

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Pedagogická fakulta

Katedra biologie

Bakalářská práce

**ZDRAVOTNÍ RIZIKA ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ NA PŘÍKLADU MĚSTA
OLOMOUC**



Andrea Bartošová

Olomouc 2021

Vedoucí práce: RNDr. Dagmar Vašutová, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracovala samostatně a použila jen prameny uvedené v seznamu literatury. Souhlasím, aby tato práce byla uložena na Univerzitě Palackého v Olomouci v knihovně Pedagogické fakulty a zpřístupněna ke studijním účelům.

V Olomouci dne

.....

Podpis

Poděkování

Mé poděkování patří především RNDr. Dagmar Vašutové, Ph.D za její odborné vedení a cenné rady při psaní této práce, ale také za trpělivost. .

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá zdravotními riziky, která jsou spojené se znečištěním ovzduší v Olomouckém kraji a na Olomoucku samotném. Cílem práce je seznámit čtenáře se složením atmosféry a znečišťujícími látkami, které se zde vlivem antropogenní činnosti vyskytují. Dále také stručně vysvětlit čtenáři platnou legislativu, podle které se chrání ovzduší před znečišťujícími látkami. V neposlední řadě i stručně zanalyzovat hodnoty znečištění na Olomoucku a v celém Olomouckém kraji. Na závěr bych ráda také zmínila informace, které se týkají pandemie COVID-19, která ve světě propukla v roce 2020.

Klíčové pojmy:

Znečištění ovzduší

Imise

Emise

Skleníkový efekt

Ozon

Smog

COVID-19

Summary

This bachelor thesis deals with health risks that are associated with air pollution in the Olomouc region and in the Olomouc town. The aim of this work is to inform the readers with the composition of the atmosphere and pollutants that occur here due to anthropogenic activity. Furthermore, the other goal is to briefly explain to the reader the current legislation, which protects the air from pollutants. Also, I would like to briefly analyze the values of pollution in the Olomouc region and in the entire Olomouc region. Finally, I focused on how the COVID-19 pandemic affected air quality around the world.

Key words:

Air pollution

Air pollutants

Emission

Greenhouse effect

Ozone

Smog

COVID-19

OBSAH

1. ÚVOD	6
2. CÍLE	8
3. ATMOSFÉRA A JEJÍ CHEMICKÉ SLOŽENÍ.....	9
3.1. SLOŽENÍ	9
3.2. POHYBY VYBRANÝCH PRVKŮ V ATMOSFÉŘE	10
3.2.1. KYSLÍK	10
3.2.2. DUSÍK.....	11
3.2.3. UHLÍK.....	13
3.2.4. SÍRA	13
3.2.5. VODÍK	14
3.3.1. OXID UHLIČITÝ	15
3.3.2. OXIDY DUSÍKU	16
3.3.3. OXID SIŘIČITÝ	16
3.3.4. SIROVODÍK	17
3.3.5. AMONIAK.....	17
3.4. SKLENÍKOVÉ PLYNY	17
3.4.1. SKLENÍKOVÝ EFEKT	17
3.5. OZON.....	19
3.6. SMOG	20
4. LEGISLATIVA.....	21
4.1. ZÁKON O OCHRANĚ OVZDUŠÍ	21
4.2. MEZINÁRODNÍ ÚMLUVY A DOHODY	21
4.2.1. RÁMCOVÁ ÚMLUVA O ZMĚNĚ KLIMATU	22
4.2.2. KJÓTSKÝ PROTOKOL	23
4.2.3. PAŘÍŽSKÁ DOHODA	23
5. ZDRAVOTNÍ RIZIKA	25
5.1. KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE.....	25
5.2. KVALITA OVZDUŠÍ NA OLOMOUCKU A V OLOMOUCI	27
5.3. PŘÍKLADY ZDRAVOTNÍCH RIZIK	32
5.3.1. KARDIOVASKULÁRNÍ ONEMOCNĚNÍ.....	34
5.3.2. KARCINOGENNÍ ONEMOCNĚNÍ.....	35
5.3.3. ONEMOCNĚNÍ DÝCHACÍ SOUSTAVY	35
5.3.4. DERMATOLOGICKÉ ONEMOCNĚNÍ	36
6. JAK COVID-19 OVLIVŇIL KVALITU OVZDUŠÍ VE SVĚTĚ.....	38
7. ZÁVĚR.....	40

1. ÚVOD

Tématem mé bakalářské práce jsou zdravotní rizika spojená se znečišťováním ovzduší. Danou problematiku posuzuji nejen z obecného pohledu, ale zejména z pohledu na Olomoucký kraj a město Olomouc.

Ovzduší je směs plynů, která tvoří atmosféru, tedy vzdušný obal Země. Je tvořena prvky a sloučeninami prvků. Prvky obsažené v ovzduší jsou biogenní, tedy významné pro život. Složení atmosféry je jedinečné a umožňuje existenci života na planetě Zemi. Vývoj lidské společnosti a činnost člověka s sebou nese významné technologické změny, které na jedné straně usnadňují život a vedou ke zvyšování obecné životní úrovně. Na straně druhé, ale vedou ke znečišťování životního prostředí – znečišťování ovzduší nevyjímaje. Vypouštění znečišťujících nebo dokonce škodlivých látek následně vede k různým zdravotním problémům a onemocněním nejen lidstva, ale v podstatě všeho živého na planetě.

Toto téma jsem si vybrala hlavně z toho důvodu, že ovzduší je všude kolem nás. Lidé by měli být lépe informovaní o tom, jaký vzduch a v něm obsažené látky dýchají. Zda to, co vdechují, je bezpečné a jak se kvalita vdechovaného vzduchu v čase mění. V návaznosti na to je důležité budovat povědomí o tom, jaká opatření jsou platná v oblasti ochrany ovzduší a jak je případně doplňovat nebo zpříšňovat, aby byla zachována možnost dalšího života na Zemi pro budoucí generace.

Široká veřejnost obecně má, podle mých zkušeností, málo informací o tom, jaké problémy může znečištěné ovzduší působit. Velice často si veřejnost neuvědomuje, jak fatální mohou být důsledky. Podle mého názoru je problém v tom, že znečišťování ovzduší je pozvolná, často okem nezaznamenaná záležitost, která ale svým dlouhodobým působením vede k dramatickým zdravotním problémům.

Zajímavá je celá problematika i z aktuálního pohledu. Již zhruba rok a půl se postupně celý svět potýká s onemocněním COVID-19, jehož původcem je koronavirus SARS-CoV-2. Šíření této nemoci dosáhlo pandemického charakteru. Jedním z celosvětově uznávaných opatření proti šíření tohoto viru byla minimalizace osobních kontaktů, což vedlo v mnoha zemích světa k různě silným restrikcím, včetně omezení pohybu, uzavírání pracovišť atd. S ohledem na kvalitu ovzduší tato nemoc, která způsobila celosvětově miliony úmrtí, má pozitivní vliv na snížení znečištění životního prostředí, včetně ovzduší.

Má bakalářská práce je rešeršního charakteru a jejím hlavním cílem je poukázat na problematiku znečišťování ovzduší, zdůraznit nemoci a zdravotní komplikace v důsledku

tohoto znečišťování. V neposlední řadě analyzuji hodnoty znečištění a zejména vývoj těchto hodnot v čase na území Olomouckého kraje a samotného města Olomouc.

V kapitole týkající se vývoje kvality ovzduší v Olomouckém kraji se pokusím analyzovat a srovnat vývoj relevantních dat z let 2018 a 2019. Cílem je zhodnotit, zda vývoj na základě měřených a zveřejňovaných dat směřuje pozitivním či negativním směrem a zda se míra škodlivých látek v ovzduší Olomoucka snižuje či bohužel stále zvyšuje.

Přestože má práce neobsahuje praktickou část, stanovila jsem si určité hypotézy, které bych v rámci své bakalářské práce ráda potvrdila či vyvrátila. Všechny se týkají hodnocení kvality ovzduší na Olomoucku. Hypotéza č.1 se týká hodnot imisního limitu s přízemním ozónem na území Olomouckého kraje. Očekávám, že po oba hodnocené roky, tedy 2018 a 2019, budou tyto hodnoty vysoce nad úrovní 50 % rozlohy kraje. Hypotéza č.2 se týká vazby regionů a znečištění. Předpokládám, že největší koncentrace znečišťujících látek se vyskytuje v jižní části Olomouckého kraje. Hypotéza č.3 se zabývá klesající tendencí koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) díky dlouhodobě zaváděným opatřením. Tato klesající tendence se projeví i v rámci zkoumaného kraje.

2. CÍLE

Cílem bakalářské práce je analýza rizik a zhodnocení zdravotních důsledků vyplývajících ze znečištěného ovzduší v rámci města Olomouc. Práce se opírá o celkovou charakteristiku stavu ovzduší v ČR, identifikaci nejběžnějších polutantů jednotlivých typů smogu a platnou legislativu v dané oblasti. Podstatnou část práce tvoří analýza aktuálních statistických dat dostupných např. z Ministerstva životního prostředí ČR, Českého hydrometeorologického ústavu, Státního zdravotního ústavu ČR, Krajské hygienické stanice Olomouckého kraje, Statutárního města Olomouc. Součástí práce jsou rovněž informace o možnostech realizace principů udržitelného rozvoje a konkrétních aktivitách či opatřeních přijatých městem ve vztahu ke zlepšení stavu ovzduší. V neposlední řadě je cílem, i když neplánovaným, popsat vliv COVID-19 na ovzduší.

3. ATMOSFÉRA A JEJÍ CHEMICKÉ SLOŽENÍ

3.1.SLOŽENÍ

Zemská atmosféra je směs různých plynů, vodních par, přičemž obsahuje i kapalně a pevné částice. V atmosféře se procentuální zastoupení většiny plynů do výšky 100 km v podstatě nemění. Výjimku představuje oxid uhličitý. Jeho procentuální zastoupení se v atmosféře mění v prostoru a v čase. Příkladem je to, že přes den je oxidu uhličitého méně než v noci a podobné je to i s jeho výskytem, kdy nad hladinou moře je zastoupení oxidu uhličitého menší než nad souší.

Zemská atmosféra je definována i atmosférickým tlakem. Atmosférický tlak je vytvářen působením zemské atmosféry a vzduch, který se nachází ve spodních vrstvách, je tlačěn dolů tíhou vzduchu, který leží ve vyšších vrstvách. Můžeme tedy říci, že nejvyšší atmosférický tlak se nachází v blízkosti zemského povrchu a nejnižší se vyskytuje naopak ve vyšších vrstvách (Keder 2013/Vysoudil 2004).

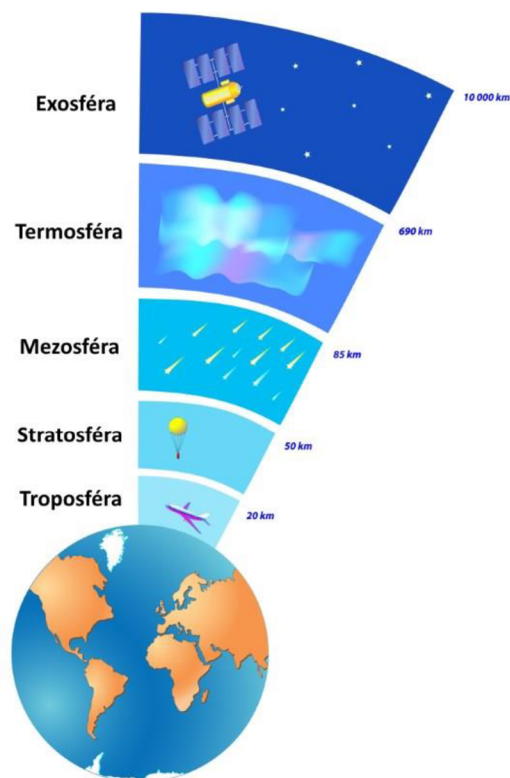
Zemskou atmosféru lze rozdělit do 3 kvalitativních složek z hlediska složení:

1. Největší zastoupení v atmosféře mají plynné částice. Atmosféra je tvořena směsí plynů, které se při běžném tlaku a teplotě dají považovat za termodynamicky ideální. Hlavními plyny jsou dusík (cca 78 objemových procent) a kyslík (cca 21 objemových procent). Složení této atmosféry se prakticky nemění až do výše 90-100 km.
2. Další složkou vyskytující se v atmosféře je voda, která se objevuje ve všech třech skupenstvích jako vodní pára, vodní kapky či jako ledové částice.
3. Poslední složkou atmosféry jsou příměsi aerosolové povahy a různé znečišťující příměsi. Aerosol je heterogenní směs kapalin či pevných látek volně rozptýlených v plynu. Znečišťujícími příměsemi jsou většinou prachové a půdní částice, vulkanický popel, krystalky mořských solí, pylová zrna, bakterie, výtrusy, ale i kosmický prach, který pronikl do zemského ovzduší.

Látky v ovzduší, které nepatří mezi zdroje antropogenního charakteru, se dají rozdělit do 3 skupin: atmosférické, biologické a geochemické. Pokud jsou látky generovány fyzikálně-chemickými pochody, tak patří mezi zdroje atmosférické. Naopak u zdrojů geochemických a

biologických vstupují látky do atmosféry přes rozhraní rezervoáru (zásobníku)¹. Mezi nejdůležitější atmosférické zdroje patří produkce kyslíku a oxidu uhličitého, které vznikají při fotosyntéze a respiraci živých organismů (Braniš, Hůnová 2011).

Obrázek 1.: Stavba atmosféry



Zdroj: <https://www.meteocentrum.cz/encyklopedie/vertikalni-cleneni-atmosfery-zeme>

3.2. POHYBY VYBRANÝCH PRVKŮ V ATMOSFÉŘE

Tyto vybrané prvky v atmosféře patří mezi významné biogenní prvky. Jsou to prvky nezbytné pro život na zemi (Braniš, Hůnová 2011). Všechny uvedené prvky vstupují do důležitých biochemických cyklů (tzv. koloběhů), kdy se v určité části těchto cyklů vyskytují mimo jiné i v atmosféře. Biochemické cykly probíhají v abiotických prostředích planety, kterými jsou atmosféra, hydrosféra, pedosféra a litosféra a mezi biotickým prostředím planety (biosférou) (Townsend, 2010).

