



ČESKÝ HYDROMETEOROLOGICKÝ ÚSTAV
CZECH HYDROMETEOROLOGICAL INSTITUTE

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

METEOROLOGICAL BULLETIN

Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu počasí a podnebí ve světě v roce 2015	65
<i>Hana Hanzlíková – Jan Kyselý – Eva Plavcová: Kardiovaskulární úmrtnost a nemocnost v České republice</i>	<i>74</i>
<i>David Rýva: Výskyt jevu derecho na území ČR</i>	<i>83</i>
<i>Lukáš Pop – Zbyněk Sokol: Nová mapa extrémních nárazů větru v České republice</i>	<i>90</i>

The WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015.	65
<i>Hana Hanzlíková – Jan Kyselý – Eva Plavcová: Hot and cold spell effects on cardiovascular mortality and hospital admissions in the Czech Republic.</i>	74
<i>David Rýva: Derecho phenomenon in the Czech Republic.</i>	83
<i>Lukáš Pop – Zbyněk Sokol: A new map of extreme wind gust speeds in the Czech Republic.</i>	90

Abstracting and Indexing:

- Meteorological and Geostrophysical Abstracts

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

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

J. Brechler, 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. Pastířák, 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 25,- Kč, roční předplatné 240,- 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

METEOROLOGICKÉ ZPRÁVY

Meteorological Bulletin

ROČNÍK 69 (2016)

V PRAZE DNE 30. ČERVNA 2016

ČÍSLO 3

ZPRÁVA SVĚTOVÉ METEOROLOGICKÉ ORGANIZACE O STAVU POČASÍ A PODNEBÍ VE SVĚTĚ V ROCE 2015

The WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015. Since 1993 the World Meteorological Organization (WMO) has been publishing its annual “WMO Statement on the Status of the Global Climate”. The report has gradually gained in popularity and has recently become a recognized, authoritative source of information for the scientific community, the media, and the general public. The report presented is the latest installment in this successful series. The journal Meteorological Bulletin (Meteorologické zprávy) offers its readers an abbreviated version of the report.

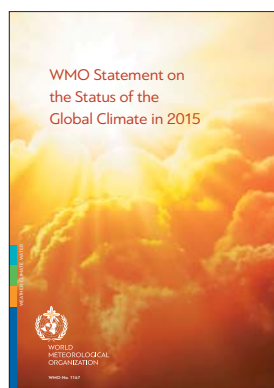
KLÍČOVÁ SLOVA: teplota průměrná globální – úhrn srážek globální – led mořský
KEYWORDS: average global temperature – globally precipitations – sea-ice

PŘEDMLUVA

V rámci svého poslání poskytovat věrohodné informace o počasí, podnebí a vodě předkládá Světová meteorologická organizace (SMO) každý rok zhodnocení stavu globálního klimatu. Tyto zprávy jsou publikovány již více než dvě desetiletí v šesti úředních jazycích OSN s cílem informovat vlády, mezinárodní agentury a další partnery SMO o trendech globálního klimatu, o extrémních a zajímavých projevech počasí a klimatických jevech i na národní a regionální úrovni.

Rok 2015 bude figurovat v historických klimatologických záznamech jako výjimečný v mnoha ohledech. Doposud platné rekordy byly překonány – tento rok byl rekordně teplý a to jak celkově, tak i v mnoha jednotlivých zemích. Extrémně intenzivní vlny veder v mnoha oblastech způsobily tisíce úmrtí, nejvíce v Indii a Pákistánu. Extrémní srážky vedly k záplavám, které postihly desítky tisíc lidí napříč Jižní Amerikou, západní Afrikou a Evropou. Dlouhotrvající několikaleté sucho v jižní Africe a Brazílii se dále prohloubilo. V mnoha meteorologických a klimatických jevech tohoto roku lze identifikovat silný vliv jevu El Niño, který se vyvinul v druhé části roku. Je třeba vykonat ještě mnoho práce na poli mezinárodní spolupráce, v oblasti sdílení dat v reálném čase a dalším vědeckém výzkumu, aby bylo možno oddělit vliv El Niña a jiných globálních klimatických jevů od změn klimatu způsobených lidmi.

Pozitivní událostí roku se stalo přijetí zcela unikátní mezinárodní dohody o změně klimatu na klimatické konferenci konané pod záštitou OSN v prosinci v Paříži. Vlády jednotlivých zemí jednomyslně souhlasily s přijetím opatření ke snížení celosvětové produkce skleníkových plynů do atmosféry. Společně se budou snažit udržet nárůst globální průměrné teploty do 2 °C oproti preindustriální úrovni a usilovat o její snížení až k hodnotě +1,5 °C. Dohoda z Paříže vyvolává naději, že zvýšené mezinárodní úsilí zabrání dosažení bodu, odkud již pro klimatický systém není návratu. Přesto se očekává, že trend oteplování a zvyšujícího se počtu katastrof bude ještě



Obr. 1 Obálka publikace SMO.

Fig. 1. Cover of the WMO publication.

několik desítek let pokračovat. Důraz se klade jak na přizpůsobení těmto podmínkám, tak na zmírnění jejich dopadů. Jedním z neúčinnějších nástrojů, jak se přizpůsobit změně klimatu, je posílení systémů včasného varování a klimatických služeb.

SMO se hlásí k další podpoře klimatických služeb a souvisejícího výzkumu. Zdůrazňuje, že je třeba vybudovat funkční klimatické služby, které posílí naši odolnost vůči změně klimatu a zvýší schopnost adaptace. Asi 70 zemí světa nemá potřebné nástroje pro aplikaci informací o klimatu a jeho prognózách, ani požadovanou včasnost a kvalitu příslušných služeb. SMO pomáhá nejméně rozvinutým zemím, malým ostrovním rozvojovým státům a dalším zranitelným zemím, aby posílily své národní klimatické a meteorologické služby. Rovněž spolupracuje se svými partnery s cílem chránit jednotlivé země před klimatickými riziky prostřednictvím systémů včasného varování a operativní prognózy.

SMO děkuje národním meteorologickým a hydrologickým službám, mezinárodním a regionálním vědeckým centřům a institucím a odborníkům z celého světa – to oni přispěli ke vzniku této zprávy v souladu s nejvyššími vědeckými standardy. Vítá návrhy, jak dále zlepšit její kvalitu a úroveň, a to ve světle nových požadavků vyplývajících z pařížské dohody.
(P. Taalas, generální sekretář SMO)

1. ÚVOD

Zpráva SMO (2016) o stavu globálního klimatu v roce 2015 (obr. 1) se dotýká mnoha aspektů klimatického systé-

mu: atmosférických a hydrosférických poměrů, El Niña, kryosféry, koncentrace skleníkových plynů, regionálních extrémních jevů, tropických cyklon a poškozování ozonoféry. Čerpá z dat a poznatků získaných všemi členy SMO a využívá metod objektivní numerické analýzy. Vychází přitom hlavně z mezinárodních datových sad zpracovávaných výzkumnými centry spolupracujícími se SMO. Analýza globální teploty je založena na spojení tří hlavních datových sad: první (HadCRUT) z Hadleyho centra pro předpovědi a výzkum klimatu a Ústavu pro výzkum klimatu při Východoanglické univerzitě ve Velké Británii, druhá je vedena Národním střediskem pro klimatická data při Národním úřadu pro oceány a ovzduší (USA) a třetí je spravována Národním úřadem pro letectví a kosmonautiku a Goddardovým institutem pro kosmický výzkum (USA). Analýza prováděná SMO také zohledňuje data získaná Evropským centrem pro střednědobou předpověď počasí a Japonskou meteorologickou agenturou. Informace o srážkách jsou poskytnuty Klimatologickým centrem pro globální srážky (Německo). Údaje o místních anomáliích jsou shromážděné od jednotlivých členů SMO, informace o jejich sociálně-ekonomických dopadech jsou získávány z ověřených zdrojů při OSN. Všechny údaje jsou podrobeny křížovým kontrolám a jsou pečlivě ověřovány a aktualizovány.

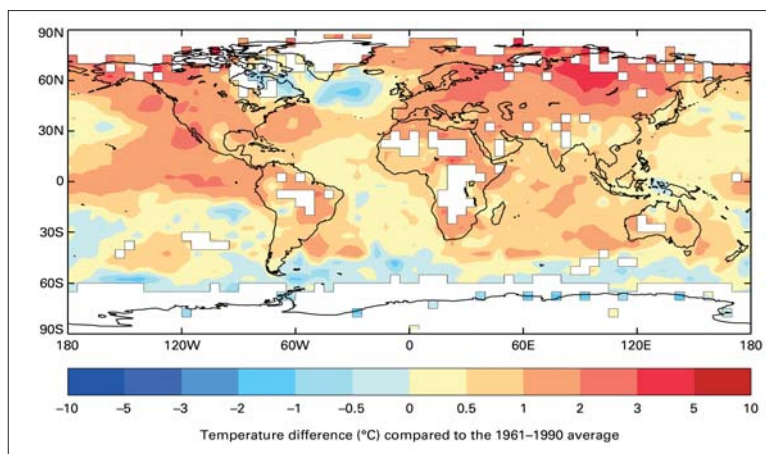
2. TEPLOTA VZDUCHU

V roce 2015 dosáhla globální teplota rekordní hodnoty a navázala tak na stálý dlouhodobý růst teploty, způsobený hlavně emisemi skleníkových plynů produkovaných lidmi v kombinaci s účinky rozvinutého El Niña. Průměrná globální teplota nad zemským povrchem byla pro rok 2015 jednoznačně nejvyšší podle všech uvedených datových zdrojů používaných SMO (obr. 3). Byla $0,76 \pm 0,09$ °C nad průměrem let 1961 až 1990 a přibližně 1 °C nad průměrem 1850–1900. Tyto odhady jsou založeny na datech naměřených meteorologickými stanicemi na povrchu kontinentů i oceánů, na plujících lodích a draftujících i ukotvených bójích.

Průměrná globální teplota může být také stanovena pomocí výstupů z reanalýz. Při ní se kombinují data historických pozorování s moderním systémem předpovědi počasí, čímž je získán komplexní pohled na počasí a klima. Pro tuto zprávu byla použita dvě vyhodnocení: ERA-Interim reanalysis Evropského centra pro střednědobou předpověď počasí (ECMWF), a JRA-55 reanalysis Japonské meteorologické agentury. Výsledky obou těchto vyhodnocení také označují rok 2015 jako nejteplejší v historii.

Celosvětový průměr teploty vzduchu nad plochou souší ukazuje, že rok 2015 byl srovnatelný s roky 2005, 2007 a 2010. Globální průměrná teplota nad hladinou moří se shodovala s rekordní hodnotou roku 2014. Společný průměr teploty souše a teploty moře vytvořil rekordní globální teplotu roku 2015.

Vysoká teplota byla zaznamenána ve většině sledovaných oblastí světa (obr. 2). Zvláště

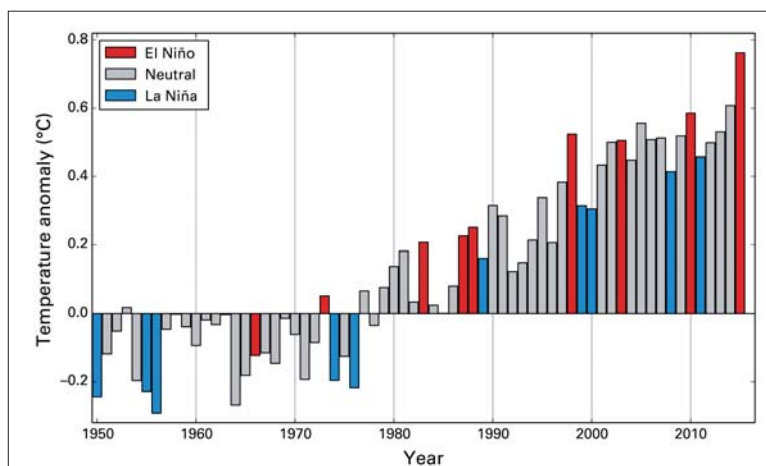


Obr. 2 Odchytky globální povrchové teploty souší a oceánů [°C] v roce 2015 od průměru 1961–1990 (Zdroj: Met Office Hadley Centre, UK, and Climatic Research Unit, University of East Anglia, United Kingdom).

Fig. 2. Global land and sea surface temperature anomalies [°C] for 2015, relative to 1961–1990 (Source: Met Office Hadley Centre, United Kingdom, and the Climatic Research Unit, University of East Anglia, United Kingdom).

teplé byly velké části Jižní Ameriky, Afriky a Evropy, severovýchodní Eurasie, Středního východu a západní část Severní Ameriky. Pro Asii a Jižní Ameriku byly stanoveny nové kontinentální rekordní hodnoty. Rusko mělo nejteplejší rok ve své historii (+2,16 °C nad průměrem let 1961–1990), nejteplejší rok měla také Čína. Evropa zažila svůj druhý nejteplejší rok (po roce 2014), pro některé země byl nejteplejším (Estonsko, Finsko, Španělsko, Česko), nebo byl jedním ze tří nejteplejších (Německo, Francie, Slovinsko, Moldávie, Maďarsko, Srbsko). Pro Afriku a Oceánii byl rok 2015 druhým nejteplejším v jejich záznamech.

Některé pevninské oblasti byly naopak chladnější oproti svým průměrným teplotním poměrům. Byla to především Antarktida, kde několik měsíců přetrvávala pozitivní fáze



Obr. 3 Globální roční průměrná teplotní odchylka od průměru 1961 až 1990 na základě průměru ze tří hlavních datových sad. Zbarvení sloupců označuje, zda byl rok klasifikován jako ovlivněný El Niñem (červená), La Niňou (modře), nebo byl bez jejich vlivu (šedá). (Source: Met Office Hadley Centre, United Kingdom, and Climatic Research Unit, University of East Anglia, United Kingdom).

Fig. 3. Global annual average temperature anomalies (difference from the 1961–1990 average) based on an average of the free global temperature datasets. The colored bars indicate years that were influenced by El Niño (red) and La Niña (blue), and the years without a strong influence (gray) (Source: Met Office Hadley Centre, United Kingdom, and the Climatic Research Unit, University of East Anglia, United Kingdom).

Jižního prstencového modu (SAM). V pozitivní fázi SAM zesiluje západní proudění, které má ochlazující účinky. Od října se hodnoty indexu SAM snížily a celý kontinent se poněkud oteplil. Podprůměrná roční teplota byla také v severovýchodní části Severní Ameriky.

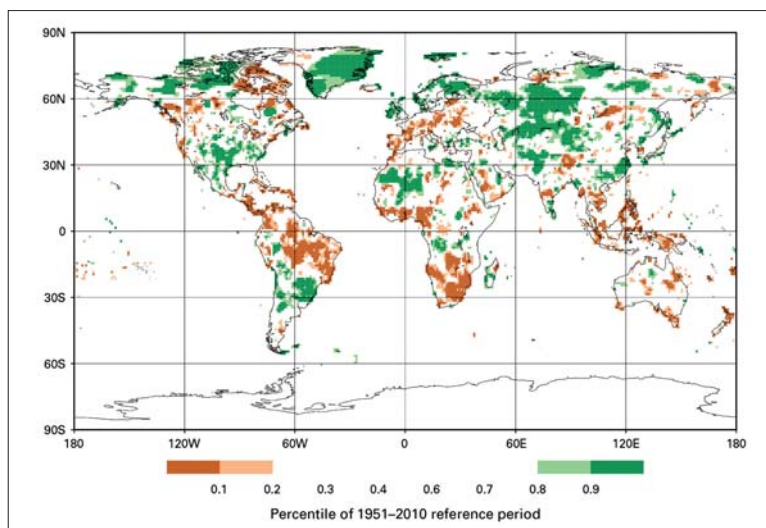
3. DEŠŤOVÉ SRÁŽKY, SNÍH A LED

Typický rok je co do plošného rozložení srážek vysoce variabilní na regionální i místní úrovni a rok 2015 nebyl výjimkou. Srážkové extrémy se vyskytly v mnoha oblastech celého světa, v některých případech vedly k záplavám, v jiných k suchu. Neobvykle velké množství srážek v ročním úhrnu (obr. 4) bylo v jižních oblastech USA, Mexiku, Peru, severním Chile, Bolívii, Paraguayi, jižní Brazílii a severní Argentíně, severní a jihovýchodní Evropě, v části střední Asie, jihovýchodní Číně, Pákistánu a Afghánistánu. Velké suchu na druhou stranu postihlo Střední Ameriku a Karibik, severovýchod Jižní Ameriky, části střední a jižní Evropy, jihovýchodní Asie, Indonésii a jižní Afriku. Roční úhrny srážek jsou důležitým ukazatelem, mohou však někdy zastírat velkou variabilitu srážek v průběhu roku.

Podle Globální sněhové laboratoře při Rutgersově univerzitě v USA dosahovala na jaře rozloha sněhové pokrývky na severní polokouli plochy 28,5 milionu km². To je hluboko pod dlouhodobým průměrem a je to osmá nejmenší rozloha sněhu v historii měření. Severní Amerika měla dokonce svou čtvrtou nejnižší jarní rozlohu sněhu. Nicméně zde také řádila sněhová bouře s velkými přívaly sněhu, bylo to v únoru na severovýchodu USA. Ve státě Massachusetts byly, co do množství sněhu, překonány měsíční i sezonní zimní rekordy. V Bostonu napadlo v průběhu února 165 cm sněhu, což je více než normálně za celou zimu.

4. OCEÁNY

Nad oceány byly v průběhu roku zaznamenány rozsáhlé oblasti nadprůměrně teplého vzduchu. Jak se dalo očekávat, byl během trvání El Niña výrazně teplejší tropický Pacifik a o více než 1 °C byly teplejší i oblasti centrálního a východního rovníkového Pacifiku (obr. 2). Severovýchodní Pacifik, velká část Indického oceánu a části severního a jižního Atlantiku byly rovněž výrazně teplejší. Oblasti kolem jižního Grónska a jihozápadní Atlantik byly naopak výrazně chladnější. Oblasti Jižního oceánu (jižně od 60° zeměpisné šířky) byly také chladnější, zde je však obtížné odhadovat velikost odchylek vzhledem k malému množství dat z let 1961–1990. Podle měření v hloubkách do 700 i do 2 000 m dosáhlo množství tepla zadržovaného oceány v roce 2015 rekordní úrovně. Výška hladiny moře je měřena pomocí satelitů i tradičními mareografy. Poslední odhady výšky celosvětové hladiny moře podle družicových výškoměrů ukazují, že průměrná globální úroveň hladiny moře za leden až listopad 2015 byla vůbec nejvyšší v éře satelitních měření. Odpovídá to dlouhodobému trendu zvyšování hladiny a je též v souladu s výsledky měření mareografy. Podle jejich měření, která začala před více než 100 lety, jedná se v roce 2015 také o nejvyšší zaznamenanou hladinu. Rekordní výška mořské hladiny se netýkala všech částí světového oceánu. Podprůměrná výška hladiny byla v západní části tropického Pacifiku, což se při působení El Niña dalo očekávat. Ve druhé polovině roku byla hlášena anomálie –10 cm v oblas-



Obr. 4 Roční úhrny srážek vyjádřené jako percentily průměru za období 1951–2010 pro oblasti, které byly nejsušší 20 % (hnědá) a nejvlhčí 20 % (zelená), tmavší odstíny hnědé a zelené udávají nejsušší a nejdeštivější oblasti (10 %). (Zdroj: Centrum pro klimatologii a globální srážky, Deutscher Wetterdienst, Německo).

Fig. 4. Annual total precipitation expressed as a percentile of the 1951 to 2010 reference period for areas that would have been in the driest 20% (brown) and wettest 20% (green) of years during the reference period, with darker shades of brown and green indicating the driest and wettest 10%, respectively (Source: Global Precipitation Climatology Centre, Deutscher Wetterdienst, Germany).

ti Marshallových ostrovů, Mikronésie a Papuy-Nové Guiney. Tyto odchylky byly ale menší, než během El Niña 1997/1998. Naproti tomu hladina ve východní rovníkové oblasti byla nadprůměrná – rovněž příznačný doprovodný projev El Niña.

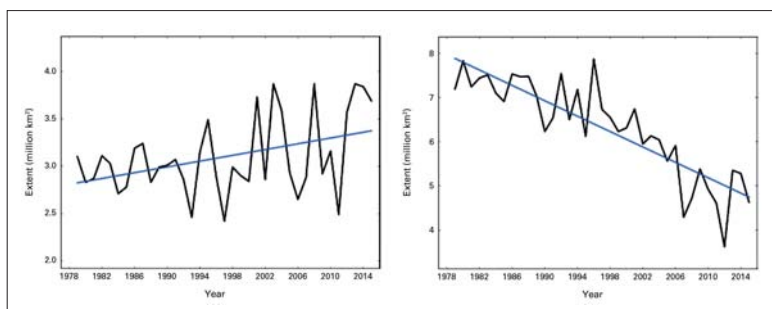
5. EL NIÑO

Kolísání povrchové teploty vody tropického Pacifiku v kombinaci s atmosférickou zpětnou vazbou řídí dvě odlišné fáze El Niña – jižní oscilace, El Niño a La Niña. Během El Niña je povrchová teplota vody ve východním tropickém Pacifiku nadprůměrná. To vede k oslabení nebo dokonce obrácení převládajících pasátů, které dále podporují povrchové oteplování. El Niño – jižní oscilace je hlavním jevem, který každý rok zesiluje variabilitu globálního klimatu. Má vliv na globální atmosférickou cirkulaci, mění charakter počasí na celém světě a dočasně zvyšuje globální teplotu.

V roce 2015 vzrostla mořská povrchová teplota na východě středního Pacifiku a přesáhla hodnoty typické pro období jara na severní polokouli. Atmosférické ukazatele, jako je rozdíl tlaku mezi Tahiti a Darwinem v Austrálii, také poukazyvaly na rozvíjející se El Niño. Jev dále zesiloval a vyvrcholil v prosinci. Na jeho vrcholu byla mořská povrchová teplota srovnatelná s hodnotami dosaženými během mimořádně silných epizod El Niña z přelomu let 1997/1998 a 1982/1983.

Ačkoliv se přesné údaje o každé jednotlivé epizodě El Niña liší, dají se vždy očekávat některé opakující se typické projevy. Silné El Niño je obvykle spojeno s vyšší globální teplotou, a to jak při zemském povrchu, tak v celé troposféře. Ve vyšších vzduchových vrstvách je samozřejmě odezva na oteplování vod tropického Pacifiku opožděna.

V roce 2015 nastal deficit dešťových srážek v souvislosti s El Niňem v oblasti od Střední Ameriky až po severní Brazílii, v jižních částech Afriky, jihovýchodní Asii a na velkých plochách Oceánie a východní Austrálie. Monzunové deště v Indii byly také podprůměrné. Nadprůměrné srážky byly v jižní Brazílii, severní Argentíně a v jižních oblastech USA.



Obr. 5 Rozloha mořského ledu v únoru na jižní polokouli (vlevo) a v září na severní polokouli (vpravo) v letech 1979–2015. (Zdroj: National Snow and Ice Data Center, NOAA, USA).

Fig. 5. Monthly sea-ice extent for February in the Southern Hemisphere (left) and September in the Northern Hemisphere (right) for 1979–2015 (Source: National Snow and Ice Data Center, NOAA, United States).

El Niño má vliv též na tvorbu a vývoj tropických cyklon. Potlačuje vznik hurikánů v severním Atlantiku a podporuje tvorbu hurikánů a tajfunů v severovýchodním Pacifiku.

6. KRYOSFÉRA

Na severní polokouli obvykle vrcholí rozsah arktického ledu v březnu a svého minima dosahuje v září. Od roku 1970, od něhož jsou k dispozici konzistentní satelitní záznamy, dochází ke zmenšování plochy mořského ledu v průběhu celého sezonního cyklu. V roce 2015 bylo dosaženo maximální rozlohy dne 25. února, hodnota 14,54 milionu km² byla nejnižší za celou dobu těchto měření. Je to o 1,1 milionu km² méně než průměr z let 1981–2010 a o 0,13 milionu km² méně než předchozí minimum z roku 2011. Minimální sezonní plocha mořského ledu byla zaznamenána 11. září, bylo naměřeno 4,41 milionu km², čtvrtý nejmenší rozsah v satelitních záznamech (obr. 5).

Na jižní polokouli vrcholí sezonní cyklus mořského ledu v září nebo v říjnu, minima dosahuje v únoru nebo březnu. V roce 2015 byl maximální rozsah, 18,83 milionu km², zaznamenán 6. října. Byl to patnáctý největší rozsah v satelitních záznamech a byl o 1,33 milionu km² nižší než maximum předchozího roku. Nejmenší rozsah, zaznamenaný 20. února, činil 3,58 milionu km². Byl čtvrtým největším v záznamech a o 0,17 milionu km² menší než rekordní rozsah v roce 2008. Ve srovnání s dlouhodobým globálním trendem existuje na jižní polokouli značná meziroční variabilita v minimálním rozsahu mořského ledu. Za posledních pět let tak byla dosažena druhá největší (2013) i třetí nejmenší rozloha (2011).

V Grónsku nastalo v létě 2015 jedenácté největší tání ledového příkrovu podle záznamů od roku 1978. Plocha odkryté souše byla asi o 85 tisíc km² nad průměrem let 1981 až 2010; při největším tání v roce 2012 to bylo o 300 tisíc km² více oproti průměru. Dne 28. srpna byla dánskou stanicí změřena rekordní nejnižší teplota v tomto měsíci: -39,6 °C. Dne 24. října zde naměřili teplotu -55,2 °C, čímž byl vyrovnán rekord z 31. října 2007.

7. SKLENÍKOVÉ PLYNY

Nejnovejší analýza měření skleníkových plynů v rámci programu SMO Globální sledování atmosféry ukazuje, že průměrné globální koncentrace oxidu uhličitého (CO₂), metanu (CH₄) a oxidu dusného (N₂O) dosáhly v roce 2014 nových maxim. Průměrná globální atmosférická koncentrace CO₂ dosáhla hodnoty 397,70 ± 0,1 ppm, přibližně 143 % hodnoty z předindustriální éry. Nárůst od roku 2013 do roku 2014 byl o 1,9 ppm, což je blízko průměrnému ročnímu nárůstu za posledních

10 let a více než průměrné tempo růstu v letech 1991 až 2000 (okolo 1,5 ppm za rok). Předběžné údaje NOAA pro rok 2015 naznačují rekordní nárůst 3,01 ppm za jeden rok. Zvýšení atmosférického CO₂ od roku 2003 do roku 2013 odpovídá přibližně 45 % emisí vypuštěných lidmi, zbylá část je pohlcena oceány a biosférou.

Koncentrace metanu v atmosféře dosáhla v roce 2014 nového maxima 1 833 ± 1 ppb, přibližně 254 % předindustriální úrovně, za což odpovídají hlavně antropogenní emise. Globální koncentrace N₂O dosáhly 327,1 ± 0,1 ppb, což je 121 % stavu předindustriálního období (270 ppb). Roční nárůst 1,1 ppb byl vyšší než průměrné tempo růstu za posledních deset let (0,87 ppb za rok). Roční index skleníkových plynů NOAA ukazuje, že od roku 1990 do roku

2014 vzrostlo radiační působení skleníkových plynů s dlouhým poločasem rozpadu o 36 %, z čehož asi 80 % připadá na CO₂. Celkové radiační působení všech skleníkových plynů s dlouhým poločasem rozpadu se od předindustriální éry zvýšilo o 2,94 W.m⁻² a odpovídá ekvivalentu 481 ppm CO₂.

8. REGIONÁLNÍ KLIMATICKÉ JEVY A EXTREMY POČASÍ

Mimořádné události byly registrovány po celém světě. Škody a ztráty některých případů jsou zobrazeny na obrázku 6. Tato část shrnuje závažné dopady účinků počasí a klimatických jevů, které byly v regionech v průběhu roku zaznamenány.

8.1 Afrika

Na jaře roku 2015 byla překračována rekordně vysoká teplota v Jihoafrické republice (JAR) v pravidelných intervalech. U Vredendalu dne 27. října bylo naměřeno +48,4 °C, historicky nejvyšší hodnota pro JAR. Vlny veder pokračovaly i na začátku listopadu. Zaznamenána byla rekordně vysoká teplota +40,3 °C v Pretorii a +36,5 °C v Johannesburgu.

Vysoká teplota také ovlivnila mnoho míst severní Afriky. V Maroku byly na některých stanicích zaznamenány nové teplotní rekordy pro měsíc květen a extrémní teplo v červenci vedlo ke snížení produkce citrusových plodů téměř o 50 %. V egyptském Luxoru dosáhla maximální teplota v červenci +47,6 °C. V západní Africe byl neobvykle teplý květen v Burkině Faso a Nigeru, v některých místech až +3 °C nad průměrem.

V únoru ovlivnil severní Afriku silný déšť. V Alhoceimě v Maroku je únorový srážkový normál 36 mm. V únoru 2015 bylo zaznamenáno 206 mm srážek, z nichž 88 mm spadlo za 24 hodin dne 18. února. Silný déšť také ovlivnil v září západní pobřeží Libye. K přívalové povodni došlo v Sormanu, kde více než 90 mm srážek spadlo do 24 hodin, měsíční průměr je 8 mm. Maroko od září do konce roku ovlivnilo velké sucho.

