

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra aplikované ekologie



Bakalářská práce

**Způsoby snižování emisí skleníkových plynů do
životního prostředí**

Petra Holá

© 2022 ČZU v Praze



Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autorka práce:	Petra Holá
Studijní program:	Územní technická a správní služba v životním prostředí
Vedoucí práce:	Ing. Anna Petruželková, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra aplikované ekologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	Způsoby snižování emisí skleníkových plynů do životního prostředí
Název anglicky:	Ways to reduce greenhouse gases emissions in the environment
Cíle práce:	Cílem bakalářské práce je vytvořit literární přehled z oblasti problematiky změny klimatu. Bakalářská práce v první části bude shrnovat vývoj koncentrací CO ₂ v atmosféře, důvody zvyšování koncentrací CO ₂ v atmosféře a vybrané dopady na životní prostředí. Další část bakalářské práce bude zaměřena na přístup Evropské unie k závazkům z Pařížské dohody.
Metodika:	Studium tuzemských a zahraničních informačních zdrojů.
Doporučený rozsah práce:	cca 30 stran textu + přílohy
Klíčová slova:	skleníkové plyny, emise, změna klimatu, EU
Doporučené zdroje informací:	<ol style="list-style-type: none">1. Jackson R.B., Friedlingstein P., Andrew R.M., Canadell J.G., Le Quéré C., and Peters G.P., 2019: Persistent fossil fuel growth threatens the Paris Agreement and planetary health. <i>Envi-ron. Res. Lett.</i> 14 (12): 121001.2. Zprávy IPCC
Předběžný termín obhajoby:	2021/22 LS - FZP

Elektronicky schváleno: 3. 2. 2022
prof. Ing. Jan Vymazal, CSc.
Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno: 6. 2. 2022
prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.
Děkan

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci " Způsoby snižování emisí skleníkových plynů do životního prostředí" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 31.03.2022

Způsoby snižování emisí skleníkových plynů do životního prostředí

Abstrakt

V bakalářské práci jsou řešeny způsoby snižování emisí skleníkových plynů do životního prostředí a jejich vliv na planetu Zemi. Dále jsou zde zahrnuty nejdůležitější informace o vzniku skleníkových plynů, jejich konkrétních vlivů a jaké jsou možnosti zabránění zhoršujícímu se stavu, ve kterém se klima planety nyní nachází. K poukázání na tyto skutečnosti byla použita rešeršní metoda, jsou vybrány jen relevantní zdroje informací, které jsou podloženy výzkumy a dlouhodobými pozorováními. Dále práce poukazuje na jednání ve věci snižování vypouštěných emisí do ovzduší, k čemuž napomáhají Mezinárodní právní závazky zaměřené na klimatické změny.

Klíčová slova: skleníkové plyny, emise, změna klimatu, EU

Ways to reduce greenhouse gases emissions in the environment

Abstract

This bachelor's thesis deals with ways to reduce greenhouse gas emissions into the environment and their impacts on the planet Earth. It also includes the most important information about the formation of greenhouse gases, their specific effects and what are the options to prevent the deteriorating state in which the planet's climate is now. A search method was used to point out these facts, only relevant sources of information are selected, which are based on research and long-term observations. Furthermore, the work points to negotiations on reducing emissions into the air, which is aided by international legal obligations focused on climate change.

Keywords: greenhouse gases, emission, climate change, EU

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	3
3. Literární rešerše	4
3.1 Klimatologie jako vědní obor.....	4
3.2 Klimatická změna a její hlavní příčiny	5
3.2.1 Princip skleníkového efektu.....	5
3.2.2 Skleníkové plyny	6
3.2.3 Atmosférické koncentrace plynů	8
3.2.4 Emise skleníkových plynů	9
3.2.5 Antropogenní narušení globálního cyklu uhlíku	10
3.2.6 Emise CO ₂ z fosilních paliv	12
3.2.7 Vliv COVID-19 na emise skleníkových plynů.....	14
3.3 Projevy změn klimatu	16
3.3.1 Oteplování planety	16
3.3.2 Dopad na oceány	17
3.3.3 Posun podnebných pásů.....	20
3.4 Možné postupy pro řešení klimatických změn.....	22
3.4.1 Mezivládní panel pro změn klimatu	22
3.5 Vývoj mezinárodní právní úpravy v oblasti změny klimatu	25
3.5.1 Rámcová úmluva o změně klimatu.....	25
3.5.2 Konference smluvních stran	26
3.5.3 Kjótský protokol	27
3.5.4 Pařížská dohoda a ochrana klimatu	29
3.5.5 Přístup EU k závazkům z Pařížské dohody	30
3.6 Možnosti řešení klimatické změny.....	33
3.6.1 Geoinženýrství	33
4. Výsledné zhodnocení.....	35
5. Diskuse	37
6. Závěr.....	42
7. Přehled literatury a použitých zdrojů	43
8. Seznam obrázků	56
9. Seznam tabulek	56

1. Úvod

Během minulého století lidská činnost uvolnila do atmosféry velké množství oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů. Většina plynů pochází ze spalování fosilních paliv k výrobě energie. Skleníkové plyny jsou jako přikrývka kolem Země, zachycují energii v atmosféře a způsobují její zahřívání. Říká se tomu skleníkový efekt a je to přirozené a nezbytné pro podporu života na Zemi. Zatímco se však hromadí skleníkové plyny, klima se mění a má za následek nebezpečné účinky na lidské zdraví a ekosystémy. Lidé se přizpůsobili stabilnímu klimatu, které si užívali od poslední doby ledové, která skončila asi před 11 700 lety. Klima Země se v průběhu historie měnilo. Jen za posledních 650 000 let došlo k sedmi cyklům glaciálního postupu a ústupu. Teplejší klima může přinést změny, které mohou ovlivnit naše zásoby vody, zemědělství, energetické a dopravní systémy, přírodní prostředí, a dokonce i naše vlastní zdraví a bezpečnost. Některé klimatické změny jsou nevyhnutelné a nedá se s tím nic dělat. Například oxid uhličitý může zůstat v atmosféře téměř století. Proto, i když jsou nyní zaváděna striktnější opatření pro vypouštění menšího obsahu emisí do atmosféry, CO₂, který v atmosféře nyní je, stále bude ovlivňovat klimatický systém. Činnosti, které lidé vykonávají, mají největší dopad na svět a jsou příčinou klimatické změny. (IPCC © 2022, The Climate Center © 2022, IPCC © 2014, The Association for Public Policy Analysis and Management © 2022)

Povaha oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů zachycujících teplo byla prokázána v polovině 19. století. Starověké důkazy lze nalézt také v letokruzích oceánských sedimentů, korálových útesech a vrstvách sedimentárních hornin. Tento starověký nebo paleoklimatický důkaz odhaluje, že současné oteplování probíhá zhruba desetkrát rychleji, než je průměrná rychlost oteplování z doby ledové. Oxid uhličitý pocházející z lidské činnosti se zvyšuje více než 250krát rychleji než z přírodních zdrojů. O změně klimatu toho víme hodně, ale také je hodně toho, co nevíme. I kdybychom věděli, kolik CO₂ bude v příštích desetiletích emitováno, nevěděli bychom, o kolik v důsledku toho vzrostou teploty. A i kdybychom dokázali předpovědět rozsah oteplování, ke kterému dojde, můžeme o jeho dopadu říci jen velmi málo. (Kiehl a Trenberth 1997)

Pro řešení klimatické krize probíhají mezinárodní jednání, vznikají dohody a strategické dokumenty. Vytyčují se národní plány a cíle. Vznikají tzv. mitigační opatření, která mají

právně závaznými opatřeními nebo finančními nástroji zabránit dalšímu zesilování globálního oteplování. Finančními nástroji jsou např. uhlíková daň nebo systémy pro obchodování s emisními povolenkami. Konkrétně cílená opatření na regiony nebo města jsou adaptační opatření, která slouží k pomoci s adaptací regionů na klimatickou změnu. Jako příklad těchto adaptačních opatření lze uvést zelené střechy ve městech, zakládání tůní pro udržení vody v krajině nebo zavádění odolnějších plodin v zemědělství. (Otevřená data o klimatu, z. ú. © 2021)

2. Cíle práce

Cílem bakalářské práce je vytvořit literární přehled z oblasti problematiky změny klimatu. Bakalářská práce v první části bude shrnovat vývoj koncentrací CO₂ v atmosféře, důvody zvyšování koncentrací CO₂ v atmosféře a vybrané dopady na životní prostředí. Další část bakalářské práce bude zaměřena na přístup Evropské unie k závazkům z Pařížské dohody. Součástí bakalářské práce budou i vybrané možnosti snižování a odstraňování CO₂ z atmosféry.

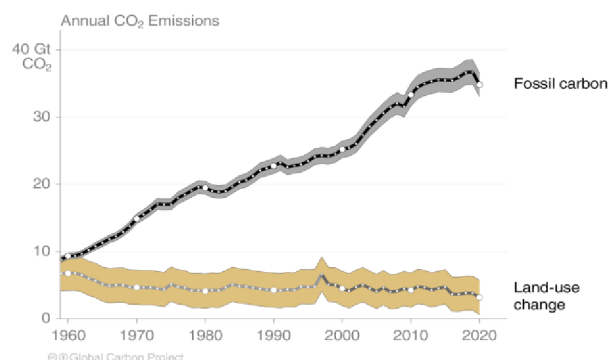
3. Literární rešerše

3.1 Klimatologie jako vědní obor

Klimatologie byla uznávána jako důležité odvětví vědy a praxe meteorologie. (Langdsberg 1945). První studie klimatu lze vysledovat až do starověkého Řecka, ale věda o klimatu, jak je nyní známa, se objevila až s příchodem průmyslového věku v devatenáctém století. Věda o klimatologii rostla, když se vědci začali zajímat o pochopení vzorců počasí. V poslední době klimatologové stále více zaměřují svůj výzkum na změny zemského klimatu, ke kterým došlo od průmyslového věku. Země se stále více otepluje, jak se lidský průmysl rozšiřoval a uvolňoval více uhlíku do atmosféry. Tento efekt, nazývaný globální oteplování, je zvláště důležitým předmětem studia klimatologů. Studiem globálního oteplování mohou klimatologové lépe porozumět a předvídat dlouhodobý dopad změny klimatu způsobené člověkem. (Houghton 2009) Po druhé světové válce vedly pokroky v základní vědě o atmosféře k většímu pochopení mechanismu atmosféry. Byla zahájena řada nových geofyzikálních pozorování (zejména měření atmosférického oxidu uhličitého na Mauna Loa), byla vzata v povědomí možnost využívat družice obíhající kolem Země k meteorologickým pozorováním. Vzrostla ochota zemí (i v rozvíjejícím se prostředí studené války) využívat instituce systému PSN pro spolupráci při řešení důležitých globálních problémů. (Slingo 2017) Tyto vlivy byly sloučeny v rezoluci Valného shromáždění OSN (*United Nations General Assembly Resolution*) z roku 1961, která vyzvala Světovou meteorologickou organizaci a nevládní Mezinárodní radu pro vědu (ICSU) ke spolupráci při vývoji nových vědeckých a technologických příležitostí pro monitorování, předpovídání a případně kontrolu počasí a klimatu, a zároveň vznikli *WMO World Weather Watch* a *WMO/ICSU Global Atmospheric Research Programme (GARP)*. *World Weather Watch* bylo zaměřeno na poskytování základní globální infrastruktury pro podporu operační předpovědi počasí a pro popis a monitorování klimatu, zatímco *GARP* se soustředil na dvojí cíle – vylepšené předpovědi počasí a vědecký základ pro předpověď klimatu. (Zillman 2009)

3.2 Klimatická změna a její hlavní příčiny

V současnosti jsme svědky probíhající globální změny klimatu projevující se řadou jevů, především zvýšením průměrné teploty ve srovnání s předindustriálním obdobím (okolo roku 1900). Základní příčinou současné klimatické změny je antropogenní zvýšení skleníkového efektu zemské atmosféry. Člověkem způsobené antropogenní změny se dělí do dvou skupin: na změny ve složení atmosféry v globálním měřítku a na změny ve využívání krajiny (odlesňování a další) (obrázek č. 1). Uhlík z fosilních paliv má vliv na změnu klimatu více, než změna krajiny. (Friedlingstein a kol. 2021, Kiehl a Trenberth 1997) Prozkoumány jsou důkladně i přirozené příčiny, například sopečná činnost, změny sluneční aktivity či malé odchylky dráhy Země okolo Slunce, ty jsou však ve svém úhrnu ve srovnání s činností lidí nevýznamné. Důležitým faktorem je prohlubování klimatických změn prostřednictvím pozitivní zpětné vazby, jako je oteplování mořské vody v důsledku nižšího příjmu CO₂ z atmosféry a tím rychlejšího růstu jeho koncentrace, nebo globální oteplování zejména v severních zeměpisných šířkách, které jsou dalším zdrojem skleníkových plynů. Zpětná vazba a další komplexní propojení klimatického systému znamenají, že budoucí vývoj může ovlivnit body zvratu, což povede k velmi rychlému a nepředvídatelnému vývoji. (Alam a kol. 2012, Moldan 2020, Cassia a kol. 2018, Kiehl a Trenberth 1997, Kalvová 1993)



Obrázek 1 Dopad fosilního uhlíku a změny krajiny na atmosféru (Friedlingstein a kol. 2021)
Celkové globální emise v roce 2020 dosáhly 38,0 (± 3,1) GtCO₂, jedná se o 40% nárůst oproti roku 1990. Z toho změna krajiny zapříčinila 42 % nárůstu v roce 1960 a pouze 10 % globálních emisí v letech 2011–2020.

3.2.1 Princip skleníkového efektu

Skleníkový efekt se týká okolností, kdy krátké vlnové délky viditelného světla ze Slunce procházejí průhledným médiem a jsou absorbovány (v průměru dopadne na horní vrstvu atmosféry 340 W/m⁻² a asi 30 % se odrazí zpět do vesmíru). Skleníkový efekt

se vyskytuje v troposféře (spodní vrstva atmosféry), kde se vyskytuje život a počasí. Planeta Země přenáší teplo ze zemského povrchu a spodní atmosféry také zpět do vesmíru. Tento tok přicházející a odcházející energie je energetickou bilancí Země. Aby byla teplota Země stabilní po dlouhou dobu, musí být přichozí a odchozí energie stejné. Tento stav rovnováhy se nazývá radiční rovnováha. Asi 29 % Sluneční energie, která dorazí na vrchol atmosféry, se odráží zpět do vesmíru od mraků, atmosférických částic nebo světlých povrchů země, jako je mořský led a sníh. Tato energie nehraje v klimatickém systému Země žádnou roli. Asi 23 % přicházející sluneční energie je absorbováno v atmosféře vodní párou, prachem a ozonem a 48 % prochází atmosférou a je absorbováno povrchem. Takže asi 71 % z celkové přichozí sluneční energie je absorbováno systémem Země. Při absenci skleníkového efektu se průměrná teplota na zemském povrchu odhaduje kolem $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ místo současných průměrných $14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Bez skleníkového efektu by Země nebyla v energetické bilanci. V troposféře jsou přítomny stopy skleníkových plynů, přirozené i antropogenní. Procenta skleníkových plynů se mění denně, sezónně a ročně (Cassia a kol. 2018, Kalvová 1993, Mitchel 1989, Le Treut a kol. 2007, Prairie a Duarte 2007).

3.2.2 Skleníkové plyny

Mezi hlavní plyny zodpovědné za skleníkový efekt patří oxid uhličitý, metan, oxid dusný a vodní pára (které se všechny vyskytují přirozeně) a fluorované plyny (které jsou syntetické). Skleníkové plyny mají různé chemické vlastnosti a jsou v průběhu času odstraňovány z atmosféry různými procesy (EPA © 2021, Natural Resources Defense Council © 2022, Ramaswamy a kol. 2001).

Oxid uhličitý se do atmosféry dostává spalováním fosilních paliv (uhlí, zemní plyn a ropa), pevným odpadem, stromy a dalšími biologickými materiály a také v důsledku určitých chemických reakcí (např. výroba cementu). Oxid uhličitý je odstraňován z atmosféry (nebo „sekvestrován“), když je absorbován rostlinami jako součást biologického uhlíkového cyklu. Růst nových lesů pomáhá CO_2 z atmosféry odstranit, nelze proto přesně určit dobu, po kterou se v atmosféře CO_2 udrží, protože se pohybuje v cyklu mezi atmosférou, pevninou a oceánem. Část přebytečného CO_2 je absorbována například hladinou oceánu, část však zůstane v atmosféře tisíce let. (Climate Change Connection © 2021, Ramaswamy a kol. 2001)

Metan se uvolňuje při výrobě a přepravě uhlí, zemního plynu a ropy. Emise metanu jsou také výsledkem chovu hospodářských zvířat a dalších zemědělských postupů, využívání půdy

a rozkladu organického odpadu na skládkách tuhého komunálního odpadu. Emise CH_4 zůstávají v atmosféře téměř 12,5 let (Climate Change Connection © 2021, EPA © 2022, Methanlevels.org © 2022).

