

Zimní epizoda s celodenními mrazy, ledovkou a sněžením v ČR v únoru 2021

Winter episode with all-day frosts, glaze and snowfall in the Czech Republic in February 2021

František Šopko

Český hydrometeorologický ústav
Centrální předpovědní pracoviště
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4-Komořany
✉ frantisek.sopko@chmi.cz

The article describes meteorological situation with advection of the Arctic air and all-day frosts, snowfall and freezing rain with glaze creation in the Czech Republic in February 2021. Some of meteorological products used at the meteorological service that characterize the weather during this winter period are shown as well. Warnings against severe weather issued during the period are also presented. Dangerous weather, which occurred during the situation, significantly affects everyday human activities, transport, energetics, etc. So timely and accurate forecasts of this weather is an important component of forecasting and warning service of CHMI.

KLÍČOVÁ SLOVA: Aladin – mráz celodenní – předpovědní model numerický – situace synoptická – sníh – Systém integrované výstražné služby (SIVS) – únor 2021 – Visual Weather

KEYWORDS: Aladin – all-day frost – numerical weather prediction model – synoptic situation – snow – Integrated Warning Service System – February 2021 – Visual Weather

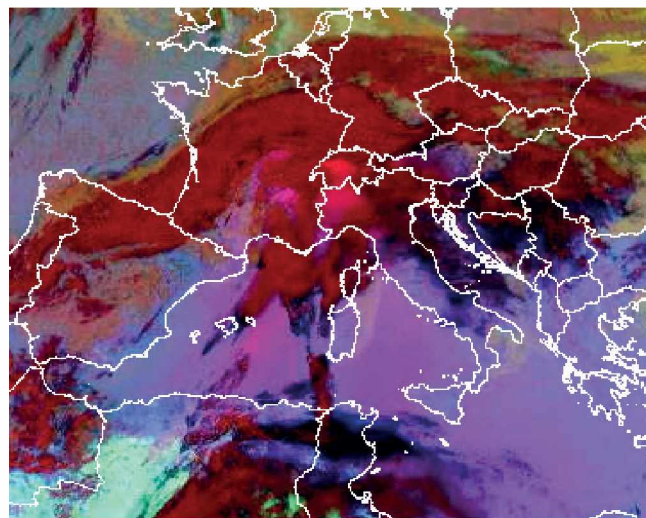
1. Vpád studeného vzduchu, sněžení a tvorba ledovky, písek ze Sahary

Začátkem února 2021 přinesly frontální systémy do střední Evropy teplý a vlhký vzduch od jihozápadu a odpolední teplota vzduchu tak 3. a 4. 2. dosáhla na většině území ČR na únor vysokých hodnot, převážně 4 až 11 °C. Během 4. a 5. 2. se nad střední Evropou vytvořilo výrazné frontální rozhraní oddělující teplý vzduch na jihu a jihozápadě od studeného, původem ze Sibíře, na severu a severovýchodě.

Během 5. 2. se postupně od jihozápadu vyskytly dešťové srážky, přecházející zejména na severu a severovýchodě ve sněhové. Dne 6. 2. ráno leželo na severu a severovýchodě 0 až 3 cm nového sněhu.

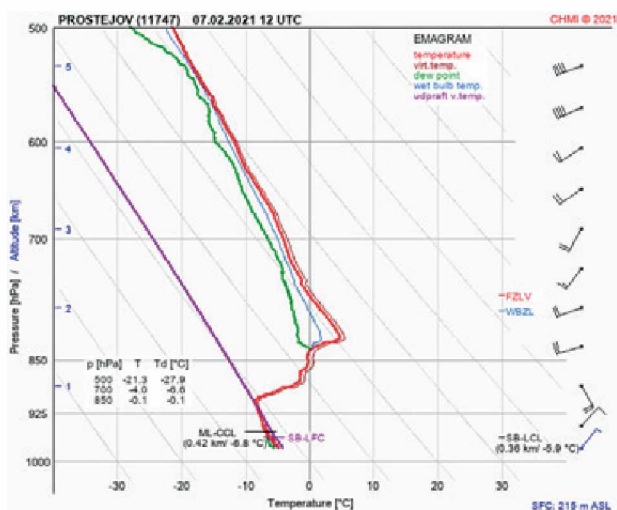
Během 6. 2. se zvolna od severovýchodu ochlazovalo, a tak srážky většinou přecházely ve sněhové, a ojediněle i namrzaly, hlavně v jihozápadních oblastech Čech a na jižní Moravě. V severní polovině ČR napadlo do rána 7. 2. do 4 cm nového sněhu, na severozápadě Čech až 16 cm, ale v jižní polovině ČR se sněhová pokrývka většinou nevytvořila. Srážky včetně sněžení 6. 2. v sobě obsahovaly písek, který se nad střední Evropu dostal s teplým vzduchem až ze Sahary (obr. 1). A tak si řada občanů všimla zabarvení nové sněhové pokrývky do oranžova. Sníh, který padal v dalších dnech ve studeném vzduchu, už saharský písek neobsahoval a byl bílý. Při odklizení sněhu, zejména 8. 2. v Čechách, si bylo možno všimnout kontrastu mezi spodní zabarvenou vrstvou a horní zářivě bílou vrstvou sněhové pokrývky.

Během noci a přes den 7. 2. teplota vzduchu ve 2 m nad zemí postupně od severovýchodu klesala na celém území ČR pod 0 °C, přičemž v jižní polovině území včetně střední Moravy a Ostravska se po většinu dne vyskytovaly kapalně srážky většinou ve formě mrholení, které namrzaly a vytvářely ledovku.



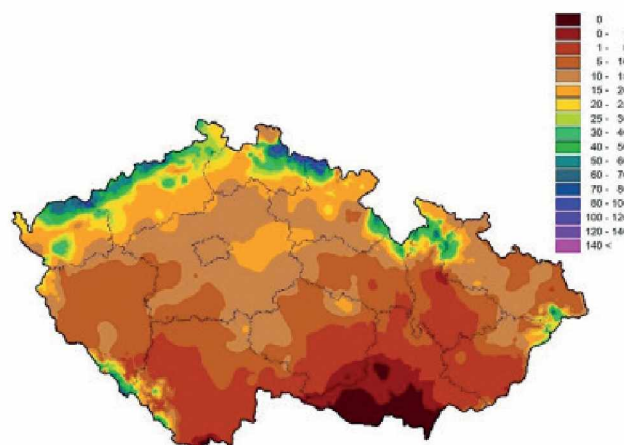
Obr. 1 Snímek z meteorologické družice MSG – mikrofyzikální produkt kombinující informace ze tří infračervených kanálů z 6. 2. 12:00 UTC detekující jasně růžovou barvou saharský písek v atmosféře nad západním Středomořím, jihovýchodní Francií, severní Itálií a Švýcarskem postupující k severu až severovýchodu.

Fig. 1. Meteorological MSG satellite image – microphysical product combining information from three IR channels from 6th February 12:00 UTC detecting, by bright pink colour, Sahara sand in the atmosphere over the western Mediterranean, southeastern France, northern Italy, and Switzerland, moving north to north-east.



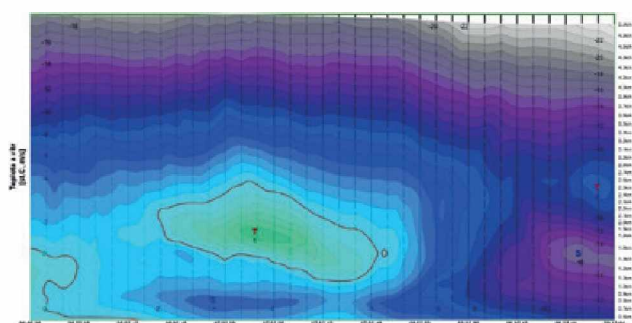
Obr. 2 Aerologický výstup ze stanice Prostějov ze 7. 2. 2021 12:00 UTC, kdy se vyskytovaly mrznoucí srážky.

Fig. 2. Aerological profile from the Prostějov station from 7th February 12:00 UTC when freezing precipitation occurred.



Obr. 5 Výška celkové sněhové pokrývky 10. 2. 06:00 UTC. Nejvíce sněhu leželo v severních oblastech Čech, naopak jih Moravy byl téměř beze sněhu.

