

**SILNÁ KONVEKTIVNÍ BOUŘE V ČECHÁCH  
V NOCI Z 27. – 28. 6. 1997**

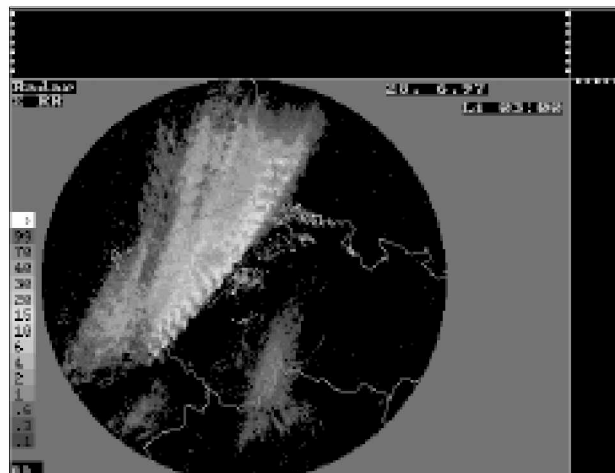
**Úvod**

Hlavní meteorologickou událostí léta 1997 byly nepochybně katastrofální červencové deště s následnými záplavami. Vyskytly se však i další pozoruhodné jevy, jako řada červených intenzivních bouřek spojených sniživým krupobitím. Pozornost upoutala zejména silná konvektivní bouře, postupující v noci zpátku na sobotu 27. – 28. 6. přes západní, střední a severní Čechy (obr. 1). Sdělovací prostředky informovaly o „řádní tornáda“. Terénní průzkum prováděný 3. a 4. den po události, doplněný výpověďmi svědků, fotodokumentací a videozáznamy škod, měl prokázat, zda můžeme rozšířit statistiku tromb, resp. tornád, na našem území o další položku (viz [3, 4, 5]). Článek popisuje okolnosti celé události ve stejném sledu, v jakém se s nimi seznamoval tým zainteresovaných odborníků scílem objasnit, co se vlastně stalo a zda bylo možné bouři takové intenzity očekávat.

**Škody způsobené bouří**

Do nejvíce postižené osídlené lokality byla bezprostředně po osudné noci přivolána TV Nova, která v krátkém šotu informovala především o rozmetaných hospodářských stavebních v osadě Díly nedaleko Rokycan a škodách způsobených krupobitím a silným větrem vsousední obci Volduchy. Vpondělí a úterý přinesl tisk navíc zprávy o popadaných stromech nebo silných větvích na železniční trati Plzeň-Praha a silnici Starý Plzenec–Štáhlavy jihovýchodně od Plzně, dále pak o lesní kalamitě s četnými vývraty a polomy. První informace nasvědčovaly tomu, že stopa vážnějších dopadů bouře začala ve Starém Plzenci pod kopcem Radyně svrcholem 567 m n.m. – jednou z dominant Plzeňska převyšující okolní terén o 100 až 200 m. Odtud bylo možno sledovat pásmo škod ve směru postupu bouře, tj. k severovýchodu přes Tymákov, Čilinské polesí, západní cíp Rokycan, obce Díly a Volduchy a dále přes polesí Habr, Lhota a Vlastec mimo rajon pobočky Plzeň, jejíž odborní pracovníci provedli první průzkum způsobených škod ca 60 hodin po výskytu události.

Občané ze Starého Plzence vypovídali o krupobití, které se spustilo asi 25–30 minut po půlnoci SELČ. Vodorovně hnané kroupy o velikosti třešňových pecek poničily fasády domů. U silnice pod obcí stojí statné vrby, kterým bouře utrhl vrchní poloviny korun, zatímco vzrostlý porost kukuřice za silnicí byl bez zjevných známek poškození. U obce Tymákov bouře lámala části korun v akátové aleji v šířce 150 až 200 m a vyvrátila zahradní ovocné stromy asmrky – vše leželo ve směru postupu. Obyvatelé Tymákova mluvili o velmi rychlém sledu blesků, údajně byla v obci blízko lešením obestavěné kapličky pozorována žhavá koule (kulový blesk?). Trvání



Obr. 1 Trajektorie bouře z pohledu radaru Praha–Libuš (intervaly měření 20 minut).



Obr. 2 Lesní porost v Čilinském polesí, poškozený vichřicí. Zpřelámání stromů v rozmanité výšce (těsně nad zemí, až po horní části korun smrků) na malé ploše, je s vysokou pravděpodobností důsledkem působení tornáda.

větrné smrště s krupobitím odhadují na 15 až 30 minut. V Čilinském polesí protnutém dálnicí jsme našli dva až tři souběžné pásy vývrátů a polomů, široké řádově desítky metrů (obr. 2). Jedná se o smrkový les a za polomy vtomto článku považujeme pahýly smrků, jimž byly utrhány nebo ukroceny vrchní poloviny kmene. Jako perličku uvádíme, že nedaleko odtud byl tou dobou vletním kině promítán film Twister.

Při dalším postupu zasáhla bouře západní periferii Rokycan. Kromě „běžných“ škod, jako jsou ulámané větve, poničené zahrádky, přerušené telefonní vedení, zdemolované lešení apod., zaujala naši pozornost informace o povalené cihlové zdi obepínající závod Marila. Zídka o síle minimálně 40 cm a výšce ca 4 m za tovární budovou anádvořím zdaleka nestála kolmo na směr postupu bouře. Povalena byla po celé délce jedním směrem do ulice, za kterou zůstal neporušený dřevěný plot rodinného domku.

