

Obtížně předpovídané mrznoucí srážky 23. až 29. ledna 2023

Difficult to predict freezing precipitation from 23 to 29 January 2023

Marie Glofáková

Český hydrometeorologický ústav
pobočka Ostrava
K myslivně 3/2182
708 00 Ostrava-Poruba
✉ marie.glofakova@chmi.cz

Eva Houbová

Český hydrometeorologický ústav
pobočka České Budějovice
Antala Staška 1177/32
370 07 České Budějovice
✉ eva.houbova@chmi.cz

Between January 23rd and 29th there were low stratus clouds above most of the Czech Republic. Light freezing drizzle was falling, even though the entire cloud layer was within a temperature range below 0 °C. The drizzle was hard to detect, all the forecasters often relied on observation from professional weather stations and eyewitness reports from the public on social media. However, locally there were major complications, especially in transport. This freezing precipitation was caused by the so called SWRP (Supercooled Warm-Rain Processes). A bit unusual precipitation development on such a large scale and its complicated detection were a true challenge for forecasters on duty, and showed the importance of cooperation between professionals, amateurs and public. Also observations from professional weather stations showed their irreplaceability.

KLÍČOVÁ SLOVA: sondáž aerologická – ledovka – srážky mrznoucí – srážkotvorné procesy teplé

KEYWORDS: sounding of atmosphere – glaze – freezing precipitation – supercooled warm-rain processes

1. Úvod

Ledovka je jeden z nejnebezpečnějších jevů zejména v silniční dopravě, kdy kluzké povrchy komunikací působí četné komplikace při jízdě, prodloužení doby jízdy, zvýšenou nehodovost, jízda autem může být až nemožná. Způsobuje velké komplikace chodcům při chůzi včetně nebezpečí úrazů při uklouznutí, může způsobovat i lámání větví stromů a problémy v energetice. Ledovka se může vytvářet jak na rozsáhlém území, tak i lokálně, její výskyt může vést až ke kalamitnímu stavu, omezení

zásobování a služeb. Její předpověď představuje pro meteorologa ve službě velkou výzvu.

V tomto příspěvku se budeme zabývat ledovkovou epizodou, která se udála v poslední dekádě ledna 2023, potrápila postupně velkou část České republiky a předpovědní službě ČHMÚ přinesla další cenné zkušenosti.

Takové případy, jaké zde popisujeme, jsou v anglofonní literatuře označovány jako teplé srážkotvorné procesy s přechlazenou vodou (Supercooled Warm Rain Process, dále jen SWRP). Statistiku pro ČR neznáme, v USA se podle Huffmana a Normana (1988) podílí na výskytu ledovky ve 30 % případů. Pozdější práce (Rauber et al. 1999) ale naznačuje, že by toto procento mohlo být podstatně vyšší. Bernstein (2000) zdůrazňuje velký vliv např. místní topografie, což se shoduje i s pozorováními v rámci této situace.

2. Ledovka – definice, podmínky vzniku

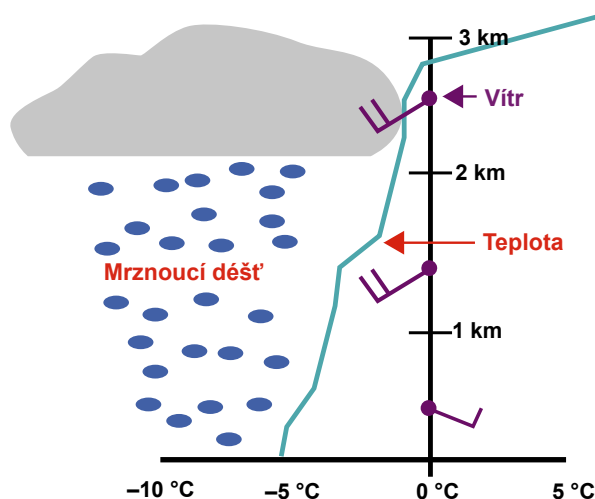
V Elektronickém meteorologickém slovníku (ČMeS 2019) je ledovka definována jako „souvislá, zpravidla homogenní průhledná ledová vrstva, která vzniká při mrznoucím mrholení nebo mrznoucím dešti, a to buď zmrznutím přechlazených vodních kapek při dopadu na zemský povrch nebo na předměty, jejichž teplota je záporná nebo slabě nad 0 °C, anebo zmrznutím nepřechlazených vodních kapek okamžitě při dopadu na zemský povrch nebo na předměty, jejichž teplota je výrazně záporná. Tvoří se na vodorovných a svislých či šikmých plochách, na větvích i kmenech stromů, na drátech, tyčích, na povrchu země, na chodnicích, vozovkách atd. Při déletrvajících podmínkách vhodných pro její vytváření může vrstva ledu dosáhnout tloušťky několika cm. Měrná hmotnost ledovky bývá 700 až 900 kg·m⁻³.

Shrnutí: základní nutnost pro její vznik je tedy povrch vychlazený pod 0 °C a na něj dopadající kapalná voda. (Může ji vyvolat i zmrzlý déšť, jehož částice se po dopadu na zem rozbijí jako skořápky a kapalná voda se z nich vylíje a zmrzne.) Z hlediska synoptických podmínek při zemi studený vzduch, nad ním vzduch teplejší – ledové částice propadají teplou vrstvou (teplota vlhkého teploměru vyšší než 0 °C) dostatečně silnou na to, aby začaly tát.