Oxid dusný se uvolňuje při zemědělství, využívání půdy, průmyslové činnosti, spalování fosilních paliv a pevných odpadů a také při čištění odpadních vod. Emise N_2O přetrvávají v atmosféře 121 let. (EPA © 2022 Global Monitoring Laboratory © 2022, n2olevels.org © 2022)

Fluorované plyny (dále jen „F-plyny“) jsou skupinou umělých plynů používaných v řadě průmyslových aplikací. EU přijímá regulační opatření ke kontrole F-plynů jako součást své politiky boje proti změně klimatu, protože se jedná o čistě antropogenní plyn, který se do atmosféry jinak než lidskou činností nedostane. F-plyny se často používají jako náhrada látek poškozujících ozonovou vrstvu, protože nepoškozují ozonovou vrstvu atmosféry. F-plyny jsou však silné skleníkové plyny, jejichž účinek na globální oteplování je až 23 000krát větší než u oxidu uhličitého (CO_2) a jejich emise silně rostou. Emise F-plynů v EU se od roku 1990 do roku 2014 téměř zdvojnásobily – na rozdíl od emisí všech ostatních skleníkových plynů, které byly sníženy. Díky legislativě EU o fluorovaných plynech však emise F-plynů od roku 2015 klesají. Fluorované uhlovodíky (HFC) jsou zdaleka nejvýznamnější skupinou F-plynů z hlediska klimatu, i když mají relativně krátkou životnost. Další dvě skupiny F-plynů, perfluorované uhlovodíky (PFC) a fluorid sírový (SF_6), mohou zůstat v atmosféře tisíce let. (MŽP © 2022, Europa © 2022, Global Monitoring Laboratory © 2022, Ramaswamy a kol. 2001)

Výše zmíněné plyny jsou zmiňovány jako hlavní skleníkové plyny, dominuje jim však vodní pára. Vodní pára je nejrozšířenějším skleníkovým plynem v atmosféře. Vodní pára je také účinným skleníkovým plynem, protože pohlcuje dlouhovlnné záření a vyzařuje ho zpět k povrchu, čímž přispívá k oteplování. Přídavek vodní páry do atmosféry z větší části nelze přímo připsat lidské činnosti. Zvýšený obsah vodní páry v atmosféře se nazývá zpětnovazební proces. Teplejší vzduch je schopen pojmout více vlhkosti. Jak se klima otepluje, teplota vzduchu stoupá, dochází k většímu odpařování z vodních zdrojů a půdy, čímž se zvyšuje obsah vzdušné vlhkosti. (RealClimate © 2005). Nárůst vodní páry v atmosféře tak přispívá k ještě většímu oteplování: zesiluje skleníkový efekt. (Langenbrunner 2019). Vodní pára je často diskutována a uznávána jako důležitá součást procesu globálního oteplování. Proces

zpětné vazby vodní páry je s největší pravděpodobností zodpovědný za zdvojnásobení skleníkového efektu ve srovnání s přidáváním oxidu uhličitého samotného (Forster a kol. 2007) Ve srovnání s jinými skleníkovými plyny zůstává vodní pára v atmosféře mnohem kratší dobu. Vodní pára obecně zůstane v atmosféře několik dní (než se vysráží) (Climate Change Connetion © 2021). Přehled zmíněných plynů včetně doby setrvání v atmosféře a jejich původu je uveden v tabulce č. 1.

Název	Chemický vzorec	Životnost v atmosféře	Původ	Citace
Oxid uhličitý	CO ₂	až 1 000 let	spalování fosilních paliv, odlesňování, výroba cementu, dýchání, uvolňování z oceánů, sopečná činnost	EPA © 2021, Climate.gov © 2022, Teem Earth © 2007-2022, Benešová 2002
Metan	CH ₄	12,5 roku	hospodářská zvířata, využívání půdy a rozklad organického odpadu na skládkách tuhého komunálního odpadu, sopečná činnost	Kanagawa 2019, Columbia University © 2022, Methanlevels.org ©, EPA © 2021, Climate.gov © 2022, Teem Earth © 2007-2022, Benešová 2002
Oxid dusný	N ₂ O	121 let	zemědělství, využití půdy, průmyslové činnosti, spalování fosilních paliv a tuhých odpadů, čištění odpadních vod	Kanagawa 2019, Columbia University © 2022, EPA © 2021, Climate.gov © 2022, Benešová 2002
Freon 11	CFC 11	57 až 105 let	aerosolové spreje, pěnová nadouvadla, rozpouštědla	Encyclopædia Britannica, Inc. © 2022, Natural Resources Defense Council © 2022
Freon 12	CFC 12	67 až 333 let	lednice, klimatizace, pěnová nadoumadla	Climate Change Connection © 2021, Encyclopædia Britannica, Inc. © 2022, Resources Defense Council © 2022
Vodní pára		v řádu dní	odpařováním nebo varem ledu, sublimací ledu, sopečná činnost	Benešová 2002, Kanagawa 2019, Columbia University © 2022, Methanlevels.org © 2022

Tabulka 1 Přehled zmíněných plynů, jejich původ a setrvání v atmosféře (citace uvedeny v tabulce)

3.2.3 Atmosférické koncentrace plynů

Rostoucí atmosférické koncentrace jsou důsledkem antropogenních emisí skleníkových plynů do ovzduší. V současné době koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) v globální atmosféře přesáhla 408 ppm (47 % nad předindustriální hodnotou 280 ppm, k datu 25. března 2022 bylo

v atmosféře naměřeno 417,99 ppm CO₂. (EPA © 2022, Global Monitoring Laboratory © 2022) a koncentrace oxidu dusného (N₂O) a metanu (CH₄) přesáhla 331,1 ppb (o 159 % více, dle observatoře Mauna Loa byla naměřena v listopadu 2021 hodnota N₂O v atmosféře 334,8 ppb. a 1858 ppb (o 23 % více, atmosféře bylo naměřeno v listopadu 2021 1909,3 ppb CH₄). Tyto tři plyny přispívají k více než 80 % skleníkového efektu. (IPCC © 2021, n2olevels.org © 2022, Methanlevels.org © 2022, EPA © 2022, WMO © 2019)

Podrobná pozorování ze vzdálených stanic ukazují, že koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře se zvýšila z 316 dílů na milion objemových (ppmv) v roce 1958 na 350 ppmv v roce 1986. Exponenciální růst úrovně oxidu uhličitého je paralelní s rostoucím celosvětovým používáním uhlíku paliva. Koncentrace metanu se zvyšují tempem jednoho až dvou procent ročně, ozonu v nižších vrstvách atmosféry poněkud menším tempem a freonů v současné době 5 procent ročně. (IPCC © 2014, The Association for Public Policy Analysis and Management © 2022)

Údaje o oxidu uhličitém na observatoři Mauna Loa představují nejdelší záznam přímých měření CO₂ v atmosféře. Byly zahájeny C. Davidem Keelingem ze Scripps Institution of Oceanography v březnu 1958 v zařízení National Oceanic and Atmospheric Administration (dále jen „NOAA“). NOAA zahájila svá vlastní měření CO₂ v květnu 1974 a od té doby probíhají paralelně s měřeními, které provedl Scripps. Měření obsahu CO₂ v atmosféře z observatoře z února 2022 dosáhlo hodnoty 419.28 ppm, v únoru 2021 byl obsah CO₂ 416.75 ppm. (Global Monitoring Laboratory © 2022)

3.2.4 Emise skleníkových plynů

Největší podíl, přibližně 75 % emisí, působí spalování fosilních paliv, na prvním místě je uhlí, následuje ropa a v menší míře zemní plyn. Další důležité příspěvky přidávají změny využití krajiny, zejména odlesňování a různé aktivity v zemědělství včetně chovu hospodářských zvířat (dohromady asi 30 %). (Cassia a kol. 2018, Alexandratos a Bruinsma 2012, FAO © 2016, Tang a kol. 2021)

Hospodářská zvířata jsou zodpovědná za 12 % emisí CH₄ a významně se podílí na globálním oteplování prostřednictvím trávení potravy enterální fermentací (Petr Havlík a kol. 2014). Dále emise CH₄ uvolňují rýžová pole a tající ledovce (v roce 2015 bylo

z pozorování zjištěno ze vzorků tavné vody Grónského ledovce, že v létě 2015 uvolnil ledovec zhruba 6 tun CH_4). (Lagomarsino a kol. 2016, Lamarche-Gagnon a kol. 2019)

Lesy a stromy absorbují CO_2 ze vzduchu, ukládají uhlík (C) a uvolňují kyslík (O_2) během procesu fotosyntézy, který hraje významnou roli v udržování klimatu. Odlesňování a další mýcení stromů vážně přispívá ke zvýšení emisí skleníkových plynů tím, že se uvolňuje C jako CO_2 zpět do ovzduší, čímž se zvyšuje potenciál globálního oteplování. Organizace OSN pro výživu a zemědělství tvrdí, že odlesňování uvolňuje 25 – 30 % emisí skleníkových plynů koncentrovaných v atmosféře ročně (FAO © 2020, Lawrence a Vandecar 2015).

Spalování fosilních paliv pro výrobu elektřiny, pohon dopravy a provozování různých energetických sektorů je hlavní příčinou globálního oteplování v důsledku uvolňování skleníkových plynů (zejména CO_2) s vysokými poměry. V posledních několika letech bylo vynaloženo více úsilí na snížení závislosti na fosilních palivech a hledání alternativ šetrných k životnímu prostředí bez emisí skleníkových plynů. Obnovitelný energetický zdroj, jako je slunce, vítr, biomasa atd., byly dobrou alternativou a ukázaly vynikající výkon v mnoha energetických odvětvích. Výroba jaderné energie však také byla zavedena jako základní zdroj energie pro minimalizaci emisí skleníkových plynů. Navzdory zásadní roli obnovitelné technologie, stále nejsou rychle rostoucí a nemohou překonat celosvětovou hospodářskou expanzi a populační růst. (Lagomarsino a kol. 2016) Podle IEA (© 2019) dnešní svět stále intenzivně využívá fosilních paliv, a tak tomu ještě dlouho zůstanou (IEA © 2019). Jak uvádí IEA (© 2019), obnovitelné zdroje energie budou do roku 2040 zajišťovat 50 % poptávky po energii technologiemi solární energie. (Lagomarsino a kol. 2016, EIA © 2019)

3.2.5 Antropogenní narušení globálního cyklu uhlíku

Globální uhlíkový cyklus se týká výměn uhlíku uvnitř a mezi čtyřmi hlavními zásobníky: atmosférou, oceány, půdou a fosilními palivy. Uhlík může být přenesen z jednoho zásobníku do druhého během několika sekund (např. fixace atmosférického CO_2 na cukr prostřednictvím fotosyntézy) nebo po tisíciletí (např. akumulace fosilního uhlíku (uhlí, ropa, plyn) prostřednictvím ukládání a diagenese organické hmoty). (Green a kol. 2004) Před průmyslovou revolucí oceán vypouštěl oxid uhličitý do atmosféry v rovnováze s uhlíkem, který oceán přijal během zvětrávání hornin. Protože se však koncentrace uhlíku v atmosféře zvýšily, oceán nyní z atmosféry více uhlíku odebírá, než uvolňuje. (Earth observatory © 2022, Seinfeld a Pandis 2006)

Nepřímé zpětné vazby ovlivňují výměnu uhlíku prostřednictvím reakcí ekosystémů na změnu klimatu a označují se jako zpětné vazby *carbon-clima*. Například CO_2 je hůře rozpustný v teplejší vodě; teplejší oceány tedy absorbují méně CO_2 , což znamená, že více CO_2 zůstává v atmosféře. To zase vede k dalšímu oteplování v procesu známém jako pozitivní zpětná vazba. Vyšší teploty vedou k delším vegetačním obdobím a snižují atmosférický CO_2 prostřednictvím fotosyntetického příjmu rostlinami, ale oteplování také zvyšuje dýchání rostlin a půdy, vodní stres, sucho, narušování a odumírání lesů, což snižuje absorpci CO_2 a zvyšuje riziko a závažnost lesních požárů. Přímé zpětné vazby uhlíkového cyklu jsou řízeny výhradně zvyšujícími se koncentracemi CO_2 v atmosféře. Například zvýšení atmosférického CO_2 zvyšuje účinnost fotosyntézy a podporuje růst rostlin, tím sekvestruje atmosférický CO_2 ; toto tlumení je negativní zpětná vazba. Podobně rostoucí atmosférický CO_2 zvyšuje koncentrační gradient mezi atmosférou a oceánem, což vede k rozpouštění uhlíku do oceánu a sekvestraci atmosférického CO_2 . (Kaushik a kol. 2020, Seinfeld a Pandis 2006)

Když rostliny odstraňují oxid uhličitý ze vzduchu a ukládají jej, jedná se o sekvestraci uhlíku. Zemědělské a lesnické metody mohou ovlivnit, kolik oxidu uhličitého je odstraněno z atmosféry a uskladněno rostlinami. Těmito propady oxidu uhličitého mohou být farmy, pastviny nebo lesy. Lidská činnost při obhospodařování zemědělské půdy nebo lesů ovlivňuje množství oxidu uhličitého odstraněného z atmosféry rostlinami a stromy. Tyto propady oxidu uhličitého ovlivňují uhlíkový cyklus tím, že snižují množství oxidu uhličitého ve vzduchu. Při spalování ropy nebo uhlí se uhlík uvolňuje do atmosféry rychleji, než je odstraňován. V důsledku toho se zvyšuje koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Zemní plyn, ropa a uhlí jsou fosilní paliva, která se běžně spalují k výrobě elektřiny v elektrárnách, pro dopravu, v domácnostech a v jiných průmyslových komplexech. Primárními průmyslovými činnostmi, které vypouštějí oxid uhličitý a ovlivňují uhlíkový cyklus, jsou rafinace ropy, výroba papíru, potravin a nerostů, těžba a výroba chemikálií. Rozsáhlé odstraňování stromů z lesů lidmi má za následek zvýšené hladiny oxidu uhličitého v atmosféře, protože stromy již neabsorbují oxid uhličitý pro fotosyntézu. V důsledku toho je ovlivněn uhlíkový cyklus. (Laurence 2022) Podle National Geographic (© 2022) je zemědělství primární příčinou odlesňování. Zemědělci odstraňují stromy ve velkém, aby zvýšili výměru pro plodiny a dobytek. V neposlední řadě ovlivňuje uhlíkový cyklus také Geologická sekvestrace. Jedná se o zachycení oxidu uhličitého a uložení ho pod zem, místo aby byl vypuštěn do atmosféry. Tento proces se nazývá geologická sekvestrace. Podle Agentury pro ochranu životního prostředí USA by geologická

sekvestrace mohla zadržovat velké množství oxidu uhličitého po delší dobu a následně snížit koncentrace oxidu uhličitého nad zemí. (Laurence 2022, National Geographic © 2022)

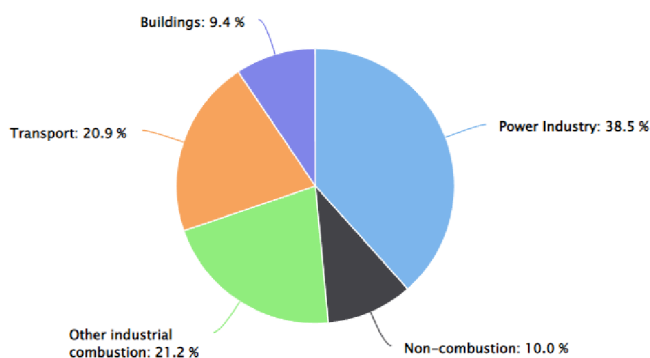
Bez lidského zásahu by uhlík ve fosilních palivech pomalu unikal do atmosféry prostřednictvím sopečné činnosti po miliony let v pomalém uhlíkovém cyklu. Spalováním uhlí, ropy a zemního plynu tento proces urychlujeme a každý rok uvolňujeme do atmosféry obrovské množství uhlíku (uhlík, jehož akumulace trvala miliony let). Tím přesuneme uhlík z pomalého cyklu do rychlého cyklu. V roce 2009 uvolnili lidé spalováním fosilních paliv do atmosféry asi 8,4 miliardy tun uhlíku. Rychlý uhlíkový cyklus je z velké části pohyb uhlíku přes formy života na Zemi nebo v biosféře. Rychlým uhlíkovým cyklem projde každý rok 1015 až 1017 gramů (1000 až 100 000 milionů metrických tun) uhlíku. Během fotosyntézy rostliny absorbují oxid uhličitý a sluneční světlo, aby vytvořily palivo – glukózu a další cukry – pro stavbu rostlinných struktur. Tento proces tvoří základ rychlého (biologického) uhlíkového cyklu. (Earth observatory © 2022)

Odhaduje se, že v permafrostu je uloženo zhruba 1700 Pg C, v oceánských sedimentech 1 750 Pg C, v oceánských vodách 37 100 Pg C, vegetace obsahuje 450 až 650 Pg C, půdy 1 500 až 2 400 Pg C. Kvůli spalování fosilních paliv se toky uhlíku do atmosféry zvýšily. Pokud by nedocházelo k antropogennímu narušení, bylo by v atmosféře uloženo asi 589 Pg C. Vzhledem k tomu, že k takovému narušení dochází, je v atmosféře uloženo cca 829 Pg C. (Kandasamy a Bejugam 2016)