3.2.1. KYSLÍK

Kyslík (O) je nejvíce zastoupený prvek v zemské kůře a plášti, v biomase a hydrosféře. Je to plyn bez barvy, zápachu a chuti a ve vodě je málo rozpustný. V atmosféře je jeho

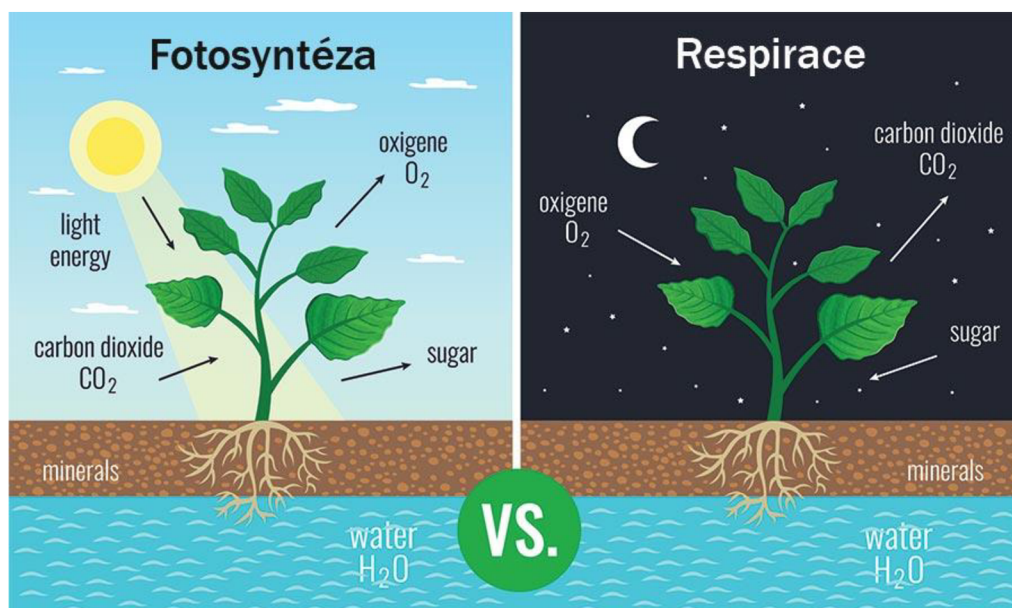
¹ Rezervoár – prostor, do kterého vstupují různé chemické látky nebo v něm vznikají z různých zdrojů.

procentuální zastoupení 21 %, a to především v podobě dvouatomové molekuly O_2 . Je to výjimečný prvek z hlediska výskytu v živém i neživém světě. Kyslík vstupuje do dvou nejdůležitějších procesů probíhajících u všech organismů, kterými jsou fotosyntéza a dýchání. Kyslík v atmosféře je chemicky reaktivní (to znamená, že dokáže změnit chemickou strukturu), pokud ke kyslíku přidáme hydroxylový radikál OH^\bullet , tak bude odpovídat za celkový oxidační charakter ovzduší.

Ve stratosféře se nevyskytuje jen O_2 . Přítomný je také reaktivní atomární kyslík O , triatomický ozon O_3 a také kyslík v iontové formě (O^+ , O^{2+}). V ozonospéře a vyšších vrstvách stratosféry se ve vyšších koncentracích vyskytují O a O_3 .

Zdrojem kyslíku v atmosféře je fotosyntéza mořského fytoplanktonu a suchozemských zelených rostlin. Obsah kyslíku je proměnlivý. Nejvíce se vyskytuje tam, kde nalezneme velké množství zelených rostlin nebo mořského fytoplanktonu (Braniš, Hůnová 2011/Nedoma 2001).

Obrázek 2.: Fotosyntéza



Zdroj: <https://www.radyzezivota.cz/fotosynteza-a-dychani/>

3.2.2. DUSÍK

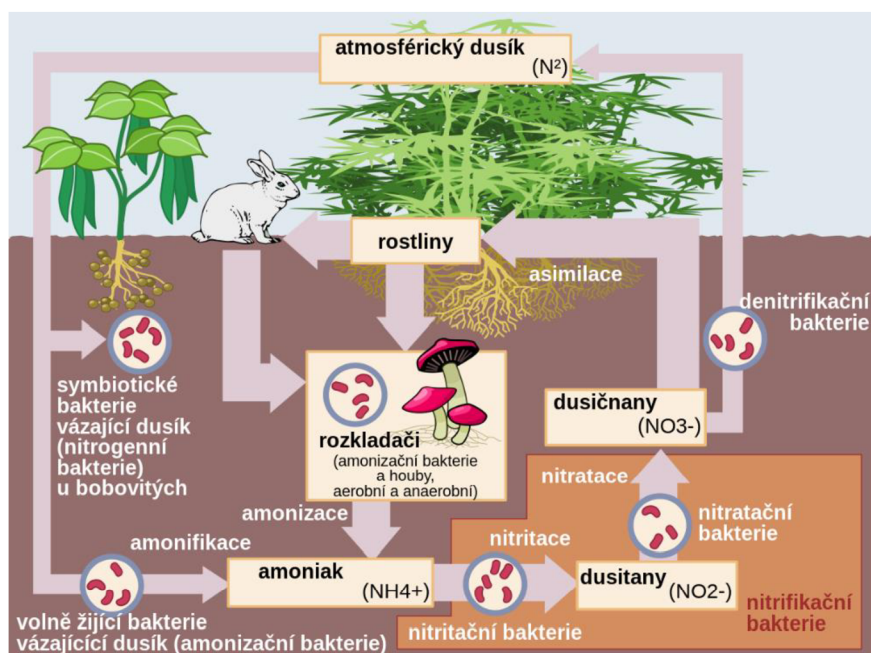
Dusík (N) je stálý plyn v atmosféře. Vyskytuje se zde jako volný plyn průměrně v 78,1 %. Dále se dusík může vyskytovat vázaný v organických a anorganických sloučeninách. Dusík je biogenní plyn bez barvy, chuti a zápachu. Tento plyn je v atmosféře stálý a málo reaktivní, protože vytváří stabilní dvouatomové molekuly N_2 (Kulveitová 2007).

Dusík se v atmosféře vyskytuje nejen jako dvouatomová molekula N_2 , ale najdeme ho v řadě sloučenin, a to s různým oxidačním číslem. Příkladem toho může být amoniak NH_3 , či řada oxidů dusíku, nejčastěji NO , NO_2 obecně označovány jako NO_x . Oxidy dusíku i samotný dusík se dostávají do atmosféry pomocí procesu zvaný denitrifikace. Tento proces spočívá v redukci dusičnanů a probíhá v oceánech a v půdě. Dalším zdrojem dusíku je antropogenní činnosti (tedy činnost způsobená člověkem). Tyto formy dusíku jsou převážně považovány za polutanty. Mezi přirozený zdroj oxidů dusíku patří oxidace atmosférického amoniaku, vulkanická činnost, denitrifikace způsobená mikroorganismy. Dusičnany také mohou reagovat se srážkami a způsobit potíže ve formě kyselých dešťů, které způsobují další problémy v životním prostředí.

Redukovanou formou dusíku, který má zásaditý charakter, je amoniak (NH_3). Amoniak vzniká pomocí rozkladu organických látek, které obsahují dusík, a také rozkladem bílkovin způsobeným bakteriemi (Braniš, Hůnová 2011).

Dusík je jeden z biogenních prvků, a proto ho organismy potřebují k životu. Především pro rostliny je dusík limitujícím faktorem růstu. V řadě případů nemůže být asimilován organismy přímo. Tento prvek musí být nejprve vázán v minerální formě, kdy je v kombinaci s jiným prvkem. Půdní organismy váží dusík nejčastěji, z nich poté vytvoří amonné a dusičnanové ionty. Rostliny tento vázaný dusík dokáží přijmout a vytvořit z něj aminokyseliny. Existují i případy, kdy rostlinám v příjmu dusíku pomáhají specifické bakterie (tzv. hlízové bakterie) (Ahern 2003).

Obrázek 3.: Koloběh dusíku na Zemi



Zdroj:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_dus%C3%ADku#/media/Soubor:Nitrogen_cycle_cs.svg

3.2.3. UHLÍK

Uhlík (C) je prvek, který se v atmosféře vyskytuje v malém množství, které činí 0,0354 %. Uhlík, ale dokáže tvořit více jak 18 milionů sloučenin. Hlavními sloučeninami uhlíku jsou oxid uhličitý (CO₂), uhlovodík metan (CH₄) a oxid uhelnatý (CO). Oxid uhličitý se v atmosféře vyskytuje nejenom díky antropogenní činnosti, ale také díky oxidaci všech přirozených plynných sloučenin uhlíku, kdy je uhlík přeměněn na CO₂ (tomuto oxidu se podrobně věnují v kapitole 3.3.1.) (Braniš, Hůnová 2011/Flemer 2001).

Uhlík je důležitý plyn pro biologické procesy. Tyto procesy se liší rychlostí a intenzitou. Z nejrychlejších procesů, kterých se uhlík účastní, je fotosyntéza a respirace (Aktuální otázky znečištění ovzduší 2003).

3.2.4. SÍRA

Síra (S) se v atmosféře vyskytuje v plynném stavu. Sloučeniny mohou mít různá oxidační čísla, a to II, IV a VI. Nejhojnější koncentraci v atmosféře má sulfan (H₂S), který je plynný a má největší koncentraci ppb². Dále organické sloučeniny, mezi které patří dimetylsulfid ((CH₃)₂S) a dimetyldisulfid ((CH₃)₂S₂). V neposlední řadě sem patří také oxid

² Ppb – parts per billion, počet dílů na jednotku bilion.

siřičitý (SO_2). Síra je obsažena i ve formě aerosolů, které obsahují soli. Tyto soli jsou ve formě síranových aniontů, kdy nejčastějším je hydrogensíran amonný (NH_4HSO_4).

Sloučeniny síry jsou ukládány do zemského povrchu. Dále jsou redukovány na plynný sulfan, a to pomocí bakterií v anaerobním prostředí (bažiny, mokřady, mělké vodní nádrže a půda). Tento sulfan se dále uvolňuje do ovzduší. Jeho množství v atmosféře je pouze stopové, a i velmi malé množství zapáchá. V atmosféře vydrží velmi krátkou dobu, hodiny, maximálně dny.

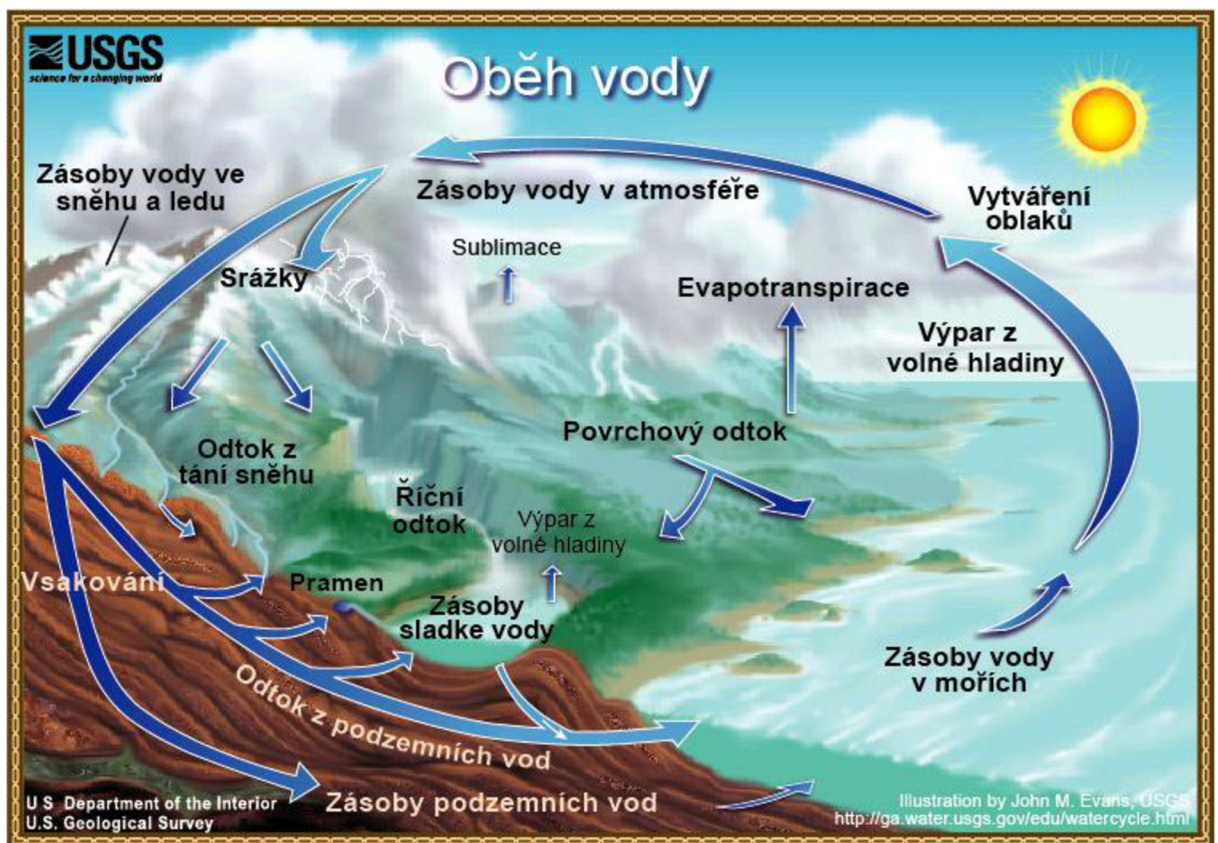
Největším zdrojem oxidu siřičitého je antropogenní činnost, zejména tedy spalování fosilních paliv. Přírodním zdrojem oxidu siřičitého je oxidace sulfanu nebo také vulkanická činnost. Tento zdroj je velmi malý (Braniš, Hůnová 2011/Šrámek 2000).

