

Zpráva Světové meteorologické organizace o stavu klimatu ve světě v roce 2019 – část I.

The WMO report on the Status of the Global Climate in 2019 – part I.

The WMO report on the Status of the Global Climate in 2019. 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 – úhrn srážek globální – plyny skleníkové – ozon – hladina oceánu – obsah oceánu tepelný – acidifikace – led mořský

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

1. Předmluva

Tato zpráva je dvacátým šestým prohlášením Světové meteorologické organizace (SMO) o stavu globálního klimatu. Představuje trvalé mezinárodní úsilí zaměřené na výstupy vědeckých analýz vedoucí k porozumění meziročním změnám a dlouhodobých trendů měnícího se klimatu, jak v úvodu konstatuje generální tajemník SMO Petteri Taalas.

Mezi hlavní zjištění letošní zprávy patří pokračující růst skleníkových plynů, zejména CO₂. Rok 2019 skončil s celosvětovou průměrnou teplotou o 1,1 °C nad odhadovaným průměrem před industrializací, což je druhé místo po rekordní hodnotě z roku 2016. Bez úlohy El Niño, který měl vliv na růst oteplování pozorované v roce 2016, by se býval mohl rok 2019 stát rekordním.

Teplota je jedním z ukazatelů probíhající změny klimatu. Rovněž hladiny moří stoupají rychlejším tempem, a to kvůli většímu oteplování oceánů, na povrchu i v hloubkách a prostřednictvím zvýšeného tání grónského ledu a ledovců, což vystavuje pobřežní oblasti a ostrovy většímu riziku záplav a zatopení nízkopoložených oblastí.

V roce 2019 se vyskytly požáry nebývalého rozsahu spojené s horkými vlnami v kombinaci s dlouhým obdobím sucha. Tak tomu bylo v Austrálii, kde byly spá-

leny miliony hektarů půdy, také Sibiř a další arktické oblasti zasáhly požáry rekordní intenzity.

Kromě těchto jevů docházelo ke škodám způsobených vlivem počasí, jako jsou účinky víceletého sucha na vnitrostátní i přeshraniční migraci obyvatel, větší vystavení světové populace zdravotním rizikům a snížením hospodářského růstu, zejména v rozvojových ekonomikách, v důsledku znečištění, rostoucí teploty a extrémů počasí.

Tato zpráva ukazuje, že změna klimatu je již široce prokazatelná. K udržení oteplení pod 2 °C do konce století je zapotřebí ambicióznějšího úsilí o zmírnění změny klimatu. Světová meteorologická organizace bude i nadále pozorně sledovat proměnlivost a změnu klimatu a jejich vliv a vybuduje informační portál, který umožní sledovat ukazatele stavu klimatu.

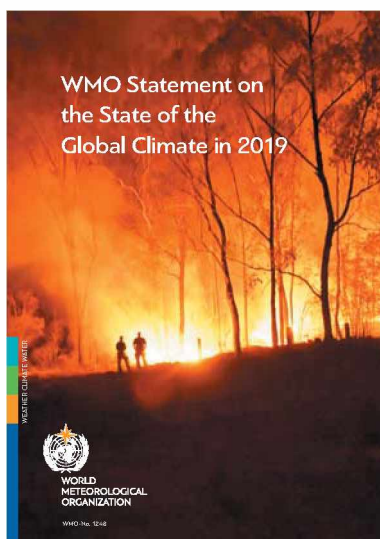
Generální tajemník SMO Petteri Taalas děkuje mnoha týmům odborníků v oblasti klimatologie a dalších disciplín, národním meteorologickým a hydrologickým službám, globálním a regionálním centřům pro sběr údajů a analýz o klimatu. Díky jejich nepřetržité spolupráci se prohlášení SMO o stavu globálního klimatu stalo stěžejní publikací poskytující politikům po celém světě základní informace o klimatu.

2. Prohlášení generálního tajemníka OSN A. Guterrese

Změna klimatu je hlavní výzvou naší doby. Čas, abychom odvrátili nejhorší narušení klimatu a chránili naše společnosti před nevyhnutelnými dopady, které přijdou, nám rychle vyprchává.

Věda nám říká, že i kdyby se nám podařilo omezit oteplení na 1,5 °C, budeme čelit výrazně vyšším rizikům narušení rovnováhy přírodních a lidských ekosystémů. Údaje v této zprávě ukazují, že rok 2019 byl již o 1,1 °C teplejší než doba před industrializací. Důsledky jsou již zřejmé. Vážnější a častější povodně, sucha a tropické bouře, nebezpečné vlny veder a stoupající hladiny moře již vážně ohrožují životy a živobytí na celé planetě.

V současnosti nejsme na cestě k dosažení cílů 1,5 °C nebo 2 °C, které Pařížská dohoda požaduje. Do roku 2030 musíme snížit emise skleníkových plynů o 45 % z úrovně roku 2010 a dosáhnout čistých nulových emisí do roku 2050.

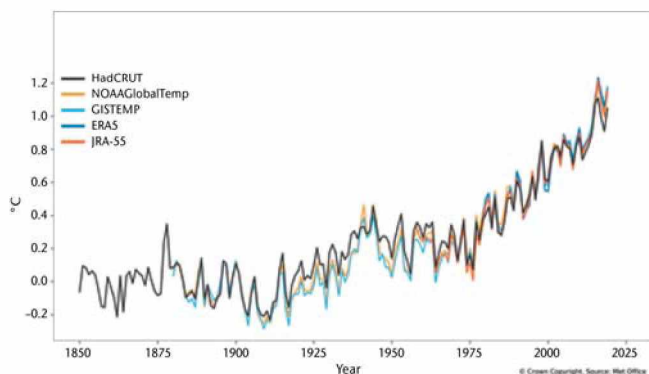


Obr. 1 Obálka publikace WMO.

