

BOUŘE HERWART V ČESKU

1. Úvod

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

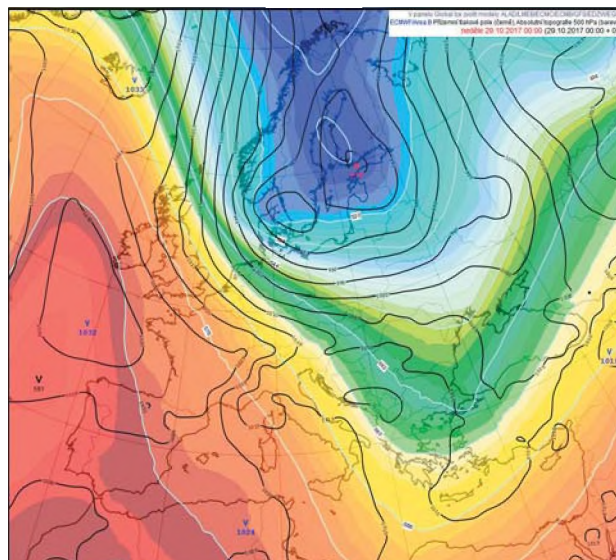
2. Synoptické příčiny vichřice Herwart

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

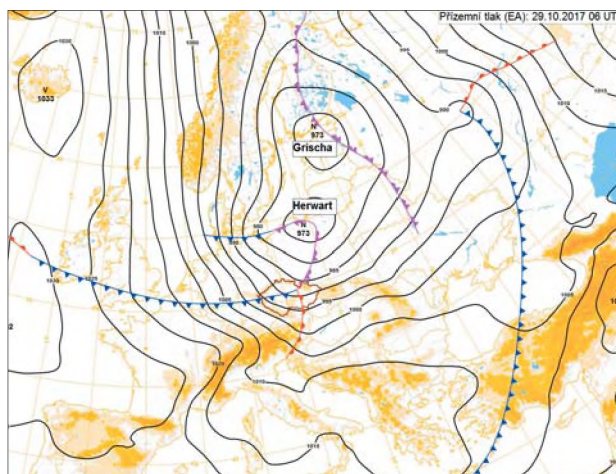
Mezi postupující hlubokou tlakovou níží a mohutnou tlakovou výší se středem západně od Britských ostrovů se vytvořil výrazný horizontální tlakový gradient (v ČR 3 až 5 hPa na 100 km) ve směru od západojihozápadu na východoseverovýchod se silným až velmi silným severozápadním prouděním. V tomto proudění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

3. Rychlosti větru při bouři Herwart

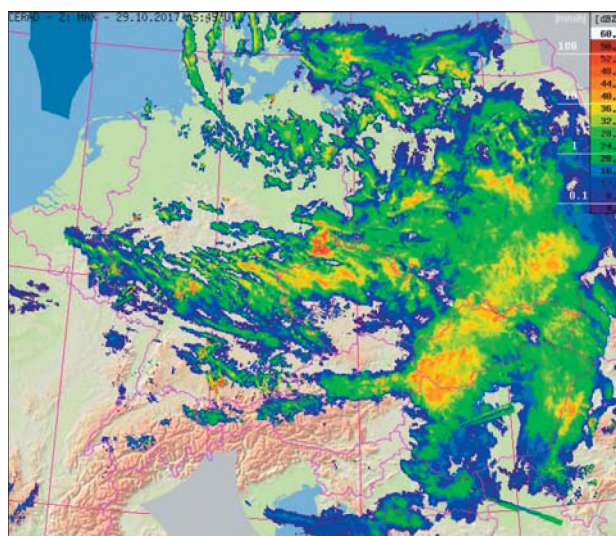
V noci na neděli 29. října 2017 na území ČR zvolna zesiloval jihozápadní vítr. K ránu při přechodu teplé fronty a v teplém sektoru už foukal vítr čerstvý až silný a zejména v severozápadní polovině Čech dosahoval v nižších a středních polohách místy v nárazech 20 až 25 m.s⁻¹. Nejsilnější nárazy větru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