3.2.5. VODÍK

Vodík (H) byl poprvé pozorován a popsán v 16. a 17. století. Tento plyn je nejrozšířenějším prvkem ve vesmíru, kde se vyskytuje jako dvouatomová molekula H_2 . Díky malé velikosti a nízké molekulové váze je vodík v atmosféře jako takové zastoupen málo, je až devátým nejrozšířenějším prvkem. Jako plyn uniká do vyšších sfér atmosféry a poté do vesmíru. Je ale hojný v řadě sloučenin (Greenwood 1993).

Vodík je plyn, který je bez barvy a je vázán v organických sloučeninách (převážně v uhlí, ropě a živých organismech) a v řadě anorganických sloučenin (například ve vodě). Voda je významná a nezbytná pro život na Zemi a je nejvýznamnější sloučeninou kyslíku a vodíku. (Kulveitová 2007/ Nedoma 2001).

Obrázek 4.: Koloběh vody na Zemi



Zdroj:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Kolob%C4%9Bh_vody#/media/Soubor:Watercycleczechhigh.jp

g

3.3.ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY

Znečišťující látky, které se nacházejí v atmosféře můžeme rozdělit do 2 hlavních skupin. A to na primární emise a imise. Emise jsou znečišťující látky, které jsou do ovzduší vypouštěny přímo ze zdrojů. Na rozdíl od toho jsou imise znečišťující látky, které v ovzduší reagují se dvěma nebo více dalšími látkami. Na této reakci se může podílet i UV záření. Imise jsou škodlivější než emise. Látky, které znečišťují ovzduší, jsou aerosolové částice a jemné prachové částice, sloučeniny uhlíku, dusíku a síry, a také radioaktivní látky. Mezi nejznámější imisní látky patří smog (Bracko, Symon 1988).

3.3.1. OXID UHLIČITÝ

Oxid uhličitý (CO_2) je plyn bez chuti a zápachu, ale při větších koncentracích v atmosféře může mít i slabě nakyslou chuť. Vyskytuje se v nižších místech, jako jsou například jeskyně, a to z jednoduchého důvodu. Oxid uhličitý je těžší než vzduch. CO_2 patří mezi běžné

plyny v atmosféře, jeho procentuální zastoupení je průměrně 0,038 %, ale v důsledku emisí (zejména průmyslových) se jeho procentuální zastoupení stále zvyšuje.

Oxid uhličitý vzniká při spalování paliv, kdy reaguje uhlík s kyslíkem. Většinou je to hořením oxidu uhelného nebo organických látek, jako například methanu. Tyto reakce jsou doprovázeny uvolňováním poměrně velkým množstvím tepla.

Přestože je tento plyn nebezpečný pro život, tak je i nepostradatelnou součástí pro existenci na naší planetě. Ze zdravotního hlediska je ve vyšších koncentracích až smrtelný, protože se v krvi váže na hemoglobin, a tím vytěsňuje kyslík, který se pak těžko dostává do mozku a tkání. Pokud by ovšem atmosféra neobsahovala oxid uhličitý, byla by průměrná teplota na Zemi kolem $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$. CO_2 je totiž důležitým skleníkovým plynem (Ochodek 2007).

3.3.2. OXIDY DUSÍKU

V atmosféře se vyskytuje 5 oxidů dusíku, z nichž je nejvýznamnější oxid dusičný (N_2O_5), který je agresivní, velmi jedovatý plyn. Co se týká antropogenní činnosti, tak oxid dusičný vzniká jako emise ze spalování fosilních paliv. A to z motorových vozidel, při vytápění, a také v elektrárnách. Při tomto spalování vzniká sice nejvíce oxidu dusného, ale ten je transformován na oxid dusičný.

Ve městech se průměrná hodnota oxidu dusičitého pohybuje v rozmezí $20\text{--}90\text{ }\mu\text{m}/\text{m}^3$. Ale koncentrace se liší v závislosti na denní době, ročním období a na meteorologických podmínkách.

V letních měsících se oxidy dusíku vyskytují v letním smogu, který se vyskytuje v městských oblastech. NO_x tvoří s vodou deště s nižším pH a tím se podílí na vzniku kyselých dešťů. Oxidy dusíku způsobují mnoho zdravotních rizik pro člověka. Způsobují hlavně změny ve funkčnosti plic u zdravých i astmatických pacientů, dále můžou způsobit změny v jiných orgánech, například v játrech, ve slezině a v krvi (Ochodek 2007).

3.3.3. OXID SIŘIČITÝ

Stejně jako u předchozích plynů, tak i oxid siřičitý (SO_2) vzniká při spalování paliv, které musí obsahovat síru (Ochodek 2007). Přítomností vody v atmosféře vznikaly tzv. kyselé deště, které byly v České republice poprvé popsány v druhé polovině 40. let 20. století, kdy docházelo k velkému poškození lesů v Krušných horách (Hruška, Kopáček 2009). V posledních 20 letech má oxid siřičitý tendenci vyskytovat se v nižších emisních hodnotách, a to především z důvodu změny používaných paliv a odsiřovacích technologií. Oxid siřičitý je

nebezpečný nejen pro člověka, ale i pro rostliny, jelikož reaguje s chlorofylem a narušuje tak průběh fotosyntézy. Můžeme tedy říct, že oxid siřičitý je pro rostliny toxický (Ochodek 2007).

3.3.4. SIROVODÍK

Sirovodík (H_2S) je velmi dobře rozeznatelný pomocí čichu. Náš smyslový orgán-čichové buňky – snadno rozpoznají zápach zkažených vajec, což je typické znamení pro výskyt zmíněného sirovodíku. Ten vzniká například při výrobě koksu, při extrakci síry a v ropných rafinériích. Je hlavní toxickou látkou, která se uvolňuje při chovu dobytka a to zejména z močůvky (Ochodek 2007).

3.3.5. AMONIAK

Dalším toxickým plynem v atmosféře je amoniak (NH_3). Amoniak vzniká při spalovacích procesech a při výrobě umělých zemědělských hnojiv a v atmosféře se vyskytuje v malém množství (Ochodek 2007).

3.4. SKLENÍKOVÉ PLYNY

Skleníkové plyny jsou plyny, které způsobují tzv. skleníkový efekt. Mezi skleníkové plyny patří různé plynné sloučeniny, které zároveň patří i mezi znečišťující látky. Nejznámějšími a nejdůležitějšími plyny jsou oxid uhličitý, oxid dusný, metan, chlorfluorované uhlovodíky a ozon, který si ale probereme v samostatné kapitole.

Oxid uhličitý je považován za nejdůležitější skleníkový plyn. Jeho hodnota se v roce 2003 pohybovala okolo 380 ppm^3 . Od průmyslové revoluce se hodnota zvýšila asi o 40 %. Tento oxid vzniká při spalování fosilních paliv, jeho množství závisí na tom, kolik uhlíku obsahuje palivo.

Oxid dusný (N_2O) vzniká v chemickém průmyslu a v zemědělství. Doba výskytu oxidu dusného v atmosféře se udává 150 let.

Dalším ze skleníkových plynů je metan, při jehož spalování vzniká i oxid uhličitý. Metan je druhým nejdůležitějším skleníkovým plynem. Tato sloučenina vzniká například při skládkování odpadů nebo při výrobě živočišných a rostlinných produktů (Kadrnožka 2006).

3.4.1. SKLENÍKOVÝ EFEKT

Planeta Země se chová podobně jako zahradní skleník. Díky slunečnímu záření se ohřívají předměty na povrchu a vyzařuje se množství dlouhovlnného záření. Toto záření je

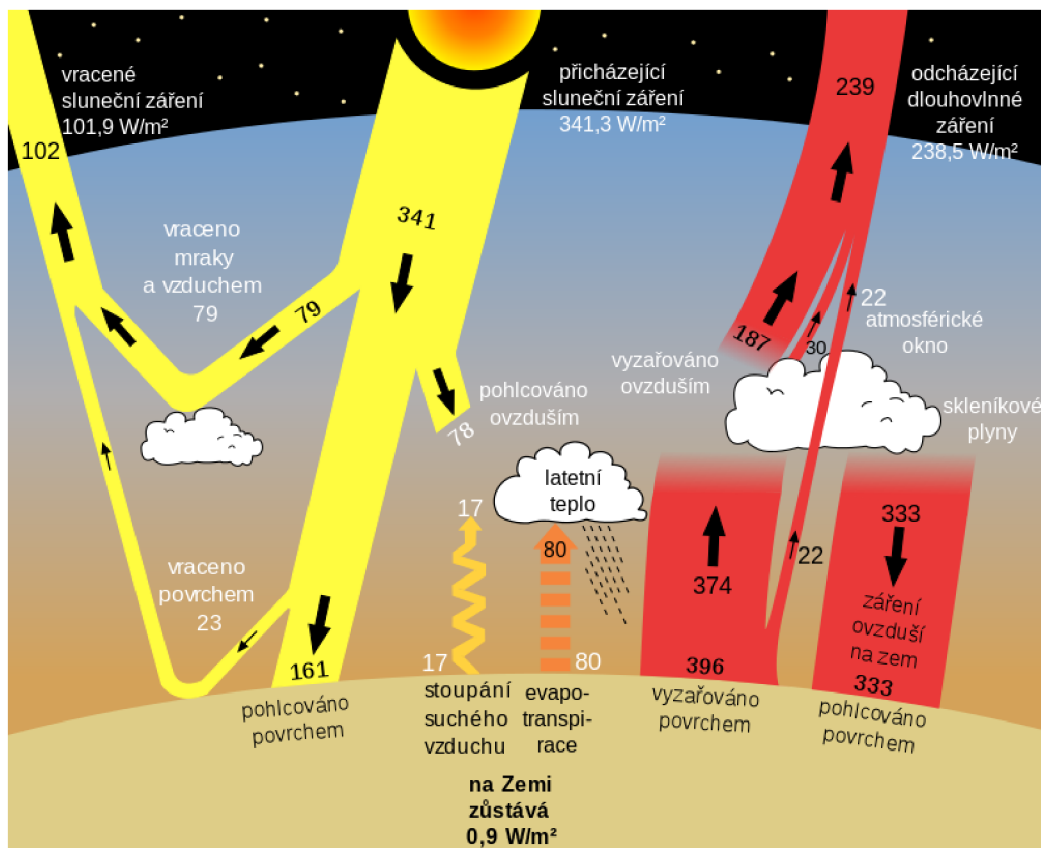
³ Ppm – parts per million. Tedy jedna miliontina.

pomocí skleníkových plynů zastaveno. Tím se zvyšuje celková teplota v zemské atmosféře. Tento efekt popsal badatel J.B.J. Fourier v 19.století.

Jak tedy vzniká skleníkový efekt? Slunce vyzařuje záření, kdy jedna část je odražená již před tím, než dopadne na povrch planety. Záření, které se dostane na povrch, je pohlceno nebo odraženo. Pokud je odraženo, jedná se o krátkovlnné záření. Poslední část záření se vyzařuje a mluvíme o dlouhovlnném záření. Tohle záření je pohlcováno a zastaveno o vrstvu skleníkových plynů, a tím ohřívá atmosféru.

Pozitivním vlivem skleníkového efektu je průměrná roční teplota kolem 15°C. Pokud by skleníkový efekt na zemi nebyl, tak by se teplota pohybovala pod bodem mrazu. A to by mělo za následek, že by život na planetě nebyl možný (Nátr 2006/ Schroederová a kol. 2019).

Obrázek 5.: Skleníkový efekt



Zdroj:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Sklen%C3%ADkov%C3%BD_efekt#/media/Soubor:Globalni_toky_energie_cs.svg

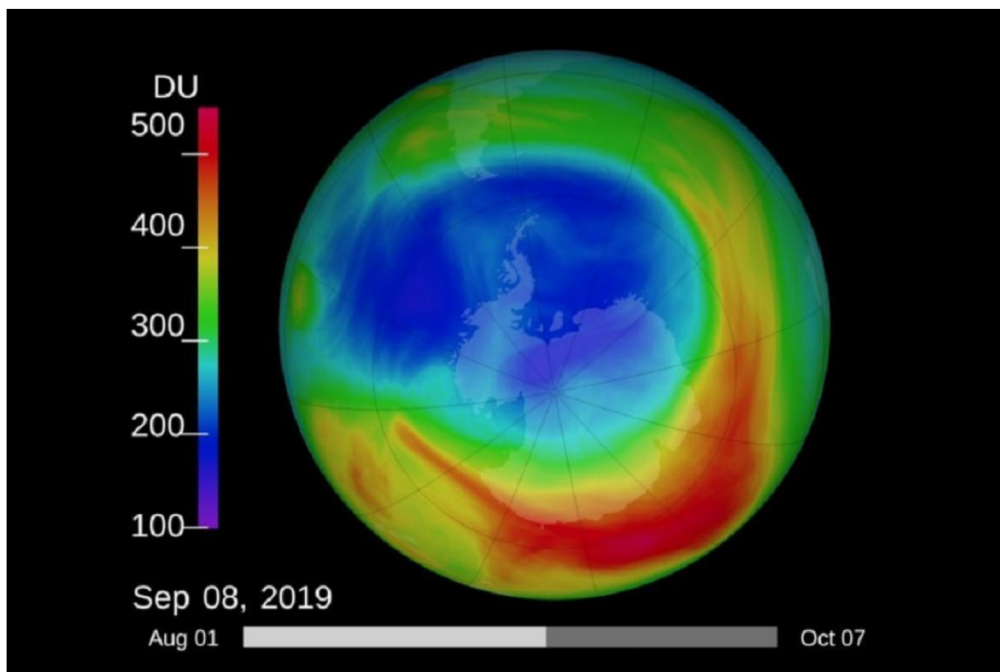
3.5.OZON

Stratosférický ozon a ozonová vrstva je důležitou součástí atmosféry. Obě tyto složky mají roční periodicitu a záleží hlavně na tloušťce ozonové vrstvy. Ozonová vrstva je důležitá pro faunu a flóru na planetě, protože chrání před ultrafialovým zářením, které je nebezpečné pro organismy. Tato vrstva se vlivem procesů zmenšuje nebo ztenčuje a vzniká i ozonová díra, která propouští ultrafialové záření na planetu. Hlavní příčinou ztenčování ozonové vrstvy bylo používání freonů, které byly ve většině zemí zakázány. Samotný ozón, ale i freony, patří mezi skleníkové plyny.