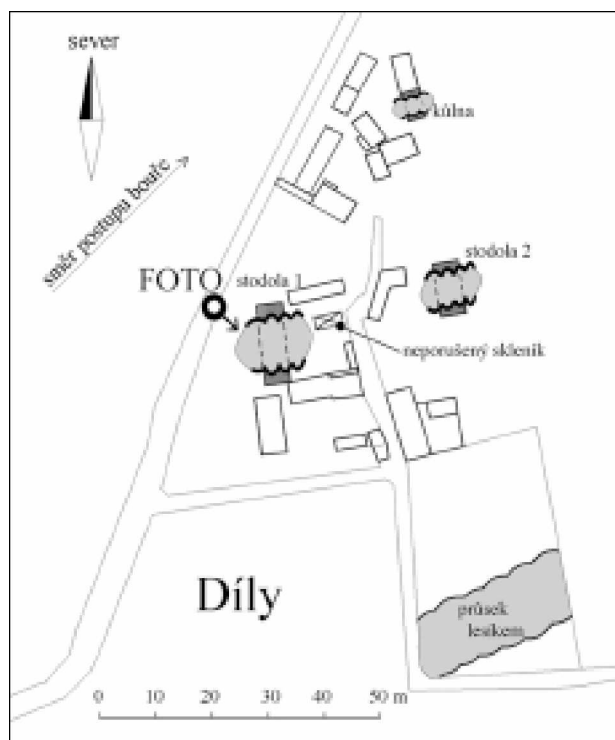
<sup>1</sup> **Tomádem** v tomto článku rozumíme silně rotující vertikální vír, vyskytující se pod spodní základnou konvektivních bouří, který se dotýká zemského povrchu a je dostatečně silný, aby na něm mohl způsobit hmotné škody [1]. Podle této definice tudíž pro klasifikaci jevu jakožto tornáda není nutná ani přítomnost kondenzačního „chobotu“, ani není rozhodující geografická oblast, kde se jev vyskytl. Ve smyslu dosavadních (vČR používaných) definic [2] je možné ztotožnit tornádo s velmi silnou trombou. Vzhledem k charakteru popisované události je v tomto článku jednoznačně preferován termín tornádo.



Obr. 3a Jedna ze stodol v osadě Díly (nedaleko obce Volduchy, poblíž Rokycan), takřka zničených vichřicí. Charakter škod téměř jednoznačně svědčí o přechodu tornáda.

Po Rokycanech přišla na řadu malá osada Díly situovaná severovýchodně za dálnicí, na mírném návrší a v otevřeném terénu. Obyvatelé byly probuzeni hukotem, který srovnávali s projíždějícím vlakem nebo startujícím letadlem, za okny viděli jen „bílou tmu“ a pokud se někdo pokusil otevřít dveře, rázem se dovnitř sypaly kroupy. Doba trvání je odhadována na 5 minut. Na silné bouřky jsou zde zvyklí, ale tentokrát šlo o „něco mimořádného“ a i po bouři nikdo nevyšel ven. O to překvapivější byl pro místní obyvatele ranní pohled na zničené stodoly, ze kterých zůstaly jen boční zdi a hromady suti (obr. 3a). Zajímavé je, že zkáza zasáhla osadu v několika izolovaných lokalitách vzdálených od sebe řádově desítky metrů (obr. 3b): vpravo to byl průsek malým lesíkem, uprostřed zbořená zděná kůlna, za kterou zůstal neporušený skleník a relativně chatrný dřevník, o kus dál pak byla zbořená stodola (z obou zděných staveb zůstaly boční stěny, u kůlny dokonce s nerozbitými tabulkami skla), na levém okraji osady bouře zničila další kůlnu. Okolní stavení zůstala neporušená, dokonce květiny v truhlících za okny nejevily známky poškození. Na druhé straně osily smršťe vypovídá skutečnost, že kladivo o hmotnosti 5 kg bylo zevnitř zbořené stodoly odmrštěno do vzdálenosti asi 30 m.

Další zasaženou obcí nepoměrně větší než Díly, byly nedaleké Volduchy. Zde už neměla bouře tak destruktivní účinky, přesto byla na jednom z domů na okraji obce vážně poškozena střecha. Kroupy a silné porvy větru způsobily množství relativně menších, pro místní občany však velmi nepříjemných škod, které byly dodatečně zachyceny na videozáznam. Při dalším postupu k severovýchodu ničila bouře už jen lesní porosty v polesích Habr, Lhota a Vlastec. Po konzultacích s lesníky jsme se vypravili do postižených, převážně smrkových lesů, abychom fotograficky i videokamerou zachytili ráz poškození stromů. Zasažen byl pás lesa o šířce řádově 1 km v nesouvislých pružích. Stromy byly položeny většinou ve směru postupu bouře. Vývraty byly kombinovány spahýly utrhaných kmenů podobně jako v Čilinském poleší. Narazili jsme na místa, kde ležely kmeny přes sebe křížem a budily dojem „hnízď“ s rotačními účinky větrné smršťe. Podle tvrzení lesáků trvalo krupobití zhruba 5 minut a navíc krup nacházeli v porostu ještě v pozdních odpoledních hodinách následujícího dne.



Obr. 3b Mapa škod v osadě Díly.

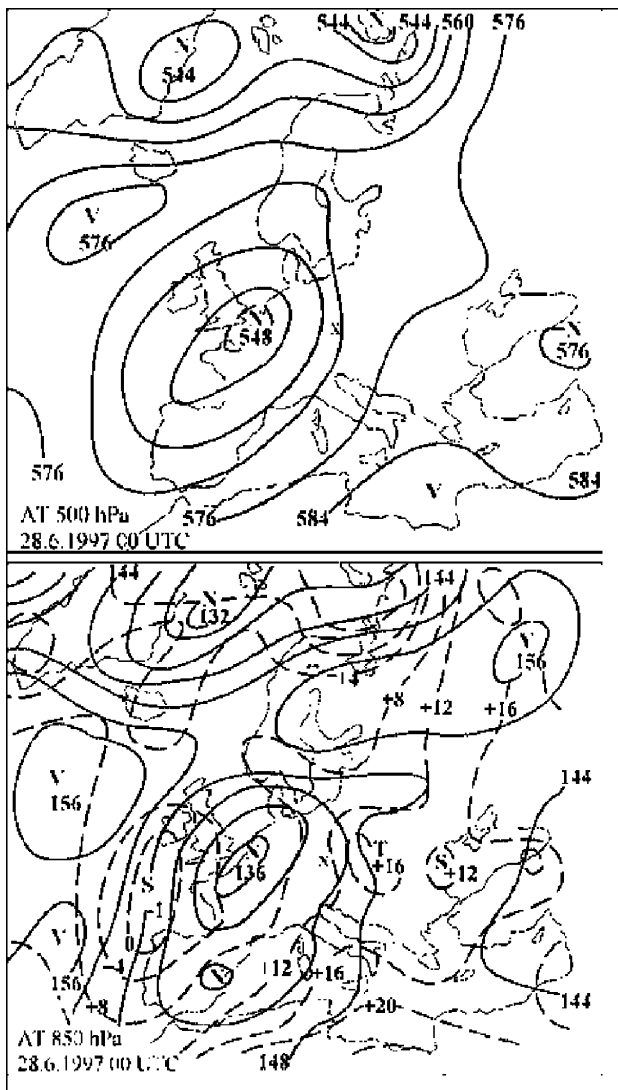
Při průzkumu jsme se setkali sochotou všech svědků, přestože bouře některým způsobila značné materiální škody a zdaleka jsme nebyli první, kdo se o ně zajímal. Všem těmto lidem včetně pana starosty z Volduch, který nám navíc ochotně nahrál vlastní videozáznam, upřímně děkujeme, neboť poskytli cenné informace.

