

Meteorologické zprávy

ROČNÍK
77–2024

6

- 181 Dlouhodobá předpověď počasí ve světě a v České republice**
Jana Solánská – Stanislava Kliegrová
- 186 Hodnocení rizika vzniku závažného požáru v Česku**
Martin Možný – Vojtěch Vlach – Adéla Musilová – Lenka Hájková
- 192 Recent factors and constraints behind the development of quality in the Czech national greenhouse gas inventory system**
Risto Saarikivi
- 200 Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu klimatu ve světě v roce 2023**

Meteorological
Bulletin

Český
hydrometeorologický
ústav



181 Long-range weather forecast in the world and in the Czech Republic

Jana Solánská – Stanislava Kliegrová

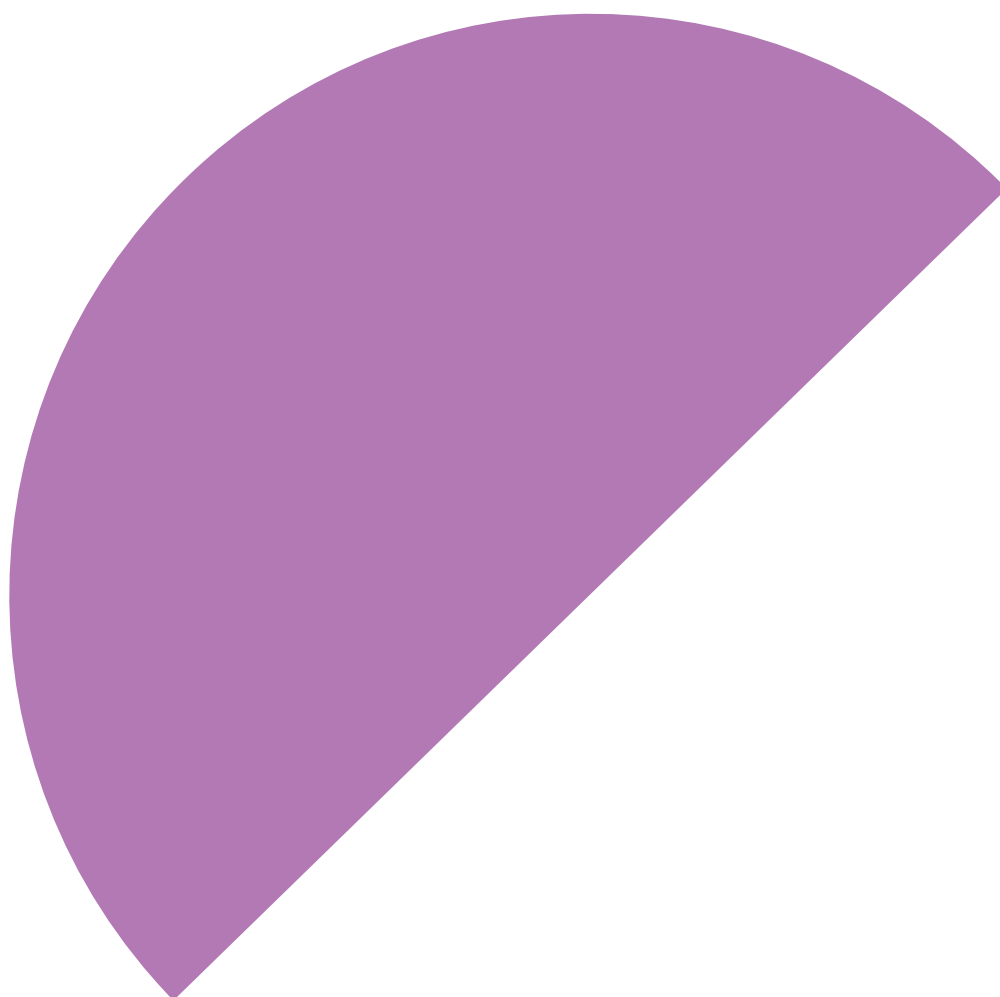
186 Severe fire risk assessment in the Czech Republic

Martin Možný – Vojtěch Vlach – Adéla Musilová – Lenka Hájková

192 Nejnovější faktory a omezení, které stojí za vývojem kvality v českém národním systému inventarizace skleníkových plynů

Risto Saarikivi

200 The WMO report on the Status of the Global Climate in 2023



Rozšiřuje – Free booking:

Český hydrometeorologický ústav, oddělení publikačních a informačních služeb
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4-Komořany, tel.: 244 032 721, 244 032 722

Czech Hydrometeorological Institute, Publications and Information Services Department
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Prague 4, Czech Republic, Phones: (+420) 244 032 721, (+420) 244 032 722

Dlouhodobá předpověď počasí ve světě a v České republice

Long-range weather forecast in the world and in the Czech Republic

Jana Solánská

Český hydrometeorologický ústav
Oddělení všeobecné klimatologie
Dvorská 410, 503 11 Hradec Králové – Svobodné Dvory
✉ jana.solanska@chmi.cz

Stanislava Kliegrová

Český hydrometeorologický ústav
Pobočka Hradec Králové
Dvorská 410, 503 11 Hradec Králové – Svobodné Dvory
✉ stanislava.kliegrova@chmi.cz

The first part of the article summarizes the basic knowledge regarding long-term weather forecasting which, by definition, covers a period from a few weeks to several years. This type of forecasting is nowadays undergoing a great development and its use is spreading to a wide range of different sectors. Slowly changing parts of the climate system are important for long-term forecasting, and their evolution over longer time scales is more easily estimated. The success rate of long-term forecasting is therefore high in the tropical Pacific, for example, due to the good predictability of El Niño events, which have a major impact on the weather there. However, Europe has a very diverse climate, influenced by the Atlantic Ocean, the Mediterranean Sea, the Arctic and continental influences from Eastern Europe and Asia. This complexity makes predictions more difficult. In the second part of the paper we discuss the possibilities of statistical downscaling of long-term forecasts for the Czech Republic, which is one of the main objectives of the Perun project.

KLÍČOVÁ SLOVA: downscaling – síť neuronová – projekt Perun – předpověď ansámblová – předpověď dlouhodobá

KEYWORDS: downscaling – neural network – Perun project – ensemble forecast – long-term forecast

1. Úvod

Dlouhodobá předpověď počasí pokrývá období od několika týdnů až po několik let. Podle definice meteorologického slovníku České meteorologické společnosti (eMS 2024) se jedná o předpověď počasí na období od 30 dnů do dvou let, především na měsíc, sezonu či rok. Vyplňuje mezeru mezi krátkodobými předpověďmi počasí (až na 14 dní dopředu) a dlouhodobými klimatickými scénáři (30–100 let). Nelze se na ni dívat

stejně jako na předpověď počasí na pár dnů dopředu. Dlouhodobé předpovědi počasí nejsou určeny k předpovídání počasí pro určitý den na určitém místě v následujících týdnech, měsících či letech. Popisují trendy průměrných povětrnostních podmínek v delších časových měřítkách (např. týdnech, měsících nebo letech) pro větší územní celky a jsou nejčastěji zobrazovány v podobě odchylek od normálního stavu. Jedná se o zhodnocení následujících období jako celku, zda budou (a s jakou pravděpodobností) teplotně (srážkově) podprůměrné, průměrné či nadprůměrné.

I přes chaotickou povahu atmosféry jsou dlouhodobé předpovědi počasí možné díky řadě atmosférických složek, které vykazují změny v dlouhých časových měřítkách a jsou do jisté míry předvídatelné. Nejdůležitější z těchto složek je cyklus El Niño-jihní oscilace (ENSO), který označuje souvislé velkoplošné kolísání teplot oceánů, srážek, atmosférické cirkulace, vertikálních pohybů a tlaku vzduchu v tropickém Pacifiku. V této oblasti mají dlouhodobé předpovědi počasí velmi dobrou úspěšnost (Kumar et al. 2013). Dlouhodobé předpovědi počasí v oblasti Evropy jsou více problematické. Mezi zdroje předpověditelnosti v oblasti Evropy zahrnujeme především severoatlantickou oscilaci (Scaife et al. 2014), ale také stratosférické procesy, sněhovou pokrývku, půdní vlhkost nebo mořský led.

Dlouhodobé předpovědi počasí jsou důležitým nástrojem plánování v mnoha oblastech. Mají široké spektrum využití, např. v zemědělství (Cantelaube et al. 2005; Graça 2019), hydrologii (Svensson et al. 2015), zdravotnictví, energetice (De Felice et al. 2015; Clark et al. 2017), lesnictví, turismu, dopravě (Palin et al. 2016) a dalších odvětvích. Při znalosti průměrného vývoje počasí v řádu měsíců existuje potenciál snížení škod a předcházení rizik způsobených proměnlivostí počasí.

V Českém hydrometeorologickém ústavu je nejdelší pravidelně vydávanou předpovědí měsíční výhled počasí, který je založen na statisticko-analogové metodě a výstupech numerických předpovědních modelů (ČHMÚ 2024). Poskytuje informace o pravděpodobných trendech vývoje teploty vzduchu a úhrnu srážek pro následující 4 týdny i období jako celku.

2. Jak vzniká dlouhodobá předpověď počasí

Tvorba dlouhodobých předpovědí počasí prošla v posledních několika desetiletích obrovskou proměnou. Od čistě akademického výzkumu na počátku 90. let až po současnou situaci, kdy několik meteorologických předpovědních služeb po celém světě provádí rutinní operativní dlouhodobou předpověď.

K dlouhodobým předpovědím počasí jsou nyní nejvíce využívány globální oceán-atmosférické modely, přestože tyto mode-

ly trpí jistou chybou vůči naměřeným datům a nejsou schopné poskytnout potřebnou informaci v regionálním měřítku. Z tohoto důvodu jsou dále na vypočtená data používány takzvané downscalingové metody, které nám pomáhají globální předpovědi převést do lokálních měřítek. Máme dva hlavní přístupy ke zmenšení měřítku (downscalingu) klimatické informace, a to statistický a dynamický.

Dynamický downscaling je založen na přechodu k regionálnímu modelu, který běží na gridu s relativně velkým rozlišením (10–20 km) nad menší doménou (např. Evropa). Počáteční a okrajové podmínky jsou brány z výstupů globálního modelu. Výpočetně je velmi náročný. Regionální model je schopen generovat regionální předpověď pro řadu klimatických proměnných, ale stále trpí značnými chybami, které vyžadují další postprocessing upravující chyby, než budou data využita v dopadových aplikacích (Manzanas et al. 2018).

Statistický downscaling je založený na vztahu mezi lokálně naměřenými prediktandy, o které se zajímáme, a jedním nebo více dostupnými modelovými prediktory, buď z reanalýz nebo z globálních dlouhodobých předpovědních systémů. Tyto vztahy hledáme pomocí historických modelových dat (prediktorů) a historických naměřených dat (prediktantů), obvykle několik desetiletí zpět. Poté je aplikujeme na nová modelová data a snažíme se získat odpovídající lokální prediktanty (Manzanas et al. 2018).

Simulace klimatických modelů jsou zatíženy určitými nejistotami, které vyplývají například z neúplné znalosti teoretického základu nebo z numerického přiblížení použitého pro model zemského systému, z drobných chyb počítačových výpočtů, z parametrizace procesů malého rozsahu nebo z nejistot existujících ve zvolených počátečních a okrajových podmínkách atd. Jelikož není možné nejistoty zcela vyřešit matematicky, provádí se celá řada modelových simulací (10–50), aby bylo možné odhadnout rozptyl možného vývoje klimatu. Pro určení nejistoty počátečních podmínek (vyplývající např. z chyb měření) se počáteční podmínky každého běhu předpovědi lehce změni, což vede k mírně odlišným ansámblovým simulacím. Kombinování výstupů z klimatických modelů různých institucí do více modelových ansámbků pomáhá určit nejistotu vyplývající z použití rozdílných klimatických modelů.

Dovednost modelu se zjišťuje porovnáním zpětných předpovědí, které vycházejí z různých časových bodů v minulosti (dále jen hindcast předpovědi), se skutečným pozorováním během vyhodnocovaného období. Pokud jsou zpětné předpovědi schopny dobře reprodukovat minulost, lze očekávat, že za předpokladu, že zjištěná schopnost předpovědi je přenosná v čase, budou předpovědi stejně dobře reprodukovat i budoucnost.

Každý model simuluje procesy zemského systému, které ovlivňují průběh počasí, trochu jiným způsobem a používá trochu jiné aproximace, což vede k různým druhům chyb modelu. Tyto chyby se obvykle zvyšují s rostoucím časem integrace, takže kumulované chyby modelu se stávají významnými ve srovnání se signálem, který má model předpovídat. Některé z těchto chyb jsou náhodné, jejich vliv na výsledek se kvantifikuje pomocí ansámbků. Některé chyby jsou však systematické, pokud tyto chyby určíme, můžeme na předpovědi aplikovat korekce, a tím získáme užitečnější informace. Toho se dosáhne porovnáním retrospektivních předpovědí s pozorováním a tento rozdíl (označovaný jako bias) aplikujeme na budoucí předpověď v reálném čase. Předpověď sama o sobě proto není užitečná bez jejího propojení s příslušnými zpětnými předpověďmi.

3. Dlouhodobá předpověď počasí ve světě a v Evropě

3.1 Světová předpovědní centra

V provozním režimu se dlouhodobé předpovědi po světě věnuje více než 15 předpovědních center (stav k červenci 2024). Významným zdrojem informací se potom stávají webové stránky institucí nebo projektů, kde jsou jednotlivé předpovědi vytvářené těmito předpovědními centry spojeny do jedné vícesystémové dlouhodobé předpovědi. Tento proces obecně kompenzuje některé systematické chyby, které každý z modelů má.

Dlouhou tradici v tvorbě dlouhodobé předpovědi má například International Research Institute for Climate and Society (IRI). Dlouhodobá předpověď IRI je založena na projektu North American Multi-Model Ensemble (NMME) Národního oceánografického a atmosférického úřadu USA (NOAA). Zahrnuje výstupy z ansámblových předpovědních systémů National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Environment and Climate Change Canada, NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, National Aeronautics and Space Administration (NASA), National Center for Atmospheric Research (NCAR) a COLA/University of Miami. Mapy průměrných předpovědních anomálií pro jednotlivé modely NMME naleznete na webové stránce NOAA Climate Prediction Center (CPC). Webový odkaz je uveden v seznamu literatury na konci článku.

Projekt Evropské unie Copernicus shromažďuje dlouhodobé předpovědi počasí z osmi předpovědních center: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), The Met Office (UKMO), Météo-France (MF), Deutscher Wetterdienst (DWD), Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), NCEP, Japan Meteorological Agency (JMA) a Environment and Climate Change Canada (ECCC).

Na webových stránkách projektu Copernicus, jejichž odkaz je uveden v seznamu literatury na konci článku, lze nalézt předpovědi v grafické i digitální podobě jako celek ze všech předpovědních center dohromady i pro jednotlivá centra zvlášť. Grafické produkty jsou zveřejňovány každý měsíc k 10. dni ve 12:00 UTC, data jsou zpřístupňována k 6. nebo 15. dni měsíce ve 12:00 UTC. Lze tu nalézt předpovědi v grafické podobě pro celý svět i pro jednotlivé menší celky (např. Evropa) pro rozličné meteorologické prvky: teplota vzduchu ve 2 m, úhrn srážek, vítr v 10 m, zonální vítr v 10 hPa, tlak vzduchu, teplota povrchu oceánu, teplota v 850 hPa, geopotenciální výška 500 hPa, sněhová pokrývka na pólech.

3.2 Dlouhodobá předpověď národních meteorologických služeb v Evropě

Dlouhodobé předpovědi počasí jsou národními meteorologickými službami pravidelně vydávány v přibližně polovině států Evropy. Liší se jak grafickou podobou, tak rozsahem. Nejčastěji je předpovídána teplota vzduchu a úhrn srážek pro jednotlivé měsíce na dobu tři až šesti měsíců, a to s jakou pravděpodobností bude dané období nadnormální, normální či podnormální. Předpovědi jsou často uveřejňovány pouze v jazyce dané země.

Z našich sousedních států pravidelně uveřejňuje dlouhodobou předpověď počasí Německo a Polsko (webové odkazy jsou uvedeny v seznamu literatury na konci článku).

Německá předpovědní služba (Deutscher Wetterdienst) poskytuje na webových stránkách dlouhodobou předpověď počasí pro teplotu vzduchu a úhrn srážek na 1 až 6 měsíců pro překrývající se tříměsíční období. Německo je rozděleno do čtyř oblastí a pro každou oblast je uvedeno, zda očekáváme teplotně a srážkově podnormální, normální či nadnormální tříměsíční období. Předpokládanou úspěšnost předpovědi mají vyjádřenou pomocí semaforu, kdy zelená značí dobrou předpověď, oranžová uspokojivou a červená špatnou kvalitu předpovědi. Předpověď počítají pomocí vlastního modelu MPI-ESM.

Polské centrum numerických předpovědí počasí (Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy – IMGW-PIB) vydává sezonní předpověď pro 4 nadcházející měsíce po jednotlivých měsících, zda budou teplotně a srážkově nadnormální, normální či podnormální. Oblast Polska mají rozdělenou do 20 menších celků, pro které uvádějí jak předpověď, tak předpokládané normální rozpětí teplot vzduchu a úhrnu srážek ve formě tabulky. K předpovědi využívají vlastní modely IMGW-Reg a IMGW-Bayes a také výsledky numerických modelů NOAA a ECMWF.

4. Projekt Perun a jeho cíl pro dlouhodobou předpověď

V létě 2020 se v Českém hydrometeorologickém ústavu a dalších společníkových institucích rozběhl jeden z největších projektů posledních let co do počtu zapojených institucí i délky trvání (do konce roku 2026). Je zaměřen na výzkum klimatických extrémů, sucha a důsledků jeho prohlubování v České republice. Garantem projektu je Ministerstvo životního prostředí a kromě ČHMÚ je do řešení zapojena řada dalších odborných institucí: Česká geologická služba, Matematicko-fyzikální fakulta a Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, v. v. i., Ústav výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i., Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i. a PROGEO, s. r. o. Projekt je prezentován pod názvem PERUN, který vznikl zkrácením anglického Prediction, Evaluation and Research for Understanding National sensitivity and impacts of drought and climate change for Czechia, a je podporován Technologickou agenturou ČR a Ministerstvem životního prostředí (SS02030040, www.perun-klima.cz). Projekt má 8 hlavních cílů.

Jeden z cílů je věnován i dlouhodobé předpovědi. Jedná se o hlavní cíl 3 s názvem Systém pro tvorbu sezónních předpovědí klimatických podmínek a sucha pro území České republiky v kontextu střední Evropy. V jeho rámci je analyzována možnost využití stávajících systémů dlouhodobých předpovědí, porovnávány jejich výstupy s výsledky měření na území České republiky a testován přínos statistického post-processingu výstupů ke zvýšení úspěšnosti předpovědí. Cíl se zabývá také možnostmi downscalingu pomocí regionálního modelu ALADIN-CLIMATE s cílem predikovat základní charakteristiky na období 1 až 6 měsíců a na 7 až 12 měsíců, s důrazem na testování předpověditelnosti sucha v podmínkách České republiky s předstihem v řádu měsíců.

V rámci tohoto cíle probíhá více aktivit od jednotlivých řešitelských týmů. Významným úkolem je nalézt vhodnou metodu pro downscaling výstupů globálních předpovědních modelů (popsáno blíže v kapitole 2). V současné fázi projektu se zabýváme především možnostmi statistického downscalingu dlouhodobých předpovědí teploty vzduchu z globálních modelů pro oblast České republiky pomocí neuronových sítí, jejichž

průběžné výsledky jsou prezentovány v následujících částech této kapitoly.

4.1 Data

Od začátku roku 2022 je využíván externí datový cloud, na kterém jsou k dispozici hindcast data (1993–2016) a data sezónních předpovědí (od roku 2020) ze 4 globálních modelů (Météo-France, ECMWF, CMCC a DWD) ze serveru projektu Copernicus (popsáno blíže v kapitole 3.1). Data aktuálních předpovědí jsou kolegy z Ústavu výzkumu globální změny AV ČR pravidelně stahována a zpracovávána, a jsou k dispozici přibližně po 20. dni každého měsíce.

Podle literatury (Manzanas et al. 2018) byly vytipovány jako prediktory teplota vzduchu a tlak vzduchu na hladině moře z globálních modelů, prediktantem byla teplota vzduchu z dat E-OBS (Cornes et al. 2018) interpolovaná do gridových bodů globálních modelů s horizontálním rozlišením $1^\circ \times 1^\circ$.

Pro počáteční analýzu byly vybrány 2 globální předpovědní modely (ECMWF a Météo-France), předpověď z 1. května (na 2. května až 31. srpna) pro oblast České republiky a blízkého okolí ($47\text{--}52^\circ\text{ N}$, $11\text{--}20^\circ\text{ E}$). Každý z těchto modelů měl v uvažovaném období 25 členů ansámblu, ze kterých byly počítány vybrané statistiky. Zabývali jsme se dlouhodobou předpovědí letních teplot vzduchu (červen, červenec a srpen) pro celé hindcastové období (1993–2016).

4.2 Metoda

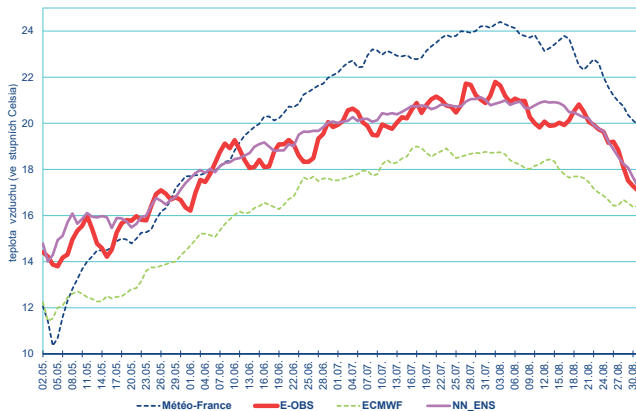
Byl využit modul neuronových sítí v softwaru STATISTICA – StatSoft, Inc. (2012), version 11 (www.statsoft.com). Byly hledány sítě typu MLP (Multilayer Perceptron). Jako nejlepší prediktory byly během experimentů vytipovány: zeměpisná šířka, zeměpisná délka, počet dní od předpovědi, průměrná denní teplota vzduchu (průměr, 10. percentil a 90. percentil hodnot ze všech 50 členů ansámblu obou globálních modelů) a tlak vzduchu na hladině moře (průměr, 10. percentil a 90. percentil hodnot ze všech 50 členů ansámblu obou globálních modelů), prediktantem byla průměrná denní teplota vzduchu E-OBS. Prediktory i prediktant byly shodně v síti gridových bodů globálních předpovědních modelů. Sestaveno a trénováno bylo 20 sítí, výsledky z 5 nejlepších (tedy z těch s nejmenšími rozdíly mezi skutečnými a modelovanými denními teplotami vzduchu E-OBS) byly průměrovány.

4.3 Výsledky

Nejprve byly spočteny průměrné teploty vzduchu pro jednotlivé dny období 2. května až 31. srpna a celou uvažovanou oblast ($47\text{--}52^\circ\text{ N}$, $11\text{--}20^\circ\text{ E}$). Tyto hodnoty byly spočteny jednak pro údaje získané přímo z globálních předpovědních modelů, dále pro hodnoty získané statistickým downscalingem pomocí neuronových sítí a také pro údaje z E-OBS, vždy průměrované po jednotlivých dnech pro celé hindcastové období (1993–2016). Porovnání je na obr. 1. Lepší výsledky získané aplikováním metody neuronové sítě jsou patrné z hodnot střední kvadratické chyby (root mean square error, RMSE), která je používána k popsání míry rozdílu mezi hodnotami modelovými a pozorovanými. Pro hodnoty modelu Météo-France byla tato hodnota $2,3^\circ\text{ C}$, pro hodnoty modelu ECMWF $2,9^\circ\text{ C}$ a pro hodnoty získané downscalingem pomocí neuronových sítí $1,5^\circ\text{ C}$.

Dále byly spočteny a zobrazeny rozdíly průměrných měsíčních teplot vzduchu z dat E-OBS a získaných přímo z globálních předpovědních modelů ECMWF a Météo-France, případně sta-

tistickým downscalingem pomocí neuronových sítí, zprůměrované pro celé hindcastové období (1993–2016) v jednotlivých gridových bodech. Výsledky jsou prezentovány na obr. 2 a v tabulce 1.



Obr. 1 Průměrná denní teplota vzduchu z globálních předpovědních modelů ECMWF a Météo-France (z 1. května), z pozorování (E-OBS), a získaná downscalingem pomocí neuronových sítí (NN_ENS), zprůměrovaná za celé hindcast období (1993–2016) a celou oblast (47–52° N, 11–20° E).

Fig. 1. Average daily air temperature forecast from global ECMWF and Météo-France models (from May 1), from observations (E-OBS), and from downscaling using neural networks (NN_ENS), averaged over the entire hindcast period (1993–2016) and the entire region (47–52° N, 11–20° E).

Tab. 1 Průměrné rozdíly měsíční teploty vzduchu mezi pozorováním (E-OBS) a předpovědi z globálních modelů ECMWF a Météo-France (z 1. května), resp. hodnotami downscalingu pomocí neuronových sítí (NN_ENS), zprůměrované za celé hindcast období (1993–2016) a celou oblast (47–52° N, 11–20° E).

Table 1. Mean monthly air temperature differences between observations (E-OBS) and forecasts from global ECMWF and Météo-France models (from 1 May), or from downscaling using neural networks (NN_ENS), averaged over the entire hindcast period (1993–2016) and the entire region (47–52° N, 11–20° E).

| | Květen | Červen | Červenec | Srpen |
|--------------------|--------|--------|----------|-------|
| E-OBS mínus ECMWF | 2,3 | 2,3 | 3,0 | 2,8 |
| E-OBS mínus MF | 0,8 | -1,1 | -1,8 | -2,4 |
| E-OBS mínus NN_ENS | -0,7 | -0,1 | -0,1 | 0,4 |

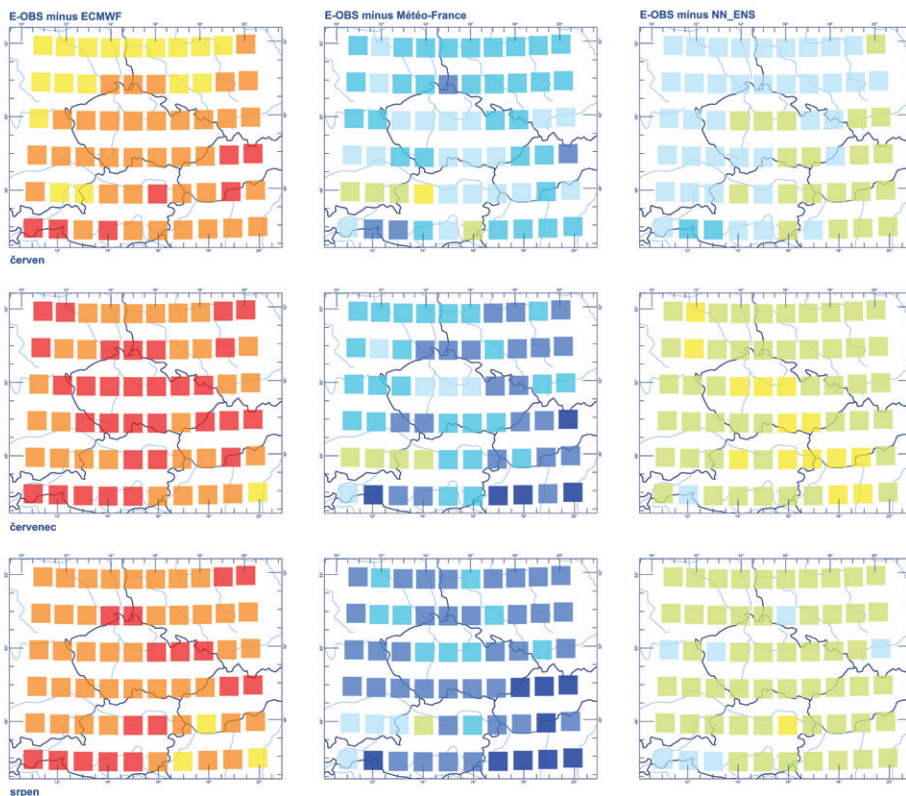
4.4 Shrnutí

Průměrné měsíční teploty vzduchu z modelu ECMWF byly podhodnocené pro všechny analyzované měsíce (červen, červenec a srpen) a gridové body, a to v průměru přes celou doménu nejvýrazněji pro měsíc červenec. Naopak průměrné měsíční teploty vzduchu z modelu Météo-France byly nadhodnocené pro všechny měsíce a téměř ve všech gridových bodech, a to v průměru přes celou doménu nejvýrazněji pro měsíc srpen. Použití metody neuronových sítí přineslo lepší výsledky pro dlouhodobou předpověď průměrné denní teploty vzduchu i průměrné měsíční teploty vzduchu přes celou doménu srovnatelně pro všechny letní měsíce ve většině bodů sítě.

Analýza bude pokračovat pro další měsíce, s více modely a výsledné neuronové sítě budou aplikovány i na předpovědní data globálních modelů pro období 2020–2023.

5. Závěr

V článku jsme představili stručný úvod do problematiky dlouhodobé předpovědi počasí, která podle definice pokrývá období od několika týdnů až do několika let. Pro dlouhodobou předpověď jsou důležité pomalu se měnící části klimatického systému, jejichž vývoj se na delší dobu dá lépe odhadnout. Vysoká úspěšnost dlouhodobé předpovědi je proto například v oblasti tropického Pacifiku, a to díky dobré



Obr. 2 Rozdíly průměrné měsíční teploty vzduchu (v jednotlivých rádcích pro červen, červenec a srpen) mezi pozorováním (E-OBS) a předpovědi z globálních modelů ECMWF a Météo-France (z 1. května), resp. hodnotami downscalingu pomocí neuronových sítí (NN_ENS), zprůměrované za celé hindcast období (1993–2016) v gridových bodech oblasti (47–52° N, 11–20° E).

Fig. 2. Differences in monthly mean air temperature (for June, July and August) between observations (E-OBS) and forecasts from global ECMWF and Météo-France models (from May 1), or from downscaling using neural networks (NN_ENS), averaged over the entire hindcast period (1993–2016) at grid points in the area (47–52° N, 11–20° E).

předpověditelnosti jevu El Niño, který tam má na počasí zásadní vliv. Evropa má ale velmi rozmanité klima, ovlivněné Atlantickým oceánem, Středozemním mořem, Arktidou a kontinentálními vlivy z východní Evropy a Asie. Tato komplexnost činí předpovědi složitějšími. Tyto předpovědi tak stále zůstávají v oblasti střední Evropy i přes pokroky ve výpočetní technice, vývoji modelů počasí a zlepšení sběru meteorologických dat velkou výzvou.

Možnostem dlouhodobé předpovědi počasí pro území České republiky se věnuje jeden z hlavních cílů projektu PERUN. Významným úkolem je nalézt vhodnou metodu pro downscaling výstupů globálních předpovědních modelů, která by umožnila přechod od globálního k regionálnímu měřítku. V současné fázi projektu se zabýváme především možnostmi statistického downscalingu dlouhodobých předpovědí teploty vzduchu z globálních modelů pro oblast České republiky pomocí neuronových sítí.

Použití metody neuronových sítí přineslo lepší výsledky pro dlouhodobou předpověď průměrné denní teploty vzduchu i průměrné měsíční teploty vzduchu pro letní měsíce ve většině bodů sítě, což ukazuje na jistý potenciál zpracování výsledků dlouhodobé předpovědi z globálních modelů pro oblast České republiky tímto způsobem. Nicméně k obecnějším závěrům jsou potřeba analýzy pro další měsíce a s více modely, na kterých se bude pracovat v následujícím období.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, PERUN“ (SS02030040), který je podporován Technologickou agenturou ČR.