Významné záplavy způsobil západoafrický monzun. Prudký déšť vedl v červenci a srpnu k povodním, které postihly asi 21 000 lidí v Burkině Faso. V Nigeru, a to navzdory celkovému množství srážek za rok, který byl blízký dlouhodobému průměru, byl zaznamenán na několika místech silný déšť (více než 100 mm za 24 hodin) jež vedl k záplavám, které zabily 25 lidí. Silné deště a záplavy také ovlivnily Gambii a Mali.

Dále na jih, v Tanzanii, byli lidé silným deštěm a záplavami ovlivněni v březnu, květnu a listopadu. Několik extrémních srážkových událostí s rekordními denními úhrny srážek bylo spojeno se smrtí více než 50 osob. V jihozápadním Indickém oceánu měl Mauricius nejdeštivější červen od roku 1976. Úhrn srážek za měsíc činil 180 % dlouhodobého průměru. Prudký

lednový déšť vedl k povodním také v Malawi, Mozambiku a Zimbabwe.

V JAR bylo v průměru roční období od července 2014 do června 2015 nejsušší od stejného období let 1991/1992 a třetí nejsušší od období 1932/1933. Do konce léta přetrvávající sucho vážně poškodilo sklizeň kukuřice, cukrové třtiny a čiroku. Jako celek byl rok 2015 rekordně nejsušší.

8.2 Asie

Závažné vlny veder měly vliv v roce 2015 na indický subkontinent. Mezi 23. a 26. květnem hlásily některé stanice v Uriše, Telangáně a pobřežní Ándhrapradéši teplotu okolo +47 °C. Asi 2 500 lidí kvůli teplu zemřelo, s více než 2 000 úmrtími jen v jižních státech Telangáně a Ándhrapradéši. Období s extrémní teplotou rovněž ovlivnilo jižní Pákistán, kdy ve dnech 17. až 24. června teplota překročila +40 °C. Více než 1 400 lidí zemřelo žárem v Karáci a asi 200 lidí v jiných částech provincie Sindh. Extrémní teplo je v předmonzunové sezóně na indickém subkontinentu běžné. Ale v roce 2015 se horko rozšířilo na větší plochu, než je obvyklé (Ándhrapradéš ve východní Indii a pobřeží Pákistánu) a bylo místy doprovázeno velmi vysokou vlhkostí vzduchu.

Dne 31. července v pobřežním městě Bandar Mahshahr v Íránu, zaznamenali teplotu +46 °C v kombinaci s teplotou rosného bodu +32 °C. Vysoká teplota kombinovaná s vysokou vlhkostí vzduchu je výjimečná. Hongkongská observatoř zaznamenala nejteplejší léto od začátku měření v roce 1884. Dne 8. srpna dosáhla teplota na observatoři +36,3 °C, což překonalo dosavadní rekord +36,1 °C z roku 1990.

Indický subkontinent v roce 2015 ovlivnila kombinace suchých podmínek i silných srážkových epizod. V případě Indie byl celkový úhrn srážek zaznamenaný během letního monzunu mezi červnem a zářím 86 % dlouhodobého průměru. Indie zažila podprůměrné srážky i v roce 2014, a stalo se tak počtvrté, kdy nastaly dva po sobě jdoucí roky s podprůměrnou srážkou od začátku měření před 115 lety. Během opačného extrému v průběhu roku 2015 silné monzunové deště způsobily záplavy, při kterých zahynulo více než 200 lidí, hlavně v Západním Bengálsku a Assamu. Mimořádně silný déšť nad Tamilnádem a pobřežní Ándhrapradéši v listopadu a začátkem prosince vedl k povodni, při které zahynulo více než 100 lidí.

V Pákistánu probíhal letní monzun nerovnoměrně. Devadesát procent z celkového množství srážek bylo koncentrováno v první polovině sezony v oblastech, které déšť málokdy zasáhne. Stanice v Mianwali zaznamenala 340 mm srážek za 36 hodin ve dnech 2. a 3. srpna; měsíční průměr je 115,9 mm. Pákistán zažil nestandardní průběh počasí v březnu a dubnu se silným deštěm a škodami na úrodě vlivem pozdního mrazu. V údolí Pěšaváru dne 27. dubna udeřilo vzácné tornádo a zabilo 45 lidí.

Ve srovnání s posledními 15 lety měla Čína nižší úmrtnost na následky nepřízně počasí, méně oblastí bylo zasaženo extrémním počasím. Od května do září zažila Čína 35 silných dešťových epizod. Následnými povodněmi bylo postiženo 75 milionů lidí, s odhadovanými hospodářskými ztrátami 25 miliard amerických dolarů. Mezi 5. a 31. květnem napadlo v Huanan County více než 150 % dlouhodobého srážkového průměru. Bylo to o něco více než v roce 2014 a nejvíce za téměř 40 let. Avšak v severní Číně, východní části severozápadní Číny a provincii Liao-ning dominovaly během léta a podzimu vážné a po sobě jdoucí období sucha. Vážně poškozeny byly plodiny kukuřice a brambory.

Sucho v evropské části Ruské federace během pozdního jara a léta vedlo k neúrodě na více než 1,5 milionu hektarů,

se souvisejícími ekonomickými ztrátami okolo 9 miliard rublů. Zvláště postiženy byly Volgograd a Saratov, regiony podél řeky Volhy, region Orenburg na východě a Kalmycká republika v jižní části evropské části Ruské federace. V asijské části Ruské federace bylo sucho zaznamenáno v Burjatsku během pozdního jara a léta, v Burjatsku a Transbajkalii zakusili lesní požáry, při kterých shořelo asi 460 000 a 880 000 hektarů lesa.

8.3 Jižní Amerika

Teplota v roce 2015 byla pro většinu kontinentu nadnormální, s odchylkou až +2 °C. Nejvyšší teplota byla zaznamenána ve Venezuele a Kolumbii na karibském pobřeží, v severním Chile a jihovýchodní Brazílii. Po mimořádně teplém podzimu a zimě, během níž byly překročeny rekordy, zažila Argentina podnormální jaro a svůj historicky nejchladnější říjen. Celkově však byl rok 2015 v Argentině druhým nejteplejším rokem.

Nízký úhrn srážek v Brazílii a v severních oblastech Jižní Ameriky je během El Niño běžný. V Brazílii začal rok suchem v jižních a východních oblastech, to se následně přesunulo na sever, s mizivými srážkami během období sucha. Přetrvávající sucho v Kolumbii a Venezuele mělo vážný dopad na zemědělství, chov skotu a tvorbu zásob vody v poslední čtvrtině roku.

Leden byl v Chile sušší, než je průměr v celé zemi, na jihu země byly deficity nejextrémnější. Na některých místech to byl nejsušší leden za nejméně 50 let. Stanice v Temucu a Valdivii nezaznamenaly srážky za celý měsíc. V regionu Patagonie v jižní Argentině nadnormální teplota a podnormální srážky začátkem roku 2015 poskytly ideální podmínky pro jeden z nejrozsáhlejších požárů v historii Argentiny. Požár trval téměř dva měsíce a zasáhl 41 000 hektarů pralesů.

V únoru a březnu naopak řadu míst v Jižní Americe ovlivnil hustý déšť provázený záplavami. Řada dlouhodobě měřících argentinských meteorologických stanic překročila únorový srážkový rekord. Observatoř Cordoba zaznamenala 385 mm srážek za měsíc, překročila tak dosavadní rekord 266 mm z roku 1889. V březnu byl neobvykle silný déšť v severní části Chile v oblasti Atacama, který způsobil záplavy a sesuvy půdy ve městech, jako je Copiapó a Chanaral. Naproti tomu suché podmínky dále převládaly na jihu.

V posledním čtvrtletí roku 2015 byly extrémní srážky zaznamenány v několika částech Jižní Ameriky, zejména v Paraguayi, severní Argentině a jižní Brazílii. Asi 180 000 lidí bylo postiženo povodněmi a více než 80 000 lidí ztratilo své domovy.

8.4 Severní Amerika, Střední Amerika a Karibik

Západ Kanady a USA byl neobvykle teplý. Jednalo se o druhý nejteplejší rok v historii pro Spojené státy americké celkově, čtyři státy zaznamenaly absolutně nejteplejší rok. Rekordně vysoká zimní průměrná teplota byla hlášena také podél tichomořského pobřeží Kanady. A i když byl únor druhý nejchladnější v některých státech USA, prosinec měl rekordně vysokou teplotou v 29 státech.

Nízký roční úhrn srážek, spojený s působením El Niña, se projevil v celé Střední Americe a Karibiku. Podnormální suma srážek v Portoriku vedla k suchu a v některých oblastech k zavedení přidělu vody.

Suché a teplé podmínky, které převládaly na západě Spojených států, utvářely v průběhu roku ideální podmínky pro požáry. Na Aljašce více než 400 požárů spálilo v květnu 728 000 hektarů půdy, pokořen byl předchozí rekord s 216 požáry a 445 000 ha. Přes 700 požárů bylo hlášeno na Aljašce v průběhu července, hořelo na téměř dvou milionech hektarů půdy. Velké požáry propukly na většině severozápadu v srpnu. Požár

v okrese Okanogan ve Washingtonu byl největší, rozprostíral se na více než 121 000 hektarech.

Květen 2015 byl nejdeštivějším květnem v historii Spojených států a nejdeštivějším měsícem zde za 121 let měření srážek. Květnové deště fakticky ukončily sucho, které trvalo na jižních pláních od roku 2011. Colorado, Oklahoma a Texas zasáhly v květnu rekordní srážky. Dále na západ ale dlouhodobé sucho pokračovalo. Pánevní oblasti západu USA jsou závislé na sněhové pokrývce jako zdroji vody. Dne 1. dubna dosahovala vodní hodnota sněhu na západě jen 5 % normálu – nejméně od začátku měření v roce 1950. Dosavadní nejnižší vodní hodnota sněhu, zaznamenaná v letech 1977 a 2014, byla 25 % normálu.

Na začátku října, v souvislosti s tlakovou níží, se pohyboval od východního pobřeží hurikán Joaquin, který přinesl vlhký tropický vzduch od Severní a Jižní Karolíny. Pětidenní úhrny srážek dosahovaly 380 až 630 mm. V celém regionu byly významné záplavy, které zabily 16 lidí. Extrémní srážky a přívalové povodně, některé spojené s pozůstatky hurikánu Patricia, rovněž ovlivnily části Texasu. Byl to tak nejvlhčí a nejteplejší prosinec v záznamech Spojených států.

Mexiko zažilo nejdeštivější březen od začátku měření v roce 1941. Měsíční úhrn srážek v celé zemi byl 69,6 mm, výrazně nad dlouhodobým průměrem 14,7 mm. Státy Baja California a Baja California Sur měly nejdeštivější červen v historii a stát Sonora měl svůj druhý nejdeštivější. V centru a na severu země, v Aquascalientes a Zacatecas, měli třetí nejdeštivější červen.

8.5 Jihozápadní Pacifik

Nízký úhrn srážek spojený s El Niñem zvýšil v Indonésii riziko a výskyt požárů, což vedlo ke špatné kvalitě ovzduší. V první polovině tohoto roku zažilo 40 provincií v horním Thajsku svůj druhý nejnižší úhrn srážek za 64 let.

Austrálie měla rekordně teplý říjen. Odchylka teploty od normálu v říjnu byla nejvyšší anomálií jakéhokoliv měsíce od začátku měření. Výskyt vlny veder začátkem měsíce byl v teplém půlroce novým rekordem v jižní Austrálii. Celkově byl rok 2015 pátým nejteplejším rokem v záznamech.

Austrálie byla v roce 2015 asi o 4 % sušší, než je průměr. To však zahrnuje oblasti s nadprůměrným i podprůměrným množstvím srážek. El Niño v roce 2015 pravděpodobně přispělo k podprůměrným srážkám ve východní Austrálii, bylo však zmírňováno gradientem teploty mořského povrchu v Indickém oceánu. Od konce poslední epizody La Niña na začátku roku 2012 byla zaznamenána řada suchých let s dlouhotrvajícím suchem v západní Victorii, v jižní Austrálii a na jihozápadě západní Austrálie.

Na Novém Zélandu byl roční úhrn srážek v některých oblastech podnormální. Například Kaitaia a Kerikeri měly svůj nejsušší rok v historii. Ale pro zbytek země byly srážky téměř v normálu.

8.6 Evropa a Střední východ

Evropu postihly vlny veder od května do září. Měsíční červencový rekord byl pokořen v Rakousku a Španělsku. Horko bylo často intenzivní. V Německu byl naměřen v Kitzingenu 5. července nový rekord +40,3 °C.

Na letišti Lanzarote a letišti ve španělské Valencii bylo v květnu zaznamenáno maximum +42,6 °C, to překročilo předchozí nejvyšší teplotu o 6 °C. Ve Francii, Španělsku a Polsku řada stanic pokořila teplotní rekordy. Nový červencový teplotní rekord +36,7 °C byl v Británii zaznamenán 1. července.

Od 1. do 4. srpna zažil Jordán ve Wadi Elrayyan teplotu téměř o +8 °C nad normálem, dosahující +47 °C. Sedm stanic

v Bosně a Hercegovině hlásilo nová rekordní maxima měsíce září v šesti dnech od 15. září. Moldávie a Srbsko naměřily v září rekordní maxima denní teploty. V Izraeli byla změřena dne 9. září minimální teplota +36,5 °C. To je nejvyšší minimum, které překročilo rekord v Izraeli ve městě Tiberias +36 °C z roku 1936. V Ázerbájdžánu se vyskytly teplotní rekordy na některých stanicích v období mezi červnem a zářím.

V některých případech byly vlny veder neobvyklé v délce jejich trvání. Maximální teplota v květnu v portugalském Beju překračovala +30 °C po dobu 19 dnů; průměrně teplota běžně překročí v Beju tuto úroveň v 5 dnech za rok. Na Vipavských polích ve Slovinsku byla teplota nad +30 °C zaznamenána mezi červnem a srpnem v 54 dnech. Ve Španělsku byla vlna veder od 27. června do 22. července zdaleka nejdelší v historii. Mezi červnem a srpnem zakusilo Slovinsko 5 vln veder. Lublaň hlásila rekordních 21 dnů s teplotou nad +30 °C. Maďarsko mělo 41 dní teplotou nad +30 °C v průběhu léta, to je o 22 dní více, než je průměr.

Listopad a prosinec byly neobvykle teplé v celé Evropě. Prosinec byl rekordní v celé řadě zemí, včetně Velké Británie, Francie, Německa a Nizozemska. Ve střední Anglii to byl nejteplejší prosinec od roku 1659. Finsko i Británie zaznamenaly rekordně teplé dny v listopadu, zatímco Estonsko, Finsko a Moldavská republika měly svá rekordní maxima v prosinci.

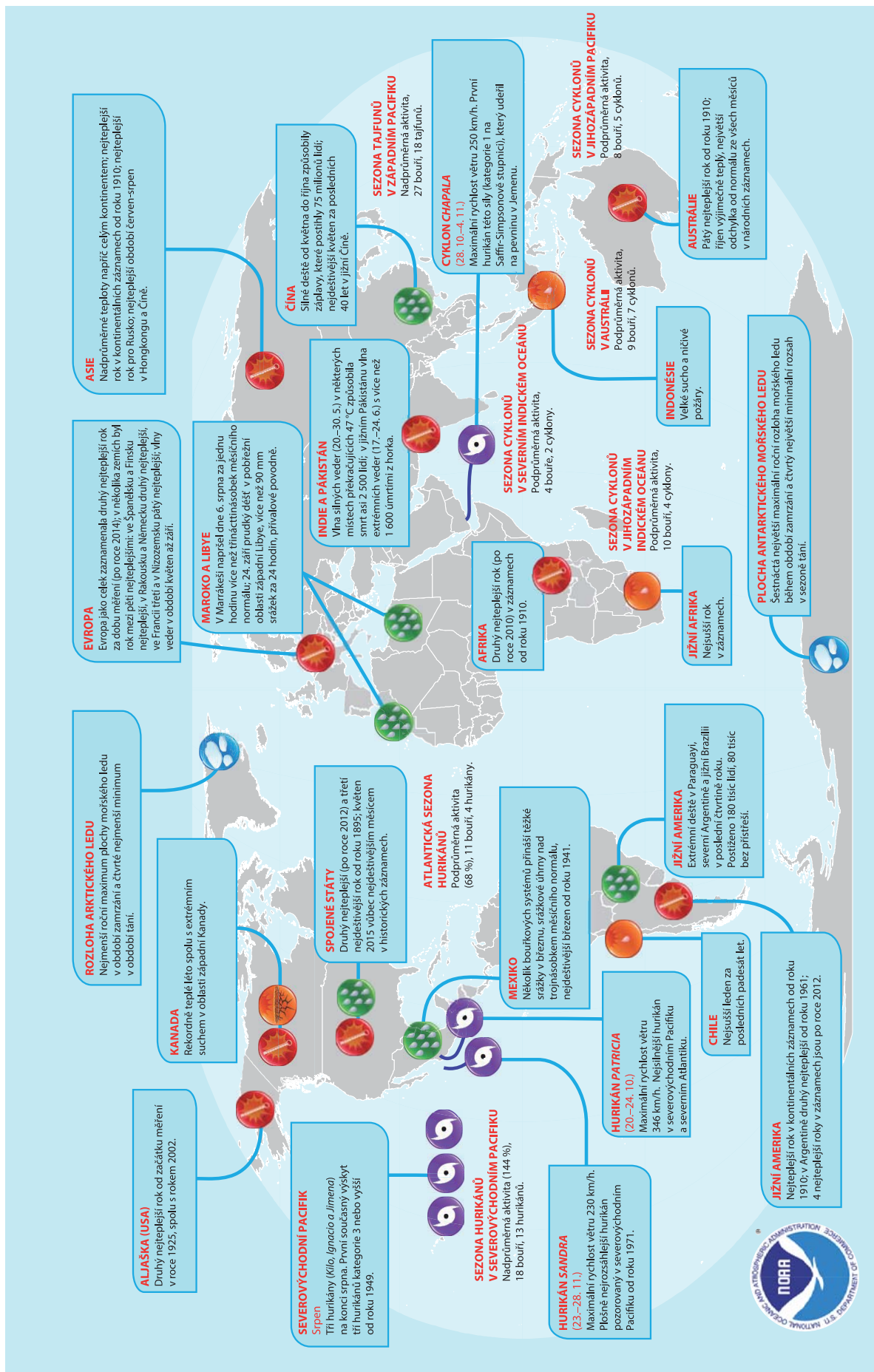
Leden byl deštivý ve velké části severní Evropy a Skandinávie. V západních oblastech Finska vykazovalo mnoho meteorologických stanic rekordně vysoký měsíční srážkový úhrn. Ve Švédsku v Piteå naměřili lednový úhrn srážek 134,6 mm, nejvíce od roku 1860. Silný déšť na Kypru způsobil záplavy a sesuvy půdy. V únoru postihl silný déšť země jižní Evropy a způsobil záplavy v některých částech Albánie, Makedonie, Řecka a Bulharska.

Mezi 20. a 24. březnem spadlo v některých oblastech provincie Castellón ve Španělsku 300 mm srážek. Květen byl srážkově nadnormální téměř v celém Švédsku. Několik stanic pokořilo více než 100letý rekord měsíčního úhrnu. Ve Stockholmu to byl nejdeštivější květen za 200 let. Ve Finsku, Norsku a Dánsku měli druhý srážkově nejbohatší květen v historii.

Francie zažila tři období se zvláště vydatnými dešti. První z nich bylo 23.–24. srpna, kdy 108,1 mm srážek spadlo během jedné hodiny v Montpellier v oblasti Languedoc. Což je rekordně nejvyšší hodinový úhrn pro tuto oblast. Ve dnech 12. až 13. září řada stanic zaznamenala rekordní sumy více než 200 mm srážek. Dne 3. října spadlo v některých částech regionu Alpes-Maritimes téměř 200 mm srážek během dvou hodin a 20 lidí následně zemřelo.

Ve dnech 11. a 13. září irské stanice v Galway a Mayo změřily rekordní denní srážky více než 100 mm, které způsobil záplavy. V polovině října způsobil hustý déšť v Bosně a Hercegovině povodně v Mostaru a Stolacu. V prosinci naměřili v Británii svůj historicky nejvyšší 24hodinový úhrn srážek (341,4 mm do 18:00 UTC dne 5. prosince 2015 v průsmyku Honister v Cumbrii) a také historicky nejdeštivější prosinec.

Některé oblasti byly naopak mimořádně suché. V dubnu bylo velké sucho v Rakousku, v Klagenfurtu byl druhý nejsušší duben od roku 1813, což vedlo k lesním požárům. Mezi koncem května a polovinou srpna zaznamenali v některých částech západního Slovenska nejnižší sumu srážek od roku 1872. Část Francie zažila rekordní měsíční minimum úhrnu srážek v červenci. Velké plochy Srbska zakusily mimořádně sucho v červenci. Estonsko mělo nejsušší říjen od roku 1961. Rakousko mělo druhý nejsušší prosinec od roku 1858, a v Maďarsku měli svůj třetí nejsušší od roku 1901.



Obr. 6 Nejdůležitější klimatické jevy a extrémní počasí v roce 2015 (Zdroj: National Climatic Data Center; NOAA, United States).
Fig. 6. Significant climate anomalies and events in 2015 (Source: National Climatic Data Center; NOAA, United States).

9. TROPICKÉ CYKLONY

Během roku 2015 vzniklo na Zemi celkem 91 tropických bouří. Pojmenováním se definuje tropická bouře, kdy rychlost větru je rovna nebo je vyšší než $63 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Číslo 91 bouří je nad ročním normálem (průměr 85 bouří z let 1981–2010) a mírně nad 75. percentilem 90 bouří. Nejnižší počet bouří za rok v moderní satelitní éře byl 67 v roce 2010.

V severním Atlantiku bylo pojmenováno 11 bouří, z nichž čtyři byly označeny jako hurikány; dva z nich (Danny a Joaquin) byly klasifikovány jako silné hurikány. To je mírně pod dlouhodobým průměrem, který je 12 bouří, 6 hurikánů a 3 silné hurikány za rok. Aktivita hurikánů v severním Atlantiku je obvykle potlačena během El Niña. Akumulovaná energie cyklon (ACE) se stanovuje kombinováním síly a délky trvání tropických bouří. V roce 2015 dosáhla hodnota ACE pro Atlantik asi 68 % dlouhodobého průměru.

V severovýchodní části Tichého oceánu bylo pojmenováno 18 bouří; 13 z těchto bouří se stalo hurikány a 9 silnými hurikány. Průměr let 1981–2010 je 15 bouří, 8 hurikánů a 4 silné hurikány za rok. Hurikán Patricia (20.–24. říjen) byl nejsilnější hurikán vyskytující se v Atlantiku nebo severovýchodním Pacifiku, s maximální udržovanou rychlostí větru $346 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Na mexické pobřeží do řídky osídlených oblastí dorazil dne 24. října, s rychlostí větru $241 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Zbytky Patricie se silným deštěm zapříčinily vznik záplav v jižních rovinatých oblastech USA a na dolním toku řeky Mississippi. ACE pro severovýchodní Pacifik byla asi o 44 % vyšší, než je dlouhodobý průměr a byla nejvyšší v oblasti od roku 1993. V centrální části Tichého oceánu bylo pojmenováno celkem 7 bouří, z toho tři dosáhly síly hurikánu.

V severozápadní části Tichého oceánu bylo pojmenováno 27 bouří. Z nich 18 dosáhlo síly tajfunu. Odhadovaný průměr za celý rok je 26 bouří a 17 tajfunů. Tajfun Koppu, známý místně jako Landa, udeřil na Filipíny v říjnu, postihl mnoho lidí a způsobil rozsáhlé škody.

Poprvé od roku 1946 nebylo v srpnu a září v Hongkongu vydáno varování před bouří. Šest tajfunů zasáhlo území pevninské Číny. Tajfuny Chan-hom, Soudelor a Mujigae způsobily ekonomické ztráty odhadované na 8 miliard dolarů.

V severním Indickém oceánu byly pojmenovány 4 bouře, roční průměr je 5 bouří. Komen se vyvinul jako tropická bouře nad severovýchodní částí Bengálského zálivu u pobřeží Bangladéše. Dešťové srážky spojené s bouří a monzunovými srážkami způsobily rozsáhlé záplavy a sesuvy půdy v Myanmaru. Bangladéš trpěl bleskovými povodněmi a sesuvy půdy. Bouře přišla po dřívějším období silných dešťů od 30. června. Tropický cyklon Chapala udeřil v Jemenu a způsobil vážné povodně. Jednalo se o první tropický cyklon o síle hurikánu během satelitní éry, který udeřil na pevninu v Jemenu. Ostrov Socotra byl zasažen cyklony Megh a Chapala. Megh se vyvinula krátce po Chapalovi. Chapala byl bouří 3. kategorie, zatímco Megh dosáhla jen kategorie 2.

V jihozápadním Indickém oceánu bylo pojmenováno 10 bouří vyvinutých během sezony 2014/2015, což bylo mírně nad dlouhodobým průměrem (9 bouří). Z nich 4 dosáhly síly tropického cyklonu a dvě se staly silnými tropickými cyklony. V kalendářním roce 2015, který na jižní polokouli zahrnuje konec jedné a začátek druhé sezony, bylo pojmenováno 11 bouří.

V australské oblasti se v sezoně 2014/2015 vyvinulo 9 pojmenovaných bouří. V průběhu roku 2015 to bylo 7 bouří. To bylo mírně pod dlouhodobým průměrem 10 bouří za rok. Cyklon Marcia byl nejintenzivnější cyklon, který udeřil na pev-

ninu a byl pozorován na východním pobřeží ostrova v moderní satelitní éře tak daleko na jih. Neobvykle na konci června došlo k utvoření bouře Raquel. Tak pozdní bouře na východě Austrálie dosud nebyla v satelitní éře zaznamenána. Jediný dosud zaznamenaný zimní cyklon byl na začátku června 1972.

V jihozápadním Tichém oceánu bylo pojmenováno 11 bouří. Roční průměr činí 6. Tropický cyklon Pam prošel přes Vanuatu jako cyklon 5. kategorie dne 13. března a zničil mnoho domů. Vláda Tuvalu vyhlásila výjimečný stav 13. března po těžkých záplavách způsobených bouří a mořským přílivem. Kiribati hlásilo vážné škody na svých třech jižních ostrovech. Šalamounovy ostrovy byly rovněž postiženy. Během sezony 2014/2015 bylo pojmenováno 8 bouří.

10. OZON A LÁTKY JEJ POŠKOZUJÍCÍ

V souladu s Montrealským protokolem o látkách, které poškozují ozonovou vrstvu, bylo ukončeno používání halonů a chlorovaných uhlovodíků. Tyto sloučeniny však zůstávají v atmosféře po mnoho desetiletí, protože mají dlouhou životnost. Stále je v atmosféře vysoká koncentrace sloučenin chloru a bromu, které mohou způsobit úplnou destrukci ozonu v určitých částech Antarktidy ve druhé polovině roku mezi srpnem a prosincem. Velikost ozonové díry mezi jednotlivými roky se většinou řídí meteorologickými podmínkami.

Během australské zimy a na jaře roku 2015 byla teplota ve stratosféře podprůměrná (1979–2014). Polární vír byl zvláště stabilní a soustředný kolem jižního pólu. Oblast víru byla větší, než je obvyklé, a říjnový průměr byl podle předběžných údajů ERA z Evropského střediska pro střednědobé předpovědi počasí největší. V důsledku toho byl nástup poškozování ozonové vrstvy opožděn.

Poškozování ozonové vrstvy však rychle postupovalo. Oblast ozonové díry podle analýzy NASA dosáhla sezonního maxima 28,2 milionu km^2 dne 2. října. Analýza provedená Královským nizozemským meteorologickým institutem (KNMI) ukazuje, že plocha ozonové díry v roce 2015 dosáhla maxima 27,1 milionu km^2 dne 9. října. Ozonová díra byla buď čtvrtá největší v historii po letech 2000, 2003 a 2006 podle analýzy NASA, nebo pátá největší po letech 1998, 2000, 2003, 2006 podle KNMI.

Největší průměrná rozloha ozonové díry po dobu 60 dní v roce 2015 podle dat z NASA byla 25,6 milionu km^2 , a byla tak historicky největší. Podle analýzy KNMI byla tato průměrná rozloha 24,2 milionu km^2 , a KNMI ji tak zařazuje jako druhou největší společně s rokem 1998 za rok 2006.

11. ZAHŘÍVÁNÍ OCEÁNU

Při stabilním stavu klimatu je množství energie, které zemský systém absorbuje ze Slunce, vyvážené energií vyzářenou ze Země do vesmíru tepelným infračerveným zářením. Zvýšení obsahu skleníkových plynů v atmosféře snižuje množství emitovaného záření a způsobuje tak nerovnováhu – energie se začíná hromadit v zemském systému. Rychlost nárůstu energie v klimatickém systému Země je základním parametrem, který definuje rychlost globálních klimatických změn. Naprostá většina, více než 90 % zadržené energie se hromadí v oceánech a zahřívá je. Sledování teploty oceánů a obsahu oceánského tepla (OHC) nám tedy umožňuje monitorovat změny v zemské energetické bilanci.