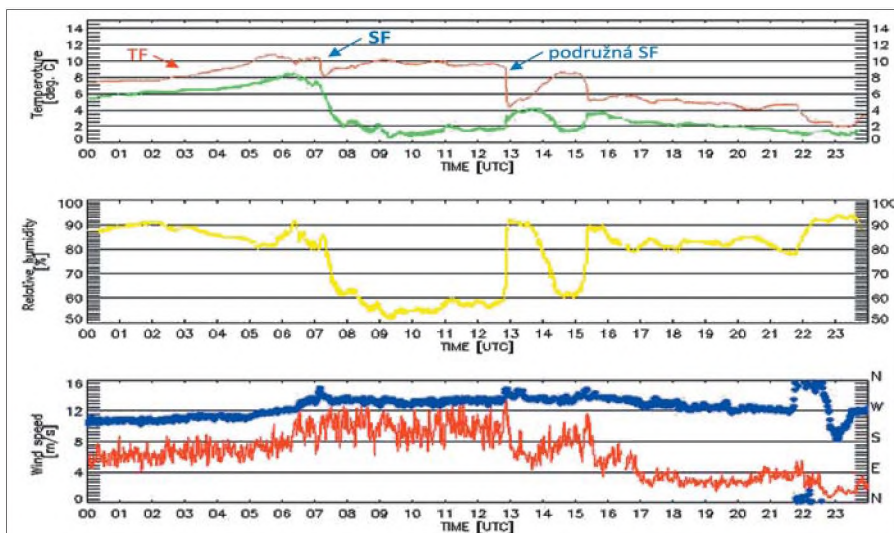
Obr. 1 Přízemní tlakové pole (černé čáry) a absolutní topografie hladiny 500 hPa (barevné pole) 29. 10. 2017 00:00 UTC.



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



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



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

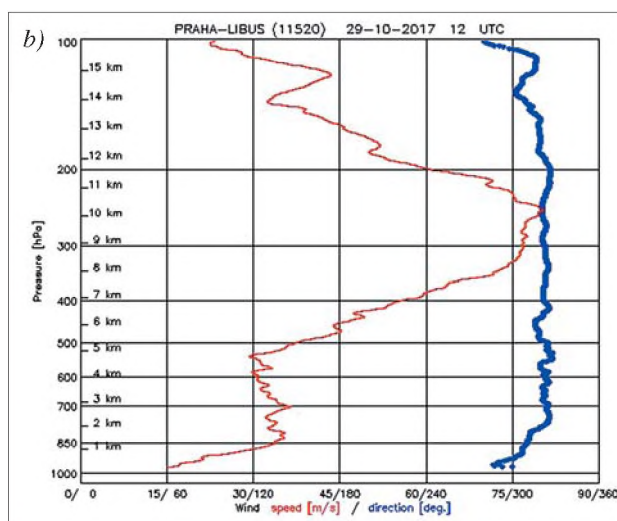
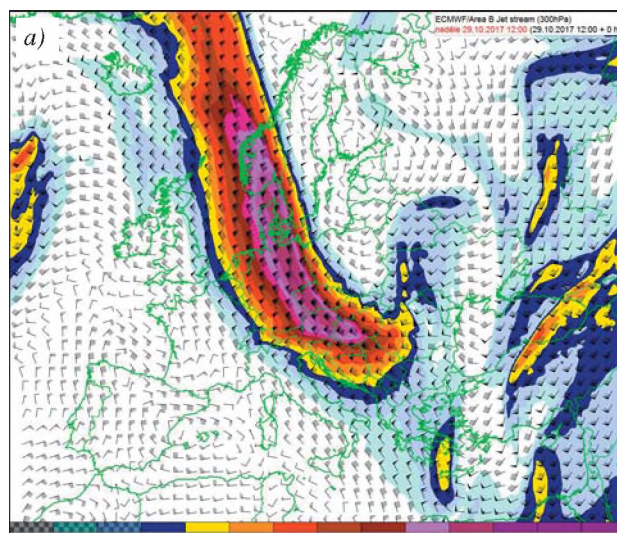
šině území vyskytoval silný, až velmi silný, vítr s nárazy 25 až 35 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, na horách velmi silný vítr až vichřice s nárazy 30 až 45 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tab. 1). Slabší vítr vál na severu Moravy a ve Slezsku, nárazy se zde místy pohybovaly mezi 20 až 30 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.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

