE_SHRUTI_2011.pdf.
- SLÁDEK, I., 1989. Určování nástupu a ukončení zvolených teplot vzduchu metodou součtových řad odchylek. *Meteorologické zprávy*, roč. 42, č. 2, s. 52–56. ISSN 0026-1173.
- ŠÁCHA, P., 2010. Délky vegetačního období odvozené z výstupů regionálních klimatických modelů. [Bakalářská práce.] Praha: MFF UK. 41 s.
- VAN DER LINDEN, P., MITCHELL, J. F. B. (eds.), 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK. 160 s.
- WMO, 2017. WMO Statement on the status of the global climate in 2016. WMO-No 1189 [online]. World Meteorological Organization [cit. 30. 11. 2017]. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/opac/doc_num.php?explnum_id=3414.

Lektoři (Reviewers): Mgr. Stanislava Kliegrová, Ph.D., Ing. Věra Kožnarová, CSc.

VLIV STŘEDOMOŘSKÝCH TLAKOVÝCH NÍŽÍ NA ČETNOST VÝSKYTU VYDATNÝCH SRÁŽEK A KALAMITNÍCH SNĚŽENÍ VE VYBRANÝCH REGIONECH ČESKÉ REPUBLIKY

Vít Květoň, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, vit.kveton@chmi.cz

Michal Žák, Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany a Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, michal.zak@chmi.cz

Effect of Mediterranean cyclones in relation to occurrence of heavy precipitation and extreme snowfall in the Czech Republic. Occurrence of the extreme snowfalls and heavy precipitation in the Czech Republic is analysed with reference to CHMI synoptic weather type classification. Statistically significant synoptic types for heavy snowfalls in the Czech Republic are: northeast cyclonic situation (NEc), low pressure trough over central Europe (B), cyclone over central Europe (C), north cyclonic situation (Nc) and northwest cyclonic situation (NWc). For heavy precipitation statistically significant synoptic types are: cyclone over central Europe (C), low pressure trough over central Europe (B), northeast cyclonic situation (NEc) and low pressure trough moving over central Europe (Bp). Special attention is given to cyclones originating in Mediterranean. This region experiences regeneration and development of cyclones in the sub-region of Adriatic Sea and Bay of Genoa and these cyclones then move to Balkan and central Europe. These cyclones move usually slowly and partly retrograde and have distinct advection of warm and wet air at higher levels.

KLÍČOVÁ SLOVA: kalamitní sněžení – vydatné srážky – povětrnostní situace – statistické zpracování – středomořské tlakové níže

KEYWORDS: extreme snowfall – heavy precipitation – weather situations – statistical analysis – Mediterranean cyclones

1. ÚVOD

Epizody se silným sněžením nebo deštěm mají velmi negativní důsledky v dopravě, energetice a ve fungování celé ekonomiky v České republice. Ze synoptického hlediska je důležité studovat jejich vazbu se synoptickými procesy. Podle zkušeností povětrnostních prognostiků je velké množství těchto epizod způsobeno tlakovými nížemi, jejichž dráha začíná nebo vede přes oblast Středozemního moře. Tento region je zpravidla zdrojem vlhkosti i energie. Proto tyto tlakové níže při svém postupu do střední Evropy často přinášejí trvalé a vydatné srážky (Sandev 2017). K tomu přispívá i jejich pomalý a často retrográdní postup. Cílem tohoto článku je objektivizovat výše uvedené zkušenosti statistickou analýzou výskytu kalamitních sněžení a vydatných srážek ve vztahu k povětrnostním situacím. Článek navazuje na přednášky přednesené na konferenci v Řecku v roce 2005 (Žák, Květoň 2005; Květoň, Žák 2005), a na článek Květoně a Žáka (2012), přičemž podstatně rozšiřuje původně zpracované období.

2. DATA A METODA ZPRACOVÁNÍ

Zpracována byla denní data o denním úhrnu srážek a výšce nové sněhové pokrývky z digitální databáze ČHMÚ CLIDATA a denní povětrnostní situace publikované na webových stránkách ČHMÚ (2017a) za období 1961 až 2016. Byly použity standardní srážkoměrné a klimatologické stanice měřící síť ČHMÚ, tj. sta-

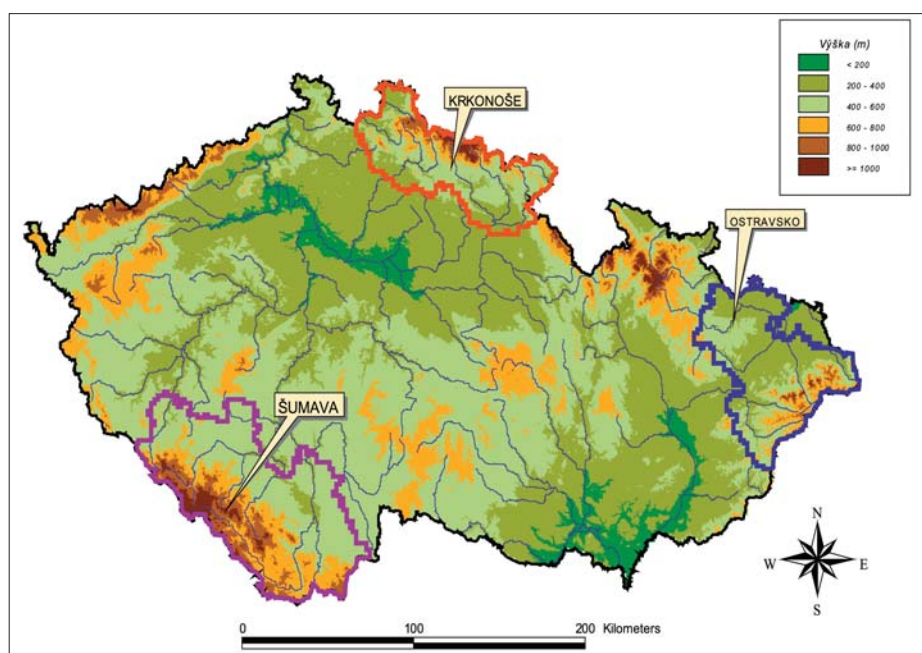
nice s druhým znakem indikativu 1, 2, 3. S ohledem na proměnlivost staniční sítě a občasně výpadky pozorování byla po kontrole odlehklých hodnot použita validní měření všech stanic měřících v tom kterém dni v dané oblasti. Přehled počtu použitých stanic a jejich nadmořské výšky jsou uvedeny v tab. 1, včetně kolísání těchto hodnot během zkoumaného období. Pro účely této studie se jeví zvolený postup jako použitelný a vhodnější než pracné a leckdy diskutabilní vytváření technických řad, neboť rozdílnost denních oblastních průměrů nadmořských výšek není velká, protože hydrometeorologický ústav se snaží udržovat i podobné místní a výškové rozložení staniční sítě.

Studovány byly tři oblasti Česka, které se liší orografickými poměry, a povětrnostní situace se v nich projevu-

Tab. 1 Základní statistické charakteristiky vstupních meteorologických dat. Období 1961–2016. Počet dní pro sníh je 11 886, pro úhrn srážek 11 984.

Table 1. Basic statistical characteristics of input meteorological data. Period 1961–2016. Number of observed days with snow: 11 886, with precipitation: 11 984.

Prvek	Charakteristika	Oblast	Průměr	Medián	Modus	Minimum	Maximum
Nový sníh (říjen až duben)	Počet stanic	Krkonoše	48	49	51	33	53
		Ostravsko	62	61	61	54	74
		Šumava	53	54	63	28	64
	Oblastní průměr výšky stanic [m n. m.]	Krkonoše	504	503	501	464	536
		Ostravsko	438	438	439	422	453
		Šumava	698	701	701	659	715
Úhrn srážek (duben až říjen)	Počet stanic	Krkonoše	50	51	51	36	57
		Ostravsko	63	62	61	54	74
		Šumava	54	57	63	31	65
	Oblastní průměr výšky stanic [m n. m.]	Krkonoše	511	505	501	468	563
		Ostravsko	437	436	439	424	453
		Šumava	696	700	701	650	710



Obr. 1 Vyhodnocované oblasti Česka.

Fig. 1. Evaluated regions of Czechia.

jí zpravidla odlišně. Tyto oblasti jsme pro zkrácení nazvali „Krkonoše“, „Ostravsko“ a „Šumava“. Dále budou názvy oblastí uváděny bez uvozovek. Oblasti byly pro jednoduchost vymezeny hranicemi okresů, přičemž byly vynechány okresy, v nichž se nevyskytovaly stanice s nadmořskou výškou nad 300 metrů a s délkou pozorování alespoň tři roky. Pro oblast Ostravsko jsme se omezili na okresy Frýdek-Místek, Opava, Nový Jičín a Vsetín, do oblasti Krkonoše byly zahrnuty okresy Jablonec nad Nisou, Liberec, Náchod, Semily a Trutnov. Oblast Šumava pro účely této práce zahrnuje okresy České Budějovice, Český Krumlov, Klatovy a Prachatice (obr. 1).

Synoptická typizace (ČHMÚ 2017a) byla vytvořena kolektivem pracovníků Hydrometeorologického ústavu Československé republiky začátkem 60. let 20. století (Brádka a kol. 1961). Vychází z typizace B. P. Multanovského, založené na definici přirozených synoptických období (Brádka 1955), která je vhodná pro studium cirkulačních poměrů, a dále z typizace P. Hesse a H. Brezowského (1952), která uvažuje takové dynamické aspekty, jako je přesun uzavírajících anticyklon, přechod front, polohu řídicích tlakových útvarů a frontálních zón v Evropě apod. Rozlišuje 28 situací. Každému dni je připsána pouze jedna situace platná pro celé území Česka (od roku 1991), resp. Československé republiky (do roku 1990).

Pro účely této práce byl testován výskyt dní s význačnými srážkami v závislosti na povětrnostních situacích. V chladné části roku (dále sezona) byla testována denní výška nového sněhu, v teplé sezoně denní úhrn srážek. Po předběžných testech byla chladná sezona definována jako část roku od 1. října do 30. dubna, protože v ostatních měsících se kalamišní sněžení nevyskytuje. Teplá sezona byla definována jako část roku od 1. dubna do 31. října. Vzájemné překrývání rozlišovaných sezon je dáno častým výskytem kapalných i tuhých srážek v hraničních měsících. Hranice význačných srážek byly stanoveny mj. s ohledem na kritéria statistických testů. K tomu účelu se využily jednak dříve zpracované výsledky pro obdo-

bí 1961 až 2010 (Květoň, Žák 2012), jednak byly vypočteny počty dní, kdy oblastní průměr denní výšky nového sněhu, resp. denního úhrnu srážek překročil různé meze, a to pro studované regiony, sezony a období 1961 až 2016 (tab. 2).

Na základě těchto výsledků byly jako dny s kalamišním sněžením definovány dny s oblastním průměrem výšky nového sněhu 8 cm a výše. Oblastní průměr pro daný den byl počítán jako aritmetický průměr výšky nového sněhu naměřené v tomto dni na všech stanicích v příslušné oblasti. Dny s vydatnými srážkami byly definovány jako dny s oblastními průměry srážek 18 mm a výše.

Zvolené meze jsou kompromisem mezi kritériem Systému integrované výstražné služby (SIVS): vydatný déšť alespoň

40 mm za 24 hodin, nová sněhová pokrývka alespoň 15 cm za 24 hodin v polohách do 600 m n. m. (ČHMÚ 2017b) a statistickým požadavkem na minimální velikost datového souboru. Poznamenejme, že SIVS v ČR nařizuje vydat výstrahu při očekávaném výskytu nového sněhu alespoň 7 cm za 12 h v oblastech s nadmořskou výškou do 600 m. Jedná se přitom o staniční hodnoty, tj. o hodnoty naměřené na jednotlivých stanicích.

Souvislost výskytu význačných srážek s povětrnostními situacemi byla testována χ^2 testem dobré shody (Anděl 1978). Statistika testu se počítá dle vzorce

Tab. 2 Počet dní se srážkami nad zvolenou mezí v závislosti na regionu, období 1961–2016.

Table 2. Number of days with precipitation above a given limit by region. Period 1961–2016.

Mez (pro srážky [mm], pro sněh [cm])	Nový sněh (říjen až duben)			Úhrn srážek (duben až říjen)		
	Krkonoše	Ostravsko	Šumava	Krkonoše	Ostravsko	Šumava
5	632	500	466	2 068	2 121	1 948
8	228	198	179	1 187	1 291	1 075
10	139	105	90	835	965	771
12	86	57	40	588	739	553
14	46	34	20	437	572	404
15	31	26	19	370	503	333
16	22	19	14	309	431	289
17	17	16	9	279	377	254
18	11	13	7	231	336	225
19	6	11	7	196	291	201
20	4	11	6	170	258	171
25	0	3	1	80	137	88
30	0	1	0	43	77	48

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n (\chi_j^2), \quad (1)$$

kde n je počet všech rozlišovaných tříd (povětrnostních situací). To odpovídá $n-1$ stupňům volnosti rozložení χ^2 . Příspěvek jednotlivých tříd k výsledné hodnotě statistiky (1) činí:

$$\chi_j^2 = \frac{(obs_j - exp_j) \times (obs_j - exp_j)}{exp_j}, \quad (2)$$

kde obs_j je pozorovaná a exp_j očekávaná četnost dní s význačnými srážkami nad danou mezí výskytu při j -té povětrnostní situaci. Očekávaná hodnota exp_j se počítá jako násobek celkového počtu pozorovaných případů a empirické pravděpodobnosti výskytu dané povětrnostní situace počítané jako poměr celkového trvání dané situace vzhledem k délce sledovaného období.

V případě zamítnutí hypotézy rovnoměrného výskytu význačných srážek bylo, spíše prospektivně než verifikačně, na základě velikosti hodnoty χ_j^2 a znaménka rozdílu pozorované a očekávané hodnoty posuzováno, které situace se na nerovnoměrném výskytu nejvíce podílejí:

$$\text{sgn}\chi_j^2 = \text{sgn}(obs_j - exp_j) \times \chi_j^2 \quad (3)$$

Tab. 3 Nejvyšší oblastní průměry nového sněhu při jednotlivých synoptických situacích. Období 1961–2016, říjen až duben.

Table 3. The highest regional average of new snow cover for all synoptic types. Period 1961–2016, October–April.

Situation	Oblast					
	Krkonose		Ostrava		Šumava	
	Datum	Nový sněh [cm]	Datum	Nový sněh [cm]	Datum	Nový sněh [cm]
A	01.12.1962	1,6	04.03.1963	4,8	19.01.1968	1,6
Ap1	27.12.2009	1,5	27.12.2009	0,6	27.12.2009	1,3
Ap2	27.01.1975	7,6	21.01.2016	3,0	28.02.2006	3,0
Ap3	01.01.2003	2,9	12.12.2012	2,9	08.03.2006	4,5
Ap4	16.02.1981	2,0	15.02.1981	3,0	12.02.2011	1,7
B	05.03.1970	18,5	31.03.2013	26,7	02.01.2006	21,6
Bp	30.12.1977	19,0	03.04.1970	23,2	31.12.1977	15,6
C	06.12.1998	18,3	19.02.1996	22,9	29.03.1979	28,4
Cv	10.02.1983	7,5	10.02.1983	11,6	09.02.2012	9,1
Ea	28.02.1980	4,0	20.01.1979	4,3	11.03.1972	6,2
Ec	08.03.1988	17,6	27.02.1971	15,3	17.01.2013	16,9
Nc	21.12.2001	22,9	15.02.2012	23,5	15.02.2005	15,1
NEa	01.12.1973	4,4	14.03.2016	6,2	12.12.2009	4,7
NEc	14.12.2010	20,9	30.12.2005	33,5	23.04.1980	24,3
NWa	26.01.1964	5,1	30.11.1962	2,5	17.03.1970	1,6
NWc	26.01.1993	21,8	22.02.2001	15,1	12.11.2007	13,2
Sa	24.01.1970	0,4	24.01.1970	1,2	06.01.1974	3,7
SEa	24.12.1976	3,4	24.12.1976	1,1	22.02.1982	1,9
SEc	22.11.1993	17,5	02.04.1996	29,3	24.01.1996	15,4
SWa	28.01.1969	0,6	07.12.1964	3,1	10.01.1962	0,5
SWc1	17.01.1969	7,4	19.01.1969	5,9	04.01.2016	4,0
SWc2	05.12.2010	6,6	06.12.1961	15,5	01.01.1962	12,7
SWc3	03.03.1965	9,2	05.12.1992	12,8	29.01.1977	12,9
Vfz	20.02.1970	15,6	19.02.1975	12,1	02.03.1987	24,3
Wa	06.01.1962	3,7	06.01.1962	4,1	27.12.1982	1,0
Wal	–	–	–	–	–	–
Wc	02.02.2010	15,8	13.12.1973	8,2	14.03.1988	11,4
Wcs	02.02.1970	14,9	10.02.2016	10,1	04.03.2006	15,6

Byla testována nulová hypotéza, že frekvence výskytu dní s význačnými srážkami při cyklonálních situacích se rovná očekávané hodnotě, tj. že se tyto dny vyskytují rovnoměrně za všech cyklonálních povětrnostních situací. Podrobnější dokumentaci obsahuje následující kapitola. Postup výpočtu je zřejmý z tab. 7 a 12.

Při testování této hypotézy nebyly uvažovány anticyklonální situace. Jejich zahrnutí jakožto jednotlivých situací by výrazně zvýšilo požadavky na velikost datového souboru z hlediska statistických předpokladů testu. Ty požadují, aby očekávaný počet případů při každé rozlišované třídě, v našem případě při každé rozlišované povětrnostní situaci, byl nejméně 5, přičemž dle Brádky (1955) lze připustit pro nejvýše 20 % rozlišovaných tříd hodnotu nižší, ale větší než 1. Z těchto důvodů byly také sloučeny situace Wc1 až Wc3.

Při anticyklonálních situacích se definované význačné srážky vyskytují jen sporadicky v teplém období roku. Výjimkou je situace Wal, která se nejvýrazněji projevila na Ostravsku, a z toho důvodu byl pro Ostravsko její vliv také otestován.

Tab. 4 Nejvyšší staniční výška nového sněhu zaznamenaná při jednotlivých povětrnostních situacích za období 1961–2016, oblast Krkonose, říjen až duben.