#### Meteorologická situace v době výskytu bouře

V poslední červnové dekádě ovlivňovala počasí vertikálně vyvinutá a ustálená tlaková níže nad Francií a kanálem La Manche. Frontální systém s ní spojený postupoval od jihozápadu do střední Evropy během 26. 6. 1997 a projevil se bouřkovou aktivitou v jižních, středních a severních Čechách. Jeho studená fronta se pak nad střední a jižní Evropou vlnila prakticky do konce měsíce. Situaci z noci 27. na 28. 6. dokumentují mapy výškových hladin 500 a 850 hPa (obr. 4a), synoptické přízemní mapky okolí naší republiky z termínů 12, 18 a 00 UTC (obr. 4b) a celkový pohled na situaci z 00 UTC, jak jej zobrazila meteorologická družice Meteosat v tepelném pásmu (obr. 4c).

Mapka přízemního tlakového pole z termínu 12 UTC zachycuje situaci před nástupem souvislého deště provázejícího frontální vlnu, jejíž zárodek bylo možné sledovat již před přechodem Alp. Oblačnost frontální vlny byla v klasickém tvaru dobře patrná na družicových snímcích. Před deštěm se teploty v západních Čechách pohybovaly mezi 17–20 °C a teploty rosného bodu  $T_d$  v rozsahu 10–13 °C. Při slabém až mírném dešti trvajícím od 13 do 17 UTC (úhrny do 2 mm) se teploty  $T_d$  v nižších polohách zvýšily na 13–16 °C, kde se udržely do večerních hodin, teploty suchého teploměru byly večer jen o 1–2 °C vyšší než  $T_d$ .

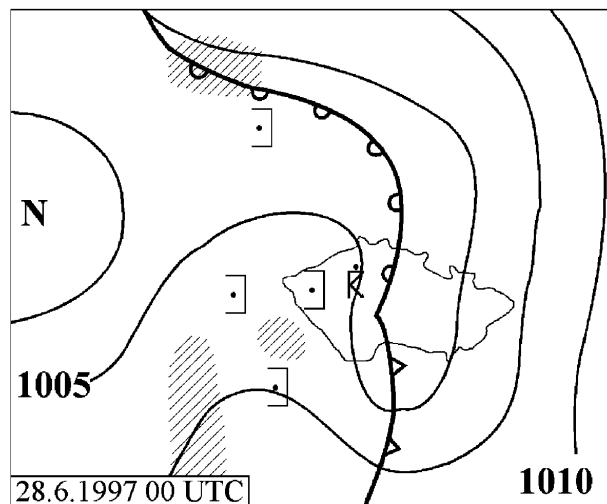
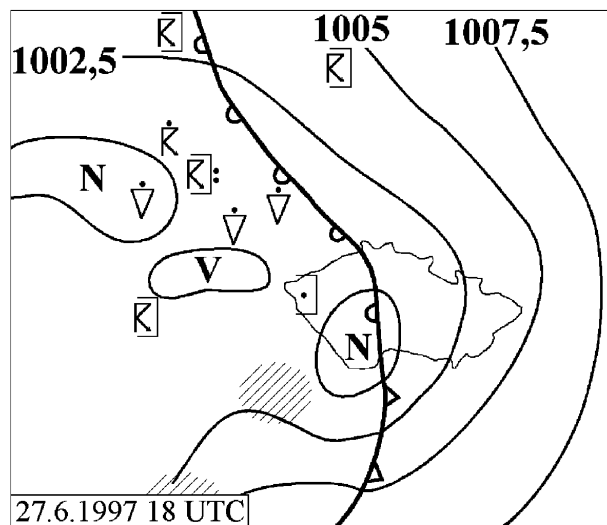
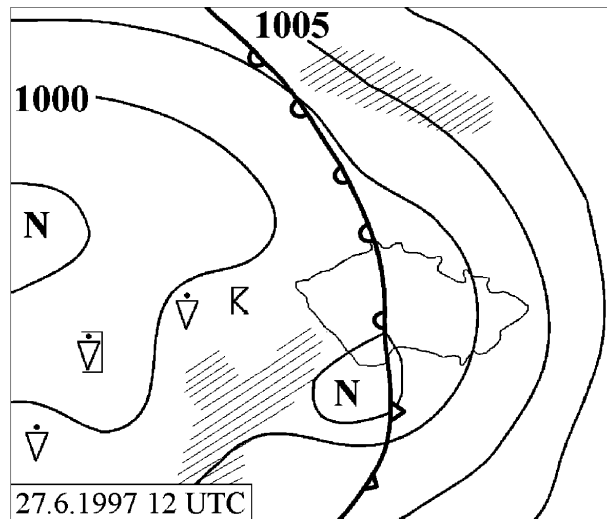
Během odpoledne se nad Alpami tvořilo další oblačné pásmo lineárního charakteru, protažené ve směru výškového proudění. Uspořádání oblačnosti podle IR snímků družice



Obr. 4a Synoptická situace nad Evropou 28. 6. 1997, 00 UTC, v hladinách 500 hPa (nahore) a 850 hPa (dole).