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

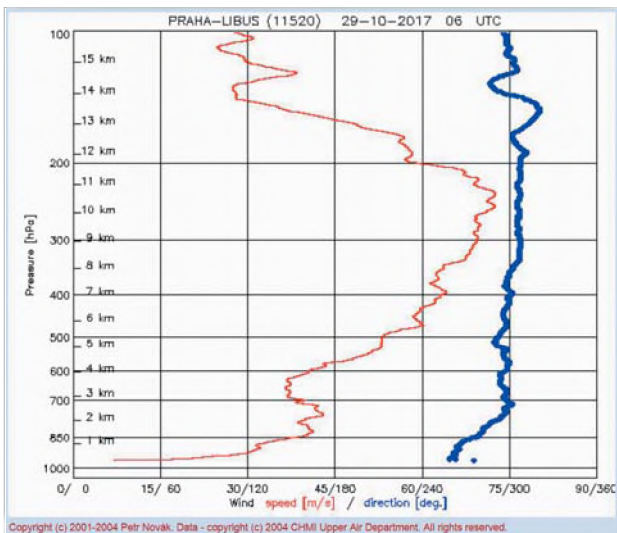
4. Úspěšnost numerických modelů v předpovědi větru

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

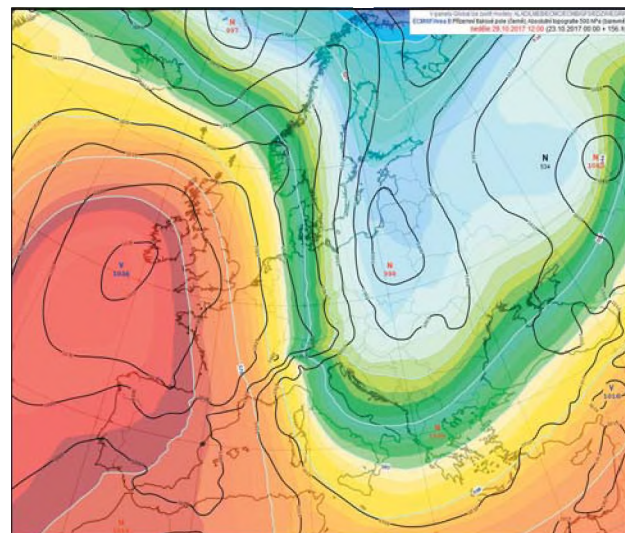
Na synoptickou situaci reagovaly modely předpovídanými vysokými průměrnými i maximálními hodnotami rychlosti větru. Ve středu 25. 10., tj. s předstihem 4 dní, modeloval ECMWF na neděli 29. 10. nárazy větru kolem 30 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, na horách kolem 35 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Ostatní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



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



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



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

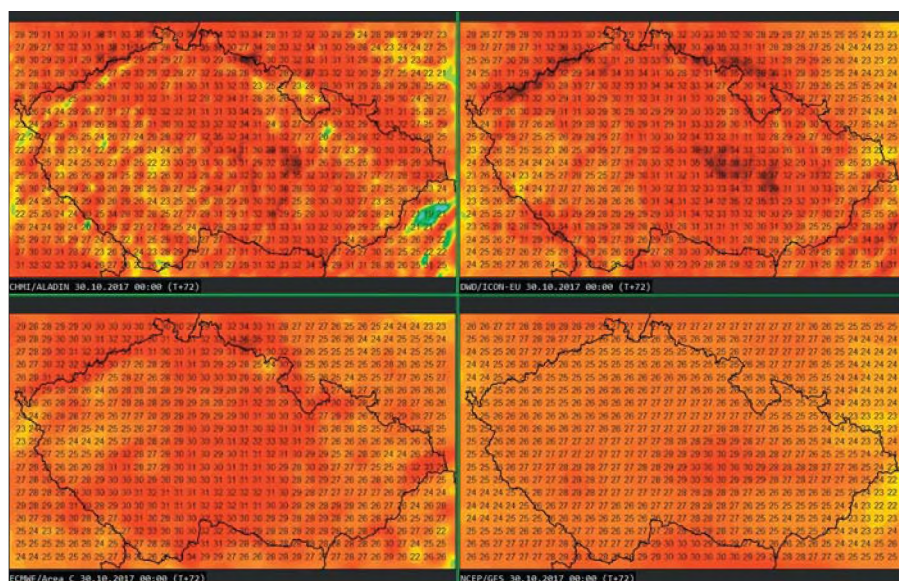
ly mezi 35 až 45 m.s⁻¹ (obr. 8). Největší nárazy modelovaly do severní poloviny Čech, na Českomoravskou vrchovinu a jižní a střední Moravu. Rozdíl mezi modely byly v předpovědi pro Ostravsko. Globální model GFS s výrazně horším rozlišením předpovídal nárazy větru na celém území vyrovnané mezi 25 až 30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

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

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

5. Závěr

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Literatura:

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

Jana Hujšlová, Pavel Šimandl