3.2.6 Emise CO₂ z fosilních paliv

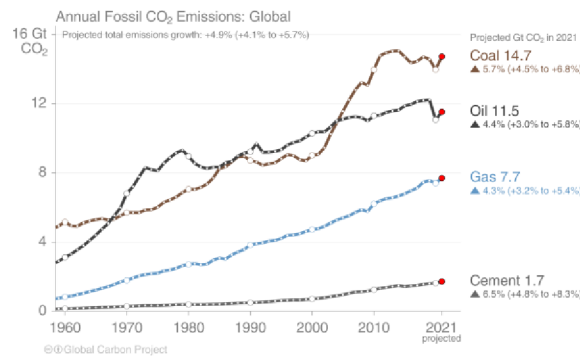
Spalováním fosilních paliv v různých sektorech (obrázek č. 2) vzniká velké množství emisí CO₂. Energetika tvoří největší podíl emisí CO₂ z fosilních paliv, 38,5 %. Dochází k tomu při výrobě elektřiny pomocí spalování fosilních paliv, zejména uhlí a zemní plyn. Dalším odvětvím majícím podíl na produkci emisí CO₂ je doprava. Tou je vytvářeno 20,9 % emisí spalovacími motory (benzín a nafta), které jsou využívány v osobní dopravě, nákladních automobilech, lodní a vlakové dopravě a v letadlech. Z budov je produkováno 9,4 % emisí CO₂. Emise skleníkových plynů z podniků a domácností pocházejí především z fosilních paliv spalovaných na teplo, používání určitých produktů obsahujících skleníkové plyny, nakládání s odpady. (United Nations © 2022, Worldometers.info © 2022)

Dále z fosilních paliv uniká do atmosféry CO₂ z nespalovacích procesů (21,2 %). Jedná se o některé chemické reakce nezbytné k výrobě zboží ze surovin, jako je výroba cementu, uhličitanové použití vápence a dolomitu, neenergetické použití paliv a jiné spalování, chemické a kovové procesy, rozpouštědla, zemědělské vápnění a močovina, požáry odpadu a fosilních paliv. (United Nations © 2022, Worldometers.info © 2022)



Obrázek 2 - Emise CO₂ podle sektorů (Worldometers.info © 2022)

V roce 2020 zůstaly Čína, Spojené státy americké, EU27, Indie, Rusko a Japonsko největšími světovými producenty CO₂ – společně tvoří 49,5 % populace, 61,8 % celosvětového hrubého domácího produktu, 65,2 % celkové celosvětové spotřeby fosilních paliv. a 66,7 % celkového celosvětového fosilního CO₂. Mezi těmito šesti největšími světovými producenty emisí pouze Čína vykázala nárůst emisí v roce 2020 (+1,5 %), zatímco všichni ostatní snížili své emise o různá množství: EU27 o 10,6 %, Spojené státy o 9,9 %, Japonsko o 6,8 %, Indie o 5,9 % a Rusko o 5,8 %. Pandemie COVID-19 snížila emise CO₂ v EU27 o 31,3 % ve srovnání s rokem 1990 a o 29,1 % ve srovnání s rokem 2005. Odhaduje se, že globální emise CO₂ ze spalování paliv dosáhly v roce 2016 32,31 miliardy tun, což signalizuje 40% nárůst od roku 2000 (obrázek č. 3). (Quéré a kol. 2019, Crippa a kol. 2021, Global Carbon Budget © 2021)



Obrázek 3 Nárůst globálních emisí CO₂ z fosilních paliv (Global Carbon Budget © 2021)
Nejvyšší podíl je z výroby uhlí, v roce 2021 se jednalo o 14,7 Gt, dále výroba ropy, kde emise dosahují 11,5 Gt, výroba zemního plynu v hodnotě 7,7 Gt a při výrobě cementu 1,7 Gt emisí.

3.2.7 Vliv COVID-19 na emise skleníkových plynů

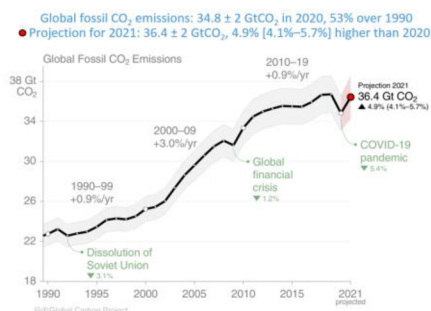
Šíření nového koronaviru (COVID-19) vytvořilo bezprecedentní vliv na globální spotřebu energie a emise skleníkových plynů v důsledku vládou vynuceného uzamčení a virtuálního zastavení hlavních ekonomických aktivit. (Smith a kol. 2021) Během období počáteční odstávky omezení mezinárodní letecké dopravy a industrializace se podstatně snížily emise CO₂ prokázané různými studiemi (Le Quéré a kol. 2020; Sugavara a kol. 2021; Naderipour a kol. 2020). Po analýze údajů o emisích pro šest ekonomických regionů v 69 zemích, bylo do dubna 2020 pozorováno celkové 17% snížení denních emisí CO₂ v kontrastu s průměrnou úrovní v roce 2019. Kromě toho Liu a kol. oznámila celosvětový pokles emisí CO₂ o 7,8 % v důsledku spotřeby fosilních paliv během prvního čtvrtletí 2020 ve srovnání s prvním čtvrtletím 2019 (Liu a kol. 2020).

Podle IEA (2020) došlo v 1. čtvrtletí 2020 k největšímu poklesu poptávky po palivech s nejvyšším obsahem uhlíku a emise CO₂ klesaly. Globální emise klesly o více než 5 % během prvního čtvrtletí 2019 až 2020, a to především kvůli snížení emisí z uhlí o 8 %, z ropy o 4,5 % a ze zemního plynu o 2,3 %. Regiony s nejvyšším snížením emisí jsou USA (-9 %), Čína (-8 %) a Evropská unie (EU; -8 %), které byly největšími světovými producenty CO₂ a nejvíce postiženými zeměmi s COVID-19 (IEA © 2020).

Ačkoli opatření k řešení pandemie COVID-19 snížila emise v roce 2020 o přibližně 7 %, sama o sobě nezpůsobila trvalé snížení emisí, protože tato dočasná opatření mají malý dopad na infrastrukturu založenou na fosilních palivech, která udržuje světovou ekonomiku (Forster a kol. 2020).

Pandemie má tedy pro lidskou civilizaci protichůdné důsledky: způsobila celosvětovou ekonomickou destrukci, ale také vedla k mnohem dekarbonizovanému světu (Chakraborty a Maity 2020).

Narůstající CO₂, kde byl pozorovaný rapidní nárůst od roku 1990 z důvodu modernizace, díky pandemii poklesl. V průběhu let došlo k několika málo poklesům při nárůstu (obrázek č. 4). (The Global Carbon Project © 2021) Prvním poklesem je rok 1991, kdy došlo k rozpadu Sovětského svazu. Rozpad Sovětského svazu v roce vedl k obrovskému poklesu emisí skleníkových plynů, protože výsledná ekonomická krize znamenala, že mnoho lidí přestalo jíst maso. Maso z domácího chovu dobytka bylo hlavní potravinou za komunistické vlády v regionu. V roce 1990 každý sovětský občané zkonsumovali v průměru 32 kilogramů hovězího masa ročně — o 27 % více než západní Evropané a čtyřikrát více, než byl tehdejší celosvětový průměr. (Schiermier 2019) Dalším významným poklesem v emisích CO₂ je finanční krize, která byla v letech 2008 a 2009. Globální emise oxidu uhličitého ze spalování fosilních paliv a výroby cementu vzrostly v roce 2010 o 5,9 % a více než vyrovnaly 1,4% pokles v roce 2009. Finanční krize na emise měla krátké trvání kvůli silnému růstu emisí v rozvíjejících se ekonomikách, návratu k růstu emisí ve vyspělých ekonomikách a zvýšení intenzity fosilních paliv ve světové ekonomice. (Peters a kol. 2011) Mezi poslední významné poklesy patří světová pandemie Covid-19. (The Global Carbon Project © 2021)



Obrázek 4 - Křivka emisí CO₂ po dekadách (The Global Carbon Project © 2021)

Rapidní nárůst od roku 1990 zaznamenal několik málo poklesů z důvodu světových zvrátů. Prvním byl rozpad Sovětského svazu, dalším celosvětová finanční krize a poslední významný pokles byl zaznamenán díky pandemii COVID-19.

3.3 Projevy změn klimatu

Dopady změny klimatu na různé sektory společnosti jsou vzájemně propojené. Sucho může poškodit produkci potravin a lidské zdraví. Zápavy mohou vést k šíření nemocí a poškození ekosystémů a infrastruktury. Problémy lidského zdraví mohou zvýšit úmrtnost, ovlivnit dostupnost potravin a omezit produktivitu pracovníků. Dopady změny klimatu jsou vidět v každém aspektu světa, ve kterém žijeme. Dopady změny klimatu jsou však v rámci země a světa nerovnoměrné – dokonce i v rámci jedné komunity se dopady změny klimatu mohou mezi sousedstvím nebo jednotlivci lišit. Dlouhodobé socioekonomické nerovnosti mohou způsobit, že skupiny s nedostatečnou obsluhou, které jsou často nejvíce vystaveny nebezpečím a mají méně možností, jak na ně reagovat, jsou zranitelnější. (National Oceanic and Atmospheric Administration © 2021, Houghton 1992, Berrang-Ford a kol. 2011)

Podle nejnovější zprávy Mezivládního panelu pro změnu klimatu (IPCC), která byla zveřejněna 9. srpna 2021, vědci pozorují změny zemského klimatu v každém regionu a v celém klimatickém systému. Mnoho změn pozorovaných v klimatu je bezprecedentních za tisíce, ne-li stovky tisíc let, a některé změny, které se již daly do pohybu – jako pokračující vzestup hladiny moří – jsou nevratné po stovky až tisíce let. Výrazné a trvalé snižování emisí oxidu uhličitého (CO₂) a dalších skleníkových plynů by však změnu klimatu omezilo. Zatímco přínosy pro kvalitu ovzduší by se dostavily rychle, mohlo by trvat 20–30 let, než by se globální teploty stabilizovaly (IPCC © 2021, Seinfeld a Pandis 2006, Houghton 1992).

3.3.1 Oteplování planety

Skleníkové plyny z lidské činnosti jsou zodpovědné přibližně za 1,1 °C oteplení od roku 1850-1900 (UNEP © 2021). Rok 2021 je dle zprávy „Světové meteorologické organizace“ pátým rokem ze sedmi nejteplejšími. Zpráva kombinuje informace od několika agentur OSN, národních meteorologických a hydrologických služeb a vědeckých odborníků. Zdůrazňuje dopady na potravinovou bezpečnost a vysídlení obyvatelstva, poškozování důležitých ekosystémů a upozorňuje na zpomalující se pokrok směrem k cílům udržitelného rozvoje. Průměrná teplota pro rok 2021 (na základě údajů od ledna do září) byla asi o 1,09 °C nad průměrem let 1850–1900 (WMO © 2021). Září 2021 bylo měsícem s kontrastními teplotními anomáliemi nad západní a východní Evropou. Ve většině západních oblastí bylo mnohem tepleji, než byl průměr v letech 1991-2020. Spojené království oznámilo své druhé nejteplejší září v záznamech na základě celostátní průměrné teploty za měsíc, zatímco Francie oznámila

své nejvyšší denní maximální zářijové teploty celkově za rok. Na východě bylo chladněji, než byl průměr v letech 1991–2020, i když ne o tolik chladněji, aby bylo v dlouhodobém kontextu ochlazení rekordní. Například Helsinky měly v roce 2021 chladnější září než v kterémkoli roce od roku 1997 do roku 2020, ale jedenáct dřívějších září v období od roku 1961 do roku 1996 bylo ještě chladnějších (Climate Change Service 2021).

Přirozený nárůst koncentrací oxidu uhličitého periodicky ohříval teplotu Země během cyklů ledové doby za posledních milion let nebo déle. Teplé epizody (interglaciály) začaly malým nárůstem slunečního světla v důsledku malého kolísání v ose rotace Země nebo v dráze její oběžné dráhy kolem Slunce. Ta trocha slunečního světla navíc způsobila trochu oteplení. Jak se oceány oteplovaly, uvolňovaly oxid uhličitý – jako plechovka sodovky, která se v horku letního dne vyprázdňuje. Oxid uhličitý navíc, kterým přispívá lidská činnost, v atmosféře zesiluje oteplování. (Climate.gov © 2022, Berrang-Ford a kol. 2011)

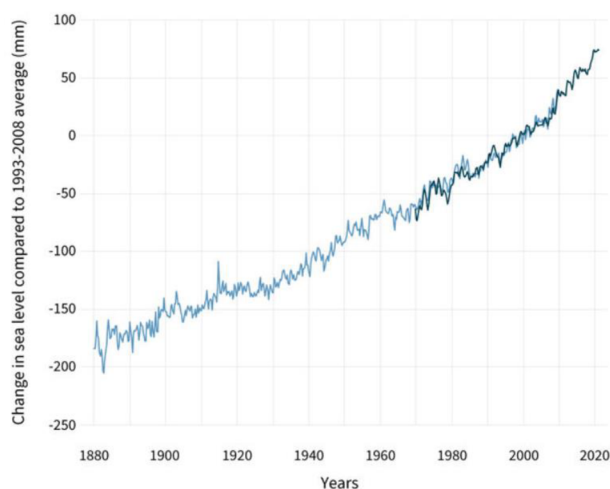
3.3.2 Dopad na oceány

Oteplování Země je primárně způsobeno akumulací skleníkových plynů zachycujících teplo a více než 90 procent tohoto zachyceného tepla je absorbováno oceány. Jak je toto teplo absorbováno, teplota oceánu stoupá a voda expanduje. Tato tepelná roztažnost přispívá ke zvýšení globální hladiny moří. (NASA © 2022, Bigg a kol. 2003, Warrick a Oerlemans 1990)

Vzestup hladiny moří se v posledních třech desetiletích stal předmětem rostoucího celosvětového zájmu. Ve skutečnosti hladiny moří v průběhu minulého století neustále stoupaly s celosvětovou průměrnou rychlostí v řádu 1 mm/rok. Očekává se, že během příštích 15–30 let budou účinky vzestupu hladiny moří ještě znatelnější s neustále se zvyšující mírou vzestupu, zejména podél východního pobřeží Spojených států a pobřeží Mexického zálivu (Spanger-Siegfried a kol. 2014; US EPA © 2016), stejně jako v jihovýchodní Asii, Oceánii a východním pobřeží Jižní Ameriky (IPCC © 2014, Khojasteh a kol. 2021).

Celosvětově vzrostla hladina moří od roku 1980 do 2021 v průměru o 21–24 cm (obrázek č. 5), z čehož třetinu tvoří poslední dvě a půl desetiletí. Stoupající hladina je způsobena především táním ledovců a ledových příkrovů a zmíněné expanzi v důsledku oteplování planety. Globální průměrná hladina vody v oceánu vzrostla o 3,6 milimetru za rok od roku 2006 do roku 2015, což byl 2,5násobek průměrné rychlosti 1,4 milimetru za rok

po většinu dvacátého století. Do konce století je předpoklad, že se průměrná světová hladina moře pravděpodobně zvýší alespoň 0,3 metru. (Lumpkin a kol. 2021, Khojasteh a kol. 2021).



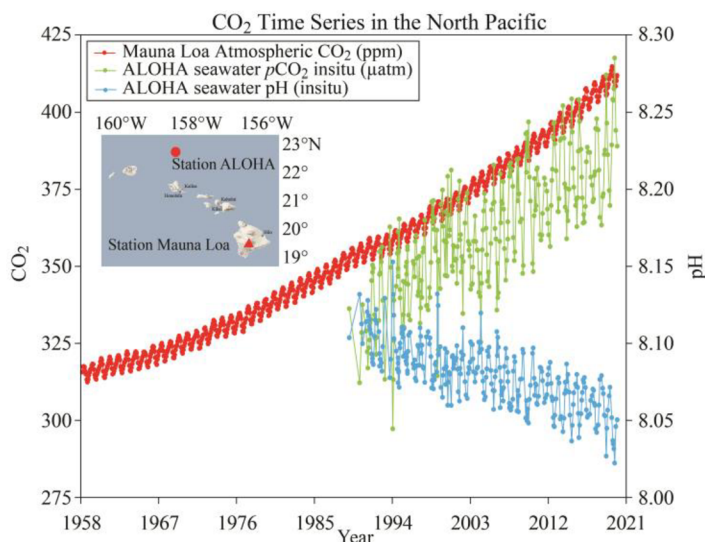
Obrázek 5 - Průměrná hladina moří v mm (1880 - 2020) (Climate.gov © 2021)
Narůstající křivka znázorňuje zvýšení mořské hladiny od roku 1880 do roku 2020 v milimetrech.