Table 4. The highest station values of new snow cover for all weather types. Period 1961–2016, Krkonose region, October–April.

Situation	Stanice	Nadm. výška [m]	Datum	Nový sněh [cm]
A	Josefův Důl	590	14.12.2004	13
Ap1	Kořenov, Jizerka	865	25.01.1979	6
Ap2	Vrbatová bouda, Vítkovice	1 410	17.11.1973	20
Ap3	Horní Maršov	565	01.01.2003	23
Ap4	Svatý Petr, Špindlerův Mlýn	870	04.01.1990	13
B	Labská bouda	1 300	21.02.1993	50
Bp	Dolní Dvůr, Rudolfovo	570	30.12.1977	62
C	Harrachov	706	06.12.1998	66
Cv	Luční bouda	1 413	31.01.2009	35
Ea	Svatý Petr, Špindlerův Mlýn	870	27.02.1980	15
Ec	Dolní Dvůr, Rudolfovo	570	08.03.1988	52
Nc	Desná, Souš	772	22.12.1986	60
NEa	Mníšek, Fojtka	390	01.12.1973	21
NEc	Harrachov	706	14.12.2010	65
NWa	Rokytnice nad Jizerou, Vilémov	525	26.01.1964	18
NWc	Labská bouda	1 300	26.01.1993	65
Sa	Kořenov, Jizerka	865	06.01.1974	3
SEa	Náchod	412	15.01.1971	10
SEc	Josefův Důl	590	22.11.1993	35
SWa	Svatý Petr, Špindlerův Mlýn	870	21.12.1985	16
SWc1	Luční bouda	1 413	01.04.2010	25
SWc2	Labská bouda	1 300	22.01.1995	22
SWc3	Bedřichov	775	03.03.1965	35
Vfz	Špindlerův Mlýn, přehrada Labská	790	09.01.1965	35
Wa	Svatý Petr, Špindlerův Mlýn	870	27.12.1982	32
Wal	–	–	–	–
Wc	Harrachov	706	19.12.1988	55
Wcs	Labská bouda	1 300	31.03.1992	50

Tab. 5 Nejvyšší staniční výška nového sněhu zaznamenaná při jednotlivých povětrnostních situacích za období 1961–2016, oblast Ostravsko, říjen až duben.

Table 5. The highest station values of new snow cover for all weather types. Period 1961–2016, Ostrava region, October–April.

Situace	Stanice	Nadm. výška [m]	Datum	Nový sníh [cm]
A	Bohdanovice	430	04.03.1963	18
Ap1	Horní Lomná	594	14.02.2006	10
Ap2	Lysá hora	1 322	21.03.1987	20
Ap3	Lysá hora	1 322	12.12.2012	13
Ap4	Lysá hora	1 322	15.02.1981	12
B	Velké Karlovice, Velký Javorník	935	04.11.1961	81
Bp	Jablunkov, Návsí	378	03.04.1970	55
C	Spálov	540	19.02.1996	52
Cv	Lysá hora	1 322	12.12.1986	26
Ea	Trojanovice, Pod Javorníkem	540	16.12.1961	20
Ec	Lysá hora	1 322	15.01.1979	53
Nc	Bílá, Konečná	720	15.02.2012	65
NEa	Horní Bečva	551	15.01.1964	24
NEc	Frenštát pod Radhoštěm	436	30.12.2005	65
NWa	Velké Karlovice, Velký Javorník	935	27.03.1961	18
NWc	Staré Hamry, Samčanka	527	27.12.1991	48
Sa	Skřipov	494	05.11.1966	16
SEa	Velké Karlovice, Velký Javorník	935	24.12.1976	10
SEc	Bílá, Konečná	720	02.04.1996	47
SWa	Morávka, Lúčka	610	07.12.1964	10
SWc1	Velké Karlovice, Velký Javorník	935	19.01.1969	16
SWc2	Melč	458	06.12.1961	42
SWc3	Frenštát pod Radhoštěm	436	05.12.1992	35
Vfz	Staré Hamry, Samčanka	527	17.02.1985	35
Wa	Bystřička	388	06.01.1962	30
Wal	–	–	–	–
Wc	Lysá hora	1 322	01.01.1975	44
Wcs	Lysá hora	1 322	10.02.2016	37

Tab. 6 Nejvyšší staniční výška nového sněhu zaznamenaná při jednotlivých povětrnostních situacích za období 1961–2016, oblast Šumava, říjen až duben.

Table 6. The highest station values of new snow cover for all weather types. Period 1961–2016, Šumava region, October–April.

Situace	Stanice	Nadm. výška [m]	Datum	Nový sníh [cm]
A	Kvilda	1 062	19.02.1961	10
Ap1	Prášíly	880	18.01.1998	10
Ap2	Železná Ruda, Špičák	945	28.02.2006	16
Ap3	Železná Ruda, Špičák	945	08.03.2006	14
Ap4	Horní Vltavice	807	19.03.1966	8
B	Stožec	785	14.01.1981	45
Bp	Železná Ruda, Špičák	945	31.12.1977	50
C	Železná Ruda, Špičák	945	29.03.1979	65
Cv	Prášíly	860	04.11.1974	30
Ea	Prášíly	975	15.03.1987	17
Ec	Filipova Huť	1 130	12.02.1999	47
Nc	Prášíly	975	22.12.1986	64
NEa	Frymburk, Svatý Tomáš	981	01.01.1963	50
NEc	Železná Ruda, Špičák	945	23.04.1980	60
NWa	Kvilda	1 062	17.03.1970	11
NWc	Stožec	785	10.12.1966	60
Sa	Včelná pod Boubínem	870	20.12.1976	12
SEa	Mlýnářovice	743	22.02.1982	8
SEc	Český Krumlov, Přisečná	564	24.01.1996	32
SWa	Churáňov	1 118	10.01.1962	6
SWc1	Churáňov	1 118	21.11.1970	20
SWc2	Brloh	582	01.01.1962	30
SWc3	Lenora, Houžná	764	23.01.1984	34
Vfz	Filipova Huť	1 102	21.02.1970	46
Wa	Frymburk, Svatý Tomáš	981	06.01.1975	15
Wal	–	–	–	–
Wc	Lenora, Houžná	764	21.01.1976	56
Wcs	Churáňov	1 118	09.02.1970	50

3. VÝSLEDKY

3.1 Sněžení

V tab. 3 jsou uvedeny nejvyšší oblastní průměry výšky nového sněhu za všech situací. Je vidět, že při anticyklonálních situacích se sice sporadicky vyskytuje sněžení, ale s oblastními průměry do 5 cm, jen při situaci Ap v Krkonoších se vyskytl maximální oblastní průměr 7,6 cm dne 27. ledna 1975. Nejvyšší oblastní průměry se vyskytly v Krkonoších při situacích Nc (22,9 cm), NWc (21,8 cm) a NEc (20,9 cm), na Ostravsku šlo o situace NEc (33,5 cm), SEc (29,3 cm) a B (26,7 cm), na Šumavě se nejvyšší oblastní průměr vyskytl při situaci C (28,4 cm), dále při situaci NEc (24,3 cm) a Vfz (24,3 cm).

V tab. 4 až 6 jsou pro zajímavost uvedeny nejvyšší staniční denní výšky nového sněhu naměřené v jednotlivých oblastech.

Výsledky testování výskytu sněhových kalamit v závislosti na povětrnostních situacích ukazuje tab. 7. Pozorované počty dní s jednotlivými povětrnostními situacemi jsou ve druhém sloupci zleva, pravděpodobnost výskytu rozlišovaných pově-

trnostních situací uvádí třetí sloupec, počítaný jako podíl příslušného a posledního řádku ve druhém sloupci. Následují údaje pro jednotlivé oblasti. Pozorované četnosti kalamitních sněžení v období 1961–2016 v Krkonoších obsahuje čtvrtý sloupec. Očekávané četnosti výskytu kalamitního sněžení v pátém sloupci byly vypočteny jako součin celkového počtu dní s kalamitním sněžením (poslední řádek 4. sloupce) a pravděpodobnosti výskytu dané povětrnostní situace uvedených v příslušném řádku čtvrtého sloupce. Šestý sloupec je rozdíl pozorovaného a očekávaného počtu, sedmý je příspěvek j -té situace k výsledné statistice testu, což je hodnota na posledním řádku tohoto sloupce. Analogicky pro zbylé dvě oblasti.

Podle výsledku testů se nulová hypotéza o rovnoměrnosti výskytu zamítá u všech tří oblastí, neboť χ^2 je větší než kritická hodnota na hladině významnosti $p \leq 0,0005$ při 12 stupních volnosti ($\chi^2_{krit} = 34,821$, rozlišováno je 13 cyklonálních povětrnostních situací). Sněhové kalamity se tedy v závislosti na povětrnostních situacích nevyskytují rovnoměrně, což se samozřejmě dalo předpokládat.

Tab. 7 Výpočet hodnoty testovacího kritéria χ^2 pro sněh, vysvětlivky viz kap. 2. Kurzívou jsou vyznačeny záporné hodnoty veličiny χ^2 , tučně jsou vyznačeny absolutní hodnoty χ^2 větší než 10,8, což odpovídá χ^2 při jednom stupni volnosti a hladině významnosti 0,001.

Table 7. Computation of χ^2 testing criteria value for snow. Explanation in Chapter 2. Negative values of χ^2 are shown in italics, bold are absolute values of χ^2 greater than 10.8 (corresponding to χ^2 for 1 degree of freedom and significance level of 0.001).

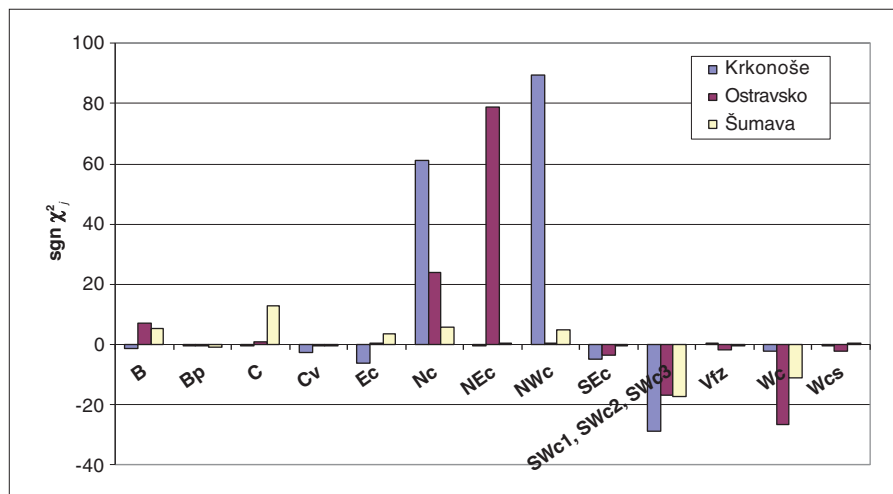
Povětrnostní situace			Krkonose				Ostravsko				Šumava			
Označení	Počet dní	Pravděpodobnost výskytu	Obs	Exp	Obs_Exp	χ^2	Obs	Exp	Obs_Exp	χ^2	Obs	Exp	Obs_Exp	χ^2
B	1004	0,125	22	28,5	-6,5	1,47	39	24,7	14,3	8,24	34	22,4	11,6	6,07
Bp	716	0,089	18	20,3	-2,3	0,26	16	17,6	-1,6	0,15	12	15,9	-3,9	0,98
C	287	0,036	6	8,1	-2,1	0,56	10	7,1	2,9	1,22	16	6,4	9,6	14,45
Cv	104	0,013	–	2,9	-2,9	2,95	2	2,6	-0,6	0,12	2	2,3	-0,3	0,04
Ec	534	0,066	5	15,1	-10,1	6,80	14	13,2	0,8	0,05	19	11,9	7,1	4,25
Nc	509	0,063	46	14,4	31,6	69,01	31	12,5	18,5	27,19	20	11,3	8,7	6,63
NEc	492	0,061	13	14,0	-1,0	0,07	45	12,1	32,9	89,23	12	11,0	1,0	0,10
NWc	706	0,088	65	20,0	45,0	101,03	21	17,4	3,6	0,75	25	15,7	9,3	5,48
SEc	430	0,053	4	12,2	-8,2	5,51	4	10,6	-6,6	4,10	8	9,6	-1,6	0,26
SWc1, SWc2, SWc3	1217	0,151	1	34,5	-33,5	32,55	6	30,0	-24,0	19,18	4	27,1	-23,1	19,69
Vfz	333	0,041	10	9,4	0,6	0,03	4	8,2	-4,2	2,15	7	7,4	-0,4	0,02
Wc	1292	0,161	27	36,6	-9,6	2,54	1	31,8	-30,8	29,85	10	28,8	-18,8	12,24
Wcs	415	0,052	11	11,8	-0,8	0,05	5	10,2	-5,2	2,67	10	9,2	0,8	0,06
Celkem	8039	1,000	228	228,0	0,00	222,82	198	198,0	0,00	184,90	179	179,0	-0,00	70,27

Příspěvek jednotlivých situací k nerovnoměrnosti frekvenčního rozložení kalamitního sněžení za cyklonálních situací je pro jednotlivé oblasti uveden v tab. 7 ve sloupcích 7, 11 a 15 zleva. V Krkonoších je četnější výskyt kalamitních sněžení zejména za situací NWc a Nc. Na Ostravsku zcela dominuje situace NEc, s odstupem následována situací Nc a B. Na Šumavě jsou četnější kalamity za situací C, B, Nc, NWc a Ec, případně NEc. V případě Krkonoš by samotná situace Nc nebo NWc stačila k zamítnutí hypotézy rovnoměrného rozložení na uvedené hladině. Na Ostravsku by pro tento účel postačila situace NEc. Na Šumavě tak výrazná převaha některé ze situací není. Výsledky tak pro sněžení v podstatě odpovídají výsledkům v publikaci Květoně, Žáka (2012), s výjimkou Šumavy, kde za období 1961 až 2010 byla četnější při situacích C, Wc a Nc. Poznamenejme, že v případě tučně zvýrazněných hodnot v tabulce 7 se jedná pouze o orientační kritérium pro vyznačení nejvýznamnějších odchylek od rovnoměrného rozložení.

Obr. 2 znázorňuje tvar rozložení výskytu význačných sněžení při cyklonálních povětrnostních situacích, a to tak, aby byl průběh rozložení ve všech oblastech srovnatelný. K tomu účelu byla pozorovaná data normována na jednotný počet 202 případů (reálně mají Krkonose 228, Ostravsko 198 a Šumava 179, viz poslední řádek sloupce „Obs“ v tab. 10). Zobrazeny jsou hodnoty $\text{sgn } \chi^2_j$, viz vztah (3) v metodice.

Z obrázku je vidět naprostá dominance situace NEc na Ostravsku, NWc a Nc v Krkonoších. Mírnější zvýšení nastává při situaci Nc i na Ostravsku a Šumavě. V posledně jmenovaných oblastech je zvýšení patrné i při situaci B a na Šumavě při situaci C. Zvýšení se děje především na úkor situací SWc ve všech oblastech a Wc na Ostravsku a v Krkonoších.

Případy s nejsilnějším sněžením na Ostravsku jsou spojeny především s retrográdní situací NEc, tj. situací s východní složkou postupu cyklon. Většina z nich se tvoří, případně



Obr. 2 Nerovnoměrnost výskytu dní s oblastním průměrem výšky nového sněhu 8 cm a více v závislosti na cyklonální synoptické situaci. (Pozn.: období od 1. října do 30. dubna v letech 1961 až 2016. $\text{sgn } \chi^2_j$ je kvadratická odchylka pozorované četnosti a četnosti očekávané při rovnoměrném výskytu násobená znaménkem odchylky (sloupce). Normováno na 201 případů význačných sněžení, tj. na průměrný počet případů analyzovaných regionů.)

Fig. 2. Irregularity of occurrence of days with regional new snow cover depth of 8 cm and more in relation to cyclonic weather type. (Note: period from 1st October to 30th April between 1961 and 2016. $\text{sgn } \chi^2_j$ is quadratic deviation of observed frequency and of frequency expected for regular occurrence multiplied by deviation sign (of column). Normalised for 201 cases with heavy snowfalls, i.e. for average number of cases in regions under study.)

regeneruje v oblasti Janovského zálivu nebo Jaderského moře. Při těchto situacích se právě východní partie Česka dostávají do sektoru, ve kterém vypadávají podstatně významnější srážky než na západě území. Naopak v Krkonoších převládá výskyt kalamit při situacích Nc a NWc. V případě Šumavy není častější výskyt kalamitních situací za různých situací tak významný, což zřejmě do značné míry souvisí s polohou této oblasti vůči rozložení srážek při jednotlivých situacích. Kromě situace Nc se zde uplatňují především situace C a B, u nichž trajektorie pohybu vzduchových částic alespoň částečně vychází z oblasti Středozemního moře (na přední straně brázdy, resp. cyklony).

3.2 Srážky v teplém půlroce

V tab. 8 jsou uvedeny nejvyšší oblastní průměry srážek při všech synoptických situacích. Nejvyšší oblastní průměry se vyskytly v Krkonoších při situacích C (62,0 mm), B (50,7 mm) a SEc (49,1 mm), na Ostravsku šlo o situace NEc (94,8 mm), C (66,0 mm) a B (64,0 mm), na Šumavě se nejvyšší oblastní průměr vyskytl při situaci C (80,8 mm), dále při situaci SEc (75,9 mm) a B (69,8 mm). Poněkud překvapivé jsou vysoké úhrny u západní anticyklonální situace letního typu (Wal), hlavně případ z 27. června 1961 na Ostravsku, který dále podrobněji rozebereme.

Tab. 8 Nejvyšší oblastní průměry srážek při jednotlivých synoptických situacích. Období 1961–2016, duben až říjen.

Table 8. The highest regional average of precipitation total for all weather types. Period 1961–2016, April–October.