Fig. 1. Cover of the WMO publication.



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



Obr. 3 Globální odchylka roční průměrné teploty od předindustriálních podmínek (1850–1900). Dvě reanalýzy (ERA5 a JRA-55) jsou v období 1981–2010 v souladu s přízemními datovými sadami (HadCRUT, NOAA GlobalTemp a GISTEMP).

Fig. 3. Global annual mean temperature difference from preindustrial conditions (1850–1900). The two reanalyses (ERA5 and JRA-55) are aligned with the in situ datasets (HadCRUT, NOAA GlobalTemp and GISTEMP) over the period 1981–2010.

K tomu potřebujeme politickou vůli a naléhavá opatření, abychom stanovili jinou cestu.

Tato zpráva nastiňuje nejnovější vědecké poznatky a ukazuje naléhavost pro dalekosáhlá opatření v oblasti klimatu. Shromažďuje údaje z různých oborů vědy o klimatu a uvádí potenciální budoucí následky změny klimatu – od zdravotních a ekonomických, po sníženou bezpečnost potravin a větší vysídlování.

Vyzývám všechny – od vládních činitelů, občanských sdružení a vedení podniků po jednotlivé občany – aby respektovali tato fakta a přijali naléhavá opatření pro zastavení nejhorších důsledků změny klimatu. Potřebujeme včas větší aktivitu v oblasti zmírňování dopadů, adaptace a financování, pro plánovanou konferenci o klimatu (COP26), která se má letos konat v listopadu v Glasgow¹. To je jediný způsob, jak zajistit bezpečnější, prosperující a udržitelnější budoucnost pro všechny lidi na zdravé planetě.

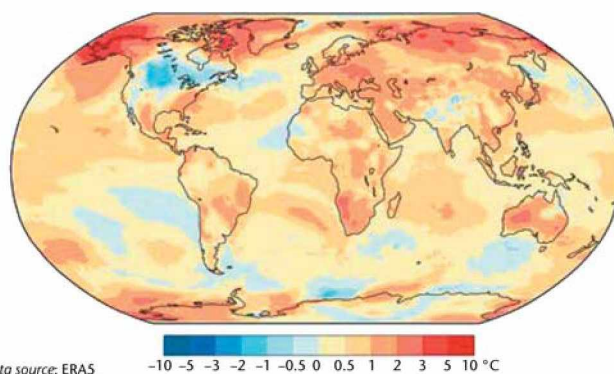
3. Klíčové ukazatele klimatu

Globální klimatické indikátory popisují měnící se klima a poskytují jeho široký obraz. Přinášejí důležité informace pro oblasti nejvýznamnější pro změnu klimatu, včetně složení atmosféry, energetických změn, které vznikají v důsledku akumulace skleníkových plynů a dalších faktorů, a reakcí pevniny, oceánů a kryosféry. Mezi klíčové globální ukazatele klimatu patří globální průměrná povrchová teplota, koncentrace skleníkových plynů v atmosféře, tepelný obsah oceánu, úroveň hladiny oceánu, okyselení oceánu, rozsah mořského ledu a hmotnostní bilance ledovců a ledových ploch.

3.1 Teplota

Globální průměrná teplota byla v roce 2019 kolem 1,1 ± 0,1 °C nad základní hodnotou z let 1850–1900, která byla použita jako aproximace předindustriálních hodnot. Rok 2019 je zatím druhým nejteplejším v historii. Hodnocení

¹ Z důvodu globální epidemiologické situace byla konference přesunuta na rok 2021 (pozn. překladatele).



Data source: ERA5 -10 -5 -3 -2 -1 -0.5 0 0.5 1 2 3 5 10 °C

Obr. 4 Odchylky teploty vzduchu na souši v roce 2019 v porovnání s průměrem let 1981–2010 (Zdroj: European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) ERA5 data, Copernicus Climate Change Service).

Fig. 4. Surface-air temperature anomaly for 2019 with respect to the 1981–2010 average (Source: European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) ERA5 data, Copernicus Climate Change Service).

SMO je založeno na pěti globálních datových sadách² teplot (obr. 3), přičemž čtyři z těchto pěti datových sad umístily rok 2019 na druhém místě a jeden soubor dat ho umístil jako třetí nejteplejší. Rozpětí pěti odhadů se pohybuje mezi 1,05 °C až 1,18 °C ve srovnání s předindustriální hodnotou.

Zvláštní zpráva *Globální oteplení 1,5 °C* (IPCC 2018, dále IPCC SR15) Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC) dospěla k závěru, že „oteplení vyvolané člověkem dosáhlo v roce 2017 přibližně 1 °C (pravděpodobně mezi 0,8 °C až 1,2 °C) nad předindustriální úrovní a zvyšuje se o 0,2 °C (pravděpodobně mezi 0,1 °C až 0,3 °C) za desetiletí (vysoká spolehlivost)“. Aktualizace údajů pro rok 2019 je v souladu s pokračujícím oteplováním v rozmezí 0,1 až 0,3 °C za desetiletí.