3. SWRP

Co je tedy potřeba sledovat? Záleží na vertikálním profilu atmosféry, viz obr. 1. Podle Huffmana a Normana (1988) musí při SWRP nastat tyto podmínky:

- teplota v oblaku mezi 0 a –10 °C (spontánní krystalizace začíná při teplotách kolem –12 °C),



Obr. 1 Průběh teploty s výškou při SWRP (University of Illinois 2010): Teplota v oblasti zájmu neklesá pod $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vrstva s teplotou nad $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ je nad oblačnou vrstvou a nezasahuje do srážkotvorných procesů. Modrozelená čára značí průběh teploty. Křivka T_d (rosného bodu) vzhledem k vysokému nasycení probíhá téměř totožně s křivkou teploty.

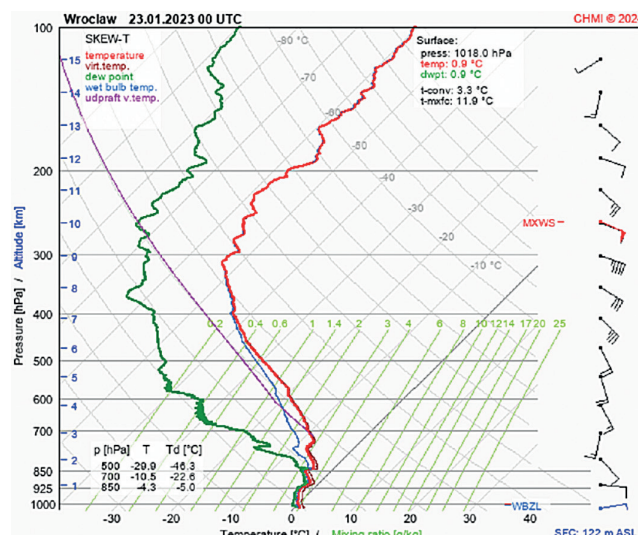
Fig. 1. Schematic vertical temperature profile during SWRP events (University of Illinois 2010): The temperature does not drop below $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. If there is a layer with positive temperature, it is above the cloud layer and thus not involved in the precipitation development.

- tloušťka oblaku dostatečná pro růst kapek,
- základna oblačnosti položená nízko, aby se kapky nestihly při pádu k zemi vypařit,
- nad oblakem musí být suchý vzduch. Podle Rauber et al. (1999) může nad oblakem být i teplá vrstva,
- pro růst kapek jsou důležité nízké koncentrace kondenzačních jader (čistá voda se snáze přechlazuje, při vyšší koncentraci kondenzačních jader se tvoří více malých kapiček, které padají pomaleji) a hodně vody ($> 0,25\text{ g/m}^3$) (Huffman, Norman 1988).

Za mechanismus podporující koalescenci kapek lze považovat i změnu proudění v hladině 925 hPa (konvergence proudění) nebo setmění (ochlazení horní hranice oblačnosti). Pokud je podoblačná vrstva nenasyčená, vodní kapky se ochlazují výparem, čili podchlazování pokračuje i při neočekávané vyšší teplotě.

Vyvstává problém s tím, že reálné sondážní profily jsou k dispozici jen z omezeného počtu míst a v omezeném čase.

Proto jsou velmi užitečné i sondáže mimořádné, prováděné na základě požadavku meteorologů, a profily předpovědní, modelové, které mají předpovědní pracoviště k dispozici, např. v pracovní stanici Visual Weather.



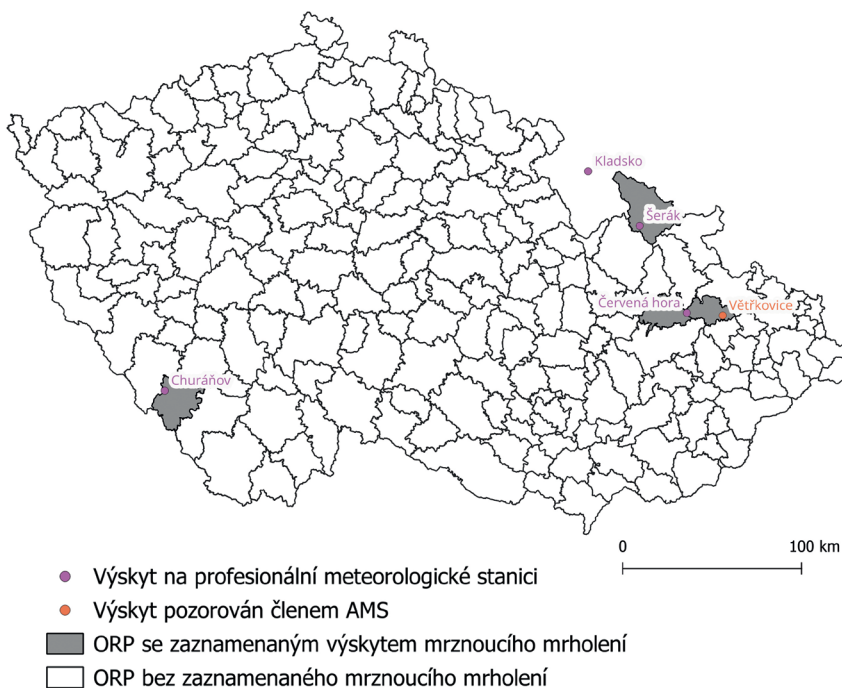
Obr. 2 Vlevo přízemní analýza DWD, vpravo sondáž z Wrocławu z 23. 1. 2023, 00:00 UTC.