Situace	Oblast					
	Krkonoše		Ostrava		Šumava	
	Datum	Úhrn srážek [mm]	Datum	Úhrn srážek [mm]	Datum	Úhrn srážek [mm]
A	04.07.1966	11,1	06.09.1973	4,7	20.08.2012	12,4
Ap1	28.08.1988	4,9	22.06.2012	7,4	22.08.1975	11,1
Ap2	16.09.1962	9,9	12.07.1976	8,7	16.09.1962	19,0
Ap3	14.08.1970	4,1	23.06.1999	2,9	12.09.1991	1,6
Ap4	15.08.1975	8,0	30.09.1970	4,3	15.08.1975	7,8
B	08.07.1996	50,7	18.07.1970	64,0	19.07.1981	69,8
Bp	20.07.2001	46,8	07.08.1985	52,8	17.07.2010	47,7
C	08.08.1978	62,0	21.08.1972	66,0	12.08.2002	80,8
Cv	17.06.1979	43,6	25.08.1994	32,7	17.06.1979	58,1
Ea	22.05.2007	7,0	12.08.1969	9,0	07.07.1983	13,2
Ec	29.05.1968	22,1	06.09.2007	62,8	06.09.2007	49,0
Nc	08.06.1984	29,4	28.08.1995	25,4	27.08.1995	16,0
NEa	21.06.1967	11,8	21.06.1967	11,9	31.07.1982	18,7
NEc	07.08.2006	48,1	06.07.1997	94,8	02.06.2010	39,5
NWa	09.04.1964	8,2	25.09.2015	8,3	10.07.2013	7,0
NWc	09.09.1984	27,4	15.06.1983	23,0	23.09.2004	23,4
Sa	16.04.1962	5,5	16.05.1997	6,3	30.09.1966	9,2
SEa	18.09.1974	1,8	04.05.2006	4,9	06.07.2006	6,4
SEc	07.08.2010	49,1	02.04.1996	30,1	31.07.1977	75,9
SWa	03.08.2013	16,8	26.07.1963	8,4	29.07.2005	5,9
SWc1	29.08.1997	35,9	05.09.1968	27,3	21.08.1970	21,9
SWc2	01.05.1983	39,8	31.07.2016	40,3	29.06.2006	52,1
SWc3	23.09.1987	29,6	07.08.1984	40,4	17.06.1978	32,5
Vfz	02.08.1991	32,3	21.05.1976	31,7	01.08.1991	37,5
Wa	14.07.1970	19,1	16.07.2016	13,7	14.07.1970	7,8
Wal	03.07.1981	30,1	27.06.1961	50,0	08.08.1966	34,8
Wc	29.06.1971	43,1	02.09.1988	43,7	05.09.2011	26,0
Wcs	05.07.2005	26,8	28.09.1998	40,6	02.06.2004	28,2

Tab. 9 Nejvyšší staniční úhrn srážek při jednotlivých povětrnostních situacích za období 1961–2016, oblast Krkonoše, duben až říjen.

Table 9. The highest station values of precipitation total for all weather types. Period 1961–2016, Krkonoše region, April–October.

Situace	Stanice	Nadm. výška [m]	Datum	Úhrn srážek [mm]
A	Žacléř	644	05.06.1982	52,8
Ap1	Hronov, Zbečnick	378	22.07.2001	59,7
Ap2	Pomezní boudy, Horní Malá Úpa	1 050	09.08.2006	38,1
Ap3	Ještěd	1 012	14.08.1970	18,2
Ap4	Rokytnice nad Jizerou, Vilémov	525	15.08.1975	26,9
B	Nové Město pod Smrkem	505	19.07.1981	119,3
Bp	Pomezní boudy, Horní Malá Úpa	1 050	31.08.2002	191,0
C	Desná, Souš	772	08.08.1978	191,8
Cv	Teplice nad Metují	445	17.06.1979	152,0
Ea	Čistá	445	22.05.2007	55,5
Ec	Pertoltice	310	10.08.2007	116,5
Nc	Bedřichov, Nová louka	780	08.06.1984	61,1
NEa	Horní Maršov	565	19.06.1967	41,3
NEc	Labská bouda	1 315	07.08.2006	193,1
NWa	Pec pod Sněžkou	824	26.07.1999	51,9
NWc	Labská bouda	1 300	09.09.1984	81,0
Sa	Liberec	398	28.07.2013	28,5
SEa	Nové Město pod Smrkem	525	18.09.1974	32,1
SEc	Hejnice	396	07.08.2010	179,0
SWa	Roprachtice	550	03.08.2013	45,0
SWc1	Česká Skalice, Rozkoš	290	22.07.1998	84,7
SWc2	Josefův Důl	590	09.06.2010	109,7
SWc3	Broumov	405	21.05.1971	97,4
Vfz	Čistá	445	03.06.2008	102,6
Wa	Harrachov	707	14.07.1970	37,6
Wal	Božanov	426	06.06.1964	88,2
Wc	Desná, Souš	772	29.06.1971	142,0
Wcs	Velichovky	299	05.07.2005	48,6

V tab. 9 až 11 jsou uvedeny pro zajímavost nejvyšší staniční denní úhrny srážek naměřené v jednotlivých oblastech.

Na rozdíl od sněžení se vydatné srážky vyskytují za anticyklonálních situací častěji. V období od 1. dubna do 31. října se jednalo o celkem 30 případů s oblastním průměrem úhrnu srážek 18 mm a více, z toho v regionu Šumava 8, Ostrava 10 a Krkonoše 12 případů. V 27 případech se jednalo o situaci Wal, po jednom případě o situaci Ap2 (Šumava, 19,0 mm dne 16. 9. 1962), Wa (Krkonoše, 19,1 mm dne 14. 7. 1970) a NEa (Šumava, 18,7 mm dne 31. 7. 1982). U situace Wal na Ostravsku maximální oblastní průměr činil 50,0 mm dne 27. 6. 1961, následován úhrnem 34,4 mm dne 20. 7. 1985, v Krkonoších nejvyšší oblastní průměr činil 30,1 mm dne 3. 7. 1981, následován úhrnem 29,8 mm dne 9. 8. 1966. Nejvyšší oblastní průměr na Šumavě byl 34,8 mm dne 8. 8. 1966, následován úhrnem 30,6 mm dne 23. 6. 1966.

Celkový vliv anticyklonálních situací na nerovnoměrnost rozložení vydatných srážek v závislosti na četnosti výskytu povětrnostních situací je však záporný, jak se dalo očekávat (obr. 3). Z toho důvodu byla podrobná analýza omezena na cyklonální situace stejně jako v případě výskytu kalamitních sněžení.

Příspěvek jednotlivých situací k nerovnoměrnosti frekvenčního rozložení vydatných srážek je pro jednotlivé oblasti

Tab. 10 Nejvyšší staniční úhrn srážek při jednotlivých povětrnostních situacích za období 1961–2016, oblast Ostravsko, duben až říjen.

Table 10. The highest station values of precipitation total for all weather types. Period 1961–2016, Ostrava region, April–October.

Situace	Stanice	Nadm. výška [m]	Datum	Úhrn srážek [mm]
A	Melč	475	02.08.1967	36,2
Ap1	Valašská Senice	615	07.08.2014	31,3
Ap2	Třinec, Dolní Líštná	380	25.05.2007	54,5
Ap3	Bílý Kříž	900	23.06.1999	38,7
Ap4	Tyra	550	30.09.1970	18,2
B	Morávka, Lúčka	610	18.07.1970	176,7
Bp	Nýdek	400	18.07.1986	169,3
C	Nýdek	400	21.08.1972	215,0
Cv	Lysá hora	1 322	22.07.1980	113,7
Ea	Velké Karlovice	530	03.06.1979	56,0
Ec	Hukvaldy, Rychaltice	322	22.07.1966	160,4
Nc	Lysá hora	1 322	15.09.2002	55,7
NEa	Bílá, Konečná	720	21.07.1982	50,2
NEc	Lysá hora	1 322	06.07.1997	233,8
NWa	Velké Karlovice	561	09.06.2008	27,0
NWc	Staré Hamry, Gruň	800	30.08.2006	81,2
Sa	Bílý Kříž	900	16.05.1997	36,4
SEa	Huslenky, Kychová	450	17.09.2014	47,2
SEc	Třebom	225	04.08.1982	76,2
SWa	Halenkov	427	26.07.1963	61,0
SWc1	Fryčovice	273	05.09.1968	137,5
SWc2	Rožnov pod Radhoštěm	362	31.07.2016	79,0
SWc3	Horní Bečva	551	07.08.1999	91,5
Vfz	Bílý Kříž	900	24.06.1990	91,0
Wa	Opava, Otice	272	19.07.1979	47,5
Wal	Nový Jičín	290	27.06.1961	121,6
Wc	Vsetín	388	26.06.1987	78,7
Wcs	Lysá hora	1 322	29.09.1998	87,4

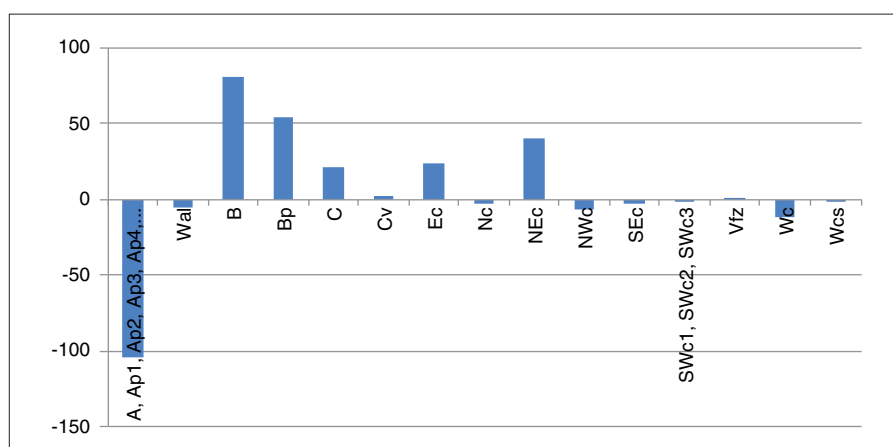
Tab. 11 Nejvyšší staniční úhrn srážek při jednotlivých povětrnostních situacích za období 1961–2016, oblast Šumava, duben až říjen.

Table 11. The highest station values of precipitation total for all weather types. Period 1961–2016, Šumava region, April–October.

Situace	Stanice	Nadm. výška [m]	Datum	Úhrn srážek [mm]
A	Churáňov	1 118	02.08.1967	53,0
Ap1	Železná Ruda, Hojsova Stráž	895	22.08.1975	49,1
Ap2	Stožec	826	18.04.2010	41,1
Ap3	Železná Ruda	789	23.08.1967	16,0
Ap4	Železná Ruda, Špičák	945	31.07.2008	72,0
B	Železná Ruda	789	19.07.1981	122,0
Bp	Němčice	436	02.08.2009	104,0
C	Pohorská Ves	745	07.08.2002	180,5
Cv	Železná Ruda, Hojsova Stráž	895	17.06.1979	107,1
Ea	Dlažov	510	15.06.1968	67,5
Ec	Lenora, Houžná	764	02.08.1968	130,2
Nc	Kolinec	543	08.08.1994	45,0
NEa	Netolice, Kratochvíle	427	01.08.1968	84,6
NEc	Železná Ruda, Špičák	945	02.06.2010	78,4
NWa	Pohorská Ves	807	10.07.2013	44,3
NWc	Železná Ruda	782	09.09.1984	67,0
Sa	Železná Ruda, Hojsova Stráž	895	18.07.1976	42,0
SEa	Horní Vltavice	807	28.07.1977	70,2
SEc	Churáňov	1 118	31.07.1977	135,3
SWa	Frymburk, Svatý Tomáš	972	07.06.2015	53,1
SWc1	Pohorská Ves	745	20.06.1990	94,5
SWc2	Ktiš, Tisovka	749	29.06.2006	126,3
SWc3	Klatovy	430	24.07.2000	86,4
Vfz	Železná Ruda, Špičák	945	01.08.1991	174,6
Wa	Dolní Dvořiště	621	28.06.2005	54,2
Wal	Vyšší Brod	559	23.06.1966	146,3
Wc	Frantoly	692	28.06.1970	90,6
Wcs	Vacov, Peckov	738	01.06.2004	63,4

uveden v tab. 12 ve sloupcích 7, 11 a 15 zleva. V Krkonoších je výrazně četnější výskyt vydatných srážek za situací C a B. Na Ostravsku převažují situace B, Bp, NEc, C a Ec. Na Šumavě výrazně převažuje situace C, s odstupem následují Ec, Bp a B. V případě Krkonoš by samotná situace C stačila k zamítnutí hypotézy rovnoměrného rozložení na uvedené hladině. Na Ostravsku by pro tento účel postačila situace B, na Šumavě situace C. Stejně jako v tab. 7, i v tab. 12 jsou tučně zvýrazněné hodnoty jen orientačním kritériem pro vyznačení nejvýznamnějších odchylek od rovnoměrného rozložení.

Obr. 4 znázorňuje tvar rozložení výskytu vydatných srážek při cyklonálních povětrnostních situacích, a to tak, aby byl průběh rozložení ve všech oblastech srovnatelný. K tomu účelu byla pozorováno



Obr. 3 Nerovnoměrnost výskytu dní s oblastním průměrem úhrnu srážek 18 mm a více pro region Ostravsko. Kromě cyklonálních situací jsou uvažovány i anticyklonální situace, přičemž situace Wal byla posuzovaná samostatně, ostatní dohromady. Období od 1. dubna do 31. října v letech 1961 až 2016. $Sgn \chi^2_j$ je kvadratická odchylka pozorované četnosti a četnosti očekávané při rovnoměrném výskytu násobená znaménkem odchylky (sloupce). Analyzovaný počet dní 11 984, počet dní s význačnými srážkami 336.

Fig. 3. Irregularity of occurrence of days with regional precipitation average of 18 mm and more for Ostrava region including anti-cyclonic situations (Wal situation separated from other anti-cyclonic situations). Period from 1st April to 30th October between 1961 and 2016. $Sgn \chi^2_j$ is quadratic deviation of observed frequency and of frequency expected for regular occurrence multiplied by deviation sign (of column). Analysed number of days: 11 984, normalised for 336 cases with heavy precipitation.

Tab. 12 Výpočet hodnoty testovacího kritéria χ^2 pro srážky, vysvětlivky viz kap. 2. Kurzívou jsou vyznačeny záporné hodnoty veličiny χ^2 , tučně jsou vyznačeny absolutní hodnoty χ^2 větší 10,8, což odpovídá χ^2 při jednom stupni volnosti a hladině významnosti 0,001.

Table 12. Computation of χ^2 testing criteria value for precipitation. Explanation in Chapter 2. Negative values of χ^2 are shown in italics, bold are absolute values of χ^2 greater than 10.8 (corresponding to χ^2 for 1 degree of freedom and significance level of 0.001).

Povětrnostní situace			Krkonose				Ostravsko				Šumava			
Označení	Počet dní	Pravděpodobnost výskytu	Obs	Exp	Obs_Exp	χ^2	Obs	Exp	Obs_Exp	χ^2	Obs	Exp	Obs_Exp	χ^2
B	1083	0,143	49	31,2	17,8	10,13	80	46,5	33,5	24,20	38	30,9	7,1	1,62
Bp	835	0,110	26	24,1	1,9	0,16	59	35,8	23,2	14,99	34	23,8	10,2	4,32
C	443	0,058	40	12,8	27,2	58,07	29	19,0	10,0	5,25	35	12,7	22,3	39,47
Cv	152	0,020	5	4,4	0,6	0,09	8	6,5	1,5	0,34	6	4,3	1,7	0,63
Ec	431	0,057	4	12,4	-8,4	5,71	29	18,5	10,5	5,97	23	12,3	10,7	9,28
Nc	259	0,034	2	7,5	-5,5	4,00	3	11,1	-8,1	5,92	1	7,4	-6,4	5,53
NEc	698	0,092	16	20,1	-4,1	0,84	48	29,9	18,1	10,88	19	19,9	-0,9	0,04
NWc	512	0,067	9	14,8	-5,8	2,25	5	22,0	-17,0	13,11	3	14,6	-11,6	9,24
SEc	296	0,039	5	8,5	-3,5	1,46	4	12,7	-8,7	5,96	6	8,5	-2,5	0,71
SWc1, SWc2, SWc3	1578	0,208	40	45,5	-5,5	0,66	39	67,7	-28,7	12,17	22	45,1	-23,1	11,81
Vfz	281	0,037	5	8,1	-3,1	1,19	10	12,1	-2,1	0,35	6	8,0	-2,0	0,51
Wc	755	0,099	14	21,8	-7,8	2,77	6	32,4	-26,4	21,51	13	21,6	-8,6	3,40
Wcs	275	0,036	4	7,9	-3,9	1,94	6	11,8	-5,8	2,85	11	7,9	3,1	1,26
Celkem	7598	1,000	219	219,0	-	89,27	326	326,0	0,0	123,49	217	217,0	0,0	87,84

vaná data normována na jednotný počet 254 případů (reálně mají Krkonose 254, Ostravsko 378 a Šumava 252, viz poslední řádek sloupce „Obs“ v tab. 10). Zobrazeny jsou hodnoty $\text{sgn} \chi^2_j$, viz vztah (3) v metodice.

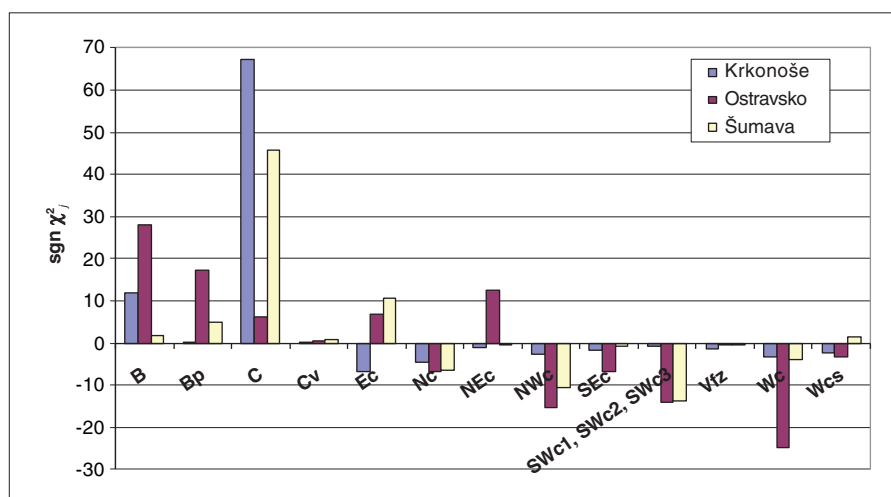
3.3 Schématické znázornění význačných synoptických situací

Schématické znázornění těchto synoptických situací rizikových pro výskyt kalamitního sněžení a vydatných srážek situací podle ČHMÚ (2017a) je uvedeno na obr. 5 až 11. Vychází z typizace synoptických typů podle metodického předpisu „Katalog povětrnostních situací pro území ČSSR. Praha, HMÚ 1968“, který se dodnes používá při tvorbě kalendáře synoptických typů. Podrobnosti lze nalézt v pracích Tolasze et al. (2007), Brádky et al. (1961) a Sandeva (2017), zde je uveden alespoň základní popis vybraných typů.