Rok 2016, který začal s mimořádně silným El Niño, zůstává nejteplejším v historii. Slabé podmínky El Niña v první polovině roku 2019 pravděpodobně přispěly jen k celosvětově vysoké roční teplotě, ale nedošlo zde začátkem roku k tak výraznému zvýšení teploty, jaké bylo vidět na začátku roku 2016.

Posledních pět let (2015–2019) je pět nejteplejších v historii měření. Poslední pětileté (2015–2019) i desetileté (2010–2019) průměry jsou také nejteplejší v historii. Od 80. let byla každá následující dekáda teplejší než kterákoli z předchozích.

Přestože globální roční oteplení je zřejmé, docházelo po celém světě k různému kolísání teplotních odchylek. Většina oblastí souše byla teplejší než nedávný normál (1981–2010, obr. 4). Rok 2019 patřil v Africe mezi tři nejteplejší roky v historii od roku 1950. Ostatní kontinentální průměry byly mezi třemi nejteplejšími, s výjimkou průměru pro Severní Ameriku, kde byl na 14. nejteplejším místě. Mimo-

² Datové sady zahrnují tři přízemní sady – HadCRUT.4.6.0.0 připravený UK Met Office a Climatic Research Unit Univerzity Jižní Anglie, NOAA GlobalTemp v5 připravený US NOAA a GISTEMP v4 připravený US NASA Goddardovým ústavem – a dvě sady reanalýz – ERA5 připravená ECMWF pro Copernicus Climate Change Service a JRA-55 připravená Japonskou meteorologickou službou.

řádne teplý byl americký stát Aljaška. Výjimečně teplé byly velké oblasti Arktidy, střední a východní Evropy, jižní Afriky, jihovýchodní Asie, části Austrálie (kde to byl nejteplejší a nejušší rok v historii), severovýchodní Asie a části Brazílie. Kromě Severní Ameriky se vyskytly oblasti s podprůměrnou teplotou jen omezeně.

3.2 Skleníkové plyny a ozon

Globální průměrné koncentrace skleníkových plynů se počítají z pozorování z mnoha míst, získaných programem Global Atmosphere Watch (GAW) programu SMO. Tato data jsou k dispozici ve Světovém datovém centru pro skleníkové plyny provozovaném Japonskou meteorologickou službou. Rok 1750 se používá jako základní reprezentativní hodnota předindustriálních podmínek.

Zvyšující se koncentrace skleníkových plynů v atmosféře je hlavním z klíčových faktorů změny klimatu. Atmosférické koncentrace odrážejí rovnováhu mezi zdroji (včetně emisí způsobených lidmi) a úložišti (absorpce biosférou a oceány). Koncentrace skleníkových plynů dosáhly v roce 2018 nového maxima, s globální průměrnou koncentrací oxidu uhličitého CO_2 $407,8 \pm 0,1$ ppm, metanu CH_4 1869 ± 2 ppb a oxidu dusného N_2O $331,1 \pm 0,1$ ppb (obr. 5). Meziroční růst tří hlavních skleníkových plynů byl větší než růst v předchozím roce i než průměrné tempo růstu za 10 let. Globální průměrné koncentrace v roce 2018 představují 147 %, 259 % a 123 % předindustriální úrovně (rok 1750).

Globální průměrné údaje za rok 2019 nebudou k dispozici až do konce roku 2020, ale aktuální data z konkrétních lokalit, včetně Mauna Loa (Havaj) a Cape Grim (Tasmánie), naznačují, že se množství CO_2 , CH_4 a N_2O se v roce 2019 na-

dále zvyšovalo. Zpráva IPCC SR15 říká, že omezení oteplení o $1,5^\circ\text{C}$ nad předindustriální úroveň předpokládá dosažení světových čistých nulových emisí CO_2 kolem roku 2050 a zároveň velké snížení emisí i jiných zdrojů než CO_2 , zejména metanu.