Fig. 5. Total snow cover depth on 10th February 06:00 UTC. The most snow was in the northern regions of Bohemia, while the south of Moravia was almost without snow.



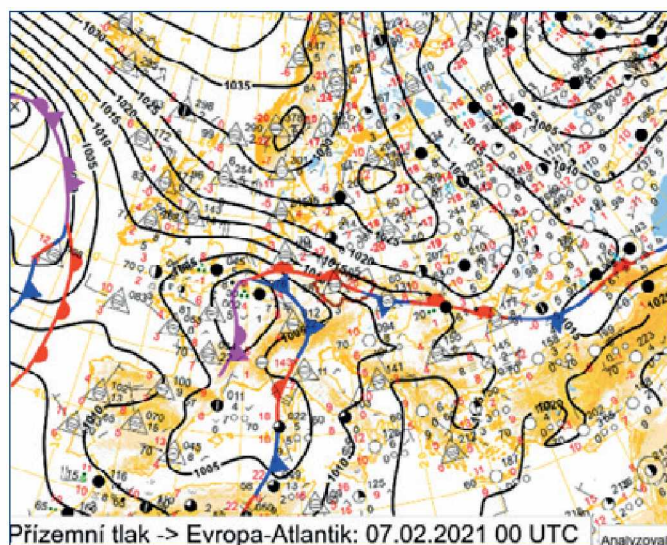
Obr. 3 Předpovědní vertikální profil z modelu Aladin pro Jihlavu z 6. 2. 00:00 UTC na 72 hodin dopředu.

Fig. 3. Forecasting vertical profile from the Aladin model for Jihlava from 6th February 00:00 UTC for 72 hrs ahead.

Na Moravě se vyskytovalo mrznoucí mrholení při teplotě až $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$, na jižní Moravě při teplotě kolem $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Večer srážky zesilovaly, v jižní polovině ČR byly ve formě mrznoucího deště, ojediněle i zmrzlého deště, přičemž až v noci na 8. 2. srážky postupně přeshly ve sněhové.

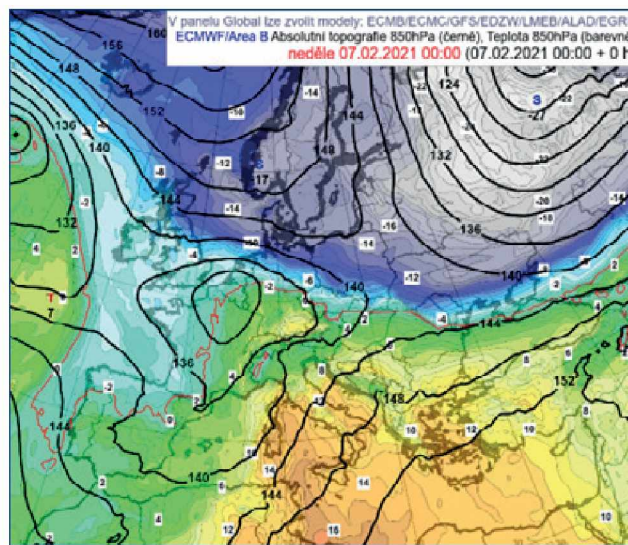
Do rána 8. 2. napadlo většinou od 3 do 12 cm nového sněhu, avšak na jižní Moravě stále zůstala místa bez sněhové pokrývky. V dalších dnech už sněžilo většinou jen místy nejvýše do 5 cm za 24 hodin.

Situaci ve vyšších vrstvách atmosféry v den mrznoucích srážek znázorňuje aerologický výstup z Prostějova ze 7. 2. 12:00 UTC (obr. 2). Ve vrstvě atmosféry nad hladinou 850 hPa bylo teplejší jihozápadní proudění, zatímco ve spodní vrstvě atmosféry zesílalo v severovýchodním proudění nad naše území příliv studeného původu arktického vzduchu. Proto se



Obr. 4 Analýza přízemní synoptické situace a analýza mapy AT850 hPa ze 7. 2. 00:00 UTC. Studený vzduch v severní a severovýchodní Evropě je vyjádřen tmavě modrou až šedou barvou.

Fig. 4. Surface synoptic situation analysis and AT850 hPa analysis from 7th February 00:00 UTC. Cold air in the northern and northeastern Europe is indicated in dark blue to grey colour.



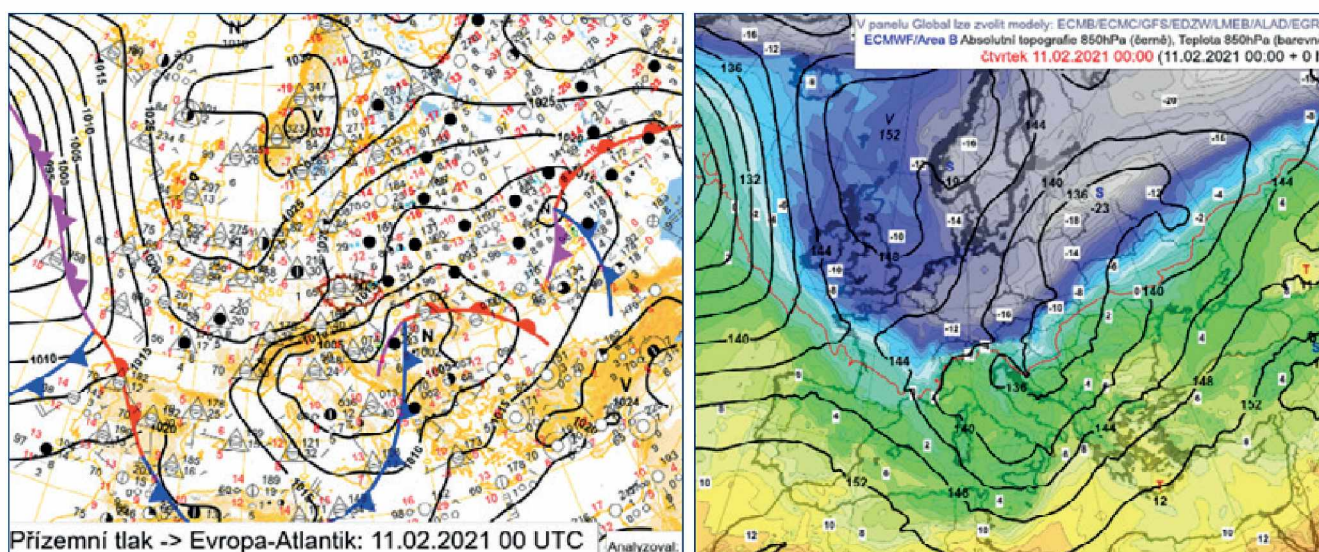
na našem území i přes den většinou ochlazovalo. Můžeme to vidět i na předpovědním vertikálním profilu pro Jihlavu z modelu Aladin z 6. 2. 00:00 UTC na 72 hodin dopředu (obr. 3). Profil sahá od povrchu země (cca 500 m nad mořem) do výšky 5 km nad mořem. Pro noc a den 7. 2. je dobře patrný teplý vzduch s maximem teploty $+6^{\circ}\text{C}$ ve výšce kolem 1 700 m nad mořem. Zejména do spodní vrstvy atmosféry, kde byla teplota vzduchu pod bodem mrazu, se „tlačil“ studený vzduch od severovýchodu. Pro 8. 2. je už celý profil „zalitý“ studeným vzduchem.

Situaci ukazuje i analýza přízemní synoptické situace a analýza hladiny 850 hPa ze 7. 2. 00:00 UTC (obr. 4). Nad střední Evropou se vlní frontální rozhraní s teplejším vzduchem na jihozápadě a studeným na severovýchodě. Tlaková níže postupovala z Francie dále k východu až jihovýchodu a v jejím týlu k nám 8. 2. dále zesílil příliv studeného vzduchu od severovýchodu. Od tohoto dne srážky už byly jen sněhové.

Celkovou výšku sněhové pokrývky k termínu 10. 2. 06:00 UTC ukazuje obr. 5. V dalších dnech už přírůstky sněhové pokrývky byly většinou malé, v severní polovině Čech už prakticky nesněžilo.