Na planetě se vyskytuje také přízemní ozon. U něj se bohužel neví úplně přesný původ. Vědci se přiklánějí k teorii, že pochází ze spalovacích motorů a následných emisí. Tento ozon se vyskytuje především v letních měsících ve městech s hustou automobilovou dopravou. Přízemní ozon má nepříznivý vliv na lidské zdraví. Proto se koncentrace přízemního ozonu měří. V České republice byly několikrát naměřeny hodnoty, které překročily přijatelnou hranici koncentrace (Kadrnožka 2008).

Ozonová vrstva je pod ochranou Vídeňské úmluvy a Montrealského protokolu hlavně proto, že v letech 1960-1985 prudce vzrostla spotřeba látek, které svým složením narušují ozonovou vrstvu. Látky, které narušují ozonovou vrstvu, jsou převážně látky patřící do skupiny tzv. freonů (organické látky obsahující alespoň dva vázané halogeny, jeden z nich musí být fluor) například chlorofluoruhlovdík (CFC), nebo hydrochlorofluoruhlovdík (HCFC) a také halonů (jednoduchých organických látek, které obsahují kromě jiných halogenů také fluor). Tyto látky jsou uvedeny v Montrealském protokolu z roku 1987. CFC se označují jako tvrdé freony, které se využívaly do chladících zařízení nebo jako rozpouštědlo. Na rozdíl od toho HCFC jsou měkké freony a jsou méně nebezpečnou látkou pro ozonovou vrstvu. Úplný zákaz těchto látek byl v roce 2015. Halony jsou látky, které se používají jako hasicí prostředky, jsou považovány za nejnebezpečnější látku pro ozonovou vrstvu. Tyto látky se do České republiky dovážely. Dovoz byl ale zakázán v roce 1995. Halony se používaly v požární technice (Achrer 2007/Müllerová 2009).

Obrázek 6.: Ozonová díra nad Antarktidou v roce 2019



Zdroj: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/2957294-ozonova-dira-je-nejmensi-v-dejinach-mereni-lidska-zasluga-ale-neni-rika-nasa>

3.6.SMOG

Pojem smog se do podvědomí lidí dostal hlavně v roce 1952. Odborníci ho použili pro pojmenování znečištění ovzduší ve velkých městech a v tomto roce konkrétně především v Londýně. Smog byl spojen s vysokou koncentrací oxidu siřičitého, tuhých částic a mlhy. Začalo se mu přezdívat londýnský smog nebo i redukční smog. Známe i zcela opačný smog, a to losangeleský smog neboli fotochemický či oxidační. Oba smogy mají odlišné podmínky vzniku a celkové charakteristiky (Müllerová 2009).

Redukční smog vzniká při nedokonalém spalování dřeva a uhlí a při rozsáhlé teplotní inverzi. Tento smog způsobuje onemocnění dýchacích cest. Jak jsem již zmiňovala, problémem tohoto smogu se zabývali v Londýně v roce 1952. Smog tam způsobil smrt mnoha starších lidí, kteří umírali na dýchací potíže. Fotochemický smog vzniká při spalování kapalných a plynných paliv při automobilové dopravě. Důležitý faktor pro vznik tohoto smogu je teplota mezi 25 až 30°C a sluneční záření, přesněji UV záření. Ze zdravotního hlediska má fotochemický smog vliv na osoby s plicními chorobami a kardiovaskulárními chorobami. Podle určitých studií má smog i negativní vliv na chování žáků ve škole, kdy může způsobit větší vzpurnost (Rosa 1994).

4. LEGISLATIVA

Kvalita ovzduší je sledována na národní i mezinárodní úrovni. Důvodem tohoto sledování kvality ovzduší je to, že ovzduší je jednou z nejdůležitějších složek v životním prostředí, bez kterého by nebyl život na Zemi.

Podle ministerstva životního prostředí se pojmu ochrana ovzduší rozumí tak, že je to snaha předcházet znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečištění tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší, snížení zátěže životního prostředí látkami vnášenými do ovzduší a poškozujícími ekosystémy a vytvoření předpokladů pro regeneraci složek životního prostředí (www.mzp.cz/ovzdusi).

4.1.ZÁKON O OCHRANĚ OVZDUŠÍ

Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší byl v České republice přijat dne 2.5.2012. Zákon o ochraně ovzduší implementuje předpisy Evropské unie a stanovuje úrovně znečištění ovzduší, posuzování úrovně znečištění a následné vyhodnocení. Dále také určuje nástroje, které napomáhají snižování znečištění a v neposlední řadě udává práva a povinnosti související s ochranou ovzduší. Tento zákon dále stanovuje imisní limity a případnou četnost jejich překročení, které jsou důležité pro orgány ochrany ovzduší. Dále určuje emisní limity a technické podmínky provozu.

Pro posuzování a vyhodnocování úrovně znečištění byly stanoveny zóny a aglomerace, ve kterých se posuzuje kvalita ovzduší. Kontrolním orgánem, který kvalitu posuzuje, je Ministerstvo životního prostředí. K hodnocení se používá stacionární měření, výpočet anebo jejich kombinace.

Ke snižování úrovně znečištění a znečišťování byl schválen vládou Národní program, který se zabývá snižováním emisí České republiky. Tento program se zpracovává a jednou za 4 roky se odesílá Evropské komisi. Pokud komise uzná, že nebyly splněny závazky, které by vedly ke snížení emisí a pokud je zde existence rizika nedodržování závazků, musí ministerstvo aktualizovat opatření a nástroje, které jsou obsaženy v národním programu, a to nejpozději do 18 měsíců od předložení nejnovější národní emisní inventury (www.mzp.cz/platnalegislativa).

4.2.MEZINÁRODNÍ ÚMLUVY A DOHODY

Mezinárodních úmluv na různá témata je mnoho, ale já se ve své práci zaměřím na úmluvy spojené s ovzduším. Pokud se zaměříme na to, čím se úmluvy týkající se ovzduší zabývají, jsou to většinou skleníkový efekt, snižování emisí, ochrana ozonové vrstvy. Úmluvy se sepisují na summitech.

Prvním velkým summitem byl summit v Rio de Janeiro v roce 1992, který byl zaměřen na přípravu Rámcové úmluvy o změně klimatu. Významnou roli při tvoření této úmluvy hrála skupina IPCC, kterou tvořila Organizace spojených národů, Program spojených národů pro životní prostředí a Světová meteorologická stanice. Rámcová úmluva o změně klimatu vstoupila v platnost v roce 1994. V tomto roce úmluvu ratifikovalo 50 států a dnes je ratifikována 160 státy.

Další významná konference probíhala v roce 1997 v japonském městě Kjóto. V tomto protokolu se země, které ho ratifikovaly, zavázaly ke snížené produkci oxidu uhličitého, metanu a oxidu dusného do roku 2010. Toto snížení by mělo být o 5,3 % ve srovnání s rokem 1990. Ale v roce 2012 byl schválen dodatek, který má za úkol do roku 2020 snížit emise skleníkových plynů o 20 % v porovnání s rokem 1990. Kjótský protokol měl ale jednu podmínku své platnosti, a to, že musel být ratifikován nejméně 55 státy, které produkují nejméně 55 % světového množství oxidu uhličitého. Zde se vyskytl problém s postojem určitých velkých zemí. Spojené státy americké, které jsou největším producentem emisí skleníkových plynů, Kjótský protokol neratifikovaly. V platnost tento protokol vstoupil v roce 2005 (Kadrnožka 2008).

4.2.1. RÁMCOVÁ ÚMLUVA O ZMĚNĚ KLIMATU

Tato úmluva byla přijata v Rio de Janiero v roce 1992 a v platnost vstoupila v roce 1994. Česká republika ji ratifikovala 7. 10. 1993. Cíle této úmluvy je dosažení stabilizace koncentrací skleníkových plynů v atmosféře. Tato koncentrace by měla být na úrovni, která by umožnila předejít nebezpečí na organismu. Úrovně by mělo být dosaženo až v takovém časovém intervalu, aby se ekosystémy přizpůsobily změně klimatu. Přitom nesmí být narušena produkce potravin a hospodářský rozvoj (www.unfccc.int/process-and-meetings).

Kterákoli země, která podepíše Rámcovou úmluvu o změně klimatu, se zaváže k tomu, že bude chránit klimatický systém kvůli tomu, aby zachovala planetu pro současné a budoucí generace lidstva. Dále by také měla učinit předběžné opatření k prevenci a minimalizaci příčin, které mohou vést ke změně klimatu a zároveň zmírnit jejich nepříznivé účinky. Země by měla podporovat udržitelný rozvoj a spolupracovat při rozvíjení otevřeného mezinárodního hospodářského systému.

Každá smluvní strana musí poskytnout informace prostřednictvím sekretariátu. Tyto informace se týkají hlavně národní inventury antropogenních emisí ze zdrojů, snížení skleníkových plynů, na které se nevztahuje Montrealský protokol. Zahrnuje i popis všech

kroků, které země učinila. Dále také musí poskytnout informace s podrobným popisem přístupu opatření a konkrétní odhad účinků přístupu a opatření. Může zde docházet i k určitým sporům mezi smluvními stranami. Tyto spory pak může řešit i Mezinárodní soudní dvůr.

Změny v úmluvě mohou být na žádost jakékoli smluvní země a přijímají se na běžném zasedání konference smluvních stran. Sekretariát musí sdělit smluvním stranám 6 měsíců dopředu, že se bude projednávat nějaká změna a musí jim poskytnout znění těchto změn. Smluvní strany se poté na konferenci snaží, aby se dohodly na shodě změn. Tyto změny vstoupí v platnost devadesátým dnem od obdržení listiny deponitářem (www.mzp.cz/ramcova_umluva_osn_o_zmene_klimatu).

4.2.2. KJÓTSKÝ PROTOKOL

Kjótský protokol je součástí Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Byl přijatý v roce 1997. V České republice byl zmíněný protokol ratifikován 15. 11. 2001.

V Kjótském protokolu se smluvní strany zavázaly k tomu, že do konce období 2008-2012 sníží emise skleníkových plynů o 5,2 % ve srovnání s rokem 1990. V Kjótském protokolu nadále pokračuje dodatek z roku 2012. Tento dodatek schválil účinnost na dalších 8 let, tedy do roku 2020. Evropská unie se zavázala ke snížení emisí skleníkových plynů o 20 % ve srovnání s rokem 1990. Proto se musely upravit i formulace cílů v příslušných předpisech EU, které byly přijaty v rámci klimaticko-energetického balíčku v roce 2009 (www.unfccc.int/the-kyoto-protocol).

Smluvní strany se dohodly a snaží se o to, aby omezily nebo snížily emise skleníkových plynů, na které se nevztahuje Montrealský protokol. Tyto skleníkové plyny musí mít původ ze spalovaných plynů při letecké a námořní dopravě. Protokol se týká hlavně emisí oxidu uhličitého (CO₂), oxidu dusného (N₂O), metanu (CH₄), hydrogenovaných fluorovodíků (HFC_s), polyfluorovodíku (PFC_s), fluoridu sírového (SF₆) a fluoridu dusitého (NF₃). Skleníkové plyny mají schopnost ovlivňovat klima, a existuje u nich tzv. potenciální globální ohřev. Proto se při srovnání obsah skleníkových plynů uvádí v hodnotě CO₂ ekvivalentní. Smluvní strany usilují také o to, aby při politických jednáních a opatřeních minimalizovaly nepříznivé účinky nejen na klima, ale také na mezinárodní obchod a environmentálních, společenských a hospodářských dopadů na ostatní země, které podepsaly protokol (www.mzp.cz/kjotsky_protoko).

4.2.3. PAŘÍŽSKÁ DOHODA

Pařížská dohoda byla podepsána 22. 4. 2016 na Klimatické konferenci v Paříži, která proběhla roku 2015. Byla přijata v rámci Rámcové úmluvy o změně klimatu. Cílem dohody je

omezit emise skleníkových plynů po roce 2020. Pařížská dohoda tím postupně navázala na Kjótský protokol. Dohoda vznikla za účelem zlepšení realizace Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Toto zlepšení probíhá pomocí snahy udržet nárůst průměrné globální teploty pod hranicí 2°C. Jako srovnání se používá období před průmyslovou revolucí. Další zlepšení spočívá v pomoci schopnosti přizpůsobení se na nepříznivé dopady, které jsou spojené se změnou klimatu, a tím posilují odolnost na tuto změnu. Zároveň je s tím spojena snaha vytvoření nízkoemisního rozvoje, a to způsobem, který neohrozí produkci potravin. V neposlední řadě jde o snahu sjednotit finanční toky. Všechny země, které podepsaly Pařížskou dohodu, musí usilovat o dosažení co nejdřívějšího zlomu v emisích skleníkových plynů (www.mzp.cz/parizska_dohoda).

Kontrola plnění cílů dohody probíhá tak, že každá smluvní strana předloží vnitrostátně stanovené národní příspěvky. V těchto příspěvcích jsou stanovené závazky, které se týkají snižování emisí skleníkových plynů. Bohužel je tento způsob nedostatečný, proto se ještě konají pravidelné pětileté revize. Dalším kontrolním krokem je prezentace emisních závazků, nízkoemisních strategií a dalších plánů do roku 2050. Tato prezentace proběhla v roce 2020. Toto se týká i rozvojových zemí, které například nemají dostatek financí, kterými by zaopatřily ochranu ovzduší. Proto musely vyspělé země vytvořit finanční mechanismus, který zajistí podporu ochrany ovzduší právě v rozvojových zemích. Tato finanční pomoc činila minimálně 100 miliard dolarů ročně (www.unfccc.int).