Autorky článku děkují kolektivu spolupracovníků z HC 3 projektu PERUN, kteří se podíleli ve velké míře na přípravě dat, jmenovitě Petru Štěpánkovi z ÚVGZ a Michalu Beldovi z MFF UK. Poděkování patří také oběma recenzentům (Marku Kašparovi a Ladislavu Metelkovi).

Literatura:

- CANTELAUBE, P., TERRES, J. M., 2005. Seasonal weather forecasts for crop yield modelling in Europe. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, Vol. 57, Issue 3, s. 476–87. Dostupné z: <https://doi.org/10.3402/tellusa.v57i3.14669>.
- CLARK, R. T. et al., 2017. Skillful seasonal predictions for the European energy industry. *Environmental Research Letters*, Vol. 12, Article 024002. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa57ab>.
- COPERNICUS, 2024. Seasonal forecasts [online]. [cit. 17. 7. 2024]. Dostupné z WWW: <https://climate.copernicus.eu/seasonal-forecasts>.
- CORNES, R., VAN DER SCHRIER, G., VAN DEN BESSELAAR, E. J. M., JONES, P., 2018. An Ensemble Version of the E-OBS Temperature and Precipitation Data Sets. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. Vol. 123, s. 9391–9409. Dostupné z: <https://doi.org/10.1029/2017JD028200>.
- ČHMÚ, 2024. Dlouhodobý výhled počasí [online]. [cit. 13. 11. 2024]. Dostupné z WWW: <https://www.chmi.cz/predpovedi/predpovedi-pocasi/ceska-republika/dlouhodoby-vyhled-pocasi>.

- DE FELICE, M., ALESSANDRI, A., CATALANO, F., 2015. Seasonal climate forecasts for medium-term electricity demand forecasting. *Applied Energy*. Vol. 137, s. 435–444. ISSN 0306-2619. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.10.030>.
- DEUTSCHER WETTERDIENST, 2024. Basic Seasonal Climate Predictions [online]. [cit. 17. 7. 2024]. Dostupné z WWW: https://www.dwd.de/EN/ourservices/kvhs_en/1_basic/month/monthly_node.html.
- eMS, 2024. Elektronický meteorologický slovník (eMS) ČMeS [online]. Česká meteorologická společnost [cit 27. 02. 2024]. Dostupné z WWW: <http://slovník.cmes.cz>.
- GRAÇA, A., MEDGOLD, Consortium, 2019. The MED-GOLD project: Advanced user-centric climate services for higher resilience and profitability in the grape and wine sector. *BIO Web of Conferences*, Vol. 12, Article 01005. Dostupné z: <https://doi.org/10.1051/bio-conf/20191201005>.
- INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARSKY WODNEJ PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, 2024. Long/range forecasts [online]. [cit. 17. 7. 2024]. Dostupné z WWW: <https://meteo.imgw.pl/>.
- KUMAR, A., CHEN, M., WANG, W., 2013. Understanding prediction skill of seasonal mean precipitation over the tropics. *Journal of Climate*, Vol. 26, s. 5674–5681. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00731.1>.
- MANZANAS, R. et al., 2018. Dynamical and statistical downscaling of seasonal temperature forecasts in Europe: Added value for user applications. *Climate Services*, Vol. 9, s. 44–56. ISSN 2405-8807. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2017.06.004>.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, 2024. Climate Prediction Center – NMME Forecasts of Monthly Climate Anomalies: 3-Month Mean Spatial Anomalies [online]. [cit. 18. 7. 2024]. Dostupné z WWW: www.cpc.ncep.noaa.gov/products/NMME/seasanom.shtml.
- PALIN, E. J., SCAIFE, A. A., WALLACE, E., POPE, E. C. D., ARRIBAS, A., BROOKSHAW, A., 2016. Skillful seasonal forecasts of winter disruption to the U.K. transport system. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. 55, s. 325–344. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0102.1>.
- SCAIFE, A. A. et al., 2014. Skillful long-range prediction of European and North American winters. *Geophysical Research Letters*, Vol. 41, s. 2514–2519. Dostupné z: <https://doi.org/10.1002/2014GL059637>.
- SVENSSON, C. et al., 2015. Long-range forecasts of UK winter hydrology. *Environmental Research Letters*, Vol. 10, Article 064006. Dostupné z: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/6/064006>.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. Marek Kašpar, Ph.D., RNDr. Ladislav Metelka, Ph.D.

Hodnocení rizika vzniku závažného požáru v Česku

Severe fire risk assessment in the Czech Republic

Martin Možný, Vojtěch Vlach, Adéla Musilová, Lenka Hájková

Oddělení biometeorologických aplikací
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4–Komořany
✉ martin.mozny@chmi.cz

This article deals with reassessment of the methodology of wildfire risk conditions after the unprecedented fire in the Bohemian Switzerland National Park during July and August 2022. The original methodology took into account mainly critical fire weather conditions based on maximum temperatures, relative humidity and wind speed. However, the large-scale fire mentioned above has shown that this approach is no longer sufficient under changing climatic conditions. Therefore, multiple inputs were implemented within the new severe wildfire risk calculation. The severe wildfire risk assessment uses a combination of the fire weather index, the Haines index expressing the instability of the atmosphere, the area vulnerability index, which expresses the actual density of wildfires over the last decade, and the drought intensity expressed by the antecedent precipitation index. The newly developed Severe Wildfire Risk index can help to detect the risk of large and difficult-to-extinguish wildfires in advance.

KLÍČOVÁ SLOVA: požár přírodní – počasí požární – sucho – riziko závažného požáru – předpověď rizika

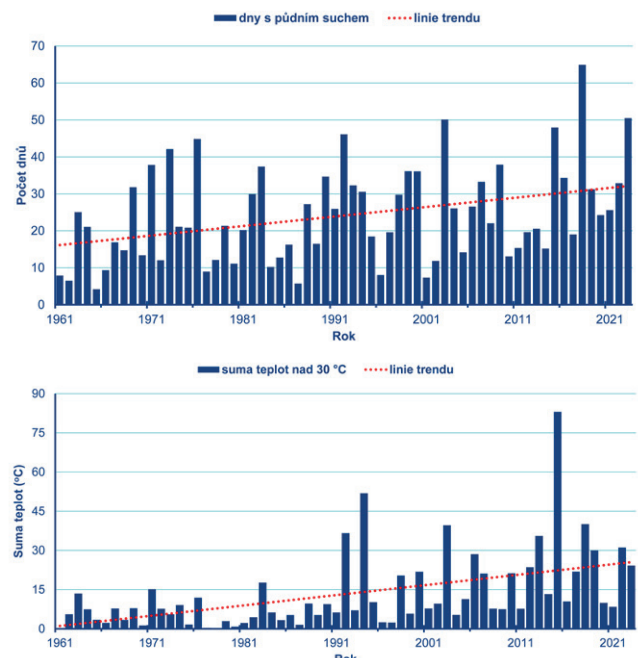
KEYWORDS: wildfire – fire weather – drought – severe wildfire risk – risk forecast

1. Úvod

Za požáry v přírodním prostředí, dále jen přírodní požáry, jsou považovány všechny nekontrolované, volně se šířící požáry vegetačního pokryvu zahrnující jak přírodní, tak umělé ekosystémy. Přírodní požáry se na území Česka nejčastěji vyskytují v teplé polovině roku, od března do října. Přírodní požáry jsou na našem území obecně méně ničivé než v oblastech s větším výskytem sucha, jako je jih Evropy, nebo naopak na severu Evropy v oblastech s větším zalesněním a nižší hustotou osídlení. Většina požárů vegetace má v Česku rozlohu menší než 5 hektarů, avšak jejich frekvence postupně roste. Za více než 95 % požárů může lidská nedbalost, ale roste podíl požárů způsobených úderem blesku. Díky zlepšující se prevenci a kvalitní

technické základně se daří udržovat rozsah požárů na stabilní úrovni, přesto v posledních dvaceti letech došlo v Česku k nárůstu počtu těchto požárů. Nicméně, studie z nedávných let již prokázaly postupný nárůst počtu požárů vegetace i významnou závislost jejich četnosti na povětrnostních podmínkách (Možný et al. 2020). Ve všech regionech Česka v posledním desetiletí přispěla ke zvýšenému výskytu požárů vegetace kombinace půdního sucha a vysokých teplot (obr. 1). Je také patrné, že růst hustoty obyvatel v zázemí velkých sídel hraje v tomto případě významnou roli. Spolu s rostoucím počtem dnů s vhodným souběhem počasí umožňující rychlé šíření požáru (požární počasí) a sucha – tyto faktory poměrně zřetelně vystihují trend poslední desítky let, kdy narůstá počet „požárně rizikových dnů“.

Pro varování před vznikem přírodních požárů se používají různé modely a indexy založené na hodnocení požárního počasí a sucha (Di Guiseppe et al. 2016). V Evropě jsou lesní požáry sledovány Evropským informačním systémem o lesních požárech (EFFIS), který poskytuje historické údaje a data v téměř reálném čase o výskytu a průběhu lesních požárů v EU a sou-



Obr. 1 Trend průměrného počtu dnů s půdním suchem (nahore) a sumy průměrných denních maximálních teplot vzduchu nad 30 °C (dole) mezi roky 1961 a 2023 v Česku. Půdní sucho je vymezeno půdní vlhkostí pod 30 % využitelné vodní kapacity v profilu 0–40 cm.

Fig. 1. Trend in the average number of days with soil drought (top) and sum of average daily maximum air temperatures above 30 °C (bottom) between 1961 and 2023 in the Czech Republic. Soil drought is defined by soil moisture below 30% of the available water capacity in the 0–40 cm profile.

sedních zemích. Na webu centra jsou přístupné předpovědi nebezpečí požárů s využitím kanadského indexu nebezpečí požáru FWI (Wotton 2009; Vitolo et al. 2019), který jako zdrojová data používá výstupy z předpovědních modelů počasí ECMFW, DWD a MétéoFrance. Hlavními vstupními daty pro model jsou minimální vlhkost vzduchu, maximální teplota vzduchu, úhrn srážek a maximální rychlost větru a jeho směr.

Kromě indexu FWI a jeho dílčích parametrů, se používají i další indikátory hodnotící vhodné povětrnostní podmínky pro přírodní požáry: i) v blízkosti zemského povrchu index Hot-Dry-Windy (HDW) a ii) ve spodní troposféře kontinuální Hainesův index (CHI). Tyto indexy udávají míru obtížnosti zvládnání požárů v přírodním prostředí a lze je vypočítat s časovým a prostorovým rozlišením v dané oblasti, které se nejlépe přizpůsobí řízení prevence a boje s nimi. Hainesův kontinuální index, který odráží podmínky nestability a sucha v nižších vrstvách atmosféry a může být spojen s explozivními a rychle se šířícími požáry (Potter et al. 2008); a index Hot-dry-windy, který je ovlivněn teplem, vlhkostí a větrem v blízkosti povrchu (Srock et al. 2018). Forest fire danger index (FFDI) je australský index (McArthur et al. 1967), který ve svých vstupech kombinuje teplotu vzduchu, rychlost větru a faktor sucha (faktor sucha reprezentuje vliv nedávného průběhu teploty vzduchu a úhrnu srážek na dostupnost hořlavého materiálu). Obdobně je konstruován i Finnish fire index (FFI) (Heikinheimo et al. 1998).

Většina modelů využívá velmi podobné hodnocení „požárního počasí“ představujícího vysoké riziko požáru při interakci klíčových meteorologických prvků. Ideálními podmínkami pro vznik a šíření požárů jsou vysoké teploty, silný vítr, nízké vlhkosti vzduchu a atmosférická nestabilita. Tyto faktory společně vytvářejí prostředí, které podporuje rychlý růst a šíření ohně. Vysoké teploty a nízká vlhkost vzduchu způsobují suchost materiálu v lese, což zvyšuje hořlavost vegetace. Silný vítr pak pomáhá šířit plameny do okolí, zatímco atmosférická nestabilita může přinést bouřky s blesky, které mohou spustit nové požáry, nebo posílit ty existující. Tyto podmínky jsou často spojeny se suchými obdobími a klimatickými změnami, které mohou zvýšit riziko vzniku a rozšíření lesních požárů. Dalšími faktory, které přispívají k této situaci, jsou zhoršení kondice vegetace vlivem sucha nebo škůdců, jako je např. kůrovec (lýkožrout smrkový), suburbanizace nebo zvyšující se intenzita dopravy. Na jihu Evropy hraje velmi významnou roli i struktura vegetace, která je méně odolná vůči ohni (Pausas a Paula 2012).

Ověření metod odhadu výskytu požárů s reálným výskytem požárů je klíčové pro posouzení přesnosti a spolehlivosti těchto metod. Např. Jurečka et al. (2019) pracoval s průběhem hodnot tří indexů (FWI, FFDI a FFI) pro odhad požárního počasí. Trnka et al. (2020) provedl porovnání těchto tří indexů (FWI, FFDI a FFI) s reálným výskytem přírodních požárů během období 1991–2018. Výsledky těchto studií mohou být klíčové pro zdokonalení metod odhadu požárního počasí a přispět k vývoji efektivnějších strategií prevence a zvládnání požárů. Na základě výsledků vycházejících ze stanovených modelů a indexů vznikají strategie a řízení zásahu proti požárům a různá další opatření, která působí jako prevence vzniku

ku požárů – sledování počasí, letecké a družicové sledování krajiny, výstrahy a upozornění na nebezpečí rozdělávání ohňů či následně stanovení priorit pro ovlivnění šíření požáru. Preventivní opatření a včasné vydání výstrahy mohou hrát klíčovou roli při minimalizaci rizika požárů a ochraně životů a majetku.

Cílem tohoto příspěvku je ukázat, že pro hodnocení nebezpečí závažných požárů s rozlohou nad 10 ha je vhodné doplnit dosavadní index nebezpečí požáru o hodnocení suchosti krajiny, instability atmosféry a zohlednit zranitelnost konkrétního území vůči požárům.

2. Návrh nového hodnocení rizika vzniku závažného požáru

Výpočet rizika vzniku závažného požáru se skládá z pěti kroků (obr. 2):

– Krok 1: Výpočet indexu nebezpečí požáru (FWI).

Index FWI popisuje nebezpečí požárů pro otevřenou krajinu pokrytou vegetací. Nebezpečí požárů je rozděleno do pěti úrovní v souladu s mezinárodní praxí: 1 – velmi nízké, 2 – nízké, 3 – střední, 4 – vysoké a 5 – velmi vysoké. Čím je hodnota indexu vyšší, tím je vyšší riziko požárů. Vstupními daty jsou naměřené údaje ze sítě stanic ČHMÚ a předpovězené hodnoty meteorologických parametrů z modelu ALADIN (1.–3. den) a ECMWF (4.–6. den). Index hodnotí povětrnostní podmínky pro šíření požárů.

– Krok 2: Zohlednění suchosti krajiny.

Pro hodnocení se využívají data hodnotící předchozí srážky za posledních 30 dní (index API30). Vstupními daty pro první den výpočtu jsou naměřené údaje ze sítě srážkoměrných stanic ČHMÚ, pro výhled úhrnů srážek na následující dny je použita předpověď srážek dle modelu ALADIN.

– Krok 3: Zohlednění zranitelnosti území vůči požárům.

Hodnocení vyjadřuje faktickou hustotu výskytu přírodních požárů v posledních pěti letech podle výjezdů hasičů k požárům. Tato vrstva se každý rok aktualizuje a zohledňuje kromě zranitelnosti vegetace i zvýšení četnosti požárů v důsledku vyšší koncentrace obyvatelstva a dopravy.

– Krok 4: Zhodnocení instability atmosféry.

Hodnocení se provádí pomocí výpočtu Hainesova indexu, který měří potenciál suchého, nestabilního vzduchu ve spodní



Obr. 2 Schéma výpočtu rizika vzniku závažného požáru (SWR).
Fig. 2. Scheme of the calculation of the Severe Wildfire Risk (SWR).

vrstvě atmosféry přispívát k rozvoji velkých lesních požárů. Čím je hodnota Hainesova indexu vyšší, tím větší je potenciál, že se stávající požár rychle rozroste. Všechny velké přírodní požáry v Evropě během posledních let se vyskytly při vysokých hodnotách tohoto indexu v době vzniku požáru.

– Krok 5: Výpočet rizika vzniku závažného požáru (SWR)

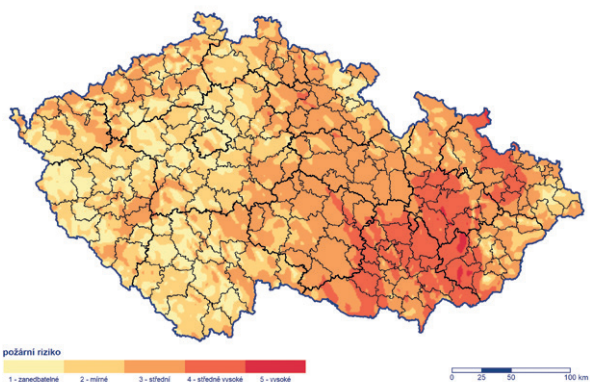
Stupnice rizika vzniku závažného požáru ČHMÚ vyjadřuje, jak závažným (intenzivním) by se mohl přírodní požár stát, pokud by vznikl na daném území. Riziko vzniku závažného požáru je rozděleno do čtyř úrovní: nízký, střední, vysoký a extrémní. Hodnocení rizika vzniku závažného požáru se využívá v rámci Systému integrované výstražné služby (SIVS) pro vyhledávání rizika nebezpečí požárů.

3. Ukázky využití rizika závažného požáru (SWR)

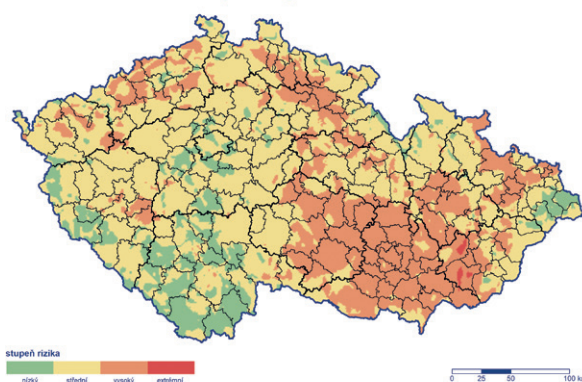
3.1 Požár v Národním parku České Švýcarsko

Dne 24. července 2022 vypukl v NP České Švýcarsko, v oblasti zvané Malinový důl, přírodní požár, který byl podle záznamů HZS ČR dosud největší na území Česka. Pro samotné rozšíření požáru bylo kritické počasí v prvních třech dnech od zjištění požáru (Možný a kol. 2022). Na obr. 3 jsou znázorněny mapy s indexem nebezpečí požáru (FWI) a rizikem vzniku závažného požáru (SWR) pro tyto tři dny. Zatímco index nebezpečí požáru byl na zájmovém území střední 24. 7., středně vysoký 25. 7.

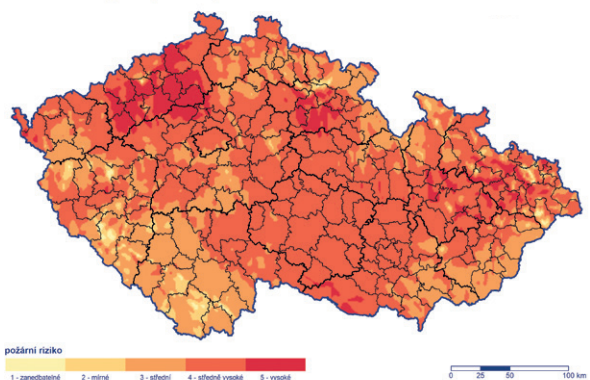
Index nebezpečí požáru pro 24. 07. 2022



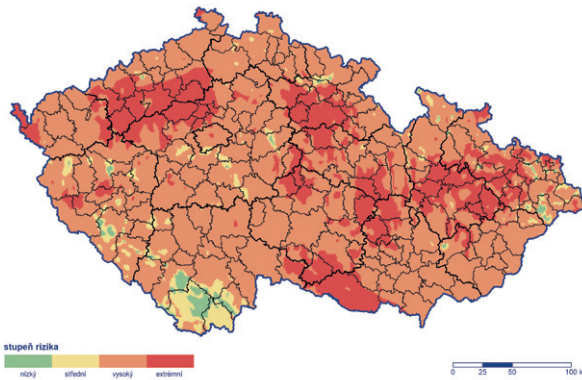
Riziko vzniku závažného požáru pro 24. 07. 2022



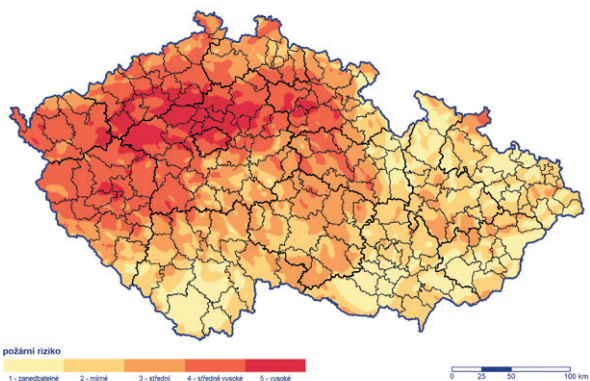
Index nebezpečí požáru pro 25. 07. 2022



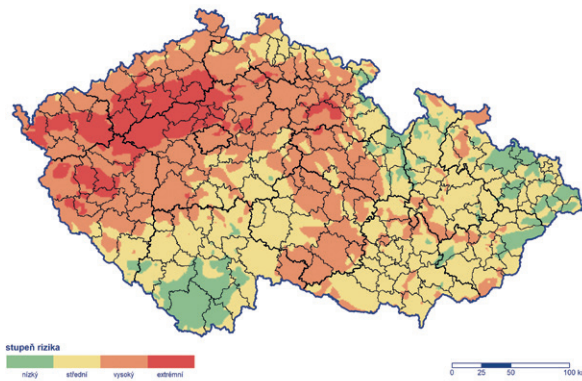
Riziko vzniku závažného požáru pro 25. 07. 2022



Index nebezpečí požáru pro 26. 07. 2022



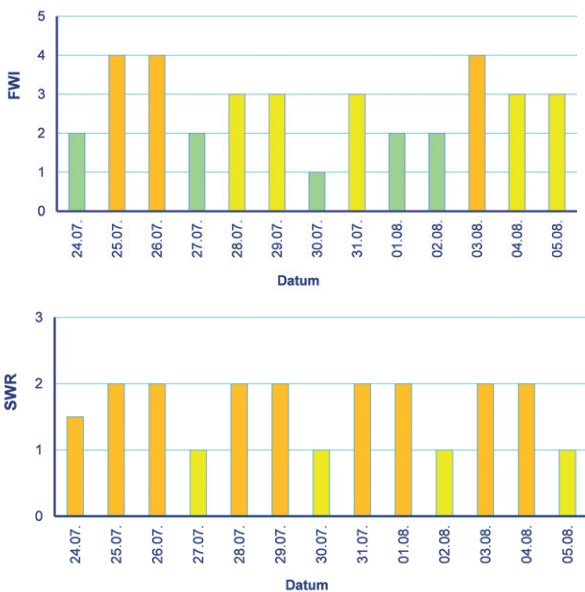
Riziko vzniku závažného požáru pro 26. 07. 2022



Obr. 3 Index nebezpečí požárů (vlevo) a riziko závažného požáru (vpravo) pro 24.–26. července 2022. Vyznačeny hranice obcí s rozšířenou působností.

Fig. 3. Fire Weather Index (left) and Severe Wildfire Risk (right) for 24–26 July 2022. Boundaries of municipalities with extended competence are marked.

a střední až středně vysoký 26. 7., riziko závažného požáru bylo nízké až vysoké 24. 7., vysoké až extrémní 26. 7. a 27. 7. (obr. 3). Ukazatel SWR tedy dokázal lépe vystihnout riziko závažnějšího požáru než FWI.



Obr. 4 Index nebezpečí požáru (FWI – škála 1 až 5) a riziko závažného požáru (SWR – škála 0 až 3) ve dnech 24. července až 5. srpna 2022. Zeleně – riziko žádné, žlutě – riziko nízké, oranžově – riziko vysoké.

Fig. 4. Fire Weather Index (FWI – scale 1 to 5) and Severe Fire Risk (SWR – scale 0 to 3) from 24 July to 5 August 2022. Green – no risk, yellow – low risk, orange – high risk.



Obr. 5 Úspěšnost předpovědi závažného požáru (2. až 4. stupeň požárního poplachu) za období 2021–2023 u indexu nebezpečí požáru (FWI), hodnocení sucha a rizika závažného požáru (SWR).

Fig. 5. Severe fire prediction success (fire alarm level 2 to 4) for the period 2021–2023 for the Fire Weather Index (FWI), drought assessment, and Severe Wildfire Risk (SWR).

Tab. 1 Závažné přírodní požáry v roce 2023 (stupeň poplachu vyšší nebo roven 2 dle HZS ČR).

Table 1. Severe wildfires in 2023 (degree of alert equal or higher than 2 according to the Firefighter Service of the CR).

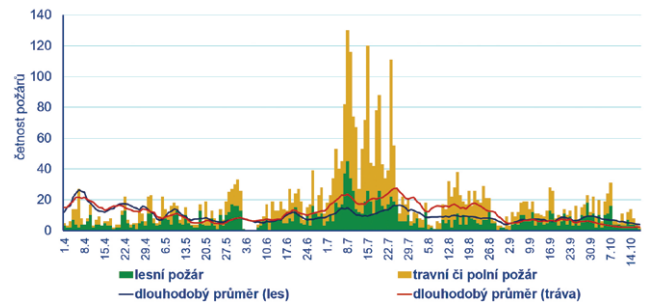
| Datum | Okres | Obec | Souřadnice | Typ požáru | Stupeň |
|--------|--------------|----------------|--------------------|----------------|--------|
| 10. 5. | Děčín | Kytlice | 50.82° N, 14.55° E | lesní | 2 |
| 8. 7. | Benešov | Olbramovice | 49.68° N, 14.62° E | lesní | 3 |
| 8. 7. | Písek | Boudy | 49.45° N, 14.04° E | lesní | 2 |
| 9. 7. | Tachov | Horní Kozolupy | 49.86° N, 12.96° E | travní (polní) | 2 |
| 13. 7. | Plzeň-jih | Útušice | 49.67° N, 13.38° E | travní (polní) | 2 |
| 15. 7. | Písek | Jetětice | 49.39° N, 14.28° E | lesní | 4 |
| 18. 7. | Jičín | Sobotka | 50.48° N, 15.21° E | lesní | 2 |
| 20. 7. | Hl. m. Praha | Praha | 50.04° N, 14.49° E | lesní | 3 |
| 21. 7. | Trutnov | Havlovice | 50.49° N, 16.02° E | travní (polní) | 2 |
| 22. 7. | Karlovy Vary | Útvina | 50.06° N, 12.91° E | lesní | 3 |
| 14. 8. | Hodonín | Šardice | 48.98° N, 17.05° E | travní (polní) | 2 |
| 26. 9. | Jihlava | Dolní Cerekev | 49.35° N, 15.43° E | lesní | 2 |
| 2. 10. | Žďár n. S. | Žďár n. S. | 49.54° N, 15.95° E | travní (polní) | 2 |

Z obr. 4 je patrné, že hodnoty FWI v období od 24. července do 5. srpna v NP České Švýcarsko kolísaly od 1 (žádné) do 4 (středně vysoké riziko). Středně vysoké riziko požáru bylo zaznamenáno pouze 25. a 26. července a 3. srpna. Oproti tomu vysoké riziko závažného požáru (2) bylo zaznamenáno 25., 26., 28., 29. a 31. července a 3. a 4. srpna. Ve zbývajících dnech bylo zaznamenáno střední riziko (1). SWR dokázalo lépe vystihnout nebezpečí většího požáru než samotný FWI.

3.2 Hodnocení v období 2021 až 2023

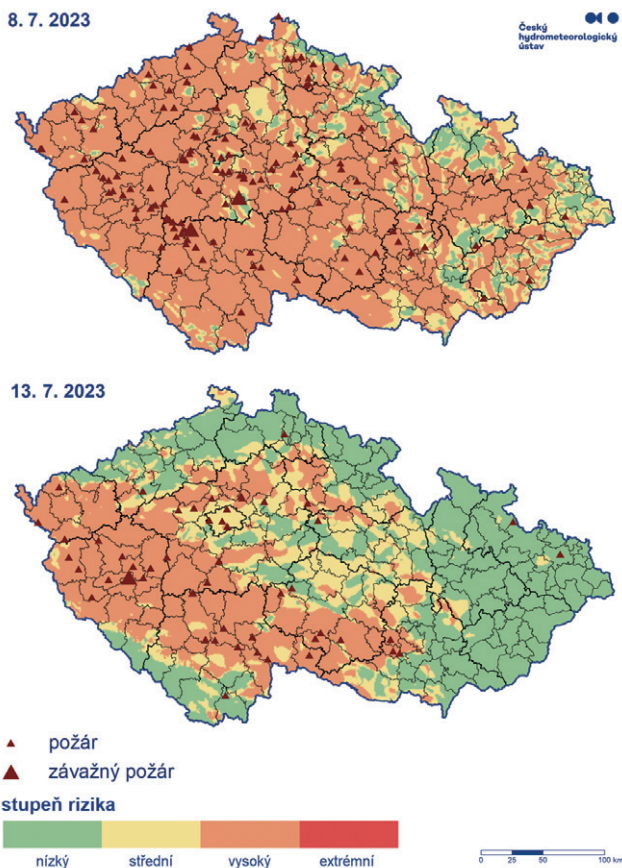
U závažnějších přírodních požárů vyhláší HZS ČR stupně poplachu, které předurčují potřebu sil a prostředků pro záchranné a likvidační práce v závislosti na rozsahu a druhu mimořádné události. Vyhláší se čtyři stupně poplachu (1.–4. stupeň). U závažnějších požárů může být vyhlášen 2. až nejvyšší 4. stupeň. Za roky 2021 až 2023 byl 2. stupeň vyhlášen 12×, 3. stupeň 3× a 4. stupeň 6×. Na obr. 5 je znázorněna úspěšnost předpovědi závažnějšího přírodního požáru, definovaného dosažením stupně 2 až 4, v období 2021–2023. Nejvyšší úspěšnost 90,5 % měly předpovědi podle indexu rizika závažného požáru (SWR). Horší úspěšnost měl index nebezpečí požáru (FWI, 61,9 %) a hodnocení sucha (37,9 %).

Během roku 2023 bylo na našem území zaznamenáno celkem 3 800 přírodních požárů. Dle databáze HZS ČR bylo 1 516 požárů lesních a 2 284 požárů travního či polního porostu (obr. 6). V porovnání s dlouhodobým průměrem se vymyká zejména měsíc červenec, kdy byla celková četnost požárů lesa, travních či polních porostů téměř trojnásobná. Naopak jarní



Obr. 6 Výjezdy hasičů k travním a lesním požárům v roce 2023 v porovnání s dlouhodobým průměrem.

Fig. 6. Firefighter call-ups to grass and forest wildfires in 2023 compared to the long-term average.



Obr. 7 Riziko a faktický výskyt přírodních požárů ve dnech 8. 7. (nahore) a 13. 7. 2023 (dole).

Fig. 7. Risk and actual occurrence of wildfires on 8 July (top) and 13 July 2023 (bottom).

sezóna byla (s výjimkou přelomu května a června) normální, co se počtu přírodních požárů týče.