Pozorování OHC bylo rozhodující také pro hodnocení klimatických modelů a detekci antropogenního vlivu na změnu klimatu. Zvyšování teploty vody způsobuje změnu objemu a vede jak ke globálnímu, tak k regionálním vzestupům hladiny moře. Zvýšené OHC odpovídá asi za 40 % pozorovaného

nárůstu globální hladiny moře za posledních 60 let. Očekává se, že podobně velké účinky bude mít v budoucnu oteplování oceánských vod kolem zaledněných oblastí, které způsobí zvýšené rozpouštění ledu do oceánu, což je dalším klíčovým faktorem pro vzestup hladiny moře. Z těchto důvodů je monitorování globálního a regionálních OHC pomocí mareografů a satelitních měření nezbytné pro pochopení historických i budoucích změn hladiny moře.

V měření OHC došlo k významnému zlepšení jeho kvality. Dříve bylo měřeno hlavně z lodí a to do hloubky pouze několika stovek metrů. Z tohoto důvodu bylo mnoho historických odhadů globální změny OHC omezeno pouze na vrstvu horních 700 m, s velkými nejistotami před rokem 1970. Nástup 21. století znamenal revoluci v naší schopnosti monitorovat globální OHC prostřednictvím sady plovoucích přístrojů s autonomním měřením (ARGO). Do roku 2006 bylo v provozu přibližně 3 000 takových přístrojů distribuovaných po celém světě. Každých 10 dní provádí měření teploty a obsahu solí v horní vrstvě oceánu do hloubky 2 km. Pozorování v systému ARGO znamenají novou éru ve sledování zemské energetické nerovnováhy a faktorů, které ovlivňují její vývoj.

Zatímco teplota oceánu v hloubkách pod 300 m vykazuje během období 2006–2015 relativně stálý nárůst, povrchová teplota je mnohem variabilnější hlavně v důsledku teplotních změn v Indickém a Tichém oceánu spojených s El Niño – jižní oscilací. Většina těchto povrchových oscilací je kompenzována

protichůdnými změnami v hloubkách 100 až 300 m. Celkový OHC pro hloubku 0 až 2 000 m v tomto období neustále stoupá.

Podle pozorovaného zvýšení OHC má pozemská energetická nerovnováha téměř konstantní hodnotu 0,65–0,80 W.m⁻², jedná se o průměr pro celou plochu planety. Asi 75–80 % z této hodnoty je absorbováno horní vrstvou do 2 km, zbývajících 20–25 % připadá na větší hloubky oceánu. Monitorování OHC nám umožňuje lépe sledovat tempo klimatických změn a také lépe kvantifikovat vliv klimatických faktorů na pozemskou energetickou nerovnováhu. Zatímco pozorování v systému ARGO jsou v současné době omezena na horní vrstvu oceánu do hloubky 2 km, existuje již i technologie na měření téměř celé hloubky oceánu (až 6 km). Tato nová pozorování budou zásadní pro posuzování změn klimatu a úrovně mořské hladiny v důsledku energetické nerovnováhy.

SMO, 2016. WMO Statement on the Status of the Global Climate in 2015. WMO-No. 1167, Geneva: WMO [online]. [cit. 30. 4. 2016]. Dostupné z WWW: http://library.wmo.int/pmb_ged/wmo_1167_en.pdf.

Přeložili a upravili Václav Pokorný a Ilona Zusková, ČHMÚ, Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, pokorny@chmi.cz, zuskova@chmi.cz

Lektor (Reviewer): RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

INFORMACE – RECENZE

POSELSTVÍ U PŘÍLEŽITOSTI SVĚTOVÉHO METEOROLOGICKÉHO DNE 2016

PETTERI TAALAS

generální tajemník

Světová meteorologická organizace

Klimatická změna působí na naše přírodní i lidské prostředí. Lidmi vyprodukované emise skleníkových plynů nadále rostou a teplota nižších vrstev atmosféry a oceánu se zvyšuje.

Planeta Země je dnes již o 1 °C teplejší než na počátku 20. století. Potřebu odvážných opatření jednomyslně uznává mezinárodní společenství.

Vlády loni přijaly Pařížskou dohodu, aby „nárůst celosvětové průměrné teploty udržely hodně pod 2 °C nad úrovní před průmyslovou érou, a vynakládají úsilí k omezení nárůstu teploty na 1,5 °C.“

Tento závazek je ambiciózní a jednotlivé dosud přijaté plány na vnitrostátní úrovni nemusejí být dostatečné na to, aby zabránily teplotnímu nárůstu o 3 °C. Přesto k tomu, abychom se budoucnosti postavili čelem, potřebnými znalostmi i nástroji disponujeme.

SMO a národní meteorologické a hydrologické služby sehrávají v budování klimatu odolných společností zásadní roli. Kvůli minulým i současným emisím se musíme připravit na budoucnost poznamenanou větším počtem horkých dní, teplých nocí a vln veder. To ovlivní zdravotní stav populace a naše společnosti zatíží. Zdravotní rizika související s vedrem můžeme snížit prostřednictvím systémů včasného varování proti několika nebezpečím, které poskytují včasná varování rozhodujícím činitelům, zdravotním službám a veřejnosti.

Aktivněji také musíme řešit fenomén sucha, a to s pomocí integrovaného řízení boje proti suchu. Rozhodujícím čini-



telům musíme poskytnout vodítko k efektivní politice a strategii územní ochrany. Dále musíme zlepšit přístup k vědeckým poznatkům a sdílet nejlepší praktické postupy řešení sucha.

Klimatická změna také zvyšuje nebezpečí silných srážek a záplav. Život a majetek jsme schopni před těmito nebezpečími chránit s pomocí předpovědí vycházejících z dopadů. Tento přístup k nebezpečí katastrof představuje nejlepší způsob jak krizové manažery vybavit informacemi, na jejichž základě mohou konat.

žery vybavit informacemi, na jejichž základě mohou konat.

Iniciativa OSN pod názvem *Agenda 2030* a její cíle udržitelného rozvoje zavádějí velmi silný celosvětový závazek skocovat s chudobou. Jde mj. o zlepšování potravinové bezpečnosti a zajištění vody a hygienických zařízení pro všechny, čistou energetiku a odolná města. Prosazuje také udržitelné řízení přírodních ekosystémů.

Budování klimatu a počasí odolných komunit představuje životně důležitou část této celosvětové strategie pro dosažení udržitelného rozvoje.

Společenství SMO bude jednotlivé státy při jejich naplňování snah o udržitelný rozvoj a řešení klimatické změny nadále podporovat a bude tak činit poskytováním co nejlepších vědeckých a provozních služeb v oblasti počasí, klimatu, hydrologie, oceánů a životního prostředí.

Děkuji vám.

VLIV HORKÝCH A STUDENÝCH VLN NA KARDIOVASKULÁRNÍ ÚMRTNOST A NEMOCNOST V ČESKÉ REPUBLICE

Hana Hanzlíková, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha; Geofyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha

Jan Kyselý, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha

Eva Plavcová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha

Hot and cold spell effects on cardiovascular mortality and hospital admissions in the Czech Republic. The present study examines the effects of hot and cold spells on mortality and hospital admissions for cardiovascular disease (CVD) in the population of the Czech Republic, with a focus on the differences between the two main groups of CVD, i.e. ischaemic heart disease and cerebrovascular disease. Daily mortality and morbidity data were obtained from the national mortality and hospitalization registers over 1986–2009 and were standardized to account for long-term changes, as well as for short-term variations reflecting annual and weekly cycles. Periods when the mortality/morbidity data were affected by epidemics of influenza and other acute respiratory infections were removed from the analysis. The study used analogous definitions for hot and cold spells based on the quantiles of anomalies of daily average temperatures from the annual cycle, which allows for a comparison of the findings for summer hot spells and winter cold spells. Both hot and cold spells were associated with excess cardiovascular mortality in the Czech population. Due to indirect (lagged) effects, the magnitude of the overall impacts on CVD mortality was larger for cold spells than hot spells in spite of a much smaller peak of excess deaths. The adverse health effects of hot spells were much more pronounced in women than in men, and the magnitude of the effects increased with age. For cold spells, by contrast, relative excess CVD mortality was largest in the middle-aged population (25–59 years), and pronounced mortality effects in this age group were found only in males. Different patterns in the effects of hot and cold spells on acute myocardial infarction and chronic ischaemic heart disease mortality suggest that excess deaths during hot spells occurred particularly among people with histories of chronic diseases whose health had already been compromised, while cardiovascular changes induced by cold stress may have resulted in deaths from acute coronary events rather than chronic ischaemic heart disease. The increases in heat-related mortality were more pronounced for cerebrovascular diseases than ischaemic heart diseases in most population groups except for the younger population. A comparison of the mortality and morbidity impacts of hot spells revealed that excess cardiovascular mortality during hot spells was not accompanied by increases in hospital admissions. This suggests that out-of-hospital deaths represented a major part of excess CVD mortality during hot spells and that, for in-hospital excess deaths, CVD was a masked comorbid condition rather than the primary diagnosis responsible for hospitalization.

KLÍČOVÁ SLOVA: extrémní teplotní – vlny horké – vlny studené – onemocnění kardiovaskulární – hospitalizace – úmrtnost – střední Evropa

KEYWORDS: temperature extremes – hot spells – cold spells – cardiovascular diseases – hospital admissions – mortality – Central Europe

1. ÚVOD

Klimatické podmínky a povětrnostní vlivy působí na lidskou společnost i lidské zdraví od nepaměti. V souvislosti se změnou klimatu je očekávána i změna zdravotních rizik spojených s extrémními projevy počasí (McMichael, Lindgren 2011). Rostoucí průměrná teplota vzduchu v letních měsících s velkou pravděpodobností povede v budoucnosti ke zvýšení četnosti, intenzity a doby trvání horkých vln (Ballester et al. 2010), zatímco intenzita a délka současných studených vln může přetrvat do druhé poloviny 21. století navzdory oteplování klimatu (Kodra et al. 2011).

Horké vlny představují extrémní projevy počasí s nejzávažnějšími dopady na lidské zdraví ve středních šířkách (Kovats a Hajat 2008). Příkladem epizod s devastujícím vlivem na populaci jsou horké vlny, které v létě roku 2003 zasáhly západní Evropu (García-Herrera et al. 2010) a pro něž některé zdroje uvádějí až 70 tisíc obětí (např. Robine et al. 2008); ve střední Evropě byly s vysokými nárůsty úmrtnosti spojeny např. horké vlny v létě 1994 (Kyselý 2004). Mezi nejvíce ohrožené skupiny patří ženy, starší lidé a lidé s chronickým onemocněním (D'Ippoliti et al. 2010; deCastro et al. 2011; Gabriel, Endlicher 2011). Vlivu extrémně nízké teploty

na lidské zdraví je obecně věnováno méně pozornosti, zčásti i proto, že tento vliv může být maskován nebo je zkrácený epidemiemi chřipky a akutních respiračních onemocnění (Kyselý et al. 2009). Období výskytu extrémně chladných dní (studených vln) v zimních měsících jsou rovněž spojena s nárůstem úmrtnosti, jedná se však z velké části o vliv nepřímý, kdy zvýšená úmrtnost bývá pozorována s delším časovým zpožděním po teplotním extrému (až 14 dní). Otázkou rovněž zůstává, zda je možné podobné vztahy pozorovat i v případě hospitalizací.

Tato práce navazuje na dlouholetý výzkum v oblasti vlivu počasí na nemocnost a úmrtnost, realizovaný v rámci spolupráce Ústavu fyziky atmosféry AV ČR a Státního zdravotního ústavu ČR. Dosavadní práce se soustředily na studium vlivu vysoké a nízké teploty vzduchu (např. Kyselý 2004; Kyselý, Kříž 2008; Kyselý et al. 2009), působení náhlých změn teploty a tlaku vzduchu (Plavcová, Kyselý 2010, 2014) a tzv. vzduchových hmot (Kyselý, Huth 2004a; Urban, Kyselý 2015). Vazby mezi počasím a úmrtností/nemocností byly analyzovány jak pro celkovou úmrtnost, tak pro kardiovaskulární úmrtnost a nemocnost, a dále pro jednotlivé diagnózy kardiovaskulárního onemocnění (Urban et al. 2014; Davídková

et al. 2014; Hanzlíková et al. 2015) a hlavní skupiny populace (Kyselý et al. 2011). V Meteorologických zprávách byly publikovány shrnující články zaměřené na celkovou úmrtnost související s horkem (Kyselý, Huth 2004b) a možnosti využití biometeorologických indexů pro hodnocení úmrtnosti a nemocnosti v důsledku stresu z horka a chladu (Urban, Kyselý 2014).

Cílem tohoto příspěvku je shrnutí výsledků analýz týkajících se vlivu horkých a studených vln na nemoci oběhové soustavy (kardiovaskulární onemocnění – dále CVD) v populaci ČR, se zaměřením na možné rozdíly mezi hlavními skupinami CVD, tj. ischemickými nemocemi srdečními (IHD) a cévními nemocemi mozku (cerebrovaskulárními onemocněními – dále CD). Důvodem zaměření na CVD je skutečnost, že tato onemocnění mají nejtěsnější vazbu na vnější teplotní podmínky, a úmrtnost na CVD představuje poměrně velkou část celkové úmrtnosti (podrobněji viz část 2.1.) Výzkum byl soustředěn na:

- (i) porovnání vlivu horkých a studených vln na úmrtnost na CVD a analýzu rozdílů mezi vybranými skupinami populace (část. 3.1),
- (ii) analýzu vlivu horkých a studených vln na úmrtnost na IHD, s důrazem na možnou rozdílnost vlivu obou teplotních extrémů na akutní infarkt myokardu (AMI) a na chronickou ischemickou chorobu srdeční (CIHD, část 3.2 a 3.3),
- (iii) porovnání vlivu horkých vln na kardiovaskulární úmrtnost a nemocnost (hospitalizace), s důrazem na možné rozdíly mezi IHD a CD (část 3.4).

2. DATA A METODIKA

2.1 Data o úmrtnosti a nemocnosti

Data byla získána z národních registrů úmrtnosti a nemocnosti zahrnujících celou populaci ČR. Databáze poskytl Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR (ÚZIS).

Databáze zemřelých zahrnují všechna úmrtí s CVD uvedeným jako základní příčina smrti v letech 1986–2009, za použití Mezinárodní klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů MKN-9 pro období 1986–1993 (kódy 390 až 459) a MKN-10 pro 1994–2009 (kódy I00–I99). Podíl úmrtí v důsledku CVD na celkovém počtu úmrtí v uvedeném období 1986–2009 klesal, zejména pro 1989, v průměru představovala úmrtnost na CVD 55 % všech úmrtí. Pro podrobnější analýzu byly zpracovány následující kódy MKN-10: IHD (I20–I25), AMI (I21–I22), CIHD (I25), CD (I60–I69). Databáze zemřelých pokrývající období 1986–2006 obsahuje denní počty úmrtí na CVD rozdělené podle pohlaví a základních věkových skupin. Od roku 1994 je databáze založena na individuálních záznamech, zahrnujících datum úmrtí, věk při úmrtí, pohlaví, okres a hlavní příčinu smrti každého zemřelého. Pro srovnání vlivu horkých a studených vln na CVD, IHD a CD byly zvoleny dvě věkové skupiny: 0–64 a 65+ let.

Databáze hospitalizací byla získána z Národního registru hospitalizovaných spravovaného ÚZIS, a obsahuje záznamy o přijetí občanů ČR do všech nemocnic v ČR v letech 1994 až 2009, s CVD uvedeným jako stav primárně zodpovědný za hospitalizaci. Každý záznam obsahuje sociodemografické údaje pacienta (věk, pohlaví, zaměstnání a okres), datum přijetí a základní diagnózu určenou podle MKN-10. Byly analyzovány stejné věkové skupiny a diagnózy jako v případě úmrtnosti.

Uvedené databáze jsou svým rozsahem (podrobnost záznamů, pokrytí celé populace) a kvalitou (se značnou mírou

homogenity v čase a poměrně velkým počtem záznamů, u nichž byla příčina smrti upřesněna na základě pitvy, viz část 3.6) poměrně unikátní i v širším evropském měřítku. Pro ilustraci lze uvést, že databáze zemřelých na CVD (hospitalizací s CVD) obsahuje 1,5 milionu (5,4 milionu) záznamů za celé období 1986–2009 (1994–2009). Trendy v kardiovaskulární úmrtnosti a nemocnosti v ČR v období 1994 až 2009 jsou podrobněji popsány v publikaci Davídková et al. (2013).

2.2 Standardizace dat

Pro analýzu vlivu teplotních extrémů na úmrtnost/nemocnost byla použita nepřímá standardizace: nárůst denní úmrtnosti/nemocnosti byl stanoven pro každou analyzovanou skupinu populace pomocí relativních odchylek úmrtnosti/nemocnosti od očekávaného počtu úmrtí/hospitalizací (Kyselý 2004). Očekávaný počet úmrtí/hospitalizací $M_0(y,d)$ pro rok y ($y = 1986 \dots 2009$) a den d ($d = 1, \dots 365$) byl stanoven z následujícího vztahu:

$$M_0(y,d) = M_0(d) \cdot W(y,d) \cdot Y(y)$$

$M_0(d)$ označuje průměrný denní počet úmrtí/hospitalizací pro daný den d v roce, určený z průměrného ročního chodu, s vyloučením období výskytu epidemii chřipky a akutních respiračních onemocnění; $W(y,d)$ je korekční faktor pro týdenní chod úmrtnosti/nemocnosti, vypočítaný zvlášť pro jednotlivé dny v týdnu a definovaný jako poměr průměrné úmrtnosti/nemocnosti ve stanovený den k celkové úmrtnosti/nemocnosti; a $Y(y)$ je korekční faktor pro meziroční změny v úmrtnosti/nemocnosti, definovaný jako poměr počtu úmrtí/hospitalizací v roce y k průměrnému ročnímu počtu úmrtí/hospitalizací v analyzovaném období.

Korekční faktory pro meziroční změny $Y(y)$ a týdenní chod $W(y,d)$ byly aplikovány na data v průběhu celého roku, stanoveny ale byly za období duben–listopad, kdy je vliv chřipkových onemocnění a akutních respiračních infekcí zanedbatelný (Kynčl et al. 2005; Kyselý et al. 2009). Při výpočtu korekčního faktoru pro týdenní chod $W(y,d)$ byly z dat odstraněny všechny státní svátky.

2.3 Meteorologická data

Denní data charakterizující průměrnou teplotu vzduchu poskytl ČHMÚ. Průměrná denní teplota byla určena jako průměr dat ze 46 stanic, přibližně pokrývajících území ČR (obr. 1).



Obr. 1 Rozmístění meteorologických stanic použitých při výpočtu denní průměrné teploty vzduchu pro území ČR.

Fig. 1. Location of meteorological stations used for calculating daily mean air temperatures for the area of the Czech Republic.

V této práci byla upřednostněna teplota vzduchu před biometeorologickými indexy zejména z důvodu vysokých nároků na kvalitu a množství vstupních dat při výpočtu těchto indexů, jako např. PET nebo UCI (Urban, Kyselý 2014). Použití jednodušších indexů, např. často používaný heat index, je problematické vzhledem k tomu, že nevystihují skutečné příčiny tepelného stresu (Urban, Kyselý 2014), a nejsou použitelné v celém rozmezí hodnot teploty. Nedávné studie také ukázaly, že použití složitějších indexů pro hodnocení úmrtnosti související se stresem z horka neposkytuje výrazně lepší výsledky ve srovnání s průměrnou teplotou vzduchu (Burkart et al. 2011; Vaneckova et al. 2011). Vysoká teplota má sama o sobě dominantní vliv, a ostatní faktory jako vlhkost vzduchu nebo rychlost větru jsou za takové situace méně významné (Kalkstein 1993).

2.4 Horké a studené vlny

Definice horkých a studených vln jsou založeny na kvantilech odchylek denní průměrné teploty vzduchu od průměrného ročního chodu. Horké (studené) vlny byly definovány jako období nejméně dvou po sobě jdoucích dnů s odchylkou denní průměrné teploty přesahující 95% kvantil (nižší než 5% kvantil) nebo přesahující 90% kvantil (nižší než 10% kvantil) v závislosti na konkrétní analýze. Výhodou druhé definice je větší velikost výběru a tím i lepší statistická průkaznost, což je přínosné např. při analýze pro jednotlivé diagnózy; rozdíly ve výsledcích mezi oběma definicemi jsou malé.

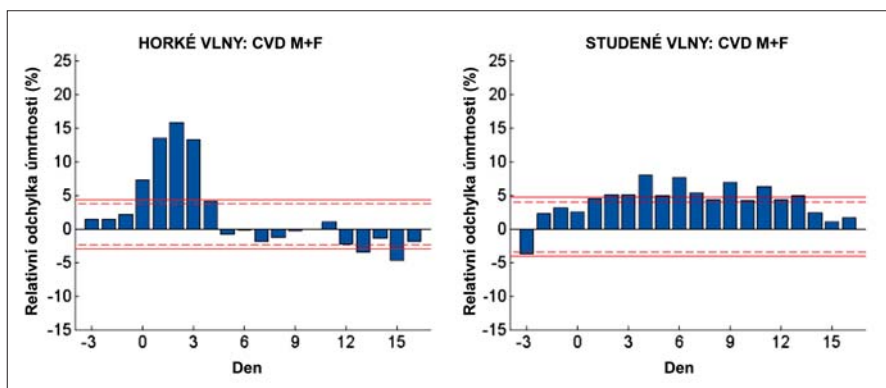
Horké vlny byly analyzovány v letních měsících (červen–srpen) a studené vlny v zimních měsících (prosinec–únor). Při použití 90% (10%) kvantilu byla průměrná délka horké (studené) vlny přibližně tři (čtyři) dny a průměrná četnost výskytu 2,2 (2,3) ročně.

2.5 Metodika

Analyzovány byly relativní odchylky nemocností a úmrtnosti od očekávaného počtu úmrtí/hospitalizací (viz část 2.2). Byl vypočítán průměr relativních odchylek nemocnosti a úmrtnosti od očekávaných hodnot, a to přes všechny identifikované horké, resp. studené vlny, v sekvencích zahrnujících tři dny před ($D-3$) až 16 dnů po ($D+16$) začátku horké, resp. studené vlny. Ve studii zabývající se problematikou vlivu horkých vln na úmrtnost a nemocnost na IHD a CD byla sekvence dnů po

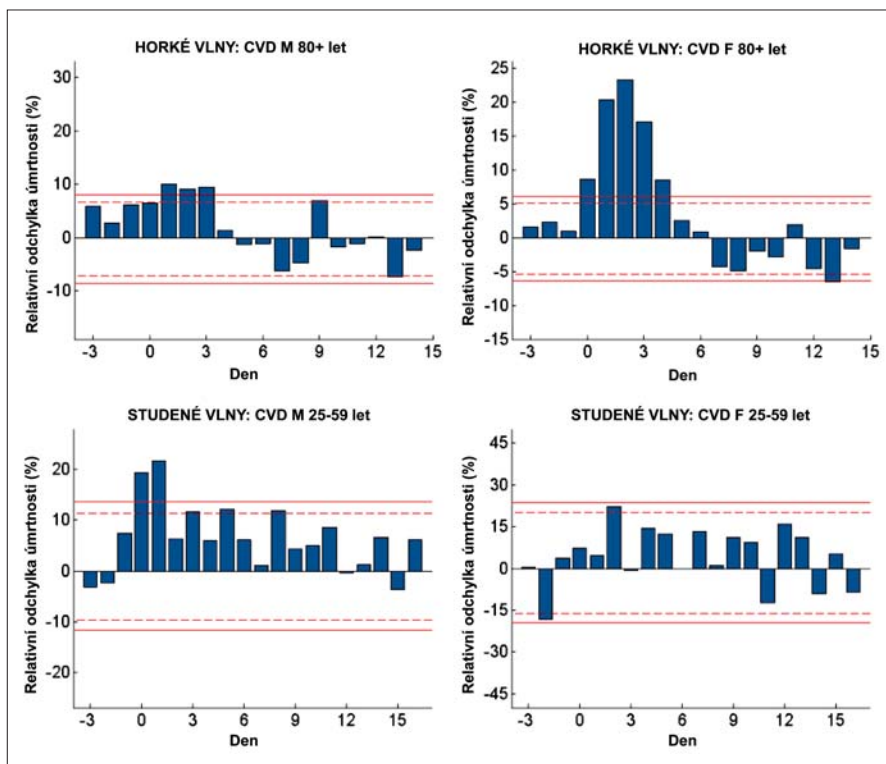
začátku horké vlny prodloužena o 4 dny (na 20 dnů, $D+20$) za účelem zhodnocení vlivu tzv. harvesting efektu (viz část 3.5).

Statistická významnost relativních odchylek úmrtnosti/nemocnosti byla vyhodnocena porovnáním s 90% a 95% konfidenčním intervalem kolem nuly, odhadnutými z 2,5%, 5%, 95% a 97,5% kvantilu rozdělení určeného metodou Monte Carlo (Plavcová, Kyselý 2010). Období výskytu epidemií chřipky a akutních respiračních infekcí byla z analýzy vyloučena, protože jejich vliv nelze z dat jiným způsobem spolehlivě odstranit.



Obr. 2 Průměrné relativní odchylky kardiovaskulární úmrtnosti v 20denních sekvencích ($D-3$ až $D+16$) v obdobích horkých a studených vln pro celkovou populaci (M+F). Plná (čárkovaná) čára vyznačuje 2,5% a 97,5% (5% a 95%) kvantil odchylek.

Fig. 2. Mean relative deviations of cardiovascular mortality for 20-day sequences $D-3$ to $D+16$ for hot spells (left) and cold spells (right) for the whole population (M+F). Solid (dashed) lines denote the 2.5% and 97.5% (5% and 95%) quantiles of deviations.



Obr. 3 Průměrné relativní odchylky kardiovaskulární úmrtnosti pro muže (M) a ženy (F) v obdobích horkých vln pro věkovou skupinu 80+ let a v obdobích studených vln pro věkovou skupinu 25–59 let. Ostatní detaily viz obr. 2.

Fig. 3. Mean relative deviations of cardiovascular mortality for hot and cold spells in males (M) and females (F) in the younger age group (25–59 years) and in the elderly (80+ years). For other details, see Fig. 2.

3. VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Vliv horkých a studených vln na kardiovaskulární úmrtnost

Zvýšená kardiovaskulární úmrtnost byla zaznamenána v obdobích horkých i studených vln (obr. 2). Vliv horkých vln byl spíše přímý, nárůst úmrtnosti byl soustředěn do několika dní trvání horké vlny, zatímco v případě studených vln byl pozorován nepřímý vliv, kdy zvýšená úmrtnost přetrvávala i po skončení studené vlny (obr. 2). Obdobný rozdíl byl zjištěn i pro populace v jiných částech světa, např. Analitis (2008); Anderson, Bell (2009).

Kvůli nepřímému (zpožděnému) vlivu byl celkový dopad studených vln na kardiovaskulární úmrtnost větší v porovnání s horkými vlnami i přes nižší nárůst průměrného počtu úmrtí v jednotlivých dnech studené vlny: maximálně +8,0 % v den $D+4$ v případě studených vln versus +15,9 % v den $D+2$ v případě horkých vln (obr. 2). Kumulativní nárůst úmrtnosti, stanovený jako součet nadprůměrné úmrtnosti ve dnech, ve kterých relativní odchylka úmrtnosti překročila 95% kvantil, dosáhl 71,5 % v případě studených vln a 54,0 % v případě horkých vln (určeno pro celkovou populaci). Pokud tato čísla převedeme na počty úmrtí v populaci ČR, byly studené (horké) vlny spojeny průměrně se 111 (78) úmrtími na CVD nad rámec očekávané úmrtnosti. Vezmeme-li v úvahu celkové počty horkých (studených) vln v období 1986–2009 podle zavedené definice, dostáváme přibližně 3 000 (2 300) úmrtí na CVD, která lze připsat těmto jevům. Tyto odhady zdůrazňují důležitost opatření, která mají za cíl zmírnění dopadů extrémní teploty vzduchu na lidské zdraví.