5. ZDRAVOTNÍ RIZIKA

Všechny změny spojené se znečištěním ovzduší způsobují ve větší nebo menší míře nějaké riziko pro lidský organismus. Některé věkové skupiny jsou při znečištění ovzduší více ohrožené, a to především malé děti (hlavně do 3 let), osoby starší 65 let, a dále také těhotné ženy a lidé, kteří už nějaké onemocnění mají, a tím je oslabena jejich imunita. Míra ohrožení znečištěním je ovlivněna životním stylem. Ten má vliv na výkon imunitního systému. Znečišťující látky mají určitou schopnost naleptání povrchu sliznic dýchacích cest. Při tomto naleptání dojde k odloupení výstelky sliznice, a tím se usnadní vstup pro viry a bakterie. Další vliv znečišťujících látek je stažení hlasivek, popřípadě i otoky sliznic. V nejhorším případě může dojít i ke smrti například udušením. Velký problém může nastat u astmatiků. Ti mohou prodělavat záchvaty průduškového astmatu, záněty hrtanu a dýchacích cest. Jmenovitě je to hlavně zánět průdušnice, průdušek nebo i zánět plic. Zánět hrtanu se nazývá inverzní laryngitida a projevuje se převážně dráždivým kašlem, bolestí v krku a dále i zvýšenou teplotou až horečkou (Rosa 1994).

5.1.KVALITA OVZDUŠÍ V ČESKÉ REPUBLICE

Hodnocení kvality ovzduší v České republice má právní oporu v zákoně č. 201/2012 Sb., O ochraně ovzduší v platném znění. Tento zákon vymezuje aglomerace a zóny. Na těchto úrovních se hodnotí kvalita ovzduší. Zmíněné zóny jsou vymezeny Ministerstvem životního prostředí a jejich záměr je jednoduchý. Jde především o sledování a řízení kvality ovzduší. Aglomerace jsou v České republice pouze 3, a to hlavní město Praha, město Brno a Ostrava/Karviná/Frydek-Místek. Aglomerace znamená seskupení sídel, ve kterých žije více než 250 000 obyvatel. Zákon o ochraně ovzduší určuje imisní limity pro některé znečišťující látky, ale podrobnější informace o posuzování a hodnocení kvality ovzduší je napsáno ve vyhlášce č. 330/2012 Sb., O způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích (www.mzp.cz/kvalita_ovzdusi 2019).

Z jakého důvodu se provádí monitoring znečištění ovzduší na území České republiky? Důvody jsou vcelku jednoduché. Na území země musí docházet k hodnocení stavu a trendů kvality venkovního ovzduší, dále musí republika poskytovat podklady pro krátkodobá opatření v situacích se zvýšenou úrovní znečištění ovzduší (například při smogové situaci). Dalším důvodem je poskytování podkladů nejen pro operativní informaci o aktuálním stavu znečištění ovzduší pro veřejnost, ale i pro vyhodnocování přeshraničních přenosů znečišťujících látek, prezentaci reprezentativních údajů pro mezinárodní výměnu dat o kvalitě ovzduší na území

státu a celkové poskytování údajů z monitoringu pro Evropskou unii podle požadavků, které vyplývají ze směrnic EU.

Abychom zjistili, jaké je znečištění ovzduší, používá se monitoring koncentrací znečišťujících látek v přízemní vrstvě atmosféry. Tyto hodnoty se měří na stanicích, kde se porovnávají zjištěné úrovně imisních charakteristik a příslušné imisní limity, které jsou uvedeny včetně počtu překročení imisních limitů za kalendářní rok. Tato hodnocení jsou prováděna ve spolupráci s daty, která jsou archivována v imisní databázi Informačního systému kvality ovzduší (ISKO), který spadá pod Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Tento ústav vede údaje, které přispívají do imisní báze ISKO. Do imisní báze ISKO přispívají i jiné organizace, které se podílejí na sledování venkovního ovzduší v ČR. Data v roce 2018, která byla přidána do databáze ISKO, byla dodána ze 198 lokalit, mezi které patří nejen zóny, ale i aglomerace.

Překračování imisních limitů je velký problém ve většině evropských měst. Přispívání suspendovaných částic do atmosféry je připisováno lokálním emisím primárních částic, resuspenzí a chemickou transformací plynných složek. Vysoké hodnoty těchto látek se řeší hlavně spoluprací v rámci nejen Evropy, ale i na místní a regionální úrovni. Pomocí sledování hodnot sekundárních částic zjišťujeme, že relativně vysoký podíl těch částic ukazuje, že pokud chceme významně snížit koncentrací PM_{10}^4 , můžeme toho dosáhnout dalším snižováním emisí složek, které vedou k tvorbě sekundárních částic, jako NO_x , SO_2 , NH_3 . Jedinou možností, jak snížit zátěž nadměrných koncentrací přízemního ozonu, je tedy snižování emisí NO_x a těkavých organických látek, které jsou ve velkoplošném měřítku. Dalším závažným problémem je překročení imisního limitu benzo[*a*]pyrenu a jeho roční průměrná koncentrace na většině stanic. Průměrná koncentrace v České republice je $1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. Vyšší koncentrace bývají naměřeny v průmyslových oblastech, anebo v městských a předměstských oblastech. Velkým problémem jsou i menší obce, kde neprobíhá monitoring. Zde se jedná hlavně o koncentrace suspendovaných částic a polycyklických aromatických uhlovodíků. Hlavní roli zde hraje geomorfologie terénu, meteorologické podmínky, dopravní zátěž a celkově způsob vytápění domácností. V domácnostech může ale docházet i ke spalování odpadů. Při tom dochází k emitování dalších látek, které v určité míře mohou mít negativní vliv na lidské zdraví.

Pokud se podíváme na hodnoty plnění imisních limitů bez ozonu, zjistíme, že v roce 2018 byly limity překročeny na 12,7 % území. Na tomto území žije přibližně 36,3 %

⁴ Pm_{10} – částice menší než $10 \mu\text{m}$. Usazují se v průduškách a způsobují zdravotní problémy

obyvatelstva. Pokud ke zmíněným hodnotám přidáme i přízemní ozon, tak se dostaneme na hodnotu přibližně 87,3 % území ČR. To znamená, že to ovlivnilo cca 75,6 % obyvatel. Dále stoupala hladina denních imisních limitů suspendovaných částic PM₁₀, které byly překročeny na 3,2 % ČR. Nadlimitní koncentrace suspendovaných částic byly v roce 2018 naměřeny například v Olomouckém, Zlínském, Středočeském a Pardubickém kraji. Přestože od roku 2016 koncentrace vzrůstají, stále je jejich úroveň z dlouhodobého hlediska průměrná. Typické překročení imisních limitů platí i pro benzo[*a*]pyren, který stejně jako v předešlých letech byl překročen v řadě obcí a měst, a to na 12,6 % území ČR. Největší koncentrace jsou již dlouhodobě naměřeny v průmyslové oblasti Ostrava/Karvinsko/Frýdek-Místek. V této oblasti byl v roce 2018 překročen limit více než sedminásobně. U benzo[*a*]pyrenu nastává velký problém v nedostatečné hustotě měřících stanic, převážně na venkově. Z dlouhodobého hlediska mají koncentrace benzo[*a*]pyrenu mírný klesající trend, který je zcela závislý na meteorologických podmínkách. (szu.cz 2018)

Dalšími překročenými limitů jsou imisní limity přízemního ozonu, které byly překročeny na 80 % území. Důvodem tohoto velkého překročení jsou velmi příznivé podmínky pro tvorbu a vznik přízemního ozonu, které v roce 2018 byly zaznamenány ve střední Evropě. Naštěstí koncentrace ozonu nemají nějaký výrazný zvyšující trend.

Z hlediska ochrany vegetace a ekosystémů je potřeba sledovat také hodnoty imisních limitů. Negativní vliv má ozon, jehož limit byl překročen na 23 lokalitách z celkových 38 venkovských a předměstských stanic. Dobrou zprávou je ale to, že na žádné lokalitě, kde probíhá měření, nebyly překročeny imisní limity oxidu siřičitého a oxidů dusíku. Ale z dostupných zdrojů víme, že k rychlému růstu překračování imisních limitů NO_x dochází v okolí dopravních komunikací (www.mzp.cz/kvalita_ovzdusi 2018).

5.2. KVALITA OVZDUŠÍ NA OLOMOUCKU A V OLOMOUCI

Zásadním zdrojem dat pro posouzení kvality ovzduší na vybraném území jsou pravidelně zveřejňované Zprávy o životním prostředí, které publikuje společnost CENIA. Tyto zprávy udávají aktuální stav životního prostředí na jednotlivých územích České republiky. V Zprávě za rok 2018 jsou k dispozici i zajímavá srovnání s údaji za roky 2000 a 2010. Tato srovnání poskytují pohled o vývoji relevantních dat v oblasti kvality ovzduší i v Olomouckém kraji. Výsledky hodnocení kvality se zpracovávají dohromady z několika zdrojů například z průmyslu a z emisí z dopravy. Data, která spadají pod emise z dopravy, slouží ke stanovení emisní bilance, na kterou má určitý podíl právě doprava. Emisní bilance zaznamenává a zveřejňuje Český hydrometeorologický ústav. Na kvalitu ovzduší nemá vliv jen antropogenní

činnost, ale i meteorologické podmínky a geomorfologie terénu území. Olomoucko se vyskytuje v Hornomoravském úvalu, který patří do Vněkarpatské sníženiny, což znamená, že město leží v nížině. Proto jsou zde velmi často pozorovatelná například inverze v průběhu zimních měsíců. Dalším takovým problémem města a okolí je to, že se nachází v blízkosti průmyslové oblasti Ostravska. Následkem toho je, že jsou zde například vyhlášené smogové situace, které jsou způsobené jiným územím, než je Olomoucko.

Důležitá pro moji práci je podkapitola týkající se ovzduší. Nejprve je důležité zhodnotit kvalitu ovzduší, která je velmi ovlivněna silniční dopravou, vytápěním a v neposlední řadě i výše zmíněnými aktuálními meteorologickými podmínkami. Celkový imisní limit koncentrací PM₁₀ byl na Olomoucku překročen na 3 lokalitách. Což je malé zlepšení oproti loňským rokům, protože došlo k poklesu těchto lokalit o 1 stanici. Je stanoven i povolený počet překročení za rok, ten je dán na 35 překročení. Další měřenou roční průměrnou koncentrací je imisní limit benzo[*a*]pyrenu, který byl překročen na 1 lokalitě, kterou byla lokalita Olomouc-Hejčín. A opět lze zde pozorovat meziroční pokles počtu lokalit, který taky klesl o jednu lokalitu. Posledním překročeným limitem jsou imisní limity bez i s přízemním ozónem. V roce 2018 došlo k překročení imisního limitu bez přízemního ozónu na 37,2 % území kraje. Pokud k těmto imisním limitům přidáme přízemní ozón, dojdeme k překročení na 67,4 % území Olomouckého kraje.

Emise látek, které znečišťují ovzduší mají klesavý trend. Sice v období mezi lety 2008-2018 tyto látky kolísaly, ale v letech 2017-2018 poklesly. Největším zaznamenaným poklesem byl pokles o 34,3 % u emisí NO_x, ale z dlouhodobého hlediska se Olomoucký kraj řadí ke krajům s průměrnou emisní zátěží. Tato emisní zátěž se počítá na jednotku plochy kraje. Emisní látky, které se monitorují, jsou částice tuhých znečišťujících látek, které nejčastěji v roce 2018 pocházely z malých zdrojů. V procentuální zastoupení je to 74,3 %. Celkové množství tuhých znečišťujících látek se vyšplhalo na hodnotu 2,8 tisíc tun. Mezi malé zdroje patří mimo jiné vytápění domácností. Z vytápění domácností, kterým se říká stacionární zdroje, byl naměřen největší podíl emisí CO, který činil 80,1 %. U velkých stacionárních zdrojů, kam se počítají zdroje vyrábějící elektřinu nebo teplo, byla naměřena největší koncentrace emisí SO₂. Vyjádřeno v procentuálním zastoupení 80,2 %. U mobilních zdrojů, ke kterým patří automobilová doprava, byly naměřeny hodnoty emisí NO_x 51,4 %. Další emisní látkou, která se monitoruje, je NH₃. Její produkce činí 4,4 tisíc tun. V Olomouckém kraji je způsoben převážně chovem hospodářských zvířat, který činí 97,8 %. Další zdroj byl zaznamenán při výrobě a používání rozpouštědel, kdy se jeho množství vyšplhalo na 84,3 %.

Pokud se vrátíme k tématu vytápění domácností jako malého stacionárního zdroje, je důležité zmínit způsob vytápění, který není v České republice sjednocený. Tento způsob se liší kraj od kraje. Zmíněná různorodost je způsobena nabídkou trhu, dostupností a cenou. Proto se může vyskytovat soustava centrálního zásobování tepelnou energií ve větších městech a individuální vytápění na menších a hůře dostupných obcích. Olomoucký kraj patří ke krajům s nižší hustotou zalidnění. V roce 2017 bylo evidováno 251 515 domácností, které nejčastěji vytápí spalováním zemního plynu. Ten činí 42 % a dálkové teplo ukazuje hodnotu 29,8 %. Oba způsoby nejsou pro znečištění ovzduší nikterak zásadní, protože jejich emise nezatěžují životní prostředí. Ale látky, které se podílí na znečištění ovzduší, vznikají při spalování tuhých paliv. Mezi ně patří uhlí a dřeva. Spotřeba uhlí v Olomouckém kraji je podprůměrná a činí 5,1 %. Zato spotřeba dřeva je nadprůměrná a činí 10,3 %. Důležitým faktorem při výběru paliv je cena. Všem je nám známé pravidlo, že s cenou klesá i kvalita. Následkem vytápění tuhými palivy se zvyšují emise. V Olomouckém kraji bylo v roce 2018 zaznamenáno snížení měrných emisních látek, ale došlo k navýšení emisí polyaromatického uhlovodíku (mezi které patří i benzo [a] pyren), které právě vznikají spalováním tuhých paliv v topeništích.

Velkým zdrojem emisí je již zmíněná doprava. Nejvyšší zátěž na kvalitu ovzduší je v jižní části kraje, kde se nacházejí hlavní silniční tahy a největší městská sídla. Olomoucký kraj v roce 2018 měl nejnižší emisní zátěž území ze všech moravských krajů. Hlavním zdrojem znečištění ovzduší je automobilová doprava, která byla zdrojem emisí látek CO, kterých bylo 85,9 %, a těkavých organických látek, jejichž procentuální zastoupení bylo 82,1 %. Pokud se podíváme na nákladní silniční dopravu, tak ta měla nejvyšší emise u pevných částic, a to 33,1 % a u NO_x a to 33 %. Z dlouhodobého hlediska mají emise z dopravy tendenci poklesu. K tomuto poklesu došlo i přes to, že se v letech 2000-2018 zintenzivnila doprava, která souvisela s obnovou vozového parku, který vedl k snižování emisní náročnosti. Mírný vzrůst byl zaznamenán u emisí NO_x a u pevných částic. Příčinu bychom mohli hledat v náročnosti dieslových osobních automobilech. Větší nárůst byl zaznamenán u emisí skleníkových plynů z dopravy. Tento nárůst byl o 63,1 %. Nárůst byl zaznamenán i u emisí CO₂. Emise této sloučeniny vzrostly o 0,8 %. Naopak pokles v roce 2018 byl zaznamenán u emisí CO, které klesly o 14,5 %.