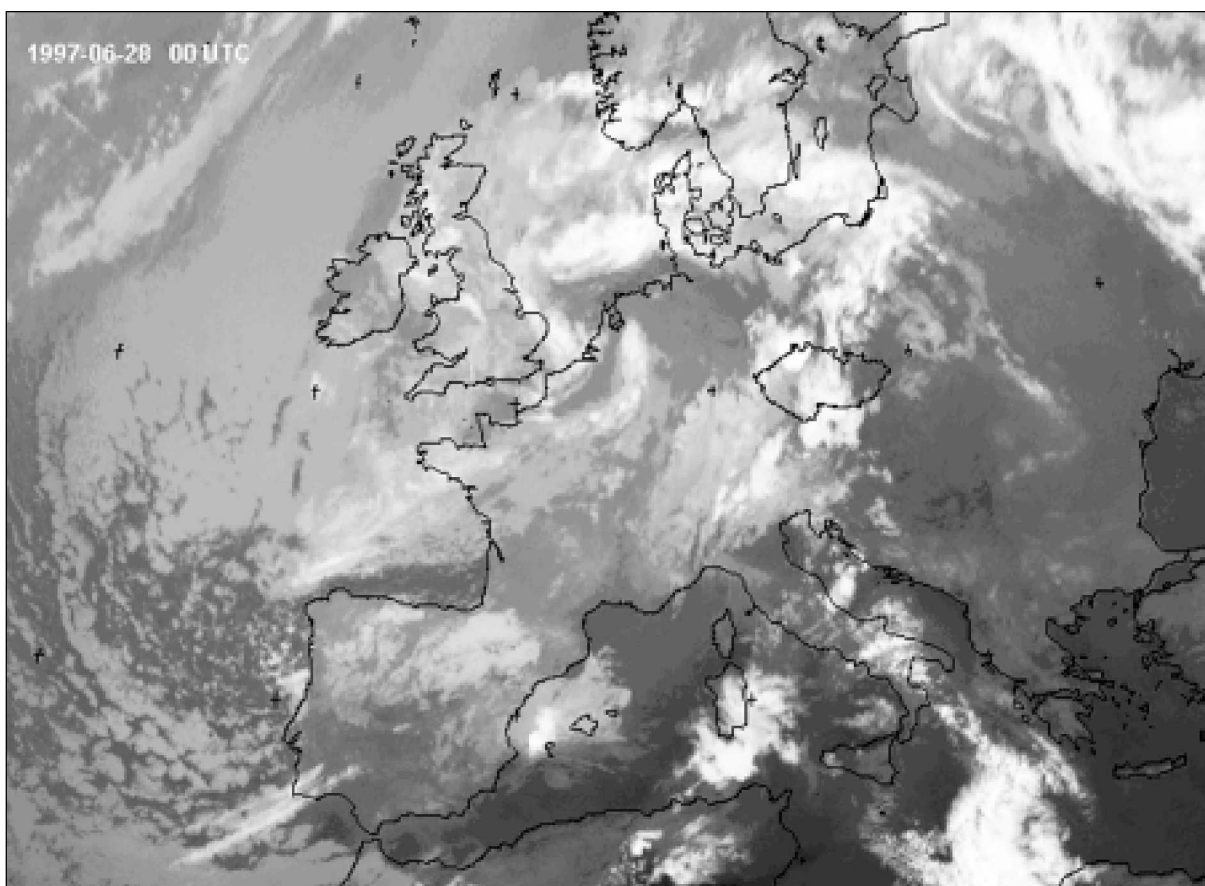
Meteosat prozrazovalo značný podíl konvekce. O tom svědčí i přízemní pozorování z termínu 21 UTC: silná přeháňka ve švýcarském Locarnu a velmi úzký pás mírného trvalého deště přecházející přes bavorský Erding, Regensburg až k našemu pohraničí. V tomto termínu dochází ke kontaktu oblačného pásma spohořím Českého lesa a v blízkosti dominanty této oblasti – Čerchova (1 042 m n.m.) se na obrazovce radaru objevují první výraznější odrazy. Vdalších termínech je na IR snímcích zMeteosatu (obr. 5) pozorovatelná izolovaná oblačnost bouře postupující k severovýchodu, přes západní Čechy se současně přesouvá kompaktnější pásmo se slabým deštěm.

Pokud jde o aerologické podmínky, naše území bylo 27. 6. v teplém jižním proudění na okraji tlakové níže. V hladině 850 hPa bylo ve 12 h UTC nad Prahou 12 °C a jihovýchodní vítr 12 m/s. O 6 hodin později vál ze stejného směru vítr o rychlosti 18 m/s a teplota stoupla na 14 °C. V termínu 00 h UTC oteplení vrcholilo na 15 °C, rychlost jihovýchodního větru byla 12 m/s. Ráno v 06 h UTC bylo opět 12 °C a rychlost klesla na 6 m/s. Ve vyšších hladinách se vítr v půlnocním termínu stáčet kjihu a sílil na 15–20 m/s, vhladinách 5–12 km k jihozápadu s rychlostmi 25–35 m/s. Na chladnější



Obr. 4b Přízemní situace nad střední Evropou 27. 6. 1997 ve 12 UTC (nahore), 18 UTC (uprostřed) a 28. 6. 1997 v 00 UTC (dole).

straně frontálního rozhraní byla nejmocnější vrstva teplejšího vzduchu právě nad Prahou (výškový rozsah 800–2 000 m), Mnichov zaznamenal mírné oteplení kolem 1 500 m, Stuttgart pod 1 300 m. Labilita zvrstvení byla posuzována pomocí



Obr. 4c Snímek celkové situace nad Evropou, pořízený z geostacionární družice Meteosat v tepelném pásmu, 28. 6. 1997 00 UTC.