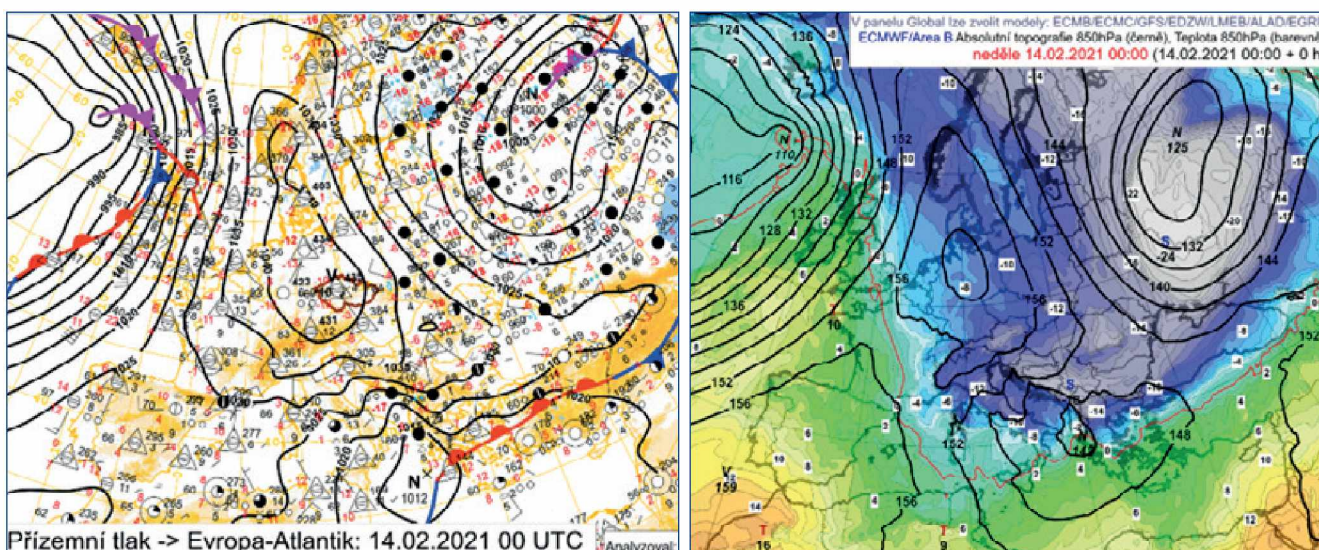
2. Období celodenních mrazů

V dalších dnech v oblasti nižšího tlaku nad střední Evropou k nám i nadále pronikal studený vzduch od severovýchodu. Jeho příliv vyvrcholil v týlu tlakové níže, která postupovala během 10. 2. ze západní Evropy nad Balkánský poloostrov (obr. 6). V hladině 850 hPa dosáhla teplota až k -20°C . Současně se ze Skandinávie do střední Evropy rozšířila mohutná tlaková výše (obr. 7), ve které se vyjasnilo a při sněhové pokrývce a uklidnění větru teplota vzduchu ve dnech 12. 2. až 15. 2. klesala v nočních hodinách převážně na -10 až -18°C , ojediněle i výrazně níže.



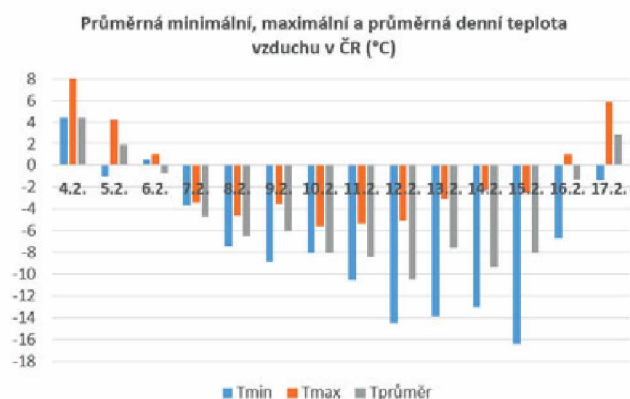
Obr. 6 Analýza přízemní synoptické situace a analýza mapy AT850 hPa z 11. 2. 00:00 UTC, kdy zesílil příliv arktického vzduchu do střední Evropy.

Fig. 6. Surface synoptic situation analysis and AT850 hPa analysis from 11th February 00:00 UTC when the flow of Arctic air into Central Europe intensified.



Obr. 7 Analýza přízemní synoptické situace a analýza mapy AT850 hPa ze 14. 2. 00:00 UTC, kdy mrazivé počasí zejména v nočních a ranních hodinách vrcholilo.

Fig. 7. Surface synoptic situation analysis and AT850 hPa analysis from 14th February 00:00 UTC when the freezing weather peaked, especially at nights and in the mornings.



Obr. 8 Průběh průměrné minimální, maximální a průměrné denní teploty vzduchu v ČR po dnech během období silných mrazů.

Fig. 8. Average minimum, maximum, and average daily air temperatures in the Czech Republic during the period of severe frosts.

Tab. 1 Teplota vzduchu ve 2 m nad zemí pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ naměřená během období silných mrazů.

Table 1. Air temperature 2 m above the ground below $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ measured during periods of severe frost.

Datum	Stanice	Nadm. výška	Minimální teplota
12. 2.	Rokytská slať	1 100	$-30,6$
14. 2.	Jelení, u mostu	852	$-32,7$
14. 2.	Rokytská slať	1 100	$-31,2$
14. 2.	Březník	1 139	$-30,7$
14. 2.	Kvilda-Perla, Jezerní slať	1 058	$-30,3$
15. 2.	Kořenov, Jizerka, Horní Jizera	823	$-31,8$
15. 2.	Kvilda-Perla, Jezerní slať	1 058	$-31,4$
15. 2.	Rokytská slať	1 100	$-31,3$
15. 2.	Březník	1 139	$-30,3$
15. 2.	Kořenov, Jizerka	858	$-30,3$

Průběh nejnižší noční (za období 21:00 až 07:00 SEČ) a nejvyšší denní (07:00 až 21:00 SEČ) teploty vzduchu spolu s průměrnou denní teplotou (00:00 až 24:00 SEČ) pro polohy pod 600 m nad mořem v ČR ukazuje obr. 8. Velká denní amplituda teploty ve druhé polovině období mrazů odpovídá vlivu tlakové výše a převážně malé oblačnosti. Ve známých „mrazových kotlinách“ teplota vzduchu ojediněle klesla i pod $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Na řadě míst byly zaznamenány největší mrazy od roku 2012, na některých stanicích i déle. Mimo hory byla nejnižší teplota naměřena v pondělí 15. 2. na stanicích Adršpach a Velké Chvojno, a to $-25,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, Králíky $-24,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, Broumov $-24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a Teplice nad Metují-Zdoňov $-24,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na necelé čtvrtině stanic byla tento den minimální teplota $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší, na polovině stanic byla minimální teplota $-17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a nižší.

Sněhová pokrývka se udržela zhruba 11 dní, po oteplení 17. 2. rychle roztála. Např. na území Prahy se sněhová pokrývka nad 10 cm (dle měření ze stanic Ruzyně, Kbely, Libuš a Karlov v rozmezí 11 až 18 cm) udržela po dobu devíti dnů. Udržela se tedy poměrně dlouho, na rozdíl od předcházejících teplých zim, kdy napadlý sníh, kterého většinou bylo málo, vydržel ležet jen krátce.