Fig. 2. Left – ground analysis DWD, right – vertical profile from Wrocław, 23. 1. 2023, 00:00 UTC.

4. Přehled jednotlivých dnů epizody

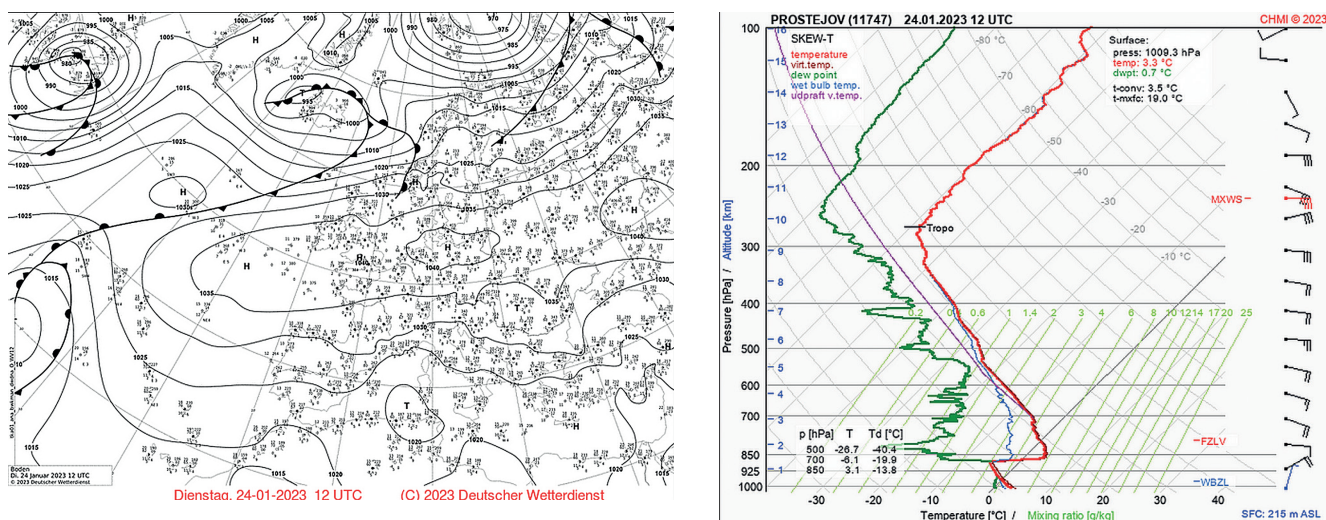
Pondělí 23. 1. 2023

Počasí na našem území ovlivňovala tlaková výše nad Baltským mořem a ještě mohutnější tlaková výše ve studeném vzduchu nad severním Ruskem. Nad Středomořím se nacházela poměrně výrazná a vertikálně rozsáhlá tlaková níže, kolem které k nám od východu proudil teplejší a vlhčí vzduch (obr. 2).



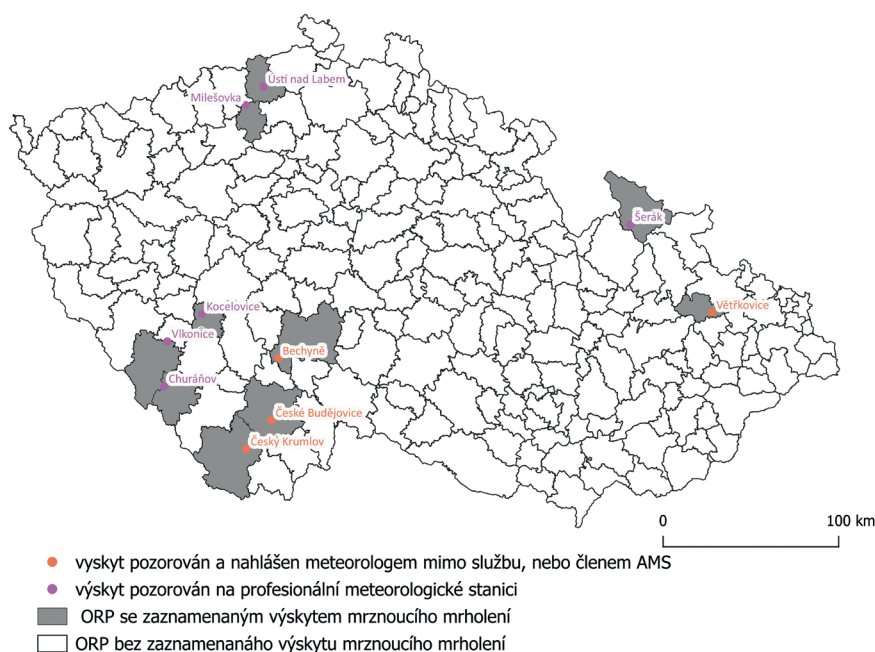
Obr. 3 Mapa výskytu mrznoucího mrholení 23. 1. 2023.

Fig. 3. Map of occurrence of freezing drizzle on 23. 1. 2023.