Závažných požárů, tedy těch případů, kdy je vyhlášen 2. až 4. stupeň požárního poplachu, bylo celkem 13 (tab. 1). Závažné požáry se vyskytly v drtivé většině během červencové epizody, kdy se k poměrně silnému suchu přidalo i nebezpečné požární počasí, zejména poměrně silný vítr a vysoké teploty (obr. 7). Souběh těchto okolností významně přispěl k vyšší četnosti výjezdů k požárům. Konkrétně 8., 9., 15. a 23. července 2023 přesáhl denní počet výjezdů k přírodním požárům stovku. Zároveň se 8. červenec stal jediným dnem v roce, kdy byly ohlášeny dva závažné požáry během jednoho dne (obr. 7), kdy v obou případech šlo o požár lesního porostu. Celkem 38,5 % všech závažných požárů se stalo o víkendech, kdy lze očekávat zvýšenou aktivitu lidí v přírodě.

Situace požárního rizika a faktického výskytu požárů je vyobrazena pro 8. a 13. července (obr. 7). Během 8. července bylo vysoké požární riziko téměř rovnoměrně platné pro celé naše území, čemuž následně relativně dobře odpovídalo i rozmištění nastalých požárů. Naproti tomu 13. července už bylo jak riziko, tak potažmo výskyt požárů omezenější spíše na jihozápadní třetinu Česka a část středních Čech. HZS ČR zaznamenává všechny výjezdy i k malým požárům, které mohou vzniknout prakticky kdekoli, i v místech s méně vhodným požárním rizikem. Příčinou většiny požárů jsou případy lidské neopatrnosti či nedbalosti (pálení trávy a větví na zahradách nebo v lese, odhozené nedopalky atd.), v některých případech však i úmyslné zháření.

U předpovědi požárního rizika je navíc složitější interpretace “úspěšnosti”. Zatímco např. u výstrah před vysokými teplotami, větrem apod. je poměrně snadno měřitelné, jestli onen jev opravdu nastal a v jaké intenzitě, u požárů je potřeba ještě navíc spouštěč, kterým je většinou člověk či jeho činnost, jenž požár způsobí. Tudiž i při vysokém až extrémním riziku požárů, kdy se sejdou všechny potřebné faktory (vysoké hodnoty indexu nebezpečí požárů, Hainesova indexu a silné sucho), nakonec nemusí k žádnému závažnému požáru v dané lokalitě dojít.

Při analýze výskytu všech přírodních požárů v červenci 2023 (dle reálných výjezdů HZS ČR) vyšlo najevo, že 78 % zaznamenaných výjezdů proběhlo během vysokého či extrémního rizika vzniku závažného požáru. Při započtení i středního (žlutého) stupně požárního rizika se „úspěšnost“ předpovědi dokonce zvýšila na 84 %. Stále je ale třeba zohlednit zbývajících cca 16 % požárů ohlášených na místech, kde bylo riziko nízké. Tento fakt hovoří jednak pro potřebu dalšího zpřesňování metodiky výpočtu, ale také částečně vysvětluje nejistotu a nepředvídatelnost způsobenou člověkem, který je nejčastější příčinou vzniku samotného požáru.

4. Diskuze a závěr

I přes významnou roli počasí při vzniku požárů vegetace nelze v podmínkách měnícího se klimatu pominout další faktory, kterými člověk přímo či nepřímo zvyšuje riziko vzniku požáru, např. suburbanizace, intenzivní doprava nebo nevhodné změny v krajině. Zejména v blízkosti měst na úrovni regionálních center však dochází k nárůstu hustoty osídlení, které prokazatelně zvyšuje četnost výskytu požárů vegetace. Rozhraní mezi volnou přírodou a městem je právě nejčastějším místem, kde vzniká největší množství přírodních požárů.

Rozvoj bydlení na okrajích měst a lesů výrazně zvyšuje riziko a četnost požárů nejen ve střední Evropě, ale i v celé Severní Americe a dalších oblastech světa, kde se vyskytuje fenomén suburbanizace (Radeloff et al. 2018). Mezi lety 1971 a 2015 byl průměrný podíl lesních požárů na celkovém počtu požárů vegetace pouze kolem 11 % oproti 89 % požárů travních či polních (Možný et al. 2020). Analýza dat z posledních 5 let však ukazuje, že se tento poměr rychle mění. Podíl lesních požárů se v období 2019–2023 zvýšil na 24 %, pro samotný rok 2023 bylo lesních požárů dokonce 39 %.

Vztah mezi četností požárů vegetace a vlnami veder a sucha je velmi důležitý při sezónní předpovědi nebezpečí požárů vegetace s přihlédnutím k faktu, že se jejich četnost dlouhodobě zvyšuje ve všech krajích Česka. Kombinace sucha a horkých vln, trvající déle než 6 dní, byla nejčastější příčinou vzniku požárů vegetace v letech 1992, 2003, 2012 a 2015 (Trnka et al. 2021). Tyto události (tzv. compound events) složené z více faktorů mohou významně ovlivnit výskyt pro člověka nebezpečných jevů, nejen požárů vegetace. Nedávný příklad závažného požáru v Českém Švýcarsku během léta 2022 jasně doložil, že s měnícím se klimatem i ve střední Evropě narůstá riziko rozsáhlých požárů tak, jak je známe spíše ze států jižní Evropy. I proto věříme, že nově nastavený systém výpočtu rizika vzniku závažného požáru dokáže lépe podchytit nebezpečný souběh podmínek, který je pro vznik takového požáru v našich podmínkách potřeba, a s dostatečným předstihem před ním varovat.

Nové hodnocení rizika vzniku závažného požáru (SWR) může lépe vystihnout situace, kdy hrozí riziko plošně rozsáhlého požáru na našem území. Nové hodnocení může být vhodným doplňkem předpovědí založených pouze na hodnocení požárního počasí pomocí indexu nebezpečí požáru (FWI). Analýza závažnějších přírodních požárů na základě stupňů poplachu podle HZS ČR v letech 2021–2023 ukázala, že SWR dokázalo detekovat 90,5 % závažnějších požárů, FWI 61,9 % a hodnocení podle sucha jen 37,9 %. Samotný ukazatel sucha nelze využít s dostatečnou spolehlivostí pro předpověď rizika vzniku závažného požáru pro území Česka. Vhodné požární počasí totiž dokáže způsobit bleskové sucho (flash drought) ve vrchní vrstvě půdy a následné rychlé šíření požáru v porostu. Vzhledem k menší četnosti závažnějších požárů v rámci Česka testují autoři článku SWR i pro další lokality v Evropě v rámci iniciativy Destination Earth (DestinE) zaměřené na adaptaci na změnu klimatu a prognózu extrémních jevů počasí.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu „Predikce, hodnocení a výzkum citlivosti vybraných systémů, vlivu sucha a změny klimatu v Česku, PERUN“ (SS02030040), který je podporován Technologickou agenturou ČR.

Literatura:

- DI GIUSEPPE, F. et al., 2016. The potential predictability of fire danger provided by numerical weather prediction. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, Vol. **55**, s. 2469–2491. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0297.1>.
- HEIKINHEIMO, M., VENÄLÄINEN, A., TOURULA, T., 1998. A soil moisture index for the assessment of forest fire risk in the boreal zone. In: *COST 77, 79, 711*. International Symposium on Applied agrometeorology and Agroclimatology.
- JUREČKA, F. et al., 2019. Comparison of methods for the assessment of fire danger in the Czech Republic. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Vol. **67**, s. 1285–1295. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.11118/actaun201967051285>.
- MCARTHUR, A. G., 1967. Fire Behaviour in Eucalypt Forests. Australia: Forestry and Timber Bureau, Leaflet **107**, 36 s.
- MOŽNÝ, M. et al., 2020. Past (1971–2018) and future (2021–2100) pan evaporation rates in the Czech Republic. *Journal of Hydrology*, Vol. **590**, Article 125390. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125390>.
- MOŽNÝ, M., TRNKA, M., BRÁZDIL, R., 2021. Climate change driven changes of vegetation fires in the Czech Republic. *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. **143**, s. 691–699. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03443-6>.
- MOŽNÝ, M. et al., 2022. Výjimečný přírodní požár v Národním parku České Švýcarsko v létě 2022. *Meteorologické zprávy*, roč. **75**, č. 5, s. 144–150, ISSN 0026-1173.
- PAUSAS, J. G., PAULA, S., 2012. Fuel shapes the fire-climate relationship: evidence from Mediterranean ecosystems. *Global Ecology and Biogeography*, Vol. **21**, s. 1074–1082. Dostupné z: <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2012.00769.x>.
- POTTER, B. E. et al., 2008. Computing the low-elevation variant of the Haines index for fire weather forecasts. *Weather and Forecasting*, Vol. **23**, s. 159–167. Dostupné z: <https://doi.org/10.1175/2007WAF2007025.1>.
- RADELOFF, V. C. et al., 2018. Rapid growth of the US wildland-urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. **115**, s. 3314–3319. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.1718850115>.
- SROCK, A. F. et al., 2018. The hot-dry-windy index: A new fire weather index. *Atmosphere*, Vol. **9**, 279. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/atmos9070279>.
- TRNKA, M. et al., 2020. Systém indikátorů rizik přírodních požárů (ověření různých postupů stanovení rizika vzniku přírodních požárů) včetně návodu na použití integrovaného předpovědního systému. Certifikovaná metodika (NmetS1), projekt MZP/2020/020/326, www.firerisk.cz.
- TRNKA, M., et al., 2021. Observed and estimated consequences of climate change for the fire weather regime in the moist-temperate climate of the Czech Republic. *Agricultural and Forest Meteorology*, Vol. **310**, Article 108583. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108583>.
- VITOLO, C. et al., 2019. A 1980–2018 global fire danger re-analysis dataset for the Canadian Fire Weather Indices. *Scientific data*, Vol. **6**, Article 190032. Dostupné z: <https://doi.org/10.1038/sdata.2019.32>.
- WOTTON, B. M., 2009. Interpreting and using outputs from the Canadian Forest Fire Danger Rating System in research applications. *Environmental and ecological statistics*, Vol. **16**, s. 107–131. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s10651-007-0084-2>.

Lektoři (Reviewers):

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D., Mgr. Adam Valík, Ph.D.

Recent factors and constraints behind the development of quality in the Czech national greenhouse gas inventory system

Nejnovější faktory a omezení, které stojí za vývojem kvality v českém národním systému inventarizace skleníkových plynů

Risto Saarikivi

Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 2050/17
143 06 Praha 4-Komořany
✉ ristojuhana.saarikivi@chmi.cz

Úloha mezinárodních a domácích procesů je zkoumána s cílem objasnit hnací síly a omezení, které stojí za změnami kvality v českém národním systému inventarizace skleníkových plynů (GHGI). Načasování článku je relevantní, protože svět se na konci letošního roku chystá podat zprávu v rámci Pařížské dohody a potřeba sdílení získaných zkušeností je akutní. **Metoda a materiály:** Jedná se o případovou studii vývoje české inventarizace skleníkových plynů. Hluboké rozhovory s odborníky z daného sektoru, které vedly k přípravě vůbec první příručky kvality pro českou inventuru skleníkových plynů, poskytují vhled do omezení a faktorů, jež ji umožňují, stejně jako poznámky z každoročního workshopu QAQC (WS) se slovenskými odborníky. Nedávné právní a vědecké změny již ovlivnily procesy vykazování v Česku a mezinárodní spolupráce v rámci Iniciativy pro budování kapacit v oblasti transparentnosti – CBIT a Mezinárodního hodnocení a přezkumu – IAR usnadnila pozitivní kvalitativní změny pro český národní systém GHGI. **Výsledek:** Hlavním materiálem pro hodnocení pokroku je sestavená tabulka doporučení pro přezkum UNFCCC, která byla Česku dána v posledních přezkumech, a sestavené připomínky z nástroje pro přezkum UNFCCC (iVTR) a nástroje EU pro přezkum (EMRT) v Česku. V sestavené tabulce výsledků přezkumu lze pozorovat vliv různých právních a vědeckých podnětů. Samotná doporučení přezkumu působí jako významný faktor pro vývoj inventarizace skleníkových plynů. **Závěr:** Nejvýznamnějším jednotlivým faktorem umožňujícím zlepšení byl národní výzkumný program THETA Technologické agentury ČR (TA ČR). Mezi identifikovaná omezení patří nejistota kontinuity dlouhodobého financování výzkumu pro realizaci plánovaných zlepšení a ztráta lidských zdrojů a know-how v důsledku vysoké fluktuace kvalifikovaných pracovníků v týmu GHGI.

KLÍČOVÁ SLOVA: Inventarizace skleníkových plynů – řízení kvality – přezkum UNFCCC – legislativa klimatická – Pařížská dohoda – CBIT – budování kapacit – IAR – oteplování globální – Česko

KEYWORDS: Greenhouse gas inventory – quality management – UNFCCC review – Climate legislation – Paris Agreement – CBIT – capacity building – IAR – global warming – Czechia

1. Introduction

Widespread and rapid changes in the atmosphere, ocean, cryosphere and biosphere by the human influenced global warming cause urgency for countries to accelerate their climate efforts (IPCC 2023). The Paris Agreement (PA) is an international treaty on climate change, which was adopted by almost 200 countries in 2015 (UNFCCC 2015). This year 2024 the world will be reporting the GHG emissions to the UNFCCC under the Paris Agreement and the Enhanced Transparency Framework (ETF) for the first time (UNFCCC 2018). Previously, countries reported GHG emissions under the Convention (UNFCCC 2013) and its Kyoto Protocol (UNFCCC 2012), which set out obligations and reporting requirements for measurement, reporting and verification (MRV) system for both developed and developing countries while upholding the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities (UNFCCC 2024a). Czechia is Annex I country with full reporting requirements without flexibility options. Czechia and Annex I countries continue reporting the GHGI in those years, when the Biennial Transparency Report (BTR) is not due (UNFCCC 2018). Need for sharing of best practices and lessons learned is acute among the reporting countries due to urgency of the climate change (IPCC 2023) and recent changes in climate law obligations (UNFCCC 2023).

Reporting under the ETF builds on the Convention and its MRV system (UNFCCC 2024b). Material compiled for this article are all from the time under the Convention reporting, but lessons learned will be implemented also under the ETF starting this transition year 2024. Results of the study are not only meant for internal use of the Czech GHGI team, but for everyone and especially for the developing country GHGI teams for improving their respective GHG inventories.

Quality of reporting and implemented improvements in the Czech GHGI have been evaluated by the International Assessment and Review (IAR) processes. The UNFCCC has created mechanisms to monitor and support countries to meet their reporting obligations under the Convention and now under the ETF (UNFCCC 2024b). The IAR for developed countries reviewed national documents (UNFCCC 2024c), and International Consultations and Analysis (ICA) for the developing countries conducted technical analysis for the same purpose (UNFCCC 2024d). In the second part of these processes, Facilitative Sharing of Views (FSV) (UNFCCC 2024e) and Multilateral Assessment (MA) (UNFCCC 2024f) monitored progress and facilitated discussions to increase comparability and transparency among the reporting countries (UNFCCC 2024c). Under the ETF, these processes will be simply Technical Expert Review (TER) and Facilitative Multilateral Consideration of Progress (FMCP) (UNFCCC 2015).

The UNFCCC and the Global Environment Facility (GEF) have launched massive support campaigns for the developing countries to ensure timely submission of developing country BTRs by the end of 2024 (UNFCCC 2024g). Although all the mentioned support is for the developing countries, Czechia national GHGI team is benefitting from cooperation in the CBIT (GEF 2024) by hosting CBIT Study Tour events in Prague annually 2021–2024 and sharing lessons learned experiences with the visiting country delegations.

In the CBIT events in Prague, realization has been that we share the same reporting obligations, but we also face the similar problems in developing the GHGI. Available resources need to match the increased reporting obligations. Long term steady resources are not needed only to prepare the GHGI submission, but to enable implementation of improvements recognized by the UNFCCC review and the national GHGI team itself (Saarikivi 2023).

The introduction of THETA MEMORESP research program by Czech Technology Agency in 2019 to support improvements in the Czech GHGI, was the additional resource in Czechia to match the increased pressure from the UN and the EU reviews (TACR 2024a). THETA program is still running, but does not have any more the GHGI reporting as one of the top priorities. Instead, Air Quality Research Assessment and Monitoring Integrated System or shortly ARAMIS is providing must needed continuity of research funding for the GHGI improvements (TACR, 2024b).

The article argues that without THETA, planned improvements would not have been implemented on time for the 2022 UN reviews, which focused on ensuring correct reporting on the 2020 emission reduction targets, and closing of KP-LULUCF at the end of the Kyoto Protocol 2nd commitment period (UNFCCC 2012).

2. Method and materials

The Article is based on qualitative case study research methodology. Materials for identifying drivers, enablers and constraints of recent improvements in the Czech GHG inventory are both national, international and also include developing country information for comparison and for discussions. Progress of the Czech GHGI shown in Figure 3 is due to the combined effect of all of them, although the results chapter focuses on the THETA research program as the main recent enabler.

2.1 In-depth interviews and the Quality manual

One data collection methodology has been an in-depth interview of the Czechia GHGI sector experts during a four-year process of preparing the Quality Manual for the Czech GHG Inventory during 2019–2022 (Cienciala 2021). Interviews were done between November 2019 and October 2020. Long time frame was selected to give opportunity for all the sector experts to participate to avoid any possibility of bias due to creating a small group of participants and unnecessary time constraints. Bias arising from a small set of questions was avoided by having a preset of questions and topics sent to participants two months before the 2h interview. Preset questions were first tested on and further developed with an experienced sector expert in October 2018 (Ondrušová 2019). Piloting the questions enlarged the scope of the in-depth interview to cover whole CZ GHGI development. Time in the interview itself was extended to 2h to capture the sector experts' views, which are the most valuable as they are the main actors in the CZ GHGI process. Participants were not bound to limited preset questions, but had freedom and were encouraged to bring up the points that needed development, further support or processes that should be outright eliminated. When need for documentation of guidance for preparing the GHGI submission and further clarification of the 2006 IPCC Guidelines became evident during the interviews (Esterlová 2020), the process for the Quality manual started in 2021.

Another data collection process has been constant on going collection of sector experts' experiences to identify and assess problems within the Czech GHGI system (Saarikivi 2023). Constant ongoing collection means that every time sector experts asks for new guidance that has not been documented, the written guidance goes to the Quality manual.

Development of the Quality Manual for the Czech GHG Inventory with sector experts' inputs was welcomed by the sector experts. Eight experts provided inputs for the Quality manual. The Czech manual is different from several European ones (Nielsen et al. 2020) as roughly half of it covers practical process guidance for preparing inventory according the UNFCCC (UNFCCC 2023) and the IPCC requirements (IPCC 2006). In practice, real correspondence of the QAQC manager and sector experts were documented to the Quality manual for everyone to go back and refresh the memory or for new workers to get practical guidance how to do their tasks (Saarikivi 2023).

The main findings from the in-depth interviews with the sector experts for the preparation of the Quality manual for the Czech GHG inventory were (Saarikivi 2023);

- Sector experts cannot be left alone to face problems in activity data (AD) collection and especially if AD is lacking totally (Beranová 2021).
- Lack of AD is recognized as institutional problem, where solution can be researched by sector expert, coordinating institute or sector expert contacts statistical office, Ministry or the relevant data provider for them to enable data collection or in the most severe case, government introduces new law or regulation for specific data collection (Cienciala 2021).
- Coordinating institute facilitates cooperation and communication between the sector expert, AD provider and the responsible ministry of the sector (Beranová 2021).

- A peer-to-peer review is the most common QA process applied in the Czech GHGI team to guarantee methodological changes. It is also cost-efficient way compared to external audit. Responsibility cannot be left solely on a sector expert, but the coordinating institute has a role as facilitator and checking that the process is happening and if needed, supports in the QA process (Saarikivi 2023).
- Two sector experts in a sector would be ideal for submission preparation, QC checks and planning of improvements (Beranová 2021). This is not a case in all the sectors currently due to financial constraints, but every sector has a designated person for 2nd guarantee of QAQC checks.
- New workers should be introduced thoroughly to the GHGI preparation processes by the responsible organization for the sector with support of the coordinating institute (Veselá 2020). If this is not possible time wise or because of lack of experienced personnel, then coordinating institute steps in to support in key processes to ensure smooth and timely submission. Example of late key process is importing data by the sector expert to the UNFCCC electronic reporter with additional post import QC to verify successful import (Saarikivi 2023).
- Annual national in person QAQC meetings were perceived beneficial for coordination of the team and planning of improvements, both by the sector experts and the coordinating institute (Saarikivi 2023).
- Sector experts were asking to be connected again with the neighbouring country colleagues after Covid broke the continuity of the annual regional QAQC WS in person meetings (Beranová 2021).
- Documentation of QAQC processes and inventory preparation was perceived essential in passing knowhow between colleagues and to new workers (Saarikivi 2023).
- Lack of time was seen as one of the main problems in preparation of submission and doing QC activities properly between January and March (Ondrušová 2019). Czechia has dual reporting requirements and review requirements for both the EU and the UNFCCC and tight time schedule cannot be avoided in the submission months at the beginning of the year (Saarikivi 2023).
- UN review processes can be perceived stressful by the sector experts, but also as beneficial drivers for developing the quality of the inventory (Saarikivi 2023).
- QAQC manager of the Czech GHGI sees the UN review and the European ESR review as free capacity building for planning and implementing improvements with only cost being time resource (Saarikivi 2023).
- Once in two-year cycle for the UN review is perceived efficient by the sector experts and the coordinating institute. Once a year review cycle would be counterproductive by taking away scarce time resources from implementing improvements and solving the UN review recommendations (Cienciala 2021).
- From the coordinator institute side, the change of personnel in the Czech GHGI team is seen as a waste of knowhow and a risk to quality of submissions (Saarikivi 2023).

Finding and supporting further the identified enablers, has been prerequisite for successful planning and implementation of improvements in the GHGI preparation. Latest develop-

ment has been hiring a part time expert to support the LULUCF sector. Benefits of additional part time expert is reducing risks by redundancy, higher quality QC and smoother implementation of improvements. Unfortunately, Czechia has no additional resources to offer the same much needed support for the Agriculture sector. This was one of the main barriers raised by the experts during the interviews, and it is now only partly addressed (Cienciala 2021). Dialogue continues with the Ministry of Environment for updating the Czech NIS budget. It can be argued that hiring additional worker to LULUCF sector matched the increased demand for work caused by the KP review in 2022, and was one of the main factors with THETA research program for successfully meeting the KP obligations in 2022.

2.2 Bilateral quality assurance and quality check workshop

The annual bilateral quality assurance and quality check (QAQC) workshops (WS) with the Slovakian GHGI team are integral in developing the Czech GHGI and strengthening individual sector experts' skills. Annual QAQC meetings with the Slovaks are sometimes joined by inventory experts from nearby countries. Notes from the Quattro lateral QAQC meeting of CZ, HU, PL, SK and AT experts of National Inventory System (NIS) from 2019 are used to identify enablers in the Czech GHGI system (Rutkowski et al 2019).

To ensure continuity of the annual QAQC WS with the Slovaks and regional experts, the QAQC WS is in the core budget, which is provided by the Ministry of Environment to the coordinating institute. During the Covid, in person meetings were not possible and after a two-year gap, WS was launched online and last year it was first time held again in person in Prague. Before the Covid, also Hungarian and Polish GHGI experts participated in the QAQC WS. Plan for the 2024 WS is to be in Budapest with representatives participating in person from all the four national GHGI teams. Topics in the WS change every year according the need, and inventory workers from the air pollutant teams are welcomed with at least one topic being for the air pollutant experts in the agenda. The regional QAQC WS enables (Rutkowski et al 2019);

- Peer-to-peer QA to new implemented methodologies.
- Offer unofficial safe platform to discuss freely even sensitive topics related to the GHGI system thus facilitating sharing of lessons learned experiences and best practices.
- Harmonization of the GHGI and the air pollutant inventories by facilitating communication and planning of improvements between the two inventories, especially regarding the use of AD.

2.3 Capacity Building Initiative for Transparency – CBIT

By hosting UNDP-CBIT events in Prague for visiting developing country delegations, CHMI is showcasing the best Czech Republic technical expertise on the GHG inventories on the world level. Annual CBIT Study Tours in Prague 2020–2024 will be reported as technical capacity given by Czechia in the first ever BTR submitted by Czechia under the Paris Agreement in 2024.

- The CBIT Study Tours in Prague have supported planning of improvements in the Czech GHGI, especially regarding coordination of acquiring missing data from data providers (Saarikivi 2023).

Material from CBIT Prague events are video recordings of discussed topics and presentations, which can be accessed in CHMI eCloud (CHMI 2024). All the points identified in the Prague CBIT events apply to Czech GHGI system, except the flexibility point about BTR reporting, as Czechia is Annex 1 Party without flexibility options. Czechia also has high turnover of personnel in the coordination institute, but reasons are different than short term project funding identified in the CBIT Study Tours for the visiting developing countries. Below are the main points from the Prague CBIT visits during 2020–2024 (CHMI 2024);

- CBIT, any regional or bilateral WS is beneficial in exchanging ideas, good practices and facilitating peer to peer learning.
- Key to successful submission preparation is institutional arrangements that guarantee smooth and timely delivery of AD for the sector experts.
- In the law and regulations, both responsible organization of data collection and to whom the data is collected for, are named to ensure AD availability.
- Submission time constraints were seen as a risk and a problem for the quality of the GHGI.
- Increase in number of UN review observations and recommendations may not mean lower quality submission, but that implemented improvements are being thoroughly reviewed by the UNFCCC expert review team (ERT). Increase in recommendations may signal that improvements have been implemented, but they need further addressing before being in accordance with the UNFCCC requirements and the 2006 IPCC Guidelines (IPCC 2006).
- Short term and uncertain project funding has been seen as a problem by all four visiting countries. Uncertain short term project funding causes;
 - High turnover of workers affects the quality of the submission as the knowhow is lost.
 - Cycle of training new workers happens instead of able to keep and develop skills of the existing ones.
 - Losing team members hampers the whole team.
- Flexibility options of the BTR reporting, ETF tool and its CRF tables will help for a timely submission for the developing countries, but will need to be accompanied with a well-documented planned improvements and additional resources to overcome the use of flexibilities in the future.
- The most dialogue was created in the presentations that not only showed what has been the current model or methodology, but what model worked when institutional arrangements had not yet produced complete AD and the IPCC methodologies were not fully implemented due the lack of data or parameters. Pathways to follow were appreciated.
- Building the national MRV system is a process over multiple years. Available resources should reflect the reality of continuous improvement, especially in times when new reporting obligations are introduced.
- Larger visiting delegation was perceived beneficial as coordination of different stakeholders of MRV system is essential in setting up institutional arrangements. CBIT Prague events composition of visiting delegations included representatives from the UNDP – CBIT, Ministries, data providers, and coordinating organization for the MRV system,

compiler and experts of the GHGI. Some sector experts participated online.

2.4 International reviews – UNFCCC summary table 2, iVTR and EMRT tools

The main material in this study is a compilation of summary table 2 recommendations for Czechia in the UNFCCC review reports (ARR) from the last five reviews 2015–2022, which can be accessed in the UNFCCC website (UNFCCC 2024a). Review years 2018, 2021 and 2022 are focus of this study as all the recent improvements were first planned and then implemented during that time period. The review year 2019 is in the tables for completeness, but it should be disregarded as it was a lighter desk review year and others are full in country or centralized reviews. Recommendations in the summary table 2 are by topics instead of sectors. Summary table 2 was first introduced in the UNFCCC review reports to Czechia in 2015, and is also included only for completeness to the Figure 3. 2015 is too far back in the history of Czech GHGI to be considered recent in this study. Author started in the Czech GHGI team in 2018.

The UNFCCC reviews set international standard for internal development, provides a baseline for the quality and acts as driver for developments (UNFCCC 2024a). Changes in climate legislation on reporting obligations and developments in national circumstances in reporting ultimately materialize in the UNFCCC reviews as observation checks, and found issues may lead to recommendations to be given to the reviewed Party to solve the reporting issues.

Czech GHGI submissions for the UNFCCC that were reviewed have T-2 data, hence 2022 submission is reporting 2020-year as the latest year data with the complete time series being 1990–2020 (UNFCCC 2024a).

The UNFCCC recommendations aside, also the number of UNFCCC review observations 2021–2022 and the EU review observations 2018–2022 have been compiled to highlight the external pressure from reviews for these special years for the Czech GHGI. The UN data on number of observations is obtained from the UNFCCC iVTR review tool and its data for Czechia. The EU data on number of observations is obtained from the EU review tool EMRT and its data for Czechia. Observations from both iVTR and EMRT have been exported to the CHMI eCloud for public access.

3. Results and evaluation

Progress of improvements done in Czech national greenhouse gas inventory is presented by compiling the UNFCCC review recommendations given to Czechia in the review reports' summary table in 2017–2022 and examining both external and internal reasons for the developments.

Parties to the UNFCCC are subject to reporting and review requirements under the Convention and Kyoto Protocol through the Measurement, Reporting and Verification (MRV) system (UNFCCC 2023), and under the Paris Agreement through the Enhanced Transparency Framework (UNFCCC 2018).

Number of observations in the Figure 1, 2 and 3 demonstrate the extraordinary external pressure the Czechia GHGI team and its GHGI submission went through in the EU and UNFCCC reviews in 2020 and 2021.

The European Union (EU) Effort Sharing Decision (ESD) covered years 2013–2020 and more than 60% of total EU GHG emissions with the IPCC Assessment Report four (AR4) global warming potential (GWP) values. For 2021–2030, the Effort Sharing Regulation (ESR) (EU 2023) and AR5 GWP values replaced ESD and the AR4 values.

Year 2020 is clearly an outlier in Figure 1 for the European Union (EU) Effort Sharing Decision (ESD) Review observations. Observations jump from 17 in 2019 to 66 in 2020, and settle to more normal amounts of 35 and 36 observations for years 2021 and 2022. Reason for the outlier year is the EU 2020 emission targets and the ending of the ESD. The 2020 ESD review was supporting Member States to be able to report correctly in 2022 the T-2 data i.e. 2020 data. The EU GHGI is compiled from the Member States' (MS) GHGI data. The 2020 ESD review to the EU MSs was ensuring the correctness of the compiled EU GHGI and the ESD data. The thorough 2020 ESD review resulted in one technical correction for the Czechia. The

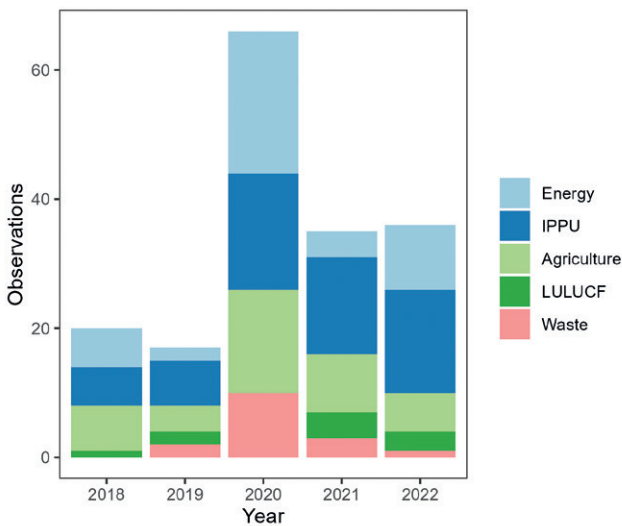


Fig. 1. Compiled 2018–2022 Czechia review observations from the ESD and ESR reviews.

Obr. 1 Souhrn výsledků přezkumů ESD a ESR České republiky v letech 2018–2022.