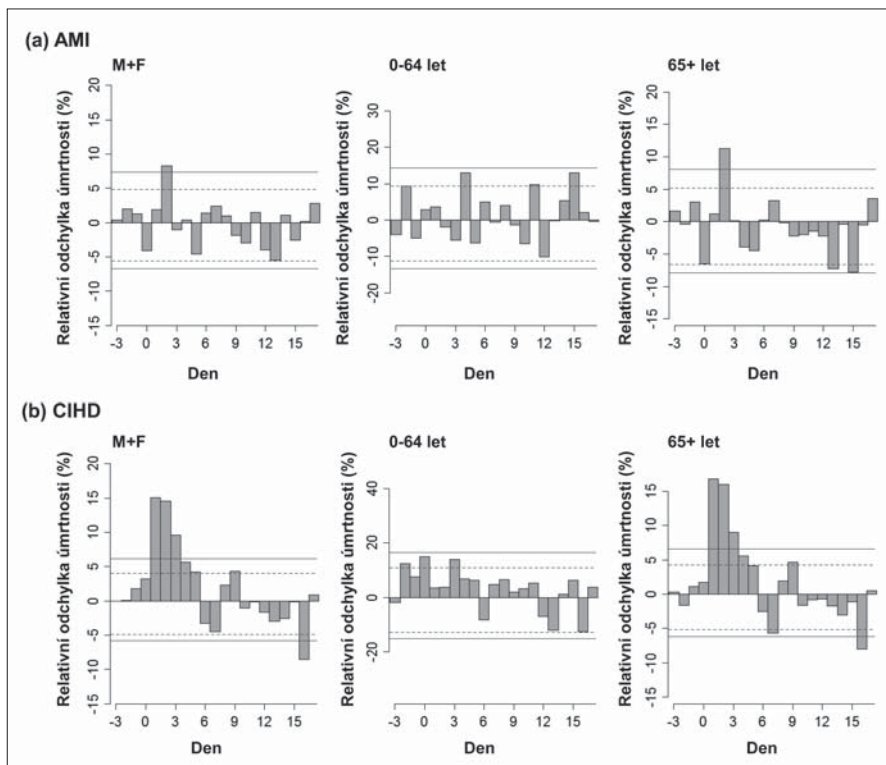
Nejvíce ohrožené skupiny populace se v obdobích horkých a studených vln výrazně lišily (obr. 3). Nepříznivý vliv horkých vln na zdravotní stav byl nejvýraznější u ženské populace a ve vyšších věkových skupinách. V obdobích studených vln byl naopak relativní nárůst úmrtnosti nejvyšší v populaci středního věku (25 až 59 let) a vliv chladu na úmrtnost v této věkové skupině byl pozorován pouze u mužů. Ve vyšších věkových skupinách byl vliv studených vln na úmrtnost více zpožděn a rozdíly v úmrtnosti u žen a mužů byly malé.

Tyto výsledky naznačují, že pokročilý věk a sociální struktura populace, např. větší podíl starších žen žijících osaměle ve srovnání s muži, stejně jako fyziologické mechanismy zahrnující chronická onemocnění (hypertenze, diabetes) jsou spojené se sníženou tolerancí ke stresu z horka u ženské populace. V případě chladu se fyziologické mechanismy hrající dominantní roli liší mezi populací středního věku a starší populací. Vyšší riziko úmrtí na CVD v období studených vln u mužů středního věku ve srovnání s ženami stejné věkové skupiny může souviset s nerozpoznanými či neléčenými rizikovými fak-

tory CVD, např. hypertenze, jejíž výskyt je u nás v populaci středního věku vysoký (Cífková et al. 2010) a s chronickými onemocněními. Naopak snížené riziko CVD u žen v mladším a středním věku je přisuzováno kardioprotektivním účinkům estrogeneru; mladší ženy mají i lépe zachovanou srdeční svalovinu ve srovnání s muži stejného věku a kardiovaskulární systém je schopen lépe se vyrovnat se stresem z chladu i horka.

Zvýšená úmrtnost v důsledku stresu z chladu u mužů v produktivním věku může souviset i s pracovním prostředím. Větší procento mužů, v porovnání se ženami, pracuje venku, a je tak vystaveno přímému působení nízké teploty vzduchu po delší dobu. Tuto hypotézu podporují výsledky pro Prahu, kde procento osob pracujících venku je nižší v porovnání s ostatními regiony ČR a vliv studených vln na úmrtnost populace ve středním věku je menší (Plavcová, Kyselý 2009).

Skutečnost, že při nástupu studené vlny dochází k nárůstu úmrtnosti na CVD u populace v produktivním věku, zatímco u starší populace se vliv studených vln projevuje s výrazným zpožděním, pravděpodobně souvisí i s odlišným životním stylem. Lidé v důchodovém věku mohou snáze přizpůsobit svůj denní režim, a omezit tak přímý kontakt s chladem. U starší populace, pro kterou je celkový efekt rovněž výrazný, ale nepřímý (zpožděný) je významným rizikovým faktorem s věkem související ateroskleróza, hypertenze, a v neposlední řadě oslabený imunitní systém v důsledku infekčních chorob vyskytujících se ve zvýšené míře v zimním období. Expozice organismu extrémně nízké teplotě vzduchu klade vysoké nároky na kardiovaskulární systém, jehož zatížení může u osob starších a chronicky nemocných vést ke zhoršení zdravotního stavu a následným komplikacím, které mohou během několika dnů skončit úmrtím.



Obr. 4 Průměrné relativní odchylky úmrtnosti na akutní infarkt myokardu (a) a chronickou ischemickou chorobu srdeční (b) v obdobích horkých vln pro celkovou populaci (M+F), mladší věkovou skupinu (0–64 let) a starší populaci (65+ let). Ostatní detaily viz obr. 2.

Fig. 4. Mean relative deviations of mortality due to acute myocardial infarction (a) and chronic ischaemic heart disease (b) for hot spells in the whole population (M+F), in the younger age group (0–64 years), and in the elderly (65+ years). For other details, see Fig. 2.

3.2 Vliv horkých a studených vln na úmrtnost na ischemické nemoci srdeční (IHD)

Celkový dopad horkých a studených vln na úmrtnost na IHD byl porovnatelný s výsledky pro kardiovaskulární úmrtnost, zejména pokud se jedná o přímý, resp. zpožděný vliv horkých, resp. studených vln (obr. 6). Podrobnější analýza zaměřená na jednotlivé IHD ukázala, že za nárůst úmrtnosti v horkých vlnách byla zodpovědná především CIHD, a to u mužů i u žen (obr. 4). Výrazný nárůst počtu úmrtí na CIHD ve spojení s horkem byl zaznamenán zejména v populaci starší 65 let. Zvýšení úmrtnosti na AMI bylo ve srovnání s CIHD výrazně nižší.

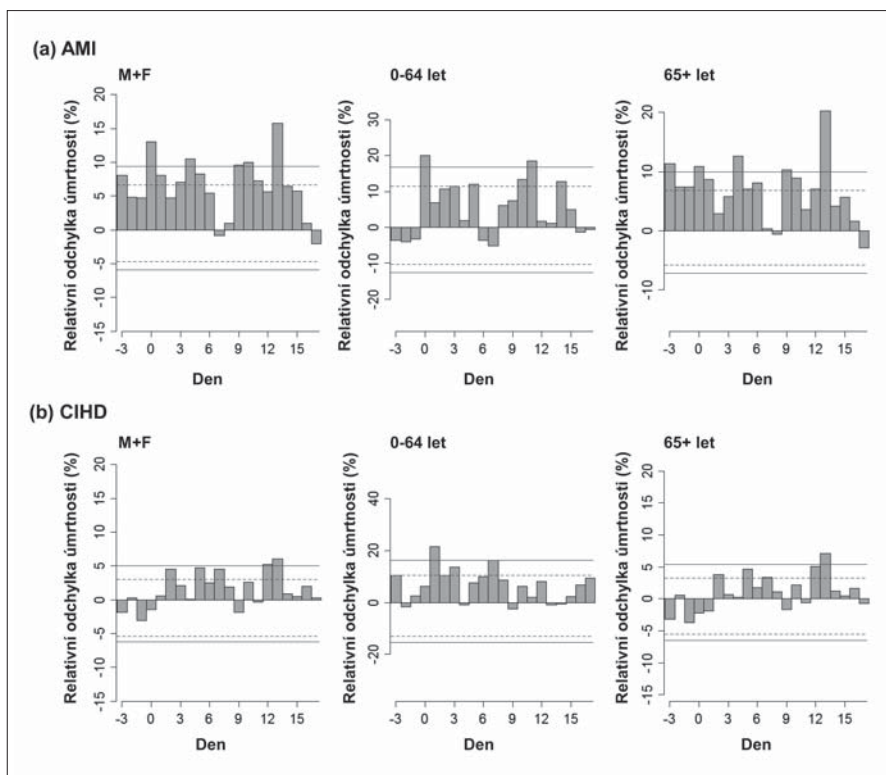
U studených vln, které byly provázeny významným zvýšením úmrtnosti i v mladší věkové skupině (0–64 let), byl dominantní nárůst úmrtnosti na AMI (obr. 5). Zvýšení počtu případů AMI v souvislosti s nízkou teplotou bylo zdokumentováno i jinde v Evropě, např. v Anglii a Walesu (Bhaskaran et al. 2010), Německu (Wolf et al. 2009) a Nizozemí (Verberkmoes et al. 2012). Bhaskaran et al. (2010) ve své studii také prokázali tzv. efekt zpoždění, kdy vliv chladu na výskyt AMI přetrvával 14 dní po poklesu teploty.

Výsledky tedy ukazují, že zatímco zvýšení úmrtnosti na IHD v obdobích horkých vln se týká převážně osob starších a chronicky nemocných, jejichž zdravotní stav byl zhoršen již před nástupem horkého období, fyziologické změny vyvolané chladovým stresem vedou spíše k AMI, a proto vliv chladu je významný i v mladší populaci. Nejvíce ohrožené skupiny populace a nejvíce ovlivněná kardiovaskulární onemocnění se tedy pro období horkých a studených vln výrazně liší. Zohlednění těchto rozdílů při plánování a implementaci preventivních opatření tak může přispět k minimalizaci zdravotních rizik působených teplotními extrémami.

3.3 Srovnání vlivu horkých vln na ischemické nemoci srdeční (IHD) a cerebrovaskulární onemocnění (CD)

Analýza celkového průměrného vlivu horkých vln ukázala na rozdíly mezi jednotlivými kardiovaskulárními onemocněními (tab. 1, obr. 6): vyšší nárůst úmrtnosti byl pozorován u CD v porovnání s IHD u starší věkové skupiny (65+ let), u mužů i v celkové populaci. Obdobné výsledky zaznamenali Gasparrini et al. (2012) ve studii provedené v Anglii a Walesu, když zjistili, že v období horkých vln je vyšší riziko výskytu mozkové mrtvice (onemocnění patřící do skupiny CD) ve srovnání s IHD. Naopak v mladší populaci (0–64 let) byl zaznamenán významný nárůst počtu úmrtí na IHD, zatímco zvýšená úmrtnost na CD pozorována nebyla.

Průměrný vliv horkých vln na úmrtnost na IHD byl srov-



Obr. 5 Průměrné relativní odchylky úmrtnosti na akutní infarktu myokardu (a) a chronickou ischemickou chorobou srdeční (b) v obdobích studených vln pro celkovou populaci (M+F), mladší věkovou skupinu (0–64 let) a starší populaci (65+ let). Ostatní detaily viz obr. 2.

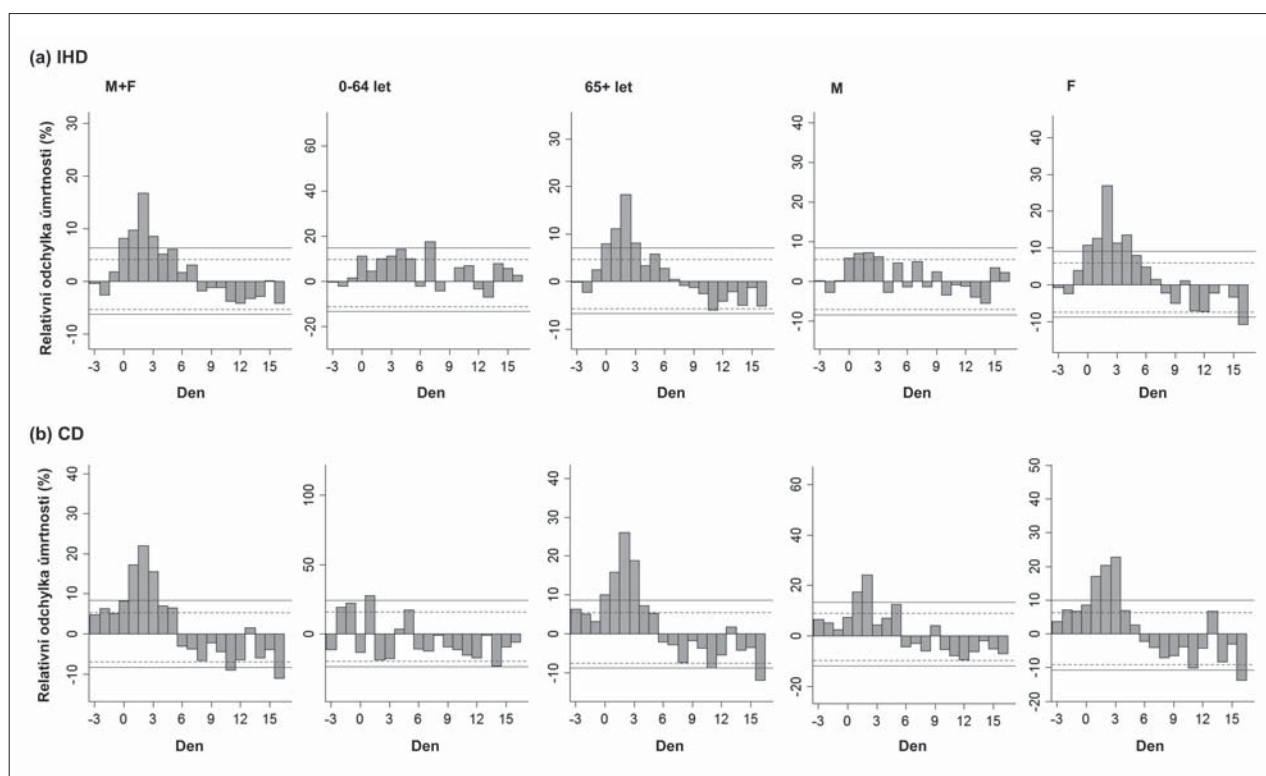
Fig. 5. Mean relative deviations of mortality due to acute myocardial infarction (a) and chronic ischaemic heart disease (b) for cold spells in the whole population (M+F), in the younger age group (0–64 years), and in the elderly (65+ years). For other details, see Fig. 2.

natelný u mladší věkové skupiny a starší populace, zatímco významný nárůst úmrtnosti na CD byl zaznamenán pouze ve starší populaci. Tyto výsledky mohou souviset s tím, že se zvyšujícím se věkem narůstá riziko kardiovaskulárních komplikací v obdobích horkých vln v důsledku přítomnosti rizikových faktorů a chronických onemocnění. Vysoké riziko úmrtí v horku bylo prokázáno např. u pacientů vyššího věku, kteří byli hospitalizováni s diagnózou mozkové mrtvice ještě před začátkem horké vlny (Stafoggia et al. 2008). Stejně jako v případě úmrtnosti na CVD byly v horkých vlnách více ohroženy ženy než muži. Tento rozdíl byl výraznější u IHD, zatímco u CD byl rozdíl mezi mužskou a ženskou populací relativně malý (tab. 1).

Vliv horkých vln na úmrtnost na IHD byl okamžitý (nárůst úmrtnosti v den nástupu horké vlny D+0), zatímco zvýšení počtu úmrtí na CD bylo více zpožděné (nárůst úmrtnosti v den D+1, nejvyšší úmrtnost v den D+2 u mužů a D+3 u žen, obr. 6). Výsledky naznačují, že změny teploty a nadnormální teplota vzduchu vyskytující se v době nástupu horké vlny mají bezprostřední vliv na stav kardiovaskulárního systému zranitelných osob, s následky vedoucími k akutním srdečním komplikacím. Vysoká teplota vzduchu přetrvávající několik dní naopak přispívá k postupnému zhoršení zdravotního stavu vlivem akumulace fyziologických změn vyvolaných stresem z horka a vedou spíše ke vzniku cerebrovaskulárních příhod.

3.4 Hospitalizace a horké vlny

Analýza nemocnosti ukázala, že zvýšená úmrtnost na CVD, IHD a CD v obdobích horkých vln nebyla doprovázena obdob-



Obr. 6 Průměrné relativní odchylky úmrtnosti na ischemické nemoci srdeční (a) a cerebrovaskulární onemocnění (b) v obdobích horkých vln pro celkovou populaci (M+F), mladší věkovou skupinu (0–64 let), starší populaci (65+ let), muže (M) a ženy (F). Ostatní detaily viz obr. 2.

Fig. 6. Mean relative deviations of mortality due to ischaemic heart disease (a) and cerebrovascular disease (b) for hot spells in the whole population (M+F), in the younger age group (0–64 years), the elderly (65+ years), males (M), and females (F). For other details, see Fig. 2.

ným nárůstem počtu hospitalizací a začátek horké vlny byl ve skutečnosti spojen s poklesem počtu hospitalizací na IHD u starší populace (tab. 1). Toto zjištění je v souladu s výsledky dalších studií zabývajících se srovnáním vlivu horkých vln na kardiovaskulární úmrtnost a nemocnost (např. Bustinza et al. 2013; Monteiro et al. 2013), které ukazují, že zvýšení úmrtnosti není doprovázeno obdobnými nárůsty počtu hospitalizací. To podporuje hypotézu, že úmrtí v horku z kardiovaskulárních příčin bývají náhlá a k hospitalizaci v takovém případě nedojde.

Výsledky lze interpretovat tak, že zvýšená úmrtnost na CVD v horkých obdobích je dána převážně úmrtími mimo nemocnici a v případě úmrtí v nemocnicích je CVD spíše sekundární diagnózou než hlavním onemocněním zodpovědným za hospitalizaci. Toto tvrzení je podpořeno i několika studiemi ukazujícími na důležitost CVD jako sekundární diagnózy při analýze zvýšené nemocnosti v obdobích horkých vln (např. Williams et al. 2012).

Výsledky rovněž naznačují, že v českých nemocnicích, vzhledem k dlouhodobému nedostatku klimatizačních zařízení, může u hospitalizovaných starších a chronicky nemoc-

Tab. 1 Průměrný kumulativní nárůst úmrtnosti a nemocnosti na kardiovaskulární onemocnění (CVD), ischemické nemoci srdeční (IHD) a cerebrovaskulární onemocnění (CD) zprůměrovaný přes všechny horké vlny pro různé skupiny populace ČR, 1994–2009.

Table 1. Mean cumulative excess mortality and morbidity due to cardiovascular disease (CVD), ischaemic heart disease (IHD) and cerebrovascular disease (CD) averaged over hot spells for individual population groups in the Czech Republic, 1994–2009.

		M+F	M	F	0–64 let	65+ let
Úmrtnost (%)	CVD	68,5 *	46,8 *	86,8 *	45,3 *	73,2 *
	IHD	54,8 *	28,4 *	83,3 *	61,8 *	54,5 *
	CD	76,3 *	72,8 *	78,2 *	–0,9	83,2 *
Hospitalizace (%)	CVD	–2,9	–4,4	–1,5	5,1	–7,2
	IHD	–5,9	–8,8	–2,4	15,8	–17,5 **
	CD	3,1	–2,2	8,2	–7,7	7,0

Kumulativní nárůst úmrtnosti/nemocnosti byl vypočítán jako součet relativních odchylek úmrtnosti/hospitalizací ve dnech D+0 až D+5 pro všechny horké vlny v období 1994–2009, a výsledné hodnoty byly zprůměrovány přes všechny horké vlny. * (**) vyznačuje průměrný kumulativní nárůst úmrtnost/nemocnosti přesahující 97,5% kvantil (nižší než 2,5% kvantil) rozdělení stanoveného metodou Monte Carlo. M+F: celková populace, M: muži, F: ženy.

ných osob docházet k předčasnému úmrtí v důsledku nadměrného zatížení organismu stresem z horka. Přítomnost klimatizačních jednotek na odděleních akutní i následné péče by tak zajistila odpovídající podmínky pro léčbu a rekonvalescenci pacientů v době horkých vln.

3.5 Harvesting efekt

Bezprostředně po skončení horké vlny se projevuje pokles úmrtnosti na CVD, jev je v literatuře označován jako tzv. harvesting efekt nebo posun úmrtnosti (např. Zaninović,

Tab. 2 Srovnání celkového nárůstu úmrtnosti (počtu úmrtí) na kardiovaskulární onemocnění (CVD), ischemické nemoci srdeční (IHD) a cerebrovaskulární onemocnění (CD) v období výskytu průměrné horké vlny a po jejím skončení, 1994–2009.

Table 2. Comparison of cumulative excess mortality (number of deaths) for cardiovascular disease (CVD), ischaemic heart disease (IHD) and cerebrovascular disease (CD) during and after an average hot spell in the Czech Republic, 1994–2009.

	$\Sigma D+0... D+5$	$\Sigma D+6... D+20$	Posun úmrtnosti (%)
CVD	103,7	-53,7	51,8
IHD	35,4	-15,2	42,9
CD	32,7	-28,6	87,5

Kumulativní nárůst úmrtnosti byl vypočítán jako součet průměrných relativních odchylek úmrtnosti od očekávaného počtu úmrtí ve dnech $D+0$ až $D+5$ a $D+6$ až $D+20$ pro všechny horké vlny v období 1994–2009, a výsledné hodnoty byly zprůměrovány přes všechny horké vlny.

Matzarakis 2014) a přetrvává až několik týdnů po skončení horké vlny. To poukazuje na skutečnost, že oběťmi horkých vln jsou zčásti lidé s očekávanou krátkou dobou dožití, kteří by zemřeli brzy bez ohledu na vnější podmínky.

Harvesting efekt byl zodpovědný za více než polovinu z celkového nárůstu počtu úmrtí na CVD v české populaci v obdobích horkých vln (tab. 2). Velikost tohoto jevu se lišila u jednotlivých onemocnění: výrazně větší posun úmrtnosti byl pozorován u CD v porovnání s IHD. Vysvětlení tohoto rozdílu může spočívat v existenci chronických onemocnění a celkově zhoršeném zdravotním stavu osob s CD, zatímco v případě IHD tvoří větší procento obětí „zdravější“ a mladší populace.

Pokud bychom zohlednili, že se obdobný efekt nevyskytuje u studených vln, dospějeme k ještě výraznějšímu rozdílu v průměrném počtu nadnormálových úmrtí na CVD mezi studenými a horkými vlnami, než jaký je uveden v části 3.1. To dále ukazuje, že význam studených vln z hlediska dopadů na zdraví a úmrtnost populace je někdy neprávem podhodnocován.

3.6 Obecná diskuze a omezení analýzy

Analýzy vycházející z dat získaných z národních registrů mají určitá omezení. V případě analýzy nemocnosti neumožňovala databáze hospitalizovaných rozlišení plánovaných a akutních hospitalizací. Předmětem našeho zájmu však byla onemocnění akutní, mezi která patří AMI a mozková mrtvice, tvořící převážnou většinu případů IHD/CD a plánované hospitalizace tak celkové výsledky výrazně neovlivnily. Další omezení analýzy nemocnosti vyplývá z faktu, že zvýšení počtu hospitalizací je limitováno počtem dostupných lůžek. Vliv mohou mít i změny v platbách zdravotních pojištění a sociální a individuální faktory, jako např. chování a rozhodování pacienta, kdy se nástup do nemocnice nemusí shodovat se skutečným dnem nástupu onemocnění, ale může odpovídat jeho přetrvávání nebo dalšímu zhoršení. To vše může přispívat k neprůkaznému vztahu mezi horkými, resp. studenými vlnami a hospitalizacemi. Výsledky tak podporují známý fakt, že nejlepší proměnnou charakterizující zdravotní dopady v populaci je úmrtnost, která je ekonomickými, sociálními a dalšími faktory souvisejícími s chováním jedince i společnosti ovlivněna, v krátkých časových měřítcích, typických pro teplotní extrémů minimálně.

I chyby v určení příčiny smrti, které je v databázi zemře-

lých založeno na listu o prohlídce mrtvého, mohou pochopitelně vést k nepřesnostem. Celková tzv. propitvanost je však v ČR relativně vysoká, kolem 30 %, a dlouhodobě zůstává jednou z nejvyšších v Evropě (Davidková et al. 2013). Kvalita databáze zemřelých je tak přinejmenším srovnatelná s databázemi západoevropskými. Zjištěné významné rozdíly v dopadech teplotních extrémů mezi hlavními skupinami kardiovaskulárních diagnóz navíc jasně dokládají, že v celkovém souhrnu databáze umožňuje tyto rozdíly kvantifikovat, studovat související fyziologické jevy, a v důsledku může pomoci zpřesnit např. biometeorologickou předpověď.

Vliv znečištění ovzduší na kardiovaskulární úmrtnost a nemocnost v obdobích horkých a studených vln nebyl v této práci zohledněn především proto, že se studie zabývá celkovou populací ČR, jejíž většina žije v relativně malých městech a venkovských oblastech; ve městech čítajících více než 100 tis. obyvatel žije necelých 30 % populace (ČSÚ 2011). Z tohoto pohledu představuje populace ČR ideální „laborator“ pro studium vlivu meteorologických faktorů, protože podíl městské populace je ve srovnání s většinou vyspělých zemí, kde lze předpokládat existenci podobně kvalitních epidemiologických databází malý. Kromě toho, že vliv znečištění je obvykle studován a doložen pro městské aglomerace, jedná se také o jev prostorově velmi proměnlivý, a nelze ho jednoduše kvantifikovat pro širší území. Na druhou stranu znečištění ovzduší může vztahy mezi horkými, resp. studenými vlnami a lidským zdravím v některých oblastech, např. Ostravsko v zimním období, Praha v letním období (Knobová et al. 2014) výrazně modifikovat. Z pohledu celkové populace ČR je však vliv teploty nepochybně dominantní a totéž podle výsledků zahraničních studií platí i pro městské oblasti.

Potenciálně vyššímu riziku úmrtí v důsledku přímého kontaktu s extrémně nízkou teplotou jsou vystaveni lidé bez domova, z nichž převážnou část tvoří muži středního věku. V databázi zemřelých osob bez domova, která je k dispozici za období 2000–2009, byly ovšem zaznamenány řádově pouze jednotky úmrtí spadajících do období, v nichž úmrtnost mohla souviset se studenými vlnami, a pouze u části z nich byla hlavní příčinou CVD. Úmrtí osob bez domova tak výsledky analýzy významně neovlivnila. Vzhledem k nárůstu počtu těchto osob v posledních letech se však jedná nepochybně o významnou rizikovou skupinu.

4. ZÁVĚR

Horké i studené vlny jsou provázány zvýšenou kardiovaskulární úmrtností, přičemž v populaci ČR byly v období 1986–2009 z hlediska celkových dopadů studené vlny významnější. Skupiny populace nejvíce ohrožené teplotními extrémů se liší a nárůsty úmrtnosti v důsledku horka a chladu jsou spojené s rozdílnými kardiovaskulárními příčinami.

Nepříznivý vliv horkých vln na zdravotní stav byl nejvýraznější v ženské populaci a ve vyšších věkových skupinách, zatímco v obdobích studených vln byl relativní nárůst úmrtnosti nejvyšší u mužů středního věku. Zvýšení úmrtnosti na ischemické nemoci srdeční v horkých vlnách se týká převážně osob starších a chronicky nemocných, jejichž zdravotní stav byl zhoršen již před nástupem horkého období, zatímco fyziologické změny vyvolané chladovým stresem vedou spíše k akutnímu infarktu myokardu a vliv chladu je významný i v mladší populaci. Vyšší nárůst úmrtnosti související se stresem z horka byl ve většině analyzovaných skupin populace pozorován u cerebrovaskulárních onemocnění ve srov-

nání s ischemickými nemocemi srdečními, s výjimkou mladší věkové skupiny, u níž nebyla zvýšená cerebrovaskulární úmrtnost zjištěna. Zohlednění těchto rozdílů při implementaci preventivních opatření tak může přispět k minimalizaci zdravotních rizik souvisejících s teplotními extrémami. Zvláštní pozornost by měla být věnována poskytnutí adekvátní zdravotní a sociální péče starším lidem, kteří jsou teplotními extrémami ohroženi nejvíce.

Výsledky analýz přispěly k poznání vzájemných vztahů mezi horkými, resp. studenými vlnami a kardiovaskulární úmrtností a nemocností, mnoho otázek však zůstává otevřených. V současné době jsou analyzovány prostorové vztahy mezi teplotními extrémami a kardiovaskulární úmrtností v rámci populace ČR a je studován vliv socioekonomických a environmentálních faktorů na tyto vztahy na úrovni jednotlivých okresů. Prostorové charakteristiky těchto souvislostí umožní identifikovat oblasti, ve kterých je populace zranitelnější, např. z důvodu většího znečištění prostředí, vyššího podílu populace žijící ve městech nebo vlivem rozdílné společenskoekonomické úrovně obyvatelstva.

Srovnání vlivu horkých vln na úmrtnost a nemocnost ukázalo, že zvýšená kardiovaskulární úmrtnost v horkých vlnách nebyla doprovázena obdobným nárůstem počtu hospitalizací. Zvýšená úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění v horkých obdobích je tedy dána převážně úmrtími mimo nemocnici a v případě úmrtí v nemocnicích je kardiovaskulární onemocnění spíše sekundární diagnózou než hlavním onemocněním zodpovědným za hospitalizaci. Detailní studium úmrtnosti, spojené s teplotními extrémami s využitím záznamů o místě úmrtí, společně s analýzou sekundárních příčin onemocnění doprovázejících základní diagnózu zodpovědnou za hospitalizaci, umožní zodpovědět, jaká část z celkového počtu kardiovaskulárních úmrtí v horkých vlnách odpovídá úmrtím v nemocnicích, jaká je nejčastější příčina smrti a zda stojí kardiovaskulární onemocnění v pozadí zdravotních komplikací vedoucích k hospitalizaci související se stresem z horka nebo chladu.