Zvyšováním CO_2 v atmosféře v důsledku lidské činnosti, více CO_2 se rozpouští v mořské vodě a vytváří chemickou reakci, která způsobuje kyselost oceánů. To má dopad na rostliny a zvířata žijící v oceánu, která nejsou zvyklá žít v tak kyselých podmínkách. Například korály a měkkýši korodují ve stále kyselejších prostředí. Protože oceány pohlcují třetinu lidského nebo antropogenního CO_2 , rychlost, jakou se bude okyselování oceánů v 21. století zvyšovat, bude záviset na budoucích emisích CO_2 . Voda a oxid uhličitý se spojí za vzniku kyseliny uhličitě (H_2CO_3), slabé kyseliny, která se rozkládá na vodíkové ionty (H^+) a hydrogenuhličitanové ionty (HCO_3^-). Má vliv na snížení dostupnosti uhličitanových iontů (CO_3^{2-}), protože se vážou s přebytkem vodíku, což má za následek méně uhličitanových iontů dostupných pro kalcifikující organismy pro stavbu a údržbu jejich schránek, koster a dalších struktur uhličitanu vápenatého. Pokud se pH příliš sníží, skořápky a kostry se mohou dokonce začít rozpouštět. Oceány jsou mírně zásadité, s pH kolem 8,1 (v rozmezí od 7,8 do 8,5) (IAEA 2021). Od průmyslové revoluce kleslo průměrné pH povrchových vod oceánu o 0,1 jednotky pH. Stupnice pH je logaritmická, takže tato změna představuje přibližně 30 % kyselosti. Podle UNESCO (2021) by běžné scénáře pro emise CO_2 mohly do roku 2100 způsobit, že oceán bude až o 150 % kyselejší.

Nová analýza izotopů stroncia v mořských sedimentech umožnila vědcům rekonstruovat výkyvy v chemii oceánů související s měnícími se klimatickými podmínkami

za posledních 35 milionů let. Paytan a kol. (2021) zkoumala poměry různých izotopů stroncia, včetně radiogenních izotopů (produkovaných radioaktivním rozpadem) a stabilních izotopů, které poskytují doplňkové informace o geochemických procesech. Poměr izotopů stroncia v oceánu se za posledních 35 milionů let značně změnil a dodnes se mění, což znamená velké změny v koncentraci stroncia v mořské vodě. Kolísání poměrů izotopů stroncia analyzované ve studii Paytan A. odrážejí kombinovaný účinek posunů v globální rovnováze geologických procesů včetně zvětrávání hornin na souši, hydrotermální aktivity a tvorby uhličitánových sedimentů v hlubinných i mělkých mořských prostředích v blízkosti pobřeží. Profesorka Adina Paytan řekla: „Budeme potřebovat tyto poznatky, abychom mohli reagovat na naši současnou klimatickou krizi a zmírnili nejhorší dopady okyselování oceánů.“ (Paytan a kol. 2021).

Od počátku průmyslové éry oceán absorboval asi 525 miliard tun CO_2 z atmosféry, v současnosti se jedná asi o 22 milionů tun za den. Zpočátku si vědci mysleli, že absorpce CO_2 do oceánu v takovém množství bude přínosem, protože ve vzduchu zůstávalo CO_2 méně, a planeta by se tak rychle neohřívala. V posledním desetiletí si díky výzkumům uvědomili, že toto zpomalené oteplování přišlo za cenu změny chemického složení oceánů. Když se oxid uhličitý rozpustí v mořské vodě, voda se stává kyselější a pH oceánu klesá (obrázek č. 6). I když je oceán obrovský, dostatek oxidu uhličitého může mít velký dopad. Oxid uhličitý obvykle vydrží v atmosféře tisíce let, v oceánu je tento efekt dále zesílen, když se kyselější oceánské vody mísí s hlubokou vodou v cyklu, který také trvá stovky let (Ocean © 2021, Khojasteh a kol. 2021)



Obrázek 6 - Změna pH v důsledku zvyšování koncentrace CO₂ v Tichém oceánu od roku 1958 do 2021 (Ocean © 2021)

Červená křivka nám indikuje nárůst atmosférického CO₂ u stanice Mauna Loa v Severním oceánu. Se zvyšující se koncentrací CO₂ se zvyšuje pH mořské vody. Zelenou křivkou pozorujeme parciální tlak CO₂, který se začal zvyšovat od roku 1994. Díky tomuto můžeme vidět, že oceán CO₂ nedokáže vstřebat a ten poté uniká zpět do atmosféry. Modrou křivkou pozorujeme snížení pH mořské vody, které se se zvyšujícím parciálním tlakem a zvyšujícími koncentracemi CO₂ rapidně snižuje.

Vzestup hladiny moří je nevyhnutelný a s ním spojené změny v rozsahu cest přenosu nemocí. Pronikání mořské vody a rozšiřování oblastí pokrytých mělkou vodou představují ideální scénář pro vytvoření nových hnízdišť komárů. Podobně geografické rozšíření mělkých krytých oblastí a zvýšení teploty vody představují ideální podmínky pro šíření patogenů přenášených vodou (zejména *Vibrio* spp.) a toxických květů řas, čímž jsou nové populace vystaveny těmto zdravotním rizikům. (Dvorak a kol. 2018)

3.3.3 Posun podnebných pásů

Jak emise způsobené lidmi mění atmosféru planety a lidé přetvářejí krajinu, věci se rychle mění. Ustupující čára arktického ledu se už roky dostává do povědomí, protože bílá skvrna na vrcholu naší planety se dramaticky zmenšuje. Oceán stoupá a pohlcuje pobřeží. Rostliny, zvířata a nemoci jsou v pohybu, jak se pohybují i jejich oblasti vhodného klimatu. (YALE Environment 2018)

Vše o změnách klimatu mění způsob, jakým lidé pěstují jídlo, dostávají se k pitné vodě a žijí na místech, která jsou stále více zaplavována, vysychají nebo sužují vlny veder. Pod slovem „tropický“ si často vybavíme deštné pralesy, barevné ptáky a svěží listí, ale velká většina střední oblasti naší planety je ve skutečnosti docela suchá. Asi před deseti lety si vědci poprvé všimli, že se tento suchý pás zdánlivě zvětšuje. Suché okraje tropů se rozšiřují, jak

se subtropy tlačí na sever i jih, což přináší stále sušší počasí do míst včetně Středomoří. Mezitím se menší rovníková oblast se silnými dešti ve skutečnosti smršťuje. (Byrne a kol. 2018)

Vyšší teploty na jaře a na podzim by nejen způsobily větší růst plodin během těchto měsíců, ale umožnilo by to zemědělcům sázet dříve a sklízet později, pokud by v půdě vznikly dobré podmínky (např. ne příliš vlhko), čímž by se prodloužila doba pro plodiny k pěstování. Pokud by se však teploty příliš zvýšily nebo by došlo k nedostatku vody (z důvodu sucha), zemědělci by možná museli přejít na dvě krátké sezóny s přestávkou uprostřed léta. (USDA 2013)

3.4 Možné postupy pro řešení klimatických změn

Naším prvním krokem je snížení emisí skleníkových plynů odpovědných za změnu klimatu. Potřebujeme používat více čisté energie – a využívat tuto energii efektivněji – k napájení všeho od našich mobilních telefonů po naše domovy, kanceláře a továrny. Potřebujeme řídit auta a kamiony, které spotřebují méně benzínu nebo jezdí na elektřinu či jiná alternativní paliva. Řešení změny klimatu bude vyžadovat opatření společnosti – včetně místních, státních a národních vlád – v oblastech elektřiny, stavebnictví, dopravy, využívání půdy a průmyslu. (Center for Climate and Energy Solutions © 2022)

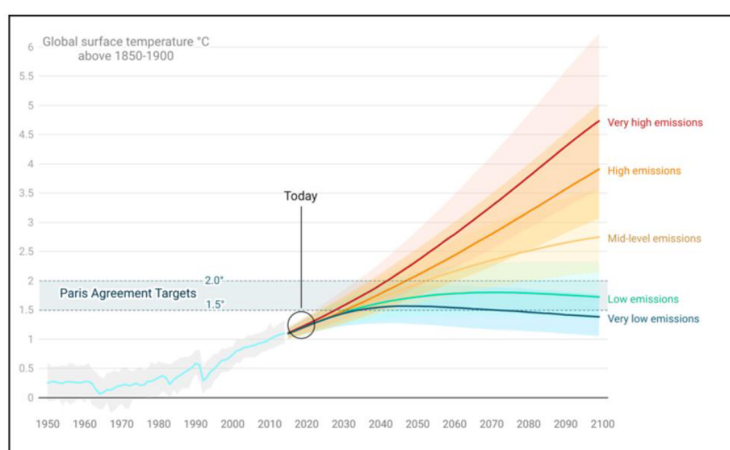
Přizpůsobení se nevyhnutelným dopadům a zmírnění za účelem snížení jejich velikosti jsou nezbytné. Jedná se o dvě základní strategie: adaptace a mitigace. Adaptace znamená předvídat nepříznivé dopady změny klimatu a přijmout vhodná opatření k prevenci nebo minimalizaci škod, které mohou způsobit, nebo využít příležitostí, které mohou nastat. Příklady adaptačních opatření zahrnují rozsáhlé změny v infrastruktuře, jako je budování obranných zařízení na ochranu před vzestupem hladiny moří, stejně jako změny v chování, jako je omezení plýtvání potravinami u jednotlivců. Adaptaci lze v podstatě chápat jako proces přizpůsobování se současným a budoucím dopadům změny klimatu. Mitigace znamená zmírnění dopadů změny klimatu prevencí nebo snížením emisí skleníkových plynů do atmosféry. Zmírnění se dosáhne buď snížením zdrojů těchto plynů — např. zvýšením podílu obnovitelných energií nebo zavedením čistšího systému mobility – nebo zlepšením skladování těchto plynů – např. zvětšováním rozlohy lesů. Stručně řečeno, zmírňování je lidský zásah, který snižuje zdroje emisí skleníkových plynů a/nebo zvyšuje propady. (EEA © 2022) Vzhledem k potřebě naléhavých opatření, je největší výzvou rychle přejít k mnohem vyšší energetické účinnosti a ke zdrojům energie nefosilních paliv. (Houghton 2005)

3.4.1 Mezvládní panel pro změn klimatu

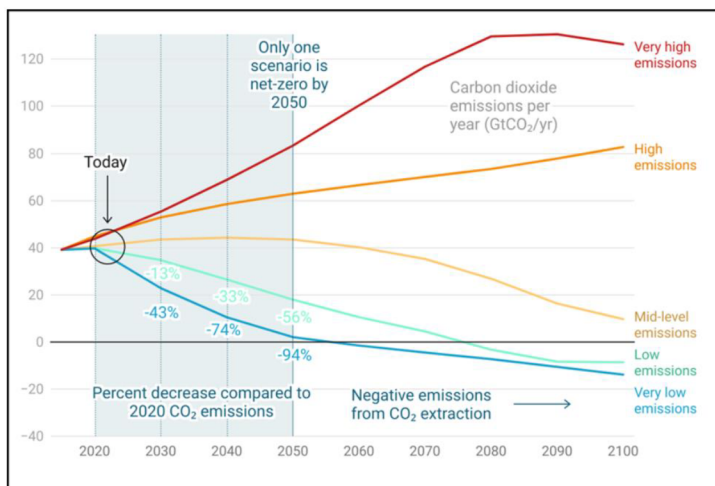
Mezvládní panel pro změnu klimatu (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, dále jen „IPCC“) byl schválen Valným shromážděním OSN v roce 1988. Jeho počátečním úkolem, jak je uvedeno v rezoluci Valného shromáždění OSN 43/53 ze dne 6. prosince 1988, bylo připravit komplexní přehled a doporučení s ohledem na stav znalostí vědy o změně klimatu; sociální a ekonomický dopad změny klimatu a potenciální strategie do případné budoucí mezinárodní úmluvy o klimatu. Od roku 1988 měl IPCC pět hodnotících cyklů a vydal pět hodnotících zpráv, nejkomplexnějších vědeckých zpráv o změně klimatu vytvořených

na celém světě. V současné době probíhá šestý cyklus, ze kterého je očekávána závěrečná souhrnná zpráva. Nejnovější zpráva, která bude součástí šesté hodnotící zprávy, vyšla v únoru roku 2022 a je zaměřena na ekosystémy, biologickou rozmanitost a lidská společenství na globální a regionální úrovni. Rovněž přezkoumává zranitelnost, schopnosti a limity přírodního světa a lidských společností přizpůsobit se změně klimatu. IPCC vypracoval také řadu metodologických zpráv, zvláštních zpráv a technických dokumentů v reakci na žádosti, týkající se informací o konkrétních vědeckých a technických záležitostech ze strany Rámcové úmluvy Organizace spojených národů o změně klimatu, vlád a mezinárodních organizací. (IPCC 2019, Moldan 2020) I když zprávy téměř nepoužívají termín „události s pomalým nástupem“ jako takový, diskutují o velkém množství důkazů o procesech, které Rámcová dohoda o změně klimatu označuje jako události s pomalým nástupem: zvyšující se teploty, vzestup hladiny moří, salinizace, acidifikace oceánů, ústup ledovců, degradace půdy, desertifikace a ztráta biologické rozmanitosti. (United Nations © 2012) Zprávy IPCC jsou spolehlivým zdrojem informací pro odborníky, politiky i širokou veřejnost. (Geest a Berg 2021, Moldan 2020)

Emisní scénáře tvořené IPCC znázorňují různé scénáře v případě dodržení Pařížské dohody i jejího nedodržení (obrázek č. 7). Ve scénáři s velmi nízkými emisemi klesnou roční emise oxidu uhličitého do roku 2050 prakticky na nulu. Ve scénáři s nízkými emisemi klesnou emise CO₂ na nulu v letech 2070 až 2080. Ostatní scénáře nikdy nedosáhnou nulových emisí CO₂ (obrázek č. 8). (IPCC © 2021, American Geophysical Union © 2022)



Obrázek 7 Scénáře budoucího oteplování (IPCC © 2021, American Geophysical Union © 2022)
Spodní křivka znázorňuje narůstající teploty v důsledku emisí CO₂ od roku 1950. Rok 2021 je označen a od něj se odvíjí 5 různých scénářů. Velmi vysoké množství emisí, vysoké množství emisí, střední stupeň, nízký a velmi nízký. Nízký a velmi nízký stupeň jsou scénáře při dodržení Pařížské dohody.



Obrázek 8 Roční emise CO₂ dle různých scénářů (IPCC © 2021, American Geophysical Union © 2022)
 Ve scénáři s velmi nízkými emisemi klesnou roční emise oxidu uhličitého do roku 2050 prakticky na nulu. Ve scénáři s nízkými emisemi klesnou emise CO₂ na nulu v letech 2070 až 2080. Ostatní scénáře nikdy nedosáhnou nulových emisí CO₂

3.5 Vývoj mezinárodní právní úpravy v oblasti změny klimatu

V roce 1979 došlo k první mezinárodní konferenci v Ženevě, kde došlo k vytvoření Světového klimatického programu. Následoval vznik Mezivládního panelu pro změnu klimatu v roce 1988, který podává zprávy o probíhající klimatické změně. Dalším krokem ve vývoji mezinárodní úpravy v oblasti změny klimatu byla konference OSN o životním prostředí, tzv. Summit Země a Rámcová úmluva OSN o změně klimatu v roce 1992. Následoval vznik Kjótského protokolu v roce 1997, v roce 2005 vznikl Systém EU obchodování s emisemi, v roce 2010 byl vytvořen Zelený klimatický fond. V roce 2015 byla uzavřena Pařížská dohoda a jako poslední se uzavřela Zelená dohoda pro Evropu v roce 2020. (Fakta o klimatu © 2022, Frankhauser a kol. 2015, Townshend a kol. 2013)