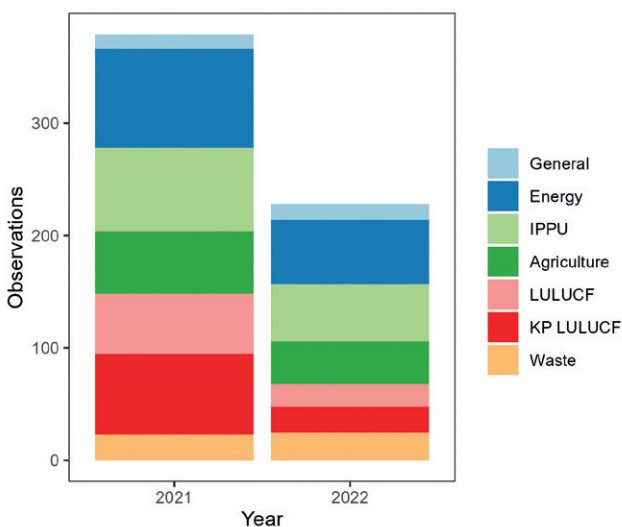


Fig. 2. Compiled 2021–2022 Czechia review observations from the UNFCCC review.

Obr. 2 Souhrn výsledků přezkumů UNFCCC České republiky za období 2021–2022.

next 2021 and 2022 reviews under the ESR did not produce recommendations to Czechia and observations also settled to business-as-usual levels.

Another reason for the EU observations peaking in 2020 review was supporting MSs for the ending of KP 2nd commitment period. Czechia volunteered for including KP-LULUCF sector for the review, which guided implementing of improvements and served as free capacity building. As a result, Figure 3 shows that Czechia has resolved all the KP-LULUCF UNFCCC recommendations in the 2022 UN review. In 2024 Czechia received final review report from the UNFCCC regarding the KP and ending of the 2nd commitment period, which stated that Czechia had fulfilled its obligations.

Czechia did not have UNFCCC review in 2020. Figure 2 shows how number of UNFCCC review observations have decreased from 378 in 2021 to 228 in 2022 review. 2021 was the high peak of observations and also personal stress for the sector experts, because the observations only seemed to increase regardless of efforts the sector experts were doing. This is a good example where number of observations may not represent low quality of GHGI, but instead the GHGI is undergoing major improvements, which the review teams are checking. Year 2022 supports above argument in the Figure 2 with business-as-usual number of observations.

Figure 3 shows the number of UNFCCC recommendations by topics in the summary table 2 of the UNFCCC review reports given to Czechia 2015–2022. These are the main indicators of progress in the Czech GHGI.

The state of the Czech GHGI submission in 2017 was 58 recommendations. Trend goes from 58 recommendations in 2017 to 48 in 2021, ending at lowest point in 2022 with only 28 remaining recommendations.

Same progress can be observed in the table 1 below in more detail. Recommendations regarding Methodology, EF and AD category have decreased by –20 from 2017 to 2022. Next one is the KP-LULUCF with decrease of –10 recommendation. Figure

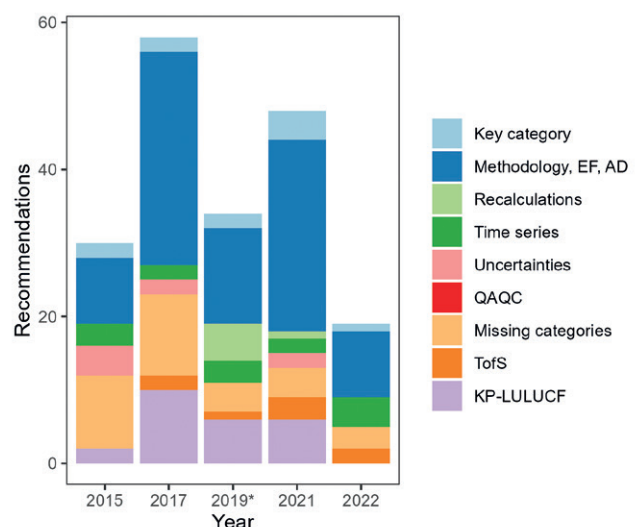


Fig. 3. Compilation of all the recommendations given to Czechia for 2015–2022 in summary Table 2 of the UNFCCC review reports.

Obr. 3 Souhrn všech doporučení udělených České republice v období 2015–2022 uvedených v tab. 2 souhrnných zpráv UNFCCC.

re 3 shows that no KP-LULUCF recommendations exist for Czechia anymore in 2022. Missing categories recommendations decreased by -8. Total decrease of recommendations being -39 in 2017–2022.

Figure 3 and Table 1 highlight the progress in Methodology, EF and AD. Also, Czech sector experts in their interviews and inputs to the Quality manual highlighted support needed for acquiring AD. Availability of AD was identified constraint by the Quattro lateral QAQC WS as well as the CBIT events in Prague.

Table 1. Reduction of the UNFCCC review recommendations given by the ERT to the Czechia in the summary Table 2 of the UNFCCC review report.

Tab. 1 Snížení počtu doporučení pro Českou republiku z přezkumů UNFCCC, které byly zpracovány expertním týmem UNFCCC a uvedeny v Tabulce 2 souhrnné hodnotící zprávy.

| Recommendation | 2017 | 2021 | 2022 | Difference 2017–2022 |
|---------------------|------|------|------|----------------------|
| Key category | 2 | 4 | 1 | -1 |
| Methodology, EF, AD | 29 | 26 | 9 | -20 |
| Recalculations | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Time series | 2 | 2 | 4 | 2 |
| Uncertainties | 2 | 2 | 0 | -2 |
| Missing categories | 11 | 4 | 3 | -8 |
| TofS | 2 | 3 | 2 | 0 |
| KP-LULUCF | 10 | 6 | 0 | -10 |
| Total | 58 | 48 | 19 | -39 |

Table 2. THETA research projects oriented for improving the Czech GHGI in the period of 2019–2022.

Tab. 2 Výzkumný projekt THETA zaměřený na zlepšení české GHGI v období 2019–2022.

| General | Energy | IPPU | Agriculture | LULUCF | Waste | Total |
|---------|--------|------|-------------|--------|-------|-------|
| 2 | 9 | 2 | 4 | 3 | 6 | 26 |

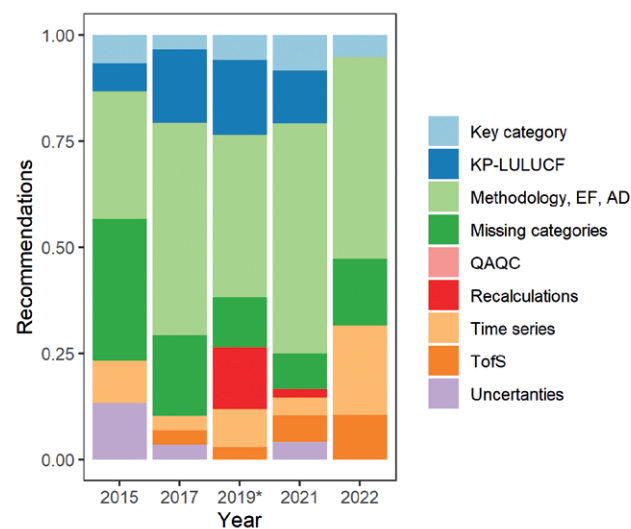


Fig. 4. Share of recommendations from summary Table 2 from the UNFCCC review reports to Czechia.

Obr. 4 Podíl doporučení uvedených v tabulce 2 souhrnných zpráv UNFCCC vztahujících se k České republice.

The main reason for the progress from the high peak of 2017 to success of 2022 is national research program THETA run by the Czech Technology Agency, and its major support for improving the Czech GHGI 2019–2022 (TACR 2024a). Table 2 below shows number of THETA research projects that directly or indirectly contributed to implementing improvements in the Czech GHGI 2019–2022.

THETA research program started with a planning and preparation stage, which would argue that THETA affected mostly GHGI in 2021 and 2022 as seen in Table 1. Comparing Table 1 and Table 2 results, THETA has contributed to 26 of 39 resolved recommendations in 2021 and 2022 by significantly boosting the implementation of planned improvements in the Czech GHGI.

Figure 4 shows share of recommendations by categories, which is useful for prioritizing and planning of next research and improvements. Although Figure 3 showed significant progress in Methodology, EF and AD category, the year 2022 in Figure 4 shows that Methodology, EF and AD has share of almost half of the remaining UNFCCC recommendations and should still be the main focus of planned improvements. Figure 3 and 4 are useful tools for the compiler and QAQC manager to keep track of progress of the GHGI submission.

4. Discussions

Every country is currently facing external reporting pressures arising from the Paris Agreement and the ETF, but are barriers and enablers identified for Czechia country specific or are there similarities with other countries? The International Assessment and Review (IAR) and International Consultations and Analysis (ICA) place lessons learned from Czechia into a global context. Below is a list of constraints and enablers identified in Dubai COP in 2023 for the developing countries.

Reporting constraints identified in the 15th session of FSV in Dubai COP in 2023 (UNFCCC 2024b);

- Weak institutional arrangements for data provisions due to lack of technical support, monitoring capabilities and funding for dedicated staff.
- Adherence to the UNFCCC reporting guidelines due to lack of data for preparation of the GHGI.
- Short term project funding.

Enablers identified in the 15th session of FSV in Dubai:

- Participation in the GEF funded CBIT program to improve MRV system and transit to the ETF.
- Global Environment Facility (GEF) funding for preparation of coming BTRs.
- FSV process for sharing lessons learned experiences
- Both conducting it and being subject to the technical analysis of the ICA.

In the UNFCCC 2024 Regional workshop on BTR, Africa and Europe region, Snezana Dragojevic from the UNDP presented key considerations relevant to BTR and GHGI (UNFCCC 2024g);

- Access to GEF resources; timely financial support by early request with regular communications and understanding of requirements for the financial support.

- Technical support for the BTR; use of bundled (2 BTRs + 1 NC) modality to avoid gap between reporting and sustained resources. GEF approves support for two instead of one BTR.
- Technical support on the GHG Inventories, quality reviews and support on responding to the recommendations of TER/FMCPs processes enables timely submission of GHGI and the BTR.
- In-country technical trainings to establish national expertise.
- Representation in the COPs and SBs climate negotiations.

Czechia identified also data availability as a constraint. Although Czechia had major progress in implementing improvements regarding the UNFCCC recommendations for issues with data in 2022, the figure 4 shows that based on remaining UN recommendations, the main focus still stays in improving data availability and data quality in Czech GHGI.

The main reason for problems in data availability in Czechia is not the weak institutional arrangements, Czechia has long time established, funded and mostly functional arrangements. Based on the interviews with the experts, the reason is historical. Data collection was not designed for the GHG emission purposes from the 1950s to 1990s, causing problem in time series consistency and in quality of data. The GHG relevant data is not always disaggregated enough for reporting according the 2006 IPCC guidelines and its higher Tier requirements for key categories. During the CBIT events in Prague 2020–2024, all the visiting delegations identified the same data availability problem and same reasons. Three out of four CBIT visitors to Prague highlighted weak institutional arrangements as root cause for the lack of data (CHMI 2024).

Recent developments have exposed one weakness in Czech institutional arrangements. Coordinating organization does not have contract with all the stakeholders responsible for sectors in the GHGI. Ministry of Environment (MoE) has allocated Waste sector responsibility to a public organization. Arrangement worked well until budget cuts were made by government to the respective organization forcing it to stop obliging with the task. Contract with a budget is the normal procedure in the Czech MRV system and will be a solution for this case too or the coordinating organization will take the responsibility with respective budget. Recalling lessons learned from the CBIT Prague events was that institutional arrangements should be based on legislation and contract should be given to organization and not to a person. Czech recent experiences with the Waste sector prove the point.

5. Conclusion

Using the amount of unresolved UNFCCC recommendations as an indicator to the quality of Czech GHG inventory shows impressive progress from 2017 to 2022. Czechia resolved 39 recommendations and only 19 from 58 recommendations are unresolved. Figure 4 also highlights AD and methodologies as the main category for remaining improvements and as a focus for new planned improvements that the rest of the recommendations can be resolved.

Study is not only a history lesson of Czech GHG inventory, but learning how to face exactly similar situation in 2028–2030. In 2028 the guiding principles and rules of the Paris Agreement are opened for negotiations again and will cause new

demands and changes to the GHG reporting. In 2030 and just before, the EU will step up review efforts to ensure correctness of its progress towards the 2030 GHG reduction targets. Hence, identifying constraints and enablers is prerequisite for developing quality of the GHG inventory to match the international obligations from the EU and the UNFCCC.

Identified constraints for Czechia are uncertainty of continuity of long-term research funding to implement planned long term improvements, losing of human resources and knowhow by high turnover of skilled workers in the GHGI compiler team and in the Waste sector. The core budget of the coordinating organization was sufficient to hire a part time support for the LULUCF sector, but not to the Agriculture sector to increase redundancy and enable improvements. The core funding has not been adjusted to inflation and increased costs by the budget provider Ministry of Environment.

Resources have to match the external pressures for improvements in the national GHGI system. Success of the THETA program signals that additional research resources are needed to implement planned improvements according the UN recommendations and when improvement needs are identified nationally. Additional resources are needed especially, when climate legislation and obligations are changing as was the case with the ending of the KP 2nd commitment period and meeting of the 2020 emission targets.

ARAMIS project brings continuity to the research funding after the THETA, but ARAMIS has reduced share of support for the GHG reporting. THETA focus has shifted on implementing mitigation and energy applications.

On the international level, amount and variety of support available for the BTR preparation is high for the developing countries currently, because of need for support for the first ever BTR submission in 2024. Will the capacity building support continue on sufficient levels, when developing countries later start implementing improvements identified by the UN reviews and research needs increase?

Experiences of the Czech GHG team show, that international cooperation is a means to extend resources – sharing lessons learned and best practices facilitates improvements in the Measurement, Reporting and Verification (MRV) system and will do the same under the ETF and the Paris Agreement. Article proposes that the UNFCCC or CBIT would compile a publicly available list of models' countries have perceived useful in different stages of their GHGI development; in the early stage, when complete AD has not yet been available and later, when country is ready to implement new methods and models due to new AD becoming available. Multistage approach would work better with country specific circumstances, especially if country has just started developing its MRV system.

Acknowledgments:

Thankful note to William Patino for technical support with the graphs, and for Jana Beranová (Agriculture), Emil Cenciala (LULUCF), Jana Esterlová (Waste), Andrea Veselá (Energy) and Beáta Ondrušová (IPPU) for participating in interviews. Also grateful for all the sector experts who provided inputs to the Quality Manual for the Czech GHG inventory.

References:

- BERANOVÁ, J., 2021. In-depth interview with the Czech sector experts Agriculture. Interviewed by Saarikivi, R.
- CIENCIALA, E., 2021. In-depth interview with the Czech sector experts LULUCF. Interviewed by Saarikivi, R.
- CHMI, 2024. E-cloud CHMI [online]. [accessed on 17. 4. 2024]. Available from WWW: <https://ecloud.chmi.cz/s/pRCLjZL2Se6rZaZ>.
- ESTERLOVÁ, J., 2020. In-depth interview with sector expert – Waste. Interviewed by Saarikivi, R.
- EU, 2023. Regulation (EU) 2023/857 – Amending Regulation (EU) 2018/842 on binding annual greenhouse gas emission reductions by Member States from 2021 to 2030 [online]. [accessed on 17. 4. 2024]. Available from WWW: <http://data.europa.eu/eli/reg/2023/857/oj>.
- GEF, 2024. Transparency CBIT [online]. [accessed on 21. 3. 2024]. Available from WWW: <https://www.thegef.org/what-we-do/to-pics/transparency#cbit>.
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [online]. [accessed on 3. 2. 2024]. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. and Tanabe, K. ISBN 4-88788-032-4. Available from WWW: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>.
- IPCC, 2023. AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023; IPCC: Interlaken.
- NIELSEN, O.-K., PLEJDRUP, M. S., WINTHER, M., GYLDENKÆRNE, S., THOMSEN, M., NIELSEN, M., 2020. Quality manual for the Danish greenhouse gas inventory. Version 3; Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy ©
- ONDRUŠOVÁ, B., 2019. Pilot interview with sector expert – IPPU. Interviewed by Saarikivi, R.
- RUTKOWSKI, J., SAARIKIVI, R., 2019. Quattro lateral meeting of CZ, HU, PL, SK with AT experts of NIS in Warsaw, Poland, KOBIZE, 6.–7. June 2019.
- SAARIKIVI, R., 2023. Quality manual for the Czech greenhouse gas inventory, 1. ed., Prague: Czech hydrometeorological institute.
- SAARIKIVI, R., 2023. CBIT Bosnia Herzegovina Study Tour in Prague 5. 3. 2023 – QAQC presentation.
- TACR, 2024a. THETA MEMORESP Programme [online]. [accessed on 23. 4. 2024]. Available from WWW: <https://starfos.tacr.cz/en/projekty/TK02010056>.
- TACR, 2024b. ARAMIS project [online]. [accessed on 25. 4. 2024]. Available from WWW: <https://www.projekt-aramis.cz/>.
- UNFCCC, 2012. Doha amendment to the Kyoto Protocol by decision 1/CMP.8 [online]. [accessed on 25. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/resource/docs/2012/cmp8/eng/13a01.pdf#page=2>.
- UNFCCC, 2013. Decision 24/CP.19 Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention [online]. [accessed on 25. 4. 2024]. Available from WWW: <http://unfccc.int/resource/docs/2013/cop19/eng/10a03.pdf>.
- UNFCCC, 2015. Article 13 of the Paris Agreement [online]. [accessed on 25. 4. 2024]. Available from WWW: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/parisagreement_publication.pdf.
- UNFCCC, 2018. Decision 18/CMA.1. 2018 [online]. [accessed on 25. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/resource/tet/0/00mpg.pdf>.
- UNFCCC, 2023. Decision 5/CMA.3. 2021 [online]. [accessed on 25. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/event/cma-3>.
- UNFCCC, 2024a. Reporting and review MRV [online]. [accessed on 29. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/reporting-and-review#MRV>.
- UNFCCC, 2024b. Reporting and review ETF [online]. [accessed on 30. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/reporting-and-review#ETF>.
- UNFCCC, 2024c. International Assessment and Review IAR [online]. [accessed on 12. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/IAR>.
- UNFCCC, 2024d. International Consultation and Analysis ICA [online]. [accessed on 12. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/ICA>.
- UNFCCC, 2024e. Facilitative sharing of views [online]. [accessed on 12. 4. 2024]. Available from WWW: Available online: <https://unfccc.int/FSV>.
- UNFCCC, 2024f. Multinational Assessment [online]. [accessed on 13. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/MA>.
- UNFCCC, 2024g. Mandated event: Regional online workshops on support available to developing country Parties [online]. [accessed on 16. 4. 2024]. Available from WWW: <https://unfccc.int/documents/638208>.
- VESELÁ, A., 2020. In-depth interview with sector expert – Energy. Interviewed by Saarikivi, R.

Reviewers (Lektoři):**Mgr. Marcel Vaněček, Mgr. Michal Daňhelka**

Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu klimatu ve světě v roce 2023

The WMO report on the Status of the Global Climate in 2023

Since 1994 the World Meteorological Organization (WMO) has been publishing its annual “WMO Statement on the Status of the Global Climate”. The report has gradually gained in popularity and recently is a recognized authoritative source of information for the scientific community, the media and the general public. The report presented is the latest link of this successful sequence. The journal Meteorologické zprávy (Meteorological Bulletin) offers to its readers an abbreviated version of the report.

KLÍČOVÁ SLOVA: globální teplota průměrná – globální úhrn srážek – plyny skleníkové – ozon – hladina oceánu – obsah oceánu tepelný – acidifikace – led mořský

KEYWORDS: average global temperature – globally precipitations – greenhouse gases – ozone – sea level – ocean heat content – acidification – sea-ice

1. Klíčové ukazatele klimatu

Globální klimatické ukazatele poskytují přehled o změnách v klimatickém systému. Soubor vzájemně propojených fyzikálních parametrů, které jsou zde uvedeny, spojuje měnící se složení atmosféry se změnami energie v klimatickém systému a reakcí pevniny, oceánů a ledu.

Tyto ukazatele jsou založeny na široké škále datových souborů, které zahrnují údaje z různých pozorovacích systémů, včetně družic a pozemního měření. Popis použitých datových souborů viz kapitola Soubory dat a metody (ČHMÚ 2024).

Klíčové ukazatele jsou připraveny pro období obvykle trvající tři desetiletí nebo déle, které se používají jako pevná měřítka, s nimiž lze porovnávat současné podmínky. Z vědeckých, politických a praktických důvodů je v této publikaci použito několik různých výchozích hodnot, které jsou uvedeny v textu a na obrázcích. Tam, kde je to možné, se pro konzistentní vykazování používá nejnovější klimatologický standardní normál SMO, tj. období 1991–2020.

1.1 Skleníkové plyny

Koncentrace skleníkových plynů v atmosféře odráží rovnováhu mezi emisemi z lidské

činnosti, přírodních zdrojů a změnami v biosféře a oceánech. Zvyšující se množství skleníkových plynů v atmosféře v důsledku lidské činnosti je od průmyslové revoluce hlavní příčinou změny klimatu. Globální průměrné molární podíly skleníkových plynů, zjednodušeně označované jako „koncentrace“ v atmosféře, se vypočítávají z pozorování prováděných na mnoha místech v rámci programu Global Atmosphere Watch (GAW) SMO a partnerských síti.

V roce 2022, posledním roce, pro který jsou k dispozici konsolidované celosvětové údaje, dosáhly hladiny skleníkových plynů v atmosféře nových pozorovaných maxim (obr. 3), přičemž celosvětově průměrná koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) byla 417,9 ± 0,2 částic na milion (ppm), metanu (CH₄) 1 923 ± 2 částice na miliardu (ppb) a oxidu dusného (N₂O) 335,8 ± 0,1 ppb, což představuje 150%, 264% a 124% předindustriální úrovně (1750). Míra nárůstu CH₄ byla po roce 2021 druhá nejvyšší v historii a míra nárůstu N₂O byla nejvyšší v historii. Míra nárůstu CO₂ ve výši 2,2 ppm byla mírně pod desetiletým průměrem 2,46 ppm ročně. Míra růstu CO₂ je obvykle nižší v letech, které začínají obdobím La Niña, jako tomu bylo v roce 2022, a vyšší v letech, které začínají obdobím El Niño, jako tomu bylo v roce 2016. Údaje v reálném čase z konkrétních lokalit, včetně Mauna Loa (Havaj, USA) a Kenaaook/Cape Grim (Tasmánie, Austrálie), naznačují, že v roce 2023 se úroveň CO₂, CH₄ a N₂O nadále zvyšovala.

1.2 Teplota

Globální průměrná povrchová teplota v roce 2023 byla o 1,45 ± 0,12 °C vyšší než průměrná teplota v letech 1850–1900 (obr. 4). Analýza je založena na syntéze šesti globálních souborů teplotních dat (ČHMÚ 2024). Rok 2023 byl nejteplejším rokem ve 174letém záznamu přístrojového měření v každém ze šesti souborů dat. Posledních devět let, od roku 2015 do roku 2023, bylo devíti nejteplejšími roky v historii. Dva předchozí nejteplejší roky byly 2016 s anomálií 1,29 ± 0,12 °C a 2020 s anomálií 1,27 ± 0,13 °C.

V celosvětovém měřítku byl v roce 2023 každý měsíc od června do prosince rekordně teplý. Zvláště pozoruhodné bylo září 2023, které ve všech souborech dat s velkým náskokem překonalo předchozí globální rekord pro září o 0,46 °C až 0,54 °C. Druhé nejvyšší rozpětí, o které byl překonán zářijový rekord za posledních 60 let (období pokryté všemi datovými soubory), bylo podstatně menší, a to 0,03 až 0,17 °C v roce 1983. Červenec je



Obr. 1 Obálka publikace SMO.
Fig. 1. Cover of the SMO publication.

Klíčové události



Rok 2023 byl nejteplejším rokem v historii s odchylkou $1,45 \pm 0,12$ °C nad předindustriálním průměrem.



Koncentrace tří hlavních skleníkových plynů – oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného dosáhly v roce 2022 rekordních pozorovaných hodnot. Údaje v reálném čase ukazují, že v roce 2023 se koncentrace dále zvyšovaly.



Obsah tepla v oceánech dosáhl nejvyšší úrovně za 65 let pozorování.



Globální průměrná hladina moří dosáhla rekordní úrovně. Tempo růstu hladiny moří se za posledních 10 let (2014–2023) více než zdvojnásobilo oproti prvnímu desetiletí satelitního záznamu (1993–2002).



Rozloha mořského ledu v Antarktidě dosáhla v únoru absolutního rekordního minima. Roční maximální rozsah byl přibližně o 1 milion km² nižší než předchozí rekordně nízké maximum.



Předběžné údaje z globálního souboru referenčních ledovců za hydrologický rok 2022–2023 ukazují, že zaznamenaly největší úbytek ledu v historii (1950–2023), což bylo způsobeno extrémně zápornou hmotnostní bilancí v západní části Severní Ameriky i Evropy.



Ledovce ve Švýcarsku ztratily za poslední dva roky přibližně 10 % svého zbývajícího objemu.

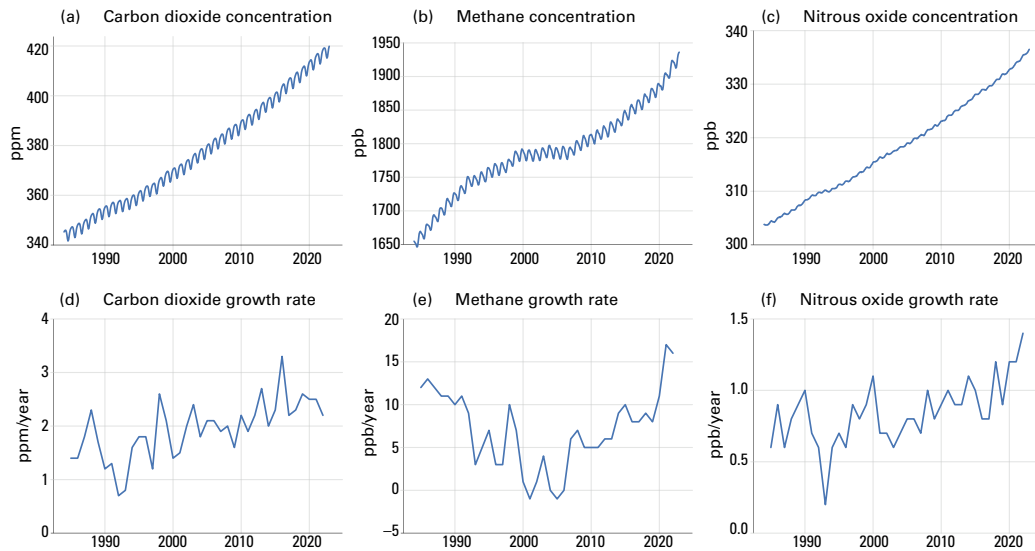


Extrémní počasí nadále vedlo k závažným socioekonomickým dopadům. Extrémní vedra postihla mnoho částí světa. Lesní požáry v Kanadě, Evropě a na Havaji (USA) vedly ke ztrátám na životech, ničení domů a rozsáhlému znečištění ovzduší. Zápory spojené s extrémními srážkami způsobenými středomořskou cyklonou s názvem Daniel postihly Řecko, Bulharsko, Turecko a Libyi, kde došlo k obzvláště velkým ztrátám na životech.



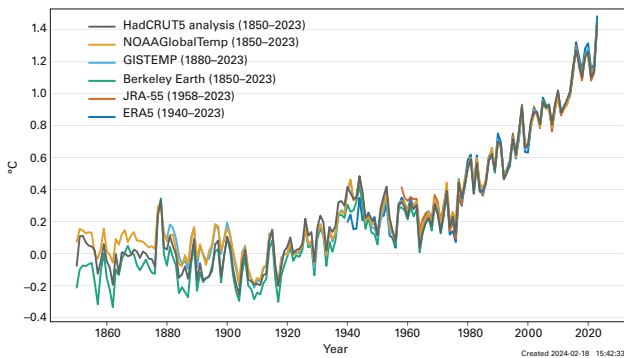
Potravinová bezpečnost, vysídlování obyvatelstva a dopady na zranitelné skupiny obyvatelstva byly v roce 2023 nadále předmětem rostoucích obav, přičemž v mnoha částech světa situaci zhoršovaly klimatické a povětrnostní hrozby.

Obr. 2 Klíčové události.
Fig. 2. Key messages.



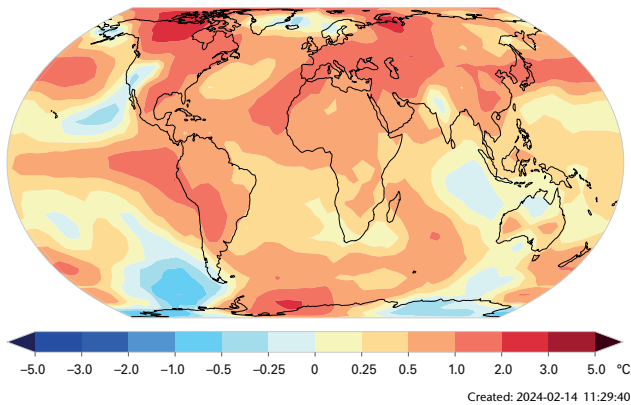
Obr. 3 Horní řádek: Měsíční globální průměrná koncentrace v atmosféře v letech 1984–2022 pro (a) CO₂ v ppm, (b) CH₄ v ppb a (c) N₂O v ppb. Spodní řádek: Rychlost růstu představující nárůst po sobě jdoucích ročních průměrů koncentrace pro (d) CO₂ v ppm za rok, (e) CH₄ v ppb za rok a (f) N₂O v ppb za rok. Zdroj: Světové datové centrum pro skleníkové plyny (WDCGGG).

Fig. 3. Top row: Monthly globally averaged mole fraction (measure of atmospheric concentration), from 1984 to 2022, of (a) CO₂ in ppm, (b) CH₄ in ppb and (c) N₂O in ppb. Bottom row: the growth rates representing increases in successive annual means of mole fractions for (d) CO₂ in ppm per year, (e) CH₄ in ppb per year and (f) N₂O in ppb per year.



Obr. 4 Odchylka globální roční průměrné teploty od předindustriálních podmínek (1850–1900) pro šest globálních datových souborů teploty.

Fig. 4. Global annual mean temperature anomalies with respect to pre-industrial conditions (1850–1900) Source: Data are from the six datasets indicated in the legend.



Obr. 5 Průměrná odchylka povrchové teploty vzduchu v roce 2023 v porovnání s průměrem 1991–2020. Zdroj: Údaje jsou mediánem šesti datových souborů uvedených v obr. 4. Další podrobnosti viz Soubory dat a metody.

Fig. 5. Mean near-surface temperature anomalies (difference from the 1991–2020 average) for 2023. Source: Data are the median of the six datasets indicated in the Fig. 4.

obvykle celosvětově nejteplejším měsícem roku, a tak se červenec 2023 stal nejteplejším měsícem v historii.

Dlouhodobý nárůst globální teploty je způsoben zvýšenou koncentrací skleníkových plynů v atmosféře. Přechod od stavu La Niña, který trval od poloviny roku 2020 do začátku roku 2023, k plně rozvinutým podmínkám El Niño do září 2023 (ČHMÚ 2024) pravděpodobně vysvětluje část nárůstu teploty v letech 2022 až 2023.

Některé oblasti neobvyklého oteplení, jako například severovýchodní Atlantik (viz obr. 5), však neodpovídají typickým projevům oteplování nebo ochlazování spojeným s fází El Niño. K výjimečnému oteplení v letech 2022 až 2023, které pravděpodobně není způsobeno pouze variabilitou klimatu, mohly přispět i další faktory, jež se stále zkoumají.

Průměrná globální teplota za posledních 10 let, tedy od roku 2014 do roku 2023, byla o 1,20 ± 0,12 °C vyšší než průměr za období 1850–1900, čímž se posledních 10 let stalo nejteplejším ze všech desetiletých období zaznamenaných ve všech šesti souborech dat.