Dopady teplotních extrémů na společnost jsou aktuální i v souvislosti se změnou klimatu. Zde je však třeba upozornit, že mnoho otázek týkajících se schopnosti společnosti adaptovat se na postupně probíhající změny nebylo uspokojivě zodpovězeno, a v některých pracích studujících možné důsledky změny klimatu nejsou tyto otázky ani kladeny. Schopnost přizpůsobení populace teplotním podmínkám v delším časovém měřítku má zcela zásadní význam a bez lepšího porozumění nelze možným scénářům dopadů přisuzovat velkou váhu. Navzdory růstu teploty byl v posledních desetiletích ve vyspělých částech světa, včetně ČR, pozorován pokles úmrtnosti související se stresem z horka, především v důsledku technologické adaptace, k níž se řadí i varovné systémy, a nelze vyloučit, že se podobné změny budou dominantně uplatňovat i s dalším růstem teploty. K naznačení odpovědí, nebo alespoň přesnější formulaci otázek, může nepochybně přispět analýza zdravotních dopadů horkého léta 2015 ve střední Evropě a srovnání s intenzivními horkými vlnami v minulosti.

Poděkování:

Práce vznikla v rámci projektu P209/11/1985 financovaného Grantovou agenturou ČR. Poděkování náleží ČHMÚ za poskytnutí meteorologických dat, Ústavu zdravotnických informací a statistiky ČR za poskytnutí dat o úmrtnosti a nemocnosti, a B. Křížovi a J. Kynčlovi ze Státního zdravotního ústavu ČR za pomoc při zpracování dat a interpretaci výsledků.

Seznam použitých zkratk

AMI: akutní infarkt myokardu
CD: cévní nemoci mozku (cerebrovaskulární onemocnění)
CIHD: chronická ischemická choroba srdeční
CVD: nemoci oběhové soustavy (kardiovaskulární onemocnění)
IHD: ischemické nemoci srdeční
MKN: Mezinárodní statistická klasifikace nemocí a přidružených zdravotních problémů
ÚZIS: Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR

Literatura:

- ANALITIS, A., KATSOUYANNI, K., BIGGERI, A., BACCINI, M., FORSBERG, B. et al. 2008. Effects of cold weather on mortality: results from 15 European cities within the PHEWE project. *American Journal of Epidemiology*, Vol. **168**, s. 1397–1408. ISSN 0002-9262.
- ANDERSON, B. G., BELL, M. L., 2009. Weather-related mortality: how heat, cold, and heat waves affect mortality in the United States. *Epidemiology*, Vol. **20**, s. 205–213. ISSN 1044-3983.
- BALLESTER, J., RODO, X., GIORGI, F., 2010. Future changes in Central Europe heat waves expected to mostly follow summer mean warming. *Climate Dynamics*. Vol. **35**, s.1191–1205. ISSN 0930-7575.
- BHASKARAN, K., HAJAT, S., HAINES, A., HERRETT, E., WILKINSON, P. et al., 2010. Short term effects of temperature on risk of myocardial infarction in England and Wales: time series regression analysis of the Myocardial Ischaemia National Audit Project (MINAP) registry. *British Medical Journal*, Vol. **341**, s. c3823. ISSN 0959-535X.
- BURKART, K., SCHNEIDER, A., BREITNER, S., KHAN, M. H., KRÄMER, A. et al., 2011. The effect of atmospheric thermal conditions and urban thermal pollution on all-cause and cardiovascular mortality in Bangladesh. *Environmental Pollution*, Vol. **159**, s. 2035–2043. ISSN 0269-7491.
- BUSTINZA, R., LEBEL, G., GOSSELIN, P., BELANGER, D., CHEBANA, F., 2013. Health impacts of the July 2010 heat wave in Quebec, Canada. *BMC Public Health*, Vol. **13**, s. 56. ISSN 1471-2458.
- CÍFKOVÁ, R., ŠKODOVÁ, Z., BRUTHANS, J., HOLUB, J., ADÁMKOVÁ, V. et al., 2010. Longitudinal trends in cardiovascular mortality and blood pressure levels, prevalence, awareness, treatment, and control of hypertension in the Czech population from 1985 to 2007/2008. *Journal of Hypertension*, Vol. **28**, s. 2196–2203. ISSN 0263-6352.
- ČSÚ, 2011. Demografická ročenka ČR 2010 [online]. [cit. 7. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <https://www.czso.cz/csu/czso/demograficka-rocenka-cr-2010-wg5imclir9>.
- DAVÍDKOVOVÁ, H., KYSELÝ, J., KRÍŽ, B., VOJTÍŠEK, P., BOBÁK, M., 2013. Trends in cardiovascular mortality and hospitalisations, and potential contribution of inhospital case-fatality rates to changes in national mortality in the Czech Republic 1994–2009. *Heart*, Vol. **99**, s. 409–416. ISSN 1355-6037.
- DAVÍDKOVOVÁ, H., PLAVCOVÁ, E., KYNČL, J., KYSELÝ, J., 2014. Impacts of hot and cold spells differ for acute and chronic ischaemic heart diseases. *BMC Public Health*, Vol. **14**, s. 480. ISSN 1471-2458.
- D'IPPOLITI, D., MICHELOZZI, P., MARINO, C., DE'DONATO, F., MENNE, B. et al., 2010. The impact of heat waves on mortality in 9 European cities: results from the EuroHEAT project. *Environmental Health*, Vol. **9**, s. 37. ISSN 1476-069X.
- DECASTRO, M., GOMEZ-GESTEIRA, M., RAMOS, A. M., ALVAREZ, I., DECASTRO, P., 2011. Effects of heat waves

- on human mortality, Galicia, Spain. *Climate Research*, Vol. **48**, s. 333–341. ISSN 0936-577X.
- GABRIEL, K. M. A., ENDLICHER, W. R., 2011. Urban and rural mortality rates during heat waves in Berlin and Brandenburg, Germany. *Environmental Pollution*, Vol. **159**, s. 2044–2050. ISSN 0269-7491.
- GARCÍA-HERRERA, R., DÍAZ, J., TRIGO, R. M., LUTERBACHER, J., FISCHER, E. M., 2010. A Review of the European Summer Heat Wave of 2003. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Vol. **40**, s. 267–306. ISSN 1064-3389.
- GASPARRINI, A., ARMSTRONG, B., KOVATS, S., WILKINSON, P., 2012. The effect of high temperatures on cause-specific mortality in England and Wales. *Occupational and Environmental Medicine*, Vol. **69**, s. 56–61. ISSN 1351-0711.
- HANZLÍKOVÁ, H., PLAVCOVÁ, E., KYNČL, J., KŘÍŽ, B., KYSELÝ, J., 2015. Contrasting patterns of hot spell effects on morbidity and mortality for cardiovascular diseases in the Czech Republic, 1994–2009. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **59**, s. 1673–1684. ISSN 1432-1254.
- KALKSTEIN, L. S., 1993. Health and climate change. Direct impacts in cities. *Lancet*, Vol. **342**, s. 1397–1399. ISSN 0140-6736.
- KNOBOVÁ, V., HŮNOVÁ, E., MALÝ, M., BRANIŠ, M., 2014. Vliv vln vedra v létě 2003 a 2006 na úmrtnost obyvatel Prahy. *Meteorologické zprávy*, roč. **67**, s. 33–40. ISSN 0026-1173.
- KODRA, E., STEINHAEUSER, K., GANGULY, A. R., 2011. Persisting cold extremes under 21st-century warming scenarios. *Geophysical Research Letters*, Vol. **38**, s. L08705. ISSN 1944-8007.
- KOVATS, R. S., HAJAT, S., 2008. Heat stress and public health: A critical review. *Annual Review of Public Health*, Vol. **29**, s. 41–55. ISSN 0163-7525.
- KYNČL, J., PROCHÁZKA, B., GODDARD, N. L., HAVLÍČKOVÁ, M., ČÁSTKOVÁ, J. et al., 2005. A study of excess mortality during influenza epidemics in the Czech Republic, 1982–2000. *European Journal of Epidemiology*, Vol. **20**, s. 365–371. ISSN 1573-7284.
- KYSELÝ, J., 2004. Mortality and displaced mortality during heat waves in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **49**, s. 91–97. ISSN 1432-1254.
- KYSELÝ, J., HUTH, R., 2004a. Heat-related mortality in the Czech Republic examined through synoptic and 'traditional' approaches. *Climate Research*, Vol. **25**, s. 265–274. ISSN 1616-1572.
- KYSELÝ, J., HUTH, R., 2004b. Úmrtnost související se stresem z horka v České republice v současném a budoucím klimatu. *Meteorologické zprávy*, roč. **57**, s. 113–121. ISSN 0026-1173.
- KYSELÝ, J., KŘÍŽ, B., 2008. Decreased impacts of the 2003 heat waves on mortality in the Czech Republic: an improved response? *International Journal of Biometeorology*, Vol. **52**, s. 733–745. ISSN 1432-1254.
- KYSELÝ, J., PLAVCOVÁ, E., DAVÍDKOVÁ, H., KYNČL, J., 2011. Comparison of hot and cold spell effects on cardiovascular mortality in individual population groups in the Czech Republic. *Climate Research*, Vol. **49**, s. 113–129. ISSN 1616-1572.
- KYSELÝ, J., POKORNÁ, L., KYNČL, J., KŘÍŽ, B., 2009. Excess cardiovascular mortality associated with cold spells in the Czech Republic. *BMC Public Health*, Vol. **9**, s. 19. ISSN 1471-2458.
- MCMICHAEL, A. J., LINDGREN, E., 2011. Climate change: present and future risks to health, and necessary responses. *Journal of Internal Medicine*, Vol. **270**, s. 401–413. ISSN 0954-6820.
- MONTEIRO, A., CARVALHO, V., VELHO, S., SOUSA, C., 2013. The accuracy of the heat index to explain the excess of mortality and morbidity during heat waves – a case study in a mediterranean climate. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, Vol. **20**, s. 71–84. ISSN 1732-4254.
- PLAVCOVÁ, E., KYSELÝ, J., 2009. Vliv náhlých změn teploty a tlaku vzduchu na úmrtnost v ČR. *Epidemiologie, mikrobiologie, imunologie*, Roč. **58**, s. 73–83. ISSN 1210-7913.
- PLAVCOVÁ, E., KYSELÝ, J., 2010. Relationships between sudden weather changes in summer and mortality in the Czech Republic, 1986–2005. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **54**, s. 539–551. ISSN 1432-1254.
- PLAVCOVÁ, E., KYSELÝ, J., 2014. Effects of sudden air pressure changes on hospital admissions for cardiovascular diseases in Prague, 1994–2009. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **58**, s. 1327–1337. ISSN 1432-1254.
- ROBINE, J.-M., CHEUNG, S. L. K., LE ROY, S., VAN OYEN, H., GRIFFITHS, C. et al., 2008. Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. *Comptes Rendus Biologies* Vol. **331**, s. 171–178. ISSN 1631-0691.
- STAFOGGIA, M., FORASTIERE, F., AGOSTINI, D., CARANCI, N., DE'DONATO, F. et al., 2008. Factors affecting in-hospital heat-related mortality: a multi-city case-crossover analysis. *Journal of Epidemiology and Community Health*, Vol. **62**, s. 209–215. ISSN 0143-005X.
- URBAN, A., DAVÍDKOVÁ, H., KYSELÝ, J., 2014. Heat- and cold-stress effects on cardiovascular mortality and morbidity among urban and rural populations in the Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **58**, s. 1057–1068. ISSN 1432-1254.
- URBAN, A., KYSELÝ, J., 2014. Využití biometeorologických indexů pro hodnocení kardiiovaskulární úmrtnosti a nemocnosti související se stresem z horka a chladu. *Meteorologické zprávy*, Roč. **67**, s. 6–12. ISSN 0026-1173.
- URBAN, A., KYSELÝ, J., 2015. Application of spatial synoptic classification in evaluating links between heat stress and cardiovascular mortality and morbidity in Prague, Czech Republic. *International Journal of Biometeorology*, doi 10.1007/s00484-015-1055-1.
- VANECKOVA, P., NEVILLE, G., TIPPETT, V., AITKEN, P., FITZGERALD, G. et al., 2011. Do Biometeorological Indices Improve Modeling Outcomes of Heat-Related Mortality? *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. **50**, s. 1165–1176. ISSN 1558-8424.
- VERBERKMOES, N. J., HAMAD, M. A. S., TER WOORST, J. F., TAN, M., PEELS, C. H. et al., 2012. Impact of temperature and atmospheric pressure on the incidence of major acute cardiovascular events. *Netherlands Heart Journal*, Vol. **20**, s. 193–196. ISSN 1568-5888.
- WILLIAMS, S., NITSCHKE, M., WEINSTEIN, P., PISANIELLO, D. L., PARTON, K. A. et al., 2012. The impact of summer temperatures and heatwaves on mortality and morbidity in Perth, Australia 1994–2008. *Environment International*, Vol. **40**, s. 33–38. ISSN 0160-4120.
- WOLF, K., SCHNEIDER, A., BREITNER, S., VON KLOT, S., MEISINGER, C. et al., 2009. Air Temperature and the Occurrence of Myocardial Infarction in Augsburg, Germany. *Circulation*, Vol. **120**, s. 735–742. ISSN 0009-7322.
- ZANINOVIĆ, K., MATZARAKIS, A., 2014. Impact of heat waves on mortality in Croatia. *International Journal of Biometeorology*, Vol. **58**, s. 1135–1145. ISSN 0020-7128.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.,
Mgr. Martin Novák

VÝSKYT JEVU DERECHO NA ÚZEMÍ ČR

David Rýva, Český hydrometeorologický ústav, odbor distančních měření a informací, Generála Šišky 942, Praha 4-Libuš; Univerzita Karlova v Praze, Matematicko-fyzikální fakulta, Ke Karlovu 3, 121 16 Praha 2, david.ryva@chmi.cz

Derecho phenomenon in the Czech Republic. Derechos are well known, especially in North America, as originators of widespread and significant wind damage associated with convective storms. Damage caused by derechos can even be compared with damage produced by tornadoes, but the affected area is much larger. As a result, derechos are able to cause very significant damage to structures, forests, etc. and even cause numerous fatalities. The research activities of many authors in Europe during the last decade have shown that derechos are not just an American phenomenon, but they are relatively common even in Europe, including the Czech Republic. This article should be the first of a series of articles focused on the derecho phenomenon in the Czech Republic. The history of derecho research is briefly described in the article, and some selected cases across the Czech Republic are also briefly mentioned. These especially include cases from the last few years, because there is much better documentation of weather damage and more meteorological data available. These cases prove that Czech derechos are fully comparable to American derechos and that they can also produce very significant damage and numerous fatalities.

KLÍČOVÁ SLOVA: derecho – konvektivní bouře – větrná bouře – húlava – ESWD – náraz větru – bow echo – tornádo

KEYWORDS: derecho – convective storm – wind storm – wind squall – European Severe Weather Database (ESWD) – wind gust – bow echo – tornado

1. ÚVOD

Intenzivní a rozsáhlé větrné bouře, jejichž příčinou bývají dlouhotrvající mezoměřítkové konvektivní systémy a jež jsou zejména v USA známy pod názvem derecho (čti derečo), nejsou zdaleka jen výsadou severoamerického počasí. Jak vyplývá z archivů meteorologických dat a z informací o škodách způsobených větrem, tyto bouře nejsou ničím neobvyklým ani na území ČR. Zde je na místě zdůraznit, že se nejedná o žádný další podtyp konvektivních bouří z hlediska jejich „buněčné struktury“, ale o silnou húlavu doprovázející daný konvektivní systém. Derecha bývají obvykle spojena s lineárně organizovanými mezoměřítkovými konvektivními systémy (dále jen MCS, z anglického Mesoscale Convective System), známými pod názvem squall line (dále jen SQL), nebo nověji jako QLCS (Quasi-Linear Convective System) a při svém rychlém postupu a dlouhé době trvání někdy zasahují území o rozloze desítek tisíc až stovek tisíc čtverečních kilometrů.

Historie termínu derecho sahá až do druhé poloviny 19. století, kdy se v Evropě větrným událostem spojeným s konvektivními bouřemi na území Německa věnoval Dr. Wladimír Köppen (Punkka et al. 2006). Köppen tyto jevy označoval slovem gewitterböen, což lze přeložit do češtiny jako bouřkové húlavy. Na území Spojených států amerických byl nejvýraznější postavou tohoto výzkumu Dr. Gustavus Hinrichs, ředitel Iowské centrální meteorologické stanice a profesor fyziky na Iowské univerzitě. Ten se pustil do sporu s důstojníkem americké armády Johnem P. Finleym, který se věnoval dokumentaci tornád během 70. a 80. let 19. století (Johns 2007). Tehdejší meteorologická služba ve Spojených státech totiž spadala do působnosti armády. Na Finleyho práci Hinrichs reagoval článkem (Hinrichs 1888), ve kterém upozorňoval na skutečnost, že velká část případů ničivého větru spojeného s konvekcí, které Finley přisuzoval tornádům, ve skutečnosti tornády nebyla. Z pozorování a průzkumu následných škod způsobených bouřemi Hinrichs správně vyvodil, že škody byly způsobeny přímočarým větrem souvisejícím s rychle postupujícími bouřkovými systémy, které nabývaly při svém postupu tvar dopředu vypouklého oblouku a které právě podle vzhledu na radarových snímcích označujeme jako bow echo. Ukázal tak, že tyto bouře nebyly tornáda a jelikož pojem tornádo je ze španělštiny, navrhl pro tyto jevy rovněž španělský termín derecho ve významu přímý nebo rázný. Termín se skutečně začal používat i v článcích publikovaných v Evropě meteorology Köppenem

a Letzmannem (Punkka et al. 2006), ale následně upadl v zapomnění. Velkou měrou se na tom podílely i události, jež následovaly po převedení zodpovědnosti za provoz meteorologické služby z armády na ministerstvo zemědělství v roce 1891, což vedlo přibližně k půl století trvajícím pozastavení výzkumu silných konvektivních bouří a dokonce i zákazu používání slova tornádo ve zprávách meteorologické služby (Johns 2007).

Termín derecho se následně dočkal svého znovuoživení v poslední čtvrtině 20. století. Po leteckém neštětí v Dallasu, způsobeném downburstem, začal Dr. Fujita zkoumat jevy spojené právě s downbursty a tzv. rodinami shluků downburstů (z angl. *family of downburst clusters*) (Fujita, Wakimoto 1981). Poté se těmito jevy zabýval zejména Robert H. Johns (1982, 1984), na jehož práci reagoval Joe Galway, který v té době sepisoval historii americké meteorologické služby. Johnse upozornil na historický článek Dr. Hinrichse (1888) a na označení derecho (Johns 2007). Následně publikovaný článek prvně jednoznačně definoval pojem derecho a kritéria pro jeho užití (Johns, Hirt 1987), mnozí další autoři definici derecha různě měnili s přihlédnutím k záměru svých prací (Bentley, Mote 1998), (Coniglio, Stensrud 2003).

2. DEFINICE JEVU DERECHO

V této práci jsou použita téměř stejná kritéria, jako užívali Johns a Hirt (1987), jen mírně upravená podle v Evropě užívané definice silné bouře. Podobně jako u Coniglia a Stensruda (2003) jsou případy derecha rozděleny do tří podkategorií podle intenzity. K identifikaci případů derecha jsou použita dostupná data z hlášení SYNOP, automatických meteorologických stanic, ale i hlášení o škodách způsobených větrem z Evropské databáze nebezpečného počasí ESWD (European Severe Weather Database) a v neposlední řadě i zprávy o škodách z tisku, u starších případů rovněž záznamy z kronik. Aby bylo možné označit událost za derecho, musí být splněna následující kritéria:

- Oblast hlášených škod způsobených větrem a/nebo náraz větru alespoň $25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ musí mít hlavní osu alespoň 400 km dlouhou.
- Hlášení o škodách způsobených větrem a nárazy větru musí vykazovat chronologický postup, nikoliv náhodný vznik v čase v rámci oblasti, tj. události musí souviset s postupem konvektivního systému v rámci jednoho či více pásů.
- Intenzita derecha

- i) **low-end (slabé) derecho:** nejsou splněna kritéria pro následující dva stupně intenzity,
 - ii) **moderate (středně silné) derecho:** v rámci pásu škod musí být minimálně tři nárazy větru alespoň 33 m.s^{-1} a/nebo škody způsobené větrem charakteru alespoň F1/T2¹⁾. Ty musí být od sebe vzdáleny alespoň 64 km,
 - iii) **high-end (silné) derecho:** podobné jako ii), ale 3 nárazy alespoň 38 m.s^{-1} a/nebo škody větrem charakteru alespoň T3.
- d) Mezi vznikem škod a/nebo nárazy větru, nesmí být delší pauza než 3 hodiny a žádné hlášené škody nesmí být dále než 200 km od jiných škod v rámci pásu nárazů větru/škod větrem.
- e) Mateřský konvektivní systém musí vykazovat časovou a prostorovou spojitost v poli přízemního větru a tlaku vzduchu i tehdy, kdy se systém jeví na radaru jako neucelený.
- f) Pokud jsou hlášení o škodách a nárazech větru soustředěny do více pásů, pak tyto musí souviset svým vznikem se stejným MCS.

Při dohledávání případů derecha se nejprve hledaly situace, které by splnily první dva body, a u nich se následně ověřovalo splnění dalších bodů definice, přičemž při verifikaci posledních dvou bodů bylo nutné využít data z meteorologických radarů a staniční síť.

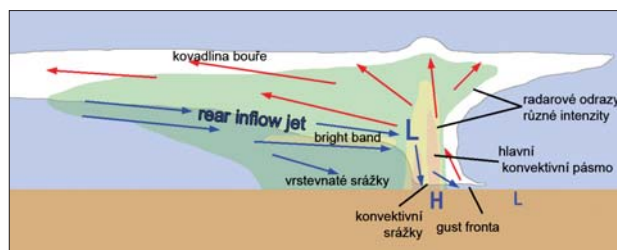
3. VZNIK SILNÉHO VĚTRU V KONVEKTIVNÍCH BOUŘÍCH

V konvektivních bouřích se v různých fázích vývoje oblaku kumulonimbus formují oblasti vzestupných a sestupných proudů tzv. updrafty a downdrafty. Sestupné proudy většinou vznikají v souvislosti s vypadáváním srážek a jejich odpařováním do okolního vzduchu, kterému je tak odebíráno nemalé množství skupenského tepla. Takto ochlazený vzduch v důsledku vzrůstu hustoty začne klesat jako sestupný proud – downdraft. Downdrafty jsou ale obvykle záležitostí nízkých a středních hladin a na rozdíl od updraftu obvykle nezasahují celý vertikální rozsah kumulonimbusu. Při dosažení zemského povrchu se rozlijí po okolí, zejména ve směru postupu konvektivní bouře, a na jejich čele, tzv. gust frontě dochází k citelnému ochlazení, ale i výskytu nárazového větru.

a) Downbursty

V některých situacích mohou vznikat velmi silné sestupné proudy, nebo může dojít k přechodným lokálním zesílením downdraftu. Tyto jevy pak nazýváme downbursty. Ty jsou schopny působit lokálně i velmi výrazné škody a v minulosti byly zdokumentovány případy, kdy rychlost větru v downburstu přesáhla v nárazech i 60 m.s^{-1} , v našem regionu byly zdokumentovány rychlosti přes 50 m.s^{-1} (např. Sulan 2005). Downbursty jsou tedy schopné působit škody srovnatelné se silnými tornády co do charakteru, ale i intenzity. Už Fujita si v 70. letech minulého století všiml situací, kdy vznikají těsně na sebe navazující shluky downburstů, které označoval jako downburst clusters (Fujita, Wakimoto 1980). Takových shluků downburstů může déletrvající bouře vyprodukovat celou sérii, s více nebo méně přerušeními nebo zeslabeními, a to v délce až stovek kilometrů. Způsobené škody jsou pak lokálně velmi proměnlivé místo od místa, a pásma největší intenzity větru velmi

¹ Zkratkou F s číslem (např. F1) se standardně označuje charakter škod způsobených větrem odpovídajícímu tornádu intenzity daného stupně Fujitovy stupnice, zde první stupeň. V případě písmene T s číslem se jedná o stupnici Torro používanou v Evropě, zejména ve Spojeném Království.



Obr. 1 Konceptní model bouře typu squall line při pohledu ve vertikálním řezu kolmém ke konvektivní linii. Bíle je naznačen rozsah oblačnosti, barevně (zelená, žlutá a oranžová) pak radarové odrazy. Červené a modré šipky naznačují proudění v bouři. Velké modré L označuje střed oblasti nízkého tlaku. Naznačena je rovněž oblast výskytu RIJ.

Fig. 1. Conceptual model of a squall line viewed in a vertical cross-section, oriented perpendicular to the convective line. Cloud cover is denoted by white shading and radar echoes by color shading (green, yellow and orange). The red and blue arrows are the main wind flows within the storm system. The big blue "L" denotes a mid-level low pressure area, and the big blue text indicates an area with a rear-inflow jet (RIJ).

často minou řídce rozmístěné stanice synoptické sítě, následky downburstů jsou ale často nepřehlédnutelné.

b) Lokální tlakový gradient

Dalším jevem vedoucím ke vzniku silného větru na čele postupujícího konvektivního systému je někdy velmi výrazný gradient tlaku vzduchu, jež se vytvoří mezi mezoměřítkovou tlakovou níží (mesolow) před postupujícím systémem a výraznou mezoměřítkovou výší (mesohigh) související s pásmem sestupných proudů a konvektivních srážek v MCS. V některých případech zde na několika málo kilometrech dochází k vzestupu tlaku o několik hPa, a tak silný tlakový gradient přispívá k intenzitě větru na čele bouře i mimo pásma přímo zasažená downdrafty aktivních konvektivních buněk (Markowski, Richardson 2010; Wakimoto 2001).

c) Týlový vtok vzduchu do konvektivního systému (rear inflow jet)

Velmi významným jevem souvisejícím s bouřemi typu bow echo, je týlový vtok vzduchu do konvektivního systému zvaný v angličtině rear inflow jet (dále jen RIJ) (např. Wakimoto 2001, Markowski, Richardson 2010). V přední části postupujícího MCS, často ve formě SQL, dochází ve středních výškách na pomezí updraftů a downdraftů hlavního konvektivního pásma k odčerpávání vzduchu. Updrafty totiž s rostoucí výškou následkem další kondenzace a uvolňování skupenského tepla nad touto oblastí dále zrychlují, a zároveň se právě zde začínají formovat i downdrafty bouře. Dochází tak ke vzniku relativního podtlaku v přední části MCS vůči okolí, tzv. mid-level low pressure area, což se projeví vznikem proudění z týlu systému do této oblasti ve středních hladinách konvektivního systému. Tento týlový vtok vtahuje do bouře sušší vzduch z oblasti za MCS, což zesiluje výpar a následně i intenzitu downdraftů a downburstů, ale i urychluje střední část konvektivní linie MCS do tvaru jakéhosi dopředu vypuklého oblouku. Odtud pochází i název bow echo, související s charakteristickým vzhledem systému na datech z meteorologického radaru. Důsledkem vzniku RIJ je vývoj páru maxim vorticity v okrajových částech SQL, na severní polokouli je severní obvykle cyklonálně rotující a jižní anticyklonálně. Tyto rotace jsou v anglické terminologii označovány jako line-end vorticies, popř. bookend vorticies. Někdy je systém poměrně dlouhou dobu symetrický s dobře rozvinutými oběma víry, ale častěji je severní, cyklonálně rotující vír intenzivnější v důsledku působení Coriolisovy síly.

Numerické simulace naznačují, že v době maximálního rozvoje systému je až 30–50 % energie RIJ spojeno s těmito víry, v závislosti na jejich vzájemné vzdálenosti (Wakimoto 2001).

Při vzniku silného větru v derechu se uplatňují více nebo méně v určité kombinaci všechny tyto jevy. Velmi výraznou roli ale hraje RIJ, který nabývá síly v závislosti na intenzitě updraftů a downdraftů bouře. Obecně se dá říci, že čím intenzivnější jsou updrafty a downdrafty bouře, tím výraznější může být vzniklá mid-level low pressure area a tím intenzivnější následný RIJ. Jelikož RIJ proniká do oblasti downdraftů, může tak docházet i k významnému přenosu hybnosti z RIJ, někdy dokonce sesednutí celé přední části RIJ, k zemskému povrchu. To má za následek další výrazný vzestup rychlosti větru na větším území v rámci postupující bouře, zejména ale v ose bouře, kde je nejvíce patrné jeho dopředné prohnutí. Přímo na čele systému, resp. jeho gust frontě, se do značné míry uplatní i vliv zmíněného výrazného tlakového gradientu, který může být příčinou silných nárazů i v době postupného rozpadu mateřského MCS, kdy radarová měření již neindikují žádné výrazné konvektivní projevy. Downbursty se pak naopak uplatňují zejména v souvislosti s intenzivnějšími konvektivními buňkami vnořenými do MCS, a právě jejich přičiněním vznikají lokálně nejvýraznější škody, někdy místy až s katastrofálními následky.