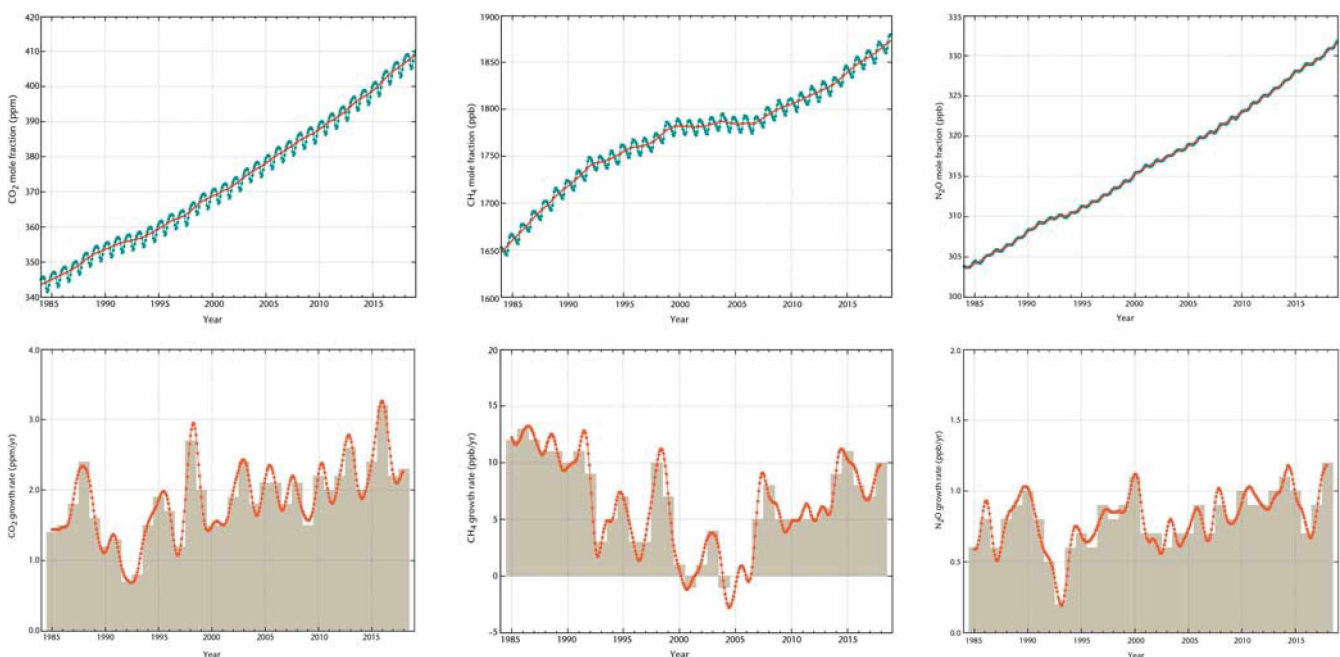
3.2.1 Globální uhlíkový rozpočet

Přesné posouzení antropogenních emisí CO_2 a jejich rozložení mezi atmosférou, oceánem a suchozemskou biosférou, tzv. globální uhlíkový rozpočet, je důležité pro lepší pochopení uhlíkového cyklu, podporuje rozvoj opatření v oblasti klimatu a zpřesňuje modelování budoucích klimatických scénářů.

Emise CO_2 z fosilních paliv se v posledních dvou stoletích neustále zvyšovaly, s krátkými přerušeními v důsledku významných hospodářských recesí nebo nárůstu cen ropy. Během desetiletí 2009–2018 byly roční globální emise fosilního CO_2 v průměru $34,7 \pm 1,8$ Gt (miliard tun), rostly průměrně o 0,9 % za rok a v 2018 dosáhly rekordních 36,6 Gt CO_2 . Emise oxidu uhličitého ze změn ve využívání půdy byly ve stejném období $5,5 \pm 2,6$ Gt CO_2 bez jasného trendu (obr. 6).

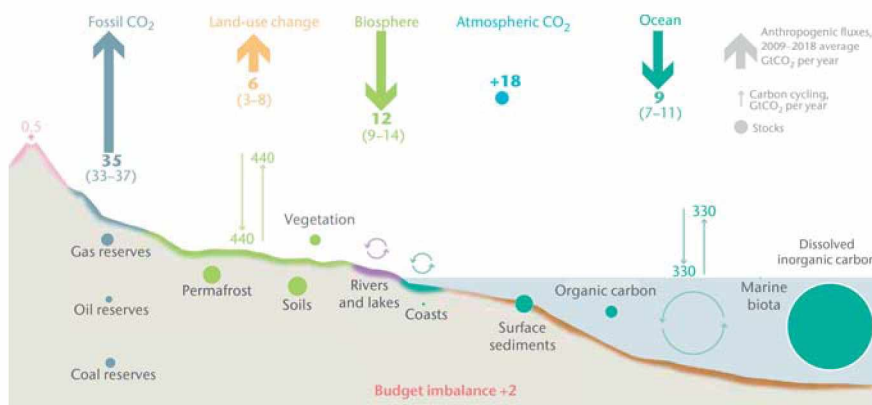
V desetiletí 2009–2018 vzrostla jak koncentrace CO_2 v atmosféře, tak jeho rychlost růstu, a v důsledku zvyšování koncentrací CO_2 v atmosféře pokračovala zvyšující se absorpce CO_2 půdou a oceány. Přibližně 45 % všech antropogenních emisí CO_2 je takto vstřebávaným zachyceno.

Předběžný odhad světových emisí fosilního CO_2 s využitím údajů z prvních tří čtvrtletí roku 2019 naznačil, že emise vzrostly v roce 2019 o 0,6 % (s přesností $-0,2$ % až $+1,5$ %), což zahrnuje dokonce mírný pokles emisí v po-



Obr. 5 Horní řada: Celková průměrná koncentrace CO_2 ppm (vlevo), CH_4 (uprostřed) a N_2O (vpravo) ppb v období 1984 až 2018. Červená čára je průměr měsíčních koncentrací bez sezónních odchylek; modré tečky ukazují měsíční průměry. Dolní řada: Rychlost růstu je reprezentovaná meziročním přírůstkem koncentrace CO_2 ppm (vlevo), CH_4 (uprostřed) a N_2O (vpravo) ppb. Zdroj: WMO Global Atmosphere Watch.

Fig. 5. Top row: Globally averaged mole fraction (measure of concentration), from 1984 to 2018, of CO_2 in parts per million (left), CH_4 in parts per billion (centre) and N_2O in parts per billion (right). The red line is the monthly mean mole fraction with the seasonal variations removed; the blue dots and line show the monthly averages. Bottom row: The growth rates representing increases in successive annual means of mole fractions for CO_2 in parts per million per year (left), CH_4 in parts per billion per year (centre) and N_2O in parts per billion per year (right) (Source: WMO Global Atmosphere Watch).



Obr. 6 Změny globálního uhlíkového cyklu v důsledku lidských aktivit v desetiletém období 2009–2018. Antropogenní vliv se vyskytuje na vrcholu přírodních toků uhlíku, přičemž pohyb a zásoby představují tenčí šipky a kruhy. Nerovnováha mezi celkovými emisemi a celkovým ukládáním uhlíku odráží mezery v datech, modelování nebo v našem chápání uhlíkového cyklu (Zdroje: Globální uhlíkový projekt, <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>; Friedlingstein et al. 2019).