3.5.1 Rámcová úmluva o změně klimatu

Rámcová úmluva o změně klimatu (*United Nations Framework Convention on Climate Change* dále jen „Úmluva“), je tzv. „Úmluva z Ria“, jedna ze dvou otevřených k podpisu na „Summitu Země v Riu“ v roce 1992, oficiálně se jednalo o Konferenci OSN o životním prostředí a rozvoji v Rio de Janeiru (tzv. Summit Země). Jejími sesterskými úmluvami z Ria jsou Úmluva OSN o biologické rozmanitosti a Úmluva o boji proti desertifikaci. Tyto tři jsou bytostně propojeny. (Townshend a kol. 2013) V této souvislosti byla zřízena Společná styčná skupina, aby posílila spolupráci mezi třemi úmluvami s konečným cílem rozvíjet součinnost v jejich činnostech v otázkách společného zájmu. Úmluva vstoupila v platnost dne 21. března 1994. Dnes má téměř univerzální členství. 197 zemí, které úmluvu ratifikovaly, nazývají se smluvními stranami úmluvy. Hlavním cílem Úmluva je zabránit „nebezpečnému“ zasahování člověka do klimatického systému. Konečným cílem úmluvy je stabilizovat koncentrace skleníkových plynů „na úrovni, která by zabránila nebezpečnému antropogennímu (lidmi způsobenému) zásahu do klimatického systému“. Uvádí, že takové úrovně by mělo být dosaženo v časovém rámci dostatečném k tomu, aby se ekosystémy mohly přirozeně přizpůsobit změně klimatu, aby se zajistilo, že nebude ohrožena produkce potravin, a aby hospodářský rozvoj mohl pokračovat udržitelným způsobem. Průmyslové státy se podle Úmluvy zavazují podporovat aktivity v oblasti změny klimatu v rozvojových zemích poskytováním finanční podpory pro opatření v oblasti změny klimatu – nad rámec jakékoli finanční pomoci, kterou již těmto zemím poskytují. Úmluva rozděluje státy

do skupiny – v Příloze č. 1 byly státy rozvinuté a státy s transformující se ekonomikou (zde bylo i Československo), v Příloze č. 2 byly pouze státy rozvinuté a státy, které nebyly ani v jedné z příloh, byly státy rozvojové a v závislosti na tom, v které příloze byl stát uveden, na něj byly kladeny závazky, které vyplývaly z této Úmluvy. (Hermwille a kol. 2015) Prostřednictvím Úmluvy byl vytvořen systém grantů a půjček, který spravuje Global Environment Facility. Průmyslové země také souhlasí se sdílením technologií s méně vyspělými zeměmi. Hospodářský rozvoj je zvláště důležitý pro chudší země světa. Takového pokroku je obtížné dosáhnout i bez komplikací, které přinášejí klimatické změny. Úmluva to bere v úvahu tím, že akceptuje, že podíl emisí skleníkových plynů produkovaných rozvojovými zeměmi v nadcházejících letech poroste. V zájmu naplnění svého konečného cíle se nicméně snaží těmto zemím pomoci omezit emise způsobem, který nebude bránit jejich hospodářskému pokroku. Jedno takové oboustranně výhodné řešení se mělo objevit později, když byl vypracován Kjótský protokol k Úmluvě. Úmluva uznává zranitelnost všech zemí vůči dopadům změny klimatu a vyzývá ke zvláštnímu úsilí ke zmírnění následků, zejména v rozvojových zemích, které na to samy nemají prostředky. V prvních letech platnosti úmluvy se přizpůsobení věnovalo méně pozornosti než zmírňování, protože strany chtěly větší jistotu ohledně dopadů změny klimatu a její zranitelnosti. Když byla vydána Třetí hodnotící zpráva IPCC v roce 2001, adaptace nabyla na síle a smluvní strany se dohodly na procesu řešení nepříznivých vlivů a na vytvoření mechanismů financování pro adaptaci. V současné době probíhají práce na přizpůsobení v rámci různých orgánů úmluvy. Výbor pro přizpůsobení, na jehož zřízení se strany dohodly v rámci cancúnského rámce pro přizpůsobení jako součást dohod z Cancúnu, je významným krokem k soudržnému přístupu k přizpůsobení založenému na úmluvách. (UNFCCC © 2022, Fakta o klimatu © 2022, MŽP © 2008-2020, Kuyper a kol. 2018, Hermwille a kol. 2015)

3.5.2 Konference smluvních stran

Konference smluvních stran (*The Conference of Parties* dále jen „COP“), je rozhodovacím orgánem odpovědným za sledování a přezkum provádění Úmluvy. Sdružuje 197 národů a území – tzv. smluvních stran –, které podepsaly Rámcovou úmluvu. COP se schází každoročně od roku 1995. 21. zasedání COP (COP21), které se konalo v Paříži ve Francii v prosinci 2015, a vzešla z něj historicky první mezinárodní dohoda o klimatu. (UNFCCC © 2022, MŽP © 2008-2020, Kuyper a kol. 2018, Hermwille a kol. 2015, Long a kol. 2010)

Poslední zasedání COP26 se konalo v Glasgow od 31.10. do 12.11. 2021. Jedním z několika dohod, ke které země při zasedání došly je, že souhlasily s ustanovením požadujícím postupné ukončení uhelné energie a postupné zrušení „neefektivních“ dotací na fosilní paliva – dvě klíčové otázky, které nebyly nikdy výslovně zmíněny v Úmluvě, přestože uhlí, ropa a plyn jsou hlavními hybateli globálního oteplování. (UNFCCC © 2022, MŽP © 208-2020, Dwivedi a kol. 2022)

3.5.3 Kjótský protokol

Kjótský protokol byl přijat 11. prosince 1997. Díky složitému ratifikačnímu procesu vstoupil v platnost dne 16. února 2005. V současné době je Kjótským protokolem vázáno 192 smluvních stran. Kjótský protokol uvádí do provozu Úmluvu, kde zavazuje průmyslové země a ekonomiky v přechodu k omezení a snížení emisí skleníkových plynů v souladu s dohodnutými individuálními cíli. Úmluva sama tyto země pouze žádá, aby přijaly politiky a opatření ke zmírnění dopadů a aby pravidelně podávaly zprávy. Kjótský protokol je založen na zásadách a ustanoveních úmluvy a řídí se strukturou založenou na jejích přílohách. Zavazuje pouze rozvinuté země a klade na ně větší zátěž v rámci principu „společné, ale diferencované odpovědnosti a příslušných schopností“, protože uznává, že jsou z velké části zodpovědné za současné vysoké úrovně emisí skleníkových plynů v atmosféře. Kjótský protokol ve své příloze B stanoví závazné cíle snížení emisí pro 37 průmyslových zemí a transformující se ekonomiky a Evropskou unii. Celkově tyto cíle v pětiletém období 2008–2012 (první období závazků) představují průměrné snížení emisí o 5 procent ve srovnání s úrovněmi v roce 1990. (Böhringer 2003, UNFCCC © 2022) V roce 2012 bylo dohodnuto druhé období závazků s cílem prodloužit dohodu do roku 2020, známé jako dodatek z Dohá ke Kjótskému protokolu, ve kterém mělo 37 zemí závazné cíle: Austrálie, Evropská unie, Bělorusko, Island, Kazachstán, Lichtenštejnsko, Norsko, Švýcarsko a Ukrajina. Bělorusko, Kazachstán a Ukrajina uvedly, že mohou od Kjótského protokolu odstoupit nebo dodatek neuvést v právní platnost s cíli druhého kola. Japonsko, Nový Zéland a Rusko se účastnily prvního kola Kjótského protokolu, ale ve druhém období závazků si nestanovily nové cíle. Dalšími rozvinutými zeměmi bez cílů druhého kola byly Kanada (která v roce 2012 odstoupila od Kjótského protokolu) a Spojené státy (které neratifikovaly). K říjnu 2020 přijalo dodatek z Dohá 147 států. V platnost vstoupilo dne 31. prosince 2020 poté, co jej přijalo nařízené minimum alespoň 144 států, ačkoli druhé období závazku skončilo ve stejný den. Z 37 stran se závaznými závazky jich 34 ratifikovalo. V rámci každoročních konferencí

o změně klimatu UNFCCC se vedla jednání o opatřeních, která mají být přijata po skončení druhého závazkového období v roce 2020. Výsledkem bylo v roce 2015 přijetí Pařížské dohody, která je spíše samostatným nástrojem v rámci UNFCCC než dodatkem. Kjótského protokolu. (MŽP ©2008-2020, Enviweb s.r.o., © 1999-2022, UNFCCC © 2022, Rosen 2015)

Jedním z důležitých prvků Kjótského protokolu bylo vytvoření flexibilních tržních mechanismů, které jsou založeny na obchodu s emisními povolenkami. Podle Protokolu musí země plnit své cíle především prostřednictvím vnitrostátních opatření. Protokol jim však také nabízí další prostředky ke splnění jejich cílů prostřednictvím tří tržních mechanismů:

- Mezinárodní obchodování s emisemi
- Mechanismus čistého rozvoje
- Společná implementace. (MŽP ©2008-2020, Enviweb s.r.o., © 1999-2022, UNFCCC © 2022, Rosen 2015)

Tyto mechanismy v ideálním případě povzbuzují k tomu, aby snižování emisí skleníkových plynů začalo tam, kde je to nákladově nejefektivnější, například v rozvojovém světě. Nezáleží na tom, kde se emise snižují, pokud jsou odstraněny z atmosféry. To má paralelní výhody stimulace zelených investic v rozvojových zemích a zapojení soukromého sektoru do tohoto úsilí o snížení a udržení stabilních emisí skleníkových plynů na bezpečné úrovni. Díky ní je také úspornější skokový skok – tedy možnost přeskočit používání starší, špinavější technologie pro novější, čistší infrastrukturu a systémy se zjevnými dlouhodobými výhodami. (MŽP ©2008-2020, Enviweb s.r.o., © 1999-2022, UNFCCC © 2022, Climate Action © 2022, Breidenich a kol. 2017)

EU a její členské státy splnily své závazky v rámci prvního období závazků Kjótského protokolu (2008–2012). Za celé období byly celkové emise EU bez Kypru a Malty, které nemají žádné cíle, 23,5 gigatun ekvivalentu CO₂. To odpovídá snížení o přibližně 19 % pod základní rok v období 2008–2012 na vnitrostátní úrovni, bez započtení dalších snížení pocházejících z propadů uhlíku a mezinárodních kreditů. EU dosáhla na domácím trhu celkového snížení o 11,7 %, bez započtení dalších snížení pocházejících z propadů uhlíku a mezinárodních kreditů. (Climate Action © 2022, UNFCCC © 2022, Breidenich a kol. 2017)

3.5.4 Pařížská dohoda a ochrana klimatu

Pařížská dohoda je právně závazná mezinárodní smlouva o změně klimatu. Bylo přijato 196 stranami na COP 21 v Paříži dne 12. prosince 2015 a vstoupilo v platnost dne 4. listopadu 2016. (Falkner 2016, Savaresi 2015) Cíl Pařížské dohody a ochrany klimatu je uveden v Čl. 2 zmíněné dohody v následujícím znění:

„a) udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí, a uznání, že by to výrazně snížilo rizika a dopady změny klimatu;

b) zvyšování schopnosti přizpůsobit se nepříznivým dopadům změny klimatu a posilování odolnosti vůči změně klimatu a nízkoemisního rozvoje způsobem, který neohrozí produkci potravin;

c) sladění finančních toků s nízkoemisním rozvojem odolným vůči změně klimatu.“ (Pařížská dohoda k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu 2015)

K dosažení tohoto dlouhodobého teplotního cíle se země snaží co nejdříve dosáhnout globálního maxima emisí skleníkových plynů, aby do poloviny století dosáhly klimaticky neutrálního světa. Pařížská dohoda je mezníkem v mnohostranném procesu změny klimatu, protože závazná dohoda poprvé spojuje všechny národy se společným cílem podniknout ambiciózní úsilí v boji proti změně klimatu a přizpůsobit se jejím účinkům. (UNFCCC © 2022, Evropa © 2022, MŽP © 2022, Fakta o klimatu © 2022, Pont a kol. 2016)

Implementace Pařížské dohody vyžaduje ekonomickou a sociální transformaci založenou na nejlepších dostupných vědeckých poznatcích. Pařížská dohoda funguje na 5letém cyklu stále ambicióznějších opatření v oblasti klimatu prováděných jednotlivými zeměmi. V roce 2020 země předložili své plány na opatření v oblasti klimatu známé jako národně stanovené příspěvky (dále jen „NDC“). Ve svých NDC země sdělují kroky, které přijmou ke snížení emisí skleníkových plynů, aby dosáhly cílů Pařížské dohody. Země také komunikují v akcích NDC, které přijmou k vybudování odolnosti, aby se přizpůsobily dopadům rostoucích teplot. (UNFCCC © 2022, Evropa © 2022, MŽP © 2022, Fakta o klimatu © 2022, Doelman a kol. 2019)

Pařížská dohoda poskytuje rámec pro finanční, technickou podporu a podporu při budování kapacit těm zemím, které ji potřebují. Potvrzuje, že rozvinuté země by se měly ujmout vedení při poskytování finanční pomoci zemím, které jsou méně obdarované a zranitelnější, přičemž poprvé také podporuje dobrovolné příspěvky ostatních stran. Pro zmírnění je zapotřebí financování klimatu, protože k výraznému snížení emisí jsou nutné rozsáhlé investice. Financování klimatu je pro přizpůsobení stejně důležité, protože k přizpůsobení se nepříznivým vlivům a snížení dopadů měnícího se klimatu jsou zapotřebí značné finanční zdroje. Hovoří o vizi plné realizace technologického vývoje a transferu pro zlepšení odolnosti vůči klimatickým změnám a snížení emisí skleníkových plynů. Zavádí technologický rámec, který poskytuje zastřešující pokyny pro dobře fungující technologický mechanismus. Mechanismus urychluje vývoj a přenos technologií prostřednictvím svých politických a implementačních složek. Na základě Pařížské dohody země vytvořily rámec zvýšené transparentnosti (ETF). V rámci ETF budou země počínaje rokem 2024 transparentně podávat zprávy o přijatých opatřeních a pokroku v oblasti zmírňování změny klimatu, adaptačních opatřeních a poskytnuté nebo obdržené podpoře. Rovněž stanoví mezinárodní postupy pro přezkoumání předložených zpráv. Informace shromážděné prostřednictvím ETF se začlení do globální inventarizace, která posoudí společný pokrok směrem k dlouhodobým cílům v oblasti klimatu. To povede k doporučení pro země, aby si v příštím kole stanovily ambicióznější plány. Ačkoli je třeba výrazně zvýšit opatření v oblasti změny klimatu, aby bylo dosaženo cílů Pařížské dohody, roky od jejího vstupu v platnost již vyvolaly nízkouhlíková řešení a nové trhy. Stále více zemí, regionů, měst a společností si stanovuje cíle uhlíkové neutrality. Bezuhlíková řešení se stávají konkurenceschopnými napříč ekonomickými sektory a představují 25 % emisí. Tento trend je nejpatrnější v sektoru energetiky a dopravy a vytvořil mnoho nových obchodních příležitostí pro ty, kteří se chystají začít. (UNFCCC © 2022, Evropa © 2022, MŽP © 2022, Fakta o klimatu © 2022, Tolliver a kol 2019, Doelman 2019)

3.5.5 Přístup EU k závazkům z Pařížské dohody

EU a všechny její členské státy podepsaly a ratifikovaly Pařížskou dohodu a jsou pevně odhodlány k jejímu provádění. V souladu s tímto závazkem se země EU dohodly, že vydají EU na cestu k tomu, aby se do roku 2050 stala první klimaticky neutrální ekonomikou a společností. V souladu s dohodou předložila EU do konce roku 2020 svou dlouhodobou strategii snižování emisí a své aktualizované klimatické plány, v nichž se zavázala snížit

emise EU do roku 2030 alespoň o 55 % ve srovnání s úrovněmi z roku 1990. EU stojí v čele boje proti změně klimatu. Díky jejím odvážným politikám a opatřením se EU stává tvůrcem globálních standardů a posouvá celosvětové ambice v oblasti klimatu. (European Union © 2022, Pařížská dohoda k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu 2015, Oberthür a Groen 2017)

Evropská unie podnikla v uplynulém roce významné kroky v oblasti zmírňování klimatu a před COP26 prokázala vedoucí postavení. Jedním z důležitých prvků evropské „zelené dohody“ bylo posílení cíle EU v oblasti snižování emisí podle Pařížské dohody, který je podpořen konkrétními politickými opatřeními a finančními zdroji k jeho dosažení. EU rovněž přijala evropský zákon o klimatu, který učinil jak nový cíl snížení emisí, tak cíl klimatické neutrality závaznými. Opatření EU v oblasti klimatu nicméně stále ponechává prostor pro zlepšení, zejména pokud jde o urychlení postupného vyřazování uhlí, navýšení finančních prostředků na opatření v oblasti klimatu v zahraničí a překročení současného cíle snížení emisí o 55 % do roku 2030. Toho lze dosáhnout politickými opatřeními, která by odrážela „alespoň“ část cíle, např. výrazné zvýšení cílů obnovitelné energie a energetické účinnosti. V únoru 2022 proto schválili ministři zahraničních věcí EU závěry o výsledcích klimatické konference COP26 a dohodli se na prioritách práce EU v oblasti klimatické diplomacie. Poprvé na konferenci COP zazněl explicitní plán na snížení používání uhlí – které je zodpovědné za 40 % ročních emisí CO₂. Země však pouze souhlasily se slabším závazkem „postupně vyřadit“ uhlí, nikoli „vyřadit okamžitě“. V závěrech COP26 se uvádí, že EU a její členské státy se v rámci společného přístupu Team Europe zapojí s partnery po celém světě, aby urychlily provádění akcí a iniciativ dohodnutých na COP26. Ministři zopakovali potřebu systematického začleňování lidských práv do opatření v oblasti klimatu a energetické diplomacie. Vyzvali také ostatní rozvinuté země, aby splnily společný závazek mobilizovat 100 miliard USD (kolem 84 miliard EUR) ročně, a mnohostranné rozvojové banky a mezinárodní finanční instituce, aby hrály katalytickou roli při mobilizaci soukromého sektoru a přesunu globálních finančních toků. Směrem k udržitelným a zeleným investicím. (European Union © 2022, MŽP © 2008-2020, Oberthür a Groer 2017)

Česká republika se spolu s EU vázala snížit své emise skleníkových plynů do roku 2030 minimálně o 40 % oproti roku 1990. Ministerstvo životního prostředí nyní připravuje Politiku ochrany klimatu ČR, jejíž cíle byly stanoveny s ohledem na Cíle EU pro rok 2030. Politika definuje základní opatření s největším potenciálem pro snižování emisí skleníkových plynů

v jednotlivých sektorech ekonomiky, tj. v energetice, konečné spotřebě energie, průmyslu, dopravě, zemědělství a lesnictví a odpadech. Důraz by měl být i nadále kladen na rozvoj obnovitelných zdrojů energie, zlepšování energetické účinnosti, postupnou elektrifikaci dopravy, vytápění a řadu dalších opatření. Dosažení dlouhodobého cíle do roku 2050 by měl výrazně napomoci i připravovaný zákon o snižování závislosti na fosilních palivech, který bude úzce navazovat na Politiku ochrany klimatu. Oba dokumenty přispějí k postupnému přechodu na udržitelné nízkouhlíkové hospodářství do roku 2050. (MŽP © 2008-2020, Liobikiene a Butkus 2017)