Při situaci NWc (obr. 5) setrvává řídicí cyklona nad střední a severní Skandinávií, Baltickým mořem a jižním Finskem. Řídicí anticyklóna se udržuje nad Atlantickým oceánem v prostoru mezi Irskem, Biskajským zálivem a Azorskými ostrovy. Její okraj zasahuje často před Francií a Alpy nad západní Středomoří až k Jaderskému moři.

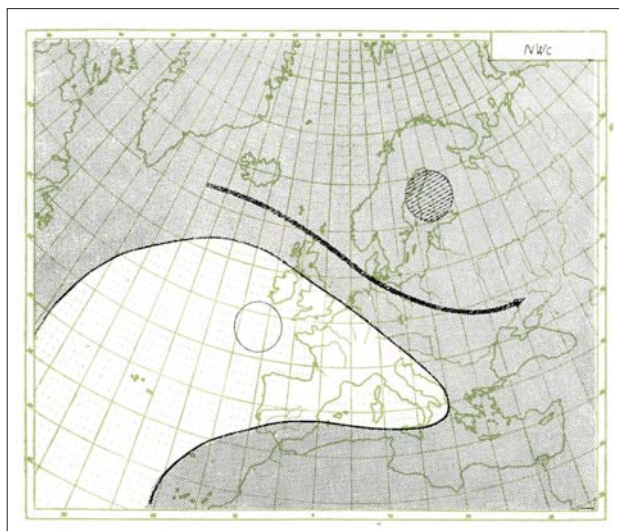
Situaci NEc (obr. 6) je možno rozdělit na dvě skupiny – pro prv-

ní je charakteristické vysunutí hřebene vysokého tlaku ve výšce i při zemi od jihozápadu přes Britské ostrovy a Francii nad Fénoskandii, kde se často tvoří samostatné jádro vysokého tlaku. Při zemi proudí do střední Evropy od severu až severovýchodu studený vzduch. Kolem cyklony, která se vyskytuje ve vyšších hladinách většinou nad Balkánem, probíhá ve výšce příliv teplého vzduchu, který se projevuje ve střední Evropě trvalými srážkami. Do druhé skupiny situací patří ty, při kterých je při zemi i ve výšce anticyklóna v oblasti



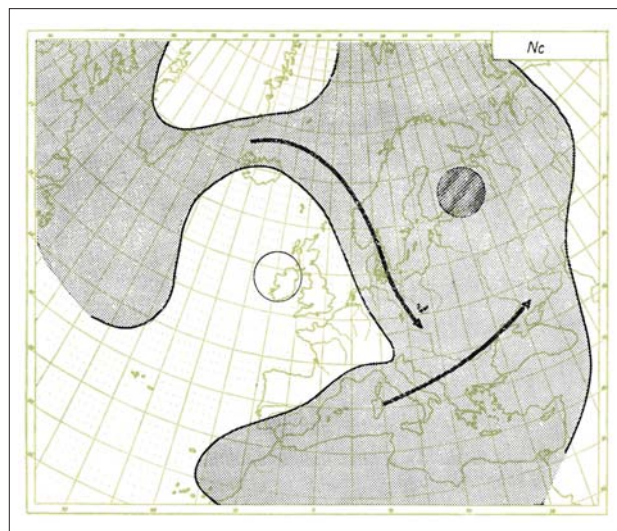
Obr. 4 Nerovnoměrnost výskytu dní s oblastním průměrem úhrnu srážek 18 mm a více v závislosti na cyklonální synoptické situaci. Období od 1. dubna do 31. října v letech 1961 až 2016. $\text{sgn} \chi^2_j$ je kvadratická odchylka pozorované četnosti a četnosti očekávané při rovnoměrném výskytu násobená znaménkem odchylky (sloupce). Normováno na 254 případů význačných srážek, tj. na průměrný počet případů analyzovaných regionů.

Fig. 4. Irregularity of occurrence of days with regional precipitation average of 18 mm and more for different cyclonic weather type. Period from 1st April to 30th October between 1961 and 2016. $\text{sgn} \chi^2_j$ is quadratic deviation of observed frequency and of frequency expected for regular occurrence multiplied by deviation sign (of column). Normalised for 254 cases with heavy precipitation.



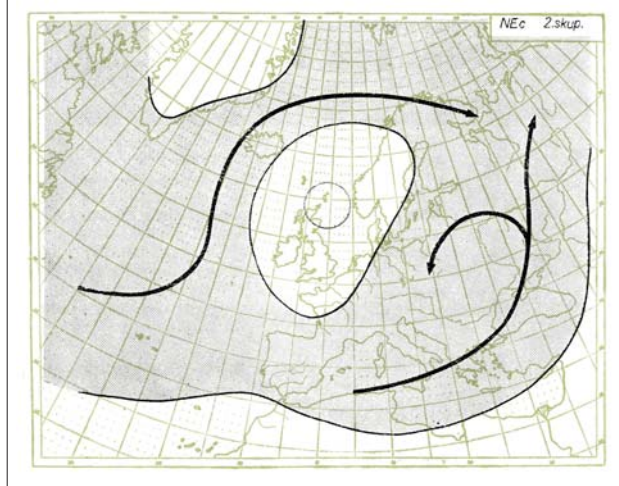
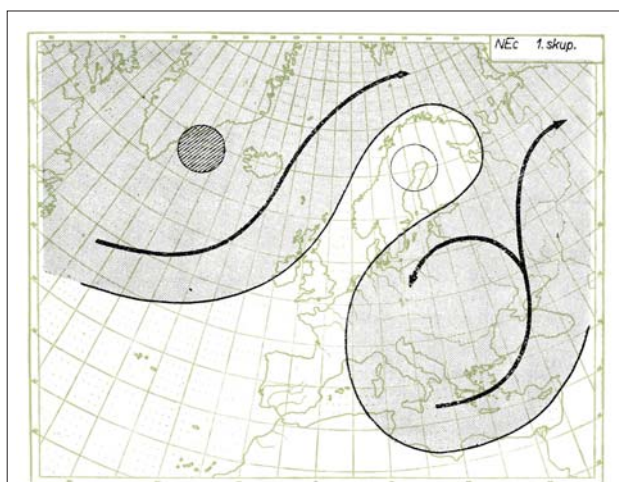
Obr. 5 Severozápadní cyklonální situace (NWc). Cyklonální oblasti jsou znázorněny tmavou plochou, černá šipka značí polohu frontální zóny, šrafovaná oblast kruhového tvaru představuje centrum řídící cyklóny, bílá oblast kruhového tvaru polohu řídící tlakové výše (totéž platí pro obr. 6 až 11).

Fig. 5. Northwest cyclonic situation (NWc). Cyclonic regions are indicated by dark areas, black arrow indicates frontal zone position (the same applies for Figs. 6–11).



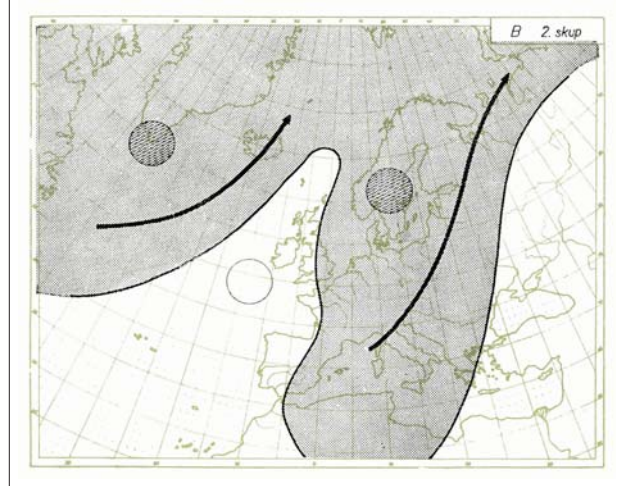
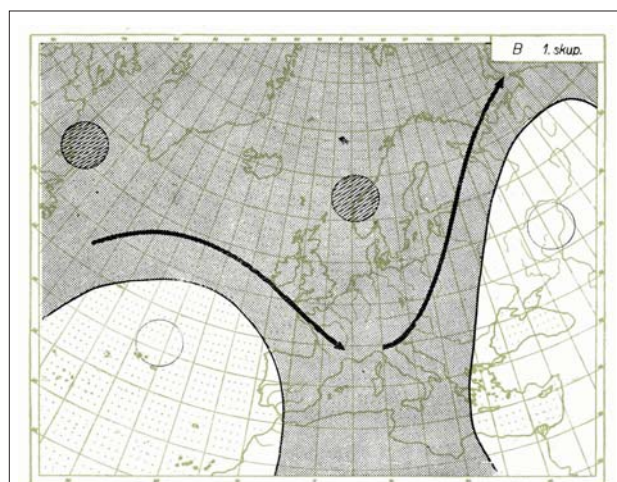
Obr. 7 Severní cyklonální situace (Nc).

Fig. 7. North cyclonic situation (Nc).



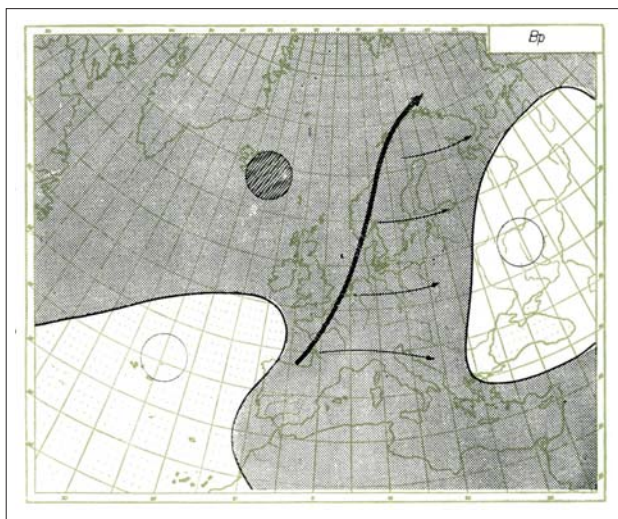
Obr. 6 Severovýchodní cyklonální situace (NEc).

Fig. 6. Northeast cyclonic situation (NEc).



Obr. 8 Brázda nízkého tlaku nad střední Evropou (B).

Fig. 8. Low pressure trough over central Europe (B).



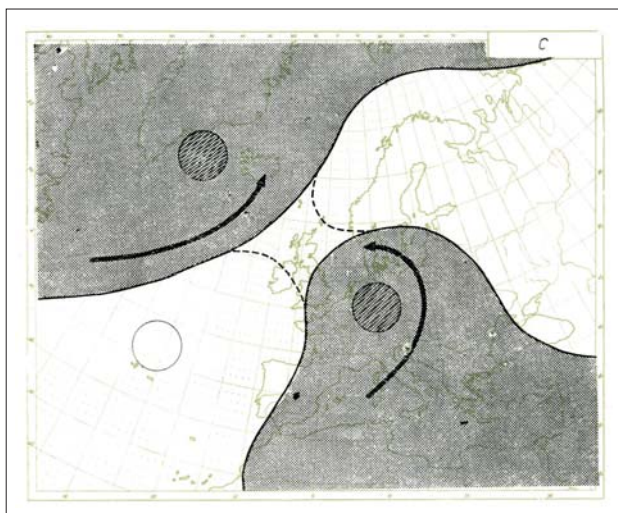
Obr. 9 Brázda postupující přes střední Evropu (Bp).

Fig. 9. Low pressure trough moving over central Europe (Bp).

Britských ostrovů a Norského moře. Na jihovýchodě Evropy směřuje frontální zóna přes Černé moře k severu, kde se často štěpí.

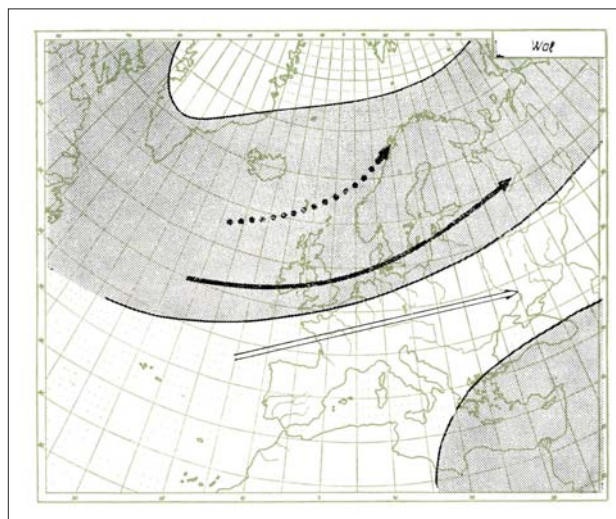
Výškové tlakové pole situace Nc (obr. 7) je vždy tvořeno řídicí cyklónou nad Finskem a severozápadní částí Ruska a cyklónou v severozápadní části Atlantického oceánu. Mezi nimi se rozkládá mohutný hřeben vysokého tlaku, ve kterém se obvykle vytváří samostatné jádro vyššího tlaku se středem v oblasti Irska. Při zemi někdy zasahuje tato anticyklona svým výběžkem k jihovýchodu přes Francii a Bavorsko až nad Maďarsko. Frontální zóna probíhá z Norského moře přes úžinu Kattegat v Baltském moři do střední Evropy.

Charakteristickým znakem situace B (obr. 8) je řídicí cyklóna v oblasti západní Skandinávie, Norského a Severního moře. Z cyklóny vychází brázda, která zasahuje až nad Středozemní moře. Atlantická frontální zóna, která směřuje nad Biskajský záliv, se v západní Evropě rozpadá. Tato fronta podporuje příliv studeného vzduchu od severozápadu do západního Středomoří. V oblasti severní Itálie a Středozemního moře přílivem teplého vzduchu od jihovýchodu a již zmiňovaného studeného vzduchu vzniká nová frontální zóna, která pře-



Obr. 10 Cyklona nad střední Evropou (C).

Fig. 10. Cyclone over central Europe (C).



Obr. 11 Západní anticyklonální situace letního typu (Wal), dvojitá šipka značí přibližnou dráhu postupu anticyklón z Atlantiku k východu.

Fig. 11. Summer west anti-cyclonal situation (Wal).

chází přes Maďarsko, Slovensko a Polsko dále k východu. Asi ve čtvrtině případů zasahuje anticyklóna nad oceánem přes Britské ostrovy dále k severovýchodu a atlantická frontální zóna směřuje nad Island. Brázda nad střední Evropou je užší, a v důsledku toho studený vzduch v jejím týle proudí víc od severu. V obou případech se někdy frontální poruchy postupující od Středozemního moře prohlubují a mezi nimi vznikají hřebeny vyššího tlaku vzduchu, nebo podružné anticyklony; tato situace dostává potom charakter situace známé pod jménem Vb.

Typ Bp (obr. 9) se odlišuje od brázdy tím, že cyklona se rozkládá v oblasti Islandu. Oblast vysokého tlaku leží západně od Pyrenejského poloostrova a Biskajského zálivu a druhý nad evropskou částí Ruska. Mezi těmito anticyklonami postupuje brázda nízkého tlaku od západu k východu, přes střední Evropu. Na frontálním rozhraní, které leží v ose této brázdy, postupují od jihu k severu frontální vlny. Po obvykle rychlém přechodu brázdy se vysoký tlak rozšiřuje od oceánu do střední Evropy.

Hlavním rysem situace C (obr. 10) je stacionární cyklona vyjádřená obzvláště ve výšce, která leží nejčastěji v západní části střední Evropy. Cyklona se ke konci období v některých případech pomalu přemísťuje k východu. Oblast vysokého tlaku je nad severozápadní částí Ruska a Skandinávií, druhá nad Atlantikem. Obě jsou spojené sedlem, které se udržuje v oblasti Britských ostrovů. Atlantická frontální zóna přechází přes Island a směřuje na severovýchod. Okolo řídicí cyklony nad střední Evropou postupují přízemní frontální poruchy, které mají nejlepší podmínky k oživení ve východní části níže, protože je tu dostatečný příliv teplého vzduchu od jihu. Velký vliv na počasí u nás má i poloha centra cyklony. Podle toho území ČR zasahují frontální poruchy od jihovýchodu a někdy i ze severního sektoru.

Konečně při situaci Wal postupují jednotlivé tlakové výše ze subtropických šířek Atlantického oceánu přes Biskajský záliv a Francii nad střední Evropu a odtud dále na východ. Řídicí tlaková níže se udržuje v prostoru mezi Islandem a Skotskem. V brázdách mezi zmiňovanými anticyklonami vzniká ve střední Evropě přechodné jihozápadní proudění i ve vyšších hladinách, ve kterých se studené fronty vlní. Frontální zóna směřuje z mírných šířek Atlantického oceánu přes Britské ostro-

vy, Dánsko a Baltické moře na severovýchod. Druhá skupina této situace je charakterizována pohyblivou tlakovou níží, která se přesouvá v průběhu období z Atlantického oceánu jižně od Islandu k pobřeží severního Norska.