Obr. 4 Vlevo přízemní analýza DWD, vpravo sondáž z Prostějova z 24. 1. 2023, 12:00 UTC.

Fig. 4. Left – ground analysis DWD, right – vertical profile from Prostějov, 24. 1. 2023, 12:00 UTC.



Obr. 5 Mapa výskytu mrznoucího mrholení 24. 1. 2023.

Fig. 5. Map of occurrence of freezing drizzle on 24. 1. 2023.

Vzhledem ke směru proudění zde uvádíme sondáž z Wrocław, která byla za této situace reprezentativnější než sondáže české. Teplota v oblačné vrstvě se pohybovala mezi 0 a cca $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nad ní byl sušší vzduch. Je to sondáž typická pro výskyt SWRP. Srážky se vyskytly zejména na návětrích severních hor, a to v podobě mrholení, ve vyšších a během noci na úterý ve středních polohách mrznoucího. V nížinách se denní maximální teplota pohybovala nejčastěji mezi 0 až $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ve výškách nad cca 500 m se díky záporným teplotám, nízké oblačnosti a čerstvému větru mrznoucí srážky navíc kombinovaly s námrazou.

V ranních hodinách byla vydána výstraha na ledovku pro části Olomouckého, Moravskoslezského a Pardubického kraje, která měla platnost od 23. 1. 10:15 hod. do 24. 1. 18:00 hod. SEČ.

Ledovka byla hlášena v odpoledních hodinách ze Šeráku, večer z Větrkovic na Opavsku. Během noci na úterý pak z Kladzka

(Polsko), Červené, Lysé hory a Churáňova. Vesměs šlo o návětrné části horských oblastí (obr. 3).

Úterý 24. 1. 2023

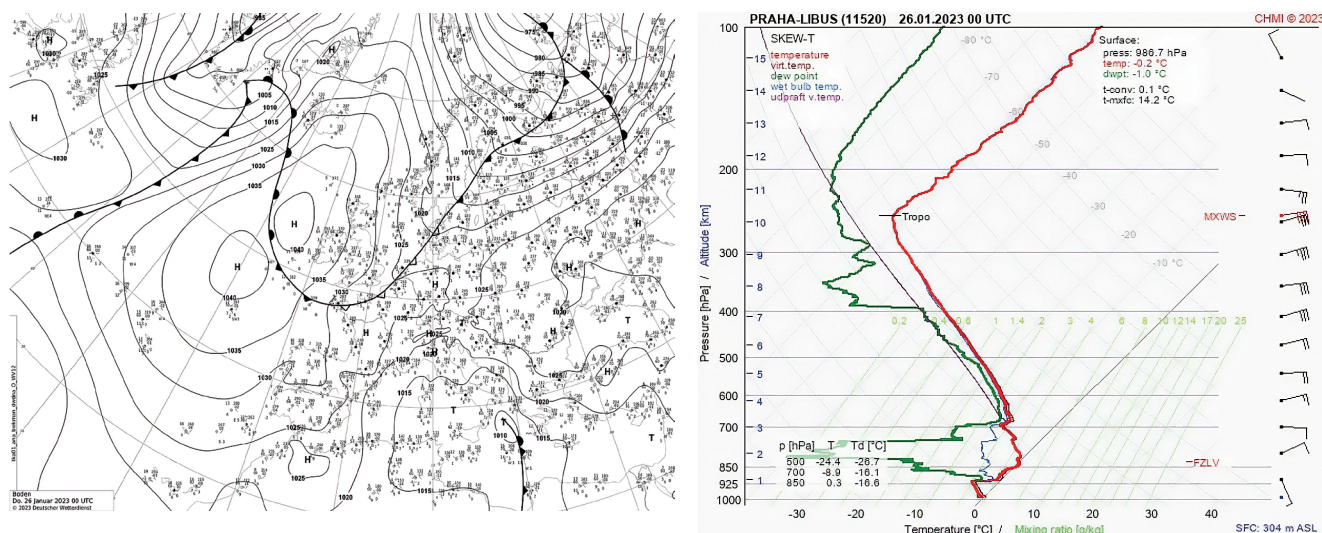
Hřeben vysokého tlaku vzduchu z Ruska se rozšířil dále k západu. Tlaková níže nad Středomořím se posunula k jihu a její výšková část se propojila s výškovou brázdou nad Ruskem a Černým mořem. Od západu se nad Dánsko nasunul výškový hřeben a naše území leželo na jeho jižní straně. Teplota dosahovala v oblastech s nízkou oblačností v minimech hodnot nejčastěji mezi $+1$ až $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$, v maximech mezi 0 až $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vítr vál převážně slabý severovýchodní nebo proměnlivý, na severovýchodě mírný severovýchodní (obr. 4).

Na sondáži z Prostějova (pražská vypadala obdobně) bylo opět možné vidět chladnější vzduch ve spodních vrstvách atmosféry překrytý vrstvou teplejšího a suššího vzduchu kolem hladiny 850 hPa a nad ní. Během dne bylo na obou stanicích pozorováno zvětšování vertikální mohutnosti

této vrstvy a výrazné vysušování vzduchu nad cca 925 hPa. Toto už jsou podmínky naprosto typické pro SWRP.