4. DOKUMENTACE VÝSKYTU DERECH V EVROPĚ A ČR

U nás byl termín derecho ještě počátkem století téměř neznámým pojmem a o výskytu tohoto jevu mimo území USA se jen spekulovalo. Hlavním důvodem byla zřejmě skutečnost, že se dokumentaci těchto jevů mimo území USA dlouhou dobu nikdo nevěnoval. Během posledních 10 let se ale situace výrazně změnila, a tento jev je tak i v rámci našeho kontinentu dokumentován ve stále více pracích evropských autorů (např. Gatzen 2004; Punkka et al. 2006; Púčik et al. 2010; Gatzen et al. 2010).

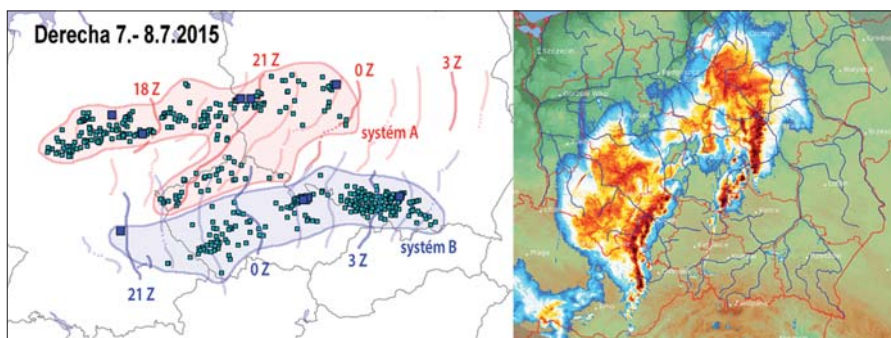
Derecha jsou v naší oblasti nejlépe zdokumentována přibližně v rámci posledních 15 let, vyskytovala se zde však i v dřívějších dobách. Zdálnivě vyšší četnost výskytu derech v posledních 15 letech tedy není důsledkem změn klimatu, jak by se mohlo mylně zdát. Příčinou je lepší dokumentace škod po silných bouřích, lepší dostupnost dat z této doby, ale i obecné povědomí o tomto jevu, podobně jako je tomu v případě výskytu tornád na našem území.

Prvním zdokumentovaným a rozpoznáným případem derecha v Evropě se stala situace z 10. července 2002, kdy rozsáhlá větrná bouře spojená s konvektivním systémem zasáhla velkou část Německa (Gatzen, 2004) a západní okraj České republiky. Na více meteorologických stanicích tehdy nárazy větru přesáhly 30 m.s^{-1} a celá událost si vyžádala bezmála 10 obětí na lidských životech a další desítky zranění, a to zejména v hustě zalidněné oblasti Berlína. Následovaly další jednotlivé přípa-

dy výskytu derecha zdokumentované na území Finska (Punkka et al. 2006), Španělska a Francie (López 2007) a států Beneluxu (Hamid 2012). Ve stejné době vznikaly také studie týkající se území ČR, na některých z nich se podílel i autor tohoto článku. Jednalo se zejména o zimní derecha spojená se studenými frontami cyklon označovaných Kyrill a Emma (Gatzen et al. 2010) a silné derecho ze dne 25. června 2008 (Púčik et al. 2010; Simon et al. 2010), které způsobilo výrazné škody hlavně ve východní polovině Čech, kde byl jeho postup spojen i s výskytem několika tornád. V následujících letech přibývaly zdokumentované případy výskytu derecha na našem území poměrně rychlým tempem a ukázalo se, že tento jev zde zřejmě není ničím neobvyklým. Derecha, která pak zasáhla území ČR během roku 2013, již byla poměrně dobře předpověděna a podchycena dokonce i amatérskými pozorovateli konvektivních bouří (Drahokoupil et al. 2013; Novotný et al. 2013; Džugan et al. 2013), často nazývanými „lovci bouřek“. Na tom má samozřejmě velký podíl i volná dostupnost velkého množství meteorologických dat prostřednictvím internetu a v nemalé míře i organizovanější spolupráce amatérských pozorovatelů počasí s ČHMÚ. Největším překvapením výše zmíněného roku byl výskyt tří derech v rámci ČR během pouhých 10 dnů na konci července a v prvním srpnovém týdnu.

5. VYBRANÉ PŘÍPADY NA ÚZEMÍ ČR

Podrobné zpracování všech případů z minulosti, zejména těch rozsáhlejších, je poměrně zdlouhavé. Vzhledem k rozsahu škod a počtu hlášení o silných nárazech větru, které je třeba zanést do elektronické databáze, jsou v článku uvedeny jen některé dobře zdokumentované případy z nedávné doby, které dobře vystihují podstatu jevu a ukazují jeho rozsah a nebezpečnost. Další případy, včetně některých historických, jsou průběžně zpracovávány a budou uvedeny v některém z dalších článků navazujících na tuto práci.



Obr. 2 Mapa s předběžně vyznačenými škodami způsobenými větrem a silnými nárazy větru při bouřích 7. až 8. července 2015 dle hlášení v databázi ESWD. Světle modré čtverečky značí nárazy větru alespoň 25 m.s^{-1} nebo škody větrem, tmavě modré 33 m.s^{-1} nebo škody způsobené větrem odpovídající F1/T2 (viz. Fujitova a Torro stupnice). Rozsah derechem zasažených oblastí je vyznačen světle modře a světle červeně. Tlustšími čarami stejných barev jsou pak vyznačeny polohy čela hlavního pásma konvektivních bouří v hodinovém kroku s uvedeným časem (v UTC) po třech hodinách. Přiložený radarový snímek z 8. 7. 2015 2:00 UTC ukazuje oba MCS v době, kdy jižní systém stále působil značné škody na SV Moravy a následně v Polsku, zatímco severní systém podle záznamů v ESWD již nepůsobil škody, i přes výrazné hodnoty radarové odrazivosti. (Radarová data poskytnuta IMGW).

Fig. 2. Map with a preliminary depiction of wind damage and severe wind gusts during the storms of July 7 to July 8, 2015 based on reports in ESWD database. The light blue squares indicate wind gusts of at least 25 m.s^{-1} or a wind damage report, and the larger blue squares indicate wind gusts of at least 33 m.s^{-1} or wind damage comparable with an F1/T2 tornado (see Fujita and Torro scales). The areas affected by derechos are shaded in light blue and light red. The thicker red and blue lines are the hourly positions of the leading edge of the storm system, marked every 3 hours by UTC time. The attached radar image from July 8, 2015 2:00 UTC shows both parental Mesoscale Convective Systems (MCS) of the derechos at the time when the southern system was still producing significant damage in northern Moravia and southern Poland, while the northern system had already passed its wind damaging phase. (Radar data provided by Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej [IMGW].)

5.1 Dvojice derech v noci

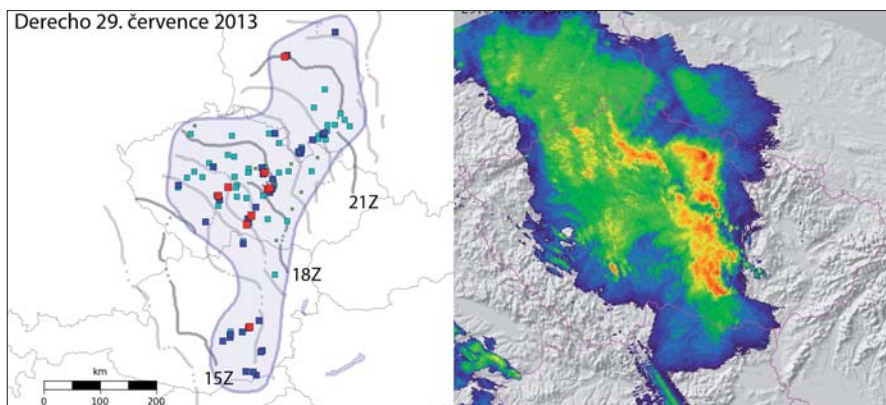
ze 7. na 8. července 2015

Léto roku 2015 bylo z meteorologického hlediska sice charakteristické především mimořádným suchem a výraznými horkými vlnami, ale za pozornost stojí i projevy hluboké konvekce, a to zejména v noci ze 7. na 8. července, kdy přes území ČR přecházela výrazná zvlhňná studená fronta. V teplém a vlhkém vzduchu před touto frontou dosahovala energie ML CAPE²⁾ dle modelových reanalýz hodnot až kolem 3 000 J.kg⁻¹ a velikosti vektorového rozdílu větru, slangově často hovoříme o „stříhu větru“, při zemi a v 6 km nad zemí 20–25 m.s⁻¹. Takové podmínky jsou vhodným prostředím pro vznik intenzivní konvekce s nebezpečnými doprovodnými jevy (Púčik et al. 2015). Večer a v noci prošly částí střední Evropy dva výrazné MCS, které způsobily četné škody způsobené větrem v mnoha regionech Německa, Česka a Polska. V Česku byly největší škody způsobeny jižním MCS (v mapě na obr. 2 označený jako systém B) pravděpodobně v oblasti východních Čech a severozápadu Moravy a dále pak na severovýchodě Moravy, zejména v Karviné a okolí. Na obr. 1 jsou dobře patrné oblasti s výraznějšími a přechodně méně výraznými větrnými projevy postupujících konvektivních systémů. Za pozornost stojí i skutečnost, že derecho spojené se severním MCS (v mapě označený jako systém A) v nočních hodinách nad Polskem ztratilo na síle, ale radarové odrazy byly stále velmi výrazné (viz obr. 1).

Další derecho, které těsně minulo ČR, se vyskytlo 19. července. Vzniklo několik desítek kilometrů severozápadně od Krušných hor a výrazně zasáhlo velkou část Polska, včetně okolí Varšavy.

5.2 Trojice derech v roce 2013

Rok 2013 byl charakterizován mj. suchým a v rámci ČR velmi málo bouřkovým červencem, kdy teploty na mnoha místech ČR, ale i v okolních zemích překračovaly na konci měsíce i 35 °C. Poslední červencové dny ale přinesly zásadní změnu v podobě výrazných bouřkových situací, jež začaly na západě Evropy ve Francii. Na našem území vyvrcholily 29. července velmi silnými konvektivními bouřkami, které doprovázely vlnící se studenou frontu s poměrně výrazným teplotním gradientem. Hodnoty ML CAPE podle modelových reanalýz dosahovaly před frontou přes 2 000 J.kg⁻¹ a velikost vektorového rozdílu větru při zemi a v 6 km nad zemí byla v rozmezí 20 až 25 m.s⁻¹. Bouře z toho dne zapříčinily značné škody způsobené větrem v okolí Tábora, Vlašimi a Chrudimi i na mnoha místech Vysočiny a v sousedním Rakousku a Polsku (obr. 3). Následovala další, kratší vlna veder ukončená dalšími silnými bouřkami 4. a 6. srpna s výskytem derech (obr. 4). Uvedené mapy



Obr. 3 Mapa s vyznačenými škodami způsobenými větrem a silnými nárazy větru při bouřkách z 29. července 2013. Drobné světle zelené čtverečky značí nárazy větru alespoň 22 m.s⁻¹, větší světle modré 25 m.s⁻¹ nebo škody způsobené větrem, tmavě modré 33 m.s⁻¹ nebo škody způsobené větrem odpovídající F1/T2, červené pak alespoň 38 m.s⁻¹ nebo škody způsobené větrem T3. Rozsah derechem zasažené oblasti je vyznačen světle modře. Tlustšími šedými čarami jsou vyznačeny polohy hlavního pásma konvektivních bouří v hodinovém kroku s uvedeným časem (v UTC) po třech hodinách. Na připojeném radarovém snímku z termínu 18:30 UTC je dobře patrný obloukový tvar (bow echo) aktivní části mateřského konvektivního systému derecha.

Fig. 3. Map with depicted wind damage and severe wind gusts during the June 29, 2013 storm. The small light green squares indicate measured wind gusts of at least 22 m.s⁻¹, the larger light blue squares 25 m.s⁻¹ or wind damage, the dark blue large squares 33 m.s⁻¹ or wind damage comparable with an F1/T2 tornado, and red squares at least 38 m.s⁻¹ or wind damage equivalent to a T3. The area affected by the derecho is shaded in light blue, and the thicker gray lines are the hourly positions of the storm's leading edge. These are marked by UTC time in 3-hour intervals. The attached radar image of the parental MCS from 18:30 UTC clearly shows a bow-like shape of the active part of the parental MCS of the derecho.

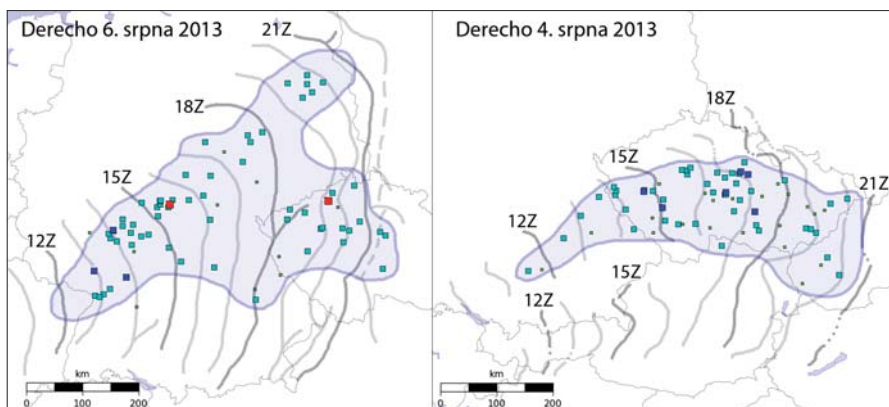
zasažených oblastí ukazují jak místa s hlášenými nárazy větru alespoň 25 m.s⁻¹ tak i výraznými škodami větrem.

U prvního derecha z 29. července jsou na rozdíl od dalších dvou dobře patrné i pásy nejvýraznějších škod, mezi kterými byly projevy bouře zřejmě o něco mírnější (obr. 3). Podobné nerovnoměrné rozložení intenzity nárazů větru a škod je u derech obvyklé a souvisí s nerovnoměrným rozložením výskytu downburstů v rámci postupu bouře (Fujita 1981) a bylo dobře patrné i u jiných případů derech v ČR (Púčik et al. 2010). Konvektivní systém se začal formovat v odpoledních hodinách na jihovýchodě Rakouska, maximálního rozvoje spojeného s nejvýraznějšími projevy dosáhl na území ČR a postupoval dlouho do noci přes území Polska až nad Baltské moře. Při svém postupu přes Polsko však ztrácel na síle.

Mateřský konvektivní systém derecha ze 4. srpna začal vznikat již v časných ranních hodinách na východě Francie poblíž hranic se Švýcarskem a postupoval dále k V až VSV přes Německo, kde byly zdokumentovány první škody způsobené větrem. Výraznější rozvoj bouře a zesílení jejích ničivých projevů ale začalo až při překročení Šumavy v odpoledních hodinách. Konvektivní systém zároveň výrazně změnil dráhu směrem vpravo od původního směru postupu. Bouře následně prošla napříč celou ČR k východu až na západ Slovenska, kde v pozdních večerních hodinách zanikla (obr. 4).

Konvektivní systém, s nímž bylo spojeno derecho 6. srpna, vznikl již v nočních hodinách nad Středofrancouzskou vrchovinou a postupoval dále k severovýchodu, přičemž se postupně ještě na území Francie zformoval do podoby krátkého QLCS. Ten postupoval dále přes Porýní, kde došlo k rozšíření systému a k začátku fáze s ničivými nárazy větru. Systém ale při svém postupu dále přes Německo nabýval na mohutnosti a ve večerních hodinách dosahoval od jihu Bavorska po severní oblasti Německa. Hlavní pás škod způsobených větrem se následně rozdělil na dva pásy, z nichž jeden pokračoval v původním směru do oblasti Berlína a druhý postupoval k východu přes Čechy. Poslední škody způsobené větrem spojené s postupem

2 Zkratka ML CAPE (Mixed Layer CAPE) je běžně používanou zkratkou pro označení modifikace výpočtu energie CAPE, jež byla spočtena nikoliv pro výstup vzduchové částice z jedné počáteční hladiny, ale ze průměrované vrstvy o vertikálním rozsahu, zde spodních 30 hPa při zemském povrchu.



Obr. 4 Mapy s vyznačenými škodami a nárazy větru ze dnů 4. a 6. srpna 2013. Pozn. u případu ze 4. srpna není v mapě zakresleno druhé derecho, které zasáhlo Rakousko, ani škody jím způsobené.

Fig 4. Maps with depicted wind damage and severe wind gusts from August 4 and August 6, 2013. Note: The map does not depict data for another derecho on August 4th which affected Austria.

tohoto systému byly zaznamenány na východě Středočeského kraje (obr. 4).

5.3 Vybrané případy derech z předešlých let

Na přelomu 20. a 21. století byl v České republice ve spolupráci ČHMÚ a ÚFA AV ČR realizován projekt Grantové agentury ČR č. 205/00/1451 zaměřený i na výzkum tornád a podobných ničivých jevů na našem území. V rámci tohoto grantu bylo zdokumentováno několik případů tornád a škod způsobených větrem spojených se situacemi, které se po podrobnějším prozkoumání ukázaly jako jednoznačně splňující kritéria pro označení derecho. Zde je pozornost zaměřena hlavně na tři nejvýraznější letní situace před rokem 2013, které dokumentují, že i středoevropská derecho mohou být doprovázena extrémními nárazy větru s rychlostmi i přes 50 m.s^{-1} a že mohou působit rozsáhlé devastace lesních porostů a bohužel i nemalé ztráty na lidských životech.

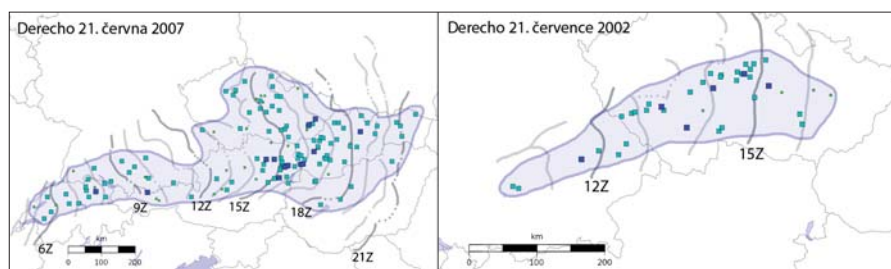
První situací bylo silné derecho z 29. července 2005, které zasáhlo oblast od SZ Švýcarska, přes centrální část Německa až po SZ Čech. První konvektivní bouře začaly vznikat na francouzsko-švýcarské hranici a při postupu směrem do Porýní se zformovaly do rozsáhlejšího MCS, před kterým vznikaly další konvektivní buňky. Na území ČR pak systém vstupoval už jako poměrně ucelený QLCS prohnutý v centrální části ve směru postupu, můžeme tedy hovořit o *bow echu*. Při dalším postupu došlo na V Německa a JZ Polska k výraznému zeslábnutí a postupně rozpadu systému, ze kterého zbyla aktivní jen malá část postupující dále přes SZ Polsko směrem ke Gdaňsku, kde systém zanikl. Již od začátku byl konvektivní systém spojený s velmi silným větrem s nárazy nad 25 m.s^{-1} působícím četné škody. Nejničivější fáze derecho ale nastala při jeho přechodu přes západní a severozápadní část České republiky. Na více stanicích mimo horské vrcholy byly zaznamenány nárazy větru 40 m.s^{-1} nebo více. Stanice Zinwald (Cínovec) na německo-českých hranicích naměřila dokonce náraz větru o rychlosti 53 m.s^{-1} . Zmíněným rychlostem větru odpovídaly i vzniklé škody na stavbách a lesních porostech. Situace byla navíc doprovázena výskytem tornád, což je však při výskytu derech poměrně běžné (Corfidi et al.) a před samot-

ným mateřským konvektivním systémem derecho se na německé straně Krušných hor vyskytla supercela doprovázená extrémním krupobitím s průměrem krup až kolem 10 cm.

Další situací bylo silné derecho z 25. června 2008. Jednalo se pravděpodobně vůbec o první úspěšně rozpoznáný případ derecho spojený s letní konvekcí na území ČR (Púčik et al. 2010; Ronge et al. 2008). Tato bouře zasáhla pás území o délce asi 600 km a šířce kolem 100 km od V Německa napříč celou ČR až do jižního Polska po Zakopane severně od Vysokých Tater. Nejvíce zasaženo bylo centrální Posázaví v okolí Zruče nad Sázavou a Chrudimsko.

V obou regionech bouře způsobila, krom značných škod na majetku, rozsáhlou devastaci lesních porostů, kdy např. na Chrudimsku prakticky zmizel pás lesů o délce 15 km a šířce až ke 2 km (Lacinová, Rýva 2008; Setvák et al. 2008). Konvektivní bouře se počaly formovat již nad západem Německa, podobu ucelenějšího QLCS získaly až nad východem Německa a západem Čech, kde začaly výrazné větrné projevy systému. Před tímto MCS se v severní polovině ČR vyskytlo více izolovaných konvektivních buněk jevících znaky supercel, na jedné z nich bylo zaznamenáno silné krupobití na Pardubicku, ale i výskyt slabého tornáda. Rychle postupující MCS však postupně tyto buňky pohlcovala a nad východními Čechami měl celý systém charakter výrazného bow echa, které postupovalo až do oblasti Tater. Nejsilnější změněný náraz větru byl 48 m.s^{-1} , na dočasné stanici ÚFA u České Třebové a na Chrudimsku bylo, krom četných velmi silných downburstů, zaznamenáno i silné tornádo (Setvák et al. 2008). Ve stejnou dobu postupoval další konvektivní systém přes Rakousko a následně i JZ Slovenska, kde působil rovněž škody. Stanice SHMÚ v Bratislavě-Ivance změřila náraz větru 40 m.s^{-1} .

Stejná situace nastala i o rok později, když 23. července 2009 postupovalo jedno derecho přes severní polovinu Čech až do východní části centrálního Polska a druhé se později zformovalo opět v Rakousku a zasáhlo JZ a J Slovenska. Severnější derecho bylo velmi silné a způsobilo rozsáhlé lesní polomy hlavně v Polsku, ale i škody na stavbách, rozvodných sítích a bohužel si vyžádalo i desítky zraněných a téměř 10 obětí na lidských životech (Ostrowski, Surowiecky 2010). Konvektivní systém se začal formovat na předfrontální linii konvergence a velmi rychle nabyl podobu dlouhého QLCS a při svém postupu do Polska pak tvar rozsáhlého bow echa. Jižní systém vznikl na studené frontě v oblasti západního Rakouska a postupoval až po centrální část J Slovenska a sever Maďarska.



Obr. 5 Srovnání rozsahu zasažených oblastí při derechu 21. června 2007 a 21. července 2002.

Fig 5. Comparison of different sizes of affected areas for June 21, 2007 and July 21, 2002.

Mapy dvou vybraných případů na obr. 5 (21. 6. 2007 a 21. 7. 2002) ukazují, jak se může lišit velikost derechem zasaženého území v jednotlivých případech. Zatímco 21. 6. 2007 postupoval konvektivní systém s ničivým větrem od ranních hodin až do pozdního večera ve velmi dlouhém pásu od SZ Švýcarska až po V Slovensko, derecho z 21. 7. 2002 zasáhlo podstatně menší území od Bavorska po západ Moravy a trvalo jen několik málo hodin.

5.4 Derecho z roku 1929

Jeden případ výskytu derecha v minulosti byl natolik výrazný, že ho krátce zmíníme, i když se jedná o případ velmi starý. Podle dostupných informací to byla možná vůbec nejvýraznější konvektivní událost zdokumentovaná na našem území v průběhu celého 20. století. Jednalo se o silné konvektivní bouře ze 4. července 1929. Tato událost byla opakovaně zmíněna ve více publikacích a diskuzích (viz. diskusní fórum AMS, z. s.), a to i mezi amatérskými meteorology, a lze k ní dohledat značné množství záznamů v obecních kronikách a v dobovém tisku (např. Lidové noviny 1929). Ze záznamů vyplývá, že bouře tehdy prošly rozsáhlým územím od západoněmeckého Porýní přes Bavorsko až po ČR a sever Rakouska. Větrná bouře s nimi spojená zasáhla naprostou většinu území Česka a dobových záznamů je tolik, že je možné dokumentovat několik pásů, ve kterých byly projevy bouře mnohem výraznější než v okolních regionech. Často docházelo k rozsáhlé devastaci lesních porostů, kdy zejména v okolí Pardubic bylo naprosto zničeno přes polovinu všech (Lidové noviny 8. 7. 1929), ale rozsáhlé polomy byly hlášeny i z jiných regionů. Závažné byly i škody na majetku, zejména na stavbách, kdy v některých obcích na východě Čech nezůstala jediná stavba bez poškození, přičemž z některých domů zbyly jen hromady sutin (Lidové noviny 9. 7. 1929). Bouře si, dle dobového tisku, krom obrovských škod blížících se v konečné sumě 900 milionům Kč tehdejší měny, vyžádala asi 60 obětí na lidských životech, z toho 18 na našem území, a několik set zraněných.

6. ZÁVĚR

Zde uvedené situace představují jen malý zlomek větrných bouří, splňujících kritéria pro označení derecho, která v minulosti zasáhla území dnešní České republiky, přesto velmi dobře ilustrují sílu a nebezpečnost tohoto jevu. Poukazují i na fakt, že nejen v USA jsou letní bouřkové situace schopné působit opravdu mimořádné škody větrem na rozsáhlých územích a s velkým počtem obětí na životech. V neposlední řadě pak začíná vycházet najevo, že na rozdíl od tornád jsou derecha jevem, jehož četnost je v našich končinách srovnatelná s četností tohoto jevu v centrální části USA (Coniglio, Stensrud 2003; Corfidi et al. 2015). Z přehledu zpracovaných případů za posledních 15 let vyplývá, že území ČR obvykle zasáhnou jedno až tři derecha ročně. Roky bez výskytu derecha, např. rok 2014, jsou spíše výjimkou. Dále se ukazuje, že oblast Čech má výrazně vyšší četnost výskytu derech než Morava, ale patrná je i skutečnost, že délka derechem zasaženého území bývá v naší oblasti taková, že kritéria pro označení derecho jsou někdy splněna poměrně těsně. Klimatologii výskytu derecha u nás bude věnován samostatný článek.

Poděkování:

Děkuji M. Valachové, R. Tolaszovi a J. Sulanovi za cenné rady, podněty a návrhy na zlepšení článku. J. Sulanovi patří rovněž poděkování za pomoc při získání některých dat. Za poskytnutá radarová data děkuji polské meteorologické službě IMGW. Zbylá data byla získána z archivů ČHMÚ a z databáze ESWD provozované Evropskou laboratoří silných bouří (ESSL).