Faustova indexu a teploty konvekce za použití programu TEMPGRAF. V noci a přes den se Faustův index nad aerologickými stanicemi jihozápadně od nás pohyboval v rozmezí  $-1$ ,  $-2$ , v poledne klesl nad Mnichovem na  $-4$ , nad francouzským Payerne na  $-9$ , teplota konvekce byla převážně kolem  $19^{\circ}\text{C}$ , v poledne nad Stuttgartem a Mnichovem  $14\text{--}15^{\circ}\text{C}$ . Vtermínu 18 h UTC byl nad Prahou Faustův index  $+2$  a teplota konvekce  $21^{\circ}\text{C}$ , v termínu 00 h UTC Praha  $+5$  a  $27^{\circ}\text{C}$  (vtěsné blízkosti bouře), Mnichov  $0$  a  $14^{\circ}\text{C}$ , Stuttgart a Vahnsdorf  $0$  a  $21\text{--}22^{\circ}\text{C}$ . V souladu s charakterem oblačnosti na večerních družicových snímcích se tedy od jihozápadu přesouvala vzduchová hmota s vyšší labilitou než v odpoledních hodinách, pozoruhodná je zejména kombinace údajů z Mnichova. Bohužel nedošlo hlášení z aerologické stanice Kuemmers Bruck na bavorské straně Českého lesa, které by charakterizovalo labilitu pro oblast západních Čech nejlépe.

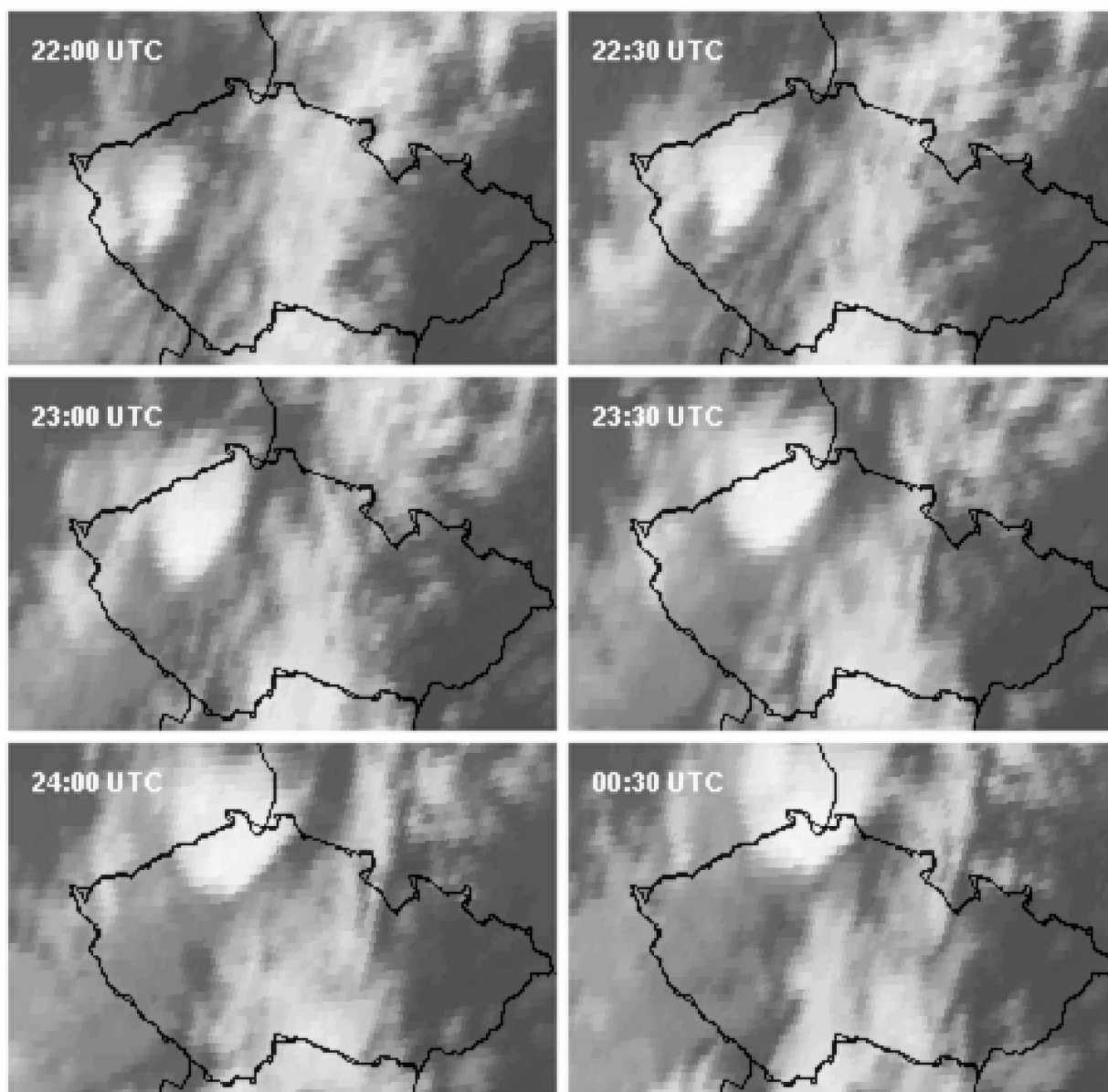
#### Radarová pozorování

Vývoj bouře z pohledu meteorologických radarů je zobrazen na obrázcích 6a a 6b. Je na nich zachycen časový interval přibližně od 22.20 UTC do 00.40 UTC, s krokem 20 minut. Obrázek 6a ukazuje vývoj pouze z pohledu radaru na Libuši, obrázek 6b prezentuje sloučenou radarovou informaci z radarů Praha–Libuš a Skalky [6]. Nevýhoda použití pouze samotného radaru na Libuši (obr. 6a) je patrná na termínech po 23. hodině UTC – je na nich výrazně „seříznut“ vrchol jádra v důsledku toho, že libušský radar měří pouze do elevačního úhlu  $8^{\circ}$ , což nestačí při malých vzdálenostech cíle k zobrazení nejvyšších partií bouří. Naopak drobnou nevýhodou slou-

čené informace (obr. 6b) je jistá diskontinuita jader na bokorysech, projevující se „stříhem“ jádra ve středních hladinách (tento efekt je dobře patrný zejména na pravém bokorysu z půlnočního termínu). Toto je důsledkem jisté (několikaminutové) nesynchronnosti měření obou radarů, dané odlišnou konstrukcí obou radarů. Tato chyba se projeví zejména na rychle se pohybujících cílech, což byl právě případ popisované bouře. Z těchto důvodů jsou v článku ponechány jak radarová data samotné Libuše, tak sloučená informace.