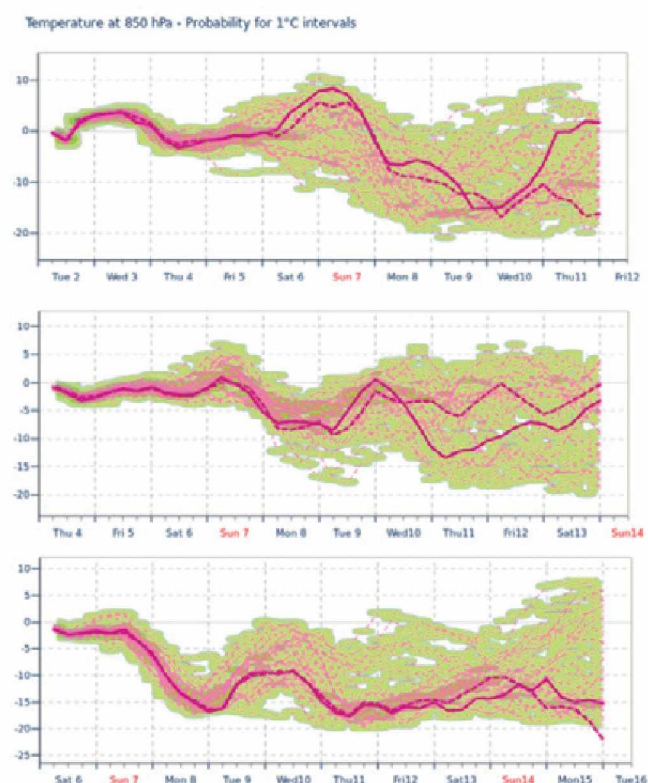
I přes více než týdenní období se silnými mrazy, měsíc únor 2021 byl v ČR průměrný. Průměrná měsíční teplota $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ byla o $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ vyšší, než je dlouhodobý normál (1981–2010).

Výrazné vpády studeného vzduchu od severu nastaly i v dalších týdnech postupně končící kalendářní zimy a nastupujícího jara. Duben i květen 2021 se zařadily mezi teplotně silně podnormální měsíce, ještě v dubnu se sněžení docela často vyskytovalo i v nižších polohách.

3. Vyhodnocení modelových výstupů a předpovědí ČHMÚ

3.1 Předpověď mrazů

Měsíční předpověď ECMWF pro hodnocené období mrazů byla neúspěšná. Je vydávána dvakrát týdně na 45 dní dopředu. Nová předpověď je k dispozici vždy v úterý (výpočet z pondělní 00:00 UTC) a v pátek (výpočet ze čtvrteční 00:00 UTC). Jejich výstupy jsou na šest následujících týdenních období, vždy od pondělí do neděle. Vzhledem k tomu, že mrazivé období začalo v podstatě v neděli a trvalo po celý následující týden, je možno snadno provést jednoduché porovnání. Výpočet z 1. 2. předpokládal období od 8. 2. do 14. 2. v ČR teplotně v mezích dlouhodobého normálu. Následující výpočet ze 4. 2. předpokládal toto období jen mírně podnormální, na jihu ČR stále normální. Tedy i výpočty s takto krátkým předstihem nedokázaly předpovědět období silných mrazů.



Obr. 9 Předpověď teploty vzduchu v hladině 850 hPa na 10 dní dopředu modelu ECMWF z 2. 2. 00:00 UTC (nahore), ze 4. 2. 00:00 UTC (uprostřed) a ze 6. 2. 00:00 UTC (dole). Z výrazných rozdílů mezi jednotlivými výpočty i z rychle narůstající šířky vleců již od cca 5. dne je patrná vysoká míra nejistoty předpovědi.

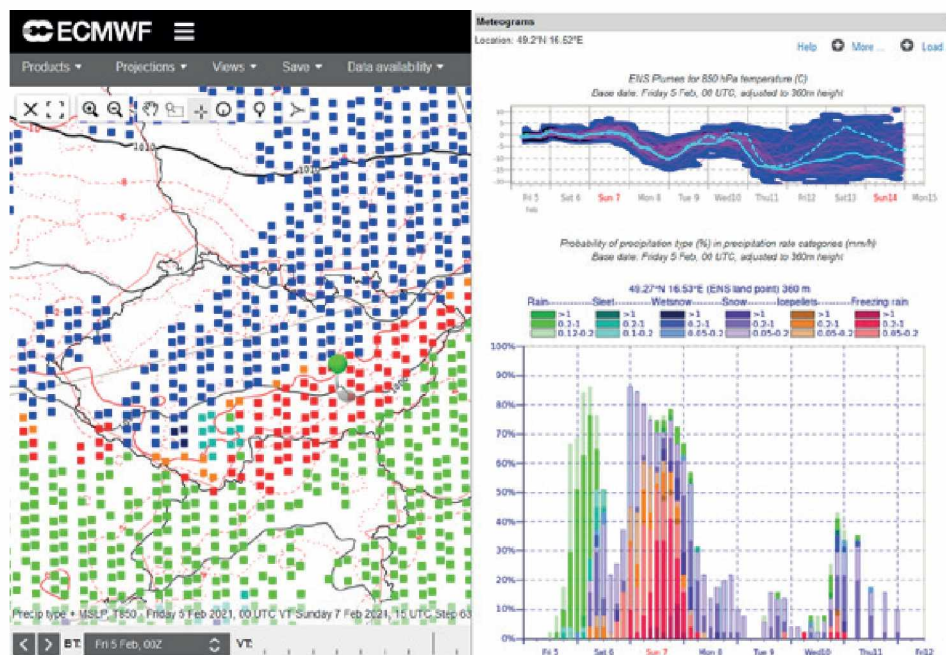
Fig. 9. Forecast of air temperature in the 850 hPa level for 10 days ahead of the ECMWF model from 2nd February 00:00 UTC (above), from 4th February 00:00 UTC (middle), and from 6th February 00:00 UTC (below). Considerable differences among individual runs and growing width of plumes from 5th day show high level of uncertainty of the forecast.

Vysoká míra nejistoty, zda do ČR pronikne velmi studený vzduch, byla ještě několik dní předem u všech numerických předpovědních modelů používaných v ČHMÚ. Tedy předpovědi ECMWF, ICON-EU, GFS (model národní meteorologické služby USA) i CMC (model kanadské národní služby). A to jak u jejich hlavních modelů, tak i ansámblových předpovědí. Na příkladu vleček teploty v hladině 850 hPa na 10 dní dopředu modelu ECMWF to ukazuje obr. 9. Nahoře je předpověď z 2. 2. 00:00 UTC ukazující vysokou pravděpodobnost vpádu studeného vzduchu během 8. 2. a 9. 2. Uprostřed je předpověď ze 4. 2., která ukazovala na spíše mírné ochlazení při značné nejistotě předpovědi. Dole pak předpověď ze 6. 2. ukazující na vpád studeného vzduchu během 8. 2. a jeho pokračování v dalších dnech. Vysoká míra nejistoty je patrná i ze šířky rozpětí předpovědí (šířka „vleček“) od zhruba 5. dne předpovědi. Podobně velká míra nejistoty předpovědi a nekonistence výstupů byla i u ostatních numerických modelů. Bylo to podmíněno zejména tím, že studený vzduch se dostával přes Polsko do blízkosti našich hranic a pak stačí i malá změna proudění vzduchu, na níž závisí, zda studený vzduch na území ČR pronikne nebo nikoli.

Od toho se odvíjela i úspěšnost předpovědi ČHMÚ. S ochlazením od 7. 2. počítaly střednědobé předpovědi meteorologů počínaje předpovědi z 31. 1. (v závěru předpovědi – vyhlídky). I v dalších dnech meteorologové očekávali příchod mrazů zhruba od 7. 2., ale míra očekávaného poklesu teploty byla s ohledem na numerické předpovědi a jejich nejistotu poněkud podceněna. Až upřesnění předpovědi ze soboty 6. 2., které už počítalo se silnými mrazy, odpovídalo skutečnosti.