Literatura:

- BENTLEY, M. L., MOTE, T. L., 1998. A Climatology of Derecho-Producing Mesoscale Convective Systems in the Central and Eastern United States, 1986–95. *Bulletin of American Meteorological Society*, s. 2527–2540.
- CONIGLIO, M. C., STENSRUD, D. J., 2003. Interpreting the Climatology of Derechos. *Weather and Forecasting*, s. 595–605.
- CORFIDI, S. F., EVANS, J. S., JOHNS, R. H., 2015. About derechos [online] Storm Prediction Center [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.spc.noaa.gov/misc/AbtDerechos/derechofacts.htm>.
- DRAHOKOUPIL, J., NOVOTNÝ, T., MÜLLEROVÁ, D., DŽUGAN, J., ČENĚK, M. et al., 2013. Derecho 29. 7. 2013 [online] Amatérská meteorologická společnost o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.bourky.com/pozorovani/derecho-29-7-2013/>.
- DŽUGAN, J., OPALECKÝ, L., CHLÍBEC, T., KOTOROVÁ, K., 2013. Derecho 6. 8. 2013 [online] Amatérská meteorologická společnost o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.bourky.com/pozorovani/derecho-6-8-2013/>.
- FUJITA, T. T., WAKIMOTO, R. M., 1981. Five Scales of Airflow Associated with a Series of Downbursts on 16 July 1980, *Monthly Weather Review*, Vol. 109, s. 1438–1456.
- GATZEN, C., PŮČIK, T., RÝVA, D., 2010. Two cold-season derechos in Europe. *Atmospheric Research* 107(2012), s. 86–105.
- HAMID, K., 2011. Investigation of the passage of a derecho in Belgium. *Atmospheric Research*, s. 740–748.
- HINRICHS, G., 1888. Tornadoes and Derechos, *American Meteorological Journal*, s. 306–317, 341–349.
- JOHNS, R. H., HIRT, W. D., 1986. Derechos: Widespread Convectively Induced Windstorms, *Weather and Forecasting*, s. 32–49.
- LACINOVÁ, M., RÝVA, D., 2008. Škody způsobené silnými bouřemi dne 25. 6. 2008 [online], Amatérská meteorologická společnost o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.bourky.com/pozorovani/skody-zpusobene-silnymi-bouremi-dne-25-6-2008/>.
- LÓPEZ, J. M., 2005. A Mediterranean derecho: Catalonia (Spain), 17th August 2003. *Atmospheric Research*, s. 272–283.
- MARKOWSKI, P., RICHARDSON, Y., 2010. Mesoscale Meteorology in Midlatitudes, Wiley-Blackwell, ISBN 978-0-470-74213-6.
- NOVOTNÝ, T., PLŠKOVÁ, K., DŽUGAN, J., JANOUŠEK, M., 2013. Derecho 4. 8. 2013 [online] Amatérská meteorologická společnost o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.bourky.com/pozorovani/derecho-4-8-2013/>.
- OSTROWSKI, K., SUROWIECKI, A., 2010. Zjawisko derecho w Polsce 23. 07. 2009 [online], Skywarn Polska [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: http://lowcyburz.pl/download/derecho_pl_2009.pdf.
- PŮČIK, T., GROENEMEIJER, P., RÝVA, D., KOLÁŘ, M., 2015. Proximity soundings of severe and non-severe thunderstorms in Central Europe. *Monthly Weather Review*.
- PŮČIK, T., FRANCOVÁ, M., RÝVA, D., KOLÁŘ, M., RONGE, L., 2010. Forecasting challenges during the severe weather outbreak in Central Europe on 25 June 2008. *Atmospheric Research*, s. 680–704.
- PUNKKA, A. J., TEITTINEN, J., JOHNS, R. H., 2006. Synoptic and Mesoscale Analysis of High-Latitude Derecho-Severe Thunderstorm Outbreak in Finland on 5 July 2002. *Weather and Forecasting*, s. 752–763.
- RONGE, L., RÝVA, D., DRAHOKOUPIL, J., 2008. Silné supercelární bouře a pravděpodobné derecho dne 25. 6. 2008 [online], Amatérská meteorologická společnost o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.bourky.com/pozo>

rovani/silne-supercelarni-boure-a-pravdepodobne-derecho-dne-25-6-2008/.

SETVÁK, M., LACINOVÁ, M., RÝVA, D., 2008. Silné bouře nad ČR 25. června 2008: derecho, microbursty a tornádo [online], Oficiální dokumentace tornád v ČR, ČHMÚ, AMS o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.tornada-cz.cz/pripady/smrkovy-tynece-okr-chrudim:a156.htm>.

SULAN, J., 2005. „Noční“ tornádo v Krušných horách [online], Oficiální dokumentace tornád v ČR, ČHMÚ, AMS o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://www.tornada-cz.cz/pripady/krusne-hory:a90.htm>.

WAKIMOTO, R., 2001. Convectively Driven High Wind Events. *Meteorological Monographs*, Vol. 28, Issue 50, s. 255–298.

Jakých škod natropila větrná smršť, Lidové noviny, 8. 7. 1929 [online], Dostupné z WWW: <http://forum.bourky.com/download/file.php?id=436&sid=69681cb10929880e7508d209ba6c49fe&mode=view>.

Ohromné škody způsobené smrští, Lidové noviny, 9. 7. 1929 [online], Dostupné z WWW: <http://forum.bourky.com/download/file.php?id=440&mode=view>.

Diskusní fórum, téma „Bouře 4. 7. 1929“ [online], Amatérská meteorologická společnost o. s. [cit. 20. 10. 2015]. Dostupné z WWW: <http://forum.bourky.com/viewtopic.php?f=38&t=611#p16244>.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Jan Sulan, RNDr. Roman Volný

INFORMACE – RECENZE

VÁCLAV RICHTER OSMDEŠÁTNIKEM

Ing. Václav Richter se narodil 6. června 1936 v Petřvaldě u Karviné a prvníh 40 let svého života prožil na Ostravsku, což jste i mohli při hovoru s ním rozpoznat. Svou odbornou kariérou jakoby chtěl demonstrovat sounáležitost lesa a vody, lesnictví a hydrologie. Jeho profesní dráha by se zjednodušeně dala vyjádřit posloupností: lesník – hydrolog – ředitel – hydrolog – investiční pracovník. Nutno dodat, že ve všech těchto pozicích vystupoval s nasazením a aktivitou sobě vlastní, dokázal rozpohybovat svoje spolupracovníky a podřízené, čímž dosahoval mnohdy neobyčejných výsledků.

Začínal jako lesník a také vystudoval Vysokou školu zemědělskou a lesnickou v Brně a následně pracoval v krajském podniku zemědělsko-lesnických meliorací v Opavě. Až v roce 1962 přešel do Hydrometeorologického ústavu na pracoviště v Ostravě a stal se hydrologem. Na pobočce v Ostravě působil více než 10 let a přispěl významnou měrou k jejímu rozvoji. Jako hydrolog spolupracoval na stěžejním díle 60. let „Hydrologické poměry ČSSR“ a působil i jako odborný expert na hraničních tocích s Polskem.

Dostáváme se k jeho kariéře manažerské. Nejprve přešel v roce 1973 na několik let opět k lesům a působil jako asistent ředitele Severomoravských státních lesů v Krnově. Dnem 15. června 1977 byl Ing. Richter jmenován ředitelem Českého hydrometeorologického ústavu a na této pozici byl až do května 1990. Je třeba konstatovat, že za jeho vedení se ústav rozvíjel a odborně rostl. Z úrovně vedení ústavu byla prosazována a podporována úzká spolupráce mezi jednotlivými obory ústavu, meteorologií a klimatologií, hydrologií a kvalitou vody a ovzduší, která byla v 80. letech organizačně a personálně podpořena vytvořením tzv. technologické linky. Významným přínosem ke zvýšení úrovně práce s daty bylo vybudování výpočetního centra v Komořanech, které v 70. letech 20. století fungovalo i jako oborové výpočetní centrum vodního hospodářství. Ing. Richter se ve funkci ředitele také zasloužil o výstavbu nebo modernizaci dalších pracovišť ústavu. Byla vybudována observatoř na Libuši pro příjem radarových a družicových dat, ústav získal novou administrativní budovu v Komořanech, kam byly počátkem roku 1989 soustředěny všechny zbývající útvary včetně pobočky Praha. V rámci mezinárodních aktivit Ing. Richter významnou měrou přispěl k posílení prestiže ČHMÚ v zahraničí. Z titulu funkce ředitele národní služby působil jako stálý představitel Československa ve Světové meteorologické organizaci (SMO), kde byl po dvě volební období v letech 1981 až 1989 členem výkonného výboru SMO.

Kompetenční vztahy a personální situace v ČHMÚ 80. let 20. století byly samozřejmě poplatné své době, přesto se vedení ústavu dařilo prosazovat především odborná kritéria, udržet na

pracovištích „lidské“ vztahy a nikoho z politických důvodů neperzekuovat. Ústav dokonce poskytl útočiště některým meteorologům propuštěným z armády a zaměstnal je na pozicích odpovídajících jejich odbornosti. Přesto Ing. Richter, jako představitel starého vedení, po sametové revoluci odešel z funkce ředitele, i když v ústavu zůstal. Hlavní organizační změnou po revoluci bylo zrušení technologické linky a obnovení oborové struktury ústavu.

Vždycky jsem oceňoval, jak se Ing. Richter dokázal vypořádat se svým odchodem z funkce ředitele. Nezahořkl a neodvolával se na nové poměry a staré známosti a nechtěl ani svůj ústav opustit. Stal se znovu hydrologem a přešel na pobočku Praha, kde vedl až do roku 2001 oddělení hydrologie. Velmi rychle si v nové funkci vybudoval postavení, ve kterém si ho ostatní zaměstnanci ústavu vážili a respektovali jeho odbornost. Také jeho zásluhou se hydrologické měřicí síť pobočky zdárně rozvíjely a kvalita hydrologických měření zvyšovala. Připomeňme například unikátní měřicí vůz Subaru, který nechal upravit a vybavit pro měření na Labi v Děčíně. Nicméně jeho snaha stále něco vytvářet a budovat tím nebyla zřejmě plně uspokojena, a tak se ujal funkce předsedy investiční komise. Je třeba přiznat, že to byl právě Ing. Richter, kdo do práce investiční komise a vůbec celého procesu plánování a realizace stavebních i přístrojových investic ústavu vnesl žádaný pořádek.

Když v polovině roku 2001 skončil jako hydrolog na pobočce Praha, pracoval ještě dále v ústavu na částečný úvazek v oblasti investic. Jeho zásluhou se podařilo prosadit velký projekt „Monitorování a hodnocení hydrosféry v souladu se směrnicemi ES o životním prostředí“ v objemu více než 500 mil. Kč, financovaný převážně z fondu soudržnosti EU. V rámci tohoto projektu byla zásadně rekonstruována monitorovací síť podzemních vod, vytvořena síť komplexních stanic pro monitorování jakosti vody v tocích a pořízena výpočetní technika a software využitelný pro celý ústav. Realizaci projektu v letech 2006 až 2008 však už Ing. Richter sledoval zpovzdálí. Koncem roku 2005 ze zdravotních důvodů pracovní poměr u ČHMÚ definitivně ukončil.

Václav Richter byl a stále je nepřehlédnutelnou postavou v padesátileté historii ČHMÚ. Byl k lidem otevřený a vždycky mluvil, jeho slovy „jak mu zobák narostl“. S většinou podřízených si tykal a přece si udržel jejich respekt. Jako řadový hydrolog se účastnil všech Hysilů (oslava nového hydrologického roku) a byl i oblíbeným moderátorem na kulatých narozzeninách svých kolegů i na jiných shromážděních. Především však byl vždy zaníceným propagátorem Českého hydrometeorologického ústavu, jehož značku ČHMÚ hrdě nosil na tričku po většinu svého života. Přejeme Ti, Václave, ještě na dlouhou dobu hodně zdraví a dobré mysli.

Jan Kubát

NOVÁ MAPA EXTRÉMních NÁRAZŮ VĚTRU V ČESKÉ REPUBLICE

Lukáš Pop, Zbyněk Sokol, Ústav fyziky atmosféry AVČR, v. v. i., Boční II 1401, 141 31 Praha 4-Spořilov, pop@ufa.cas.cz

A new map of extreme wind gust speeds in the Czech Republic. A new map of extreme wind gust speeds in the Czech Republic (CR) is introduced. The map was constructed by a new method utilizing observed wind data and also using available maps of the general wind climate (GWC). The main result is a map of wind gust speeds with the 50-year return period. Besides this map, the maps of the Gumbel distribution parameters of maximum annual wind gust speeds in 8 wind sectors were computed. Using these parameters, the maps of the wind gust speeds with arbitrary given return periods can be calculated. The proposed map has several advantages in comparison with the existing maps of extreme wind in the CR which are: 1. a high spatial resolution of 100 m; 2. a new method which eliminates the effects of local conditions at stations and measurement errors; 3. a well-documented method which allows recalculating extreme wind gust speeds in areas with available GWC maps; 4. an error of the resulting map which was estimated and shown to be lower than errors using an alternative method based on the simple spatial interpolation of extreme wind gust speeds.

KLÍČOVÁ SLOVA: analýza extrémních hodnot – Gumbelovo rozdělení – měření větru – nárazy větru – interpolace prostorová – Česká republika

KEYWORDS: extreme value analysis – Gumbel distribution – wind measurements – wind gusts – spatial interpolation – Czech Republic

1. ÚVOD

Extrémní nárazy větru způsobují v České republice (ČR) významné ekonomické škody a škody na lidském zdraví i životech (Hostýnek et al. 2008). Znalost prostorového rozložení výšky extrémních nárazů větru lze využít pro eliminaci těchto škod, např. pomocí volby vhodné stavební technologie nebo změnou navrhovaného využití dané lokality. Problematikou prostorového rozložení extrémních nárazů větru v ČR se zabývala dizertační práce Popa (2015), ze které vychází mapa extrémního větru představená v tomto článku. Podrobný popis použitých postupů a jejich zdůvodnění obsahuje tato práce, což tento článek neumožňuje z rozsahových důvodů.

Pro zhodnocení extrémního větrného klimatu určitého místa se zpravidla používají hodnoty rychlosti (nárazů) větru s danou dobou opakování – obvykle 50 let. Určení těchto hodnot je obtížné, protože kvalitních dlouhodobých měření větru je málo a rychlost větru je prostorově velmi variabilní a závislá na místní orografii a překážkách, což běžně používané metody prostorové interpolace extrémních rychlostí větru nereflektují. Předkládaná metoda tento problém řeší pomocí využití existující mapy obecného větrného klimatu (OVK). Pod OVK zde rozumíme četnosti a distribuční funkce rozdělení rychlostí větru v jednotlivých směrových sektorech. V článku byla využita mapa OVK ve standardní výšce meteorologických měření 10 m nad terénem popsána Hanslianem a Hoškem (2015). Rozdělení rychlostí větru v jednotlivých sektorech je v této mapě dáno Gumbelovým rozdělením.

Navržený výpočet mapy extrémního větru se skládá ze tří základních kroků:

1. výpočet parametrů OVK a Gumbelova rozdělení nejvyšších ročních nárazů větru na meteorologických stanicích s využitím naměřených hodnot;
2. nalezení statistického vztahu mezi parametry OVK a Gumbelova rozdělení z bodu 1;
3. aplikace tohoto vztahu na existující mapu parametrů OVK.

Prostorové rozlišení získané mapy závisí na prostorovém rozlišení OVK. V našem případě rozlišení OVK bylo 100 m a se stejným rozlišením byl proveden i výpočet mapy extrémního větru.

Výše popsaný postup má podobné rysy jako norma zavedená Mezinárodní elektrotechnickou komisí (International

Electrotechnical Commission, dále IEC) pro konstrukci větrných elektráren, která je však založena na aplikaci jednoduchého vztahu mezi průměrnou rychlostí větru a rychlostí největšího nárazu větru s dobou opakování 50 let. V tomto článku je hodnocena vhodnost tohoto vztahu pro aplikace na území ČR a porovnána s postupem navrženým autory článku. Kromě toho jsou porovnány výsledky navržené metody s metodou výpočtu rychlostí největšího nárazu větru pomocí standardní interpolační metody používané pro prostorová pole meteorologických dat.

2. POPIS VÝPOČTU

Popis výpočtu je uveden pro jeho rozsáhlost ve stručné podobě. Detailní popis lze nalézt v dizertační práci Popa (2015).

2.1 Použitá data

Všechna data a výpočty se vztahovaly ke standardní výšce meteorologických měření větru 10 m nad zemí. Při výpočtu byly použity 3 typy dat:

1. Rychlosti a směry nejvyšších denních nárazů větru na profesionálních stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ) z let 1961 až 2009. Byly vybrány stanice, na kterých bylo k dispozici alespoň 20 let těchto měření. Umístění těchto stanic je na obr. 1.
2. Kontinuální měření rychlostí a směru větru na stanicích vybraných v bodu 1. Tato měření pocházela z let 2005 až 2009 a měla časové rozlišení 15 minut.
3. Mapa OVK s horizontálním rozlišením 100 m popsána Hanslianem a Hoškem (2015). Tato mapa popisuje rozdělení rychlostí větru v jednotlivých směrových sektorech pomocí Weibullova rozdělení. Byla spočítána kombinací trojrozměrné interpolační metody VAS, zohledňující efekt nadmořské výšky (Sokol, Štekl 1995), a mikroměřítkového modelu proudění WASP (Mortensen et al. 2005). Z měření větru na stanicích byly pomocí modelu WASP spočítány zohledněné větrné podmínky (GWC – generalized wind conditions) v místech měření nad plochým terénem bez překážek s konstantním parametrem drsnosti.

Parametry GWC byly interpolovány metodou VAS. Z těchto interpolovaných hodnot bylo spočítáno OVK se zahrnutím vlivu místní orografie a drsnosti povrchu pro celou plochu ČR. Mapa

průměrné rychlosti větru ve výšce 10 m nad zemí je zobrazena na obr. 2. Odhad střední kvadratické chyby průměrné rychlosti větru z této mapy je $0,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Hanslian, Hošek 2015).

Data z profesionálních stanic byla použita, protože na těchto stanicích se předpokládá nejvyšší kvalita měření a měření na těchto stanicích je minimálně ovlivněno nežádoucími překážkami (Řepka 2011). Minimální délka měření 20 let v případě největších denních nárazů větru byla zvolena jako kompromis mezi počtem stanic splňujících tuto podmínku a přesností odhadu rozdělení největších ročních nárazů větru, která roste s délkou měření. Naměřené největší roční nárazy větru byly subjektivně kontrolovány pomocí analýzy synoptické situace a měření na okolních stanicích.

Měření větru jsou nevyhnutelně spojena s nehomogenitami, způsobenými hlavně změnami v okolí stanice a výměnami měřicích přístrojů (Aguilar et al. 2003; Azorin-Molina et al. 2014), proto byla provedena homogenizace rychlostí největších denních nárazů větru.

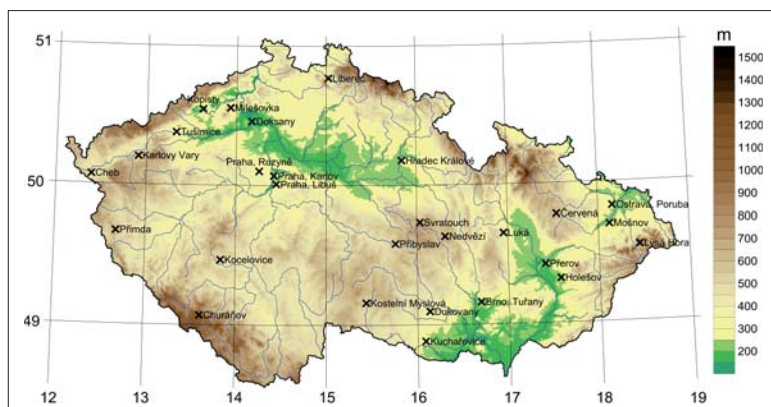
Použitá metoda homogenizace vycházela z práce Azorin-Molina et al. 2014 a je podrobně popsána v dizertaci Popa (2015). Výsledek homogenizace na stanici Churáňov je ukázán v publikaci Kašpara et al. (2016). Metoda vycházela z předpokladu, že podíl průměrných rychlostí největších denních nárazů a průměrných rychlostí větru na stanici a z příslušného sektoru ve vhodně zvolené výškové hladině NCEP/NCAR reanalýz (Kalnay et al. 1996) nebude v čase odpovídajícím času nárazu vykazovat významné časové trendy a skoky. Na základě tohoto předpokladu byly vypočteny opravné faktory závislé na čase měření a naměřeném směru větru a vynásobeny jimi naměřené rychlosti větru. V případě výměny měřicích přístrojů z anemometru Metra na anemometrické čidlo Vaisala byla umožněna skoková změna opravných faktorů v závislosti na čase. Jako referenční období pro výpočet opravných faktorů byly použity roky 2005–2009, ze kterých pocházela i použitá měření průměrných rychlostí větru.

2.2 Aproximace nejvyšších denních nárazů větru a OVK na stanicích

Při aproximaci měření větru na stanicích bylo použito poněkud netradiční rozdělení na 8 sektorů, kdy sektor č. 1 odpovídal směřům mezi $11,25^\circ$ a $56,25^\circ$ a další sektory následovaly v pravidelných intervalech o velikosti 45° po směru hodinových ručiček. Důvodem této volby sektorů je zápis měření v 16 světových směrech (S, SSV, SV, ..., SSZ) po většinu období, ze kterých pocházejí naměřené nárazy větru. Rozdělení na 16 sektorů se ale ukázalo příliš jemně vzhledem k množství naměřených dat, a proto byly vždy dva sousední sektory sloučeny.

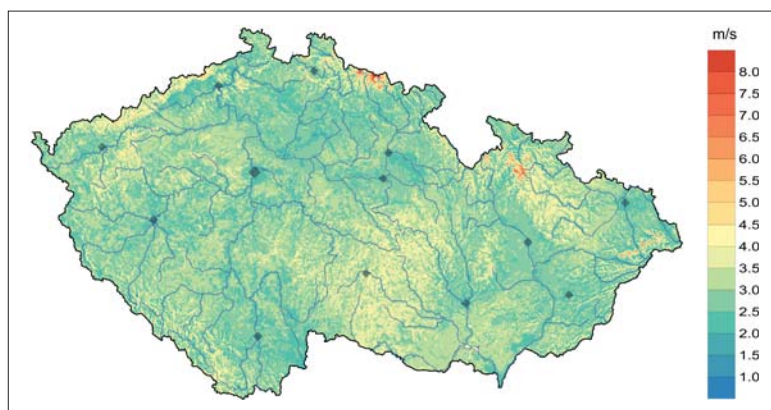
Největší roční nárazy větru v jednotlivých sektorech byly aproximovány Gumbelovým rozdělením, které se pro roční maxima rychlosti (nárazů) větru standardně používá (An, Pandey 2005; Peng et al. 2014). Parametry rozdělení byly vypočteny metodou L -momentů (Hosking 1990), která dávala lepší výsledky než metoda maximální věrohodnosti (Pop 2015).

Průměrné rychlosti větru v jednotlivých sektorech byly aproximovány Weibullovým rozdělením metodou popsanou



Obr. 1 Poloha meteorologických stanic použitých při výpočtu.

Fig. 1. Orography of the Czech Republic and the positions of the stations whose data were used.



Obr. 2 Mapa průměrné rychlosti větru podle Hansliana a Hoška (2015).

Fig. 2. Map of mean wind speeds calculated by Hanslian and Hošek (2015).

Troenem a Petersenem (1989). Tato metoda aproximace byla zvolena, protože byla použita i při konstrukci použité mapy OVK (Hanslian, Hošek 2015).

2.3 Nalezení statistického vztahu mezi parametry OVK a Gumbelova rozdělení

Vztah mezi parametry OVK a Gumbelova rozdělení byl hledán ve tvaru vícenásobné lineární regrese, kde prediktandy byly parametry Gumbelova rozdělení v daném sektoru a uvažovanými prediktory následujících 5 veličin:

1. průměrná rychlost větru v daném sektoru,
2. četnost výskytu větru z daného sektoru,
3. parametr tvaru Weibullova rozdělení rychlostí větru z daného sektoru,
4. zesílení větru z daného sektoru definované jako podíl průměrné rychlosti větru z daného sektoru a celkové průměrné rychlosti větru,
5. nadmořská výška stanice.

Použité prediktory a parametry regrese byly vybrány a spočítány krokovou (stepwise) metodou (Hocking 1976), která byla upravena tak, aby se zvýšila robustnost výsledku (Pop 2015). Úpravy spočívaly v tom, že jako prediktory byly použity stejné veličiny ve všech sektorech a byla zkoumána závislost parametrů regrese na sektoru. Pokud tato závislost vyšla pro daný prediktor jako statisticky nevýznamná, byla použita pro všechny sektory jednotná hodnota daného parametru regrese spočítaná s využitím dat ze všech sektorů najednou. Jako zdaleka nejvýznamnější prediktor se ukázala průměrná

rychlost větru v daném sektoru. Z ostatních prediktorů se jako statisticky významná ukázala pouze četnost výskytu větru z daného sektoru. Ostatní prediktory nebyly ve výsledném regresním vztahu použity.

2.4 Výpočet map extrémního větru na území ČR

Aplikací regresního vztahu popsaného v kapitole 2.3 na mapu OVK vznikly mapy parametrů Gumbelova rozdělení největších ročních nárazů větru v jednotlivých sektorech. Z těchto parametrů byly spočítány rychlosti největších nárazů větru s danou dobou opakování následujícím způsobem.

Rychlost nárazů větru s dobou návratu n let ze sektoru i , u_n^i , lze spočítat řešením rovnice

$$F_i(u_n^i) = 1 - \frac{1}{n}, \quad (1)$$

kde F_i je distribuční funkce rozdělení maximálních ročních nárazů větru v sektoru i . V případě celkové rychlosti nárazů větru bez ohledu na sektor s dobou návratu n let lze použít obdobný vzorec

$$F(u_n) = 1 - \frac{1}{n}, \quad (2)$$

kde pro distribuční funkci rozdělení maximálních ročních nárazů větru bez ohledu na sektor F platí

$$F(u) = \prod_{i=1}^8 F_i(u). \quad (3)$$

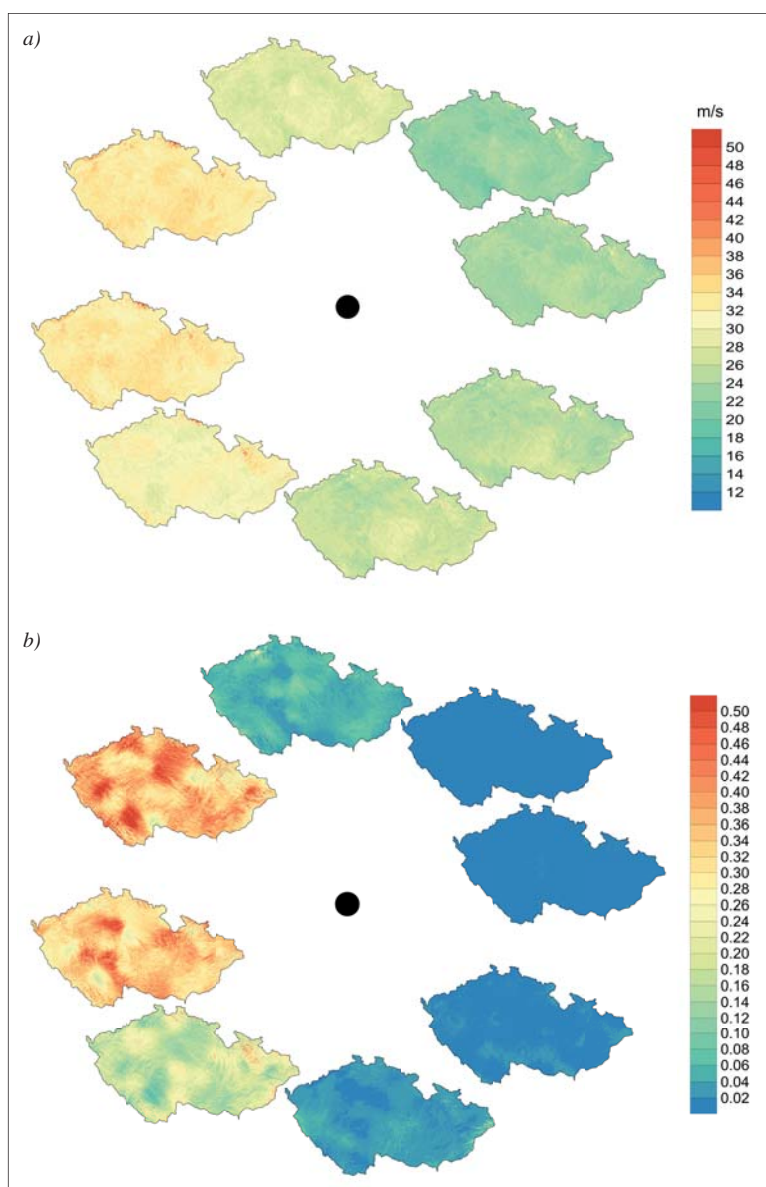
Ve vztahu (3) se vychází z předpokladu, že největší roční nárazy v jednotlivých sektorech jsou nezávislé.

Mapy největších nárazů větru s danou dobou návratu v jednotlivých sektorech i celkově byly spočítány aplikací vztahů (1) až (3) pro každý bod map parametrů Gumbelova rozdělení, tj. v uzlových bodech sítě s krokem 100 m.

3. VÝSLEDKY A JEJICH DISKUZE

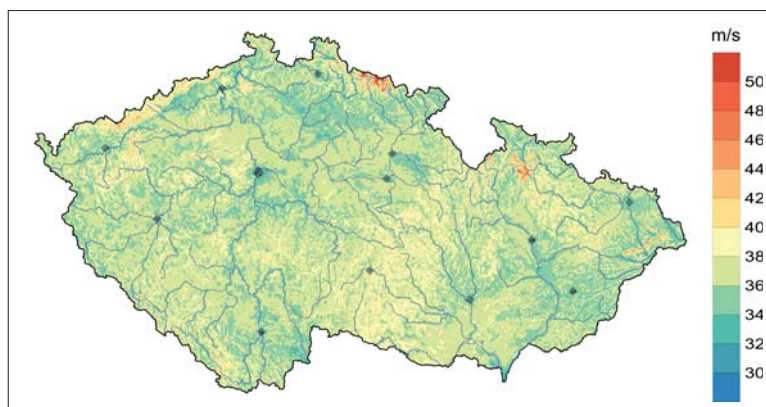
Při prezentaci výsledků se zaměřením na odhady rychlostí největšího nárazu větru s dobou opakování 50 let u_{50} , protože tato charakteristika je nejčastěji požadována v praktických aplikacích a normách. Mapy odhadů u_{50}^i v jednotlivých sektorech jsou na obr. 3a. Středů jednotlivých sektorů odpovídají spojnicím mezi černým kruhem uprostřed map a příslušnými mapami. Mapa odhadů u_{50} je zobrazena na obr. 4. To, že výsledné mapy mají vysoké horizontální rozlišení 100 m, prezentuje obr. 5a, kde je zobrazen detail mapy u_{50} v oblasti Prahy. Pro lepší orientaci je topografie této oblasti spolu s vodními a lesními celky zobrazena na obr. 5b. Na mapě jsou zřetelné patrné jednotlivé morfologické a biosférické detaily, jako je údolí Vltavy a menších vodních toků a zalesněné, nebo naopak otevřené plochy.