První zárodky bouře se objevují poblíž České Kubice (přibližně rozhraní mezi Šumavou a Českým lesem) kolem 21.20 UTC. Při postupu do vnitrozemí roste odrazivost bouře, kolem 23. hodiny UTC již má na radaru podobu kompaktního sloupce s maximální odrazivostí 52 dBZ. O dvacet minut později roste odrazivost na 56 dBZ a jádro se zřetelně naklání směrem kJV až SV, náklon jádra trvá přibližně až do 01.40 UTC (význam náklonu jader bouří v podobných případech není autorům zatím příliš jasný). V období mezi 23. až 02. hodinou UTC dojde k několika zesílením odrazivosti až na 60 dBZ a následným poklesům, což nejspíše souvisí s nahromaděním krup v určité výšce uvnitř bouře a jejich následným uvolněním formou krupobití.

Důležitou charakteristikou bouře je její trajektorie (viz obr. 1 a obr. 7). V oblasti Rokycan, přibližně ve 23.00 UTC, došlo k jejímu výraznějšímu, byť pouze dočasnému stočení vpravo (od směru postupu), po přibližně 30–40 minutách tato „pravostáčívitost“ zaniká. To mohlo souviset snástupem mezo-cyklonální cirkulace uvnitř bouře [8], pro níž je právě „pra-



Obr. 5 Vývoj bouře mezi 22.00 až 00.30 UTC z pohledu geostacionární družice Meteosat, tepelné pásmo.

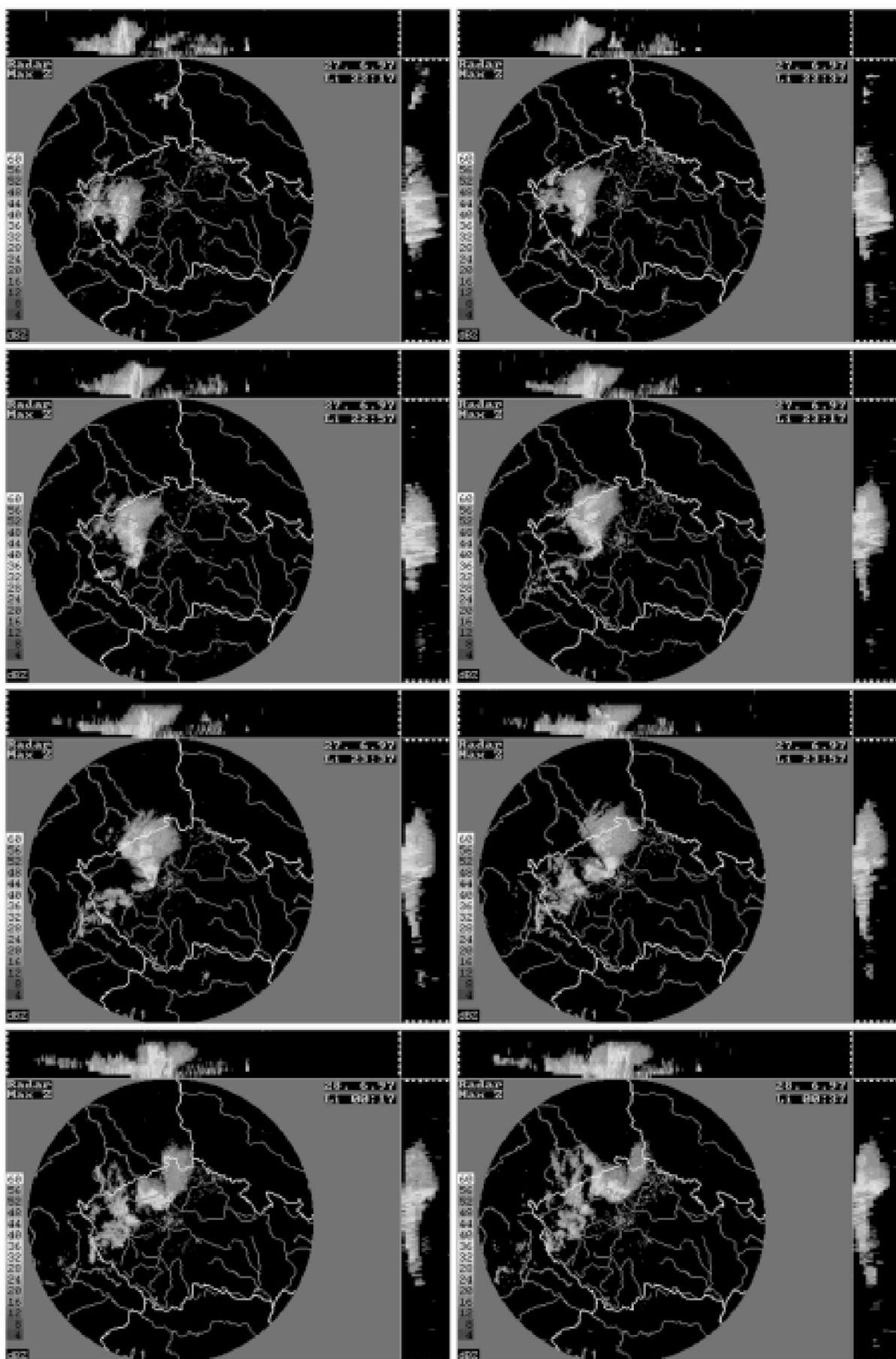
vostáčivost“ typickým doprovodným příznakem. Krátce poté bouře zasahuje Rokycansko, zejména Díly a Volduchy.