3.4 Příklady synoptických situací s výrazně zvýšeným výskytem kalamitních sněžení

3.4.1 Severovýchodní cyklonální situace (NEc)

Situace NEc s největším oblastním průměrem výšky nového sněhu, která byla podrobně popsána v příspěvku Květoň, Žák (2012), nastala dne 30. 12. 2005, a to na Ostravsku, kde spadlo přes 31 cm nového sněhu (tab. 3). Pro zajímavost je zde rozebrána i situace z dubna 1980, tedy poměrně pozdě na jaře, která přinesla nejvíc nového sněhu (oblastní průměr za 23. dubna 1980 24,3 cm, na Špičáku 60 cm nového sněhu). Jednalo se o postup tlakové níže z Jaderského moře přes Karpaty nad Česko a Polsko, kolem ní pak proudil stu-

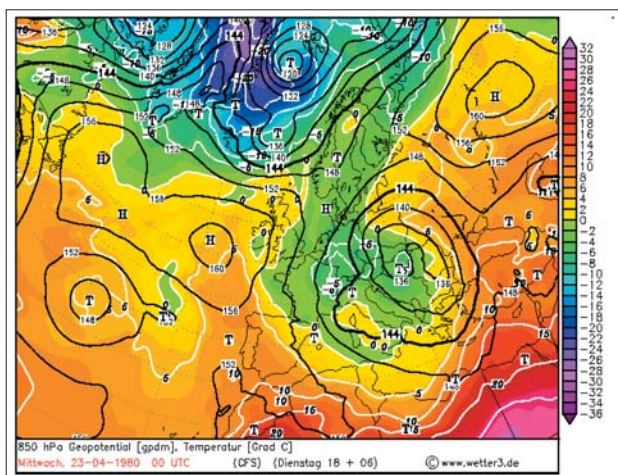
dený vzduch od severovýchodu do Česka (obr. 12). Tato tlaková níže byla velmi dobře vyjádřena i ve střední troposféře (obr. 13).

3.4.2 Cyklona nad střední Evropou (C)

Nejvyšší oblastní průměr výšky nového sněhu při situaci C byl evidován na Šumavě 29. 3. 1979, která již byla popsána v příspěvku Květoň a Žák (2012).

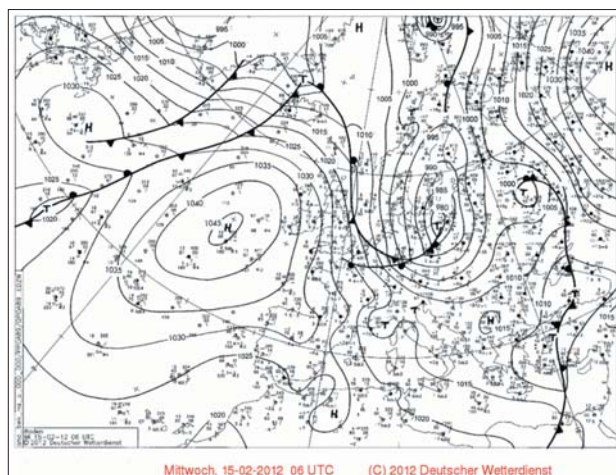
3.4.3 Severní cyklonální situace (Nc)

Při situaci Nc byl nejvyšší oblastní průměr výšky nového sněhu zjištěn na Ostravsku, a to 15. 2. 2012 23,5 cm (tab. 3). Přes střední Evropu tehdy postupovala hluboká tlaková níže spojená s výrazným okludujícím frontálním systémem (obr. 14). Velký tlakový gradient byl spojen i s poměrně silným větrem, s nárazy až 20 m.s⁻¹ (obr. 15), což vedlo i ke značnému návětrnému efektu (na stanici Bílá, Konečná spadlo 65 cm sněhu).



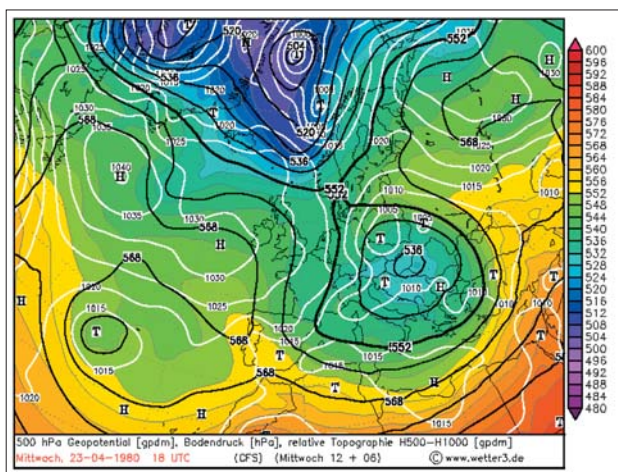
Obr. 12 Geopotenciál hladiny 850 hPa (černě) a teplota v této hladině, 23. 4. 1980, 00:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 12. 850 hPa geopotential level height (black) and temperature, 23. 4. 1980 00:00 UTC according to (Wetter 2017).



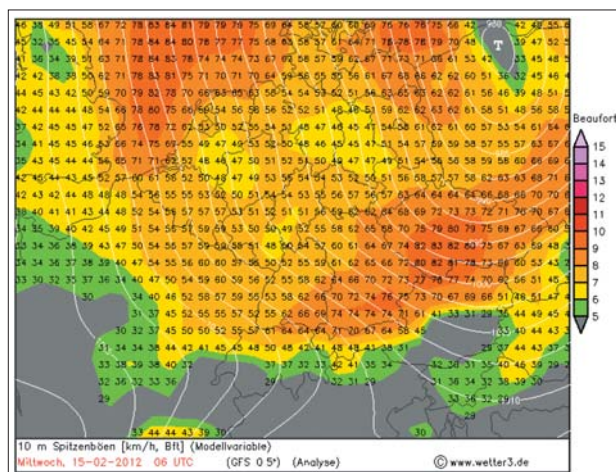
Obr. 14 Analýza přízemního tlakového pole a polohy atmosférických front z 15. 2. 2012 06:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 14. Surface synoptic analysis, 15. 2. 2012 06:00 UTC according to (Wetter 2017).



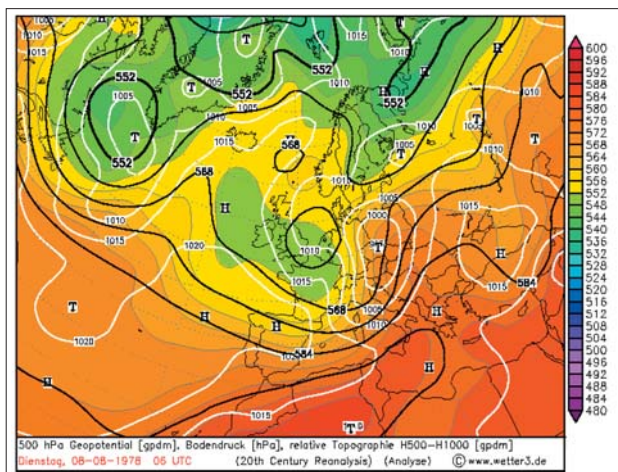
Obr. 13 Přízemní tlakové pole (bílé čáry) a geopotenciál hladiny 500 hPa (černě) a relativní topografie 500–1 000 hPa (barevně), 23. 4. 1980, 18:00 UTC, (Wetter 2017).

Fig. 13. Sea level pressure (white lines), 500 hPa geopotential level height (black) and relative topography of 500–1 000 hPa (coloured), 23. 4. 1980 18:00 UTC according to (Wetter 2017).



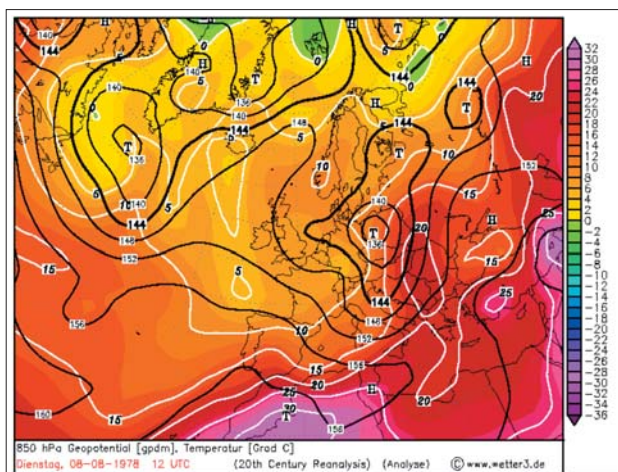
Obr. 15 Maximální nárazy větru 15. 2. 2012 v 06:00 UTC podle modelu GFS, rychlost v km.h⁻¹ (číslo), barevně stupně podle Beauforta (Wetter 2017).

Fig. 15. GFS model maximum wind gusts, wind speed (km/h) and Beaufort degrees (coloured), 15. 2. 2012 06:00 UTC according to (Wetter 2017).



Obr. 16 Přizemní tlakové pole (bílé čáry), geopotenciál hladiny 500 hPa (černě) a relativní topografie 500–1 000 hPa (barevně), 8. 8. 1978, 06:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 16. Surface level pressure (white lines), 500 hPa geopotential level height (black) and relative topography of 500–1 000 hPa (coloured), 8. 8. 1978 06:00 UTC according to (Wetter 2017).



Obr. 17 Geopotenciál hladiny 850 hPa (černě) a teplota v této hladině, 8. 8. 1978 12:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 17. 850 hPa geopotential level height (black) and temperature, 8. 7. 1978 12:00 UTC according to (Wetter 2017).

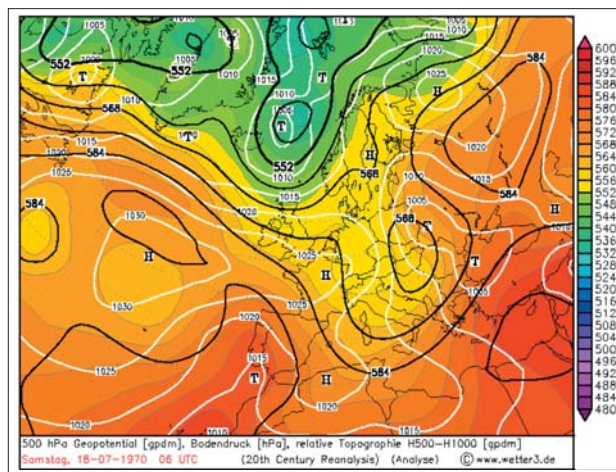
3.4.4 Severozápadní cyklonální situace (Nwc)

Nejvíce nového sněhu při této situaci napadlo v Krkonoších dne 26. ledna 1993, detaily viz Květoň, Žák (2012).

3.5 Příklady synoptických situací s výrazně zvýšeným výskytem vydatných srážek v letním období

3.5.1 Cyklona nad střední Evropou (C)

Tato situace se nejvýrazněji projevuje v oblasti Krkonoš a na Šumavě. Na Šumavě spadly nejvýznamnější srážky 12. srpna 2002, což bylo spojeno s extrémními povodněmi. Tato situace byla z tohoto důvodu už vícekrát podrobně analyzována (např. ČHMÚ 2017c). V Krkonoších byly největší srážky zaznamenány 8. 8. 1978 (oblastní průměr 62 mm), na stanici Desná dokonce spadlo 191,8 mm. Cyklona nad střední Evropou postoupila z Janovského zálivu (obr. 16) a byla provázena výraznou teplotní asymetrií (teplotní gradient v hladině 850 hPa až 15 °C).



Obr. 18 Přizemní tlakové pole (bílé čáry) a geopotenciál hladiny 500 hPa (černě) a relativní topografie 500–1 000 hPa (barevně), 18. 7. 1970, 06:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 18. Surface level pressure (white lines), 500 hPa geopotential level height (black) and relative topography of 500–1 000 hPa (coloured), 18. 7. 1970 06:00 UTC according to (Wetter 2017).

3.5.2 Severovýchodní cyklonální situace (NEc)

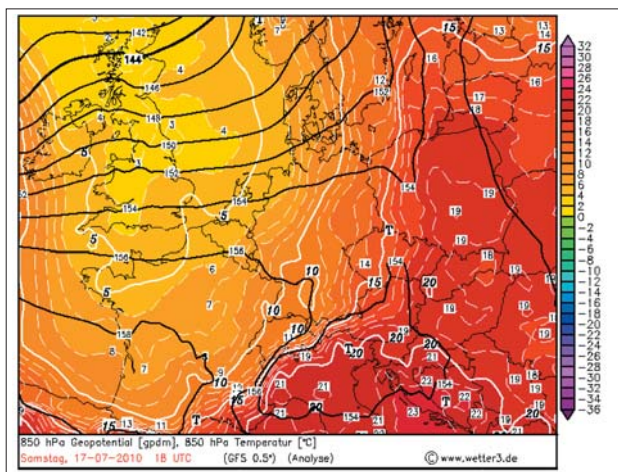
Tato situace se výrazně projevuje pouze na Ostravsku, kde byl nejvyšší úhrn naměřen 6. 7. 1997, tedy při epizodě spojené se známými katastrofálními povodněmi. Opět jde o situaci podrobně popisovanou, detaily například v (ČHMÚ 2017d).

3.5.3 Brázda nad střední Evropou (B)

Ze všech cyklonálních situací tato situace se na Ostravsku nejčastěji podílí na výskytu vydatných srážek. Na druhém místě v tomto směru je oblast Krkonoš. Na Šumavě se vydatné srážky při této situaci vyskytují také poněkud častěji, než by odpovídalo rovnoměrnému výskytu při cyklonálních situacích, ale toto zvýšení je statisticky nevýznamné. Na Ostravsku byl při této situaci zaznamenán největší oblastní průměr srážek 18. 7. 1970, a to 64 mm, na stanici Morávka, Lúčka pak úhrn činil 176,7 mm. Osa přizemní brázdy už ležela východně od Česka (viz obr. 18), nicméně nad republikou se nacházela dobře vyjádřená výšková brázda. Zesílení tlakového gradientu na východě Česka přispělo rovněž k orografickému zesílení srážek v Beskydech.

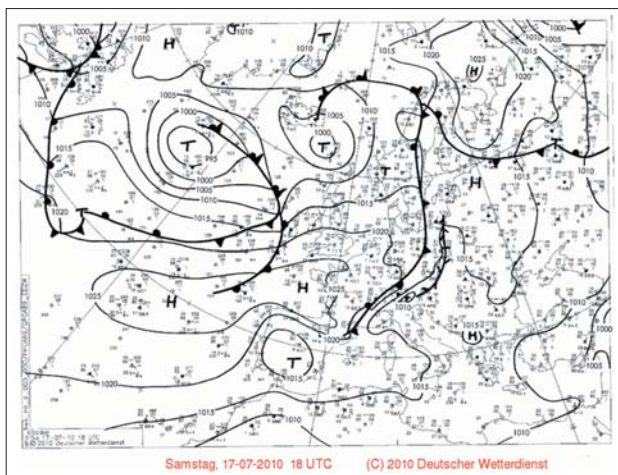
3.5.4 Postupující brázda (Bp)

Tato situace vykazuje na Ostravsku druhou největší kladnou odchylku od rovnoměrného rozložení situací s výskytem vydatných srážek při cyklonálních situacích. V Krkonoších se tato situace nijak neprojevuje, na Šumavě se jedná o třetí největší kladnou odchylku (po situacích C a Ec), ve srovnání s Ostravskem je však tato odchylka výrazně menší. Na Ostravsku se nejvýraznější srážky vyskytly 7. 8. 1985 (oblastní průměr 52,8 mm), ale s ohledem na dostupnost podkladů uvádíme jako příklad situaci ze dne 17. 7. 2010. Přes Česko tehdy postupovala studená fronta od západu (obr. 19), před ní se v ose nejteplejšího vzduchu (v hladině 850 hPa, teplota až 19 °C) vytvořila čára konvergence (obr. 20) doprovázená četnými bouřkami s přívalem srážkami. Ty se nejvíce projeví na Šumavě (oblastní průměr 47,7 mm), méně pak na Ostravsku (23,8 mm) a v Krkonoších (19,5 mm), viz obr. 21.



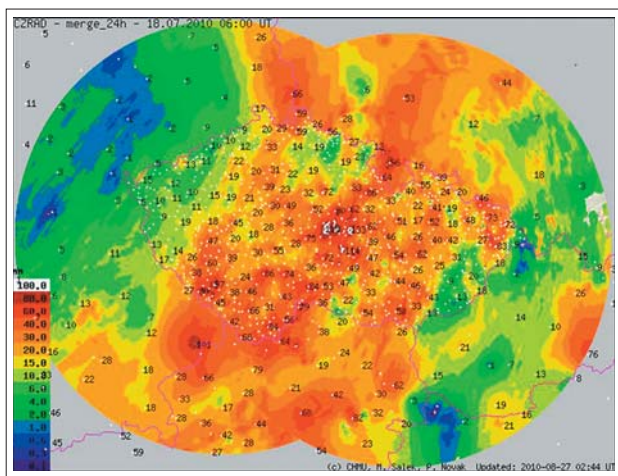
Obr. 19 Geopotenciál hladiny 850 hPa (černě) a teplota v této hladině, 17. 7. 2010, 18:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 19. 850 hPa geopotential level height (black) and temperature, 17. 7. 2010 18:00 UTC according to (Wetter 2017).



Obr. 20 Analýza přízemního tlakového pole a poloha atmosférických front ze 17. 7. 2010, 18:00 UTC (Wetter 2017).

Fig. 20. Surface synoptic analysis, 17. 7. 2010 18:00 UTC according to (Wetter 2017).

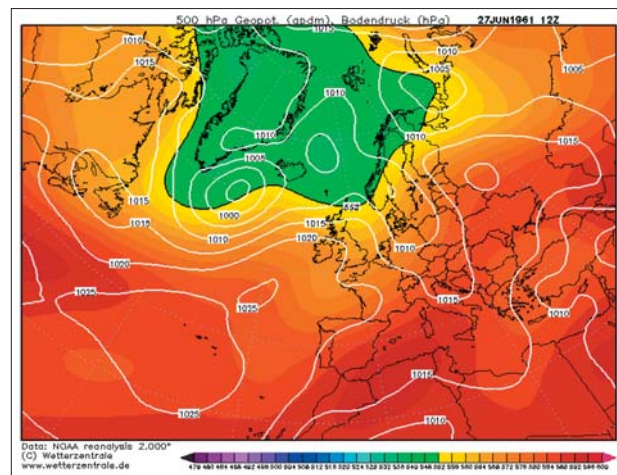


Obr. 21 24hodinová suma srážek ze 17. 7. 2010, kombinace radarových a srážkoměrných údajů, ČHMÚ.

Fig. 21. 24hours precipitation total for 17. 7. 2010 06:00 UTC, combination of radar and rain gauge data, source: CHMI.