Obr. 3a ukazuje, že odhady u_{50} jsou na většině území ČR nejvyšší ze západních sektorů, což je v souladu se synoptickými analýzami (Brázdil et al. 2004). To je ještě zřetelnější na obr. 3b, který ukazuje, jaký podíl očekávaných



Obr. 3 Mapy a) odhadů maximálních nárazů větru s dobou návratu 50 let v jednotlivých sektorech a b) odhadů podílu jednotlivých sektorů na nárazech překračujících rychlost u_{50} . Černá tečka označuje počátek sektorů.

Fig. 3. Maps of a) estimated wind gust speeds with a return period of 50 years in sectors, and b) proportions of single sectors for wind gust speeds exceeding u_{50} . The black point is the center of the sectors.



Obr. 4 Mapa odhadů u_{50} .

Fig. 4. Map of u_{50} estimations.

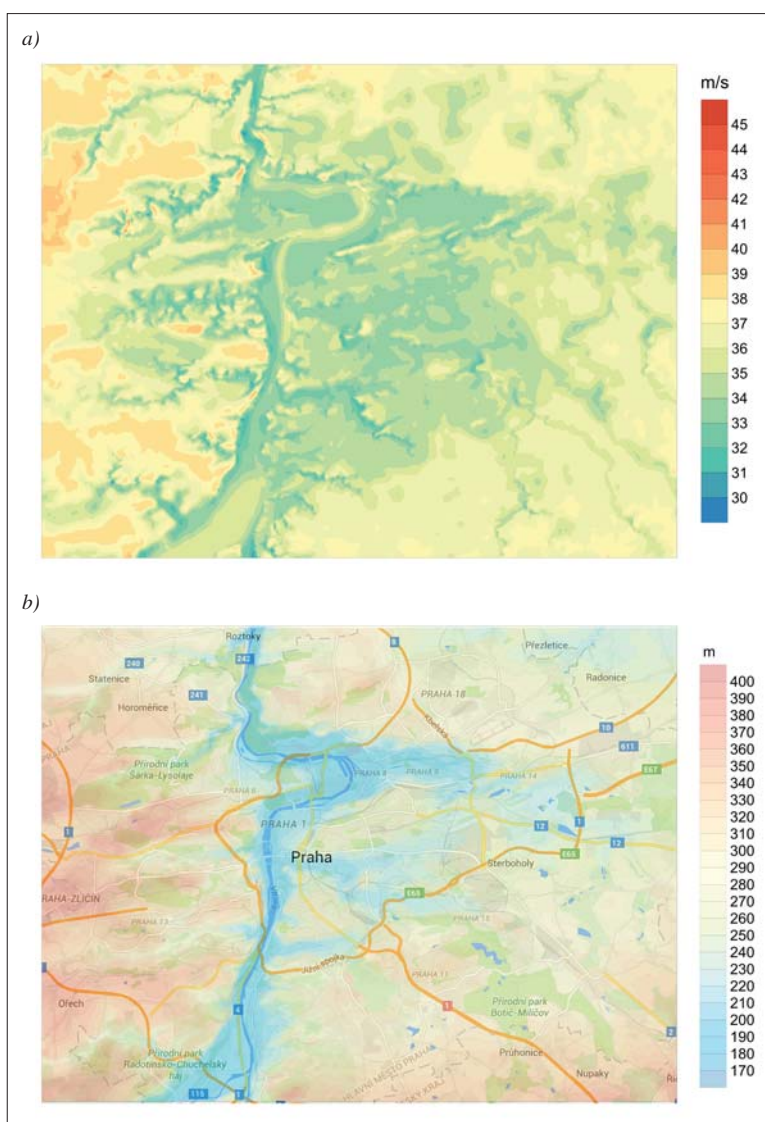
nárazů větru přesahujících hodnotu u_{50} připadá na jednotlivé sektory. Na celém území ČR silně převládají případy ze sektorů s výraznou západní složkou, pouze na některých horských hřebenech jsou četné i nárazy z jižních směrů.

Pro porovnání a diskuzi navrženého způsobu prostorové interpolace extrémních rychlostí větru byla mapa u_{50} spočítána dvěma alternativními způsoby. První způsob spočíval v aplikaci tradiční interpolační metody zahrnující nadmořskou výšku popsané Sokolem a Šteklm (1994) na odhady u_{50} spočítané z největších denních nárazů na stanicích (viz kapitola 2.2). Při použití této metody byl ze staničních hodnot nejprve spočítán vertikální gradient u_{50} a s použitím tohoto gradientu byly hodnoty u_{50} převedeny do konstantní nadmořské výšky. Tato data byla interpolována v ploše metodou kriging a na získanou mapu hodnot byl opět aplikován spočítaný vertikální gradient a hodnoty byly přeneseny do odpovídající nadmořské výšky. Výsledná mapa u_{50} je na obr. 6.

V druhém případě byl na mapu průměrného větru z obr. 2 aplikován vztah mezi u_{50} a průměrnou rychlostí větru podle normy IEC. Podle této normy platí mezi těmito charakteristikami přímá úměrnost s koeficientem 8,61. Výsledná mapa u_{50} je na obr. 7.

Výsledky všech tří metod jsou prezentovány na obr. 4, 6 a 7 se stejnou barevnou škálou, aby mohly být snadno porovnány. Rozdíl mezi mapou spočítanou novou metodou (obr. 4) a mapou spočítanou tradiční interpolační metodou (obr. 6) je především v tom, že mapa podle nové metody méně sleduje nadmořskou výšku (obr. 1) a obsahuje navíc řadu detailů týkajících se tvarů jednotlivých terénních objektů, jako jsou horské hřebeny nebo údolí a oblasti se zvýšenou (lesy, zastavěná území) nebo sníženou (vodní plochy) drsností povrchu. To je důsledkem toho, že využívá informace o drsnosti povrchu a podrobnou orografii, které ovlivňují použitou mapu OVK. Tyto informace standardní interpolační metoda nemá. Celkově jsou hodnoty u_{50} na obr. 6 získané tradiční interpolační metodou vyšší, než dává nová metoda (obr. 4), i když obě mapy vycházejí ze stejných staničních hodnot u_{50} . To lze vysvětlit tím, že meteorologické stanice mají být podle doporučení Světové meteorologické organizace (SMO) umístěny v otevřené krajině s parametrem drsnosti povrchu 0,03 m, což je nižší hodnota než na většině území ČR, a tedy rychlost větru na stanicích lze očekávat v průměru vyšší než rychlost větru ve stejné nadmořské výšce v typické krajině ČR. Tento vliv je zahrnut prostřednictvím mapy OVK v nové mapě (obr. 4), ale ne v mapě na obr. 6.

Z porovnání obr. 4 a obr. 7 plyne, že odhady u_{50} z průměrné rychlosti větru podle normy IEC jsou pro území ČR, s výjimkou exponovaných horských oblastí, podstatně nižší než odhady podle vztahu odvozeného v kapitole 2.3. To jasně ilustruje i obr. 8, který zobrazuje podíl mezi odhadem u_{50} z obr. 4 a průměrnou rychlostí větru z obr. 2. Z obr. 8 vyplývá, že hodnota 8,61 použitá v normě IEC zhruba odpovídá lokalitám, ve kterých se v ČR typicky staví větrné elektrárny, ale neplatí pro ostatní území ČR.



Obr. 5 Mapa odhadů u_{50} v Praze a okolí (a) a mapa této oblasti obsahující topografii a vodní a lesní celky (b).

Fig. 5. Calculated u_{50} in the region of Prague (a) and the map of this region which shows the topography of the Vltava River valley and other water and forest areas (b).

Přímé určení chyby mapy odhadů u_{50} není možné, protože správné hodnoty nejsou známy. Byl ale proveden přibližný odhad vycházející z metody křížové validace. Postupně pro všechny stanice (obr. 1) byly vypočteny odhady u_{50} třemi popsanými metodami s vyloučením naměřených dat z uvažované stanice a tyto odhady byly porovnány s hodnotami u_{50} vypočtenými z naměřených největších denních nárazů větru na této stanici metodou popsanou v kapitole 2.2.

Tyto odhady jsou uvedeny v tabulce 1. Zatímco chyby navržené metody nevykazují žádnou zřejmou závislost na charakteru meteorologické stanice, odhady počítané tradiční interpolační metodou jsou podhodnocené v případě stanic hodně exponovaných ve srovnání s typickou lokalitou v obdobné nadmořské výšce (např. Milešovka), a naopak nadhodnocené v případě stanic málo exponovaných ve srovnání s typickou lokalitou v obdobné nadmořské výšce (např. Churáňov). Odhady střední kvadratické chyby RMSE u_{50} jsou $3,05 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u mapy představené v tomto článku, $5,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u mapy založené na tradiční metodě interpolace (obr. 6) a $12,13 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ u mapy vytvoře-

né s využitím vztahu podle IEC (obr. 7). Z toho je zřejmé, že nově navržená metoda prostorové interpolace u_{50} je přesnější než tradiční interpolační metoda (obr. 6) a že vztah mezi u_{50} a průměrnou rychlostí větru navržený v normě IEC je pro území ČR obecně nevhodný.

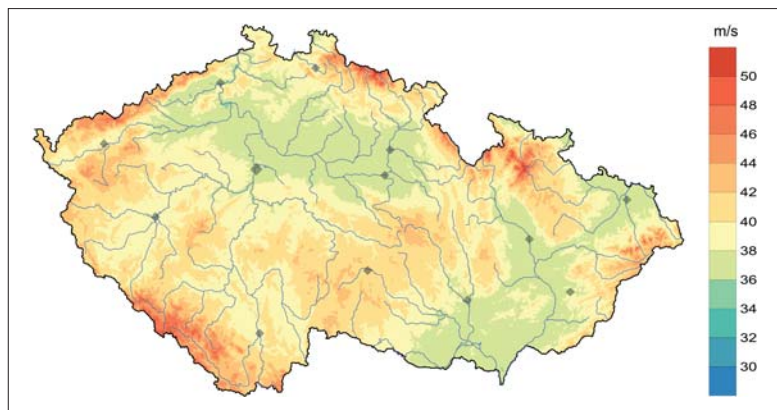
Mapa u_{50} vypočtená novou metodou (obr. 4) byla porovnána se staršími mapami extrémních nárazů větru představenými v publikacích Brázdila et al. (2007) a Návorky (2011). Mapy v těchto publikacích byly spočítány obdobnou interpolační metodou jako mapa z obr. 6, ale byly použity jiné stanice a jiná období. Přesný postup prostorové interpolace není v uvedených publikacích natolik podrobně popsán, aby mohl být reprodukován se staničními odhady extrémních rychlostí větru použitými v tomto článku. Mapy z těchto publikací nejsou tak detailní jako mapa na obr. 4 a odhadnuté hodnoty extrémních nárazů větru jsou vyšší. To lze vysvětlit jednak stejnou příčinou jako v případě mapy vzniklé tradiční interpolační metodou (obr. 6), jednak tím, že se při výpočtu těchto map používaly z velké části hodnoty největších denních nárazů větru naměřené tzv. univerzálními anemometry používajícími Pitotovu trubicí. Tyto anemometry mají nižší setrvačnost, a proto dávají vyšší hodnoty než miskové anemometry Vaisala WAV 151 a WAV 251, které byly používány v období 2005–2009, tedy období, které bylo použito jako referenční při homogenizaci řad největších denních nárazů větru. V práci Návorky (2011) byla ukázána velká citlivost výsledné mapy extrémních nárazů větru na výběru použitých stanic. Tento problém je v nové metodě do značné míry eliminován.

4. ZÁVĚR

V článku byla představena nová metoda výpočtu mapy extrémních nárazů větru a tato metoda byla aplikována na území ČR. Navržená metoda umožňuje vysoké prostorové rozlišení výsledné mapy, je snadno aktualizovatelná v případě vydání nové mapy obecného větrného klimatu (OVK) a je aplikovatelná i na jiná území s dostupnou mapou OVK. Mapy OVK se v současnosti počítají a aktualizují poměrně často, především pro potřeby odhadů potenciální výroby větrných elektráren.

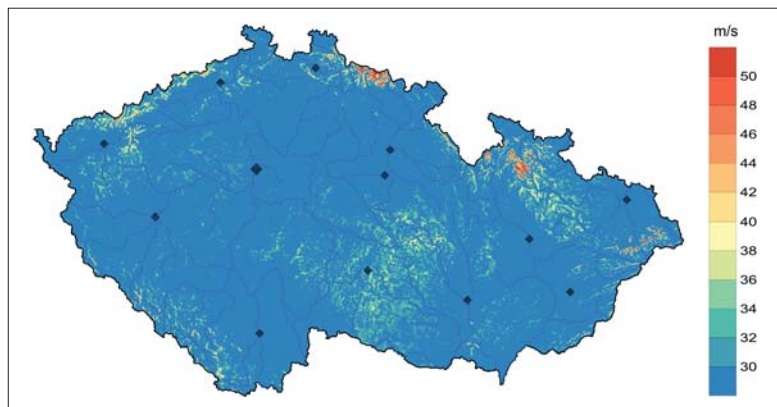
Navržený způsob prostorové interpolace staničních hodnot se ukázal jako přesnější než tradiční interpolační metoda. To lze vysvětlit tím, že navržená metoda prostřednictvím mapy OVK, která byla vypočtena aplikací numerického modelu proudění, využívá i informace o tvaru reliéfu a parametru drsnosti povrchu. Vliv orografických útvarů a překážek menších, než je rozlišení použitého OVK (100 m), je třeba zohlednit dodatečně, a to buď kvalifikovaným subjektivním posouzením, nebo pomocí výpočtů modelu proudění s odpovídajícím prostorovým krokem.

Dalším výsledkem článku je verifikace vztahu mezi průměrnou rychlostí větru a maximálním nárazem větru s dobou



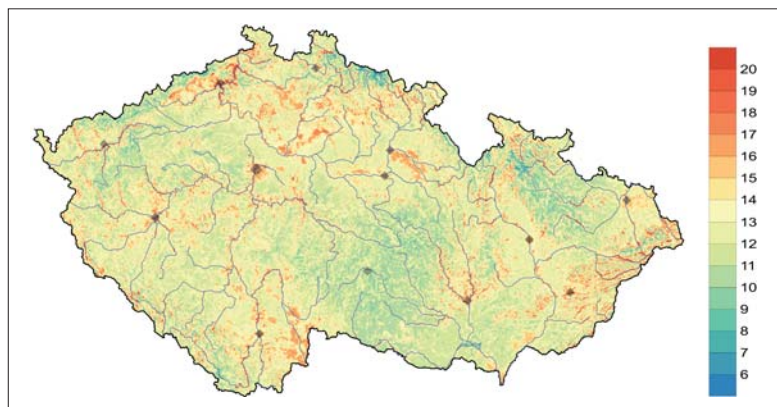
Obr. 6 Mapa odhadů u_{50} získaných interpolací staničních hodnot metodou podle Sokola a Štekla (1994).

Fig. 6. Map of u_{50} estimations obtained by the interpolation of station values using the method applied by Sokol and Štekl (1994).



Obr. 7 Mapa odhadů u_{50} získaných aplikací vztahu podle IEC na mapu průměrných rychlostí větru z obr. 1.

Fig. 7. Map of u_{50} obtained by the application of the IEC relation to the mean wind speed map from Fig. 1.



Obr. 8 Mapa odhadů podílů u_{50} a průměrné rychlosti větru.

Fig. 8. Map of the estimated ratio of u_{50} and mean wind speed.

opakování 50 let u_{50} , používaného v normě IEC na území ČR. Tento vztah se ukázal jako přibližně platný pro území, kde se zpravidla staví větrné elektrárny, tj. pro exponované lokality ve vyšších polohách, ale pro většinu území ČR vede k silnému podhodnocení odhadu u_{50} .

Vypočtená mapa extrémních nárazů větru na území ČR je přímo využitelná pro odhady rizika škod způsobených extrémními nárazy větru v konkrétní lokalitě a při návrhu opatření omezujících toto riziko.

Tab. 1 Křížová validace u_{50} získaná pomocí různých metod prostorové interpolace. U stanic je uvedena jejich nadmořská výška, odhad u_{50} vypočtený z měření na stanici a odhady u_{50} spočtené křížovou validací pro prezentovanou metodu (I_1), pro interpolační metodu podle Sokola a Štekla (I_2) a pro metodu založenou na vztahu podle normy IEC (I_3). Stanice jsou seřazeny podle průměrné rychlosti větru.

Table 1. Cross-validated estimations of u_{50} obtained by different methods of spatial interpolation. For each station, data include its altitude, its u_{50} estimate from the station measurement, and u_{50} estimations by cross-validation using the presented method (I_1), the interpolation method by Sokol and Štekl (I_2), and by the IEC relation (I_3). The stations are sorted by mean wind speed.

Stanice	Nadmořská výška [m n. m.]	u_{50} měření [m.s ⁻¹]	$u_{50} I_1$ [m.s ⁻¹]	$u_{50} I_2$ [m.s ⁻¹]	$u_{50} I_3$ [m.s ⁻¹]
Ostrava, Poruba	242	28,59	33,48	36,30	17,42
Kopisty	240	36,32	35,14	37,82	17,79
Holešov	224	36,92	34,86	35,23	18,18
Praha, Libuš	303	36,44	34,66	38,44	19,64
Doksany	158	38,39	36,06	35,62	20,10
Cheb	483	34,03	35,64	40,28	21,00
Přerov	203	35,05	35,20	35,43	21,54
Karlov Vary	603	35,02	35,85	42,00	23,64
Tušimice	322	45,27	36,90	37,33	25,17
Churáňov	1118	38,19	37,00	48,74	25,25
Kostelní Myslová	569	37,03	36,49	40,13	25,65
Liberec	398	38,70	37,50	40,07	25,85
Praha, Karlov	232	44,00	38,46	37,03	26,02
Hradec Králové	278	40,77	36,82	37,19	26,08
Kuchařovice	334	40,38	39,51	37,57	28,74
Brno, Tuřany	241	34,48	38,46	35,40	38,76
Mošnov	251	37,88	37,80	35,64	29,94
Kocelovice	519	42,76	38,67	40,54	30,90
Červená	750	36,65	39,00	42,71	31,00
Praha, Ruzyň	364	36,13	39,76	39,10	32,69
Dukovany	400	33,22	39,88	38,27	32,95
Přibyslav	458	38,61	39,48	39,73	33,08
Luká	510	43,31	40,45	38,59	33,71
Přímda	742	41,40	39,04	42,78	36,13
Nedvězí	722	35,64	41,26	42,33	39,60
Svratouch	737	48,67	45,48	40,53	51,09
Lysá hora	1324	51,92	50,22	47,87	56,46
Milešovka	833	54,34	52,57	43,16	71,11

Literatura:

AGUILAR, E., AUER, I., BRUNET, M., PETERSON, T. C., WIERINGA, J., 2003. Guidance on metadata and homogenization. Geneva: WMO TD, 1186, 53 s.

AN, Y., PANDEY, M. D., 2005. A comparison of methods of extreme wind speed estimation. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. **93**(7), s. 535–545. ISSN 0167-6105.

AZORIN-MOLINA, C., VICENTE-SERRANO, S. M., MCVICAR, T. R., JEREZ, S., SANCHEZ-LORENZO et al., 2014. Homogenization and Assessment of Observed Near-Surface Wind Speed Trends over Spain and Portugal, 1961–2011*. *Journal of Climate*, Vol. **27**(10), s. 3692–3712. ISSN 0894-8755.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ŠTEKL, J., KOTYZA, O., VALÁŠEK, H., JEŽ, J., 2004. History of Weather and Climate in the Czech Lands VI: Strong winds. Brno: Masaryk University. ISBN 80-210-3547-1.

BRÁZDIL, R., KIRCHNER, K. a kol., 2007. Vybrané přírodní extrémy a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku (Selected natural extremes and their impacts in Moravia and Silesia). Brno: Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav, Ústav geoniky Akademie věd ČR, v. v. i. 431 s. ISBN 978-80-210-4173-8.

HANSLIAN, D., HOŠEK, J., 2015. Combining the VAS 3D interpolation method and Wind Atlas methodology to produce a high-resolution wind resource map for the Czech Republic. *Renewable Energy*. Vol. **77**, s. 291–299. ISSN 0960-1481.

HOCKING, R. R., 1976. The analysis and selection of variables in linear regression. *Biometrics*, s. 1–49. ISSN 1541-0420.

HOSKING, J. R. M., 1990. L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B. Methodological*, Vol. **52**, s. 105–124. ISSN 1369-7412.

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. ISSN 0026-1173.

IEC, 2005. IEC 61400-1 Wind turbines Standards – Design requirements – 3rd ed., International Electrotechnical Commission.

KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W., DEAVEN, D. et al., 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American meteorological Society*, Vol. **77**(3), s. 437–471. ISSN 0003-0007.

KAŠPAR, M., MÜLLER, M., CRHOVÁ, L., HOLTANOVÁ, E., POLÁŠEK, J. F., POP, L., VALERIANOVÁ, A., 2016. Relationship between Czech windstorms and air temperature. *International Journal of Climatology*. ISSN 1097-0088, DOI: 10.1002/joc.4682.

MORTENSEN, N. G., HEATHFIELD, D. N., MYLLERUP, L., LANDBERG, L., RATHMANN, O., 2005. Wind Atlas Analysis and Application Program: WASP 8 Help Facility. Risø National Laboratory, Roskilde, Denmark. ISBN 87-550-3457-8.

NÁVORKA, M., 2011. Aplikace statistických metod na problematiku predikce nárazů větru – 2 dizertační práce. ZČU Plzeň.

PENG, X., YANG, L., GAVANSKI, E., GURLEY, K., PREVATT, D., 2014. A comparison of methods to estimate peak wind loads on buildings. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, Vol. **126**, s. 11–23. ISSN 0167-6105.

POP, L., 2015. Analýza nárazů větru na území České republiky. Dizertační práce. Matematicko-fyzikální fakulta UK, Katedra fyziky atmosféry. Dostupné z WWW: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/download/140043604>.

ŘEPKA, M., 2011. Přehled měření větru v České republice. *Meteorologické zprávy*, roč. **64**, č. 4, s. 97–106. ISSN 0026-1173.

SOKOL, Z., ŠTEKL, J., 1994. 3-D mesoscale objective analysis of selected elements from SYNOP and SYRED reports. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. **3**(4), s. 242–246. ISSN 0941-2948.

SOKOL, Z., ŠTEKL, J., 1995. Estimation of annual mean ground wind speed over the territory of the Czech Republic. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. **4**(5), s. 218–222. ISSN 0941-2948.

TROEN, I. E. L. P., PETERSEN, E. L., 1989. European wind atlas. Roskilde: Risø National Laboratory. ISBN 87-550-1482-8.

Lektoři (Reviewers): RNDr. Jiří Hostýnek, Mgr. Pavel Zahradníček, Ph.D.

DEN OTEVŘENÝCH DVEŘÍ V ČESKÉM HYDROMETEOROLOGICKÉM ÚSTAVU

Jak se stalo v posledních letech tradicí, uspořádal Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) na všech svých profesionálních pracovištích kromě letišť Den otevřených dveří (DOD). Akce se konala v sobotu 19. března 2016 při příležitosti Světového meteorologického dne a Světového dne vody.

Počasí akci přálo a přilákalo velký počet návštěvníků, jejichž spektrum bylo jako obvykle velmi pestré, od dětí předškolního věku až po důchodce, od laiků až po odborníky. Velký zájem o návštěvu ČHMÚ byl zejména v Praze, na Libuši 370 a v Komořanech 500 návštěvníků. Na pobočkách ústavu pak v Českých Budějovicích 110, v Plzni 195, Ústí nad Labem 133, Hradci Králové 150, Brně 189 a Ostravě 313 návštěvníků a na profesionální meteorologické stanice jich přišlo dalších 948.



Praha-Komořany, bioakumulační monitoring povrchových vod a ukázka auta pro odběr vzorků plavenin povrchových vod. Foto: H. Stehlíková



Praha-Komořany, ukázka přístroje ADCP používaných k měření průtoků v tocích. Foto: H. Stehlíková



Praha-Libuš, nejvíce diváků se shromáždilo k odletu balonu se sondou. Foto: H. Stehlíková

Den otevřených dveří 2016 na pracovištích ČHMÚ tedy využílo 2 908 osob.

Bylo možné se seznámit s kompletním spektrem činností ČHMÚ (meteorologie a klimatologie, hydrologie povrchových i podzemních vod, ochrana čistoty ovzduší).

Zájemci si mohli prohlédnout Centrální předpovědní pracoviště v Praze-Komořanech, kde se tvoří předpověď počasí a monitoruje aktuální vývoj počasí. 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 zde 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.

Den otevřených dveří v Českém hydrometeorologickém ústavu potvrdil trvalý zájem veřejnosti o akce podobného typu a bezesporu přispěl také k propagaci ČHMÚ. Dokazovala to nejen spokojenost návštěvníků, ale i značný publikační ohlas ve sdělovacích prostředcích.

Hana Stehlíková



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



Pobočka Plzeň, meteorologický měřicí pozemek (zahrádka). Foto L. Bořtková.



VÝBĚR Z NOVINEK SPECIALIZOVANÉ KNIHOVNY ČESKÉHO HYDROMETEOROLOGICKÉHO ÚSTAVU

BOCHNÍČEK, O. et al.

Klimatický atlas Slovenska = Climate Atlas of Slovakia
Bratislava: Slovenský hydrometeorologický ústav. 2015. 132 s.
ISBN 978-80-88907-90-9

BRÁZDIL, R., TRNKA, M. et al.

Historie počasí a podnebí v českých zemích. Sv. XI.
Sucho v českých zemích: minulost, současnost, budoucnost
Brno: Centrum výzkumu globální změny AV ČR. 2015. 400 s.
ISBN 978-80-87902-11-0

HEGGLIN, M. et al.

Twenty questions and answers about the ozone layer: 2014 update
Geneva: WMO, 2015. 79 s.
ISBN 978-9966-076-02-1

WINKLER, P.

Geschichte der Meteorologie in Deutschland
Offenbach am Main: Deutscher Wetterdienst. 2015. 115 s.
ISBN 978-3-88148-481-7

POLÁK, M., BRONCOVÁ, D., ČÍŽEK, J., HAVLICE, M.

Po stopách pražského vodárenství
1. vyd. Praha: Milpo media s. r. o. 2015. 231 s.
ISBN 978-80-87040-35-5

NYKLES, F., MAZNÝ, P., VOGELTANZ, J.

Tajemství šumavských vod I.
1. vyd. Plzeň: Starý most s r. o. 2015. 211 s.
ISBN 978-80-87338-55-1

FUKSA, J. K., MLEJNSKÁ, E., MATOUŠOVÁ, L., ECKHART, P.

Pražské prameny: stav 2011–2013.
1. vyd. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M. 2015. 127 s.
ISBN 978-80-87402-37-5

EDENHOFER, O., PISCH-MADRUGA, R., SOKONA, Y. et al. (eds)

Climate Change 2014:
Mitigation of climate change: Working Group III contribution to the fifth Assessment report
of the Intergovernmental Panel on Climate Change
New York: Cambridge University Press. 2015. 1435 s.
ISBN 978-1-107-65481-5



VEŘEJNÁ SPECIALIZOVANÁ KNIHOVNA

Zahraniční časopisy odebírané specializovanou knihovnou ČHMÚ – výběr:

Atmospheric Environment – *USA, on line verze*

Australian Meteorological Magazine – *Austrálie*

Climatic Change – *Nizozemsko*

Ekologija – *Litva*

ICAO Journal – *Kanada*

Időjárás – *Maďarsko*

International Journal of Climatology – *Velká Británie*

Izvěstija AN – Serija geografičeskaja – *Rusko*

Izvěstija Russkogo geografičeskogo občestva – *Rusko*

Journal of Hydrology – *Nizozemsko, on line verze*

Journal of Hydrology and Hydromechanics – *Slovensko*

Journal of the Meteorological Society of Japan – *Japonsko*

Meteorologický časopis (Meteorological Journal) – *Slovensko*

Meteorologija i gidrologija – *Rusko*

Meteorologische Zeitschrift – *Německo*

La Météorologie – *Francie*

Monthly Weather Review – *USA, on line verze*

Przegląd Geograficzny – *Polsko*

Promet – *Německo*

Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society – *Velká Británie*

Tellus, Serie A, B – *Dánsko, on line verze*

Vodohospodársky spravodajca – *Slovensko*

Weather – *Velká Británie*

Weather and Forecasting – *USA, on line verze*

Wiadomosci Instytutu meteorologii, hydrologii i gospodarki wodnej – *Polsko*

WMO Bulletin – *Švýcarsko*

<http://biblio.chmi.cz/>