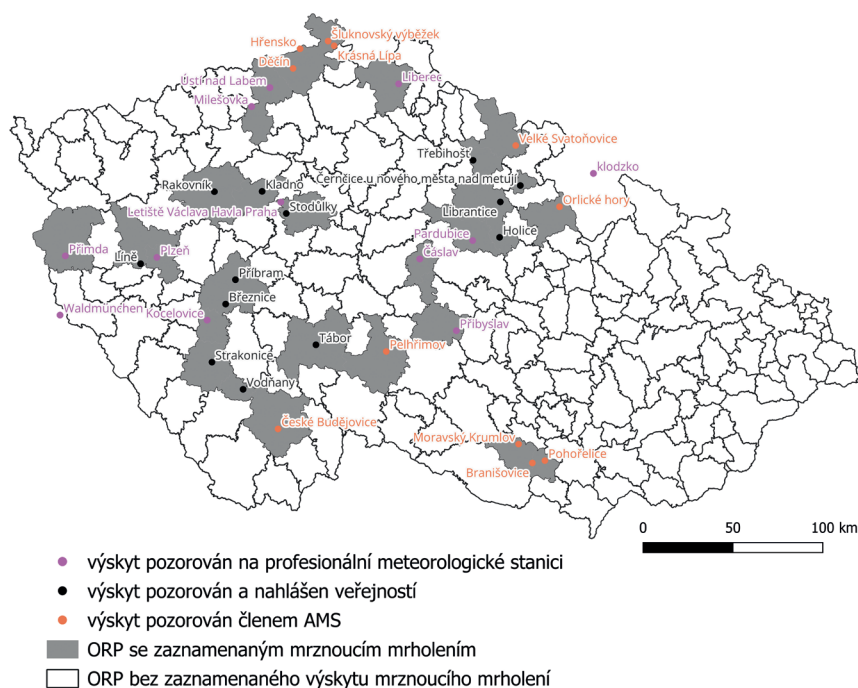
Konkrétně tedy: oblačná vrstva stratu se vyskytovala prakticky zcela v oblasti s teplotou mezi $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (zejména cca $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Nad ní se nacházela výrazná suchá vrstva a co je důležitější – rychlý pokles teploty rosného bodu (absolutní vlhkosti) (Huffmann, Norman 1988). Tato oblačnost je tedy tvořena pravděpodobně výhradně přechlazenou vodou.

Z tohoto dne existují jen sporé informace od veřejnosti a pozorovatelů, poměrně dost hlášení ale přišlo z profesionálních stanic, a to opět zejména na severních, respektive severovýchodních návětrích hor. Nejčastěji se přes den mrznoucí srážky vyskytovaly v polohách nad 400 m. Nejpodstatnější hlášení jsme dostali ve večerních hodinách od pana Ivo Rolčíka ze Šumavy, který hlásil nebezpečnou ledovku a námrazu (Rolčík 2023b).



Obr. 6 Vlevo přízemní analýza DWD, vpravo sondáž z Prahy Libuše, obojí z 26. 1. 2023, 00:00 UTC.

Fig. 6. Left – ground analysis DWD, right – vertical profile from Prague Libuš, both on 26. 1. 2023, 00:00 UTC.



Obr. 7 Mapa výskytu mrznoucího mrholení 26. 1. 2023.

Fig. 7. Map of occurrence of freezing drizzle on 26. 1. 2023.

Výstraha zůstala stejná jako předchozí den, a to včetně územní platnosti. Mrznoucí mrholení se ovšem vyskytovalo i po skončení její platnosti, hlášení byla zaznamenána z profesionálních stanic (např. Kocelovice, Temelín), viz obr. 5.

Středa 25. 1. 2023

Nad západem a středem Ruska se i nadále udržovala mohutná tlaková výše. Další se vytvořila nad Atlantikem a poměrně rychle zmohutněla. Nad Středomořím se dále vyskytovala tlaková níže, další byla nad Skandinávií. Od západu k nám zasahoval slábnoucí výškový hřeben vyššího tlaku vzduchu. Naše území se tedy díky tomuto vývoji ocitlo v nevýrazném tlakovém poli.

Z prostorových důvodů neuvádíme k tomuto dni obrázky, nicméně na sondážích byl vidět postupný pokles spodní hranice suché a teplé vrstvy až k 925 hPa, a tím i pokles horní hranice oblačnosti. I nadále pokračovaly podmínky vhodné pro SWRP. Oblačná vrstva byla ale poměrně málo mohutná, hlášení o mrznoucím mrholení přišlo jen minimum (Opavsko – Větrkovice, večer Náměšť nad Oslavou, ledovka na Děčínsku a v Hřensku). Většinou se mrznoucí srážky vyskytovaly ve středních a vyšších polohách v kombinaci s mrznoucí mlhou (i ta byla poměrně častá) a s tvorbou námrazy.