Pozorované globální teplotní odchylky na pevnině dosáhly rekordních hodnot v červenci a srpnu, poněkud později než v případě SST, ale zářijový průměr byl rovněž rekordní s velkou rezervou 0,53–0,71 °C. Druhé největší rozpětí, o které byl překonán rekord za posledních 60 let, bylo 0,22–0,27 °C v září 2002. V roce 2023 bylo na většině pevninských oblastí tepleji než v průměru let 1991–2020 (viz obr. 5). Neobvyklé teplo bylo zaznamenáno v rozsáhlých oblastech severní Kanady, na jihu Spojených států amerických, v Mexiku a Střední Americe a také v rozsáhlých oblastech Jižní Ameriky. Neobvykle teplé byly také rozsáhlé oblasti od střední Asie po západní Evropu, včetně částí severní Afriky a Arabského poloostrova, a také jihovýchodní Asie a Japonsko.

1.3 Oceány

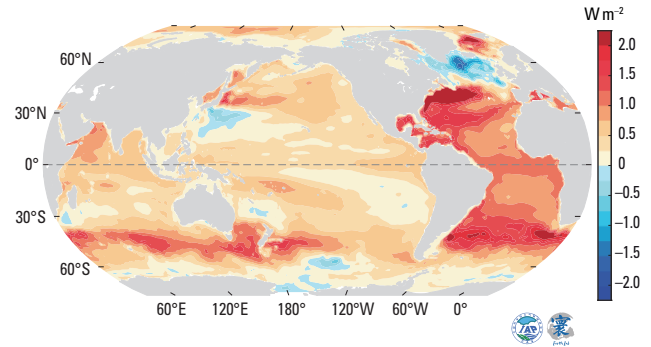
Rostoucí lidské emise oxidu uhličitého (CO₂) a dalších skleníkových plynů způsobují pozitivní radiální nerovnováhu v horní části atmosféry. Tato nerovnováha vede k akumulaci energie v zemském systému ve formě tepla, což je příčinou globálního oteplování. Oceán, který pokrývá přibližně 70 % zemského povrchu, je důležitou součástí klimatického systému. Pohlcuje CO₂ i teplo, čímž zpomaluje tempo globálního oteplování atmosféry. Současně mají výsledné změny chemického složení a teploty vážné účinky, které snižují pH oceánu, zvyšují hladinu moří, mění oceánské proudy, ovlivňují mořský život a biologickou rozmanitost a tím pádem i obyvatele, jejichž životy jsou na oceánu závislé.

1.3.1 Obsah tepla v oceánu

V roce 2023 dosáhl obsah tepla v oceánu (OHC) nejvyšší úrovně za 65 let pozorování. Přibližně 90 % energie, která se od roku 1971 nahromadila v zemském systému, je uloženo v oceánu. S tím, jak se energie v oceánu hromadila, se oceán otepleval a obsah tepla v globálním oceánu se zvyšoval (obr. 6).

Podle konsolidované analýzy založené na několika jednotlivých souborech dat se horních 2 000 m oceánu v roce 2023 nadále oteplevalo. Očekává se, že oteplování bude pokračovat – jde o změnu, která je nevratná v časovém měřítku sta až tisíciletí. Tepelný obsah oceánu byl v roce 2023 nejvyšší v dosavadních záznamech a překročil hodnotu z roku 2022 o 13 ± 9 ZJ (obr. 6) v souladu s odhady zveřejněnými na začátku roku 2024.

Všechny datové soubory se shodují v tom, že míra oteplování oceánů vykazuje v posledních dvou desetiletích obzvláště silný nárůst. Míra oteplování oceánu pro vrstvu 0–2 000 m činila v letech 1971–2023 v průměru 0,7 ± 0,1 W·m⁻², ale v letech 2005–2023 (období, které pokrývá program Argo) 1,0 ± 0,1 W·m⁻². Trvalý nárůst rychlosti oteplování oceánů je konzistentně patrný v přímých odhadech z pozorování in situ, nepřímých odhadech z dálkového průzkumu Země a při-



Obr. 7 Pozorovaný trend OHC v horních 2 000 m od roku 1958 do roku 2023. Zdroj: Údaje aktualizovány podle Chenga et al.
Fig. 7. Observed upper 2 000 m OHC trend from 1958 to 2023. Source: Data updated from Cheng et al.

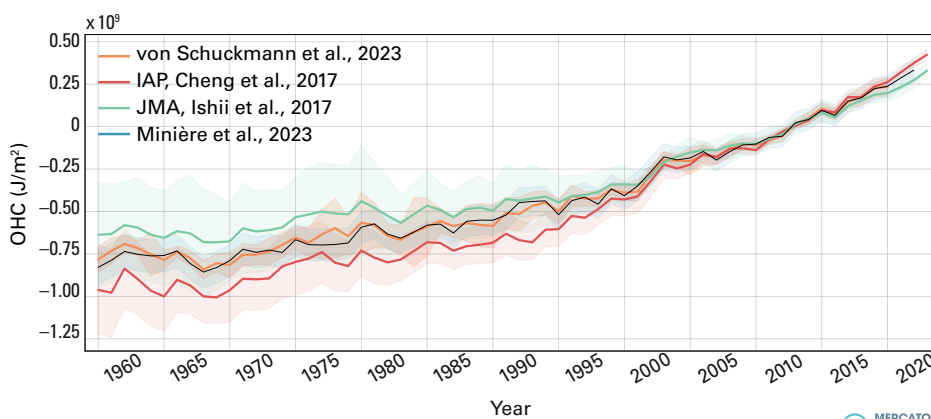
mých odhadech čistého toku v horní části atmosféry měřených družicemi. V literatuře se diskutují různé příčiny této změny, včetně změny antropogenního ovlivňování klimatu a přirozené proměnlivosti. Globální oteplování hlubokých oceánů v hloubce pod 2 000 m se v letech 1992–2022 odhaduje na 0,07 ± 0,03 W·m⁻².

Ačkoli se obsah tepla v oceánu výrazně zvýšil v celém vodním sloupci, rychlost oteplování nebyla všude stejná. K nejsilnějšímu oteplení v horních 2000 m došlo v Jižním oceánu (60° j. š. – 35° j. š.), severním Atlantiku (20° s. š. – 50° j. š.) a jižním Atlantiku (60° j. š. – 0° j. š.) (obr. 7). Oblast Jižního oceánu je největším rezervoárem tepla, na který připadá přibližně 32 % globálního nárůstu obsahu tepla v horních 2000 m oceánu od roku 1958. Na Atlantský oceán připadá přibližně 31 % globálního nárůstu obsahu tepla v 0–2000 m oceánu a na Tichý oceán přibližně 26 %.

Některé relativně malé oblasti se ochlazují, včetně subpolárního severního Atlantského oceánu, který se rozprostírá od povrchu do hloubky více než 800 m (také jediná oblast, která vykazuje stoleté ochlazování na povrchu). Kontrastní vzorec ochlazování (50° s. š. – 70° s. š.) a oteplování (20° s. š. – 50° s. š.) v severním Atlantiku souvisí se zpomalením atlantické meridionální cirkulace (AMOC) a lokálními interakcemi mezi atmosférou a oceánem. Mezi další ochlazující se oblasti patří severozápadní Pacifik, jihozápadní Pacifik a jihozápadní Indický oceán.

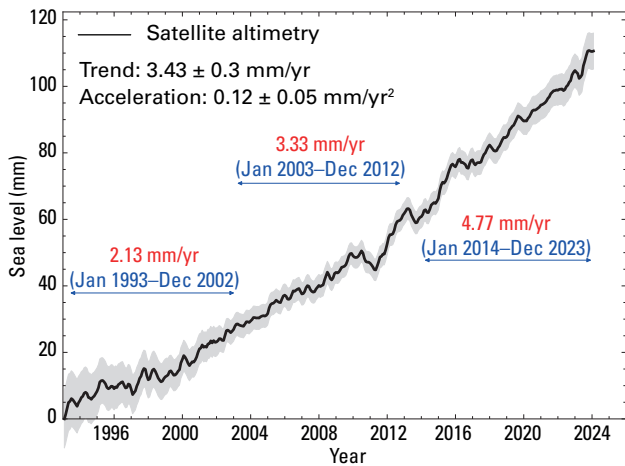
1.3.2 Úroveň hladiny oceánu

Globální průměrná hladina moře (GMSL) v roce 2023 nadále stoupala (obr. 8). Podmínky La Niña mezi polovinou roku 2020 a začátkem roku 2023 měly na GMSL jen malý zjevný vliv, na rozdíl od La Niña v roce 2011, která vedla k dočasnému poklesu GMSL o několik milimetrů. Rychlý nárůst pozorovaný v roce



Obr. 6 Odchyłka průměru globálního OHC vzhledem k průměru let 2005–2021 pro 0–2 000 m hloubky v letech 1960–2023 (oranžová). Průměrná časová řada souboru a směrodatná odchyłka souboru (2 směrodatné odchyłky, stínované) aktualizované podle Schuckmann et al. 2023 (červená); Cheng et al. 2017 (zelená); Minière et al. 2023 (světle modrá); a Ishii et al. 2017 (tmavě modrá). Zdroj: Mercator Ocean international.

Fig. 6. Global ocean heat content anomalies relative to the 2005–2021 average for the 0–2 000 m depth layer 1960–2023 (orange). Ensemble mean time series and ensemble standard deviation (2-standard deviations, shaded) updated from Schuckmann et al. 2023 (red); Cheng et al. 2017 (green); Minière et al. 2023 (light blue); and Ishii et al. 2017 (dark blue). Source: Mercator Ocean international.

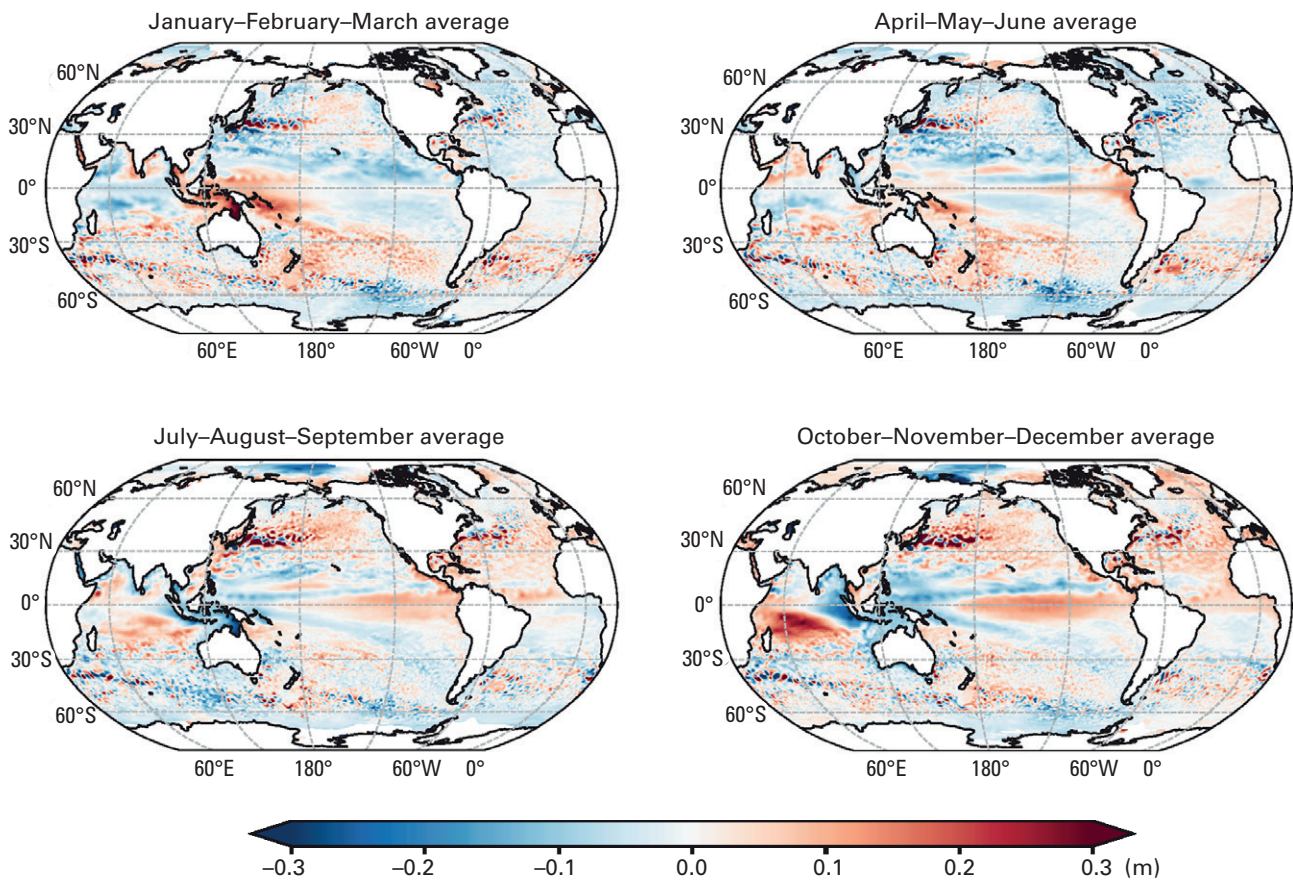


Obr. 8 Globální vývoj úrovně průměrné hladiny oceánu od ledna 1993 do prosince 2023 (černá křivka) s přidruženou nejistotou (stínovaná oblast) na základě vysoce přesných satelitních měření. Vodorovné barevné čáry představují průměrné lineární trendy ve třech po sobě jdoucích časových úsecích. Zdroj: AVISO altimetry.

Fig. 8. GMSL evolution between January 1993 and December 2023 based on satellite altimetry. The black line is the best estimate, and the grey shaded area indicates uncertainty. Red and blue annotations indicate the average rate of sea-level rise during three decades of the record as indicated. Source: AVISO altimetry.

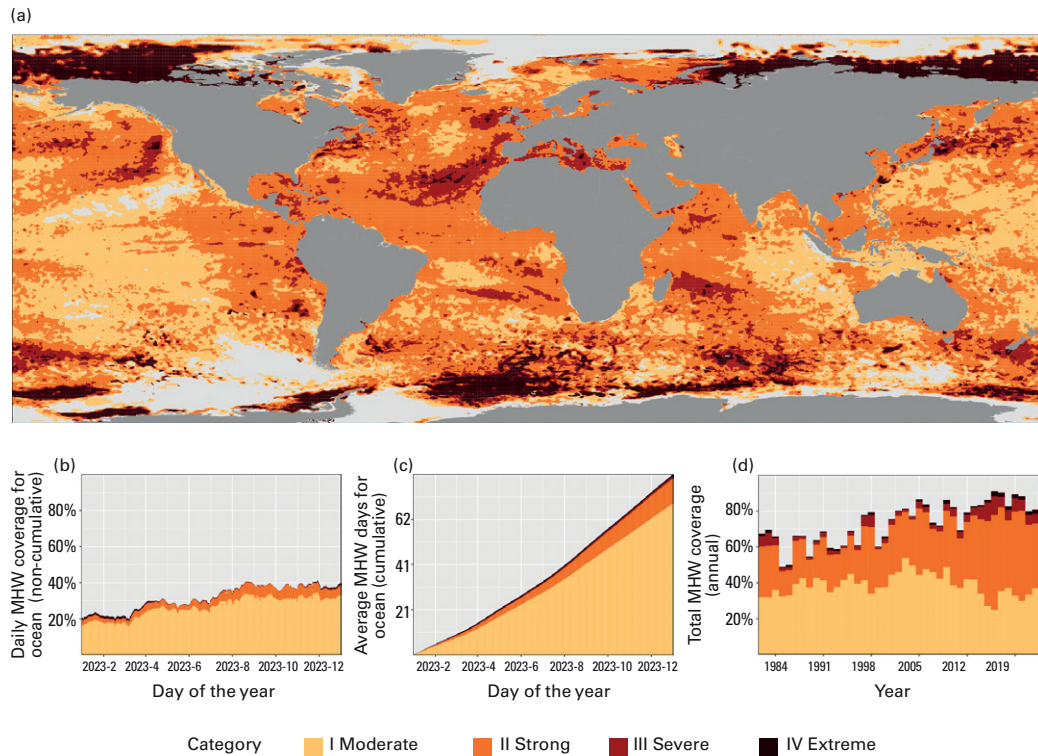
2023 je pravděpodobně částečně způsoben jevem El Niño. Dlouhodobá rychlost vzestupu mořské hladiny se od počátku satelitních záznamů více než zdvojnásobila, když v letech 1993–2002 vzrostla z 2,13 mm na 4,77 mm ročně v letech 2014 až 2023.

Od ledna do března 2023 byla hladina oceánu (obr. 9) v západní části tropického Pacifiku vyšší než dlouhodobý průměr (1993–2012). To je charakteristické pro teplou mořskou vodu v regionu spojenou s neutrálními podmínkami El Niño-jihní oscilace (ENSO). Hladina oceánu v severním Atlantiku a východním tropickém Pacifiku byla nižší než dlouhodobý průměr. Oteplení povrchových vod ve východní části tropického Tichého oceánu během počátečních fází El Niño 2023 v období od dubna do června vedlo ke zvýšení hladiny oceánu oproti dlouhodobému průměru v nejuvýchodnější části tropického Tichého oceánu. V období od července do září byl zřetelně patrný vliv jevu El Niño, který se projevoval nadprůměrnými hladinami moří od středního tropického Pacifiku až po pobřeží Střední a Jižní Ameriky. Nadprůměrné hladiny moří byly pozorovány také v tropickém a severovýchodním Atlantiku, což souviselo s anomálním oteplením v těchto oblastech během léta na severní polokouli. Od října do konce roku pokračoval vývoj jevu El Niño. Posun do kladné fáze Indickooceánského dipólu (IOD) vedl k nadprůměrné výšce hladiny v západní části Indického oceánu a podprůměrné výšce hladiny na východě.



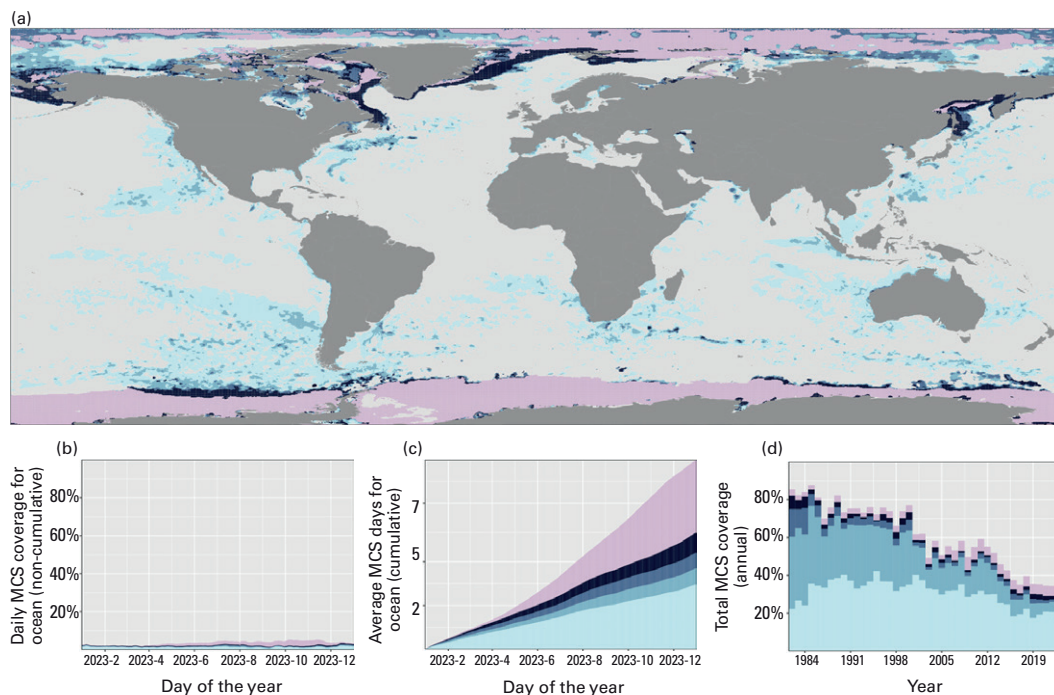
Obr. 9 Tříměsíční průměr rozdílů mořské hladiny na základě výškoměru (vzhledem k průměru z let 1993–2012, který je klimatologickým produktem) pro (vlevo nahoře) leden–březen 2023, (vpravo nahoře) duben–červen 2023, (vlevo dole) červenec–září 2023 a (vpravo dole) říjen–prosinec 2023. Zdroj: Data programu Copernicus Marine Service.

Fig. 9. Three-month averages of altimetry-based sea-level anomalies (relative to the 1993–2012 average, which is the product climatology) for (top left) January–March 2023, (top right) April–June 2023, (bottom left) July–September 2023 and (bottom right) October–December 2023 Source: Data downloaded from the Copernicus Marine Service.



Obr. 10 (a) Globální mapa ukazující nejvyšší kategorii MHW zaznamenané u každého pixelu (rozlišení $0,25^\circ \times 0,25^\circ$) v průběhu roku 2023 (referenční období 1982–2011). Světle šedá označuje, že v pixelu se po celý rok nevyskytla žádná MHW; **(b)** Procento oceánských pixelů zažívajících MHW v kterýkoli daný den v roce; **(c)** Kumulativní počet MHW dnů zprůměrovaný na všechny pixely v oceánu. Poznámka: Průměr se vypočítá z kumulativního součtu dnů MHW na pixel váženého plochou těchto pixelů; **(d)** Celková roční plocha oceánu, na které došlo k MHW v letech 1982 až 2022. Data pocházejí ze systému OISST (Optimum Interpolation Sea Surface Temperature) Národního úřadu pro oceán a atmosféru (NOAA). Zdroj: Robert Schlegel.

Fig. 10. (a) Global map showing the highest MHW category (for definitions, see Data sets and methods) experienced at each pixel (resolution is $0.25^\circ \times 0.25^\circ$) over 2023 (reference period 1982–2011). Light grey indicates that no MHW occurred in a pixel over the entire year. (b) Stacked bar plot showing the percentage of the surface of the ocean experiencing an MHW on any given day of the year. (c) Stacked bar plot showing the cumulative number of MHW days averaged over the surface of the ocean. Note: The average is calculated by dividing the cumulative sum of MHW days per pixel weighted by the surface area of those pixels. (d) The annual total surface area of the ocean that experienced a MHW from 1982 to 2022. Data are from the National Oceanic and Atmospheric Administration Optimum Interpolation Sea Surface Temperature (NOAA) OISST. Source: Robert Schlegel.



Obr. 11 Obdobně jako na obrázku 10, ale místo MHW jsou zde zobrazeny MCS. Údaje pocházejí z NOAA OISST. Zdroj: Robert Schlegel.
 Fig. 11. As for Figure 10 but showing MCSs rather than MHWs. Data are from NOAA OISST. Source: Robert Schlegel.

1.3.3 Mořské horké a studené vlny

Stejně jako vlny veder a chladná období na pevnině jsou i mořské vlny veder a chladná období delšími obdobími extrémně vysokých nebo nízkých teplot v mořích a oceánech, které mohou mít řadu důsledků pro mořský život a na něm závislá společenstva. Mořské vlny veder (MHW) jsou od konce dvacátého století častější, intenzivnější a déle trávající, zatímco mořských chladných období podle stejných měřítek ubývá. K celosvětovému sledování mořských vln veder a chladných období se používají satelitní snímky teploty mořské hladiny (SST), které jsou v této publikaci kategorizovány jako „střední“, „silné“, „závažné“, „extrémní“ nebo „ledové“.

Projevy El Niño obvykle způsobují rozsáhlé mořské vlny veder ve východní části tropického Pacifiku. Ačkoli se v této oblasti v roce 2023 až do konce října vyskytovaly silné vlny mořských veder (obr. 10a) a po zbytek roku 2023 střední vlny mořských veder, celkové plošné pokrytí bylo menší než při předchozích událostech El Niño.

V roce 2023 si zaslouží pozornost přetrvávající a rozsáhlé mořské vlny veder v severním Atlantiku, které začaly na jaře na severní polokouli, dosáhly vrcholu v září a přetrvávaly až do konce roku. Zatímco plošný rozsah se v prosinci zmenšil, intenzita se zvýšila. Koncem roku 2023 se v severním Atlantiku objevilo široké pásmo silných a extrémních mořských vln veder, přičemž teplotní odchylky v otevřeném oceánu dosahovaly +3 °C.

Středozevní moře bylo také neobvykle teplé ve srovnání se základními obdobími a již dvanáctý rok po sobě zaznamenalo téměř úplné pokrytí silnými a závažnými mořskými vlnami veder. Na jižní polokouli zůstaly vody v okolí Nového Zélandu od ledna do září (270 dní) o 1–2 °C nad dlouhodobým průměrem.

Na konci roku 2023 většina světového oceánu od zhruba 20° s. š. do 20° j. š. od rovníku od začátku listopadu zaznamenala mořské vlny veder. Naproti tomu v roce 2023 se v oblasti 60° s. š. nebo 60° j. š. od rovníku téměř nevyskytovaly mořské studené vlny, MCS (obr. 11a).

V celosvětovém oceánu bylo zaznamenáno průměrné denní pokrytí mořskou vlnou veder ve výši 32 % (obr. 10b), což je výrazně nad předchozím rekordem 23 % z roku 2016. Naproti tomu průměrné denní pokrytí mořských chladných vln (obr. 11b) bylo pouze 4 %, což je mnohem méně než v roce 2022 (7 %).

1.3.4 Okyselení oceánu

Oceán absorbuje přibližně čtvrtinu ročních emisí antropogenního oxidu uhličitého (CO₂) vypouštěného do atmosféry. CO₂ reaguje s mořskou vodou a mění chemické složení uhličitánů, což vede k poklesu pH označovanému jako „okyselení oceánu“. Okyselení oceánů má vliv na organismy a ekosystémové služby, včetně potravinové bezpečnosti, protože snižuje biologickou rozmanitost, zhoršuje stav biotopů a ohrožuje rybolov a akvakulturu. Šestá hodnotící zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC AR6) dospěla k závěru, že „s velmi vysokou pravděpodobností jsou současné hodnoty pH na hladině bezprecedentní nejméně za 26 000 let a současná rychlost změny pH je bezprecedentní přinejmenším za stejné období“.

Přestože celosvětové úsilí, z velké části podporované Mezivládní oceánografickou komisí (IOC), Organizací spojených národů pro výchovu, vědu a kulturu (UNESCO) a vedené Globální sítí pro pozorování okyselení oceánů (GOA-ON) a Programem OSN pro výzkum okyselení oceánů v zájmu udržitelnosti (OARS), vedlo k nárůstu počtu pozorování pH oceánů, v mnoha regionech se stále odebrává málo vzorků. Údaje shromážděné pro ukazatel cíle udržitelného rozvoje (SDG) 14.3.1 (průměrné pH mořské vody měřené na dohodnutém souboru reprezentativních vzorkovacích stanic) ukazují, že současné pokrytí je nedostatečné, přičemž časové řady nejsou dostatečně dlouhé, aby bylo možné určit trendy, a ve všech oblastech existují mezery v pozorování. Globální trendy ilustrující pokles pH na hladině světového oceánu ukazují na rozsáhlé účinky emisí CO₂. Rychlost změn okyselení oceánů a jejich průběh a rozsah však vykazují velkou regionální a časovou variabilitu a pochopení těchto změn vyžaduje dlouhodobé pozorování s vysokým rozlišením v měřítkách relevantních pro postižená společenství.

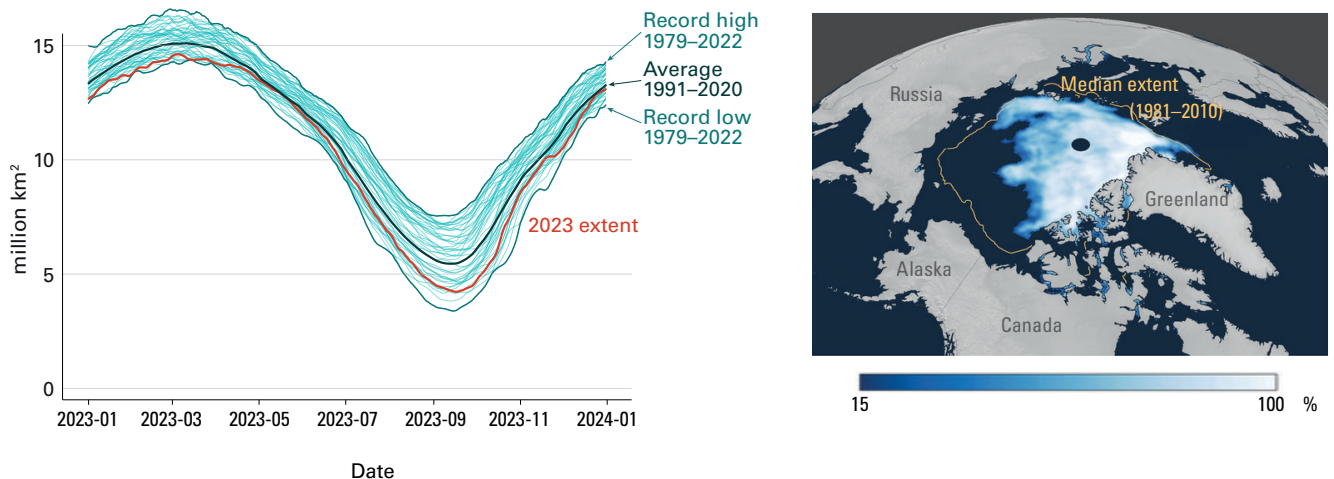
1.4 Kryosféra

Kryosféra zahrnuje zmrzlé části Země, konkrétně ledovce a ledové příkrovy, mořský led, sníh a věčně zmrzlou půdu. Nehostinné a často odlehle prostředí, ve kterém se led tvoří, znamená, že bývá náročné provádět dlouhodobá měření kryosféry. Zásadní změny pozorované v kryosféře zároveň jasně ilustrují globální rozsah klimatických změn.

1.4.1 Mořský led

Rozloha mořského ledu v Arktidě dosáhla 6. března svého ročního maxima 14,62 milionu km², což je pátá nejnižší hodnota v satelitních záznamech. Ročního minima rozlohy mořského ledu v Arktidě bylo dosaženo 19. září (obr. 12 vlevo), přičemž minimální rozloha činila 4,23 milionu km², což je výrazně pod dlouhodobým průměrem (1991–2020), který činí 5,5 milionu km². Jednalo se o šestý nejnižší minimální rozsah arktického mořského ledu v satelitních záznamech (1979–2023), který nebyl tak extrémní jako v roce 2012 nebo 2020, ale jen o něco vyšší než v letech 2007, 2016 a 2019, a pokračoval v dlouhodobém trendu snižování rozsahu arktického ledu v pozdním létě a začátkem podzimu. Hlavní negativní odchylky byly pozorovány v Beaufortově, Čukotském a Východosibiřském moři (viz obr. 12 vpravo). Rok skončil s rozlohou blízkou dlouhodobému průměru, ale stále devátou nejnižší v satelitních záznamech.

Rozloha mořského ledu v Antarktidě se 21. února 2023 snížila na 1,79 milionu km², což je historické minimum pro družicovou éru (od roku 1979 do současnosti) a o něco méně než předchozí rekordní minimum, které bylo stanoveno v roce 2022. Rozloha mořského ledu zůstala se začátkem růstového období pod průměrem a v květnu dosáhla rekordního minima pro toto roční období. Pomalý růst pokračoval s výjimečně rekordně nízkou rozlohou mezi červencem a ročním maximem, pravděpodobně v souvislosti s oteplováním Jižního oceánu. Maximální rozloha antarktického mořského ledu pro rok 2023 činila 10. září 16,96 milionu km², což je zhruba 1,5 milionu km² pod průměrem let 1991–2020 a 1 milion km² pod předchozím rekordně nízkým maximem z roku 1986. Rekordně nízká rozloha mořského ledu pro toto roční období trvala až do začátku listopadu, ale podprůměrné tempo poklesu v prosinci přiblížilo rozlohu mořského ledu ke konci roku dlouhodobému průměru.