V průběhu dalšího vývoje bouře a jejího postupu se již podobná „pravostáčivost“ nevyskytla. Přibližně od 22.30 UTC po dobu jedné hodiny má bouře jednoznačně jednobuněčný charakter, mezi 23.40 až 00.10 UTC se od bouře odštěpuje podružné jádro, které se vůči hlavnímu jádru odchýlí nevýrazně vlevo (z hlediska postupu bouře). Od 01.10 UTC se začínají západně od primárního jádra vyvíjet další, méně výrazná jádřerka, těsně na sebe navazující. Po přechodu Lužických hor (přibližně 01.40 až 02.00 UTC) bouře rychle slábně a rozpadá se.

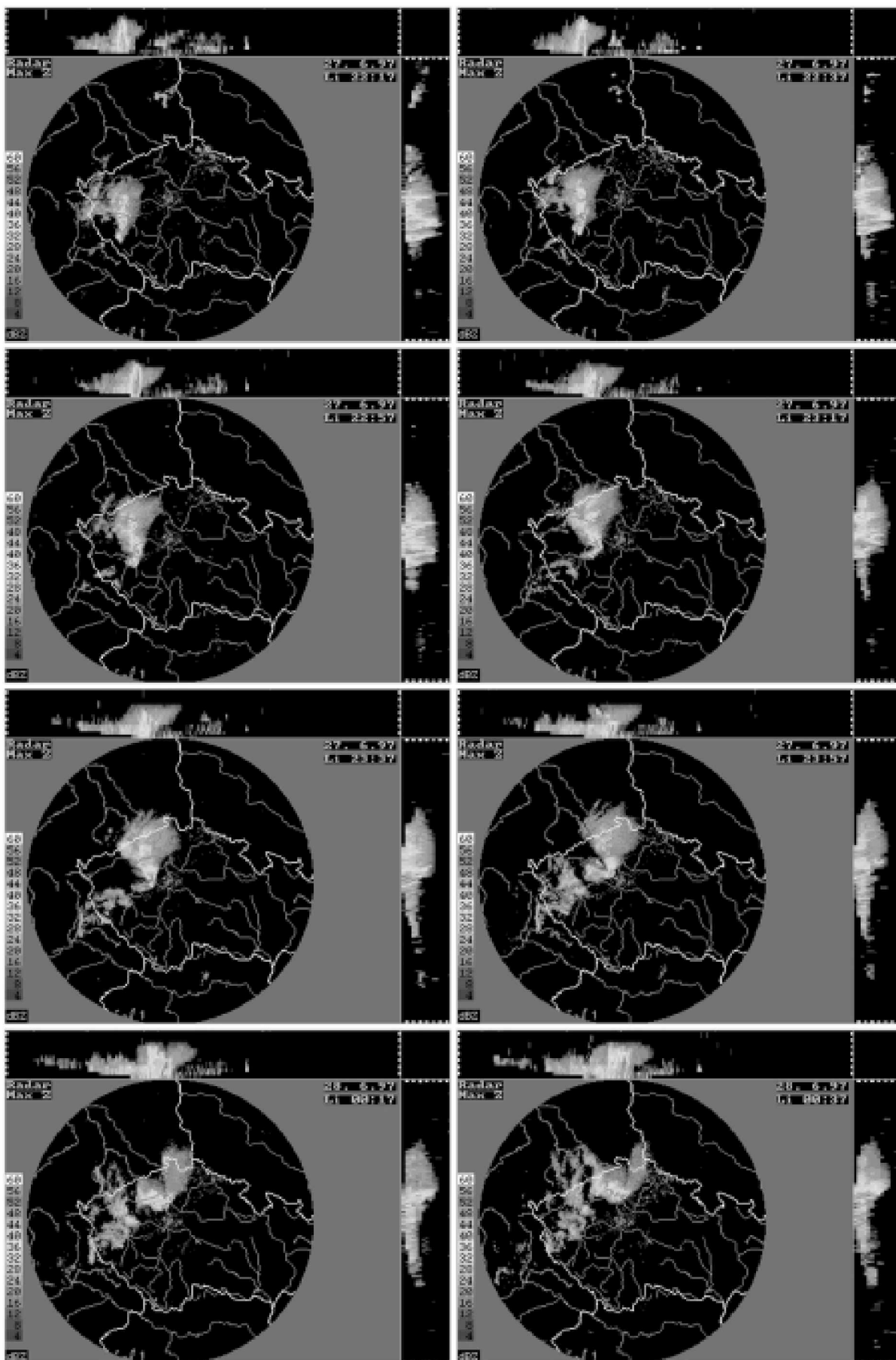
Informace o maximální radarové odrazivosti (dBZ) jádra bouře pro oba radary je uvedena v tabulce 1. Radar Libuš měřil po 20 minutách, radar Skalky po 10 minutách. Při posuzování hodnot maximální odrazivosti a porovnávání vzhledu

bouře z pohledu obou radarů je nutné mít na zřeteli několik skutečností:

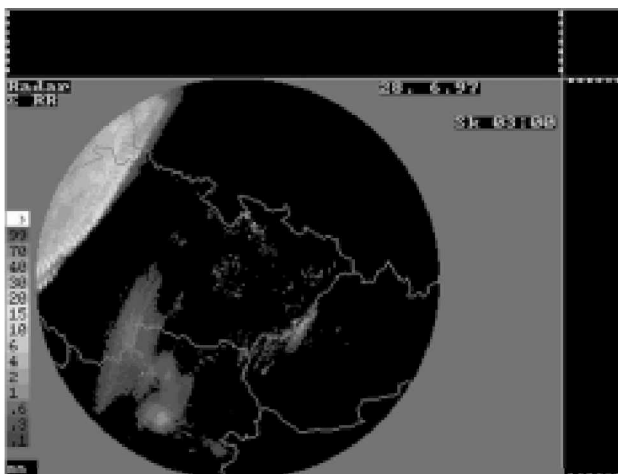
- radar Skalky v důsledku zakřivení Země [7] již „neviděl“ při této vzdálenosti nejnižší partii bouře (do 3–4 km), kde se mohly vyskytovat (v některých termínech) nejvyšší hodnoty odrazivosti;
- radar Libuš naopak „neviděl“ po 23. hodině UTC nejvyšší partii bouře (viz výše), z tohoto důvodu nemá tedy smysl uvádět pro tento radar maximální výšku radarového echa;
- vzhledem ke značné vzdálenosti bouře od radaru Skalky (a tudíž již příliš širokému paprsku) je značně problematickým určení maximální výšky radarového echa i z tohoto radaru; z těchto dvou důvodů není maximální výška bouře v článku detailně rozebírána.