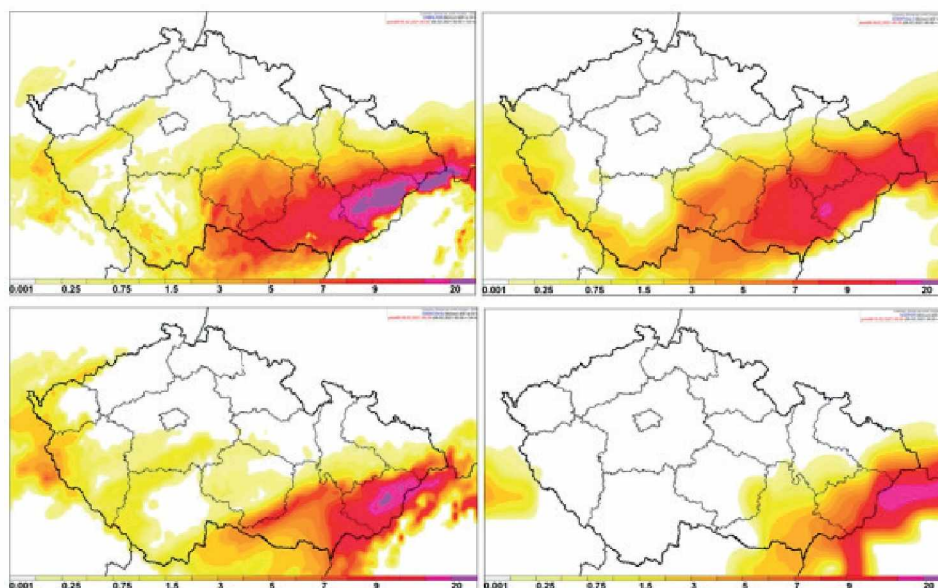
Na dny s nejsilnějšími mrazy, které trvaly od 12. 2. do 15. 2., byla vydána výstraha Systému integrované výstražné služby (dále jen SIVS). Ta byla postupně upřesňována v závislosti na tom, ve kterých regionech ČR se očekávaly mrazy pod -12°C , což je limit pro vydávání výstrah na silný mráz pro polohy pod 600 m nad mořem.

3.2 Předpověď tvorby ledovky a nové sněhové pokrývky



Obr. 10 Vlevo mapa předpovědi druhu srážek z hlavního (deterministického) modelu ECMWF z 5. 2. 00:00 UTC na 7. 2. 15:00 UTC. Vpravo na základě systému ansámblových předpovědí ECMWF pro zvolené místo (v tomto případě na jižní Moravě) vlečky teploty vzduchu v hladině AT850 hPa (nahore) a pravděpodobnost jednotlivých druhů srážek na 7 dní dopředu (dole). Zelená značí déšť, tyrkysová sníh s deštěm, modrá vlhký sníh, světle modrá suchý sníh, oranžová zmrzlý déšť a červená mrznoucí déšť.

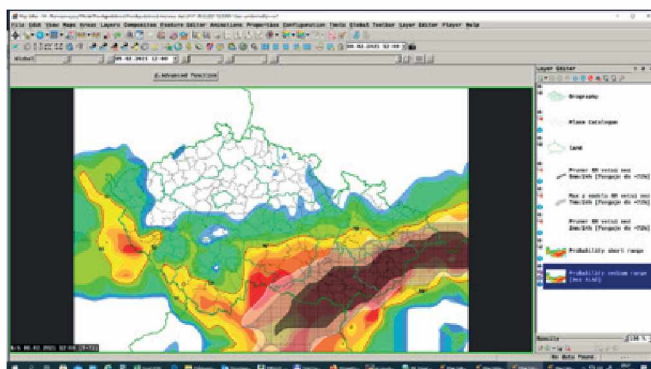
Fig. 10. On the left, map of precipitation type prediction from the main (deterministic) ECMWF model from 5th February 00:00 UTC to 7th February 15:00 UTC. On the right, the outputs based on the ECMWF ensemble prediction system for the selected place (in this case for South Moravia) plumes of the air temperature at the level of AT850 hPa (above) and the probability of individual types of precipitation for 7 days ahead (below). Green colour means rain, turquoise snow and rain, blue wet snow, light blue dry snow, orange frozen rain, and red freezing rain.



Obr. 11 Předpověď množství mrznoucích srážek [mm] za 24 hodin z termínu na 6. 2. 00:00 UTC na období 7. 2. 06:00 UTC až 8. 2. 06:00 UTC z UTC z numerických modelů Aladin (vlevo nahore), ECMWF (vpravo nahore), ICON-EU (vlevo dole) a GFS (vpravo dole).

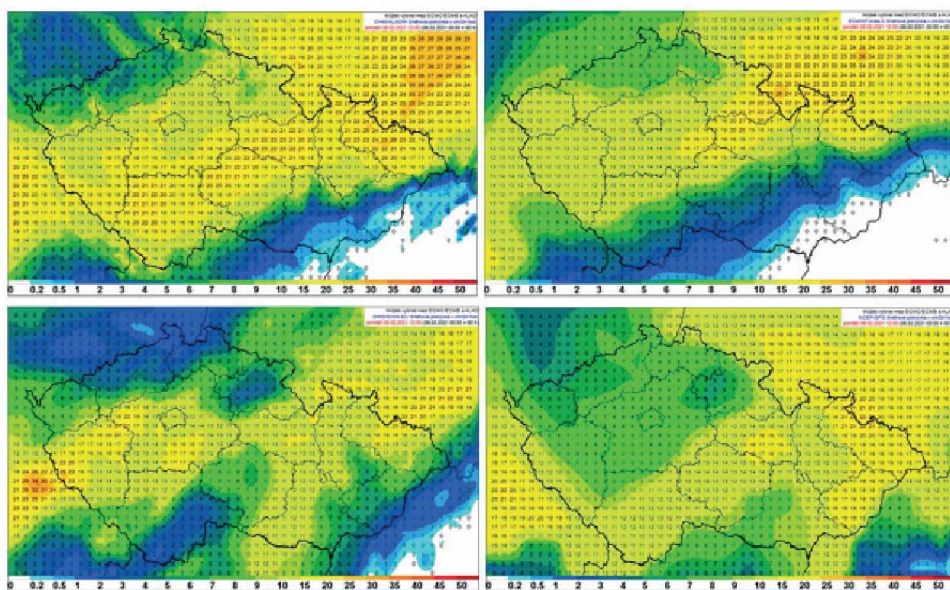
Fig. 11. Prediction of freezing precipitation amount in mm/24 hrs from 6th February 00:00 UTC for the period 7th February 06:00 UTC to 8th February 06:00 UTC from the Aladin (top left), ECMWF (top right), ICON-EU (bottom left), and GFS (bottom right) numerical models.

Příchod období mrazů a atmosférické procesy v nástupu mrazivého období, včetně vertikálního zvrstvení, byly předpověděny v zásadě úspěšně. Jednalo se o předpověď jak množství, tak i skupenství srážek, navíc dopadajících na postupně se prochlazující povrch země, což vytvořilo podmínky pro tvorbu ledovky, popř. i náledí. To se tvořilo v důsledku dešťových srážek majících původ v podstatě v oblasti teplého vzduchu



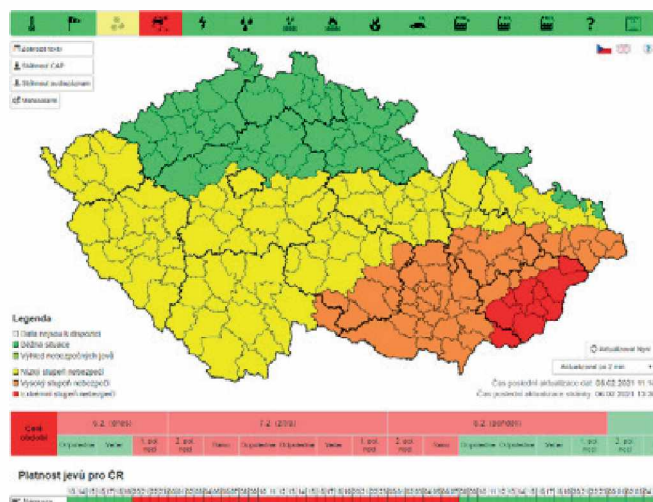
Obr. 12 Pravděpodobnost mrznoucích srážek v procentech (barevné pole) na základě čtyř numerických modelů z východního termínu 5. 2. 12:00 UTC na období 7. 2. 12:00 UTC až 8. 2. 12:00 UTC vytvořený ve VW. Výstup je doplněn šedým šrafováním v místech, kde průměr množství mrznoucího deště z těchto modelů přesahuje 5 mm/24 hodin, resp. maximum množství mrznoucího deště z některého z modelů přesahuje 7 mm/24 hodin, což je limit pro vydání výstrahy na extrémně silnou ledovku.

Fig. 12. Freezing precipitation probability in percentage (coloured field) based on four numerical models from 5th February 12:00 UTC for the period 7th February 12:00 UTC to 8th February 12:00 UTC. The output is completed by grey hatch in places where the average of freezing precipitation amount from these models exceeds 5 mm/24 hrs, or the maximum of freezing precipitation of any model exceeds 7 mm/24 hrs (the limit for issuing a warning for an extremely strong glaze).