3.6 Možnosti řešení klimatické změny

Technologie je jedním z klíčových prostředků pro snížení nebo zpomalení růstu a stabilizaci koncentrace emisí skleníkových plynů. Za tímto účelem mohou technologické inovace, zejména pokud jsou podporovány ve spolupráci se soukromým sektorem, pomoci vytvořit nebo rozšířit trhy pro ekologické produkty a služby, vytvářet pracovní místa, podporovat hospodářský růst a zároveň přispívat ke snižování emisí skleníkových plynů. (Global Environment Facility © 2022) Mitigační opatření pro řešení klimatické změny vznikají díky Úmluvě, pomocí těchto opatření bude postupně svět přecházet k adaptaci na nové systémy, které nám pomůžou zredukovat emise vypouštěné do atmosféry. (Iniyan a kol. 2010, Laukkonen a kol. 2009)

3.6.1 Geoinženýrství

Návrhy geoinženýrství byly poprvé vyvinuty v polovině 20. století. Na základě technologií vyvinutých během druhé světové války byly tyto návrhy navrženy tak, aby změnily povětrnostní systémy za účelem získání příznivějších klimatických podmínek v regionálním měřítku. Jednou z nejznámějších technik je cloud seeding, proces, který se pokouší přivést déšť na vyprahlou zemědělskou půdu rozptýlením částic jodidu stříbrného nebo pevného oxidu uhličitého do dešťových mraků. Seedování mraků bylo také použito při pokusech o oslabení tropických bouří. Kromě toho americká armáda navrhla, že jaderné zbraně by mohly být použity jako nástroje ke změně regionálního klimatu a učinit určité oblasti světa příznivějšími pro lidské obydlí. Tento návrh však nebyl testován. (Keith 2000, Vaughan a Lenton 2011)

Solární geoinženýrství je termín používaný k popisu skupiny hypotetických technologií, které by teoreticky mohly působit proti nárůstu teploty tím, že by odrážely více slunečního světla od zemského povrchu. Od vyslání obřího zrcadla do vesmíru po rozprašování aerosolů v stratosféře, celá řada navrhovaných technik přichází s jedinečnými technickými, etickými a politickými výzvami. Stojí za zmínku, že ačkoli by tyto technologie teoreticky mohly snížit globální oteplování, jejich cílem není snížit množství skleníkových plynů v atmosféře, a proto by nebyly schopny přímo řešit problémy, jako je acidifikace oceánů. Výzkum však ukazuje, že použití solárního geoinženýrství by mohlo nepřímo snížit množství CO₂ v atmosféře zastavením tání permafrostu, snížením emisí v energetickém sektoru a způsobením změn zpětné vazby uhlíkového cyklu. (CarbonBrief © 2022, Moldan 2020, MacMartin a kol. 2018)

V roce 2009 provedli ruští vědci to, co se považuje za první venkovní geoinženýrský experiment. Namontovali generátory aerosolu na vrtulník a na auto a rozprášili částice až do výšky 200 metrů (660 stop). Vědci v článku publikovaném v *Russian Meteorology and Hydrology* tvrdili, že experiment snížil množství slunečního světla, které se dostalo na povrch. Výzkumníci zdůrazňují, že tyto experimenty nejsou skutečným geoinženýrstvím: množství použitého materiálu je příliš malé na to, aby změnilo globální teploty. Ve skutečnosti, navzdory obrovské a pestré řadě online konspiračních teorií o opaku, horečně šířených zastánci pravdy o chemtrails, dnes nikdo neprovádí geoinženýrství v planetárním měřítku. Alespoň nikdo ne úmyslně. Někdo by mohl namítat, že spalování obrovského množství fosilních paliv je formou geoinženýrství, jen neúmyslným a velmi hloupým. A také víme, že znečištění sírou z uhelných elektráren a lodí pravděpodobně snížilo globální teploty. Nová pravidla OSN vyžadující, aby lodě vypouštěly méně síry, mohou ve skutečnosti mírně zvýšit teploty. Existuje také dlouhá a bohatá historie snah v USA a Číně, mimo jiné, osévat mraky částicemi za účelem zvýšení sněhu nebo srážek. Výsledky jsou však smíšené a místní modifikace počasí je na hony vzdálená pokusům o otočení knoflíku na celém klimatickém systému. (MIT Technology Review © 2022, Anshelm a Hansson 2014)

4. Výsledné zhodnocení

Největší krize, které kdy lidstvo čelilo, globální změna klimatu, se stále více projevuje extrémními povětrnostními jevy, snižováním populací a stanovišť volně žijících živočichů, stoupající hladinou moří a řadou dalších extrémních dopadů. Aby se zmírnila změna klimatu, musí se rychle snížit globální emise CO₂ z fosilních paliv, aby se omezilo globální průměrné zvýšení teploty o 1,5 °C; což je důležitý cíl zprávy IPCC „Globální oteplení o 1,5 °C“ (IPCC © 2006). Odhaduje se, že globální emise CO₂ ze spalování paliv dosáhly v roce 2016 32,31 miliardy tun, což signalizuje 40% nárůst od roku 2000. Globální emise CO₂ z fosilních paliv jsou řízeny řadou regionálních dynamik. Přesněji řečeno, nárůst emisí do roku 2000 byl způsoben především aktivitami zemí přílohy I UNFCCC, zejména USA. Nicméně od roku 2000 se emise těchto zemí obecně snížily, zatímco rozvíjející se ekonomiky, jako je Čína a Indie, zaznamenaly rychlý nárůst v důsledku jejich rychlé industrializace a urbanizace. (Quéré a kol. 2019)

Od roku 2010 program EPA's Greenhouse Gas Reporting Program shromažďuje roční údaje o emisích z průmyslových zdrojů, které přímo vypouštějí velké množství skleníkových plynů. Obecně platí, že se zařízení, která vypouštějí více než 25 000 metrických tun ekvivalentů oxidu uhličitého za rok, musí hlásit. Program také shromažďuje údaje od subjektů známých jako „dodavatelé“, kteří dodávají určitá fosilní paliva a průmyslové plyny, které budou při spalování nebo uvolnění do atmosféry vypouštět skleníkové plyny – například rafinerie, které dodávají ropné produkty, jako je benzín. Program hlášení skleníkových plynů vyžaduje pouze hlášení; nejedná se o program kontroly emisí. Tento program pomáhá EPA a veřejnosti pochopit, odkud pocházejí emise skleníkových plynů, a zlepšit naši schopnost přijímat informovaná politická, obchodní a regulační rozhodnutí. (EPA © 2021, Subramanian a kol. 2015)

Plýtvání jídlem není jen sociální nebo humanitární problém – je to záležitost životního prostředí. Když plýtváme jídlem, plýtváme také veškerou energií a vodou, kterou potřebujeme k pěstování, sklizni, přepravě a balení. Pokud se jídlo dostane na skládku a hnije, produkuje metan CH₄. Přibližně 6–8 % všech emisí skleníkových plynů způsobených člověkem by se mohlo snížit, pokud přestaneme plýtvat jídlem. Jen v USA produkce ztracených nebo vyplývaných potravin vytváří ekvivalent emisí skleníkových plynů v hodnotě 32,6 milionů automobilů. Dnes se odhaduje, že jedna třetina všech potravin vyrobených na světě jde

do odpadu. To se rovná asi 1,3 miliardám tun ovoce, zeleniny, masa, mléčných výrobků, mořských plodů a obilí, které buď nikdy neopustí farmu, ztratí se nebo se zkaží během distribuce, či se vyhodí v hotelech, obchodech s potravinami, restauracích, školách nebo v domácích kuchyních. Mohlo by to být dost kalorií na nasycení každého podvyživeného člověka na planetě. Vzhledem k tomu, že světová populace neustále roste, naší výzvou by nemělo být, jak vypěstovat více potravin, ale nasytit více lidí a zároveň méně plýtvat tím, co již vyrábíme. Naštěstí existuje spousta akcí, které můžeme podniknout na úrovni spotřebitelů, abychom dosáhli významného rozdílu. Od doručování zbytků těm, kteří to potřebují, po zmrazování potravin, chytřejší nákupy a kompostování, abychom nepoživatelné zbytky udrželi na skládkách, všichni můžeme udělat malé kroky k omezení našich emisí. (World Wildlife Fund © 2022, Abeliotis a kol. 2015)

Dnešní technologické inovace nabízejí lidstvu možnosti, jak působit na klima planety co nejméně. Jednou z takových inovací jsou jaderné elektrárny, které vyrábí elektřinu bez emisí uhlíku, ale lidstvo zatím musí najít bezpečný a nákladově efektivní způsob, jakým je využít. Vzhledem k cílům, které si jednotlivé země stanovili, je uhlíková neutralita možná, ale energeticky velmi náročná. Svět je nyní velmi závislý na elektrické energii a současné bezuhlíkové elektrárny, které jsou v provozu (solární, vodní, větrné) nedokáží vyprodukovat takové množství elektrické energie, jako nyní společně s elektrárnami využívajícími stále zemní plyn, černé nebo hnědé uhlí a další neobnovitelné zdroje, které zanechávají emise CO₂. (Renault a kol. 2009, Wang a kol. 2019, Wang a kol 2021)

5. Diskuse

Na základě současného stavu klimatické změny má mimořádný význam okamžitý vývoj mitigačních a adaptačních mechanismů, které by pomohly řešit klimatickou situaci. V rámci adaptačních mechanismů je snaha přizpůsobit se negativním dopadům klimatické změny prostřednictvím adaptačních projektů, jako připravit se na delší a intenzivnější období požárů, postavit se výzvě vzestupu hladiny moří, zajistit krizové plány zohledňující veřejné zdraví kvůli horším povětrnostním podmínkám, chránit farmy a zásobování potravinami před klimatickými dopady, chránit kvalitu ovzduší. (Klein a kol. 2005, Barker 2003, Liu a kol. 2008, Pielke 1998, Ingham a kol. 2007, Tol 2005, Iniyana a kol. 2012) Adaptační úsilí je ale přímo závislé na budoucím vývoji klimatu. Mitigační mechanismy se naopak snaží o redukci emisí CO₂, jako nejdůležitějšího skleníkového plynu, zavedením například nízkouhlíkových a bezuhlíkových technologií. Mezi mitigační mechanismy patří i opatření přírodních charakterů, jako je využití asimilace uhlíku zelenými rostlinami. Další možnosti představují tzv. geoinženýrské technologie, které v mnoha případech hraničí s oblastí science fiction než s možností reálného využití v boji proti klimatické změně. Jedná se např. o metody přivést déšť na vyprahlou zemědělskou půdu rozptýlením částic jodidu stříbrného nebo pevného oxidu uhličitého do dešťových mraků, vysílání obřího zrcadla do vesmíru kvůli odrazu slunečního světla dopadajícího na zemský povrch, rozprašování aerosolů ve stratosféře kvůli odrazům světla či natírání střech na bílo, aby nepohlcovaly tolik světla a lépe ho odrážely. (Barker 2003, Liu a kol. 2008, Pielke 1998, Keith 2000, Vaughan a Lenton 2011, CarbonBrief © 2022, Moldan 2020, MacMartin a kol. 2018)

Pro řešení klimatické změny neexistuje žádné konvenční řešení, a proto by měly být využity všechny možnosti, ať už konvenční technologie zmírňování, technologie negativních emisí či geoinženýrské technologie. Technologie negativních emisí jako přímé zachycování vzduchu s ukládáním uhlíku (technologie, které zachycují oxid uhličitý přímo ze vzduchu dvěma způsoby – první je „kapalný“ a zahrnuje průchod vzduchu přes chemický roztok, který absorbuje CO₂; druhý je „pevný“ přímé zachycování vzduchu, což zahrnuje průchod vzduchu přes filtr, který se váže s CO₂ ze vzduchu), vylepšené zvětrávání (technika, jejímž cílem je urychlit přirozené procesy zvětrávání, které absorbuje CO₂), biouhel (dřevěné uhlí produkované rozkladem biomasy) nebo bio-energie s uhlíkem, zachycování a ukládání (popisuje skupinu technologií, které vyrábějí energii z biomasy a zachycují a ukládají veškerý CO₂ produkovaný v tomto procesu) je proces zachycování CO₂ prostřednictvím fotosyntézy,

který může doplnit úsilí o dekarbonizaci. (Fuss a kol. 2018, Holz a kol. 2018, Minx a kol. 2018, Rueda a kol. 2021)

Jako hlavní dekarbonizační technologie, které se zaměřují na snižování emisí CO₂ a souvisejí s nabídkou a poptávkou po energii, můžeme zahrnout obnovitelné zdroje energie, jadernou energii, technologie CCS (carbon capture and storage), tak i využití technologií CCU (carbon capture and utilization) nebo změnu paliva. Tyto technologie a techniky se používají především v sektoru energetiky, průmyslu, dopravě a stavebnictví (Fawzy a kol. 2020, Ang 2004, Soest a kol. 2017). V energetickém sektoru lze dekarbonizace dosáhnout zavedením obnovitelné energie, jaderné energie, zachycováním a skladováním uhlíku, jakož i přechodem paliva na straně nabídky na paliva s nízkým obsahem uhlíku, jako je zemní plyn a obnovitelná paliva. Na straně poptávky je snahou mitigačních mechanismů zvýšení účinnosti zavedením energeticky účinných procesů a technologií, které snižují spotřebu energie a změnu koncových fosilních paliv na obnovitelná paliva. (Mathy a kol. 2018; Hache 2015, Karmellos a kol. 2016)

Pro bohaté země bude dost těžké přizpůsobit se nutnosti odstranit ze svých ekonomik fosilní paliva a uhlík. Mnohem náročnější to však bude v rozvojových zemích, kde je mnohem méně peněz na zaplacení nové infrastruktury a technologie. Rozvojové země nejsou schopny plnit své cíle. Proto rozvojové země požadují granty, půjčky a soukromé investice na podporu úsilí o přizpůsobení se změně klimatu a zmírnění jejich dopadů. Pobřežní obrana na ochranu před povodněmi a vytváření zemědělských systémů méně zranitelných suchem jsou klíčovými oblastmi, kde rozvojový svět potřebuje naléhavou finanční pomoc, aby se přizpůsobil měnícím se podmínkám. Aby se nejchudší země zapojily do úsilí o zmírnění dopadů změny klimatu, je zapotřebí podpora pro přechod na obnovitelné zdroje energie, jako je solární, větrná a vodní energie. Řada zemí oznámila nové závazky týkající se financování klimatu na COP26. Spojené státy americké přislíbily 11,4 miliardy dolarů ročně do roku 2024 a také 3 miliardy dolarů konkrétně na přizpůsobení se klimatu. Spojené království říká, že v letech 2020 až 2025 zdvojnásobí své financování klimatu na 11,6 miliardy dolarů. Kanada oznámila zdvojnásobení své finanční podpory v oblasti klimatu na 5,3 miliardy dolarů mezi roky 2020 a 2025. Japonsko nabídlo během příštích pěti let 10 miliard dolarů na snížení emisí v Asii. Norsko se zavázalo ztrojnásobit své finance na přizpůsobení; Austrálie svůj příspěvek zdvojnásobí. Španělsko od roku 2025 zvýší svůj

závazek k financování klimatu o 50 % na 1,55 miliardy dolarů ročně. (IPCC © 2021, UN Climate Change Conference UK 2021)

Dnes tři největší světoví producenti emisí – Čína, Spojené státy americké a Indie – představují přibližně 50 % globálních emisí CO₂ a 20 největších světových producentů emisí tvoří 80 %. (Seinfeld a Pandis 2006) V měřítku produkce emisí CO₂ země/rok stála Čína v roce 2020 na prvním místě s 10668 MtCO₂, druhou zemí jsou Spojené státy americké s 4713 MtCO₂ a na třetím místě byla Indie 2442 miliony MtCO₂. Česká republika v roce 2020 vyprodukovala 88 MtCO₂. Pokud se však zaměříme na produkci emisí CO₂ na osobu/rok, je Čína na 166. místě se 7,38 tunami, Spojené státy americké má 194. místo (15,52 tun) a Indie 84. místo (1,91 tun na osobu). Naopak Česká republika v žebříčku zemí obsadila 43. místo, v žebříčku produkce emisí CO₂ na osobu se posunula na 37. místo s 10,53 tunami CO₂/osoba/rok. (Worldometers.info © 2022, Global Carbon Project © 2022)

Čína je tedy v současnosti největším světovým producentem CO₂. Hraje proto klíčovou roli při mitigačních opatření změny klimatu. Pro umožnění dekarbonizace jsou nutná politická rozhodnutí a závazky. Snížení emisí CO₂ v Číně bylo výrazné: do roku 2020 se intenzita uhlíku snížila o 48,4 % ve srovnání s úrovní v roce 2005, čímž bylo dosaženo cílů uvedených v Úmluvě. Tato snížení se opírají o dosažení odvětvových a regionálních cílů stanovených v pětiletých plánech Číny. Čína však stále čelí výzvě, jak dosáhnout maximálních celkových emisí CO₂ do roku 2030 a dosáhnout uhlíkové neutrality před rokem 2060. Mezi klíčové kroky směrem k uhlíkové neutralitě Číny patří zvýšení jejího podílu nefosilní energie, zavádění technologií s negativními emisemi ve velkém měřítku, podpora regionálních nízkých emisí, rozvoj uhlíku a vytvoření celostátního „zeleného trhu“. (Liu a kol. 2021)