Fig. 6. Perturbation budget of the global carbon cycle as a result of human activities, averaged globally for the decade 2009–2018. The anthropogenic perturbation occurs on top of natural carbon fluxes, with fluxes and stocks represented by thinner arrows and circles. The imbalance between total emissions and total sinks reflects the gaps in data, modelling or our understanding of the carbon cycle (Sources: Global Carbon Project, <http://www.globalcarbonproject.org/carbonbudget>; Friedlingstein et al. 2019).

rovnání s rokem 2018. Emise z požárů v odlesňovaných oblastech naznačují, že emise ze změn ve využívání půdy za rok 2019 byly nad průměrem 2009–2018. V roce 2019 byla míra růstu atmosférického CO₂ 19,1 ± 3,3 Gt, což je nad průměrem 2009–2018, přičemž nárůst byl způsoben rostoucími emisemi CO₂. Předběžné odhady pro zachytávání CO₂ v oceánu a na pevnině v roce 2019 byly 9,5 Gt a 14,3 Gt, oba nad svým desetiletým průměrem.

3.2.2 Skleníkové plyny a ozon

Na základě Montrealského protokolu bylo používání halonů a chlor-fluorovaných uhlovodíků (CFC) zastaveno. Jejich hladiny v atmosféře jsou však nadále sledovány, aby bylo možné pochopit pokračující účinky na ozonovou vrstvu, a detekovat neočekávané změny. Nedávné studie uvádějí zpomalení poklesu atmosférické koncentrace CFC-11 po roce 2012, což je spojeno se zvýšením globálních emisí, k nimž přispěly emise z východní Asie. Díky dlouhé životnosti zůstávají tyto sloučeniny v atmosféře po mnoho desetiletí. I když by nebyly žádné nové emise, v atmosféře je takové množství chloru a bromu, že v srpnu až prosinci způsobuje v některých oblastech Antarktidy úplné zničení ozonu. Ozonová díra se zde utváří každoročně na jaře pouze s různou velikostí a mocností, a její vlastnosti jsou do značné míry ovlivněny meteorologickými podmínkami.

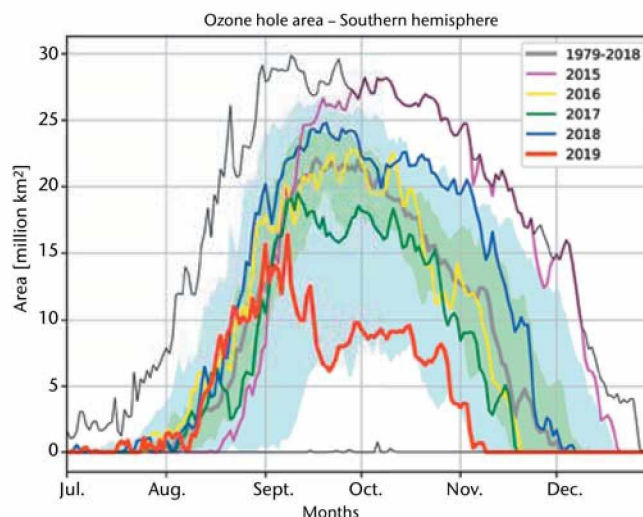
Ozonová díra se v roce 2019 vyvinula relativně brzy a pokračovala v růstu až do náhlého stratosférického oteplení v září, které narušilo postup ničení ozonu a vedlo k tomu, že ozonová díra byla menší a slabší než dlouhodobý průměr. Oblast úbytku ozonu byla pod dlouhodobým průměrem a minimum ozonu zůstalo nad dlouhodobým průměrem až do začátku listopadu, o několik týdnů dříve než obvykle. Rozloha ozonové díry v roce 2019 dosáhla svého maxima dne 8. září s 16,4 milionu km². Pro srovnání: nejvyššího maxima dosáhla dne 9. září 2000 29,9 milionu km² a dne 24. září 2006 29,6 milionu km² podle analýzy amerického Národního úřadu pro letectví a kosmonautiku (NASA) (obr. 7).

3.3 Oceány

Oceán je důležitou součástí Země. Míra změny tepelného obsahu oceánu je měřítkem globálního oteplování, protože představuje velkou část tepla akumulujícího se v klimatickém systému. Tepelná expanze z oteplování oceánu spojená s táním ledu na pevnině vede ke zvýšení hladiny oceánu, což ovlivňuje pobřežní oblasti. Změna chemického složení oceánů vlivem stoupající koncentrace CO₂ v atmosféře snižuje pH oceánu.

3.3.1 Tepelný obsah oceánu

Tepelný obsah oceánu (OHC-Ocean Heat Content) je základním ukazatelem změny klimatu, protože se jedná o míru akumulace tepla na Zemi. Změny atmosférického složení vlivem člověka způsobují radiční nerovnováhu v horní části atmosféry, energetickou nerovnováhu Země, která je pohonným globálního oteplování. Vzhledem



Obr. 7 Plocha (miliony km²) s celkovým ozonem pod 220 Dobsonových jednotek. Rok 2019 je zobrazen červeně, předchozí roky pro srovnání, silná šedá čára je průměr 1979–2018. Oblast mezi 30. a 70. percentilem je znázorněna tmavě zeleno-modře a světle zeleno-modrá barva představuje oblast mezi 10. a 90. percentilem pro období 1979–2017. Tenká černá čára ukazuje maximální a minimální hodnoty pro každý den v období 1979–2017. Graf zhotovila SMO na základě údajů získaných z Ozone Watch NASA (<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>). Data NASA jsou založena na satelitních pozorováních z OMI a TOMS.