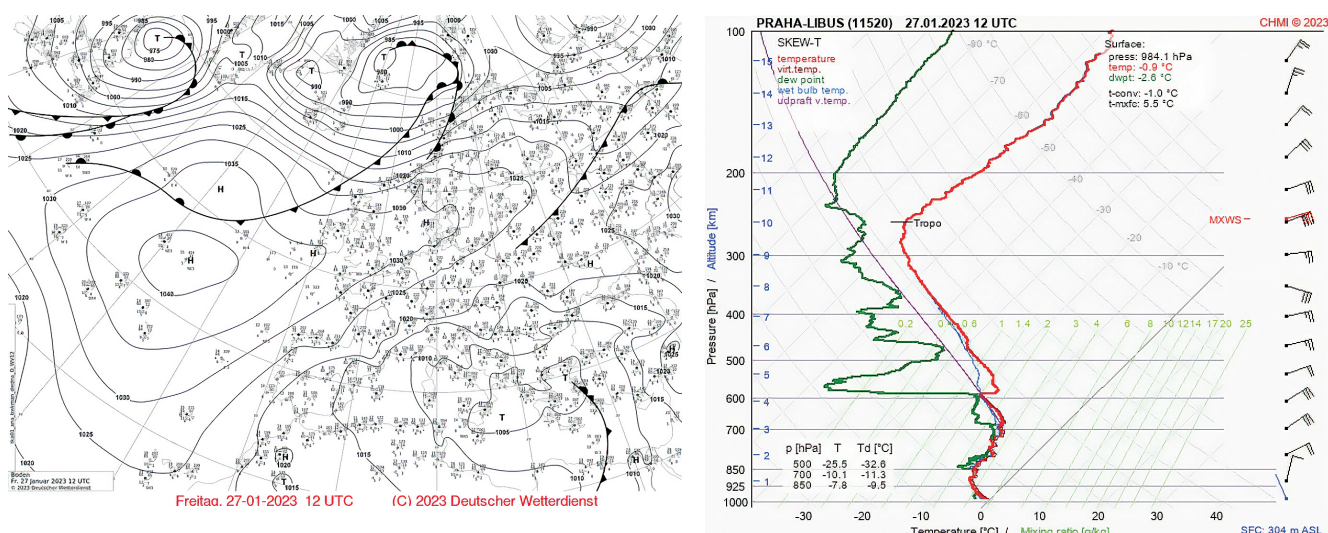
Středa byla z tohoto týdne, co se mrznoucích srážek týká, nejmírnějším dnem.

Čtvrtek 26. 1. 2023

Při zemi se naše území nacházelo v tlakovém sedle. Od severozápadu se k našemu území blížila výšková studená fronta, která se nad naším územím rozpadla (obr. 6 vlevo).

Na půlnoční sondáži z Prahy Libuše (obr. 6 vpravo) byla patrná vrstva oblačnosti s velmi nízkou základnou, sahající do cca 925 hPa. Její teplota se pohybovala mezi cca -1 až -5 °C. Nad ní byla výrazná suchá vrstva. Na její spodní hranici (obr. 6 vpravo) s výškou velmi rychle klesala teplota rosného bodu. Podobně vypadala i sondáž z Prostějova.

Taková sondáž je jedna z nejtýpějších pro SWRP, viz výše. Poměrně silná vrstva nízké oblačnosti tvořené kapkami přechlazené vody, podstupujícími teplé srážkotvorné procesy. Evidentně bez zdroje ledových krystalků, které by jinak rostly na úkor vodních kapiček depozicí vodní páry (protože napětí vodních par nad ledem je nižší než nad vodou) a sněžilo by.



Obr. 8 Vlevo přízemní analýza DWD, vpravo sondáž z Prahy Libuše, obojí z 27. 1. 2023, 12:00 UTC.
Fig. 8. Left – ground analysis DWD, right – vertical profile from Prague Libuš, both on 27. 1. 2023, 12:00 UTC.

Po celý den bylo na celém území republiky zataženo nízkou oblačností, nad kterou vyčnívaly jen nejvyšší polohy Jeseníků, Šumavy a Krkonoš. Teplota se pohybovala mezi +2 a –2 °C.

Od rána přicházela postupně hlášení od veřejnosti (obr. 7) z Pardubicka, Příbramska, Prahy, Moravského Krumlova, Brněnska, Děčínska, Trutnovska, Českobudějovicka a dalších oblastí.

Pátek 27. 1. 2023

Naše území leželo, podobně jako v úterý, na jižní straně hřebene vysokého tlaku vzduchu. Ve výšce naše území i nadále ovlivňovala výšková část tlakové níže nad Středomořím, která zesilovala, a oblačnost s ní spojená se začala dostávat nad naše území (obr. 8 vlevo).

Na pražské polední sondáži, viz obr. 8 vpravo, bylo vidět suchou vrstvu už výše a horní část oblačnosti má již teplotu pod –12 °C.

V ranních hodinách se ještě na relativně mnoha místech vyskytly mrznoucí srážky, zejména na návětrích severních a severovýchodních hor, postupně ale hlavně v Čechách přecházelo mrznoucí mrholení do sněžení. Lokálně teplota vystoupala nad 0 °C. Ve večerních hodinách opět začalo přibývat mrznoucích srážek (Šluknovský výběžek, Žďár n. S., Pacov, Jesenícko, Třeboňsko, Tábořsko, Trutnovsko), viz obr. 9.