Obr. 13 Množství nového sněhu v cm výšky z východního termínu 6. 2. 00:00 UTC předpovídaného na 24 hodinové období 7. 2. 12:00 UTC až 8. 2. 12:00 UTC z numerických modelů Aladin (vlevo nahoře), ECMWF (vpravo nahoře), ICON-EU (vlevo dole) a GFS (vpravo dole). Výstup nezahrnuje odtávání sněhové pokrývky.

Fig. 13. New snow cover prediction in cm from 6th February 00:00 UTC for the period 7th February 12:00 UTC to 8th February 12:00 UTC from the Aladin (top left), ECMWF (top right), ICON-EU (bottom left), and GFS (bottom right) models. Melting of snow is not included.



Obr. 14 Výstraha na ledovku a novou sněhovou pokrývkou vydaná ČHMÚ 6. 2. 2021 v 11:18 SEČ.

Fig. 14. Glaze and new snow cover warning issued by CHMI on 6th February 2021 at 11:18 CET.

ve vyšších vrstvách atmosféry při jejich dopadu na prochlazující se povrch země.

Lokalizaci a časový vývoj skupenství srážek bylo možno sledovat mimo jiné na výstupech ECMWF dostupných na webových stránkách tohoto centra (obr. 10). Podobně i výstupy ostatních modelů zobrazovaných v prostředí pracovní stanice meteorologů ČHMÚ Visual Weather firmy IBL soft (dále jen VW) ukazovaly na největší riziko mrznoucích srážek v jižních a západních Čechách a zejména na jižní, střední a východní Moravě (obr. 11). Barevný odstín zde ukazuje předpověď množství dešťových srážek spadlých na prochlazený povrch země za 24 hodin a je také ukazatelem tloušťky předpokládané ledovky.

Obr. 12 pak ukazuje pravděpodobnost mrznoucích srážek v procentech (barevné pole) na základě čtyř numerických modelů s doplněním šedým šrafováním v místech, kde numerické modely předpovídají větší množství srážek, tedy větší vrstvu i nebezpečnost ledovky.

Mezi předpověďmi ledovky u jednotlivých modelů nebyly zásadní rozdíly a tak lokalizace tvorby ledovky byla jimi převážně úspěšně předpověděná se zhruba třídním předstihem. Jen předpověď množství srážek byla modely mírně nadhodnocena, což se projevilo tím, že i tloušťka ledovky byla modely mírně nadhodnocena. Na jižní Moravě tak odpovídala vysokému (oranžovému) stupni nebezpečí, nikoli extrémnímu (červenému). A dále model GFS tím, že předpovídal sice jen o málo nižší teploty, předpokládal mrznoucí srážky v podstatě jen na jihovýchodě Moravy, naopak předpovídal zejména zde více srážek ve formě sněžení.

Za celé popisované období napadlo nejvíce nového sněhu během období 7. 2. 12:00 UTC až 8. 2. 06:00 UTC, převážně od 5 do 10 cm, v severozápadních a severních Čechách kolem 10 cm. Na Moravě s výjimkou hor to bylo do 5 cm, na jižní Moravě do 2 cm. Numerické předpovědní modely předpovídání množství většinou přecenily (obr. 13), předpovídaly převážně 8 až 18 cm, pro Ústecký a Liberecký kraj většinou 5 až 12 cm, pro jihovýchodní Moravu, s výjimkou GFS do 5 cm nového sněhu.

V předpovědích počasí byla poprvé uváděna předpověď tvorby ledovky dne 4. 2., a to na 7. 2. 2021. V dalších dnech byla její předpověď upřesňována. Výstraha SIVS na ledovku a novou sněhovou pokrývku byla poprvé vydána 5. 2. ve 12:17, a to pro většinu území ČR s výjimkou severních oblastí Čech. Byla vydána s nízkým stupněm nebezpečí (žlutá barva), avšak pro Českomoravskou vrchovinu a téměř celou Moravu byla výstraha na ledovku vydána s vysokým stupněm nebezpečí (oranžová).

Následujícího dne 6. 2. byla výstraha na novou sněhovou pokrývku a ledovku upřesněna (obr. 14). Na ledovku byla pro větší část Moravy opět vydána s vysokým stupněm nebezpečí (oranžová) a pro většinu Zlínského kraje s extrémním stupněm nebezpečí (červená).

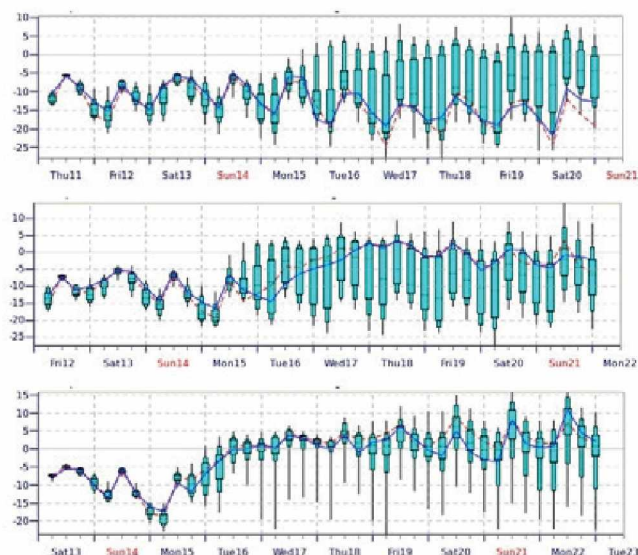
Výstraha byla v zásadě úspěšná, i když množství nového sněhu napadlo o něco méně, než meteorologové na základě výstupů numerických modelů očekávali a ve Zlínském kraji ledovka odpovídala spíše vysokému (oranžovému) stupni. Ledovka se tvořila nejen na silnicích a chodnících, ale také např. na strozech a drátech elektrického vedení, což působilo komplikace zejména při chůzi, v dopravě a v energetice.

4. Příliv teplého vzduchu, ledovka a konec mrazů

Předpoklad ukončení mrazivého období provázela ve výpočtech numerických modelů velká nejistota. Podle výstupů většiny numerických modelů z 9. a 10. 2. to vypadalo, že ve dnech 16. 2.–17. 2. se mrazy zmírní a odpolední teplota vzduchu dosáhne hodnot kolem 0 °C. Nicméně výstupy zejména ECMWF z 11. 2. ukazovaly na trvání mrazivého počasí nejméně do 21. 2. (obr. 15, graf nahoře). Zejména hlavní model (modrá křivka) ukazoval na pokračování silných mrazů s teplotami pod –10 °C. Následujícího dne 12. 2. předpověď zejména hlavního modelu ECMWF (graf uprostřed) již ukazovala zmírnění mrazů s teplotami kolem 0 °C od 17. 2. O den později, výstupy z 13. 2. již ukazovaly vysokou pravděpodobnost rychlého zmírnění mrazů během 16. 2. (graf dole) s odpoledními teplotami v dalších dnech postupně nad bodem mrazu. Tento vývoj se potvrdil, skutečně během 16. 2. se v důsledku přílivu teplejšího vzduchu od západu mraz na území ČR rychle zmírňoval.

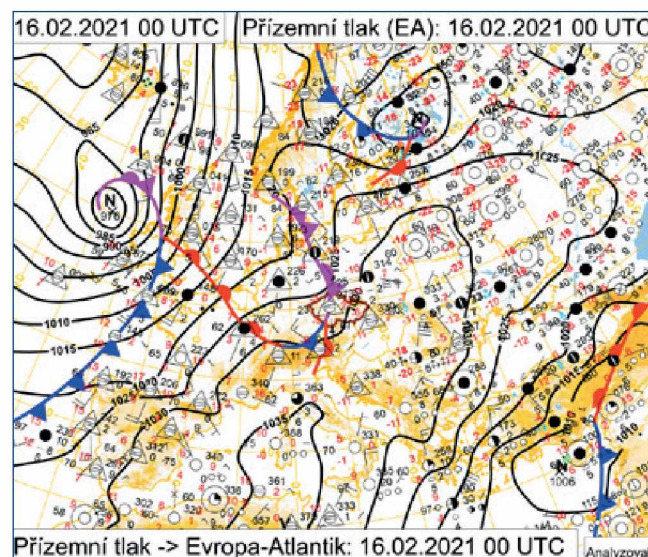
V noci na 16. 2. přecházel přes území ČR již téměř okludovaný frontální systém (obr. 16 a obr. 17), na kterém spadlo do 3 cm sněhu, v Čechách ojediněle přecházející v kapalně srážky padající většinou do sněhové pokrývky.