Fig. 7. Area (millions of km²) where the total ozone column is less than 220 Dobson units; 2019 is shown in red. The most recent years are shown for comparison as indicated by the legend. The smooth, thick grey line is the 1979–2018 average. The blue shaded area represents the 30th to 70th percentiles, and the green shaded area represents the 10th and 90th percentiles for the period 1979–2018. The thin black lines show the maximum and minimum values for each day in the 1979–2018 period. The plot is made at WMO on the basis of data downloaded from the NASA Ozone Watch (<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>). The NASA data are based on satellite observations from the OMI and TOMS instruments.

k velké tepelné kapacitě oceánu je zde většina (asi 90 %) této akumulované energie uložena.

Následně se oceán otepluje a ovlivňuje klimatický systém Země. Například zvýšení OHC přispívá prostřednictvím tepelné expanze mořské vody k více než 30 % pozorovaného globálního průměrného zvýšení hladiny moře. Ohřívání oceánu mění mořská proudění a nepřímo mění postup bouřek. Důsledky oteplování oceánu jsou patrné i na kryosféře Země, protože ledovce se stávají tenčí a ustupují. Oteplování zvyšuje stratifikaci oceánu a spolu s oxyselením a deoxygenací oceánu může vést k dramatickým změnám jednotlivých ekosystémů a biologické rozmanitosti, k vymírání populace, bělení korálů, infekčním chorobám, změnám v chování (včetně reprodukce) a obměnám míst výskytu. Historická měření od 40. let 20. století se většinou opírala o techniky měření z lodí, které globálně omezovaly dostupnost pozorování podpovrchových teplot. Odhady OHC v globálním měřítku jsou tak často omezeny na období od roku 1960 a na vertikální integraci od povrchu do hloubky 700 m. S rozmístěním sítě nezávislých plovoucích bójí Argo, která dosáhla cílového pokrytí v roce 2006, je nyní možné rutinně měřit změny OHC až do hloubky 2000 m.

OHC v roce 2019 v horních 700 m (řada měření počínaje padesátými léty) a v horních 2000 m (řada měření počínaje rokem 2006) nadále rostla a dosáhla rekordní nebo téměř rekordní úrovně, přičemž průměr za rok překročil předchozí rekordní maximum z roku 2018. Rekordně se stupňující akumulací tepla od roku 1960 v horní vrstvě oceánu (0–700 m) se v poslední čtvrtině desetiletí zvýšil globální tepelný zisk oceánu a oteplení se projevilo i v hlubších vrstvách (0–2 000 m).

3.3.2 Mořské horké vlny

Stejně jako u vln veder na pevnině může extrémní teplo ovlivnit vrstvu oceánů v blízkosti povrchu s řadou důsledků pro mořský život a závislé komunity. K měření mořských horkých vln (marine heatwaves, MHW) lze použít satelitní měření teploty mořské hladiny. V tomto případě jsou MHW kategorizovány jako střední, pokud je teplota mořské hladiny po dobu pěti dnů nebo déle nad 90. percentilem klimatického rozdělení; silná, pokud je odchylka od dlouhodobého průměru více než dvojnásobek rozdílu mezi 90. percentilem a dlouhodobým průměrem; závažná, je-li odchylka od dlouhodobého průměru více než třikrát větší a extrémní, je-li tento rozdíl více než čtyřikrát větší.

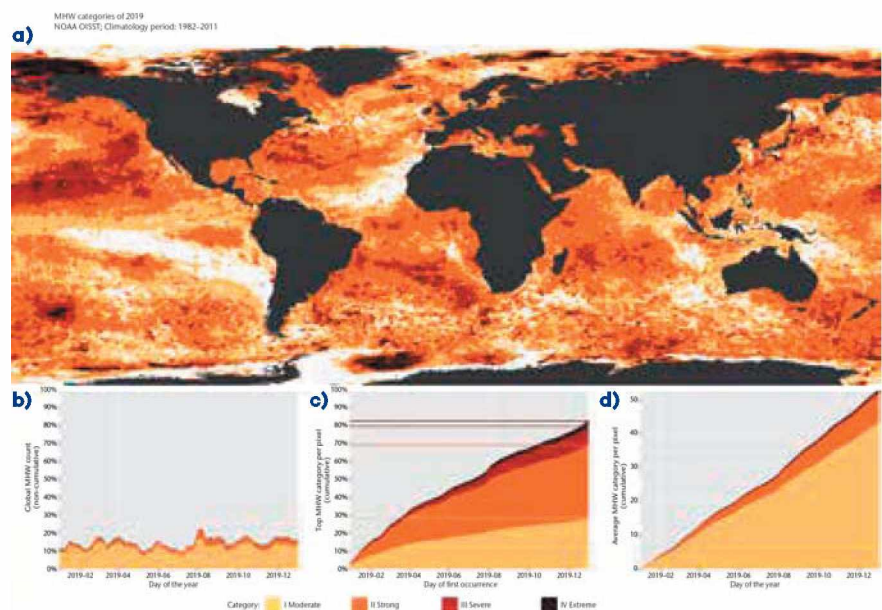
V roce 2019 (obr. 8) byl průměrný počet dní MHW po celém oceánu přibližně 55 dní na pixel, téměř 2 měsíce byly nezvykle vysoké teploty. Většina oceánu měla MHW klasifikovaný spíše jako silný (41 %) než mírný (29 %) a 84 % oceánu mělo alespoň jeden MHW. Ve velkých oblastech severovýchodního Pacifiku dosáhly MHW kate-