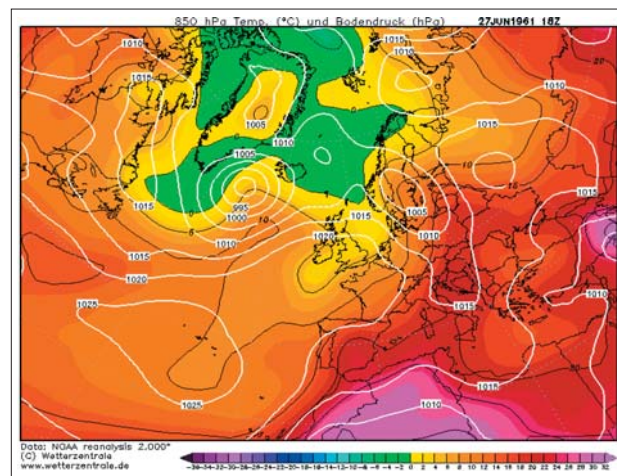
3.1.5 Západní anticyklonální situace letního typu (Wal)

Jak už bylo uvedeno v kap. 3, vyskytly se 27. června 1961 na Ostravsku při této povětrnostní situaci neobvykle vysoké úhrny srážek (oblastní průměr 50 mm, na stanici Nový Jičín 121,6 mm). Tyto údaje bylo třeba podrobněji rozebrat. Ačkoliv je z této doby k dispozici pouze poměrně hrubá reanalýza NOAA (rozlišení dva stupně), vyplývá z ní vcelku jednoznačně, že tento den postupovala přes střední Evropu k východu brázda nízkého tlaku vzduchu (obr. 22), která byla vyplněna i poměrně teplým vzduchem (obr. 23). Lze tedy předpokládat vhodné podmínky pro tvorbu konvektivních srážek, což potvrzují i staniční měření – stanice ostravské pobočky tehdy většinou zaznamenaly více než 40 mm. Na základě konzultace s dr. Janem Pavlíkem lze konstatovat, že klasifikace povětrnostní situace pro tento den je mylná. V situaci Wal je podle dr. Pavlíka sice „povolen“ postup studené fronty od západu, spíše jejího jižního konce, před ní by ale území ČR mělo být na severním okraji tlakové výše a po jejím přechodu by se tlaková výše jižně od našeho území měla rychle obnovit.



Obr. 22 Přízemní tlakové pole (bílé čáry) a geopotenciál hladiny 500 hPa (barevně), 27. 6. 1961, 12:00 UTC podle (Wetterzentrale 2017).

Fig. 22. Surface level pressure (white lines) and 500 hPa geopotential level height (coloured), 27. 6. 1961 12:00 UTC according to (Wetterzentrale 2017).



Obr. 23 Přízemní tlakové pole (bílé čáry) a teplota v hladině 850 hPa (barevně), 27. 6. 1961, 18:00 UTC podle (Wetterzentrale 2017).

Fig. 23. Surface level pressure (white lines) and 850 hPa temperature (coloured), 27. 6. 1961 12:00 UTC according to (Wetterzentrale 2017).

V uvažovaném případě studená fronta postupovala ve výrazné brázdě, její vliv byl významný a neomezil se jen na jeden den. Před touto studenou frontou proudil na území ČR po zadní straně tlakové výše teplý vzduch od jihozápadu a za frontou postoupila tlaková výše přímo do střední Evropy, kde setrvala poměrně dlouho. Vhodné by proto bylo tuto situaci klasifikovat jako Bp (brázda postupující přes střední Evropu; na základě osobní konzultace s dr. J. Pavlíkem). Podle sdělení meteorologů realizujících v současné době tuto typizaci však není žádoucí měnit už dříve klasifikované dny, jednak proto že se jedná o publikované údaje, jednak proto že klasifikace má do jisté míry subjektivní charakter, s čímž je nutno do budoucna při podobných studiích počítat.

4. ZÁVĚR

V rámci této studie byla zkoumána nerovnoměrnost výskytu vydatných srážek, resp. vydatného sněžení ve vybraných oblastech a příspěvek jednotlivých situací k této nerovnoměrnosti. S vysokou statistickou významností (na hladině 0,001) se prokázala nerovnoměrnost výskytu extrémních srážek v závislosti na typu povětrnostní situace. Zároveň byla zkoumána velikost příspěvku jednotlivých situací k této nerovnoměrnosti.

Z výsledků vyplývá, že z hlediska výskytu sněhových kalamiť se situace v období 1961–2016 oproti období 1961 až 2010 (Květoň, Žák 2012) výrazně nezměnila, tj. na Ostravsku jsou naprosto dominantní příčinou sněhových kalamiť situace NEc, na druhém místě Nc a s výrazným odstupem i situace B. V Krkonoších se sněhové kalamiť vyskytují téměř vždy při situacích NWc a Nc. Na Šumavě je nerovnoměrnost výskytu vydatného sněžení při různých povětrnostních situacích daleko nižší, častěji se vydatné sněžení vyskytuje při situaci C, dále při situacích B, Nc, NWc a Ec (obr. 2).

Zvětšení nerovnoměrnosti se děje především na úkor situací se západní složkou proudění, zejména SWc2 ve všech oblastech a Wc na Ostravsku a v Krkonoších. Je zřejmé, že v zimním období na Ostravsku hrají synoptické procesy ve Středomoří důležitou roli při výskytu kalamiťních sněžení. Hlavním důvodem je přitom regenerace nebo tvorba cyklón v oblasti Janovského zálivu a Jaderského moře s pomalým, často retrográdním postupem přes střední Evropu, popřípadě advekce teplého a vlhkého vzduchu, hlavně ve vyšších vrstvách atmosféry, po přední straně brázd nad střední Evropou. V Krkonoších procesy ve Středomoří významně nepřispívají k výskytu kalamiťních sněžení, na Šumavě je tento vliv ve srovnání s Ostravskem výrazně menší.

Výskyt vydatných srážek v teplém období je na Ostravsku spojen zejména se situacemi B, Bp, NEc, Ec a C. V Krkonoších je to především situace C, dále Ec a ještě v menší míře Bp a B. Na Šumavě výrazně převažuje situace C, s velkým odstupem pak situace Ec, Bp a B (viz obr. 4). Z výsledků vyplývá, že v letním období se na nerovnoměrnosti výskytu vydatných srážek podílejí především situace C a B a s výjimkou Krkonoš i NEc a Ec, při kterých je vliv Středomoří poměrně významný.

Poznamenejme, že při povodních v roce 2002 byla první povodňová vlna (6.–7. 8.) klasifikována jako typ C, stejně jako těžiště druhé povodňové vlny (11.–13. 8.), zatímco závěr druhé povodňové vlny (14. 8.) byl klasifikován jako NEc a projevil se z uvažovaných tří regionů pouze na Ostravsku. U povodňové situace v červenci 1997 byl začátek (4. a 5. 7.) klasifikován jako brázda (B) a regionální průměr 15 mm byl oba dny překročen pouze v Krkonoších a 5. 7. na Ostravsku.

Ve dnech 6. až 8. 7. se situace změnila na NEc, významné srážky se na Ostravsku vyskytly po všechny tři dny, na rozdíl od Krkonoš a Šumavy.

Literatura:

- ANDĚL, J., 1978. Matematická statistika. Praha, Bratislava: SNTL –ALFA. 346 s.
- BRÁDKA, J., 1955. Přirozené synoptické období a jeho závislost na atlantické frontální zóně. *Meteorologické zprávy*, roč. 8, č. 3, s. 61–65. ISSN 0026-1173.
- BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha: HMÚ. 32 s.
- ČHMÚ, 2017a. Typizace povětrnostních situací pro území České republiky [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 3. 11. 2017]. Dostupné z WWW: http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_12_Typizace_situaci&nc=1&portal_lang=cs#PP_Typizace_situaci.
- ČHMÚ, 2017b. Systém integrované výstražné služby (SIVS) a Informační zprávy hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 3. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/om/sivs/sivs.html>.
- ČHMÚ, 2017c. Hydrometeorologické vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 3. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://voda.chmi.cz/pov02/>.
- ČHMÚ, 2017d. Vyhodnocení povodňové situace v červenci 1997 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 3. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://voda.chmi.cz/pov97/obsah.html>.
- HESS, P., BREZOWSKY, H., 1952. Katalog der Grosswetterlagen Europas. Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone, Nr. 33. Bad Kissingen.
- KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M., 2005. Influence of Mediterranean Cyclones on the heavy Precipitation Events in the Czech Republic. Předneseno na 7th Plinius Conference on Mediterranean Storms, 5.–8. října 2005, 7th Plinius Conference on Mediterranean Storms, Rethymno, Řecko.
- KVĚTOŇ, V., ŽÁK, M., 2012. Vliv středomořských tlakových níží na kalamiťní sněžení v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. 64, č. 5, s. 129–136.
- REISENAUER, R., 1970. Metody matematické statistiky. Praha: SNTL. s. 94–96.
- SANDEV, M., 2017. Mechanismus povětrnostní cirkulace vedoucí k vydatným srážkám a povodním ve střední Evropě. *Meteorologické zprávy*, roč. 69, č. 3, s. 78–86.
- TOLASZ, R. et al., 2007. Atlas podnebí Česka. Praha – Olomouc: ČHMÚ, Univerzita Palackého v Olomouci. 260 s.
- WETTER, 2017. Archiv-Version des Animationstools [online]. [cit. 3. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www1.wetter3.de/Archiv/>.
- WETTERZENTRALE, 2017. Wetterzentrale [online]. [cit. 3. 11. 2017]. Dostupné z WWW: <http://www.wetterzentrale.de/>.
- ŽÁK, M., KVĚTOŇ, V., 2005. Connections between Mediterranean Cyclones and calamitous Snowfalls in the Czech Republic. Předneseno na 7th Plinius Conference on Mediterranean Storms, 5.–8. října 2005, 7th Plinius Conference on Mediterranean Storms, Rethymno, Řecko.

Lektoři (Reviewers): RNDr. František Šopko, RNDr. Miloslava Starostová

POSELSTVÍ U PŘÍLEŽITOSTI SVĚTOVÉHO METEOROLOGICKÉHO DNE 2018

Poselství generálního tajemníka SMO Petteriho Taalase

„Weather-ready, climate-smart“ volně a obrazně přeloženo: „Na počasí připraveni, na klima (znalostmi) vybaveni“, je téma vybrané pro Světový meteorologický den 2018. Pokud přidáme heslo „water-wise“, v překladu „na vodu (vědostmi) posílení“, uzavřeme okruh základních prvků, které podmiňují udržitelný rozvoj.

Počasí, klima a voda jsou zásadní pro veřejné blaho, zdraví a bezpečnost potravin. Avšak mohou být i destruktivní. Jevy se závažnými účinky, jako jsou tropické cyklony, mimořádné srážky, horké vlny, sucha, zimní bouřky a mrazivé teploty, pohlcují životy a živobyty po věky. Ovšem nyní vede změna klimatu k zintenzivnění a častějšímu výskytu některých těchto jevů.

Začátek roku 2018 pokračoval tam, kde rok 2017 skončil – extrémním počasím, které si vyžádalo životy a ničilo živobytí. Období hurikánů v roce 2017 bylo pro Spojené státy nejškodlivější v historii a zničilo dekády pokroku v rozvoji malých ostrovů Karibiku, jako je Dominika. Povodně vykořenily miliony lidí na Asijském kontinentu, zatímco sucha znásobilo chudobu a zvýšilo migrační tlaky v oblasti Afrického rohu.

Není překvapením, že po druhý následující rok bylo životní prostředí vůbec nejvýraznějším předmětem zájmu vyzdvihovaným světovými lidry ve Zprávě o globálních rizicích Světového hospodářského fóra. Témata zmiňovala *extrémní počasí, ztrátu biodiverzity a kolaps ekosystému, stěžejní přírodní katastrofy, člověkem způsobené ekologické katastrofy a selhání ve vztahu ke zmírňování změny klimatu a přizpůsobení se této změně*. Jevy extrémního počasí byly pokládány za jedno z nejvýraznějších rizik.

Rok 2017 byl jeden ze tří nejteplejších zaznamenaných roků a byl nejteplejším rokem bez jevu El Niño. Dlouhodobá klimatická změna jako důsledek emisí skleníkových plynů přivádí naši planetu k teplejší budoucnosti s extrémnějším počasím a krajními vodními situacemi.

Mým přáním je, aby všechny členské státy WMO byly nakonec „na počasí připraveny“ („weather-ready“) a „na klima vybaveny“ („climate-smart“) – stejně jako „na vodu posíleny“ („water-wise“). Je to nezbytné k podpoře mezinárodní agendy udržitelného rozvoje, snižování rizika katastrof a přizpůsobení se změně klimatu.

Zejména je potřeba připravit se na extrémy počasí, klimatu a vody prostřednictvím lepších systémů včasného varování před vícenásobnými riziky (multi-hazard early warning systems) a lépe koordinovanou odezvou. K usnadnění tohoto úkolu uveřejňuje WMO kontrolní seznam pro systémy včasného varování před vícenásobnými riziky jako důležitý praktický nástroj k posílení odolnosti.

Národní meteorologické a hydrologické služby by měly být schopny poskytnout přesné a včasné služby pro všechny události počínajíc nowcastingem, přes dílčí sezonní a plně sezonní předpovědi počasí a dlouhodobějšího vývoje klimatu všem



zájemcům, od jednotlivců po společnost, rozličným podnikatelským sektorům a politikům, v co nejjednodušším a srozumitelném jazyce.

Prvním krokem k budování odolnosti vůči extrémním jevům počasí a klimatu je založení robustní sítě pozorování. Rozsáhlá pozorovací síť – zahrnující pevninu, atmosféru a moře, stejně jako družicová pozorování – je podmínkou pro poskytování dat k podpoře předpovědi a včasných varování pro extrémní jevy počasí a klimatu. WMO je jako sdružení zapojeno do poskytování podpory svým členům, kteří potřebují obnovit svou měřicí infrastrukturu a rozvoj klimatických služeb nabízí dobrou příležitost ji poskytnout.

Návazně, odolnost společnosti vůči extrémům počasí a klimatu by měla být rozvíjena na základě pokroku ve vědě a technologiích pro předpovědi. Dramatické snížení počtu ztracených životů v důsledku nepříznivých povětrnostních jevů během posledních třiceti let se z valné části přisuzuje významnému zpřesnění předpovědi počasí a varování a zlepšení koordinace s orgány krizového řízení. Díky rozvoji numerických předpovědí počasí je dnešní předpověď na pět dnů stejně dobrá, jako předpověď na dva dny před dvaceti lety. A tento vývoj pokračuje ve prospěch včasných varování.

Skutečně, včasné varování je hlavním prvkem při snižování rizika katastrof. Může předejít ztrátě životů a omezit hospodářské a materiální dopady nebezpečných událostí včetně katastrof.

K zajištění efektivity je nutné, aby do systémů včasného varování byli aktivně zapojeni občané a komunity vystavené riziku řady nebezpečných událostí, byla usnadněna osvěta veřejnosti ohledně uvědomění rizik, efektivně rozšiřovány zprávy a varování a zajištěn trvalý stav připravenosti.

Z tohoto důvodu WMO iniciovala vytvoření globálního a standardizovaného varovného systému pro různorodá rizika ve spolupráci s národními meteorologickými a hydrologickými službami po celém světě.

Aktivně také spolupracuje s partnery v rámci iniciativy Klimatická rizika a systémy včasného varování (Climate Risk and Early Warning Systems), obdobně jako v Globálním rámci pro klimatické služby (Global Framework for Climate Services) ku pomoci nejzranitelnějším.

Hydrologické služby jsou také významnou částí rovnice odolnosti. Z tohoto důvodu se WMO stala jedním ze sponzorů významné světové květnové vodní konference: Prosperity Through Hydrological Services (Prosperita prostřednictvím hydrologických služeb).

Záměrem WMO je vyplnění mezer v pozorovacích sítích a překonání překážek v poskytování přesných a včasných prognóz a varovných služeb založených na dopadech vícenásobných rizik ve všech členských státech a územích s cílem přispět k budování společnosti odolné vůči počasí, klimatu a vodě. Tímto způsobem přispěje organizace k plné implementaci Agendy OSN pro udržitelný rozvoj do roku 2030 a Rámce Sendai pro snižování rizika katastrof: Budujme svět, který si přejeme.

Přeji dobrý Světový den vody (22. března) a Světový meteorologický den (23. března) všem členům a jednotlivcům zapojeným do činnosti WMO s nadějí, že všechny národy budou brzy na počasí připraveny, na klima vybaveny a na vodu posíleny.

BOUŘE HERWART V ČESKU

1. Úvod

Během posledního říjnového víkendu roku 2017 se přes střední Evropu přehnal ničivá vichřice, která si kromě rozsáhlých materiálních škod vyžádala i deset lidských životů: čtyři v Česku i Německu a dva v Polsku. Na území České republiky se ocitlo půl milionu obyvatel bez elektřiny a ČEZ vyhlásil v 8 krajích kalamitní stav. Lesy ČR vyčíslily škody v lesích na 1,4 mil. m³ dřeva. Generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR (HZS ČR) zaznamenalo za neděli 29. října 2017 více než 8 500 výjezdů, zejména k popadaným stromům (běžně kolem 300 výjezdů za den). Právě padající stromy v Česku usmrtily 4 lidi. Tlaková níže, která vichřici způsobila, byla nazvaná Meteorologickým institutem berlínské Svobodné univerzity Herwart.