Spojené státy americké nastavují celoeconomický cíl snížit své čisté emise skleníkových plynů o 50–52 procent v roce 2030 pod úroveň z roku 2005. Existuje několik cest k dosažení tohoto cíle. Spojené státy mají k dispozici mnoho nástrojů pro spolupráci s občanskou společností a soukromým sektorem, mobilizaci investic za účelem splnění těchto cílů a zároveň podpory silné ekonomiky. Řešení jsou cenově dostupná a náklady na nečinnost daleko převyšují náklady na opatření v ekonomické a humanitární rovině. Spojené státy splnily a překonaly svůj cíl pro rok 2020 čistého snížení emisí v celém ekonomickém rozsahu, a to 17 % pod úroveň z roku 2005. Jsou na dobré cestě dosáhnout v roce 2025 snížení emisí

o 26–28 % pod úroveň z roku 2005. Cíl do roku 2030 představuje zvýšené ambice, které lze částečně dosáhnout pokroky v technologii a z toho vyplývající reakce trhu. (The United States of America: Nationally Determined Contribution 2021, Pařížská dohoda k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu 2015)

Cílem Indie podle Pařížské dohody o změně klimatu je do roku 2030 snížit intenzitu emisí skleníkových plynů o 33–35 % oproti úrovni z roku 2005. Indie dosáhla v roce 2014 ve srovnání s rokem 2005 snížení intenzity emisí skleníkových plynů o 21 %. Indie přijala masivní transformaci energetických systémů, které budou navrženy pro budoucnost a budou v souladu s novými cíli v oblasti změny klimatu. Velkým problémem, který je může znepokojovat je, že když se pohnou vpřed, bude nutné zajistit, aby byl růst spravedlivý a aby chudým v zemi nebylo upřeno jejich právo na rozvoj v této nové energetické budoucnosti. (Herman 2022)

Konvenční poskytovatelé energie v současnosti zažívají zásadní nejistotu ohledně vývoje energetického systému v průběhu několika příštích desetiletí v kontextu Pařížské dohody o změně klimatu (2015) a důsledků těchto změn pro jejich vlastní ziskovost a dlouhodobé přežití. I když stále existuje zřejmá propast mezi formulováním cílů zmírňování klimatu a prováděním cílů dekarbonizace v reálném světě, společnosti začaly předvídat, že výroba energie na bázi fosilních paliv bude postupně ukončena – v některých zemích dříve než v jiných. Nepocítují pouze regulační tlak, ale také tlak finančních trhů, protože rostoucí počet investorů se odvrací od zisků založených na fosilních palivech. Rychlost, přesnost a politický rámec, s nímž tyto změny přijdou, je i nadále obtížné předvídat. (UNEP 2018, UNEP 2021, Polletta 2006, Moezzi a kol. 2017, Engels a kol. 2020)

V celé Evropě považuje 47 % lidí změnu klimatu za největší výzvu ve svém životě. Existují regionální variace. Jihoevropané považují nezaměstnanost za svůj největší problém, zatímco podle Evropské investiční banky mají z klimatu větší obavy obyvatelé Rakouska, Dánska, Německa, Nizozemska a dalších severoevropských zemí. V Číně jsou obavy ještě vyšší než v Evropě, kde se 73 % obává klimatické krize. V USA to 39 % považuje za hlavní hrozbu. (European Investment Bank © 2022, World Economic Forum © 2022)

Lesy ČR se staly od roku 2018 emitentem skleníkových plynů. Je to zapříčiněno kůrovcovou kalamitou, která se kvůli suchu velmi rozšířila. Do roku 2017 se těžilo méně dřeva, než v lese rostlo a stromy fixovaly asi 5 – 10 megatun CO₂ekv. V roce 2018 se kvůli

kůrovci vytěžilo 26 milionů m³ dřeva, v roce 2019 už to bylo 33 milionů m³. Lesy vytvořily 15 MtCO₂ekv, a proto se staly producentem emisí skleníkových plynů. Dalo by se tomu však částečně zabránit, protože to, že klimatická změna má na smrkové monokultury velmi špatný vliv (sucho a kůrovec) bylo zjištěno již v 90. letech 20. století. (MŽP 2020)

Naprostá většina Čechů (67 %) má pocit, že změna klimatu má dopad na jejich každodenní život. I když je to zvláště výrazné mezi lidmi ve věku 15–29 let (71 %), u osob starších 64 let toto číslo klesá o 11 bodů (60 %). Úroveň příjmů má na odpovědi respondentů malý dopad: 65 % osob s vysokými příjmy a 70 % lidí s nízkými příjmy tvrdí, že změna klimatu má dopad na jejich každodenní život. 66 % Čechů věří, že se více obávají klimatické nouze než jejich vlády. Proto jsou poměrně skeptičtí, pokud jde o schopnost své země podstoupit ambiciózní zelený přechod. Pouze 46 % si myslí, že se České republice podaří drasticky snížit emise uhlíku do roku 2050, jak se zavázalo v Pařížské dohodě. Většina (54 %) si myslí, že Česká republika nesplní své cíle snížení emisí uhlíku. (European Investmet Bank © 2022)

6. Závěr

V bakalářské práci jsou zahrnuty informace potvrzující nezvratné změny klimatu, které již proběhly. Rychlost oteplování způsobila zvýšenou teplotu oceánů, což mělo za následek tání ledových příkrovů a zvýšení hladiny. Tyto skutečnosti způsobují zvýšené množství vodní páry v atmosféře, která navyšuje účinky skleníkových plynů. Nyní jsme ale svědky zpomalení oteplování, které je způsobováno plněním cílů nastavených na mezinárodních zasedáních ke změně klimatu. Většině zemí se daří plnit nastavené cíle a na poslední konferenci Organizace spojených národů (COP26) přidaly cíle ambicióznější. Rozvojové země však mají problém dostat nastaveným cílům z důvodu chybějících financí, které by na ochranu klimatu mohly poskytnout. Je zřejmé, že se postupně emise skleníkových plynů v atmosféře snižují a pokud vyspělé země dostojí příslibené finanční pomoci rozvojovým zemím, budou moci být naplněny i jejich cíle.

Společnosti stojí před volbami, jak reagovat na důsledky budoucí změny klimatu. Dostupné strategie zahrnují snižování emisí, zachycování CO₂, adaptaci a „geoinženýrství“. Tyto strategie, které lze do určité míry kombinovat, s sebou nesou různé úrovně environmentálního rizika a různé společenské důsledky. Díky vyvíjejícím se technologiím jsou k dispozici scénáře, na jejichž základě můžou vědci předpovědět s téměř jasnou přesností další vývoj klimatických změn a země tak mohou přijímat konkrétní adaptační metody.

Je zapotřebí rozšířit povědomost o problematice klimatických změn a emisí, které ji způsobují mezi jednotlivé občany každé země. Každý jedinec by měl přispět a zanechávat uhlíkovou stopu co nejmenší, ať už by to mělo být tím, že budou lidé místo osobních automobilů využívat veřejnou dopravu, nebude docházet k plýtvání jídlem nebo začnou více využívat solární energii v podobě solárních panelů. Pokud se rozšíří povědomost a lidé se o problematiku začnou více zajímat, naplňování cílů bude snazší a dosažení uhlíkové neutrality nebude tak vzdálenou budoucností.

7. Přehled literatury a použitých zdrojů

Elektronické zdroje

Alexandratos, N., Bruinsma, J. (2012) World agriculture towards 2030/2050: The 2012 revision. ESA Working paper (online) [cit. 2022.01.04], dostupné z < SCIRP Open Access >

American Geophysical Union, ©2022: What Five Graphs from the U.N. Climate Report Reveal About Our Path to Halting Climate Change (online) [cit. 2022.03.14], dostupné z <<https://eos.org/>>

CarbonBrief, ©2022: Explainer: Six ideas to limit global warming with solar geoengineering 2018 (online) [cit. 2022.02.27], dostupné z <<https://www.carbonbrief.org/>>

Cejnarová, A., 2015: Od 1. Průmyslové revoluce ke 4. (online) [cit. 2021.11.06], dostupné z <<https://www.technickytydenik.cz>>

Center for Climate and Energy Solutions, ©2022: What We Can Do (online) [cit. 2022.02.15], dostupné z <<https://www.c2es.org/>>

Climate Action, ©2022: Kyoto 1st commitment period (2008–12) (online) [cit. 2022.03.18], dostupné z <<https://ec.europa.eu/>>

Climate Change Service, ©2021: Surface air temperature for September 2021 (online) [cit. 2021.11.09], dostupné z <<https://climate.copernicus.eu>>

Climate.gov Science & Information For Climate-Smart Nation, ©2021: Climate Change: Global Sea Level (online) [cit. 2021.11.13], dostupné z <<https://www.climate.gov>>

Climate.gov, ©2022: Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide (online) [cit. 2022.02.10], dostupné z <<https://www.climate.gov/>>

ČHMU, ©2019: Je CO₂ znečišťující látka? (online) [cit. 2021.11.06], dostupné z <<https://chmibrno.org>>

Earth Journalism Network, ©2022: Introduction to Climate Change (online) [cit. 2022.03.22], dostupné z <<https://earthjournalism.net/>>

Earth observatory, ©2022: The Carbon Cycle (online) [cit. 2022.02.25], dostupné z <<https://earthobservatory.nasa.gov/>>

Earth observatory, ©2022: The Fast Carbon Cycle (online) [cit. 2022.02.25], dostupné z <<https://earthobservatory.nasa.gov/>>

EEA ©2022: What is the difference between adaptation and mitigation? (online) [cit. 2022.02.04], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/>>

Encyclopædia Britannica, Inc., ©2022: chlorofluorokarbon (online) [cit. 2022.03.24], dostupné z <<https://www.britannica.com/>>

Enviweb s.r.o., ©1999-2022: Základní údaje o Kjótském protokolu (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z <<https://www.enviweb.cz/>>

EPA, ©2021: Climate Change Indicators: Greenhouse Gases (online) [cit. 2021.11.06], dostupné z <<https://www.epa.gov/>>

EPA, ©2022: Understanding Global Warming Potentials (online) [cit. 2022.03.24], dostupné z <<https://www.epa.gov/>>

Europa, © 20221: Fluorinated greenhouse gases (online) [cit. 2022.02.22], dostupné z <<https://ec.europa.eu/>>

Europa, ©2022: Climate Action: Paris Agreement (online) [cit. 2022.03.04], dostupné z <<https://ec.europa.eu/>>

European Environment Agency, ©2019: Trends in atmospheric concentrations of CO₂ (ppm), CH₄ (ppb) and N₂O (ppb), between 1800 and 2017 (online) [cit. 2021.11.07], dostupné z <<https://www.eea.europa.eu/>>

European Investment Bank, ©2022: 85% of Czech people say they want to replace short-distance flights by fast, low-polluting trains in collaboration with neighbouring countries (online) [cit. 2022.03.22], dostupné z <<https://www.eib.org/>>

European Union, ©2022: Climate change: what the EU is doing: Council calls for accelerating actions agreed at COP26 (online) [cit. 2022.02.20], dostupné z <<https://www.consilium.europa.eu/en/>>

European Union, ©2022: Paris Agreement on climate change: A global leader in climate action (online) [cit. 2022.02.20], dostupné z <<https://www.consilium.europa.eu/en/>>

Fakta o klimatu, ©2022: Mezinárodní klimatické dohody (online) [cit. 2022.03.05], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/>>

Fakta o klimatu, ©2022: Mezinárodní klimatické dohody (online) [cit. 2022.02.13], dostupné z <<https://faktaoklimatu.cz/>>

Forster, P., a kol., 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (online) [cit. 2022.01.04], dostupné z <Home | Cambridge University Press & Assessment>

Global Carbon Project, ©2022: Global Carbon Atlas: Emissions (online) [cit. 2022.03.26], dostupné z <<https://www.globalcarbonproject.org/>>

Global Environment Facility, ©2022: Climate Change Mitigation (online) [cit. 2022.03.25], dostupné z <<https://www.thegef.org/>>

Global Monitoring Laboratory, ©2021: Carbon Cycle Greenhouse Gases (online) [cit. 2021.11.07] dostupné z <<https://gml.noaa.gov/>>

Global Monitoring Laboratory, ©2022: Chlorofluorocarbons (CFCs) (online) [cit. 2022.02.23], dostupné z <<https://gml.noaa.gov/>>

Global Monitoring Laboratory, ©2022: Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z <<https://gml.noaa.gov/>>

GNOSIS, ©2021: Koncentrace skleníkových plynů v atmosféře (online) [cit. 2021.11.06], dostupné z <<https://magazin.gnosis.cz>>

Green, C., Byrne, K. A., ©2022: Global Carbon Cycle from Encyclopedia of Energy 2004 (online) [cit. 2022.02.07], dostupné z <<https://www.sciencedirect.com/>>

Havlík, P. a kol., ©2022: Climate change mitigation through livestock system transitions (2014) (online) [cit. 2022.01.06], dostupné z <<https://www.researchgate.net/>>

Chemical & Engineering news, ©2022: Can nuclear power help save us from climate change? (online) [cit. 2022.03.02], dostupné z <<https://cen.acs.org/>>

IAEA, © 2022: Nuclear power and climate change (online) [cit. 2022.03.01], dostupné z <<https://www.iaea.org/>>

IEA, ©2022: World Energy Outlook 2019 report (online) [cit. 2022.01.06], dostupné z <<https://www.iea.org/>>

IEA, ©2022: World Energy Outlook 2020 shows how the response to the Covid crisis can reshape the future of energy (online) [cit. 2022.01.04], dostupné z <<https://www.iea.org/>>

International Atomic Energy Agency (IAEA), ©2021: COP26: IAEA, UNESCO Call for Stronger Recognition of Ocean Acidification (online) [cit. 2021.11.13], dostupné z <<https://iaea.org>>

IPCC, © 2021: Climate Change widespread, rapid, and intensifying – IPCC (online) [cit. 2021.11.06], dostupné z <<https://www.ipcc.ch/>>

IPCC, ©2014: Climate Change 2014. Synthesis Report (online) [cit. 2022.01.06], dostupné z <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf/>

IPCC, ©2021: Climate Change 2021 The Physical Science Basis (online) [cit. 2021.11.06], dostupné z <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf>

IPCC, ©2022: History of the IPCC (online) [cit. 2022.02.17], dostupné z <<https://www.ipcc.ch/>>

IPCC, ©2022: Reports (online) [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://www.ipcc.ch/>>

Jones, N., ©2018: Redrawing the Map: How the World's Climate Zones Are Shifting (online) [cit. 2022.01.07], dostupné z <<https://e360.yale.edu/>>

Kaushik, A., a kol., 2020: The Future of the Carbon Cycle in a Changing Climate (online) [cit. 2022.02.09], dostupné z <<https://eos.org/>>

Laurence, G., 2022: What Human Activities Affect the Carbon Cycle? (online) [cit. 2022.02.11], dostupné z <<https://sciencing.com/>>

Liu, Z, a kol., ©2020: COVID-19 causes record decline in global CO2 emissions (online) [cit. 2022.01.06], dostupné z <<https://www.Cornell.edu/>>

Methanlevels.org, ©2022: Global CH₄ Levels (online) [cit. 2022.03.24], dostupné z <<https://www.methanlevels.org/>>

MIT Technology Review, ©2022: What is geoengineering—and why should you care? 2019 (online) [cit. 2022.02.27], dostupné z <<https://www.technologyreview.com/>>

MŽP, © 2022: Fluorované skleníkové plyny (online) [cit. 2022.02.22], dostupné z <<https://www.mzp.cz/>>

MŽP, ©2008-2020: Kjótský protokol k Rámcové úmluvě OSN o změně klimatu (online) [cit. 2022.02.15], dostupné z <<https://www.mzp.cz/>>

MŽP, ©2008-2020: Minister Brabec signed the Paris Agreement on Climate Change in New York (online) [cit. 2022.03.16], dostupné z <<https://www.mzp.cz/>>

MŽP, ©2008-2020: Rámcová úmluva OSN o změně klimatu (online) [cit. 2022.03.14], dostupné z <<https://www.mzp.cz/>>

MŽP, ©2022: Pařížská dohoda (online) [cit. 2022.03.04], dostupné z <<https://www.mzp.cz/>>

n2olevels.org, ©2022: Global N₂O Levels (online) [cit. 2022.03.24], dostupné z <<https://www.n2olevels.org/>>

National Geographic, ©2022: Deforestation (online) [cit. 2022.02.25], dostupné z <<https://www.nationalgeographic.org/>>

National Oceanic and Atmospheric Administration, ©2021: Climate change impacts [cit. 2022.02.25], dostupné z <<https://www.noaa.gov/>>

Natural Resources Defense Council, ©2022: Greenhouse Effect 101 (online) [cit. 2022.03.23], dostupné z <<https://www.nrdc.org/>>