gorie „závažné“. Od roku 2014 do roku 2016 byla teplota mořské hladiny v této oblasti extrémně vysoká a tato masa nadprůměrně teplých vod byla označována jako „blob“. Další významnou oblastí je Tasmánské moře, kde byla řada MHW v letech 2015/2016, 2017/2018 a znovu v roce 2018/2019. Extrémní MHW koncem roku 2019 zasáhla oblast východně od Nového Zélandu. Klimatické události mezi lety 2011 a 2017, včetně mořských horkých vln a povodní, jsou spojeny s rozsáhlou úmrtností klíčových mořských organismů na více než 45 % australského pobřeží.

3.3.3 Úroveň hladiny oceánů

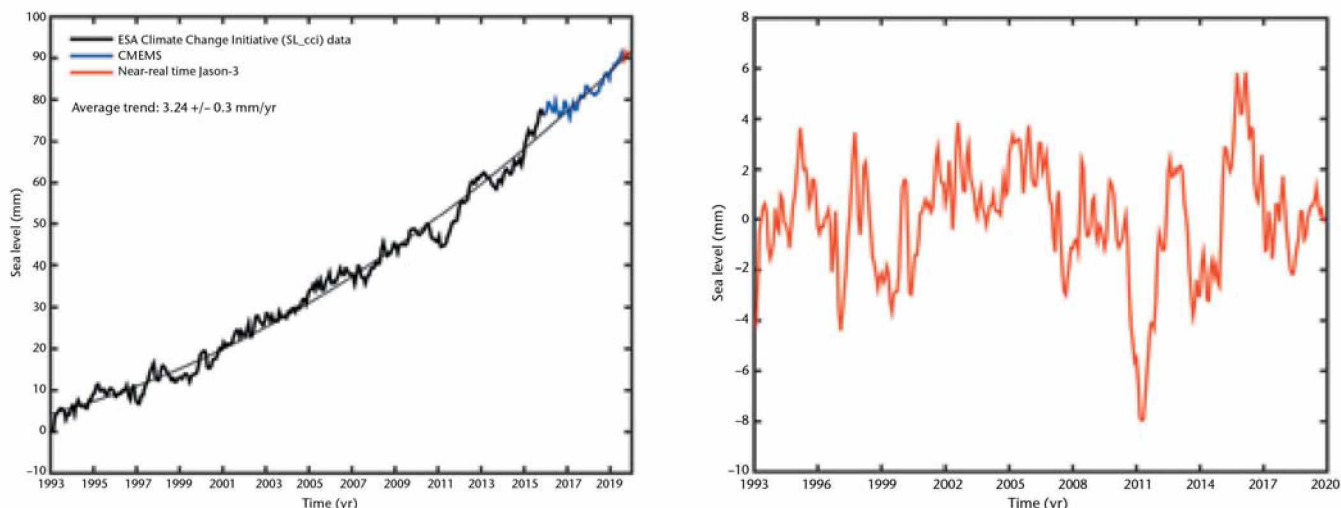
Hladina moře v roce 2019 nadále stoupala (obr. 9, vlevo), přičemž globální průměrná výška hladiny moře dosáhla maximální hodnoty od začátku přesného měření výšek (leden 1993). Průměrná míra růstu se za období 27 let odhaduje na $3,24 \pm 0,3$ mm za rok, ale v průběhu této doby se hodnota zvýšila. Větší úbytek ledové hmoty táním ledovců, je hlavní příčinou zrychleného nárůstu průměru světové výšky hladiny moře, společně se stabilně se zvyšující expanzí oceánských vod vyvolanou oteplováním.

Meziroční variabilita (obr. 9, vpravo) výšky hladiny moře je způsobena hlavně El Niño – jižní oscilací ENSO (viz část 3.5). Během El Niña se srážky přesouvají z tropických povodí na souši nad oceán (např. v letech 1997, 2012 a 2015). Během La Niña se naopak přesunují srážky z oceánu na



Obr. 8 (a) Globální mapa ukazující nejvyšší kategorii MHW zaznamenanou u každého pixelu v průběhu roku, odhadnutou pomocí dvou datových souborů NOAA OISST (referenční období 1982–2011). Bílá označuje, že během celého roku nedošlo v pixelech k žádnému MHW; b) Sloupcový graf znázorňující procentuální podíl pixelů oceánu, které se vyskytly v MHW, v kterýkoli daný den v roce; c) Sloupcový graf znázorňující kumulativní procento oceánu, který měl MHW v průběhu roku. Horizontální linie v tomto obrázku ukazují konečná procenta pro každou kategorii MHW; d) Sloupcový graf znázorňující kumulativní počet dní MHW průměrovaných na všech pixelech v oceánu (Zdroj: Robert Schlegel, Woods Hole).

Fig. 8. (a) Global map showing the highest MHW category experienced at each pixel over the course of the year, estimated using the NOAA OISST v2 dataset (reference period 1982–2011). White indicates that no MHWs occurred in a pixel over the entire year; (b) Stacked bar plot showing the percentage of ocean pixels experiencing an MHW on any given day of the year; (c) Stacked bar plot showing the cumulative percentage of the ocean that experienced an MHW over the year. Horizontal lines in this figure show the final percentages for each category of MHW; (d) Stacked bar plot showing the cumulative number of MHW days averaged over all pixels in the ocean30 (Source: Robert Schlegel, Woods Hole).