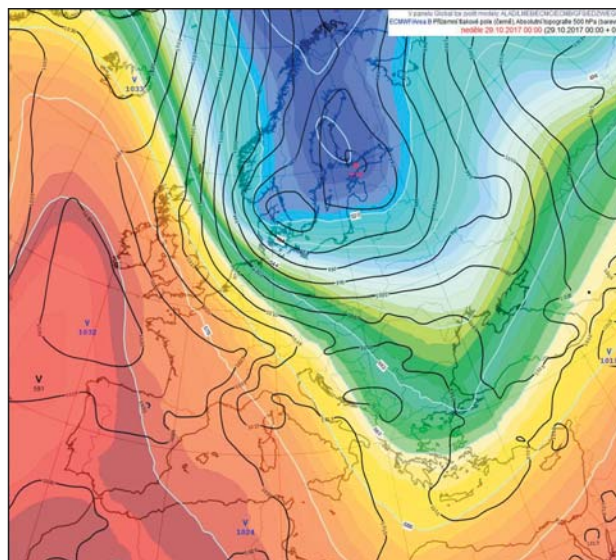
2. Synoptické příčiny vichřice Herwart

V období od 27. do 29. října 2017 zesilovala v oblasti od Kanady přes Grónsko, Severní moře a střední Evropu až nad Balkán frontální zóna. Nad Evropou se zóna udržovala mezi mohutnou tlakovou výší nad Britskými ostrovy a rozsáhlou brázdou nízkého tlaku vzduchu zasahující ze severní Skandinávie až nad jižní Balkán. V noci z 27. na 28. 10. postupovala přes Island k jihovýchodu frontální vlna. V noci na 29. 10. se u vrcholu této frontální vlny vytvořila nad jihozápadem Norska tlaková níže (obr. 1). Tlaková níže Herwart se začala rychle prohlubovat. Příčinou byl na jedné straně příliv studeného vzduchu z Arktidy podél skandinávského pobřeží a na straně druhé vliv orografie, tj. velkého výškového rozdílu mezi hladinou Severního moře a hornatým jižním Norskem. Během 29. října níže postoupila nad Bělorusko a následně se při postupu k východu začala vyplňovat.

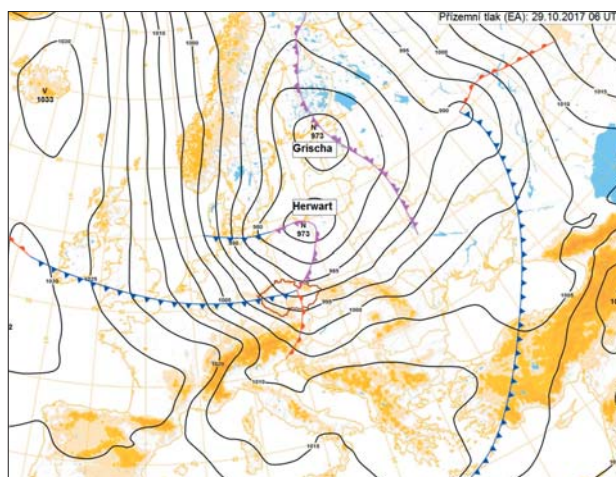
Mezi postupující hlubokou tlakovou níží a mohutnou tlakovou výší se středem západně od Britských ostrovů se vytvořil výrazný horizontální tlakový gradient (v ČR 3 až 5 hPa na 100 km) ve směru od západojihozápadu na východoseverovýchod se silným až velmi silným severozápadním prouděním. V tomto proudění postupoval přes Česko v noci a ráno 29. 10. frontální systém (obr. 2 a 3). Jeho teplá fronta přecházela přes naše území v pozdních nočních a brzkých ranních hodinách (přes Prahu-Libuš kolem 03:00 UTC), výrazná studená fronta přešla během rána a dopoledne (přechod přes Prahu-Libuš kolem 06:00 UTC) a odpoledne postupovala od severu ještě podružná studená fronta (obr. 4). Výraznost frontální zóny byla dobře vyjádřena i neobvykle silným výškovým prouděním (jet stream), rychlost severozápadního větru překračovala ve výšce kolem 10 km i 80 m.s⁻¹ (obr. 5). Výrazné zesílení nárazů větru bylo podpořeno nejen silným tlakovým gradientem v přízemní vrstvě, ale také celkovou labilitou studeného vzduchu za studenou frontou a přítomností nízkohladinového jetu. Dle aerologického měření z 29. 10. 2017 z 06:00 UTC průměrná rychlost větru ve výšce kolem 2 200 m n. m. dosahovala 43 m.s⁻¹ (obr. 6).

3. Rychlosti větru při bouři Herwart

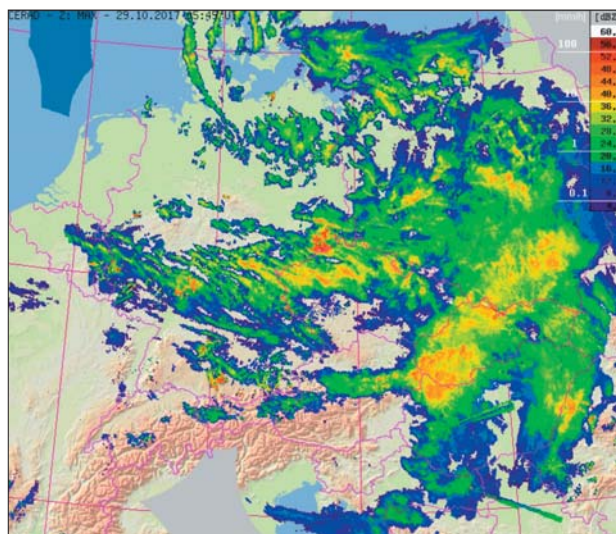
V noci na neděli 29. října 2017 na území ČR zvolna zesiloval jihozápadní vítr. K ránu při přechodu teplé fronty a v teplém sektoru už foukal vítr čerstvý až silný a zejména v severozápadní polovině Čech dosahoval v nižších a středních polohách místy v nárazech 20 až 25 m.s⁻¹. Nejsilnější nárazy větru se vyskytly při přechodu studené fronty a za ní, v labilním vzduchu. Při přechodu fronty se vítr měnil z jihozápadního na severozápadní. Od rána do brzkých odpoledních hodin se na vět-



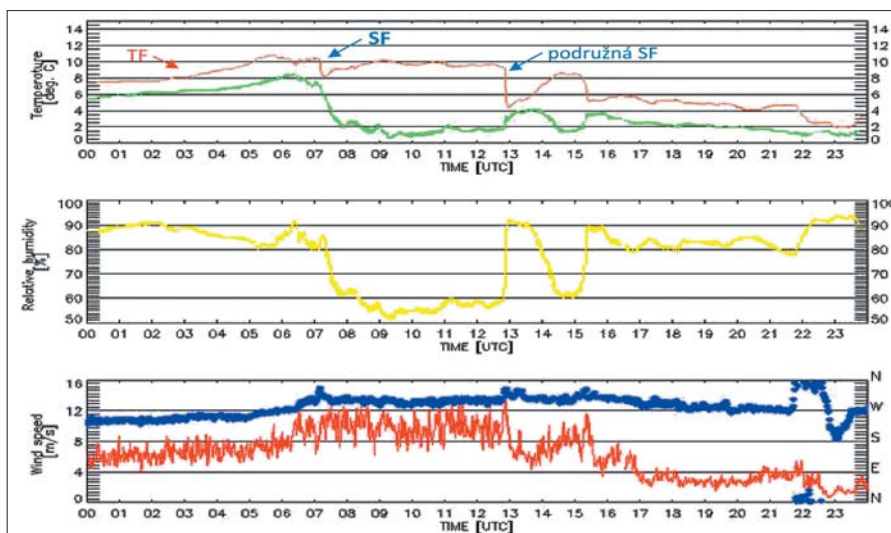
Obr. 1 Přízemní tlakové pole (černé čáry) a absolutní topografie hladiny 500 hPa (barevné pole) 29. 10. 2017 00:00 UTC.



Obr. 2 Synoptická situace a frontální analýza v oblasti střední Evropy 29. 10. 2017 06:00 UTC.



Obr. 3 Sloučená středoevropská radarová informace CERAD 29. 10. 2017 v 05:45 UTC.



Obr. 4 Průběh meteorologických prvků na stanici Praha-Libuš 29. 10. 2017. V grafech znázorněn průběh teploty ve 2 m nad zemí (oranžová čára), teploty rosného bodu ve 2 m nad zemí (zelená čára), relativní vlhkosti (žlutá čára), rychlosti větru (červená čára), směru větru (modré tečky) a přechody teplé (TF), studené (SF) a podružné studené fronty.

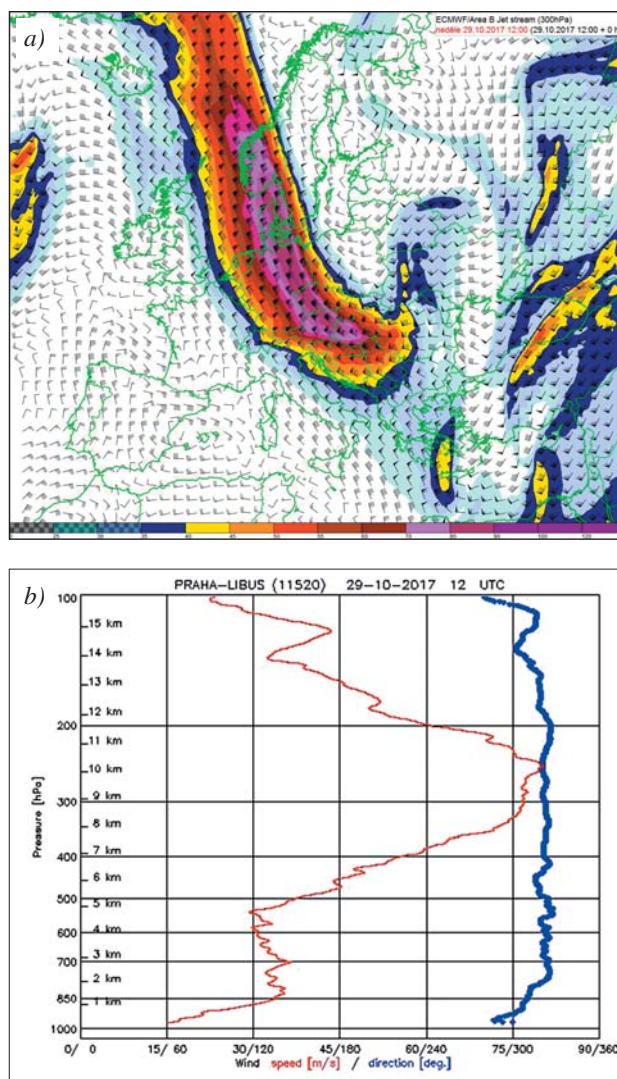
šině území vyskytoval silný, až velmi silný, vítr s nárazy 25 až 35 m.s^{-1} , na horách velmi silný vítr až vichřice s nárazy 30 až 45 m.s^{-1} (tab. 1). Slabší vítr vál na severu Moravy a ve Slezsku, nárazy se zde místy pohybovaly mezi 20 až 30 m.s^{-1} . Největší rychlost větru (náraz) byla naměřena na Luční boudě 50,5 m.s^{-1} (182 km.h^{-1}) krátce po 8. hodině. Meteorologické stanice na Sněžce (Poštovna i polská stanice) naměřily před sedmou hodinou ráno náraz větru 50 m.s^{-1} a následně přestaly data dodávat, největší rychlosti proto pravděpodobně 50 m.s^{-1} překročily. Nejsilnější náraz větru v nižších a středních polohách byl naměřen na stanici Ústí nad Labem-Kočkov o rychlosti 36,5 m.s^{-1} . Během odpoledne za podružnou studenou frontou vítr pozvolna slábl.

Kromě velmi silného větru přinesl přechod frontálního systému na celé území ČR srážky, na horách i vydatnější déšť a sněžení. V Krkonoších a Jizerských horách došlo vlivem návětrného efektu k výraznému orografickému zesílení srážek (až 80 mm za 24 hodin). Skupenství srážek bylo v noci většinou dešťové, jen v nejvyšších polohách Krkonoš přechodně sněhové, během rána a nedělního dne se postupně sněhové srážky objevovaly i ve středních polohách. V pondělí 30. 10. v 06:00 UTC leželo na Labské boudě 31 cm sněhu, o 24 hodin dříve to bylo jen 10 cm sněhu.

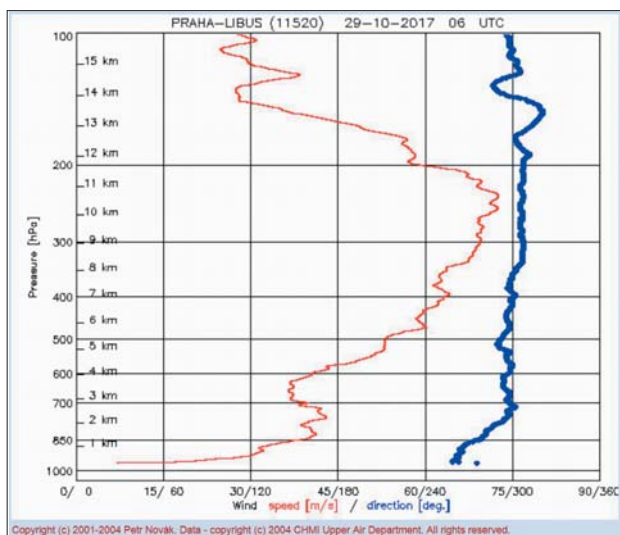
4. Úspěšnost numerických modelů v předpovědi větru

Již na začátku týdne (23. 10.) předpovídal numerický model Evropského centra pro střednědobou předpověď (ECMWF) na neděli 29. 10. nad střední Evropou výrazný tlakový gradient mezi tlakovou výší se středem západně od Britských ostrovů a tlakovou níží se středem nad Pobaltím a Polskem značící minimálně čerstvý vítr (obr. 7). Americký model GFS předpovídal střed tlakové níže a nejvýraznější gradient tlaku východně od území ČR. Německý model ICON předpovídal hlubokou tlakovou níží nad severní Skandinávií a nad územím ČR spíše mírné severozápadní proudění. V dalších dnech model ECMWF tlakovou níží nad Pobaltím nadále prohluboval a zvyšoval nad Českem tlakový gradient. Ostatní používané modely (GFS, ICON) začaly předpovídat obdobný scénář od středy 25. října.

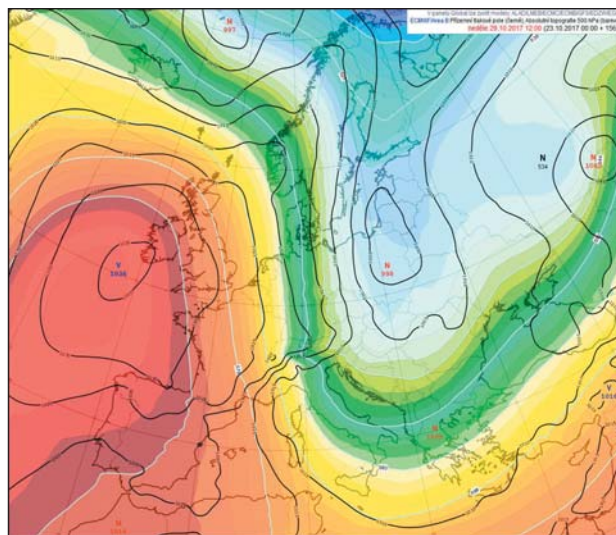
Na synoptickou situaci reagovaly modely předpovídanými vysokými průměrnými i maximálními hodnotami rychlosti větru. Ve středu 25. 10., tj. s předstihem 4 dní, modeloval ECMWF na neděli 29. 10. nárazy větru kolem 30 m.s^{-1} , na horách kolem 35 m.s^{-1} . Ostatní modely předpokládaly nárazy nižší. Ve čtvrtek 26. 10. se modely shodovaly v předpovědi nárazů mezi 20 až 30 m.s^{-1} . V pátek 27. října už byly k dispozici i výpočty regionálních numerických modelů ALADIN a ICON. Oba regionální modely Aladin a ICON i globální model ECMWF se shodovaly v předpovědi nárazů větru na 29. října v rozmezí 25 až 35 m.s^{-1} na většině území, na horách se předpovídané hodnoty pohybova-



Obr. 5 Výškové proudění v hladině 300 hPa (a) a vertikální profil směru a rychlosti větru získaný radiosondou vypuštěnou ze stanice Praha-Libuš (b) 29. 10. 2017 ve 12:00 UTC. Vertikální profil směru a rychlosti větru; rychlost větru znázorněna červenou čarou, směr větru modře.



Obr. 6 Vertikální profil směru a rychlosti větru získaný radiosondou vypuštěnou ze stanice Praha-Libuš 29. 10. 2017 v 06:00 UTC. Vertikální profil směru a rychlosti větru: rychlost větru znázorněna červenou čarou, směr větru modrou.



Obr. 7 Předpověď přizemního tlakového pole (černé čáry) a absolutní topografie v hladině 500 hPa (barevné pole) na neděli 29. 10. 2017 modelu ECMWF z 23. 10. 2017 12:00 UTC.

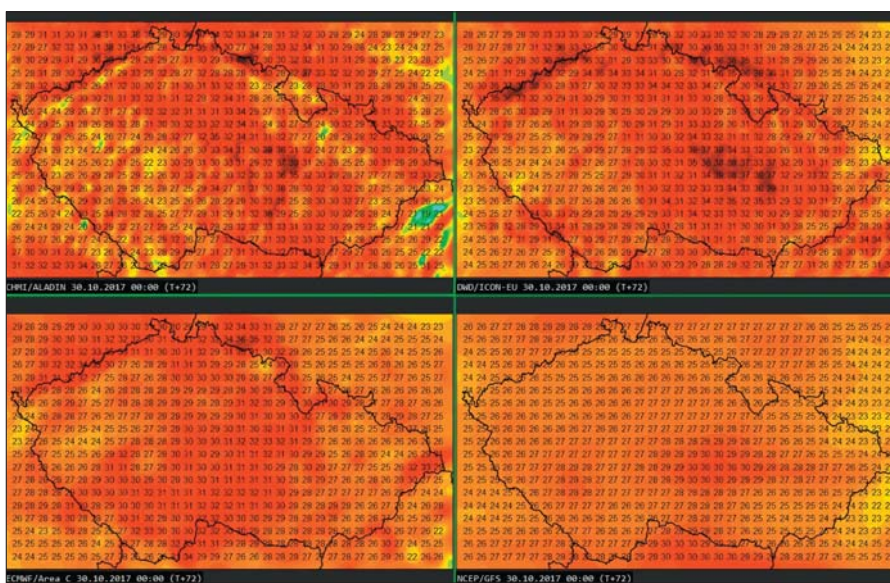
ly mezi 35 až 45 m.s⁻¹ (obr. 8). Největší nárazy modelovaly do severní poloviny Čech, na Českomoravskou vrchovinu a jižní a střední Moravu. Rozdíly mezi modely byly v předpovědi pro Ostravsko. Globální model GFS s výrazně horším rozlišením předpovídal nárazy větru na celém území vyrovnané mezi 25 až 30 m.s⁻¹, v porovnání s ostatními modely tedy nižší a bez regionálních rozdílů. Na základě těchto výstupů byla na 29. října 2017 vydána pro celé území výstraha s nejvyšším stupněm nebezpečí na extrémně silný vítr PVI č. 2017/95.