Následující noc a ráno 17. 2. od západu přecházel přes naše území další frontální systém. Teplota v hladině 850 hPa dosáhla přechodně až +5 °C, a tak sněžení rychle od západu přecházelo v déšť. Vzhledem ke stále záporným teplotám v Polabské nížině, ve východních Čechách a především na Moravě a ve Slezsku, srážky při dopadu na prochlazený zemský povrch namrzaly a vytvářela se ledovka.



Obr. 15 Předpověď teploty vzduchu ve 2 m nad zemí pro Prahu z ECMWF z výchozích termínů 11. 2. 00:00 UTC (nahore), 12. 2. 00:00 UTC (uprostřed) a 13. 2. 00:00 UTC (dole) na 10 dní dopředu z hlavního modelu (modrá křivka) a ansámblu 50 běhů (sloupcový graf ukazující míru nejistoty předpovědi).

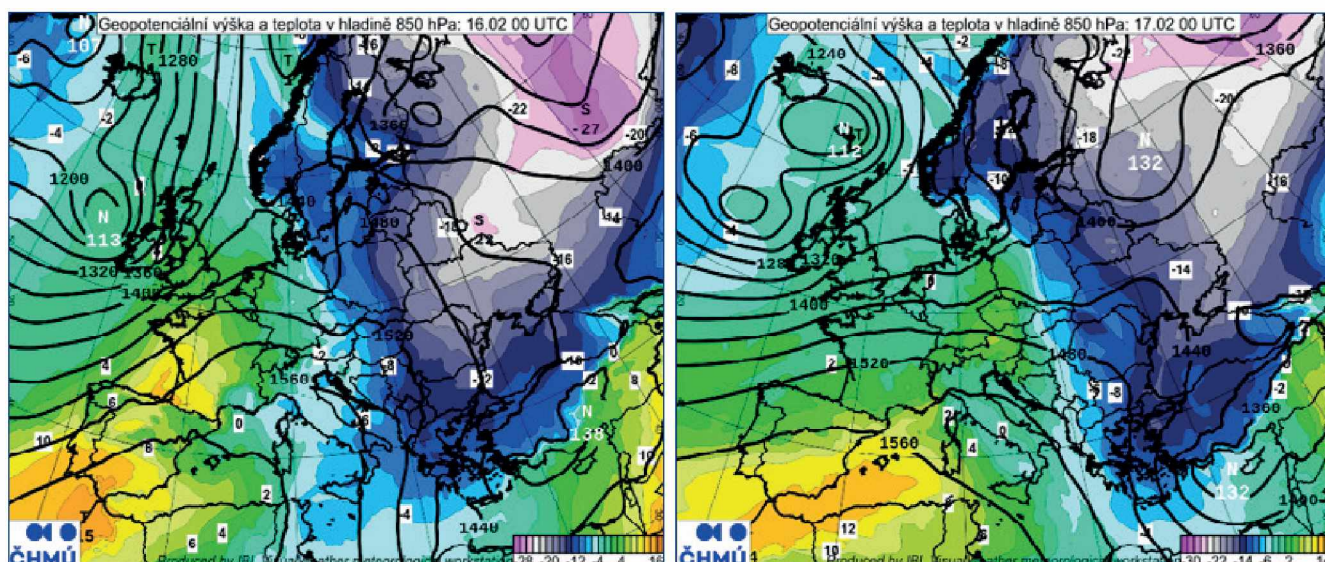
Fig. 15. Air temperature prediction at 2 m above the ground for Prague from ECMWF runs of 11th February 00:00 UTC (top), 12th February 00:00 UTC (middle) and 13th February 00:00 UTC (bottom) for 10 days ahead from the main model (blue curve) and an ensemble of 50 runs (bar chart showing the degree of prediction uncertainty).



Obr. 16 Analýza přízemní synoptické situace z 16. 2. 00:00 UTC.

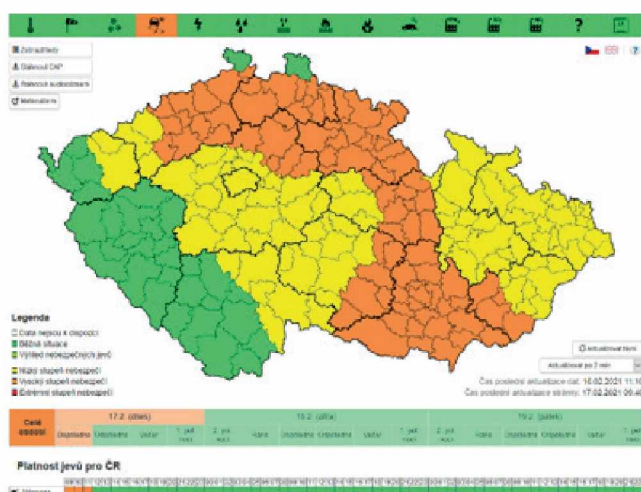
Fig. 16. Surface synoptic situation analysis from 16th February 00:00 UTC.

Ve střednědobé předpovědi byl výskyt mrznoucích srážek na tento den uváděn již od předpovědi z 12. 2., výhled výstrahy byl vydán 14. 2. a samotná výstraha na tvorbu ledovky vydána 16. 2. v 11:10 SEČ (obr. 18). Předpověď ledovky byla vydána v souladu s modelovými výstupy a s ohledem na promrzlou půdu a komunikace po předchozích mrazivých dnech a byla úspěšná.



Obr. 17 Analýza mapy AT850 hPa ze 16. 2. 00:00 UTC (vlevo) a 17. 2. 00:00 UTC (vpravo). Na obr. ze 17. 2. 00:00 UTC je dobře patrný teplý vzduch již nad střední Evropou (světlé zelená až žlutá barva), který sem pronikl od jihozápadu v teplém sektoru frontálního systému během 16. 2.

Fig. 17. AT850 hPa analysis from 16th February 00:00 UTC (left) and 17th February (right). In the picture from 17th February 00:00 UTC, warm air over central Europe (light green and yellow colour) is already apparent, coming with warm sector of frontal system during 16th February.



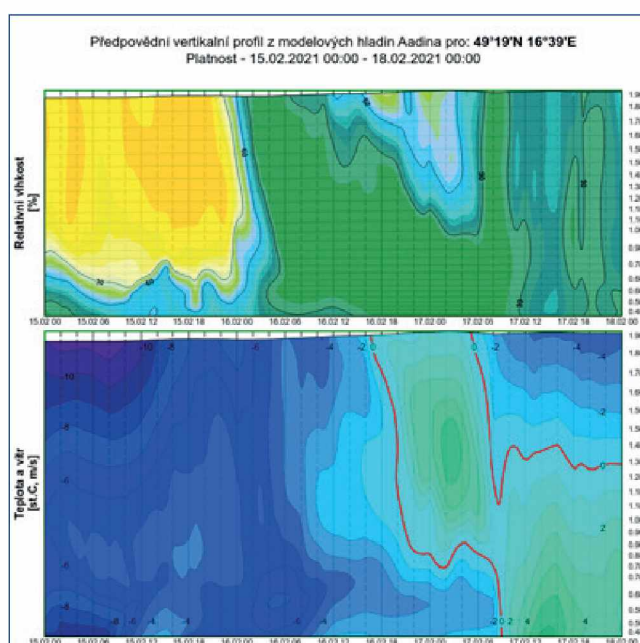
Obr. 18 Výstraha ČHMÚ vydaná 16. 2. v 11:10 SEČ na ledovku (žlutá barva) a silnou ledovku (oranžová) pro 17. 2. od 00:00 do 12:00 SEČ.