Olomoucký kraj se podílí na projektové činnosti v oblasti životního prostředí. Program na zlepšení kvality ovzduší se nazývá Střednědobá strategie. Tento program byl zahájen v roce 2018 Ministerstvem životního prostředí. Jednalo se hlavně o aktualizaci koncepčních dokumentů. Olomoucko je zapojeno i v dalších programech na zlepšení kvality ovzduší.

Zapojilo se do Programu zlepšení kvality ovzduší-Zóna Střední Morava, a také do Národního programu na snižování emisí ČR. Tyto programy mají podobný cíl, a to snížit celkovou úroveň znečištění a znečištění vnějšího ovzduší České republiky. Tyto dokumenty berou v potaz i lidské zdraví a poškození ekosystémů, Mohou být realizovány na úrovni celé republiky, ale i na určitých zónách a aglomeracích. Programy byly zřízeny za účelem analyzování dat znečištění a navržení opatření, která by měla za následek zlepšení kvality ovzduší a celkové snížení imisních limitů, což by nemělo mít negativní dopad na lidské zdraví, ekosystémů a vegetace na území České republiky, a dle Göteborgského protokolu plnit národní emisní stopy (Cenia 2020).

Jelikož ještě před odevzdáváním kvalifikační práce vyšla Zpráva o životním prostředí v Olomouckém kraji roku 2019, bylo by dobré zmínit se o ní a porovnat tyto dva ročníky. Olomoucko je značně nerovnoměrné území. Jak jsme se se o tom mohli přesvědčit například u dopravní infrastruktury. Pokud se podíváme na hodnoty imisních limitů bez přízemního ozonu, tato hodnota byla překročena na 34,3 % území. Zde je tedy vidět mírné zlepšení oproti roku 2018. Další z měřených látek byl benzo [a] pyren, jehož hodnota byla překročena stejně jako v předchozím roce na jedné lokalitě, kterou byla Olomouc-Hejčín. Zlepšení je také vidět u 24hodinových koncentrací PM₁₀, které v roce 2019 nebyly překročeny ani na jedné lokalitě. Ostatní monitorované imisní limity nebyly v uváděném roce překročeny. Pojdme ještě do hodnocení zahrnout i přízemní ozon, kdy tyto imisní limity byly na 63,1 % území. Můžeme si všimnout, že nastal tak určitý pokles hodnot oproti roku 2018.

Emisní látky, které znečišťují ovzduší, mají stejně jako v předchozím roce kolísavou tendenci Jak je uvedeno i v roce 2018, tak mají sestupnou tendenci. Souhrnně lze uvést, že v roce 2019 byla zaznamenána stagnace emisí, které se monitorují. Mezi emisní látky, které se monitorují, patří SO₂, jehož hodnota klesla o 52,3 %. Jedná se o největší pokles. Další látkou je NO_x, u které byl také zaznamenán významný pokles, který činil snížení o 33,5 %. Pokud se na emisní látky podíváme celkově jako na skupinu, tak jejich hodnoty byly průměrné ve srovnání s celou Českou republikou. V těchto měřeních se ukazuje i to, že Olomoucký kraj je nerovnoměrný, jak jsem uvedla již výše. Největší produkce emisních látek je právě na jihu kraje, kde jsou tyto látky spojené s dopravou, zemědělstvím a strukturou osídlení. Pokud se podíváme i na emise spojené s vytápěním, tak větší význam zde mají průmyslové podniky. Z malých stacionárních zdrojů emisí, které vznikaly z lokálního vytápění domácností, pocházely hlavně emise tuhých znečišťujících látek. Jejich množství činilo 2,8 tisíc tun. Emisí CO bylo naměřeno 41 tisíc tun. CO může pocházet i z automobilové dopravy. Jejich hodnota

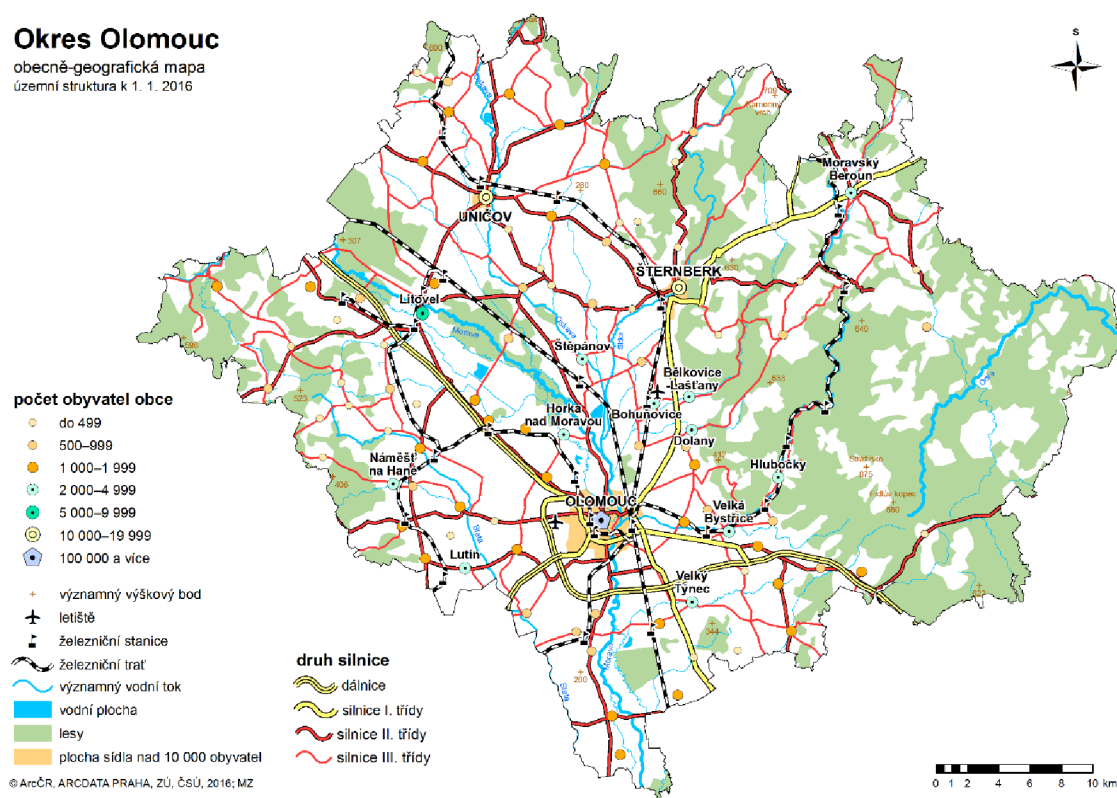
výrazně klesla, z důvodu změny vozového parku. Z dopravy nejvíce pocházely emise NO_x , jejich hodnota činila 6,9 tisíc tun. Emise NO_x neměly jediný původ z dopravy. I ve velkých stacionárních zdrojích byly zjištěny emise. Ty se vyšplhaly na hodnotu 35,2 %. Výroba elektřiny a tepla je spojována se vznikem emisí SO_2 , kterých se v roce 2019 vyprodukovalo 3,2 tisíc tun a měly 79,2 % podíl na zdroje znečištění. Z chovu hospodářských zvířat a aplikace minerálních dusíkatých látek pocházejí emise NH_3 , kterých se vyprodukovalo 4,3 tisíc tun. Těkavých organických látek, které vznikají z aplikace organických rozpouštědel, bylo naměřeno 12,6 tisíc tun.

V roce 2019 se opakoval stejný trend dopravy, jako v roce 2018. emisní zátěž NO_x , které se počítají na jednotku kraje, byly nejmenší ze všech krajů ležících na území Moravy. Největším producentem dopravních emisí CO a těkavých organických látek byla automobilová doprava, která zapříčinila, že emisí CO bylo 84,8 % a těkavých organických látek bylo 82,3 %. U nákladní silniční dopravy byl největší podíl emisí pevných částic, a to 32,1 %, a emisí NO_x , které měly 30 %. Z dlouhodobého hlediska je trend emisí poklesový. Největší pokles byl zaznamenán u emisí CO. Ty od roku 2000 poklesly o 86,3 %. Těkavé organické látky klesly o 80,3 %. Na rozdíl od ostatních krajů, tak v Olomouckém kraji byl zaznamenán i pokles dopravních emisí NO_x a PM, které se snížily o 42,7 %. Byl to největší pokles v České republice. Pokud se opět podíváme na meziroční srovnání, tak i zde pokračovalo snižování emisí znečišťujících látek, emise CO klesly o 13,5 %, ale za to emise CO_2 opět vzrostly, jako tomu bylo i v meziročním srovnání předchozího roku, a to o 1,3 % (Cenia 2021).

Obrázek 7.: Okres Olomouc

Okres Olomouc

obecně-geografická mapa
územní struktura k 1. 1. 2016



Zdroj: <https://www.czso.cz/documents/11276/17839886/Olomouc.png/251cdad5-99ab-4cc8-af54-dbbd63037033?version=1.1&t=1502774543884>

5.3. PŘÍKLADY ZDRAVOTNÍCH RIZIK

Lidské zdraví je dle Světové zdravotnické organizace (WHO) z roku 1947: „Stav sociálního, fyzického a psychického zdraví a pohody, nejen jako nepřítomnost nemoci nebo postižení či deformity“ (www.who.int/initiative). O vzduší má vliv na zdraví několika způsoby. Zejména záleží na celkové koncentraci, intenzitě, způsobu expozice a fyziologických parametrech působící látky. Ale i na celkovém zdravotním stavu. Absorpce a depozice do plic má přímý účinek na zdraví člověka. Na všechny obyvatele planety ale nepůsobí depozice znečišťujících látek, která se do těla dostává nepřímo rostlinami a zvířaty, které tuto depozici vstřebávají. Znečištění má vliv i na rostliny, živočichy a půdu. Může velmi ovlivnit funkci ekosystémů a jejich samoregulační schopnost, a tím i ovlivnit kvalitu života a zdraví (Braniš, Hůnová 2011).

Oxid dusičitý (NO_2) způsobuje kardiovaskulární a respirační onemocnění a je považován za příčinu celkově se zvyšujícího počtu úmrtí na tato onemocnění. Nejčastěji vzniká při spalování a vytápění domácností, proto je nemožné vyhnout se působení tohoto plynu. Oxid

dusičitý velmi často reaguje s jinými plyny, které znečišťují ovzduší. Proto je těžké určit, že právě tento oxid má určité negativní zdravotní účinky. Plyny, se kterými oxid dusičitý reaguje, jsou hlavně aerosoly, uhlovodíky a ozon. Pokud oxid dusičitý působí krátkodobě ve vysokých koncentracích, je zaznamenán nárůst reaktivity dýchacích cest (www.mzp.cz/kvalita_ovzdusi/2019).

Aerosol, kterému se připisuje přibližně neměnný stav, je ovlivněn převážně meteorologickými podmínkami. Vliv na zdraví člověka se poté odvíjí od velikosti a tvaru částic a na jejich chemickém složení. Velké částice se mohou zachytit v horních částech dýchacího systému. Částice PM10 se již dostávají do dolních cest dýchacích. Částice PM_{2,5}⁵ se mohou dostat do průdušinek a nejjemnější částice, které jsou submikroskopické, se dostávají až do plicních sklípků. Vliv aerosolu není jen na respirační soustavu, ale i na srdečně-cévní ústrojí, protože arsenové částice, které jsou navázané na aerosol, dráždí sliznice dýchacích cest, kde mohou změnit strukturu a funkci řasinkové tkáně, se kterou je spojena zvýšená produkce hlenu. Celkově může snížit samočistící schopnost dýchacího systému. Komplexní změny mohou vést k omezení obranyschopnosti a ke vzniku infekce. Ta může vést ke znovuobnovujícímu se akutnímu zánětlivému onemocnění až ke chronickému zánětu průdušek a chronické obstrukční nemoci plic. Může dojít k přetížení pravé srdeční komory, které vede k celkovému selhání oběhového systému.

Arsen se do organismu dostává vdechováním nebo příjmem potravy a vody. Ukládá se v kůži, nehtech a vlasech. Pokud se otrava arsenem či onemocnění arsenem dostane do chronického stádia, způsobuje tento prvek alergickou dermatitidu a ekzém. Dále může poškozovat nervový systém, trávicí ústrojí, cévní systém a samotnou krvetvorbu. V epidemiologických studiích se arsen pozoruje z hlediska zvýšení úmrtnosti na kardiovaskulární nemoci, kdy může způsobit chromosomální aberaci periferních lymfocytů. V neposlední řadě může arsen způsobit i rakovinu plic. Jelikož arsen způsobuje velkou řadu onemocnění, tak je považován za nejvýznamnější environmentální faktor, který ovlivňuje úmrtnost (www.mzp.cz/kvalita_ovzdusi/2018).

Při vdechování niklu dochází k podráždění a následnému poškození dýchacích cest. Dále může proniknout placentární membránou a ovlivnit vývoj embrya. Některé sloučeniny niklu způsobují karcinogenní onemocnění. U osob pracujících s niklem se často objevuje akutní otrava tetrakarbonylniklem, alergické reakce a astma a podráždění sliznic. Po vdechování

⁵ Pm_{2,5} – částice menší než 2,5 μm.

vysoké koncentrace niklu může dojít až ke vzniku rakoviny dýchacího traktu (www.mzp.cz/kvalita_ovzdusi/2019).