O 24 hodin později, tj. 28. 10. 2017 z 00:00 UTC, modely předpovídané nárazy větru nepatrně zmírnily, nárazy přes 30 m.s⁻¹ dávaly v nížinách jen ojediněle. Modely z 29. 10. 2017 00:00 UTC potvrdily možnost výskytu nárazů větru přes 30 m.s⁻¹ téměř kdekoli v republice, s nejmenší pravděpodobností ve Zlínském a Plzeňském kraji. Do Moravskoslezského kraje modeloval nárazy větru přes 30 m.s⁻¹ pouze model Aladin.

Předpověď synoptické situace i rychlosti větru modelům celkově vyšla, modelu ECMWF již s předstihem 6 dní, ostatním globálním modelům 4 dny dopředu a regionálním modelům od začátku výpočtu na neděli 29. 10. 2017. Regionální modely lépe vystihly nejvyšší hodnoty nárazů větru i jejich lokalizaci, model ECMWF s větším rozlišením určený pro krátkodobou předpověď se regionálním modelům téměř vyrovnal. Model Aladin opakovaně nadhodnocoval nárazy větru v Moravskoslezském kraji. Model GFS s menším rozlišením rychlost větru slabě podhodnotil. Načasování největších nárazů zejména na ranní a dopolední hodiny a odpolední postupné slábnutí větru od západu modelům rovněž vyšlo.

5. Závěr

Vichřice Herwart byla jednou z nejničivějších větrných epizod na našem území. Od roku 2000 postihly Česko dvě výjimečně silné vichřice, v lednu 2007 Kyrill (18.–19. ledna) a na začátku března 2008 Emma (1.–2. března). Při obou situacích se nad střední a západní Evropou nacházel výrazný tlakový gradient mezi oblastí vysokého tlaku vzduchu nad jižní Evropou, resp. Pyrenejským poloostrovem, a oblastí nízkého tlaku vzduchu nad severní Evropou. Tlakové níže Kyrill i Emma se vytvořily již nad Severní Amerikou a v silném západním proudění postupovaly přes Atlantik nad severní Evropu. Obě bouře způsobily v západní, severní a střední Evropě rozsáhlé škody a vyžádaly si i oběti na životech. Na území ČR dosahovaly při orkánu Kyrill průměrné rychlosti větru v nižších a středních polohách 15 až 25 m.s⁻¹ a v nárazech bylo zaznamenáno i přes 40 m.s⁻¹ (Praha-Karlov 45 m.s⁻¹), na Labské boudě byl zaznamenán největší náraz na území Česka za dobu přístrojového



Obr. 8 Předpověď maximálních nárazů větru na neděli 29. 10. 2017 podle modelů Aladin, ICON, ECMWF a GFS z 27. 10. 2017 00:00 UTC.

Tab. 1 Největší naměřené nárazy větru v Česku a pohraničních horách 29. 10. 2017.

Max náraz [m.s ⁻¹]	Max náraz [km.h ⁻¹]	Čas	Stanice	Nadmořská výška [m]	Kraj/Stát
50,5	182	08:10	Luční bouda	1 413	Královéhradecký
50	180		* Sněžka	1 603	Polsko
49,3	177	06:50	* Sněžka, Poštovna	1 602	Královéhradecký
49	176		Fichtelberg	1 213	Německo
41,9	151	10:40	Milešovka	831	Ústecký
36,5	131	06:50	Ústí nad Labem, Kočkov	375	Ústecký
36	130	08:20	Javorový vrch	930	Moravskoslezský
35,3	127	11:10	Nová Ves v Horách	725	Ústecký
34,8	125	08:50	Přibyslav, Hřiště	533	Vysočina
34,1	123	07:50	Výrovka, Pec pod Sněžkou	1 362	Královéhradecký
33,8	122	08:10	Skuteč	457	Pardubický
32,9	118	08:00	Praha, Karlov	261	Praha
32,7	118	09:10; 12:10	Luká	510	Olomoucký
32,3	116	12:20	Lysá hora	1 322	Moravskoslezský
32,3	116		Zinnwald/ Cinovec	877	Německo
32,2	116	07:30	Doksany	158	Ústecký
31,8	114	09:30	Kocelovice	519	Jihočeský
31,6	114	07:50	Klínovec	1 236	Karlovarský
31,5	113	08:50	Protivanov	675	Olomoucký
31,4	113	09:30	Brno, Tuřany	241	Jihomoravský
31,1	112	07:40	Tušimice	322	Ústecký
31,1	112	13:40	Kuchařovice	334	Jihomoravský
30,9	111	12:30	Chotusice, letiště	238	Středočeský
30,3	109	12:30	Vlašim	415	Středočeský
30	108	07:00	Sněžník	569	Ústecký

* Stanice přestaly kolem 07:00 občanského času dodávat data.

vých měření 57,8 m.s⁻¹, tj. 208 km.h⁻¹ (Hostýnek et al. 2008). Při vichřici Emma se průměrné rychlosti pohybovaly v nížších a středních polohách většinou mezi 15 až 20 m.s⁻¹, nárazy kolem 30 m.s⁻¹, největší náraz větru byl naměřen na Labské boudě 54,1 m.s⁻¹ (195 km.h⁻¹).

Při vichřici Herwart (29. října 2017) dosahoval vítr v nižších a středních polohách v nárazech rychlostí kolem 30 m.s⁻¹ (110 km.h⁻¹), na horách i přes 40 m.s⁻¹ (145 km.h⁻¹). Příčinou vichřice byl výrazný tlakový gradient, který se vytvořil mezi tlakovou výší nad Britskými ostrovy a tlakovou níží nad Pobaltím pojmenovanou Herwart. Gradient způsobil nad střední Evropou silné severozápadní proudění, v němž přecházel přes území ČR v neděli 29. října 2017 nejprve frontální systém a následně podružná studená fronta. Na frontách byly zaznamenány nejsilnější nárazy větru. Silný vítr byl zároveň příčinou vysokých srážkových úhrnů na návětrí Krkonoš a Jizerských hor. Při srovnání s předchozími ničivými bouřemi, které zasáh-

Tab. 2 Největší naměřené nárazy větru v Česku a pohraničních horách při bouřích Kyrill, Emma a Herwart.

Max náraz [m.s ⁻¹]	Stanice	Max náraz [m.s ⁻¹]	Stanice	Max náraz [m.s ⁻¹]	Stanice
Kyrill 18.–19. 1. 2007		Emma 1.–2. 3. 2008		Herwart 29. 10. 2017	
Nad 600 m n. m.					
60,0	Sněžka	54,1	Labská bouda	50,5	Luční bouda
57,8	Labská bouda	47,0	Sněžka	50,0	*Sněžka
51,0	Fichtelberg	43,1	Maruška	49,3	*Sněžka, Poštovna
47,3	Milešovka	43,0	Fichtelberg	49,0	Fichtelberg
47,0	Grosser Arber	43,0	Grosser Arber	41,9	Milešovka
Pod 600 m n. m.					
45,0	Praha, Karlov	44,6	Vrchlabí	36,5	Ústí n. Labem, Kočkov
44,1	Ústí n. Labem, Kočkov	37,0	Přibyslav	34,8	Přibyslav
43,2	Kocelovice	36,5	Dolní Věstonice	33,8	Skuteč

* Stanice přestaly kolem 07:00 občanského času dodávat data.

ly území ČR, byl Herwart slabší než orkán Kyrill (leden 2007). S bouří Emma (březen 2008) byl Herwart z hlediska zaznamenaných rychlostí větru i způsobených škod na majetku srovnatelný, škody v lesích byly po vichřici Herwart menšího rozsahu. Srovnání největších naměřených nárazů větru při bouřích Kyrill, Emma i Herwart ukazuje tab. 2.

Predikce silného větru v ČHMÚ byla velmi dobrá. První upozornění před nebezpečným větrem bylo vydáno už ve středu 25. října 2017 (tj. D+4). V pátek 27. října v 11:25, tj. dva dny před událostí, byla vydána předpovědní výstražná informace (PVI) v rámci systému integrované výstražné služby (SIVS) PVI č. 2017/95 na extrémně silný vítr, tj. s nejvyšším stupněm nebezpečí, s platností pro celé území ČR na neděli 29. 10. 2017 od 00:00 hodin do 19:00 hodin občanského času. Z hlediska dostupných dat o naměřených nárazech větru byla výstraha s extrémním stupněm nebezpečí úspěšná ve většině krajů, tj. nárazy větru přes 30 m.s⁻¹, popř. v exponovaných polohách přes 40 m.s⁻¹. V Libereckém, Plzeňském, Zlínském a Moravskoslezském kraji byly naměřeny nárazy větru odpovídající výstraze s vysokým stupněm nebezpečí (>25 m.s⁻¹, v exponovaných polohách >35 m.s⁻¹). Z hlediska impaktu byla výstraha na celém území úspěšná. Numerickým modelům předpověď synoptické situace i rychlostí větru vyšla i ve větším předstihu. Modely s větším rozlišením lépe zachytily regionální rozložení nejsilnějších nárazů větru.

Literatura:

HOSTÝNEK, J., NOVÁK, M., ŽÁK, M., 2008. Kyrill a Emma v Česku – meteorologické příčiny, průběh bouří s hodnocením větrných extrémů. *Meteorologické zprávy*, roč. 61, č. 3, s. 65–71.

Jana Hujsová, Pavel Šimandl

DEN OTEVŘENÝCH DVEŘÍ V ČESKÉM HYDROMETEOROLOGICKÉM ÚSTAVU

Již tradičně se Den otevřených dveří konal v sobotu 24. března 2018 při příležitosti Světového meteorologického dne a Světového dne vody na všech profesionálních pracovištích ČHMÚ kromě letišť.

Počasí akci přálo a přilákalo velký počet návštěvníků, kteří se v celé České republice pohybovali okolo 3 000.

Návštěvníci se mohli seznámit s kompletním spektrem čin-

ností ČHMÚ – meteorologie a klimatologie, hydrologie povrchových i podzemních vod, ochrana čistoty ovzduší. V Praze-Komořanech zájemce nejvíce lákalo Centrální předpovědní pracoviště, kde se tvoří předpověď počasí a hlídá se jeho aktuální vývoj. Návštěvníkům byly představeny stanice podzemních vod, klimatologické stanice, nebo přístroje používané při měření průtoku vody. Mohli se také seznámit s tím, jak vypadá hydrologický vrt nebo si prohlédnout manuální i automatickou meteorologickou stanici. Také se mohli dozvědět, proč je čisté ovzduší důležité, jak dochází k jeho znečištění a jak se znečištění ovzduší měří a posuzuje. V Praze-Libuši byl k vidění areál observatoře a na programu bylo i vypuštění meteorologického balonu s radiosondou. Také na dalších odborných pracovištích ČHMÚ, na pobočkách v Českých Budějovicích, Plzni, Ústí nad Labem, Hradci Králové, Brně a v Ostravě, bylo možné vidět ukázky měření. Pracovníci ústavu rovněž seznámili návštěvníky se staničními sítěmi hydrologických a klimatologických stanic nebo předvedli praktické ukázky přístrojů a zařízení na meteorologických měřicích pozemcích (zahrádkách), moderních i historických a odpovídali na četné otázky.

Den otevřených dveří v Českém hydrometeorologickém ústavu potvrdil trvalý zájem veřejnosti o akce podobného typu a přispěl také k propagaci ČHMÚ.

Hana Stehlíková



Lysá hora, meteorologický měřicí pozemek (zahrádka). Foto M. Čermák.



Praha-Komořany, ukázka auta na odběr vzorků plavenin povrchových vod. Foto: H. Stehlíková



Praha-Libuš, nejvíce diváků se shromáždilo k odletu balonu se sondou. Foto: P. Žárský



Ústí nad Labem, meteorologický měřicí pozemek (zahrádka). Foto D. Richterová



Plzeň, meteorologický měřicí pozemek (zahrádka). Foto L. Boříková.



POKYNY PRO AUTORY

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

FORMÁLNÍ ÚPRAVA A ROZSAH RUKOPISŮ

Rukopis je předkládán v elektronické podobě (MS Word), věcně a jazykově správně. Rukopis musí být úplný, včetně všech příloh. Název, abstrakt, klíčová slova a popisky k obrázkům a tabulkám musí být v češtině i angličtině. Rozsah článků pro časopis se udává počtem normostran (normostrana je definována jako 1 800 znaků, včetně mezer). Odborné statě max. 10 normostran, informativní články max. 4 normostrany a osobní zprávy max. 2 normostrany.

OBECE NÉ INFORMACE

- Formát A4, nastavení okrajů 2,5 cm ve všech směrech
- Písmo Times New Roman, vel. 11, řádkování 1,5
- Členění textu do kapitol (maximálně dvě číslované úrovně)

DOPORUČENÁ OSNOVA ČLÁNKŮ

- **Název práce** – výstižný a stručný, nemá přesahovat 90 znaků
- **Autoři** – celá jména autorů (bez titulů), název a adresa instituce, kde autoři působí
- **Abstrakt** – u časopisu maximálně 1 200 znaků (včetně mezer)
- **Klíčová slova** – slouží k indexaci dokumentu, max. 7 slov nebo sousloví (řazených abecedně)
- **Úvod** – obsahuje cíle práce, pracovní hypotézy, pracovní otázky
- **Metodika, vstupní data a způsob řešení**
- **Výsledky a jejich zhodnocení** – prezentace vlastních výsledků práce
- **Diskuze** – srovnání výsledků s výsledky obdobných prací tuzemských i zahraničních, zasazení výsledků do širšího kontextu, slabé stránky metodiky apod.
- **Závěr** – zobecnění výsledků, stručné a jasné vyjádření přínosu práce, možnost aplikace v praxi, náměty na další řešení problematiky
- **Bibliografické citace** – abecedně seřazeny dle příjmení prvního autora, bez číslování

OBRÁZKY

Vyžadované jsou obrázky dodané přímo v digitální podobě s rozlišením nejméně 300 dpi při velikosti 1:1. Obrázky se odevzdávají v některém z běžných grafických formátů (EPS, JPEG, TIFF, PNG, WMF, BMP, AI, CDR); Grafy (XLS); pokud je třeba použít nějaký odlišný formát, je nutné tuto věc konzultovat předem s redakcí. Obrázky musí mít přesně označené osy příslušnými symboly veličiny. Jednotky jsou uváděny v popisu obrázku.

ROVNICE

Rovnice v textu i na samostatných řádcích se píšou pomocí příslušného editoru rovnic v programu MS Word. Rovnice se číslovají na pravém okraji, pod vzorcem nebo rovnicí se uvádí význam jednotlivých označení. Při zpracování na počítači je třeba věnovat zvláštní pozornost vyznačení indexů, exponentů a dalších znaků (např. °C). Ve vzorcích musí být přesně vyznačeny kurzíva, tučné písmo, verzálky, řecké písmo. Při používání matematického aparátu je nutné respektovat příslušné normy ISO nebo ČSN.



CITACE LITERATURY

Jméno tvůrce a rok vydání citovaného zdroje jsou uvedeny v textu ve formě jméno, rok v kulatých závorkách. Pokud se jméno tvůrce vyskytuje přirozeně v textu, následuje pouze rok v kulatých závorkách. Pokud mají dva nebo více zdrojů stejného tvůrce i rok vydání, odlišují se malými písmeny abecedy přiřazenými k roku vydání. V takovém případě se písmena uvádí i v závěrečném soupisu bibliografických citací. Pokud je nutné uvést dva či více zdrojů, uvádějí se v jedné kulaté závorkách a oddělují se středníkem. V případě tří a více autorů se píše do závorky pouze první a doplňuje se zkratkou et al. V případě chybějícího autora se použije jméno vydavatele (řadí se chronologicky podle roku vydání).

Příklad citování:

Úhrny jsou nižší zejména v zimním období (Vavruška 2011), což potvrzuje i Coufal (1973) a lze ověřit na portálu ČHMÚ (ČHMÚ 2013). Více podrobností je uvedeno v první části hodnocení meteorologických prvků na výzkumné ploše Jizerka (Balcar et al. 2012) a dalších studiích (Balcar, Slodičák 2005; Vacek 2003).

Bibliografické citace

- Seznam citované literatury se umísťuje na konci článku (publikace) pod název Literatura. Seznam je řazen abecedně a není číslován.
- Bibliografické citace se obvykle uvádějí ve formě: Příjmení autora/editora, rok vydání. Název: podnázev. Pořadí vydání. Název edice a číslování. Místo vydání: nakladatelství. Rozsah. Standardní identifikátor.
- Hlavní zásady: jména autorů jsou uváděna velkými písmeny (v případě většího počtu autorů se uvádí maximálně pět autorů, dále et al. nebo aj.). Názvy seriálových publikací, tj. časopisů, ročenek, sborníků apod., uvádíme v nezkrácené podobě v kurzívě, navíc se uvádí ISBN a ISSN. Stránkování se uvádí zkratkou s. Uvádění vydání je povinné pouze v případě, že se nejedná o první vydání. Počet stran se u celé publikace neuvádí. Pokud je např. kniha napsána ve více jazycích, a stejně tak jsou uvedeny i názvy, vypíšeme je všechny. Doporučujeme oddělení čárkou.

Monografie

KRŠKA, K., ŠAMAJ, F., 2001. Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku. Praha: Nakladatelství Karolinum. ISBN 80-7184-951-0.

Seriálová publikace

KŘIVANCOVÁ, S., VAVRUŠKA, F., 1997. Základní meteorologické prvky v jednotlivých povětrnostních situacích na území České republiky v období 1961–1990. *Národní klimatický program České republiky*, sv. 27. Praha: ČHMÚ. ISBN 80-85813-52-1, ISSN 1210-7565.

Seriálová publikace – časopis

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

Elektronická citace

SETVÁK, M., 1999. Tornáda na území České republiky a Slovenska [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 30. 11. 2000]. Dostupné z WWW: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/torn/>.

VÍCE NA CASMZ.CHMI.CZ