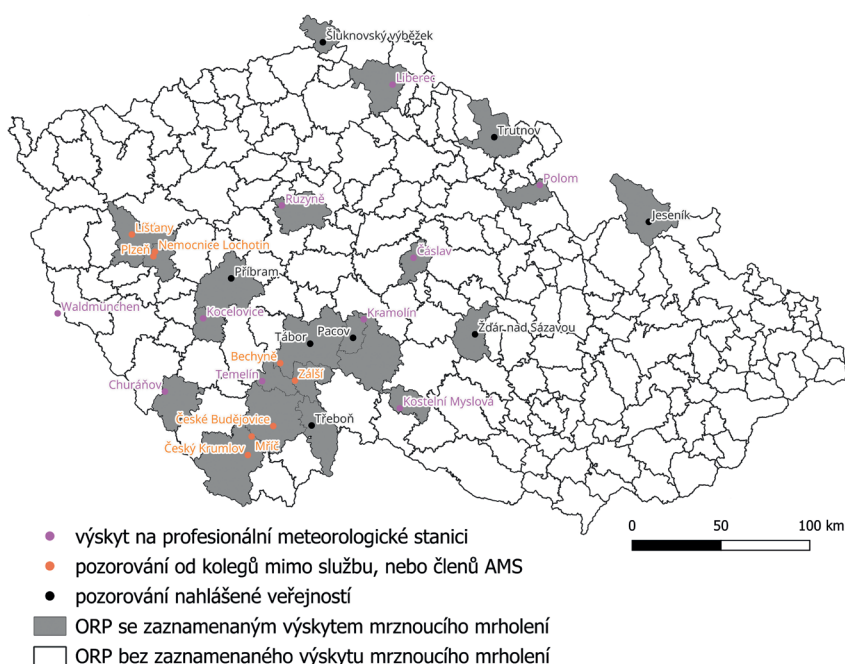
V noci na 28. 1. byl většinou hlášen opět přechod do sněžení.

Sobota 28. 1. a neděle 29. 1. 2023

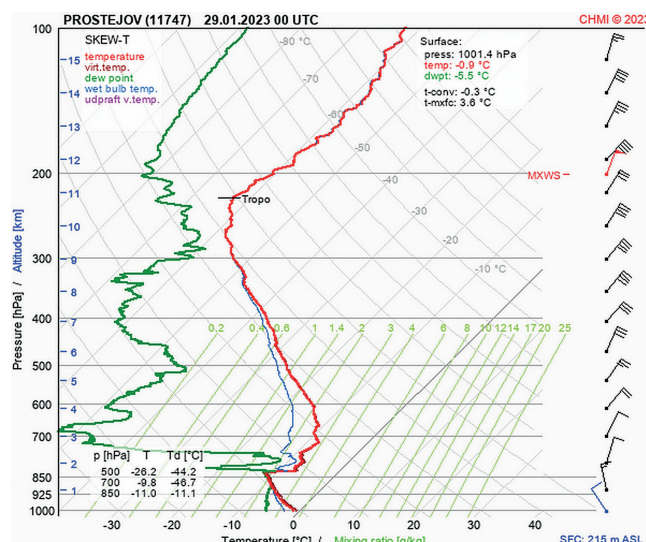
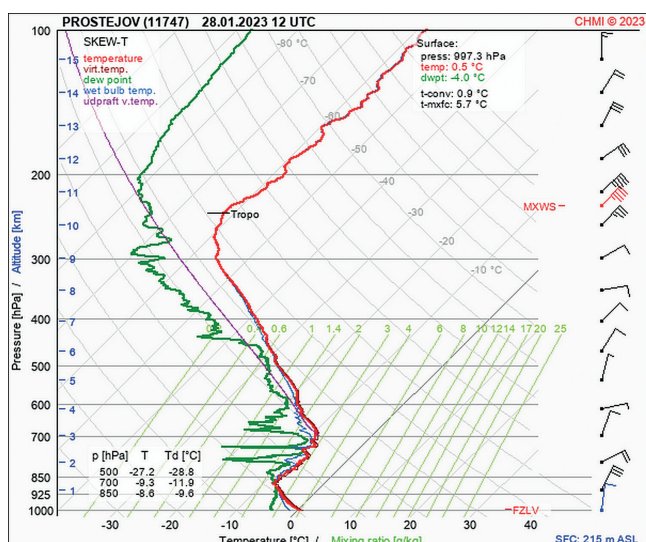
I nadále nad naše území od západu zasahoval hřeben vyššího tlaku vzduchu a kolem něj k nám od severovýchodu pronikal chladný vzduch. Výšková níže nad Středomořím slábla a nad naše území se od severu nasouval výškový hřeben vyššího tlaku vzduchu.

Na sondážích na obr. 10 je vidět, že pomalu mizela vlhká vrstva ve středních hladinách a namísto ní se do ČR opět dostával dosti suchý vzduch. Opět nastávaly ideální podmínky pro SWRP.

Mrznoucích srážek během dne přibývalo – k večeru nejvíce na severovýchodě území – bohužel v místech, kde je naprosté minimum profesionálních stanic (s výjimkou horských jen Ostrava-Mošnov). Zde v noci navíc přechodně zesílil severovýchodní vítr, zejména v nižších hladinách. V noci z 28. na 29. 1. se vyskytly poměrně intenzivní mrznoucí srážky. Z více míst na Jeseníku, Bruntálsku a Opavsku a poté na severovýchodním návětrí Šumavy byla hlášena silná ledovka, v polohách nad cca 500 m navíc v kombinaci s výraznou námrazou. (Česká televize 2023; Kutěj 2023; Procházka, Čáp 2023; Rolčík 2023a)



Obr. 9 Mapa výskytu mrznoucího mrholení 27. 1. 2023.
Fig. 9. Map of occurrence of freezing drizzle on 27. 1. 2023.