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU nebo PAH) mohou přetrvávat, kumulovat se v prostředí a v živých organismech. Tyto uhlovodíky jsou rozpustné v tucích a mohou být toxické, mutagenní, anebo karcinogenní. PAU zasahují do normální funkce endokrinního systému a ovlivňuje růst plodu a porodní váhu. Uhlovodíky snižují hladinu protilátek IgG a IgA. Patří mezi genotoxické sloučeniny, kdy napadnou vlastní DNA člověka a přetvoří ho na karcinogenní (www.mzp.cz/kvalita_ovzdusi/2018).

5.3.1. KARDIOVASKULÁRNÍ ONEMOCNĚNÍ

Přetížení pravé srdeční komory

Přetížení pravé srdeční komory je selhání pravé strany srdce, jehož příčina je zvýšení krevního tlaku v plicích. Tento tlak vzniká při onemocnění plic, které je spojené s nízkým obsahem kyslíku, a při chronické obstrukci plic. Dalšími příčinami, které mohou způsobit přetížení pravé srdeční komory, jsou restriktivní plicní choroby, selhání dýchacího systému, zničení nebo neprůchodnost plicního řečiště (www.zdravi.euro.cz/chronicke-pravostranne-selhani 2007).

Příznakem většinou bývá dušnost, neproduktivní kašel, bolest na hrudi, poruchy vědomí a vykašlávání krve. Odhalení tohoto onemocnění probíhá vyšetřením echokardiografem, elektrokardiografem, rentgenem, CT vyšetřením a magnetickou rezonancí. Vyléčení je spojené s oxygenerací, kdy se inhaluje kyslík (Dindoš 2001).

Oběhové selhání

Oběhové selhání se dá nazvat i šokem. Je to jeden z nečastějších důvodů, proč končí pacienti na jednotce intenzivní péče v nemocnici. Je to tedy onemocnění, při kterém není srdce schopno přečerpávat krev, která je potřeba v organismu. Dochází k nedostatku kyslíku v tkáních a selhání orgánů.

K odhalení selhání dochází pomocí klinického obrazu, fyzikálního a laboratorního vyšetření. Následná léčba je zaměřena na léčbu základních příčin stavu, tedy zastavení krvácení, odstranění zdroje infekce a zajištění dostatečné tkáňové perfúze, to znamená dostatečné dodání kyslíku tkáním (www.zdravi.euro.cz/obehove-selhani 2012).

Oxidační stres

Oxidační stres je onemocnění, které nastává při převaze volných radikálů. Ty poškozují a ničí buňky, a převládají reaktivních metabolitů nad antioxidanty. Tento stres způsobuje i další onemocnění, komplikace nebo poškození tkání. Příkladem může být vznik karcinogenní aldehydy, které vyvolávají rakovinu, při oxidaci lipidů.

Prevence oxidačního stresu může být jen změna životního stylu, dieta a podání vhodných antioxidantů. Léčba probíhá antioxidační terapií, která bývá často kritizována, protože je zde velmi důležitá volba vhodného antioxidantu. Ten se volí podle toho, které volné radikály tvoří, dále je důležité zvolit vhodný okamžik podání a doba podávání (Vesmír 2010).

5.3.2. KARCINOGENNÍ ONEMOCNĚNÍ

Melanom

Melanom patří mezi nejzhoubnější nádory ze všech. Příčina vzniku je zatím nejasná. Hlavním faktorem bývá dlouhodobé vystavování kůže UV záření. Melanomu lze předcházet prevencí. Problémem melanomu je špatná a nedostatečná edukace pacientů. Melanom roste ve dvou fázích. První je horizontálně-radiální růst, kdy rakovinotvorné buňky pronikají do vyšších vrstev pokožky. Ve druhé fázi probíhá vertikální růst, při které buňky pronikají do nižších vrstev. Právě podle vertikálního růstu se vyvíjí chirurgický zákrok a následná léčba (www.zdravi.euro.cz/maligni-melanom 2010).

5.3.3. ONEMOCNĚNÍ DÝCHACÍ SOUSTAVY

Astma

Astma je zánětlivé onemocnění dýchacích cest, které je chronické a patří k jedné z nejčastějších chronických chorob. Při záchvatu dochází k omezení průchodnosti dýchacích cest, která je způsobena přítomností hlenových žlázek a zánětu. Astma se projevuje pískotem při dýchání, dušností, tlaku na hrudu a kašlem. Tyto projevy se vyskytují zejména v noci a brzy ráno.

Diagnóza probíhá pomocí fyzikálního vyšetření, spirometrií a pozitivními testy na alergy. Léčba spočívá v tom, že se astma musí dostat pod kontrolu. To znamená, že jde o zamezení nebo snížení chronických příznaků. Snahou lékařů je podávat minimální spotřebu léků a napomoci k návratu tělesné výkonnosti. Další léčba probíhá farmakoterapií a eliminací kontaktu s alergy. U pacientů s astmatem může probíhat klimatické léčba, která je v lázních, u moře, nebo rehabilitace (www.pediatricpropraxi.cz 2008).

Alergie

Alergii můžeme nazvat jako nepřiměřenou, přehnanou reakce imunitního systému. Reakce bývá na látky, se kterými se pacient běžně setkává. Spektrum reakce je různorodé. Od banální rýmy až po anafylaktický šok, který může končit i smrtí. Projevem alergie je zduření nosní sliznice, zarudnutí, svědění očí, zúžení průdušnice a průdušek (Horejší 2008).

Chronický zánět průdušek

Zánětem průdušek je bronchitida nebo také zánět dolních cest dýchacích. Je to nejčastější komplikací akutního zánětu horních cest dýchacích, jehož původ je jak virový, tak i bakteriální, vzácněji ale je i způsobený dalšími původci, kterými mohou být chlamydie, paraziti a plísňe. Neléčený zánět průdušek může vést až k chronické obstrukci plic. Vyšetření na zjištění chronického zánětu plic probíhá odebráním krve na CRP test. A následuje léčba antibiotiky (Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně).

Chronická obstrukční nemoc plic

Chronická obstrukční nemoc plic je onemocnění, které vzniká příčinou zánětlivého onemocnění při vdechování škodlivých látek a plynů. Nejvíce postiženou částí dýchacího systému jsou dolní cesty dýchací, průdušky, plicní cévy a plicní parenchym. Při tomto onemocnění dochází k omezenému průtoku vzduchu v průduškách. Nejvíce postiženou skupinou jsou kuřáci. V České republice se toto onemocnění objevuje přibližně u 8 % populace a postihuje především muže.

Typickými příznaky je intenzivní kašel spojený s vykašláváním hlenu, dušnost a snížená fyzická námaha. Léčba se zakládá především na bezpodmínečném zanechání kouření, inhalování léčiv a dlouhodobé domácí oxygenoterapii (Češka 2010).

5.3.4. DERMATOLOGICKÉ ONEMOCNĚNÍ

Ekzémy

Ekzém je označení pro vyrážku na kůži. Považuje se za neinfekční zánět kůže, který není nakažlivý. Dokáže vytvořit na těle zarudnutí, svědění a někdy i puchýře. Ekzémy mohou být buď dědičné, anebo způsobené látkami v okolním prostředí. Tyto látky mohou způsobit jen několikadenní vyrážku, některé zas dlouhodobé a opakující se. Nejde ale o onemocnění, které by ohrožovalo život, ale často ho znepríjemňuje a je to i náročné na psychiku člověka (www.dermanet.cz).

Léčba dermatitidy spočívá v tom, odstranit příčinu, tedy nevystavovat se látce, která ekzém způsobuje. Dalším způsobem léčby na postižené místo aplikovat antihistaminika, které potlačí reakci a v těžších případech i podávat kortikoidy (Müller-Burzler 2007).

6. JAK COVID-19 OVLIVŇIL KVALITU OVZDUŠÍ VE SVĚTĚ

Nemoc COVID-19 je respirační onemocnění způsobené koronavirem SARS-CoV-2, které je přenášeno kapénkami a vdechováním, kontaminací očí a stykem s kontaminovaným povrchem. Příznaky mohou být horečka, kašel, únava, ztráta chuti a čichu (www.ecd.europa.eu 2021).

Pandemie virového onemocnění Covid-19 se poprvé objevila v Čínském městě Wuchan, kde k poslednímu dni roku 2019 WHO zaznamenala několik případů pneumonie, které neměly známé příčiny svého vzniku (Duhon, Bragazzi, Kong 2020). Přítomnost tohoto viru ovlivnila život na celém světě a způsobila chaos v socio-ekonomických aktivitách, ale zapůsobila i na ovzduší naší planety. Jelikož se v zemích zakázal volný pohyb osob, tak se celková migrace snížila o 69,85 %. To mělo velký vliv na znečištění ovzduší. Díky pandemii se předpokládá, že se více porozumí stavu současného ovzduší. Ačkoliv to v souvislosti s virem, který způsobil miliony úmrtí na celém světě, může znít nepatřičně, některé jeho některé dopady mohou být i pozitivní, konkrétně například na kvalitu ovzduší planety. Finské centrum pro výzkum energie a čistého vzduchu měřilo hodnoty CO₂ v Číně. Z jejich měření vyplývá, že koncentrace CO₂ poklesly o 25 %. Důkazy o poklesu znečištění jsou ale i z dalších částí světa včetně Evropy. Koncentrace emisí NO₂ poklesly v Paříži, Miláně a Madridu. Tato měření prováděli vědci z Královského meteorologického institutu v Nizozemsku, kteří využívali satelity k monitorování počasí a znečištění ovzduší nad Evropou. Ale pokles látek, které znečišťují ovzduší, nebyl zaznamenán jen na těchto místech. Poklesy se vyskytovaly i v Egyptě, USA, Velké Británii a v Indii. Pokles plynů způsobující skleníkový efekt, je dobrým ukazatelem snížení, které přesahuje emise znečišťujících látek za normálních podmínek. Na téma poklesu emisí vyvstaly otázky, jestli se na něm podíleli lidé a jakým způsobem. Výsledky studií ukázaly, že migrace obyvatelstva mezi většími městy způsobila nárůst látek PM₁₀ o 69 %, PM_{2,5} o 250,5 % a NO₂ o 76,8 %, ale dopad na hodnoty SO₂ a CO nebyl zaznamenán. Podobně tomu bylo i ve srovnání migrace obyvatelstva uvnitř měst. U měst, která hned na začátku nezavedla lockdown na své obyvatele, ale zavedla omezení v pohybu, tak zde došlo ke snížení hodnot PM_{2,5} o 22,2 % a hodnota PM₁₀ se snížila o 10,7 %, což bylo považováno za nejmenší snížení, ale opět snížení hodnot SO₂ a CO nebyly výrazné. Celkový monitoring byl prováděn Čínským národním monitorovacím centrem, který monitoruje i index kvality ovzduší a dalších 6 druhů látek znečišťujících ovzduší. Změny hodnot znečištění ovzduší jsou silně ovlivněny meteorologickými faktory. Při zkoumání znečištění ovzduší se musí brát ohled na maximální a minimální teploty, maximální rychlost větru a poryvu, na srážky a sněhovou pokrývku.

Pokud se vrátíme k tématu migrace, která je spojená se snížením znečištění ovzduší, tak zde vědci používají prostorové a časové termíny, které zahrnují i potenciál prostorového efektu znečištění ovzduší. Díky tomu se vyvinul dynamický prostorový model, který právě zachycuje účinky migrace obyvatelstva na znečištění ovzduší. Prokázala se silná účinnost prostorového uspořádání znečišťujících látek, které se akumulují v určitém charakteru prostředí, mezi oblastmi nebo regiony. Celkově tedy lze říct, že snížená migrace mezi městy měla pozitivní vliv na snížení látek v ovzduší (Zeng, Bao 2020).

7. ZÁVĚR

Moje bakalářská práce byla zaměřena na znečišťující látky v ovzduší a následné nemoci s tím spojené. Věnovala jsem se platné legislativě v oblasti ochrany ovzduší. A analyzovala jsem data znečištění za roky 2018 a 2019 jak v obecné podobě, tak se zaměřením na region Olomouckého kraje.

Při psaní bakalářské práce jsem zjistila, že znečišťující látky, které se v atmosféře vyskytují, jsou převážně plyny způsobené antropogenní činností. Nejvíce znečišťujícími plyny jsou oxid uhličitý a oxidy dusíku, z nichž nejvýznamnější jsou oxid dusný a oxid dusičitý. Z dalších plynů je třeba uvést i oxid siřičitý, sirovodík a v neposlední řadě amoniak.

Olomoucký kraj se nachází ve východní části České republiky. Sousedí na severu přímo s Polskem, na západě s krajem Pardubickým, na jihozápadě s krajem Jihomoravským, na jihovýchodě se Zlínským krajem a na severovýchodě s krajem Moravskoslezským. Zejména sousedství s tímto krajem je pro úroveň znečištění ovzduší Olomouckého kraje velmi zásadní. Moravskoslezský kraj patří mezi industriální kraje. Obecně je v těchto industriálních oblastech vyšší míra znečištění životního prostředí, což pro kraj Moravskoslezský platí bezesbýtku. Jedna z nejvíce znečištěných složek životního prostředí v této oblasti České republiky je bohužel i ovzduší. Díky meteorologickým podmínkám a obvyklým směrům proudění vzduchu je zdroj znečištění v kraji Moravskoslezském výrazně ovlivněn i Olomoucký kraj.

Důsledkem vlivu znečištěného ovzduší je zhoršování zdravotního stavu obyvatelstva a zvyšování počtu nemocí. V souvislosti s tímto tématem lze hovořit o problémech v oblasti kardiovaskulární, karcinogenní, dermatologické, o onemocněních dolních cest dýchacích a o jiných zdravotních komplikacích. Do ordinací přicházejí lidé s přetížením pravé srdeční komory, s oběhovými selháními, oxidačním stresem, melanomy, astmatem, alergiemi, chronickým zánětem průdušek, chronickou obstrukční nemocí plic, ekzémy a dalšími obtížemi. Téměř celý svět se aktuálně potýká s respiračním onemocněním COVID-19, které významně napadá dýchací ústrojí a plíce. V budoucnu bude jistě zajímavé zaměřit výzkum i na zdravotní důsledky kombinace působení znečištěného vzduchu a tohoto onemocnění na lidský organismus.