OCEAN, ©2021: Acidification Chemistry (online) [cit. 2021.11.14], dostupné z: <<https://ocean.si.edu>>

Sea Level Change, ©2022: Understanding Sea Level (online) [cit. 2022.01.07], dostupné z <<https://sealevel.nasa.gov/>>

Schiermier, Q., ©2022: Soviet Union's collapse led to massive drop in carbon emissions (online) [cit. 2022.02.11], dostupné z <<https://www.nature.com/>>

Schmidt, G., ©2022: RealClimate. 2005. Water vapour: feedback or forcing? (online) [cit. 2022.01.04], dostupné z <RealClimate: Frontpage>

The Climate Center, ©2022: What is science telling us? [cit. 2022.03.03], dostupné z <<https://theclimatecenter.org/>>

The Food and Agriculture Organization of the United Nations, ©2022: The State of the World's Forests 2020 (online) [cit. 2022.01.04], dostupné z <<https://fao.org/home/en>>

The Global Carbon Project, ©2021: Global Carbon Budget for 2021 (online) [cit. 2022.03.05], dostupné z <<https://www.globalcarbonproject.org/>>

UNEP, UNEP DTU Partnership, ©2021: Emissions Gap Report 2021 (online) [cit. 2021.11.07] dostupné z <<https://www.unep.org>>

UNESCO, ©2021: Ocean acidification (online) [cit. 2021.11.14], dostupné z <<https://en.unesco.org>>

UNFCCC, ©2022: The Paris Agreement (online) [cit. 2022.02.20], dostupné z <<https://unfccc.int/>>

UNFCCC, ©2022: What is the Kyoto Protocol? (online) [cit. 2022.03.15], dostupné z <<https://unfccc.int/>>

UNFCCC, ©2022: What is the United Nations Framework Convention on Climate Change? (online) [cit. 2022.02.18], dostupné z <<https://unfccc.int/>>

United Nations, ©2012: Slow onset events: Technical paper (online) [cit. 2022.03.02], dostupné z <<https://unfccc.int/resource/docs/2012/tp/07.pdf>>

United Nations, ©2022: World Population Prospects 2019 (online) [cit. 2022.02.06], dostupné z <<https://population.un.org/>>

World Economic Forum, ©2022: What do people around the world think about climate change? (online) [cit. 2022.03.22], dostupné z <<https://www.weforum.org/>>

World Meteorological Organization, ©2021: State of Climate in 2021: Extreme events and major impacts (online) [cit. 2021.11.09], dostupné z <[https:// public.wmo.int/en](https://public.wmo.int/en)>

World Wildlife Fund, ©2022: Fight climate change by preventing food waste (online) [cit. 2022.02.15], dostupné z <<https://www.worldwildlife.org/>>

Worldometr, ©2022: CO2 Emissions (online) [cit. 2022.02.06], dostupné z <<https://www.worldometers.info/>>

Odborné články

Ang, B. W., 2004: Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy* Vol 32 Issue 9. P 1131-1139.

Anshelm, J., a Hansson, A., 2014: The Last Chance to Save the Planet? An Analysis of the Geoengineering Advocacy Discourse in the Public Debate. *Environmental Humanities* Vol 5 Issue 1. P 101-123.

Barker, T., 2003: Representing global climate change, adaptation and mitigation. *Global Environmental Change* Vol 13 Issue 1. P 1-6.

Berrang-Ford, L., a kol., 2011: Are we adapting to climate change? *Global Environmental Change* Vol 21 Issue 1. P 25-33.

Bigg, G. R., a kol., 2003: The role of the oceans in climate. *International Journal of Climatology* Vol 23 Issue 10. P 1127-1159.

Böhringer, Ch., 2003: The Kyoto Protocol: A Review and Perspectives. *Oxford Review of Economic Policy* Vol 19 Issue 3, P 451-466.

Breidenich, C., a kol., 2017: The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. *American Journal of International Law* Vol 92 Issue 2. P 315-331.

Byrne, M. P., a kol., 2018: Response of the Intertropical Convergence Zone to Climate Change: Location, Width, and Strength. *Current Climate Change Reports*. Vol. 4. P. 355-370.

Doelman, J. C., a kol., 2019: Making the Paris agreement climate targets consistent with food security objectives. *Global Food Security* Vol 23. P 93-103.

Dwivedi, Y. K., a kol., 2022: Climate change and COP26: Are digital technologies and information management part of the problem or the solution? An editorial reflection and call to action. *International Journal of Information Management* Vol 63.

Engels, A., a kol., 2020: A new energy world in the making: Imaginary business futures in a dramatically changing world of decarbonized energy production. *Energy Research & Social Science* Vol 60.

Falkner, R., 2016: The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs* Vol 92 Issue 5. P 1107-1125.

Fawzy, S., a kol., 2020: Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters* Vol 18. P 2069-2094.

Forster, P. M. a kol., 2020: Current and future global climate impacts resulting from COVID-19. *Nat. Clim. Change* Vol 10, P. 913-919.

Frankhauser, S., a kol., 2015: Do international factors influence the passage of climate change legislation? *Climate Policy* Vol 16 Issue 3. P 318-331.

Friedlingstein a kol., 2021: *Global Carbon Project 2021*, P 43.

Fuss, S., a kol., 2018: Negative emissions—Part 2: Costs, potentials and side effects. *Environmental Research Letters* Vol 13 Issue 6. P 63002.

Geest, K., Berg, R., 2021: Slow-onset events: a review of the evidence from the IPCC Special Reports on Land, Oceans and Cryosphere. *Current Opinion in Environmental Sustainability* Vol 50 Issue 11. P 108-120.

Herman, K. S., 2022: Beyond the UNFCCC North-South divide: How newly industrializing countries collaborate to innovate in climate technologies. *Journal of Environmental Management* Vol 309.

Hermwille, L., a kol., 2015: UNFCCC before and after Paris – what's necessary for an effective climate regime? *Climate Policy* Vol 17 Issue 2. P 150-170.

Holz, C., a kol., 2018: Ratcheting ambition to limit warming to 1.5 °C—trade-offs between emission reductions and carbon dioxide removal. *Environmental Research Letters* Vol 13 Issue 6. P 64028.

Iniyar, S., a kol., 2010: A review of climate change, mitigation and adaptation, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol 16 Issue 1. P 878-897.

Kalvová, J., 1993: Skleníkový efekt a změny klimatu. *Pokroky matematiky, fyziky a astronomie* Vol 38, Issue 3. P 147-163.

Kandasamy, S. a Bejugam, N. N., 2016: Perspectives on the Terrestrial Organic Matter Transport and Butial along the Land.Deep Sea Continuum: Caveats in Our Understanding of Biogeochemical Processes and Future Needs, *Frontiers in Marine Science*, Vol 3. P 3.

Karmellos, M., a kol., 2016: A decomposition analysis of the driving factors of CO₂ emissions from the power sector in the EU countries. *Energy* Vol 94. P 680-692.

Keith, D. W., 2000: Geoengineering the Climate: History and Prospect, *Annual Reviews* Vol 25. P 245-284.

Khojasteh, D., a kol., 2021: Sea level rise impacts on estuarine dynamics: A review. *Science of the Total Environment* Vol 780.

Klein, R. J. T., a kol., 2005: Integration mitigation and adaptation into climate and development policy: three research questions. *Environmental Science & Policy* Vol 8 Issue 6. P 579-588.

Konstadinos, A., a kol., 2015: The implications of food waste generation on climate change: The case of Greece. *Sustainable Production and Consumption* Vol 3 Issue 1. P 8-14.

Kyuper, J., a kol., 2018: The Evolution of the UNFCCC. *Annual Review of Environment and Resources* Vol 43 Issue 1. P 343-368.

Lagomarsino, A., Agnelli, A.E., Pastorelli, R., Pallara, G., Rasse, D.P. & Silvennoinen, H. (2016) Past water management affected GHG production and microbial community pattern in Italian rice paddy soils. *Soil Biology & Biochemistry*. Vol 93. P. 17–27.

Lamarche-Gagnon a kol., 2019: Greenland melt drives continuous export of methane from the ice-sheet bed. *Nature* Vol 565. P 73-77.

Langenbrunner, B., 2019: In models we trust. *Nature Climate Change* 8. vydání. P. 577–578.

Laukkonen, J., a kol., 2009: Combining climate change adaptation and mitigation measures at the local level. *Habitat International* Vol 33 Issue 3. P 287-292.

Lawrence, D. a Vandecar, K., 2015: Effects of tropical deforestation on climate and agriculture, *Nature Climate Change* Vol 5. P 27-36.

Le Quéré a kol., 2020: Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nature Climate Change* 10. vydání. P. 647-653.

Liobikiene, G. a Butkus, M., 2017: The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris agreement climate policy. *Renewable Energy* Vol 106. P 298-309.

Liu, X., a kol., 2008: Regional news portrayals of global warming climate change. *Environmental Science & Policy* Vol 11 Issue 5. P 379-393.

Long, S., a kol., 2010: Climate Justice Inside and Outside the UNFCCC: The Example of Redd. *The Journal of Australian Political Economy* Vol 66. P 222-246.

Macdonald, G. J., 1988: The Association for Public Policy Analysis and Management: Scientific basis for the greenhouse effect, *Wiley* Vol 7 Issue 3. P 424-444.

MacMartin, D. G., a kol., 2018: Solar geoengineering as part of an overall strategy for meeting the 1.5°C Paris target. *Philosophical Transactions A* Vol 376. P 2-19.

Mathy, S., a kol., 2018: After the Paris Agreement: Measuring the Global Decarbonization Wedges From National Energy Scenarios. *Ecological Economics* Vol 150. P 273-289.

Minx, J. C., a kol., 2018: Negative emissions—Part 1: Research landscape and synthesis. *Environmental Research Letters* Vol 13 Issue 6. P 63001.

- Mitchel J. F. B., 1989: The “Greenhouse” effect and climate change, *Reviews of Geophysics* Vol 27 Issue 1. P 115-139.
- Moezzi, M., a kol., 2017: Using stories, narratives, and storytelling in energy and climate change research. *Energy Research & Social Science* Vol 31. P 1-10.
- Naderipour a kol., 2020: Effect of COVID-19 virus on reducing GHG emission and increasing energy generated by renewable energy sources: A brief study in Malaysian context. *Environmental Technology & Innovation* Vol 20 Issue 101151.
- Oberthür, S. a Groen, L., 2018: Explaining goal achievement in international negotiations: the EU and the Paris Agreement on climate change. *Journal of European Public Policy* Vol 25 Issue 5. P 708-727.
- Peters, G. a kol., 2011: Rapid Growth in CO₂ Emissions after the 2008–2009 Global Financial Crisis. *Nature Climate Change* Vol 2 Issue 1. P 2-4.
- Pielke, R. A., 1998: Rethinking the role of adaptation in climate policy. *Global Environmental Change* Vol 8 Issue 2. P 159-170.
- Pond, R., a kol., 2017: Equitable mitigation to achieve the Paris Agreement goals. *Nature Climate Change* Vol 7. P 38-43.
- Praire, Y. T a Duarte, C. M., 2007: Direct and indirect metabolic CO₂ release by humanity. *Biogenosciences* Vol 4 Issue 2. P 215-217.
- Pytan, A., Griffith, M. E., Eisenhauer, A., Hain, P. M., Wallmann, Klaus., Ridgwell, A., 2021: A 35-million-year record of seawater stable Sr isotopes reveals a fluctuating global carbon cycle. *Science* Vol 371, Issue 6536. P. 1–17.
- Ramaswamy, V., a kol., 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis*, Cambridge University Press. P 349-417.
- Renault, C., a kol., 2009: The Molten Salt Reactor (MSR) in generation 4: overview and perspectives. *INIS*. P 192-201.
- Rosen, A. M., 2015: The Wrong Solution at the Right Time: The Failure of the Kyoto Protocol on Climate Change. *Politics & Policy* Vol 43 Issue 1. P 30-58.

Rueda, O., a kol., 2021: Negative-emissions technology portfolios to meet the 1.5 °C target. *Global Environment Change* Vol 67.

Savaresi, A., 2015: The Paris Agreement: a new beginning?. *Journal of Energy and Natural Resources Law* Vol 34 Issue 1. P 16-26.

Slingo, J., 2017: The Evolution of Climate Science: A Personal View from Julia Slingo. *WMO Bulletin* Vol 6, Issue 1. P 16-23.

Smith L.V., a kol., 2021: Assessing the impact of COVID-19 on global fossil fuel consumption and CO₂ emissions. *Energy Economics*. Vol 97, Issue 105170. P. 1–19.

Soest, H., a kol., 2017: Low-emission pathways in 11 major economies: comparison of cost-optimal pathways and Paris climate proposals. *Climate Change* Vol 142 Issue 3-4. P 491-504.

Subramanian, R. a kol., 2015: Methane Emissions from Natural Gas Compressor Stations in the Transmission and Storage Sector: Measurements and Comparisons with the EPA Greenhouse Gas Reporting Program Protocol. *Environ. Sci. Technol.* Vol 49 Issue 5. P 3252-3261.

Sugavara a kol., 2021: Anthropogenic CO₂ Emissions Changes in an Urban Area of Tokyo, Japan, Due to the COVID-19 Pandemic: A Case Study During the State of Emergency in April–May 2020. *Geophysical Research Letters* Vol 48 Issue 15.

Tolliver, C., a kol., 2019: Green bonds for the Paris agreement and sustainable development goals. *Environmental Research Letters* Vol 14 Issue 6. P 2-15.

Townshed, T., a kol., 2013: How national legislation can help to solve climate change. *Nature Climate Change* Vol 3. P 430-432.

Vaughan, N. a Lenton, M. T., 2011: A review of climate geoengineering proposals. *Climate Change* Vol 109. P 745-790.

Wang, F., a kol., 2021: Technologies and perspectives for achieving carbon neutrality. *The Innovation* Vol 2 Issue 4. P 5-6

Wang, J., a kol., 2019: Current status and prospects of research on comprehensive utilization of nuclear energy. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences* Vol 34. P 460-468.

Zillman, W. J., 2009: A history of climate activities, WMO Bulletin Vol 58, Issue 3. P 141-150.

7.3 Knihy

Benešová, M., 2002: Odmaturuj z chemie. Didaktis. Brno, 192 s.

Crippa, M., a kol., 2021: GHG emissions of all world countries. Publications Office of the European Union. Luxembourg, 263 s.

Hache, E., a kol., 2015: Decarbonization Wedges Report. French National Alliance for Energy Research Coordination. Paříž, 56 s.

Houghton, J. T., 1992: Climate Change 1992. Cambridge University Press. Cambridge, 212 s.

Houghton, J.T., 2009: Global Warming: The Complete Briefing. Cambridge University Press. Cambridge, 454 s.

IPCC, 2019: Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 874 s.

IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 765 s.

Kanagawa, Y., 2019: Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition). Elsevier. Amsterdam. 4884 s.

Landsberg, H., 1945: Handbook of Meteorology. F.A. Berry, E. Bollay and N.R. Beers (Eds), London, 1116 s.

Moldan, B., 2020: Životní prostředí v globální perspektivě. Karolinum., Praha, 234 s.

MŽP, 2020: Zpráva o životním prostředí 2020. Ministerstvo životního prostředí. Praha, 304 s.

Pařížská dohoda k Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu v platném znění, 2015. Organizace spojených národů. Paříž, 16 s.

Polletta, F., 2006: It Was Like a Fever. Storytelling in Protest and Politics. University of Chicago Press. Chicago, 256 s.

Seinfeld, J. H. a Pandis, S. N., 2006: Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change. Wiley-Interscience. New Jersey, 1152 s.

The United States of America: Nationally Determined Contribution, 2021: Reducing Greenhouse Gases in the United States: A 2030 Emissions Target. Washington, D.C., 24 s.

UN Climate Change Conference UK 2021, 2021: COP26 The Glasgow Climate Pact. United Nations Climate Change. Glasgow, 28 s.

UNEP, 2018: United Nations Environment Programme: The Emissions Gap Report 2018. Nairobi. Kenya, 112 s.

UNEP, 2021: United Nations Environment Programme: The Emissions Gap Report 2021. Nairobi. Kenya, 112 s.

Walsh, c. L., a kol., 2013: Climate Change and Agriculture in the United States: Effects and Adaptation. USDA Technical Bulletin 1935. Washington, DC., 186 s.

Warrick, R. A. a Oerlemans, J., 1990: Sea level rise. Cambridge University Press. Cambridge, 257 s.

8. Seznam obrázků

Obrázek 1 Dopad fosilního uhlíku a změny krajiny na atmosféru	5
Obrázek 2 - Emise CO ₂ podle sektorů	13
Obrázek 3 Nárůst globálních emisí CO ₂ z fosilních paliv	14
Obrázek 4 - Křivka emisí CO ₂ po dekáдах	15
Obrázek 5 - Průměrná hladina moří v mm (1880 - 2020)	18
Obrázek 6 - Změna pH v důsledku zvyšování koncentrace CO ₂ v Tichém oceánu od roku 1958 do 2021	20
Obrázek 7 Scénáře budoucího oteplování	23
Obrázek 8 Roční emise CO ₂ dle různých scénářů	24

9. Seznam tabulek

Tabulka 1 Přehled zmíněných plynů, jejich původ a setrvání v atmosféře	8
--	---