Obr. 12 (vlevo) Denní rozsah arktického mořského ledu od ledna do prosince, znázorňující rok 2023 (červená čára) oproti klimatickému normálu (1991–2020, tmavě modrá) a rekordní nejvyšší a nejnižší rozsah pro každý den (středně modrá). Jednotlivé roky jsou znázorněny světle modře. (vpravo) Koncentrace mořského ledu 19. září 2023, při ročním minimálním rozsahu arktického mořského ledu. Žlutá čára označuje střední hranici ledu za období 1981–2010. Zdroj: Údaje a mapa od Národního střediska pro údaje o sněhu a ledu (NSIDC).

Fig. 12. (left) Daily Arctic sea-ice extent from January through December, showing 2023 (red line) against the climate normal (1991–2020, dark blue), and the record highest and lowest extents for each day (mid-blue). Individual years are shown in light blue. (right) Sea-ice concentration on 19 September 2023, at the annual minimum Arctic sea-ice extent. The yellow line indicates the median ice edge for the 1981–2010 period. Source: Data and map from the National Snow and Ice Data Center (NSIDC).

1.4.2 Kontinentální ledovce

Ledový příkrov je ledová plocha vznikající na pevnině, která pokrývá plochu větší než 50 000 km². V současném klimatickém systému existují dva hlavní ledové příkrovy, jeden v Grónsku a druhý v Antarktidě. Celková hmotnostní bilance ledového příkrovu je součtem tří složek: povrchové hmotnostní bilance, mořské hmotnostní bilance a bazální hmotnostní bilance. Povrchová hmotnostní bilance je rozdíl mezi akumulací sněhu a odtokem tající vody z ledového příkrovu. Mořská hmotnostní bilance je úbytek hmoty na okraji ledového příkrovu v důsledku tání ledovců a tání ledu, který je v kontaktu s oceánem. Bazální hmotnostní bilance spočívá v tání na dně ledového příkrovu v důsledku geotermálního tepla a tření, když led klouže po podloží pod ním. Záporná hmotnostní bilance znamená úbytek hmoty ledu, kladná hmotnostní bilance znamená přírůstek.

Na základě odhadů souboru regionálních klimatických modelů grónský ledový příkrov v hydrologickém roce 2022/2023 (od 1. září 2022 do 31. srpna 2023) nadále ztrácel hmotu. Roční akumulace sněhu v Grónsku stále převyšuje povrchové tání ve většině let, což dává kladnou bilanci povrchové hmoty. Pro roky 2022/2023 byla odhadnuta na +317 Gt, což je pod dlouhodobým průměrem, ale výrazně nad extrémními roky tání 2011/2012 a 2018/2019. V kombinaci s bazální hmotnostní bilancí (–27 Gt) a mořskou hmotnostní bilancí (–504 Gt) činila odhadovaná celková hmotnostní bilance ledového příkrovu v letech 2022/2023 přibližně –217 Gt.

Sezona tání v létě 2023 byla poměrně intenzivní, přerušovaná velkými vlnami veder v červenci a srpnu. Satelitní údaje o rozsahu tání ukazují, že ledový příkrov měl třetí nejvyšší kumulativní plochu tání v historii (1978–2023), po extrémní sezoně tání v letech 2012 a 2010. Na stanici Summit Station to bylo nejteplejší léto v historii (od roku 1987) o 3,4 °C teplejší než

průměr let 1991–2020 a o 1,0 °C teplejší než předchozí rekord. Na stanici Summit Station došlo k tání již pátý rok v historii (2012, 2019, 2021, 2022 a 2023); záznamy z ledového jádra ukazují, že k výraznému tání došlo naposledy na konci 19. století.

V rámci projektu Ice Sheet Mass Balance Inter-comparison Exercise bylo zdokumentováno zrychlení kombinovaného úbytku hmoty z grónského a antarktického ledového příkrovu v období satelitních záznamů 1992–2020. Průměrná celková ztráta hmoty grónského a antarktického ledového příkrovu v tomto období činila (–169 Gt, respektive –92 Gt za rok) dohromady –261 Gt za rok. Při kombinaci obou ledových příkrovů se všech sedm let s nejvyšším zaznamenaným táním odehrálo od roku 2010 a průměrná roční míra úbytku hmoty se zvýšila ze 105 Gt v letech 1992–1996 na 372 Gt v letech 2016–2020. To odpovídá přibližně 1 mm ročního globálního vzestupu mořské hladiny, který lze v posledním období připsat polárním ledovým příkrovům.

Údaje a modelové odhady hmotnostní bilance z roku 2023 jsou v souladu s těmito nedávnými hodnotami úbytku hmoty v Grónsku, ale antarktický ledový příkrov získal hmotu díky vyšší než obvyklé akumulaci sněhu v posledním roce a půl. Údaje o gravitační bilanci hmoty z družicové mise GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) pro hydrologický rok 2022/2023 udávají pro Grónsko odhadovanou změnu hmotnosti –196 Gt, což se blíží dlouhodobé míře úbytku hmoty ledového příkrovu. Antarktický ledový příkrov za stejné období získal 122 Gt.

1.4.3 Ledovce

Podle předběžných údajů činila roční hmotnostní bilance globálního souboru referenčních ledovců pro hydrologický rok 2022/2023 –1,2 m vodního ekvivalentu. Jedná se o nominálně

největší úbytek ledu v historii (1950–2023), který je způsoben extrémně zápornou hmotnostní bilancí v západní části Severní Ameriky i v Evropě.

Ledovce na západě Severní Ameriky a v evropských Alpách zažily extrémní období tání. Ve Švýcarsku ztratily ledovce za poslední dva roky přibližně 10% svého zbývajícího objemu.

Ledovce vznikají ze sněhu, který zhutní a vytvoří led, který se pak deformuje a stéká dolů. Ledovce se skládají ze dvou zón: akumulací zóny, kde akumulace hmoty ze sněhových srážek převyšuje úbytek ledu, a ablační zóny, kde úbytek ledu (ablace) v důsledku tání a dalších mechanismů převyšuje akumulaci. V místech, kde ledovec končí v jezeře nebo oceánu, může docházet k úbytku ledu táním v místě, kde se led setkává s vodou, a telením, kdy se kusy ledovce odlamují.

Hmotnostní bilance ledovce – množství hmoty, které ledovec získá nebo ztratí – se běžně vyjadřuje jako roční změna tloušťky zprůměrovaná na plochu ledovce, která se vyjadřuje v metrech vodního ekvivalentu (v.e.). Rychlost tání je silně ovlivněna albedem ledovce, tedy podílem slunečního záření, které se odráží od povrchu ledovce. Obnažený ledovcový led je tmavší, a proto má nižší albedo než sezonní sněhová pokrývka, je také citlivý na ztmavnutí způsobené minerálním prachem, černým uhlíkem, činností řas a spadem z lesních požárů. Snížená sněhová pokrývka, dlouhá období tání a činnost lesních požárů slouží ke koncentraci tmavšího materiálu na povrchu ledovce, což snižuje albedo, a tím zvyšuje jeho tání.

Předběžné údaje ze souboru referenčních ledovců monitorovaných Světovou službou monitorování ledovců (WGMS) ukazují, že globální roční hmotnostní bilance pro hydrologický rok 2022/2023 je $-1,2$ m n. m., což je o něco více záporná hodnota než v roce 2021/2022 pro soubor přibližně 60 referenčních ledovců WGMS. Na základě dostupných údajů o ledovcích se nominálně jedná o rekordně nízkou hmotnostní bilanci (1950–2023). Rekordní úbytek byl způsoben extrémně zápornou hmotnostní bilancí v západní části Severní Ameriky i v Evropě a 7 z 10 let s nejzápornější hmotnostní bilancí nastalo od roku 2010.

Roční úbytek hmotnosti švýcarských ledovců v letech 2022–2023 byl druhý největší v historii (od roku 1950 po současnost) a činil 4,4% zbývajícího objemu ledu. Spolu s rekordním úbytkem hmotnosti v letech 2021–2022 ve výši 5,9% ztratily švýcarské ledovce za pouhé dva roky přibližně 10% svého zbývajícího objemu. K tomu přispěly každoroční nízké sněhové zásoby a teplá léta, přičemž potenciální kumulativní dopady stmívání ledovců jsou spojeny s delšími než obvyklými obdobími obnaženého ledovcového ledu a úbytkem vysoko položeného firnu.

V západní části Severní Ameriky došlo v roce 2023 k rekordnímu úbytku hmoty ledovce (od roku 1965 do současnosti), přičemž průměrné roční ztenčení ledovce činilo více než 3,5 m na ledovcích sledovaných pomocí LiDAR v kanadských Skalických horách a jižním Pobřežním pohoří. Na základě regionálních průzkumů LiDAR severoamerické ledovce ztrácely hmotu rychlostí, která byla pětikrát vyšší než rychlost naměřená pro období 2000–2019. Po úpravě výškových dat LiDAR o hustotu sněhu a ledu jsou odhady hmotnostní bilance na dvou lokalitách s dlouhodobým měřením, Place a Haig Glaciers, $-3,1 \pm 0,5$ m v.e. resp. $-3,8 \pm 0,6$ m v.e. Měření hmotnostní bilance in situ z těchto dvou lokalit dávají odhady $-3,7$ m v.e. a $-4,1$ m v.e., což je hluboko pod dlouhodobým průměrem a o více než 1 m v.e. pod předchozími rekordními minimy.

Velká záporná hmotnostní bilance je způsobena podprůměrnou zimní sněhovou pokrývkou, po níž následovala intenzivní jarní vlna veder, která vedla k brzkému obnažení většího ledovců a ledových polí v jihozápadní Kanadě. Sezonní sníh na většině ledovců v polovině léta většinou zmizel a odhalil tmavší firn nebo led v prodlouženém období tání. K extrémnímu tání přispěly nadprůměrné letní teploty a rekordní aktivita lesních požárů v západní Kanadě, přičemž deponice částic z lesních požárů ještě více ztmavily povrch ledovce. Svůj vliv může mít i vysoká míra kumulativního tání v posledních několika letech, kdy se na povrchu ledovců stále více koncentrují nečistoty a na mnoha horských ledovcích se ztratila zóna firnu. Tyto faktory se stávají trvalými a ledovce v západní části Severní Ameriky ztratily v období 2020–2023 odhadem 9% svého objemu z roku 2020.

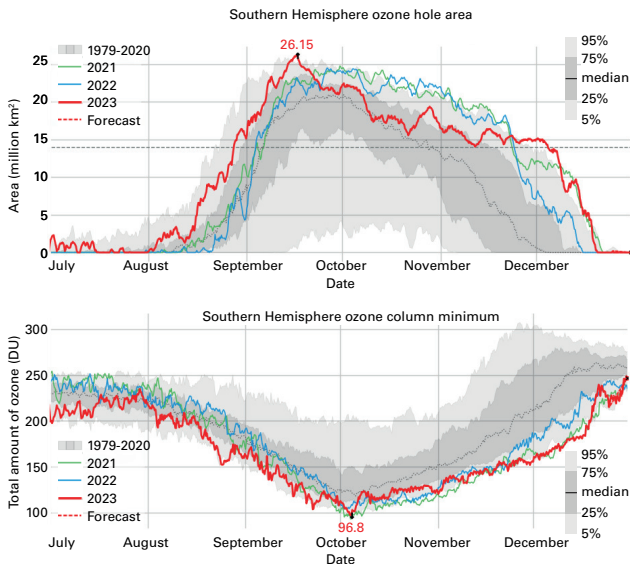
1.4.4 Sníh

Sezonní sněhová pokrývka na severní polokouli zaznamenává dlouhodobý pokles na konci jara a v létě, který pokračoval i v roce 2023. Rozsah sněhové pokrývky na severní polokouli se od ledna do dubna 2023 blížil dlouhodobému průměru (1991–2020), ale jarní vlna veder na severozápadě Severní Ameriky způsobila rozsáhlé tání sněhu. Rozsah sněhové pokrývky v Severní Americe byl v květnu 2023 nejnižší v historii (1967–2023) a činil 7,47 mil. km², což je asi 1,57 mil. km² (17%) pod dlouhodobým průměrem, zatímco celkový rozsah sněhové pokrývky na severní polokouli byl 16,74 mil. km², což je osmý nejnižší údaj od roku 1967 a 1,47 mil. km² pod dlouhodobým průměrem.

1.5 Stratosférický ozon a plyny poškozující ozonovou vrstvu

Po úspěchu Montrealského protokolu bylo oznámeno ukončení používání halonů a chlor-fluorovaných uhlovdíků (CFC), ale jejich množství v atmosféře je nadále monitorováno. Vzhledem k dlouhé životnosti CFC zůstanou tyto sloučeniny v atmosféře po mnoho desetiletí, i kdyby nedocházelo k novým emisím, stále by byl přítomen dostatek chloru a bromu, aby způsobil úplné zničení ozonu v Antarktidě od srpna do prosince. V důsledku toho je vznik antarktické ozonové díry nadále každoroční jarní událostí, přičemž meziroční změny její velikosti a hloubky se do značné míry řídí meteorologickými podmínkami. „Dírou“ se rozumí oblast, kde celkový sloupec ozonu ve stratosféře klesne pod 220 Dobsonových jednotek.

V roce 2023 měl vývoj ozonové díry neobvykle brzký začátek a ozonová díra se stala šestou nejrozsáhlejší v éře družic. Podle analýz Národního úřadu pro letectví a vesmír (NASA) a služby Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) se 21. září rozšířila na 26 milionů km² (obr. 13), což je srovnatelné s předchozími dvěma roky (2021 a 2022) a blíží se maximům pozorovaným v dřívějších letech, například 28,2 milionu km² v roce 2015 a 29,6 milionu km² v roce 2006. NASA uvádí, že 3. října 2023 byla minimální hodnota ozonu 99 Dobsonových jednotek. Přestože se plocha ozonové díry počátkem října typickým způsobem zmenšovala, koncem měsíce se opět zvětšila a až do prvního prosincového týdne zůstala na úrovni přibližně 15 milionů km² nebo nad ní. Přestože ozonová díra v roce 2023 trvala neobvykle dlouho, její délka trvání byla podobná jako u ozonových děr v posledních třech letech.



Obr. 13 Plocha (v milionech km²) a minimum ozonu, kde je celkový sloupec ozonu nižší než 220 Dobsonových jednotek; rok 2023 je znázorněn červeně. Pro srovnání jsou uvedeny tři poslední roky, jak je uvedeno v legendě. Hladká, tlustá šedá čára je průměr let 1979–2020. Zdroj: Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS).

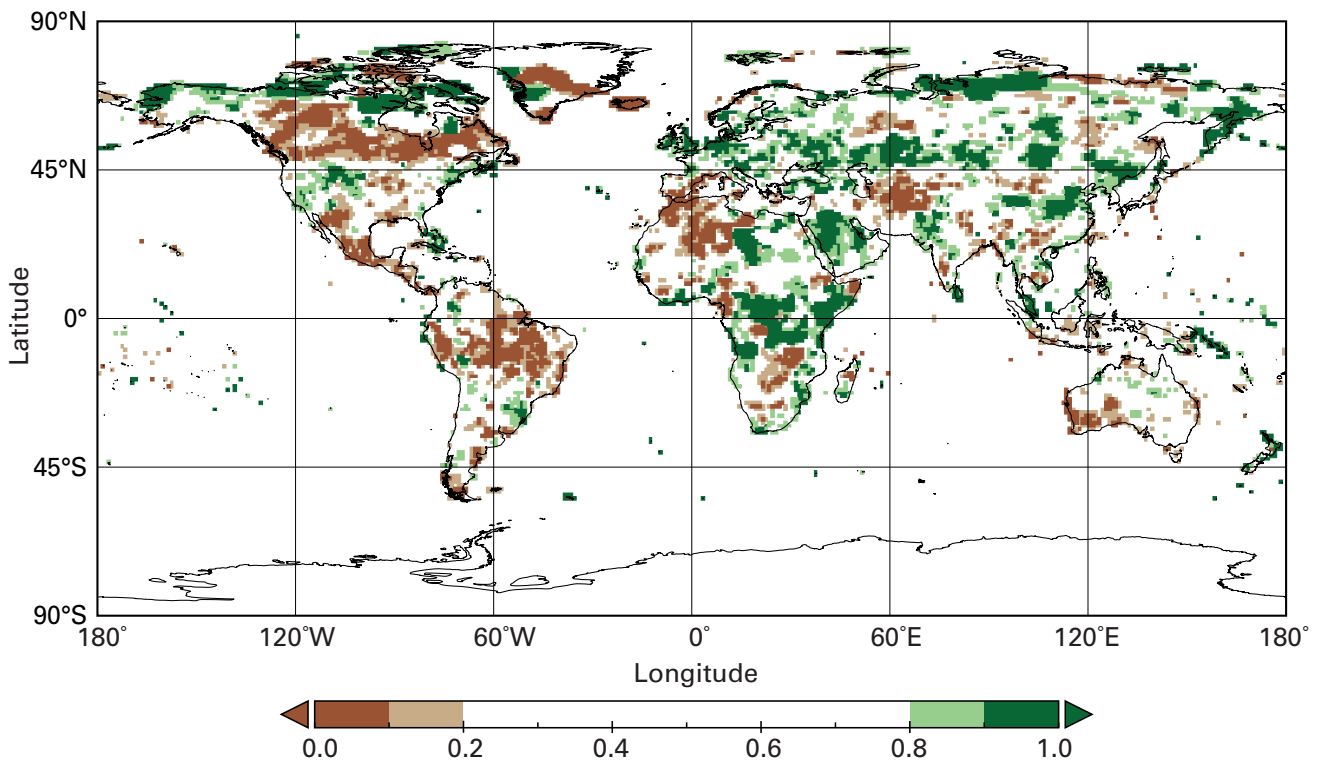
Fig. 13. Area (millions of km²) and minimum ozone where the total ozone column is less than 220 Dobson units; 2023 is shown in red. The three most recent years are shown for comparison, as indicated by the legend. The smooth, thick grey line is the 1979–2020 average. Source: Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS).

Neobvyklé přetrvávání ozonových děr z posledních tří let bylo způsobeno podprůměrnými teplotami ve stratosféře a silným polárním vírem trvajícím až do prosince. Bylo identifikováno několik potenciálních příčin pozorovaného silnějšího polárního víru, včetně vodní páry injektované do stratosféry erupcí Hunga Tonga-Hunga Ha’apai, větrných poměrů na jižní polokouli a klimatických změn.

1.6 Srážky

Roční úhrn srážek v roce 2023 (obr. 14) byl nad dlouhodobým průměrem ve východní a střední Asii a v částech severní Asie, v západní části indické letní monzunové oblasti, v částech přímořského kontinentu, na severu Nového Zélandu, v částech západní, střední, jižní a východní Afriky, v západní, střední a jihovýchodní Evropě, v jižní Skandinávii, na západě Blízkého východu, v severozápadní, jihozápadní a jihovýchodní části Severní Ameriky, na Velkých Antilách a v částech jihovýchodní části Jižní Ameriky.

Mezi oblasti s výrazným deficitem srážek patřily jihovýchodní část Jižní Ameriky, povodí Amazonky a velká část Střední Ameriky, jižní Kanada, západní Středomoří a jihozápadní Evropa, části severozápadní, střední a jižní Afriky, části Střední Asie, východní monzunová oblast Indie, části jihovýchodní Asie a přímořského kontinentu, jihozápadní a pobřežní část Středozemního moře, západní část Středozemního moře a jižní část Středozemního moře.



Obr. 14 Celkový úhrn srážek v roce 2023 vyjádřený jako kvantil referenčního období 1991–2020 pro oblasti, které by v referenčním období patřily mezi 20 % nejsušších (hnědá barva) a 20 % nejvlhčích (zelená barva) let, přičemž tmavší odstíny hnědé a zelené barvy označují 10 % nejsušších a 10 % nejvlhčích let. Zdroj: Globální srážkové klimatologické centrum (GPCC), Deutscher Wetterdienst (DWD), Německo. Další podrobnosti viz Soubor dat a metody.

Fig. 14. Total precipitation in 2023, expressed as a quantile of the 1991–2020 reference period, for areas that would have been in the driest 20% (brown) and wettest 20% (green) of years during the reference period, with darker shades of brown and green indicating the driest and wettest 10%, respectively. Source: Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), Deutscher Wetterdienst (DWD), Germany.

2. Extrémní události

Extrémní počasí má i nadále závažné socioekonomické dopady. Extrémní vedra postihla mnoho částí světa. Lesní požáry v Kanadě, Evropě a na Havaji (USA) vedly ke ztrátám na životech, zničení domů a rozsáhlému znečištění ovzduší. Zápaly spojené s extrémními srážkami způsobenými středomořským cyklonem Daniel postihly Řecko, Bulharsko, Turecko a Libyi, přičemž v Libyi došlo k obzvláště velkým ztrátám na životech.

Extrémní povětrnostní a klimatické jevy měly v roce 2023 zásadní dopad na všechny obydlené kontinenty. Patřily mezi ně velké povodně (některé z nich spojené s tropickými cyklonami), extrémní vedra a sucha a s nimi spojené lesní požáry, které představovaly výzvu pro zabezpečení vody a potravin i pro blahobyt lidí. Některé z nejvýznamnějších událostí jsou popsány níže, širší spektrum událostí je popsáno v on-line příloze.

Jednou z nejvýznamnějších jednotlivých událostí souvisejících s počasím, pokud jde o ztráty na životech, byla v září středomořská cyklona neboli „medikán“, místně označovaný jako bouře Daniel. V počáteční fázi bouře způsobila extrémní srážky v jižním Bulharsku, Řecku a v některých částech Turecka, zatímco ve stejné době jiný bouřkový systém způsobil značné bleskové záplavy ve Španělsku, což mělo nepříznivé dopady na produkci obilovin. Nejvíce srážek spadlo v řecké oblasti Thesálie severně od Atén, kde v Zagore na ostrově Pelion spadlo 5. září 760 mm srážek a za pět dní, od 4. do 8. září, celkem 1 096 mm, zatímco v Bulharsku spadlo 4. a 5. září v Kostí 329 mm za 16 hodin. Bouře se pak několik dní pomalu pohybovala ve východním Středomoří, než 10. a 11. září zasáhla její hlavní dešťová pásma severovýchodní Libyi. Extrémní srážky zasáhly pobřeží a blízké hory, přičemž 10. a 11. září spadlo v Al-Baydě 414 mm srážek za 24 hodin. Intenzivní srážky měly za následek extrémní záplavy v regionu. Největší dopady měly na město Derna (asi 50 km východně od Al-Baydy), kde byla velká část centrálního města zničena záplavami, které ještě zhoršilo selhání dvou přehrad. V Libyi bylo potvrzeno nejméně 4 700 úmrtí v důsledku záplav a 8 000 lidí se stále pohřešuje (k 15. prosinci 2023). Další 19 mrtvých bylo zaznamenáno v Bulharsku a Řecku.

Tropický cyklon Freddy v únoru a březnu byl jedním z nejdéle trvajících tropických cyklonů na světě. Zformoval se 6. února u západního pobřeží Austrálie a po předchozích dopadech na Madagaskar a Mosambik se 11. března dostal na pevninu v Mosambiku a poté se přesunul do vnitrozemí jako zbytková tlaková níže. Hlavní dopady Freddyho představovaly záplavy během závěrečného vstupu na pevninu, a to jak v Malawi, tak v Mosambiku, protože spadly extrémně silné srážky (během bouře v Mosambiku až 672 mm). Části Malawi a Mosambiku se z bouří v roce 2022 ještě nevzpamatovaly. Zvláště těžce bylo zasaženo Malawi, kde bylo hlášeno nejméně 679 mrtvých a přes 659 000 vnitřních vysídlení, v Mosambiku bylo zaznamenáno dalších 165 mrtvých. Oběti byly hlášeny také na Madagaskaru, v Zimbabwe a na moři poblíž Mauricia.

Květnový tropický cyklon Mocha byl jedním z nejintenzivnějších cyklonů, které kdy byly v Bengálském zálivu pozorovány, a dosáhl maximální desetiminutové síly větru 115 km·h⁻¹. Vznikl 11. května a 14. května dosáhl pevniny poblíž bangladésko-myanmarských hranic. Cyklon Mocha vyvolal vysídlení 1,7 milionu osob v celém subregionu od Srí Lanky po Myanmar, přes Indii a Bangladéš. V Bangladéši bylo vysíd-

lení hlášeno v Cox's Bazar, největší uprchlické osadě na světě, která je domovem více než 900 000 rohingských uprchlíků z Myanmaru. Více než 29 000 lidí bylo dočasně přemístěno. Celkově přišlo v Myanmaru o život nejméně 156 lidí a více než 270 000 budov bylo poškozeno nebo zničeno. Nejméně 63 000 osob bylo přesídleno do táborů, kde se ukrývají lidé, kteří již byli vysídleni v důsledku konfliktu a násilí. Následky cyklonu Mocha spolu s vyostřením konfliktu a rekordně vysokými cenami potravin vážně zhoršily akutní nedostatek potravin, zejména mezi 3,4 milionu zranitelných osob, které podle hodnocení potřebují humanitární pomoc.

Největší hlášené ekonomické ztráty z jedné události v roce 2023 způsobil hurikán Otis, který zasáhl tichomořské pobřeží Mexika koncem října. Otis dosáhl intenzity hurikánu 24. října ve 12 hodin světového času (UTC) a během 15 hodin zesílil na systém kategorie 5, což je jedna z nejvyšších rychlostí zesilování pozorovaných v satelitní éře. Krátce poté dosáhl pevniny západně od Acapulca s téměř maximální intenzitou a maximálním trvalým větrem 260 km·h⁻¹, což je pravděpodobně první známý výskyt kategorie 5 na tichomořském pobřeží Mexika. Hurikán způsobil rozsáhlou zkázu v Acapulcu a okolních oblastech, přičemž ekonomické ztráty se odhadují na 12 miliard amerických dolarů (USD). Hurikánu bylo přičítáno nejméně 48 obětí a dalších 32 lidí bylo pohřešováno, většinou na moři.

Severní ostrov Nového Zélandu postihly v lednu a únoru opakované extrémní srážky a záplavy. Nejvýznamnější z nich proběhly 13. a 14. února, kdy cyklon Gabrielle prošel východně od Severního ostrova jako extratropická cyklóna. Denní úhrny srážek přesáhly v některých částech východní části Severního ostrova 500 mm a v Aucklandu byl zaznamenán nejnižší tlak vzduchu (971,5 hPa) v historii. V důsledku Gabrielle zemřelo jedenáct lidí a v Aucklandu 27.–28. ledna čtyři lidé při lokálnějších záplavách. Celkové ekonomické ztráty způsobené těmito dvěma událostmi byly odhadnuty na 5,3–8,6 miliardy USD, což je zdaleka nejnákladnější nezemětřasná katastrofa zaznamenaná na Novém Zélandu.

V roce 2023 se v různých částech světa vyskytlo mnoho významných vln veder. Některé z nejvýznamnějších byly v jižní Evropě a severní Africe, zejména v druhé polovině července, kdy se vyskytla silná a mimořádně trvalá vedra. Postižena byla zejména Itálie, kde 24. července dosáhly teploty v Lotzorai a Jerzu na Sardinii 48,2 °C; jen o 0,6 °C méně než evropský rekord z roku 2021 na Sicílii. 23. srpna byla na observatoři Brera v Miláně zaznamenána průměrná denní teplota 32,98 °C, což je nejvyšší hodnota v záznamu z roku 1763. Mezi dalšími místy, kde byly zaznamenány rekordní teploty, byly Tunis (49,0 °C dne 24. července), Tirana (43,0 °C dne 25. července), Agadir (Maroko) (50,4 °C dne 11. srpna) a Alžír (49,2 °C dne 23. července). Koncem července se extrémní vedra přesunula do jihovýchodní Evropy a další vlny veder postihly západní a střední Evropu koncem srpna a začátkem září. Během těchto událostí padly rekordy na mnoha místech jižní Francie, severního Španělska a západního Švýcarska, včetně Toulouse (Francie) (42,4 °C dne 23. srpna). Během léta došlo také k rozsáhlé požární aktivitě, zejména v Řecku (na pevnině i na ostrovech). Požár na severovýchodě Řecka na přelomu srpna a září, který spálil 96 000 ha, byl největším požárem, jenž byl kdy v Evropské unii zaznamenán.

Sezona lesních požárů v Kanadě v roce 2023 výrazně přesáhla všechny dosud zaznamenané. Významná požární aktivita začala koncem dubna, rozšířila se během velmi teplého a suché

ho května a pokračovala po celé léto až do začátku podzimu. Celková vypálená plocha na celostátní úrovni za celý rok činila 14,9 milionu ha, což je více než sedminásobek dlouhodobého průměru (1986–2022) a daleko více než předchozí rekordní sezonní celková plocha 6,7 milionu ha z roku 1989. Celkem bylo vydáno 297 příkazů k evakuaci pro více než 235 000 osob. Požáry měly také za následek značné škody na životním prostředí a rozsáhlé znečištění kouřem, zejména v hustě osídlených oblastech východní Kanady a severovýchodní části Spojených států amerických v první polovině června. Čtyři úmrtí byla přímo přičítána požárům, ačkoli širší zdravotní dopady kouře ještě nebyly plně vyhodnoceny.

K nejsmrtelnějšímu požáru roku došlo na Havaji (USA), na západní straně ostrova Maui. Extrémní povětrnostní podmínky pro vznik požáru, nízká vlhkost vzduchu a silný nárazový vítr, který byl způsoben tlakovým gradientem mezi silnou tlakovou výší na severu a cirkulací hurikánu Dora na jihu, spolu s již existujícím suchem přispěly k rozvoji a rychlému šíření intenzivních požárů. Nejvíce postiženou oblastí bylo okolí města Lahaina, které bylo z velké části zničeno a bylo ztraceno více než 2 200 staveb. Povinná evakuace byla vyhlášena pro 7 500 osob v celé oblasti. Bylo hlášeno nejméně 100 mrtvých, což je nejvíce při požáru ve Spojených státech za posledních více než 100 let, 400 zničených domů a odhadované hospodářské ztráty ve výši 5,6 miliardy USD. Lesní požáry takové intenzity a rychlosti pohybu jsou v tropech extrémně vzácné.

Dlouhodobé sucho přetrvávalo v severozápadní Africe a v některých částech Pyrenejského poloostrova, jakož i v některých částech střední a jihozápadní Asie a zesílilo v mnoha částech Střední Ameriky, na severu Jižní Ameriky a na jihu Spojených států. Mezi nejvíce suchem poznamenanou oblastí patřila subtropická Jižní Amerika, zejména na severu Argentiny a Uruguaye. Srážky od ledna do srpna byly o 20–50 % nižší než průměr na většině území severní a střední Argentiny, přičemž některé regiony zažily již čtvrtý po sobě jdoucí výrazně srážkově podprůměrný rok. V Uruguayi dosáhly zásoby vody kriticky nízké úrovně, což mělo negativní dopad na kvalitu dodávek vody do hlavních center včetně Montevidea, i když od srpna došlo k určitému zlepšení situace.

Přestože v subtropické části Jižní Ameriky došlo později v průběhu roku k určitému zmírnění sucha, v mnoha částech vnitrozemí kontinentu, včetně velkých částí povodí Amazonky, se sucho prohloubilo. Osm brazilských států zaznamenalo v období červenec–září nejnižší srážky za posledních 40 let. Řeka Rio Negro v Manausu dosáhla 26. října rekordně nízké hladiny (pozorování začala v roce 1902), která byla o 0,93 m nižší než předchozí rekord z roku 2010.