Obr. 10 Sondáže z Prostějova z 28. 1. 2023, 12:00 UTC, a 29. 1. 2023, 00:00 UTC.

Fig. 10. Vertical profiles from Prostějov on 28. 1. 2023, 12:00 UTC and 29. 1. 2023, 00:00 UTC.

5. Závěr

Ledovka jako důsledek teplé, okluzní nebo „maskované“ studené fronty je poměrně předvídatelná, srážkové pásmo bývá zřejmé. Ale v případě SWRP je suma očekávaných srážek nejistá a naměřené sondážní profily k posouzení srážkotvorných procesů jsou k dispozici jen ve velmi omezené míře, v ČR jen z Prahy Libuše a z Prostějova.

Situace SWRP se v našich podmínkách nevyskytují tak zřídka, jak bychom si mohli myslet, a podkladů pro jejich operativní předpověď není mnoho, zejména kvůli nedostatku reprezentativních sondáží.

Z dosavadních pozorování vyplývá, že mrznoucí srážky vzniklé těmito procesy bývají většinou menšího plošného rozsahu a vyskytují se zejména na návětrích hor. Shodou okolností jsou to často oblasti hůře pokryté staniční sítí.

Při severovýchodních situacích, které ve srovnání se situacemi jinými bývají příčinou mrznoucích srážek nejčastěji, jsou severní Morava, Slezsko a jižní Čechy k tvorbě těchto srážek náchylné podobně.

Za vhodných podmínek se může vytvořit i několikadenní výrazná situace, jako byla tato.

Je zásadně důležité mít kromě údajů z profesionálních stanic i jiné věrohodné zdroje informací: amatérští pozorovatelé, silniční meteorologické stanice (detekce stavu povrchu vozovky – ty ale bývají již chemicky ošetřené, čímž informaci pro meteorologa zkreslují), veřejnost, na jejichž základě bude moci výstražná služba rychle reagovat vydáváním a aktualizacemi výstrah.

Poděkování:

Děkujeme kolegům z předpovědních pracovišť ČHMÚ, kteří v popsaném období byli ve službách a také vydávali výstrahy na tento nebezpečný jev, a kolegům, kteří nám byli při psaní tohoto příspěvku nápomocni.

Literatura:

- BERNSTEIN, B. C., 2000. Regional and Local Influences on Freezing Drizzle, Freezing Rain, and Ice Pellet Events. *Weather and Forecasting*, Vol. 15, s. 485–508. ISSN 0882-8156, eISSN 1520-0434.
- ČESKÁ TELEVIZE, 2023. Události 29. 1. 2023 [online]. [cit. 5. 7. 2025]. Dostupné z WWW: <https://www.ceskatelevize.cz/porady/1097181328-udalosti/223411000100129/cast/959403/>.
- Elektronický meteorologický slovník (eMS), 2019. [online]. Česká meteorologická společnost [cit 20. 02. 2024]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.
- HUFFMAN, G. J., NORMAN JR., G. A., 1988. The Supercooled Warm Rain Process and the Specification of Freezing Precipitation. *Monthly Weather Review*, Vol. 116, s. 2172–2182. ISSN 0027-0644, eISSN 1520-0493.
- KUTĚJ, R., 2023. Řidiči pozor! Ledovka sevřela téměř celý kraj, opatrní musí být také chodci [online]. [cit. 5. 7. 2025]. Dostupné z WWW: <https://opavsky.denik.cz/nehody/stav-silnic-ms-kraj-ledovka-ms-kraj-pocasi-ms-kraj.html>.
- PROCHÁZKA, J., ČÁP, S., 2023. Na Šumavě před koncem ledna ve znamení námrazy [online]. [cit. 5. 7. 2025]. Dostupné z WWW: <https://meteo-sumava.cz/aktuality/2023/na-sumave-pred-koncem-ledna-ve-znameni-namrazy/>.
- RAUBER, R. M., OLTHOFF, L. S., RAMAMURTHY, M. K., KUNKEL, K. E., 2000. The Relative Importance of Warm Rain and Melting Processes in Freezing Precipitation Events. *American Meteorological Society*, Vol. 39, s. 1185–1194. ISSN 0894-8763, eISSN 1520-0450.
- ROLČÍK, I., 2023a. Námraza ve Volarech [online]. [cit. 5. 7. 2025]. Dostupné z WWW: https://meteo-sumava.cz/aktuality/2023/namraza-ve-volarech/?fbclid=IwAR3F8iTLkE8xKWty7q9SzwpiHdSt-fhwIhLyLwSpio_j4aJESGYBXeD6DN4.
- ROLČÍK, I., 2023b. Od vyšších poloh tvorba ledovky [online]. [cit. 5. 7. 2025]. Dostupné z WWW: <https://meteo-sumava.cz/.../od-vyssich-poloh-tvorba-ledovky/>.
- University of Illinois, 2010. SWRP Sounding: supercooled warm-rain process [online]. [cit. 5. 7. 2025]. Dostupné z WWW: [http://ww2010.atmos.uiuc.edu/\(Gh\)/guides/mtr/cld/prcp/zr/fcst/swrp.xml](http://ww2010.atmos.uiuc.edu/(Gh)/guides/mtr/cld/prcp/zr/fcst/swrp.xml).

Lektoři (Reviewers):

RNDr. František Šopko, RNDr. Marek Kašpar, Ph.D.