Obr. 9 Vlevo: Vývoj světové průměrné výšky hladiny oceánu za leden 1993–prosinec 2019 (vysoce přesné měření výšky). Tenká černá křivka je kvadratická funkce, která nejlépe odpovídá datům. Data ze Služby monitorování mořského prostředí Copernicus (CEMMS) začínají v lednu 2016 a data z Evropské organizace pro výzkum meteorologickými satelity (EUMETSAT) Jason-3 v říjnu 2019. Vpravo: Meziroční variabilita světové průměrné výšky hladiny moře ve stejném období (rozdíl mezi hladkou kvadratickou funkcí a změřenými hodnotami v levém panelu).

Fig. 9. Left: Global mean sea-level evolution for January 1993–December 2019, from high-precision altimetry. The thin black curve is a quadratic function that best fits the data. The data from the Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CEMMS) begin in January 2016 and those from the European Organization for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) Jason-3 in October 2019. Right: Detrended global mean sea level over the same period (the difference between the smooth quadratic function and the measured values in the left panel).

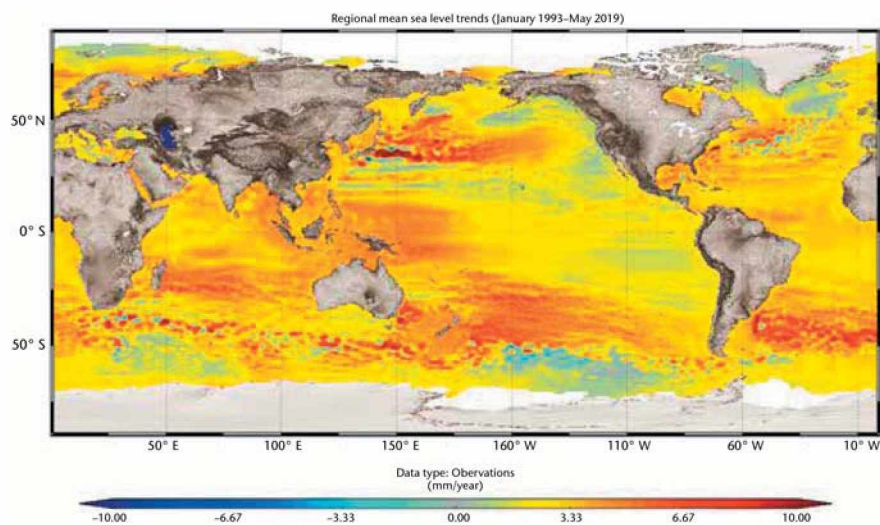
pevninu (například v roce 2011). Nárůst hladiny moře není regionálně stejný. Obr. 10 ukazuje změny trendů výšky hladiny oceánu od ledna 1993 do května 2019. Nejvýznamnější regionální rozdíly jsou na jižní polokouli východně od Madagaskaru v Indickém oceánu, východně od Nového Zélandu v Tichém oceánu a v jižním Atlantiku východně od Ria de la Platy v Jižní Americe. Na severní polokouli jsou nejvyšší rozdíly v severním Pacifiku. Dřívější maximum pozorované v západním tropickém Pacifiku během prvních dvou desetiletí přesného měření výšky postupně slábne. Nejednotné trendy výšky hladiny moře určují geografické odchylky v OHC, ale závisí také na dalších procesech v atmosféře a kryosféře.

3.3.4 Okyselení oceánů

V desetiletí 2009–2018 absorboval oceán kolem 23 % ročních emisí CO₂, což pomáhá zmírnit změny klimatu. Zvyšující se koncentrace CO₂ v atmosféře mění chemii oceánu, protože CO₂ reaguje s mořskou vodou a zvyšuje kyselost oceánu (snižuje jeho pH). Tento proces se nazývá okyselení oceánu. Změna pH je spojena s dalšími změnami chemie uhličitánů a některé mořské organismy (např. měkkýši, korýši a koráli) ztrácí schopnost budovat své schránky. Kombinované změny ovlivňují mořský život a snižují potenciál růstu a reprodukce. Pozorování oceánů od konce 80. let ukazují za posledních 20 až 30 let zřetelný pokles průměrného pH u hladiny oceánu o 0,017–0,027 jednotek pH za desetiletí.

V pobřežních mořích je obtížnější rozlišit změny v chemii uhličitánů způsobené antropogenním okyselením oceánu vzhledem ke složitosti prostředí a rozmanitosti vlivů na něj. Změny ovlivňují možnosti využití oceánů lidmi žijícími na pobřeží, jako je rybolov, akvakultura, cestovní ruch a rekreace. Silné sezónní rozdíly a variabilita pH jsou patrné hlavně v Jižním oceánu kolem Nového Zélandu, což zdůrazňuje potřebu trvalých, podrobných a dlouhodobých měření a pozorování.

Dokončení článku v dalším čísle Meteorologických zpráv



Obr. 10 Regionální variabilita trendů výšky hladiny moří 1993–2019 založená na družicovém měření Zdroj: Copernicus / Collecte Localisation Satellites (CLS) / Center national d'études spatiales (CNES) / Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS).

Fig. 10. Regional variability in sea-level trends 1993–2019 based on satellite altimetry (Source: Copernicus/ Collecte Localisation Satellites (CLS)/Centre national d'études spatiales (CNES)/ Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS)).