Oblast Velkého afrického rohu, která se dlouhodobě potýkala se suchem, postihly v roce 2023 značné záplavy, zejména v pozdější části roku v důsledku silných dešťů spojených s jevem El Niño a pozitivním dipólem Indického oceánu. Nejvíce postiženou oblastí byla oblast zahrnující jihovýchodní Etiopii, severovýchodní Keňu a jižní polovinu Somálska. V období dešťů Deyr (říjen a listopad) spadlo v této oblasti za měsíc 100–200 mm srážek a lokálně přesáhly 200 mm, což několikanásobně převyšovalo dlouhodobé průměry. V těchto třech zemích bylo hlášeno nejméně 352 úmrtí. V celém Burundi, Etiopii, Keni, Somálsku, Jižním Súdánu, Ugandě a Sjednocené republice Tanzanie rozsáhlé a silné záplavy vyhnaly z domovů 1,8 milionu lidí, a to navíc ke 3 milionům lidí, kteří již byli vnitřně nebo přes hranice

vysídleni v důsledku pěti po sobě následujících období sucha v Džibutsku, Etiopii, Keni a Somálsku. Vlhké podmínky vedly k určitému oživení stavu pastvin a úrody po dlouho-trvajícímu suchu. Sesuvy půdy a záplavy na začátku prosince měly rovněž za následek nejméně 89 úmrtí v severních částech Sjednocené republiky Tanzanie. Komunity pastevců byly i nadále postiženy ztrátami majetku po dvou po sobě jdoucích letech sucha, které nadále nepříznivě ovlivňovalo zemědělskou produkci a v roce 2023 snížilo produkci obilovin ve srovnání s rokem 2022.

Literatura:

ČHMÚ, 2024. Zpráva SMO o stavu klimatu ve světě v roce 2023 [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 12. 11. 2024]. Dostupné z WWW: chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/casmz/prilohy/WMO_2023_web.dpf.

WMO, 2024. State of the Global Climate 2023. WMO No. 1347, Geneva, Switzerland. ISBN 978-92-63-11347-4. Dostupné z WWW: https://library.wmo.int/viewer/68835/download?file=1347_Global-statement-2023_en.pdf&type=pdf&navigator=1.

Přeložili a upravili Stanislav Toman a Ilona Zusková, ČHMÚ, Na Šabatce 2050/17, 143 00 Praha 4 – Komořany, stanislav.toman@chmi.cz, ilona.zuskova@chmi.cz.

Odkazy na datové zdroje využívané při přípravě této Zprávy a části věnované meziroční variabilitě klimatu, rizikům a dopadům souvisejícím se změnou klimatu jsou uvedeny v úplném překladu dostupném na stránkách časopisu Meteorologické zprávy v části „Přílohy/Appendices“, popřípadě v originále zprávy (WMO 2024).

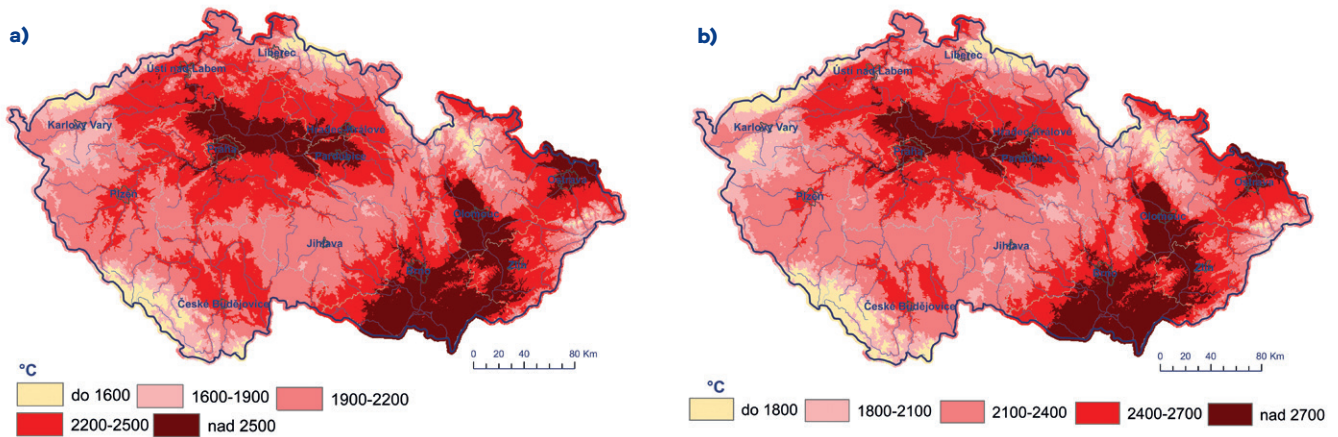
Lektor (Reviewer): RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.

POČASÍ A ROSTLINY

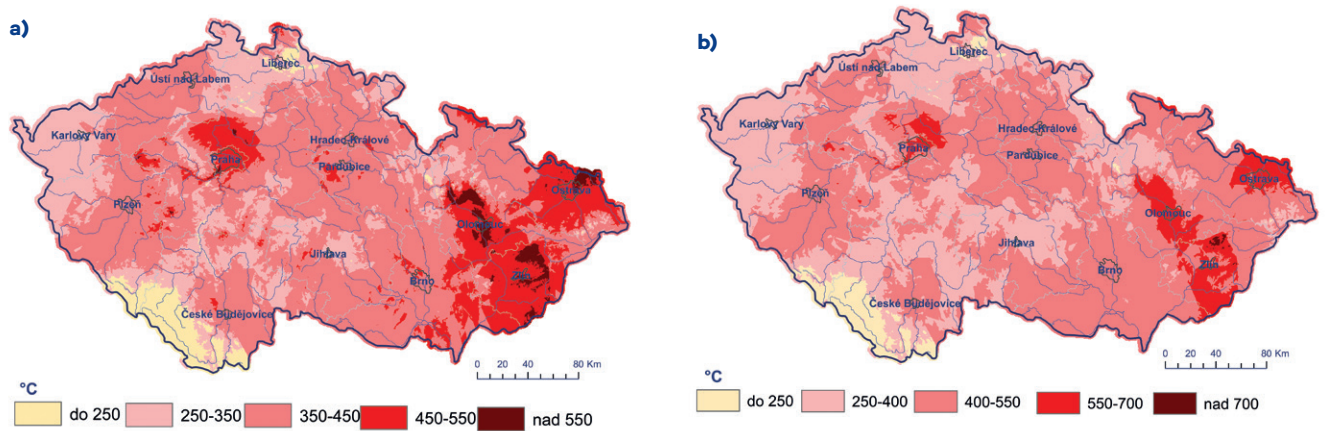
Fenologický vývoj na území ČR v září a říjnu 2024

V tomto čísle vyhodnotíme časové období od 1. ledna 2024 do 30. září 2024 a 31. října 2024. Při hodnocení vybraných charakteristik je používán normál 1991–2020.

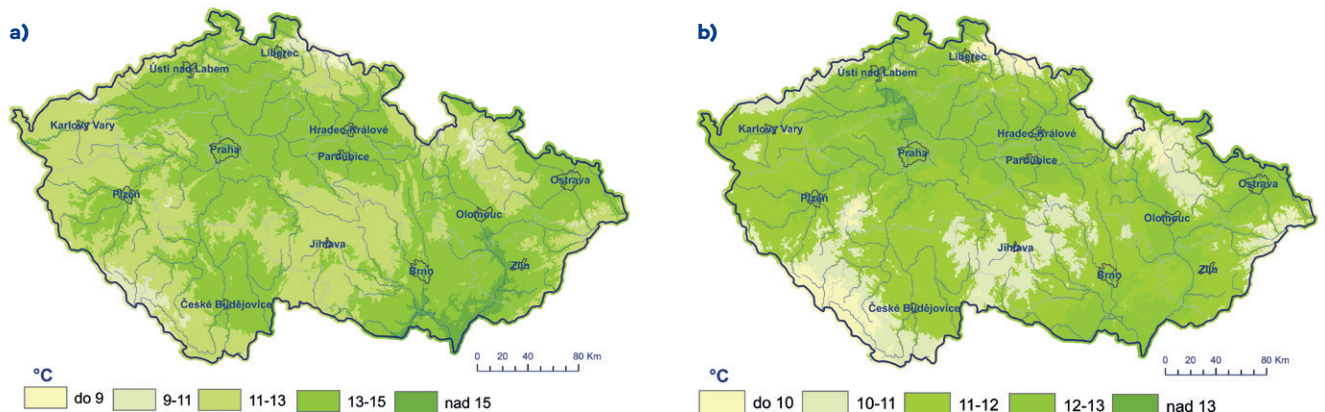
Celkovou sumu **efektivních teplot nad 5 °C** od 1. 1. 2024 do 30. 9. 2024 a 31. 10. 2024 a její srovnání s normálem 1991–2020 zobrazují následující mapy (obr. 1, 2). Absolutní hodnoty sumy efektivních teplot vzduchu nad 5 °C byly v rozmezí do 1 600 °C a nad 2 700 °C. Odchytky od normálu 1991–2020 byly v září a říjnu kladné na celém území ČR a pohybovaly se v rozmezí od 250 do 700 °C (v říjnu byly od-



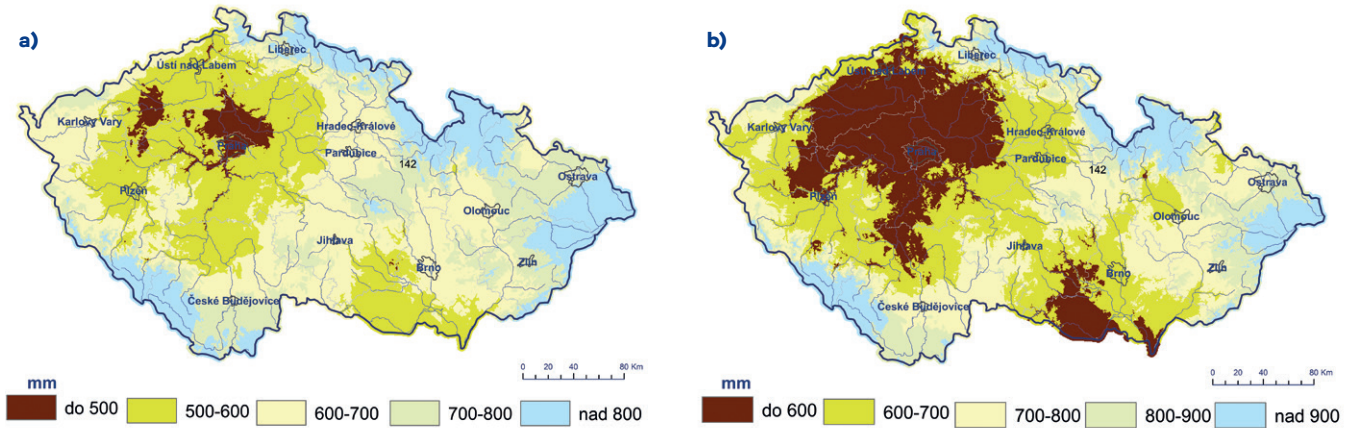
Obr. 1 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C od 1. 1. 2024 do 30. 9. 2024 (a) a do 31. 10. 2024 (b).



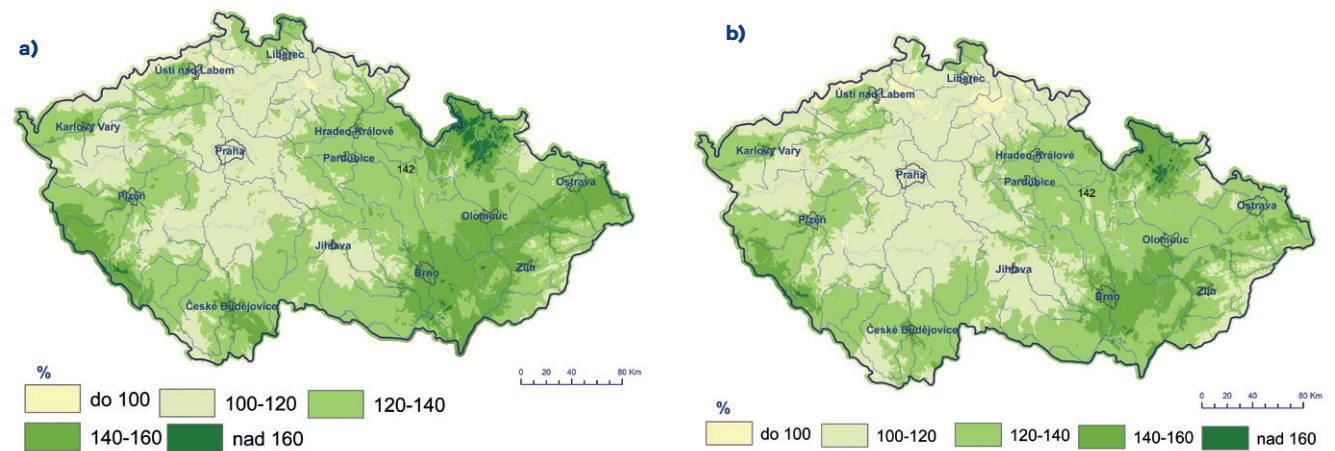
Obr. 2 Suma efektivních teplot vzduchu nad 5 °C – odchytka od normálu 1991–2020 od 1. 1. 2024 do 30. 9. 2024 (a) a do 31. 10. 2024 (b).



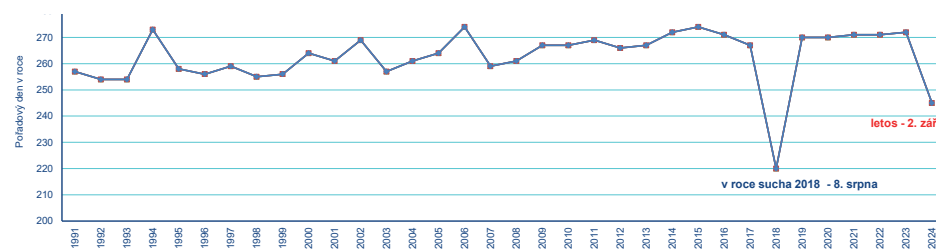
Obr. 3 Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 29. 9. 2024 (a) a 30. 10. 2024 (b).



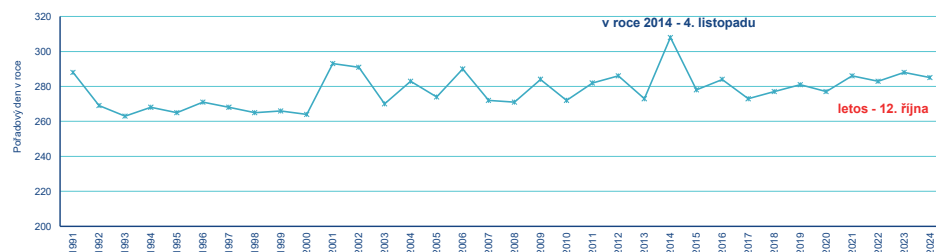
Obr. 4 Kumulativní úhrn srážek k 30. 9. 2024 (a) a 31. 10. 2024 (b).



Obr. 5 Kumulativní úhrn srážek (procenta normálu 1991–2020) k 30. 9. 2024 (a) a 31. 10. 2024 (b).



Obr. 6 Žloutnutí listů 10% lísky obecné na stanici Benešov v období 1991–2024.



Obr. 7 Žloutnutí listů 100% javoru mléče na stanici Benešov v období 1991–2024.

Průměrná denní teplota půdy v hloubce 10 cm dne 29. 9. 2024 a 30. 10. 2024 je uvedena v obrázku 3. V září byly hodnoty v rozmezí 9–15 °C a v říjnu 10–13 °C. Ve srovnání s rokem 2023, byla teplota půdy v 10 cm v září vyšší (11–18 °C) a v říjnu nižší (8–12 °C).

Kumulativní úhrn atmosférických srážek od 1. 1. 2024 do 30. 9. 2024 a 31. 10. 2024 a procentické vyjádření normálu 1991–2020 jsou vykresleny na obrázku 4 a 5. V září postihla Českou republiku ničivá povodeň, srážky byly výrazně nadnormální. V roce 2023 byly září a říjen výrazně sušší, hodnoty kumulativních úhrnů srážek byly na většině území pouze na úrovni 70–110% normálu).

chylky vyšší než v září). Ve srovnání s rokem 2023 byly září a říjnové teploty a odchylky od normálu výrazně vyšší (v roce 2023 byly odchylky od normálu v září a říjnu rovněž kladné, ale pouze v rozmezí 60–300 °C, a sumy efektivních teplot byly v rozmezí 1 400–2 500 °C).

V září začal fenologický časný podzim. Stále kvetly ocúny (na některých lokalitách začaly kvést již na konci srpna), a zaznamenali jsme žloutnutí listů a opad listů. Vzhledem k suchému období před příchodem extrémních srážek došlo lokálně k předčasnému žloutnutí či opadu některých dře-

vin (např. lísky, javorů, habru, jeřábu či lípy). Dozrávaly plody dubů, buků, lísek, kaštanů či rákosu. Plody jeřábin byly červeně vybarvené. A lokálně jsme zaznamenali druhé kvetení některých dřevin, např. u kaštanů (jírovec maďal) či svídy krvavé. Pylová sezóna ke konci září skončila. V říjnu pokračovalo zbarvování a opad listů dřevin, lokálně byly patrné velké rozdíly mezi množstvím již zbarvených či opadaných listů. V krajině byly ve třetí dekádě října výrazně vybarvené javory. Zaznamenali jsme několik dalších fenologických zajímavostí: např. v Průhonickém parku stále kvetly ocúny a v zámeckém parku ve Veltrusech jsme zaregistrovali kvetoucí hluchavky nachové (ojedinělé jedince).

V dalším čísle Vám přineseme aktuální informace o vlivu počasí na vegetaci v listopadu a prosinci 2024 (období vegetačního klidu) a souhrn fenologických zajímavostí za rok 2024.

Lenka Hájková



Obr. 8 Květ jírovce maďal (kaštanu) a rododendronu v září 2024 v lokalitě Benešov u Prahy.

INFORMACE

Česká meteorologická konference 2024

Ve dnech 24. až 26. září 2024 se v Kutné Hoře, v prostorách hotelu U Kata, uskutečnila Česká meteorologická konference. Česká meteorologická společnost (ČMeS), která tuto tradiční akci uspořádala, tak rozvíjí již mnohaletou tradici pravidelných setkávání české, dříve československé, odborné komunity lidí zabývajících se meteorologií, klimatologií, kvalitou ovzduší a příbuznými obory. Nově zavedený název konference vyjadřuje, že akce není určena pouze pro členy ČMeS, nýbrž i pro širokou odbornou či zájmovou meteorologickou veřejnost, pro ty, kdo v těchto oborech pracují, studují, nebo je meteorologie jejich koníčkem.

V první části zaznělo celkem pět příspěvků. L. Černíkovský hovořil o otevřených datech ČHMÚ a souvislostech, R. Brožková o zapojení ČHMÚ do iniciativy Destination Earth. M. Novák mluvil o tom, jak dál se SIVS, J. Řehoř za kolektiv autorů představil Dynamický monitoring a katalogizaci sucha v globálním měřítku a M. Dubrovský za kolektiv hovořil o nových možnostech využití stochastického meteorologického generátoru. První sekce byla zakončena stručným představením posterů jejich autory.

Ve druhé odborné sekci J. Horák referoval o detailním měření konvektivních bouří a stříhu větru pomocí různých skenovacích strategií mobilním radarem MASEC, F. Najman představil použití bezpilotních dronů při měření vertikálních profilů atmosféry, M. Staněk hovořil o podmínkách vzniku a vývoje derech ve střední Evropě, P. Zacharov představil konvektivní prekurzory v reanalýze PERUN, J. Peiker nastínil statistický post-processing modelových koncentrací přízemního ozonu a N. Zíková hovořila o kritické studii vlivu mezní vrstvy na přízemní vs. stožárová měření atmosférického aerosolu.

Ve třetím bloku T. Halenka představil Projekt FOCI – Non-CO₂ klimatické faktory a jejich vliv na klima, kvalitu ovzduší a zdraví. E. Holtanová přednesla scénáře změny klimatu – přehled a diskuse různých přístupů, D. Musil představil proměnu klimatu v České republice za pomoci klimatických klasifikací, E. Plavcová hovořila o trendech krátkodobé proměnlivosti srážek v klimatických modelech,



Společné foto účastníků České meteorologické konference konané 24.–26. září 2024 v Kutné Hoře v hotelu U Kata. Foto: H. Stehlíková.

L. Crhová ukázala zpracování návrhových srážek o délce trvání 5 min až 3 dny ze staničních měření a M. Müller připravil spolu s M. Kašparem prezentaci s několika poznámkami k příčinám a extremitě srážkové události v září 2024.

Hlavním bodem letošního Valného shromáždění bylo udělení Ceny profesora Hanzlíka, kterou společnost uděluje za mimořádný přínos pro rozvoj meteorologie a příbuzných vědních oborů. Po loňské premiéře, první oceněnou se stala doc. RNDr. D. Řezáčová, CSc., byl historicky druhým oceněným doc. RNDr. J. Kopáček, CSc. Laureát toto ocenění získal zejména za celoživotní pedagogickou, odbornou a popularizační práci v oborech synoptické a letecké meteorologie a objektivních metod předpovídání počasí, za obětavou a nezištnou práci pro Československou meteorologickou společnost a později Českou meteorologickou společnost.

V závěrečné čtvrté odborné sekci zaznělo pět příspěvků. Sekci zahájil J. Brzezina, který za spoluautory informoval o vlivu přechodu saharského písečného prachu na koncentrace částic v ovzduší na přelomu března a dubna 2024 v České republice. D. Tichopád hovořil o vlivu atmosférické cirkulace na teplotní extrémy ve středoevropských pohořích v období 1961–2022. O. Halášová mluvila o analýze synoptických situací při přívalových povodních na Moravě a ve Slezsku. M. Novotná za spoluautory informovala o provedené analýze slunečního UV záření a ozonu na stanici Brno-Kotlářská v letech 2017–2021. Poslední příspěvek letošní konference přednesl P. Jůza na téma případy nové sněhové pokrývky v červnu na horách v ČR.

Podle ohlasů účastníků se domníváme, že se letošní Česká meteorologická konference ČMeS vydařila a účastníci se dozvěděli mnoho nových a zajímavých informací, inspirovali se přednesenými příspěvky a navázali nová profesní a osobní přátelství. Pro účastníky konference jsme připravili obvyklý sborník abstraktů, který byl k dispozici v elektronické podobě již v době konání konference na stránce: http://www.cmes.cz/web/wp-content/uploads/2024/09/CMeS_2024.pdf.

Příští Česká meteorologická konference ČMeS se bude konat v termínu 23. až 25. září 2025 v Praze. Konference bude věnována 250. výročí zahájení pravidelných meteorologických měření v pražském Klementinu, a završí se tak připomenutí tohoto významného meteorologického výročí, jehož oslavy začnou již v květnu příštího roku a bude k němuž vydána rovněž publikace.

Poznamenejte si tento termín do svých kalendářů a jste srdečně zváni.

Lucie Kašičková, Stanislava Kliegrová, Pavel Lipina, Petra Tošková

Je boj oblaků proti mrakům opravdu tak důležitý?

Aby se lidé spolu dorozuměli, používají slova. Slovo je skupina hlásek mající ustálený význam. Slovo mrak se vyskytuje v aktivní slovní zásobě již dětí předškolního věku, hojně podporované výskytem v dětských básničkách, pohádkách a hrách. Když se děti naučí číst, mohou ho vidět v knížkách, časopisech i v nejrůznějších výukových materiálech. Slovo mrak se běžně a hojně používá v mluveném projevu, ve veřejném tisku, sdě-



lovacích prostředcích i na mnoha vzdělávacích platformách. Jsem přesvědčena, že naprostá většina české populace zná a chápe význam slova mrak jako synonymum odborného termínu oblak.

Byla jsem za poslední roky přítomna mnoha popularizačním aktivitám pro školní kolektivy či širokou veřejnost, kde byli účastníci od kolegů meteorologů docela intenzivně poučovani o tom, že se místo slova mrak má používat výraz oblak. To, že je ten správný odborný termín. Takto se vyjadřuje i slovník České meteorologické společnosti. Konkrétně u termínu mrak je napsáno „neodborné označení pro oblak“ a u termínu oblak je pak uvedeno, že „neodborně bývají některé oblaky označovány jako mraky, popř. mračna“. Ano, kdo chce mluvit odborně, ať místo slova mrak používá slovo oblak a pokud trvá na tom, aby jeho studenti používali pouze odborné termíny, má právo to vyžadovat.

Já však chci upozornit, že na popularizačních přednáškách většinou převažuje laická veřejnost, od které by používání odborných termínů nikdo neměl očekávat ani vyžadovat. Jak jsem již psala, jsem přesvědčena, že naprostá většina lidí používá slovo mrak jako synonymum slova oblak. Použití slova mrak od laické veřejnosti není špatný výraz, není to nepravdivé ani zavádějící označení. Je to prostě jen neodborné označení. Záměnou slov mrak a oblak nemůže vzniknout žádné nepochopení či zmatení. Protlačování jednoho termínu na úkor druhého tedy není opřeno o snahu zamezit nedorozuměním či nejasnostem. Jsem si jista, že každý odborník výraz i význam slova mrak použitý laickou veřejností dobře chápe a rozumí mu (a kdyby přece jen ne, může si ho vyhledat v Meteorologickém slovníku).

Dovolila bych si proto navrhnout některým kolegům, aby byli k používání slova mrak v komunikaci lidí méně kritičtí. Snad se shodneme, že nejdůležitější je, aby si lidé rozuměli. Samozřejmě mohou každého poučit, co je odborný termín a sami ho výlučně používat. Nemusí to však zdůrazňovat jako tu nejdůležitější informaci v celé prezentaci (ano, i toho jsem už byla svědkem). Přijde mi, že z meteorologické přednášky o oblacích si mohou lidé odnést mnohem zajímavější a podstatnější informace, než jen, že se „nemá“ či „nesmí“ používat slovo, které každý zná již od mateřské školy. Zbytečné bazírování na termínech málokdy přinese něco užitečného, jak je ilustrováno například na hádce knedlík vs. nok ve filmu Pelíšky.

Eva Plavcová

Teplotní poměry na Rolavě v Krušných horách

Rolava je enkláva bývalé obce v Krušných horách na Sokolovsku nedaleko hranic s Německem rozprostírající se v mělkém horském údolí v nadmořské výšce kolem 880 m n. m. Původní roztroušená obec s názvem Sauersack, všeobecně známá také historickou těžbou cínu, čítala ještě v první polovině 20. století kolem 150 domů a přes tisíc obyvatel. Po druhé světové válce ji potkal podobný osud jako mnohá příhraniční sídla na naší západní hranici a dnes se zde nachází pouhých 6 stavení bez stálých obyvatel (obr. 1). Z meteorologického hlediska je lokalita zajímavá poměrně vysokým úhrnem srážek, a protože se nachází v takzvané mrazové kotlině, tak také svými teplotními poměry. To přilákalo amatérské meteorologické nadšence, aby po předchozím expedičním měření na několika okolních lokalitách zahájili právě na Rolavě na podzim roku 2009 souvislá měření teploty vzduchu.

Za tímto účelem byl na Rolavě instalován 21. října 2009 datalogger, který v radiálním krytu prostřednictvím teplotního čidla pořizoval pravidelné záznamy o teplotě vzduchu. Zajímavé výsledky měření podpořily následná jednání s Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), jež dala vzniknout meteorologické stanici dodané firmou Meteoservis, s.r.o. s přenosem dat do databáze ČHMÚ, který uvítalo prostřednictvím tehdejšího vedoucího Jiřího Hostýnka Oddělení meteorologie a klimatologie v Plzni. Tato stanice byla po vyřízení všech potřebných povolení s majitelem pozemku a příslušnými orgány ochrany přírody instalována 9. října 2014 do dovezené dřevěné meteorologické budky, přičemž teplotní čidlo měřilo teplotu vzduchu ve standardně používaném radiálním krytu. Postupně dosluhující dřevěná budka byla v létě 2024 nahrazena pozinkovaným stožárkem. Stanice měří i nadále na stejném

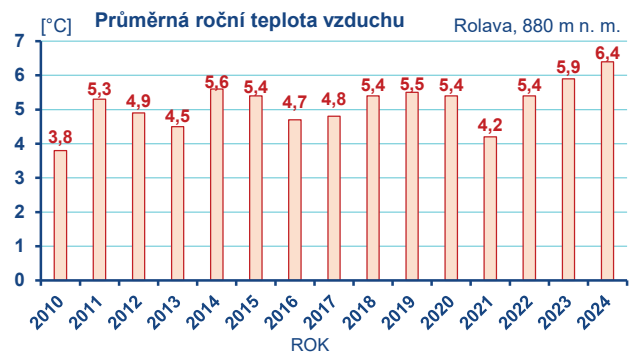
místě, na pozemku spjatém s bývalou Poštovnou Rolava, jež byla nedávno, jako již notně zchátralý objekt, zrekonstruována a otevřena jako restaurace a zázemí pro turisty. Meteorologická stanice je v provozu a posílá data pod indikativem L7ROLA01 díky užší spolupráci amatérských meteorologů s meteorology ČHMÚ, pobočkou v Plzni.

Hodnocení teplotních poměrů na Rolavě tedy bylo možno uskutečnit v denním kroku od 22. října 2009, v měsíčním od listopadu 2009 a v ročním od roku 2010. Roční teplota vzduchu byla na Rolavě v letech 2010–2024 v průměru 5,1 °C, přičemž nejteplejším se stal rok 2024 s hodnotou 6,4 °C, naopak nejchladnějším rok 2010 s hodnotou 3,8 °C. Pokud jde o průběh teploty vzduchu během roku, nejnížší průměrná měsíční teplota vzduchu se vyskytuje v lednu, s průměrem –3,3 °C, a v únoru (–2,9 °C), kdežto nejvyšší je v červenci, s měsíčním průměrem 14,5 °C, následuje srpen (13,5 °C) a červen (13,2 °C). Za 15 let měření od listopadu 2009 do prosince 2024 byly na Rolavě nejchladnějšími měsíci leden 2017, únor 2012 a leden 2010 s průměrnou měsíční teplotou vzduchu –8,4 °C, resp. –8,2 °C a –8,0 °C, pod velmi chladných –7 °C se dostal měsíční průměr ještě v prosinci 2010 a únoru 2018. Naproti tomu mezi nejteplejší měsíce se v tomto období s průměrnou teplotou vzduchu nad 15 °C zařadily měsíce červen 2019, červenec 2010, 2012, 2013 a srpen v letech 2015, 2024. Vývoj ročních teplot vzduchu od roku 2010, průměrnou teplotu vzduchu v jednotlivých měsících roku a 15letý průběh měsíčních teplot vzduchu od listopadu 2009 poskytují grafy na obr. 2, 3 a 4.