Bakalářská práce potvrdila všechny mé hypotézy. Imisní limity přízemního ozónu po oba analyzované roky, tedy 2018 i 2019, dramaticky překročily úroveň 50% území Olomouckého kraje. Pozitivním signálem může být meziroční pokles tohoto ukazatele. V roce 2018 to bylo přesně 67,4% rozlohy. Zatímco v roce 2019 to bylo již 63,1 %. Hranice 50 %

území kraje je však z pohledu těchto čísel ještě velice vzdálená. Druhá domněnka byla spojena se znečištěním v rámci regionů. Data potvrdila předpoklad, že jižní část Olomouckého kraje je postižena výrazně více. Je to v důsledku koncentrace městských sídel a vyššímu dopravnímu zatížení v této oblasti. Data potvrdila i moji poslední hypotézu, že koncentrace oxidu uhličitého mají klesající trend.

Složení atmosféry je jedinečné a umožňuje existenci života na této planetě. Proto je zcela zásadní zachovat její kvalitu, ideálně v nezměněné podobě. A také hledat účinné cesty k tomu, jak zabránit dalšímu znečištění ovzduší. Obecný růst blahobytu a bohatství lidské společnosti nemůže být na úkor žádné složky životního prostředí, tím méně na úkor kvality vzduchu. Základ je ale v chování každého jednotlivce. I drobná změna v chování každého z nás povede v konečném důsledku k obrovským změnám.

ZDROJE LITERATURY

- 1) AHERN, J-Y., 2003.: *Počasi, zemská atmosféra, srážky, meteorologie, klimatická pásma, životní prostředí*. Praha – Fortuna Print, s. 95. ISBN 80-7321-062-2
- 2) ARCHER, J., 2007.: *Ochrana ozonové vrstvy v České republice. 20 let od podepsání Montrealského protokolu*. Praha – Ministerstvo životního prostředí, s. 4–13. ISBN 978-80-7212-471-8
- 3) BRACKO, V. – SYMON, K., 1988.: *Znečištění ovzduší a zdraví*. Praha – Avicenum, s.127
- 4) BRANIŠ, M. - HŮNOVÁ, I., 2011.: *Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha-Univerzita Karlova v Praze, ISBN 978-80-246-1598-1.
- 5) ČEŠKA, R., 2010.: *Interna*. Praha-Triton, s. 460-465. ISBN 978-80-7387-423-0
- 6) FLEMR, V., 2001.: *Chemie pro gymnázia 1. Obecná a anorganická*. Praha – SPN-pedagogické nakladatelství, s. 72. ISBN 80-7235-147-8
- 7) GREENWOOD, N. N., 1993.: *Chemie prvků*. Praha – Informatorium, s. 64. ISBN 80-85427-38-9
- 8) HOREJŠÍ, V. – BARTŮŇKOVÁ, J., 2005.: *Základy imunologie*. Praha-Triton. ISBN 80-7254-686-4
- 9) KADRNOŽKA, J.,2006.: *Energie a globální oteplování*, Brno – VUTIUM, s. 62–78. ISBN 80-214-2919-4
- 10) KADRNOŽLA, J. 2008.: *Globální oteplování Země. Příčiny, důsledky, řešení*. Brno – VUTIUM, s. 91–96. ISBN 978-80-214-3498-1
- 11) KOLEKTIV AUTORŮ, 2003.: *Aktuální otázky znečištění ovzduší*. Praha – Ústav pro životní prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, s. 34. ISBN 80-239-2187-8
- 12) KULVEITOVÁ, H., 2007.: *Chemie II (chemie prvků)*. Ostava: VŠV – Technická univerzita Ostrava, s. 19, 26, 48. ISBN 978-80-248-1322-6
- 13) MÜLLER-BURZLER, H., 2007. *Alergie. Rozpoznávání a léčení alergického syndromu, dermatitida, astma, senná rýma, hyperaktivita*. Praha-Pragma, s. 81-82. ISBN 978-80-7205-973-7
- 14) MÜLLEROVÁ, M., 2009.: *Člověk a prostředí – Globální environmentální podmínky*. Olomouc – Univerzita Palackého. ISBN 978-80-244-2447-7
- 15) NÁTR, T, 2006.: *Země jako skleník. Proč se bát CO₂?* Praha – Academia, s. 48–51. ISBN 80-200-1362-8

- 16) NEDOMA, J., 2001.: *Anorganická a analytická chemie*. Brno – Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, s. 67–71 ISBN 80-7157-549-6
- 17) OCHOTEK, T., 2007: *Ekologické aspekty záměny fosilních paliv za biomasu*. Ostrava – Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, s. 16–35. ISBN 978-80-248-1595-4
- 18) ROSA, J., 1994.: *Jak přežít smog?* Praha – Maxdorf, s. 27–32. ISBN 80-85800-07-1
- 19) SCHROEDEROVÁ, J. a kol., 2019.: *Kniha ekologie*. Londýn – Dorling Kindersley Limited, s. 202–203. ISBN 978-80-242-7011-1
- 20) ŠRÁMEK, V., 2000.: *Obecné a anorganická chemie*. Olomouc – Nakladatelství Olomouc, s. 107-108. ISBN 80-7182-099-7
- 21) TOWNSEND, C., R., 2010.: *Základy ekologie*. Olomouc – Univerzita Palackého, s. 380–385. ISBN 978-80-244-2478-1
- 22) VYSOUDIL, M., 2004.: *Meteorologie a klimatologie*. Olomouc – Univerzita Palackého v Olomouci, s. 57. ISBN 80-244-0875-9

INTERNETOVÉ ZDROJE

- 1) BRAUN, P. – KEDER, J. – HLÍNOVÁ, Y., 2013. *Příručka ochrany kvality ovzduší* [online]. Praha: Sdružení společností IREAS centrum s.r.o., a Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o. [cit. 5.3.2021]. Dostupné z Ministerstva životního prostředí České republiky: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prirucka_ochrany_kvality_ovzdusi/\\$FILE/OOO-prirucka_OPLZZ_komplet-20140408.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/prirucka_ochrany_kvality_ovzdusi/$FILE/OOO-prirucka_OPLZZ_komplet-20140408.pdf)
- 2) Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Informace o vyhodnocení výsledků imisního monitoringu v roce 2018* [online]. MŽPČR. [cit. 5.3.2021]. dostupné z: <https://www.mzp.cz>
- 3) Cenia. *Zpráva o životním prostředí v Olomouckém kraji 2018* [online]. MŽPČR 2020 [cit. 11.3.2021]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2020/03/Olomoucky-kraj_2018.pdf
- 4) Cenia. *Zpráva o životním prostředí v Olomouckém kraji 2019* [online]. MZPCR 2021 [cit. 14.3.2021]. dostupné z: https://www.cenia.cz/wp-content/uploads/2021/02/Olomoucky_2019_final.pdf
- 5) DUHON, J. – BRAGAZZI, N. – KONG, JD. The impact of non-pharmaceutical intervention, demographic, social, and climatic factors on the initial growth rate of

- COVID-19: A cross-country study. *Science of the total environment* [online]. 760, s.2 [cit. 19.3.2021]. ISSN 0048-9697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.144325
- 6) ZENG, J. – BAO, R. The impacts of human migration and city lockdowns on specific air pollutants during the COVID-19 outbreak: A spatial perspective. *Journal of Environmental Management* [online]. 282, s.2-8 [cit. 16.3.2021]. ISSN 0301-4797. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.111907
- 7) Ministerstvo životního prostředí. *Ochrana ovzduší* [online]. MZPCR [cit. 23.3.2021]. dostupné z: <https://www.mzp.cz/cz/ovzdusi>
- 8) Ministerstvo životního prostředí. *Pařížská dohoda* [online]. MZPCR [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/parizska_dohoda/\\$FILE/OEOK-Cesky_preklad_dohody-20160419.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/parizska_dohoda/$FILE/OEOK-Cesky_preklad_dohody-20160419.pdf)
- 9) United Nation. *Adoption of the Paris agreement* [online]. UNFCCC [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
- 10) Ministerstvo zahraničních věcí. *Rámcová úmluva o změně klimatu* [online]. MZPCR [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/\\$FILE/OMV-cesky_umluva-20081120.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu/$FILE/OMV-cesky_umluva-20081120.pdf)
- 11) Ministerstvo životního prostředí. *Kjótský protokol* [online]. MZPCR [cit. 27.3.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kjotsky_protokol/\\$FILE/OMV-cesky_protokol-20081120.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kjotsky_protokol/$FILE/OMV-cesky_protokol-20081120.pdf)
- 12) Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Informace o vyhodnocení imisního monitoringu v roce 2019* [online]. MZPCR [cit. 28.3.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kvalita_ovzdusi/\\$FILE/000-Zprava_o_kvalite_ovzdusi_2019-20210304.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kvalita_ovzdusi/$FILE/000-Zprava_o_kvalite_ovzdusi_2019-20210304.pdf)
- 13) United Nations. *Status of Ratification of the Convention* [online]. UNFCCC [cit. 28.3.2021]. Dostupné z: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-convention/status-of-ratification/status-of-ratification-of-the-convention>
- 14) United Nations. *The Kyoto protocol – Status of Ratification* [online]. UNFCCC [cit. 28.3.2021]. Dostupné z: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/status-of-ratification>

- 15) World Health Organization. Arts and health [online]. WHO [cit. 4.4.2021]. Dostupné z: <https://www.who.int/initiatives/arts-and-health>
- 16) Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Informace o zdravotních rizicích spojených s kvalitou ovzduší v roce 2018* [online]. MZPCR [cit. 5.4.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kvalita_ovzdusi/\\$FILE/000-Zdravotni_rizika_2018-20200714.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kvalita_ovzdusi/$FILE/000-Zdravotni_rizika_2018-20200714.pdf)
- 17) Ministerstvo životního prostředí České republiky. *Informace o zdravotních rizicích spojených s kvalitou ovzduší v roce 2019* [online]. MZPCR [cit. 5.4.2021]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kvalita_ovzdusi/\\$FILE/000-zdravotni_rizika_2019-20210304.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/kvalita_ovzdusi/$FILE/000-zdravotni_rizika_2019-20210304.pdf)
- 18) ASCHERMANN, M. a kol. Chronické pravostranné srdeční selhání – patofyziologie. *Zdraví.euro* [online]. 19.4.2007 [cit. 18.4.2021]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina-priloha/chronicke-pravostranne-srdecni-selhani-patofyziologie-302312>
- 19) DINDOŠ, J. Cor pulmonale chronicum z pohledu praktického lékaře. *Zdravotnické noviny: Lékařské listy* [online]. 2001, vol. 50, s.18. [cit. 18.4.2021]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/cor-pulmonale-156494>
- 20) ČERNÝ, V. Oběhové selhání a šokové stavy. *Zdraví euro* [online]. 7.5.2012 [cit. 18.4.2021]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/obehove-selhani-a-sokove-stavy-464718>
- 21) NOHEL, P. a kol. Oxidační stres, jeho stanovení, nemoci jím způsobené a jeho snižování antioxidanty. *Vesmír* [online]. 9.6.2011, 90, [cit. 18.4.2021]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2011/cislo-6/oxidacni-stres.html>
- 22) KRUŽICOVÁ, Z. Maligní melanom. *Zdraví euro* [online]. 7.4.2010 [cit. 19.4.2021]. Dostupné z: <https://zdravi.euro.cz/clanek/postgradualni-medicina/maligni-melanom-450829>
- 23) PETRŮ, V. Co víme o dětském astmatu? *Pediatric pro praxi* [online]. 2008, roč. 9. s. 148-152. Dostupné z: <https://www.pediatricpropraxi.cz/artkey/ped-200803-0002.php> ISSN 1803-5264
- 24) Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně. Zánět průdušek (bronchitida). *Národní zdravotnická informační portál* [online]. Praha: Ministerstvo zdravotnictví ČR a Ústav zdravotnických informací a statistiky [cit. 28.4.2021]. ISSN 2695-0340. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/813-zanet-prudusek-bronchitida>

- 25) Dermanet. Co je to ekzém? *Portál moderní dermatologie pro širokou veřejnost* [online]. [cit. 28.4.2021]. Dostupné z: https://www.dermanet.cz/cs/kozni-choroby/ekzemy/co-je-to-ekzem_s580x7299.html
- 26) An agency of the European Union. COVID-19. *European Centre for Disease Prevention and Control* [online]. 25.1.2021 [cit. 19.5.2021]. Dostupné z: <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19>
- 27) HRUŠKA, J. – KOPÁČEK, J. Účinky kyselého deště na lesní a vodní ekosystémy I. Emise a depozice okyselujících sloučenin. *Živa* [online]. 2.2009, s. 93–96 [cit. 1.6.2021]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/ucinky-kyseleho-deste-na-lesni-a-vodni-ekosystemy-1.pdf>

ZÁKONY

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů*. 2.5.2012.

PŘÍLOHA 1: TABULKA CHEMICKÝCH PRVKŮ A SLOUČENIN

O	Kyslík
O ₃	Ozon
N	Dusík
NO	Oxid dusnatý
NO ₂	Oxid dusičitý
N ₂ O	Oxid dusný
NH ₃	Amoniak
N ₂ O ₅	Oxid dusičný
NF ₃	Fluorid dusitý
C	Uhlík
CO	Oxid uhelnatý
CO ₂	Oxid uhličitý
CH ₄	Metan
S	Síra
H ₂ S	Sulfan
((CH ₃) ₂ S)	Dimetylsulfid
((CH ₃) ₂ S ₂)	Dimetyldisulfid
SO ₂	Oxid siřičitý
H	Vodík
H ₂ O	Voda
(NH ₄)HSO ₄	Hydrogensíran amonný
HFC _S	Hydrogenové fluorovodíky
PFC _S	Polyfluorovodík
SF ₆	Fluorid sírový
NF ₃	Fluorid dusitý
PAU, PAH	Polycyklické aromatické uhlovodíky

PŘÍLOHA 2: SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.: Stavba atmosféry	10
Obrázek 2.: Fotosyntéza	11
Obrázek 3.: Koloběh dusíku na Zemi.....	13
Obrázek 4.: Koloběh vody na Zemi	15
Obrázek 5.: Skleníkový efekt	18
Obrázek 6.: Ozonová díra nad Antarktidou v roce 2019.....	20
Obrázek 7.: Okres Olomouc	32