Obr. 6a Vzhled bouře mezi 22.17 až 00.37 UTC, jak jej zachytil meteorologický radar v Praze na Libuši (tzv. 3D zobrazení). Maximální výška jádra bouře v termínech po 23.00 UTC je podhodnocena, neboť bouře byla v této době příliš blízko radaru Praha–Libuš, který měří do maximálního elevačního úhlu 8°.



Obr. 6b Vzhled bouře mezi 22.20 až 00.40 UTC, z pohledu radarů Praha–Libuš a Škalky (3Dzobrazení, sloučená informace). Jistá diskontinuita jádra bouře na pravých bokorysech v hladinách 3–5 km je důsledkem rychlého pohybu bouře a nesynchronnosti měření obou radarů.



Obr. 7 Trajektorie bouře z pohledu radaru Skalky, interval měření 10 minut.

Tab. 1 Vývoj maximální radiolokační odrazivosti od 22.20 do 02.00 UTC.

Čas (UTC)	Libuš (dBZ)	Skalky (dBZ)
22:20	48	48
22:30		48
22:40	52	52
22:50		52
23:00	52	56
23:10		52
23:20	56	56
23:30		60
23:40	56	52
23:50		52
0:00	52	52
0:10		60
0:20	60	52
0:30		56
0:40	56	56
0:50		56
1:00	52	52
1:10		56
1:20	52	56
1:30		48
1:40	52	52
1:50		56
2:00	48	48

## DISKUSE A ZÁVĚR

Jelikož se bouře vyskytla v nočních hodinách, neexistuje (alespoň autoři o něm nevědí) jediný očitý svědek události. Lidé z postižených lokalit sice věděli o řádění bouře, nicméně charakter jevu, který způsobil výše popsané škody, nikdo neviděl. Tím se tato bouře do jisté míry liší od několika před-

chozích případů (viz např. [4, 5]), při kterých existovali očití svědci „chobotu“ či „sloupu“, čili vlastního tornáda (tromby). Přesto charakter způsobených škod téměř jednoznačně na tornádo ukazuje.

Nejpádňejším argumentem ve prospěch existence tornáda je charakter škod zejména v obci Díly a na lesních porostech. Značná lokální proměnlivost místních škod v Dílech je dobře vysvětlitelná podružnými „savými víry“ (suction vorticies), které se vyskytují na vnějším obvodu tornád po velmi krátkou dobu (řádově sekundy) a které mají nejsilnější destruktivní účinky [8]. Právě jejich intenzita a velmi krátká doba existence působí značnou územní proměnlivost škod. Jelikož se mohou vyskytnout na jinak slabém tornádu, které se buď vůbec nedotýká zemského povrchu, nebo nepůsobí žádné významnější škody, nemusí být vůbec přítomna souvislá destruktivní stopa a škody se mohou vyskytovat sporadicky kolem stopy „nosného“ tornáda. Toto se zdá být jediným přijatelným vysvětlením charakteru škod v osadě Díly. Rovněž charakter škod na lesních porostech – stromy polámané či utržené v širokém rozsahu výšek nad zemí – svědčí spíše na tornádo (resp. na jeho „savé víry“) než na jiný typ větru (microburst, downburst či gust front [8]). Konečně, charakter bouře na základě radarové informace (jednobuněčný charakter bouře po dobu přibližně dvou až tří hodin, její „pravostáčivost“ po dobu ca 40 minut po 23. hodině UTC) nepřímou dokazuje, že se nejspíš jednalo o supercelu, čili typ bouře, která je často doprovázena tornády.

## Literatura:

- [1] *Doswell, C.*: What is a tornado? Odborný esej na WWW stránce National Severe Storms Laboratory., NOAA, Norman, OK, 1997, na internetové adrese: [http://www.nssl.noaa.gov/~doswell/a\\_tornado/atornado.html](http://www.nssl.noaa.gov/~doswell/a_tornado/atornado.html)
- [2] Meteorologický slovník výkladový a terminologický. Praha, MŽP ČR – Academia 1993.
- [3] *Munzar, J.*: Tromby (tornáda) na území České republiky v letech 1119–1993. Zborník dejín fyziky XI. Liptovský Mikuláš, Vojenská akadémia SNP, 1993, s. 69–72.
- [4] *Šálek, M.*: Silné bouřky na Moravě spojené s výskytem tromby v obci Lanžhot dne 26. 5. 1994. Meteorol. Zpr., **47**, 1994, č. 6, s. 172–177.
- [5] *Setvák, M. – Židek D. – Hradil M.*: Tornáda na severovýchodní Moravě a Slezsku 8. července 1996? Meteorol. Zpr., **49**, 1996, č. 5, s.143–146.
- [6] *Havráněk, P. – Kráčmar J.*: Nová meteorologická radiolokační stanice na střední Moravě. Meteorol. Zpr., **49**, 1996, č. 3, s. 81–84.
- [7] *Kračmar, J.*: Radiohorizonty a výskyt pozemních cílů pro radiolokační síť České republiky. Meteorol. Zpr., **47**, 1994, č. 6, s. 163–171.
- [8] *Church, C. – Burgess, D. – Doswell, C. – Davies-Jones, R. (editoři)*: The Tornado: Its Structure, Dynamics, Prediction, and Hazards. Geophysical Monograph 79, 1993, American Geophysical Union, Washington, DC.

Jan Sulan – Martin Setvák – Petr Novák