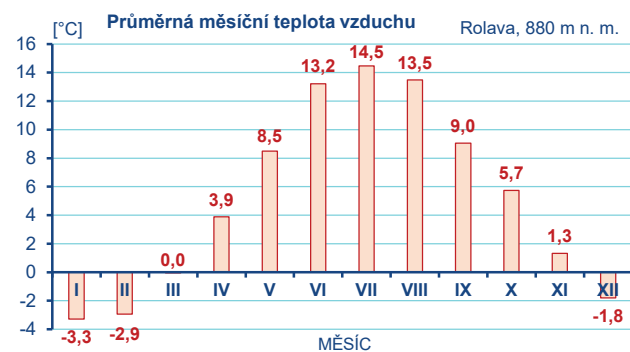
Vůbec nejnížší teplota vzduchu od počátku novodobých souvislých měření na Rolavě (od 21. října 2009) byla zaznamenána 6. února 2012, kdy zde hodnota minima činila –35,7 °C. Pod –30 °C se zde teplota dostala ještě 5. února 2012 a 7. ledna 2017. Extrémně chladnou první dekádu února 2012 dokreslují i průměrné denní teploty, kdy 3., 4., 5. a 6. dne tohoto měsíce zů-



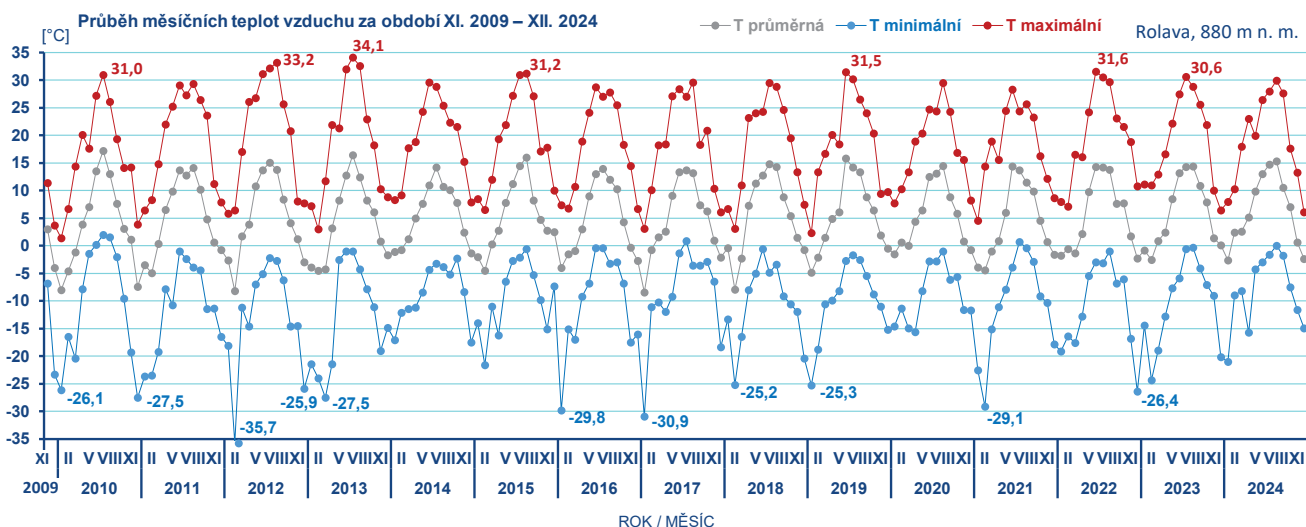
Obr. 1 Obec Rolava (Sauersack) z 30. let 20. století (nahore, zdroj: zanikleobce.cz) a osada Rolava s meteorologickou stanicí v létě 2024 (dole, foto: J. Procházka).



Obr. 2 Průměrná roční teplota na Rolavě za období 2010–2024.



Obr. 3 Průměrné měsíční teploty vzduchu na Rolavě za období 2010–2024.



Obr. 4 Maximální, minimální a průměrná měsíční teplota vzduchu na Rolavě za období od listopadu 2009 do prosince 2024 s uvedením naměřených extrémních hodnot.

Tab. 1 Deset nejnižších minimálních, nejnižších průměrných a nejvyšších amplitud denní teploty vzduchu na Rolavě v Krušných horách za období 2010–2024, včetně data jejich dosažení.

| Pořadí | Minimální denní teplota vzduchu | | Průměrná denní teplota vzduchu | | Amplituda denní teploty vzduchu | |
|--------|---------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------|---------------------------------|-------------|
| | °C | datum | °C | datum | °C | datum |
| 1. | -35,7 | 6. 2. 2012 | -24,8 | 5. 2. 2012 | 29,6 | 3. 11. 2015 |
| 2. | -34,5 | 5. 2. 2012 | -22,5 | 6. 2. 2012 | 29,1 | 18. 8. 2012 |
| 3. | -30,9 | 7. 1. 2017 | -21,7 | 4. 2. 2012 | 29,0 | 19. 8. 2012 |
| 4. | -29,9 | 12. 2. 2012 | -20,8 | 29. 12. 2010 | 29,0 | 16. 3. 2013 |
| 5. | -29,8 | 22. 1. 2016 | -20,5 | 6. 1. 2017 | 29,0 | 2. 8. 2013 |
| 6. | -29,4 | 3. 2. 2012 | -20,2 | 22. 1. 2016 | 28,8 | 22. 7. 2013 |
| 7. | -29,3 | 6. 1. 2017 | -20,1 | 3. 2. 2012 | 28,6 | 30. 6. 2019 |
| 8. | -29,1 | 12. 2. 2021 | -20,0 | 14. 2. 2021 | 28,2 | 15. 7. 2023 |
| 9. | -28,4 | 14. 2. 2021 | -19,7 | 19. 1. 2019 | 27,9 | 1. 8. 2013 |
| 10. | -27,8 | 15. 2. 2021 | -19,6 | 19. 1. 2017 | 27,8 | 29. 6. 2019 |

Tab. 2 Roční počet charakteristických dní na Rolavě v Krušných horách za období 2010–2024.

| Rok/den | Mrazový | Ledový | Arktický | Letní | Tropický |
|-------------------------|-------------|-------------|---------------|--------------|--------------|
| | Tmin < 0 °C | Tmax < 0 °C | Tmax ≤ -10 °C | Tmax ≥ 25 °C | Tmax ≥ 30 °C |
| 2010 | 178 | 93 | 2 | 16 | 3 |
| 2011 | 189 | 45 | 0 | 25 | 0 |
| 2012 | 191 | 50 | 7 | 30 | 6 |
| 2013 | 190 | 64 | 0 | 25 | 9 |
| 2014 | 183 | 32 | 0 | 12 | 0 |
| 2015 | 190 | 46 | 0 | 23 | 4 |
| 2016 | 190 | 49 | 0 | 12 | 0 |
| 2017 | 181 | 55 | 1 | 10 | 0 |
| 2018 | 178 | 56 | 3 | 22 | 0 |
| 2019 | 190 | 45 | 0 | 25 | 4 |
| 2020 | 199 | 32 | 0 | 9 | 0 |
| 2021 | 197 | 60 | 1 | 5 | 0 |
| 2022 | 201 | 45 | 0 | 19 | 2 |
| 2023 | 159 | 44 | 0 | 23 | 1 |
| 2024 | 158 | 29 | 0 | 31 | 0 |
| Průměr 2010–2024 | 185 | 49 | 1 | 19 | 2 |

stal na Rolavě denní průměr pod -20 °C. Deset nejnižších minimálních a průměrných teplot naměřených na Rolavě za uvedené období nabízí přehled v tabulce 1. Teplotním extrémem charakteristickým pro mrazové lokality nejsou jen velmi nízké minimální teploty, ale také denní amplituda, tedy rozdíl mezi denním maximem a denním minimem tohoto meteorologického prvku v jednom dni. Na rozdíl od většiny našeho území, v podobně chladných horských údolích dosahuje denní amplituda i více než 25 °C, a to i několikrát do roka. Na Rolavě byla zaznamenána největší denní amplituda teploty vzduchu 29,6 °C 3. listopadu 2015, o půl stupně méně to bylo 18. srpna 2012. Podobné hodnoty jsou zde dosahovány častěji v letních měsících, jak také naznačují největší denní amplitudy uvedené v tabulce 1. Pokud jde o měsíční amplitudu teploty vzduchu, které zde v tomto směru již tak výjimečné nebývají, tak ta největší byla dosažena hodnotou 43,5 °C v únoru 2021. A konečně roční amplituda byla na Rolavě největší v roce 2012, kdy rozdíl mezi absolutním ročním minimem a maximem činil 68,9 °C, dále pak 61,6 °C v roce 2013, naopak v letech bez silnějšího mrazu 2014 a 2020 to bylo pouze 47,1, resp. 45,1 °C.

Teplotní poměry Rolavy lze specifikovat i pomocí charakteristických dní, v tomto případě prostřednictvím prahových hodnot

Tab. 3 Výčet mrazoletních dní na stanici Rolava od 22. října 2009 včetně zaznamenaných maxim, minim a denních amplitud teploty vzduchu.

| Mrazoletní den | Teplotní maximum | Teplotní minimum | Denní amplituda |
|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Datum | (°C) | (°C) | (°C) |
| 26. 5. 2011 | 25,0 | -0,7 | 25,7 |
| 30. 5. 2011 | 25,1 | -0,1 | 25,2 |
| 16. 7. 2013 | 25,2 | -1,0 | 26,2 |
| 4. 7. 2014 | 25,1 | -0,1 | 25,2 |
| 29. 6. 2019 | 26,5 | -1,3 | 27,8 |
| 30. 7. 2024 | 26,1 | -1,6 | 27,7 |

minimální (počet mrazový dny) a maximální (počet ledových, arktických, letních a tropických dní) teploty vzduchu. U chladných údolí jakým je enkláva osady Rolava s meteorologickou stanicí se jedná především o mrazové dny, tedy dny s minimální teplotou nižší než 0 °C, které se zde vyskytují i v letních měsících. V průměru na Rolavě mrzne 185 dní v roce, přičemž v roce 2022 to bylo nejvíce 201krát, naopak v roce 2024 zde mrzlo jen v 158 dnech. Během letních měsíců (červen, červenec, srpen) mrzlo na Rolavě v průměru 8krát, nejčastěji 19krát to bylo v roce 2014. Pro zajímavost nejsilnější červnový mráz -5,9 °C byl zdejší stanicí zaznamenán 4. 6. 2023, červencový mráz -4,8 °C je z 2. 7. 2018 a srpnový mráz -4,2 °C z 15. 8. 2013.

Ledových dní, tedy charakteristických dní, kdy maximální denní teplota vzduchu zůstane pod nulou, je na Rolavě v průměru 49 za rok. Jednoznačně nejvíce jich bylo v chladném roce 2010, a to 93, naopak nejméně 29 jich bylo v roce 2024. Arktické dny, tj. dny s maximální denní teplotou vzduchu -10 °C a nižší, se vyskytují pouze sporadicky. Průměr zde sice činí 1krát za rok, ale více než polovinu let se arktický den po celý rok nevyskytne vůbec, zato v roce 2012 jich bylo hned 7. Podobně tropických dní, tedy dní s maximální teplotou 30 °C a vyšší, se na Rolavě vyskytuje velmi málo. V průměru se jedná o dva dny za rok, ale skoro polovina let zde žádný tropický den nemá, kdežto v roce 2013 jich bylo 9. Letních dní se na Rolavě vyskytuje v průměru 19 za rok, nejméně 5 jich bylo zaznamenáno v roce 2021, naopak v roce 2024 se takových dní vyskytlo 31. Přehled charakteristických dní za období 2010–2024 přibližuje tab. 2.

Mimo standardní charakteristické dny vystupuje tzv. mrazoletní den. Jedná se o den, kdy teplota vzduchu klesla pod bod mrazu a zároveň ten samý den dosáhla nebo překonala 25 °C. Takovýto den je v našich podmínkách specifický právě a pouze pro mrazové kotliny a chladná horská údolí, a ani tam se nevyskytuje úplně často. Na Rolavě bylo od 21. října 2009 zaznamenáno pouze 6 takových dní, jejichž výčet upřesňuje tab. 3.

Jak si vede teplotně Rolava vůči okolí

Rolava patří v Krušných horách k těm nejchladnějším lokalitám. V této souvislosti se z meteorologických stanic ČHMÚ nabízí porovnání s nejdříve položenou krušnohorskou stanicí na Klínovci (ID stanice: L3KLIN01), nebo s mediálně nejznámější krušnohorskou mrazovou lokalitou Šindelová, Obora (L3SIND01), pochopitelně za srovnatelné období 2010–2024. Pokud jde o průměrnou roční teplotu vzduchu, jestliže je na Rolavě v nadmořské výšce 880 m n. m. roční průměr 5,1 °C, tak na Klínovci, kde meteorologická stanice ČHMÚ měří v nadmořské výšce vyšší o 356 m, je roční průměr 4,6 °C, tedy pouze o 0,5 °C nižší. V Šindelové s nadmořskou výškou o 290 m nižší než Rolava je roční průměr 6,9 °C, což by v tomto případě přibližně odpovídalo obecně udávanému teplotnímu gradientu (ca 0,6 °C na 100 výškových metrů). Klínovec má všechny měsíce v průměru o něco chladnější než Rolava, pouze v září je měsíční průměr nižší na Rolavě. Na Klínovci je nejteplejším měsícem srpen (13,5 °C), naproti tomu červenec figuruje jako nejteplejší měsíc jak na Rolavě (14,5 °C), tak na Šindelové (16,4 °C). Leden je pak nejchladnějším měsícem roku jak na Rolavě (-3,3 °C), tak na Klínovci (-4,0 °C) a Šindelové (-1,6 °C). Zatímco na Rolavě byl v hodnoceném období nejsilnější mráz -35,7 °C, tak na Šindelové to bylo -31,9 °C a na Klínovci -22,8 °C.

Z porovnání Rolavy s obdobnými chladnými lokalitami na Šumavě (Březník C7BRZK01, Kvilda-Perla C7JESL01) a Jizerských horách (Kořenov, Jizerka P2KORE01) je zřejmé, že se Rolava v mnohých charakteristikách těmto známým silným mrazovým lokalitám vyrovná. Například počet mrazových dní v roce i v létě je srovnatelný s lokalitou Jizerky, stejně tak minimální naměřená teplota vzduchu nebo i roční průměr. Rolava má podobně nízký počet letních dní jako Kvilda-Perla, počet mrazoletních dní jako Březník, se silnými šumavskými mrazovými lokalitami má srovnatelný i počet ledových dní v roce (tab. 4).

Více než 15letá řada měření teploty vzduchu na Rolavě v Krušných horách dle výše uvedeného ukazuje, že tato lokalita je z meteorologického hlediska velmi zajímavá. A to i v kontextu, že dříve se zde jednalo o poměrně lidnatou obec, kde se trvale žilo a hospodařilo, nebo že podobných lokalit je v této části Krušných hor několik, jež současné měření teploty může takto reprezentovat (Chaloupky, Lučiny, Háje, Jelení). Konečně Rolava je velmi atraktivní lokalitou i z hlediska turistiky, ať už letní vzhledem k zajímavým místům v okolí a díky zdejším stále více oblíbeným cyklotrasám, nebo v zimě prostřednictvím lyžařských tras. Nechť dlouhodobá meteorologická měření teploty vzduchu na Rolavě slouží dobrému účelu a hodnocení zdejších teplotních poměrů přispějí k lepšímu poznání charakteristik a vývoje klimatu Krušných hor.

Tab. 4 Porovnání teplotních charakteristik Rolavy s dalšími lokalitami Krušných hor, šumavskými stanicemi Kvilda-Perla a Březník a stanicí Kořenov, Jizerka v Jizerských horách za období od listopadu 2009 do prosince 2024. Zdroj dat: ČHMÚ.

| Lokalita, nadmořská výška | Rolava | Šindelová | Klínovec | Perla | Březník | Jizerka |
|---------------------------------------|--------------|--------------|----------------|----------------|----------------|--------------|
| Charakteristiky za období od XI. 2009 | 880 m | 589 m | 1 236 m | 1 058 m | 1 137 m | 858 m |
| Průměrná roční teplota vzduchu (°C) | 5,1 | 6,9 | 4,6 | 3,9 | 3,6 | 4,9 |
| Průměr nejchladnějšího měsíce (°C) | -3,3 | -1,6 | -4,0 | -4,4 | -4,6 | -3,9 |
| Průměr nejteplejšího měsíce (°C) | 14,5 | 16,4 | 13,5 | 13,3 | 12,8 | 14,2 |
| Nejnižší teplota vzduchu (°C) | -35,7 | -31,9 | -22,8 | -39,4 | -36,1 | -35,3 |
| Počet mrazových dní v roce | 185 | 142 | 153 | 229 | 226 | 185 |
| Počet mrazových dní v létě | 8 | 1 | 0 | 20 | 16 | 9 |
| Počet ledových dní v roce | 49 | 26 | 77 | 46 | 52 | 54 |
| Počet letních dní v roce | 19 | 37 | 4 | 16 | 10 | 15 |
| Počet mrazoletních dní celkem | 6 | 0 | 0 | 31 | 5 | 0 |

Poděkování:

Poděkování patří zejména všem pozorovatelům a provozovatelům meteorologických stanic, bez jejichž dlouhodobé a obětavé práce by nebylo možno údaje pořizovat, archivovat a hodnotit. V tomto případě se sluší konkrétně poděkovat za prvotní impuls, zahájení kontinuálního měření na odlehlých lokalitách Krušných hor a poskytnutí dat amatérským meteorologickým nadšencům Miroslavu Hůlovi a Františku Nedvědovi, za pomoc s výrobou a instalací meteorologické budky kolegovi Josefu Jindrovi a za operativní řešení provozních potřeb na stanici panu Radkovi Böhmovi. Automatická meteorologická stanice Rolava vznikla v roce 2014 díky soukromým zdrojům od meteorologických nadšenců (A.V., P. J., M. H., F. N., J. J.). Poděkovat je zde potřeba také majitelům pozemku za možnost na Rolavě stanici provozovat, firmě Meteoservis, s.r.o. za výrobu stanice a pracovníkům ČHMÚ za spolupráci na provozu stanice, přenosu, archivaci a zpracování dat.

**Jan Procházka, Antonín Vojvodík,
Pavel Lipina a kol.**

Doc. Tomáš Halenka oslavil pětadesátku



Dne 26. listopadu 2024 oslavil doc. RNDr. Tomáš Halenka, CSc. své pětadesáté narozeniny. Tomáš Halenka se narodil v Hlinsku v Čechách. V roce 1984 absolvoval magisterské studium meteorologie a klimatologie na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy v Praze a získal i titul RNDr. Na katedře pokračoval v postgraduálním studiu a následně zde začal působit jako odborný asistent.

V roce 1994 úspěšně obhájil kandidátskou práci (titul CSc.) a v roce 2006 se stává docentem meteorologie. A katedře fyziky atmosféry (dříve zvané katedra meteorologie a ochrany prostředí) zůstává věrný až do současnosti, stále je nedílnou součástí jejího kolektivu. V rámci svého pedagogického působení se věnuje především oblasti dynamické meteorologie, dynamickým předpovědním metodám, ale i meteorologickým přístrojům a pozorovacím metodám. Stal se vedoucím desítek bakalářských a magisterských prací a rovněž je školicím řady doktorandů.

Pokud jde o jeho odborné vědecké působení, zaměřuje se především na problematiku změny klimatu a regionální klimatické modelování. Dlouhodobě přispívá k rozvoji poznatků na poli scénářů vývoje budoucího klimatu a možných dopadů klimatické změny. Uznávaným mezinárodním odborníkem se stal také v oblasti výzkumu a modelování městského klimatu. A v neposlední řadě bych rád zmínil i jeho zkušenosti při analýze vazby mezi klimatem a kvalitou ovzduší. Právě uvedené odborné okruhy jsou i náplní mnoha projektů a grantů, ať už na evropské nebo národní úrovni, na kterých se úspěšně dlouhodobě podílí. Řadu projektů přitom sám vede. Zde bych rád vyzdvihl i jeho zápal, se kterým se pouští do získávání nových grantů včetně nepříliš zábavného procesu přípravy

příslušných podkladů. Nicméně i díky jeho schopnostem na tomto poli bylo možné v posledních letech významným způsobem zvýšit počet doktorandů (často přicházejících ze zahraničí) na katedře fyziky atmosféry.

Vzhledem ke svým dlouholetým odborným zkušenostem je doc. Halenka rovněž žádaným komentátorem v médiích, ať už jde o aktuální meteorologické otázky nebo okruhy související s klimatologií, čímž přispívá i k popularizaci těchto oborů mezi širokou veřejností.

České meteorologické veřejnosti je doc. Halenka znám především jako aktivní člen České meteorologické společnosti, kde zastával roli předsedy společnosti. Dlouhodobě pak působí v čele pražské pobočky ČMeS, kde se podílí na organizaci cyklu tzv. meteorologických hovorů, tedy přednášek, které se tradičně konají na Novotného lávce v centru Prahy. Jako člen organizačního výboru ČMeS se zapojoval i do přípravy řady výročních konferencí společnosti a významnou roli zastával po dlouhou dobu i při přípravě a vydávání věstníku ČMeS. V neposlední řadě bych ale rád připomněl i jeho důležitou aktivitu při zapojení ČMeS do struktur Evropské meteorologické společnosti (EMS). Ostatně doc. Halenka byl po řadu let členem jejich vedoucích orgánů, mimo jiné 15 let stál v čele vzdělávacího výboru EMS.

Za svou dlouholetou aktivní práci v oborech meteorologie a klimatologie i pedagogickou činnost na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy a práci v čele České meteorologické společnosti a její pražské pobočky obdržel v září 2024 na výroční konferenci České meteorologické společnosti čestné uznání.

Milý Tomáši, za sebe a své kolegy z katedry fyziky atmosféry MFF UK Ti přeji především pevné zdraví do dalších let, hodně radosti ze života a nemálo elánu pro další práci na poli meteorologie a klimatologie.

Michal Žák

Meteorologická horská konference Jeseníky 2024



Sborník příspěvků z konference.

Ve dnech 14.–16. května 2024 se na Rejvízi v Jeseníkách (hotel Franz) konala čtvrtá „horská“ meteorologická konference s mezinárodní účastí pod názvem Jeseníky 2024 pořádaná Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ), Českou meteorologickou společností (ČMeS) a Vlastivědným muzeem Jesenicka. Konference v Jeseníkách volně navazuje na předešlé tři obdobné konference, které se uskutečnily v červnu 2017 na Lysé hoře v Beskydech ([http://www.cmes.cz/web/lysa-hora-](http://www.cmes.cz/web/lysa-hora-120-let-meteorologickych-mereni-a-pozorovani/)

[120-let-meteorologickych-mereni-a-pozorovani/](http://www.cmes.cz/web/lysa-hora-120-let-meteorologickych-mereni-a-pozorovani/)), v květnu 2019 na šumavské Kvildě (<http://www.cmes.cz/web/suma->



Meteorologická konference Jeseníky 2024 se uskutečnila 14. až 16. května 2024 v prostorách hotelu Franz na Rejvízu. Foto: H. Stehlíková.

va-2019/) a v květnu 2022 na Jizerce v Jizerských horách (<http://www.cmes.cz/web/jizerka-2022/>).

Úvod a záměr konference

Po Beskydech, Šumavě a Jizerských horách jsme se rozhodli uspořádat čtvrtou horskou meteorologickou konferenci v Jeseníkách. Jeseníky jsou významnou horskou oblastí severní Moravy s bohatou meteorologickou a také hydrologickou tradicí, s velkým množstvím hydrometeorologických extrémů včetně povodní. V horské oblasti Jeseníků zahrnující mimo jiné pohoří Hrubého a Nízkého Jeseníku, Kralického Sněžníku a Rychlebských hor je mnoho lokalit, kde by bylo zajímavé konferenci uspořádat. Z několika možných destinací padla tentokrát volba na Rejvíz. Je to malebná horská osada v nadmořské výšce 780 m mezi městy Zlaté Hory a Jeseník, která má také bohatou tradici meteorologických měření a pozorování, která započala už v roce 1895 a s několika přerušeními probíhá dodnes. S rozvojem automatizace je od roku 2001 umístěn na Rejvízu automatický srážkoměr podniku Povodí Odry (rozšířený v roce 2021 o měření teploty a vlhkosti vzduchu), automatické měření teploty vzduchu zde v režii ČHMÚ probíhá od roku 2018.

Program konference

Program meteorologické konference Jeseníky 2024 byl třídenní, přednášky zazněly v pěti tematických blocích. V druhém dnu konference byl odpolední program věnován exkurzím a návštěvám zajímavých lokalit.

Bloky a program konference:

- I. Zahájení konference, přivítání účastníků a hostů, organizační záležitosti
- II. Jeseníky – historie, současnost a budoucnost
- III. Posterová sekce – představení posterů
- IV. Meteorologie a klimatologie ve vyšších a horských polohách
- V. Problematika měření na horách – horské stanice a meteorologické jevy
- VI. Exkurze na nejen meteorologicky zajímavé lokality Rejvízu a Jeseníků
- VII. Hydrologie a kvalita ovzduší vyšších a horských poloh

Závěry a přínos konference

Na třídní konferenci zazněla řada zajímavých příspěvků, ke kterým se následně o přestávkách a zejména večer v kuloárech vedly mnohdy podnětné diskuse, což bylo jedním z hlavních důvodů uspořádání této konference. Tato spíše provozní a odborná než vědecká konference přinesla mnoho nových poznatků a informací, o nichž pevně věříme, že budou účastníci dále intenzivně rozvíjeni. Účastníci prezentovali své meteorologické aktivity, klimatologická zpracování a podrobné mapové výstupy, diskutovala se řada problémů s měřením na horách, ať už klasickým manuálním, nebo s novou přístrojovou technikou a meteorologickými čidly. Velká pozornost byla věnována problematice měření srážek a sněhu v zimním období, teploty vzduchu a větru, dále nebezpečným jevům, předpovědím a dalším zajímavým tématům. Více příspěvků tradičně připravili zástupci šumavských „amatérských“ meteorologů, kteří významně pokročili v rozvíjející se spolupráci s Českým hydrometeorologickým ústavem. Výrazně se prezentovala akademická sféra, jak česká, tak slovenská, podobně i meteorologické ústavy Slovenska a Polska. Pozitivní je stále častější prolínání těchto provozních a výzkumných institucí a aktivit mezi lidmi a obory, což se ukazuje být jedním z největších přínosů podobných setkání.

Jsme velmi rádi, že se nám podařilo navázat na odkaz předešlých obdobných konferencí zaměřených primárně na horské oblasti, ať už to bylo na Lysé hoře v roce 2017, na Kvildě v roce 2019 nebo na Jizerce v roce 2022. Je zřejmé, že tato problematika je stále velmi aktuální a našla si řadu zájemců, účastníků a také aktivních prezentujících. Horských oblastí v celém Česku není tak málo, naopak dlouhodobých nepřerušovaných pozorovacích řad, zpracování a vyhodnocení výsledků měření i z posledních let z vyšších poloh není stále dostatek. Předběžně jsme se na základě i vašich reakcí dohodli, že další horská konference by se mohla konat opět za dva roky, přičemž o konkrétním místě a horské oblasti se bude ještě jednat.

Výstupy z konference

Sborník ke stažení naleznete na adrese:

http://www.cmes.cz/web/wp-content/uploads/2024/05/Jeseniky_web_v.pdf nebo na adrese nakladatelství ČHMÚ: <https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/Jeseniky.pdf>.

Sborníky z předešlých horských konferencí naleznete ke stažení zde:

<https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/jizerka.pdf>

<https://www.chmi.cz/files/portal/docs/reditel/SIS/nakladatelstvi/assets/sumava.pdf>

http://www.cmes.cz/web/wp-content/uploads/2024/01/LYSA_2017_sbornik.pdf

Na webových stránkách ČMeS <http://www.cmes.cz/web/rejviz-2024/> čtenáři najdou podrobnou zprávu z této konference doplněnou rozsáhlou fotodokumentací a je zde k dispozici ke stažení elektronická verze sborníku příspěvků.

Za organizační výbor konference

Pavel Lipina a Jan Procházka

Meteorologické zprávy

Meteorological
Bulletin

Odborný recenzovaný časopis se zaměřením na meteorologii, klimatologii, kvalitu ovzduší a hydrologii. Dvuměsíčník

Reviewed journal specialized in meteorology, climatology, air quality and hydrology. Bi-monthly

Vydavatel (redakce) – Publishers

Český hydrometeorologický ústav, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany

Czech Hydrometeorological Institute, Na Šabatce 2050/17,
143 06 Praha 4-Komořany, Czech Republic

e-mail: mz@chmi.cz, casmz.chmi.cz

Vedoucí redaktor – Chief Editor

R. Tolasz, Český hydrometeorologický ústav, Ostrava, Česká republika

Redaktor – Assistant Editor

H. Stehlíková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Redakční rada – Editorial Board

J. Bednář, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

R. Brožková, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

R. Čekal, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

Z. Horký, Praha, Česká republika

F. Hudec, Univerzita obrany, Brno, Česká republika

I. Hůnová, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

P. Huszár, Univerzita Karlova, Praha, Česká republika

M. Kašpar, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

K. Krška, Brno, Česká republika

M. Lapin, Univerzita Komenského, Bratislava, Slovenská republika

F. Neuwirth, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, Austria

L. Němec, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

V. Pastirčák, Bratislava, Slovenská republika

E. Plavcová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

D. Řezáčová, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha, Česká republika

M. Setvák, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

J. Strachota, Praha, Česká republika

J. Sulan, Český hydrometeorologický ústav, Plzeň, Česká republika

F. Šopko, Český hydrometeorologický ústav, Praha, Česká republika

A. Vizina, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., Praha, Česká republika

H. Vondráčková, Praha, Česká republika

V. Voženílek, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, Česká republika

Abstracting and Indexing:

Meteorological and Geostrophysical Abstracts

Tisk:

Akontext s. r. o., Zárybničná 2048/7, 141 00 Praha 4

CC BY-NC-ND

ISSN 0026-1173

ISSN 2788-3140 (on-line)

Registrační číslo MK ČR E 5107

© Meteorologické zprávy, Český hydrometeorologický ústav

ROČENKY ČHMÚ

Hydrologická ročenka České republiky 2023

Praha 2024, 202 stran, ISBN 978-80-7653-074-4 (pdf)

Hydrologická ročenka je jednou z mnoha forem prezentace aktivit ČHMÚ a výsledků sledování a hodnocení hydrologických poměrů v České republice v daném roce. Snahou je podat ucelené informace o hydrologických měřeních i následném hodnocení ve vztahu k dlouhodobým charakteristikám. Cílem je v opakující se textové, tabelární a grafické formě prezentace umožnit uživatelům průběžné sledování a porovnávání prostorových a časových změn vodního režimu.



Klimatologická ročenka České republiky 2023

Praha 2024, 89 stran, ISBN 978-80-7653-072-0 (pdf)

Klimatologická ročenka přináší hodnocení základních klimatologických charakteristik na území České republiky v daném roce. Vyhodnocení je provedeno na základě dat naměřených v síti meteorologických a klimatologických stanic ve správě ČHMÚ, ale i dalších subjektů. Ročenka je rozdělena do několika kapitol, primárně podle jednotlivých měřených meteorologických prvků, tedy teploty vzduchu, rychlosti větru, množství sněhu a srážek či délky slunečního svitu. Nechybí ani informace o fenologii, zajímavých jevech počasí v daném roce či informace o staniční síti.

Znečištění ovzduší na území České republiky 2023

Praha 2024, 167 stran, ISBN 978-80-7653-071-3 (pdf)

Ročenka „Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2023“, společně s elektronicky publikovanou datovou ročenkou „Souhrnný tabelární přehled“ a s metodickým materiálem „Systém sběru, zpracování a hodnocení dat“ je uceleným přehledem informací o kvalitě ovzduší na území ČR v daném roce. Hodnocení kvality ovzduší vychází z naměřených údajů, shromažďovaných v rámci ISKO, za využití dalších podkladů a matematických nástrojů. Datová ročenka prezentuje verifikovaná naměřená imisní data a údaje o chemickém složení atmosférických srážek z jednotlivých lokalit včetně agregovaných údajů, grafická ročenka poskytuje komentované souhrnné informace v přehledných mapách, grafech a tabulkách.



<https://info.chmi.cz/rocenka/>

Český
hydrometeorologický
ústav