Fig. 18. Glaze and severe glaze warning of CHMI issued on 16th February at 11:10 CET for the period 17th February 00:00 to 12:00 CET.

V důsledku sněžení a zejména mrznoucích srážek s tvorbou ledovky došlo k problémům na komunikacích a ke zvýšenému počtu dopravních nehod.

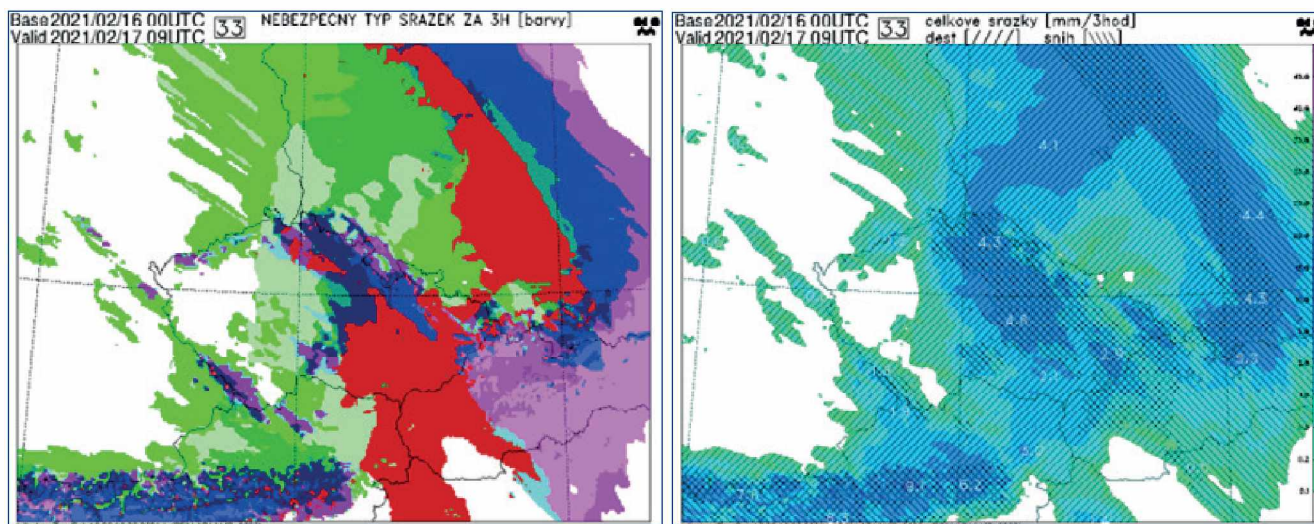
4.1 Hodnocení modelových výstupů v souvislosti s tvorbou ledovky

Na možný výskyt ledovky ukazovaly i vertikální předpovědní profily. V předpovědní službě se používají z modelu Aladin a z modelu ECMWF. Profil z modelu Aladin z výchozího termínu 15. 2. 00:00 UTC pro Brno (obr. 19) ukazoval pro noční



Obr. 19 Předpovědní vertikální profil pro Brno od povrchu země do výšky 2 km nad hladinou moře z modelu Aladin z 15. 2. 00:00 UTC na 72 hodin dopředu. Nahoře profil relativní vlhkosti vzduchu (žlutá značí nízkou vlhkost, modrá až zelená vysokou vlhkost; prvních 24 hodin bylo slunečné počasí), dole profil teploty vzduchu. Je zřejmá teplotní inverze v noci a v ranních hodinách 17. 2., kdy déšť při dopadu na prochlazený zemský povrch namrzal.

Fig. 19. Forecasting vertical profile for Brno from the ground to a height of 2 km above sea level. Output from the Aladin model on 15th February 00:00 UTC for 72 hours ahead. At the top, the relative humidity profile (yellow indicates low humidity, blue to green high humidity; the first 24 hrs was sunny weather), below, the air temperature profile. There is obvious temperature inversion at night and in the morning on 17th February when the rain froze hitting the cooled Earth's surface.



Obr. 20 Vlevo předpověď typu srážek z modelu Aladin ze 16. 2. 00:00 UTC na 17. 2. 09:00 UTC. Fialová značí suchý sníh, modrá vlhký sníh, červená mrznoucí srážky, zelená dešťové srážky. Vpravo předpověď množství srážek (barevná škála) a skupenství srážek (šrafování) ze stejného modelu a tříhodinové předpovědní období, šrafováním je rozlišeno skupenství srážek.

Fig. 20. On the left, precipitation type prediction from the Aladin model run from 16th February 00:00 UTC for 17th February 09:00 UTC. Violet colour indicates dry snow, blue wet snow, red freezing rain, green liquid precipitation. On the right, prediction of the amount of precipitation (colour scale) and the type of precipitation (hatching) from the same model and three-hour period.

a ranní hodiny 17. 2. teplotní inverzi, kde v několika spodních stovkách metrů nad terénem je teplota vzduchu stále pod bodem mrazu, zatímco nad ní je vrstva s teplotou nad bodem mrazu.

Od loňského roku je novým produktem modelu Aladin přímo spočtený nejnebezpečnější typ srážek a nejčastější typ srážek, v obou případech v předpovědním časovém kroku 3 hodiny až na +72 hodin. Ukázka tohoto produktu spolu s předpovědí celkových srážek pro tříhodinové období, kdy se zejména na Moravě vyskytlo nejvíce mrznoucích srážek, je na obr 20.

5. Závěr

Článek popisuje průběh a vývoj meteorologické situace v ČR, která nastala v únoru 2021. Situace byla spojena s vpádem arktického vzduchu, výrazným ochlazením s více než týdenním obdobím celodenních mrazů, mrznoucím deštěm s tvorbou ledovky a sněžením. Na počátku epizody padal i sníh obsahující písek původem ze Sahary. V článku jsou ukázány některé meteorologické výstupy používané v předpovědní a výstražné službě ČHMÚ, které blíže charakterizují vývoj a průběh počasí během popisovaného období. Jsou ukázány i některé předpovědní výstupy z numerických předpovědních modelů včetně vydaných výstrah SIVS. Výstrahy SIVS byly vydávány v souladu s vývojem meteorologické situace a výstupy numerických předpovědních modelů a byly úspěšné.

Také díky této více než desetidenní zimní meteorologické situaci se zima 2020/21 po několika teplých zimách s převážně minimální sněhovou pokrývkou zařadila mezi zimy v podstatě s normálním průběhem počasí, na které jsme byli v minulosti zvyklí. Avšak vpády studeného vzduchu, i když ne tak výrazné, pokračovaly až do května. Ještě v dubnu se vyskytovalo sněžení občas i v nížinách.

Jevy, které se během popisovaného období vyskytly, podstatným způsobem ovlivňují každodenní lidské aktivity, mají vliv na schůdnost a sjízdnost komunikací, na energetiku a další sektory národního hospodářství. Včasná a správná předpověď těchto jevů včetně vydaných výstrah je proto důležitou součástí předpovědní a výstražné služby ČHMÚ.

Literatura:

- BRÁDKA, J., DŘEVIKOVSKÝ, A., GREGOR, Z., KOLESÁR, J., 1961. Počasí na území Čech a Moravy v typických povětrnostních situacích. Praha: HMÚ. 32 s.
- ECMWF, 2021. Evropské centrum pro střednědobé předpovědi [online]. Dostupné z WWW: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/charts>
- eMS, 2021. Meteorologický slovník výkladový a terminologický, ČMeS [online]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.
- SANDEV, M., 2007. Výjimečný průběh počasí v zimě 2006/2007 v Česku. *Meteorologické zprávy*, roč. 60, č. 4, s. 97–105. ISSN 0026-1173.
- ŠOPKO, F., 2016. Nástroje ČHMÚ pro předpovědi silné konvekce a vydávání výstrah. *Meteorologické zprávy*, roč. 69, č. 2, s. 54–59. ISSN 0026-1173.
- ŠOPKO, F., VLČEK, O., JURAS, R., ŠKÁCHOVÁ, H., 2017. Meteorologická analýza rozsáhlých smogových situací v ČR v lednu a únoru 2017. *Meteorologické zprávy*, roč. 70, č. 4, s. 107–113. ISSN 0026-1173.

Lektor (Reviewer):
RNDr. Jan Sulan