



Fakulta strojní

Ústav řízení a ekonomiky podniku

**Analýza uhlíkové stopy studentů Fakulty strojní ČVUT v
Praze**

**Carbon footprint analysis of students of the Faculty of
Mechanical Engineering of CTU in Prague**

Bakalářská práce

2022

Filip TRACHTA

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bez oborový

Vedoucí práce: Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.

Analýza uhlíkové stopy studentů Fakulty strojní ČVUT v Praze



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Trachta** Jméno: **Filip** Osobní číslo: **491538**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
 Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**
 Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Analýza uhlíkové stopy studentů Fakulty strojní ČVUT v Praze

Název bakalářské práce anglicky:

Carbon footprint analysis of students of the Faculty of Mechanical Engineering of CTU in Prague

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod do problematiky
2. Emise CO₂ a jejich dopady na životní prostředí
3. Tvorba kalkulátoru uhlíkové stopy
4. Zpracování dat
5. Závěr – vyhodnocení výsledků

Seznam doporučené literatury:

1. Franchetti, John Matthew and Apul, Defne. Carbon footprint analysis. Taylor and Francis group, 2012. ISBN 9781439857830.
2. Yamin, Farhana. Climate change and carbon markets. Taylor and Francis group, 2005. ISBN 9781844071630.
3. Braniš, Martin a Hůnová, Iva. Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha, 2016. ISBN 9788024615981.
4. Muthu, Subramanian Senthikannan. Environmental Carbon Footprints. Butterworth-Heinemann, 2018. ISBN 978-0-12-812849-7

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D. ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **31.03.2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22.07.2022**

Platnost zadání bakalářské práce: **29.09.2023**

Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Anotační list

Název práce:	Analýza uhlíkové stopy studentů Fakulty strojní ČVUT v Praze
Title of thesis:	Carbon footprint analysis of students of the Faculty of Mechanical Engineering of CTU in Prague
Jméno autora:	Filip Trachta
Rok:	2022
Studijní program:	Teoretický základ strojího inženýrství
Druh práce:	Bakalářská
Vedoucí práce:	Ing. Barbora Stieberová, Ph.D.
Klíčová slova:	Uhlíková stopa, klimatická změna, kalkulátor uhlíkové stopy, analýza uhlíkové stopy studentů
Keywords:	Carbon footprint, climate change, carbon footprint calculator, carbon footprint analysis of students
Abstrakt:	Tato bakalářská práce se zabývá problematikou klimatických změn, tvorbou kalkulátoru uhlíkové stopy pro studenty fakulty strojní ČVUT v Praze. Dále je zde popsán postup sběru dat od studentů a následná statistická analýza výsledků.
Abstract:	This bachelor thesis is dedicating to the issue of climate change, the creation of a carbon footprint calculator for students of the Faculty of Mechanical Engineering CTU in Prague. It describes the process of collecting data from students and staticial analysis of the results.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem „Analýza uhlíkové stopy studentů Fakulty strojní ČVUT v Praze“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Barbory Stieberové, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne 22.7. 2022

Filip Trachta

Poděkování

Toto poděkování věnuji vedoucí práce Ing. Barboře Stieberové, Ph.D. za ochotu při vedení a zpracování práce a dále všem studentům Fakulty strojní, kteří se podíleli na mé práci jako respondenti. Také bych chtěl poděkovat své rodině za jejich podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod	2
2. Teoretická část	3
2.1 Klimatické změny.....	3
2.2 Mezinárodní environmentální smlouvy	5
2.2.1 Stockholmská konference 1972	5
2.2.2 Konference v Rio de Janeiru 1992	6
2.2.3 Kjótský protokol 1997.....	6
2.2.4 Pařížská dohoda 2015.....	7
2.2.5 European green deal 2019	7
2.2.6 IPCC zpráva 2021	7
2.3 Skleníkové efekty	8
2.4 Skleníkové plyny	9
2.4.1 Vodní pára	9
2.4.2 Oxid uhličitý.....	9
2.4.3 Methan	11
2.4.4 Oxid dusný.....	13
2.4.5 Ekvivalent oxidu uhličitého.....	13
2.5 Uhlíková stopa.....	14
2.5.1 Uhlíkové stupně.....	15
3. Tvorba kalkulátoru uhlíkové stopy	20
3.1 Osobní doprava autem.....	20
3.2 Hromadná doprava.....	21
3.2.1 Doprava vlakem.....	21
3.2.2 Doprava autobusem	22
3.2.3 Doprava tramvají.....	22
3.2.4 Doprava metrem	23
3.2.5 Doprava letadlem	23
3.3 Jídlo.....	24
3.4 Elektrická energie	25
3.5 Vytápění.....	27
3.6 Oblečení.....	28
4. Zpracování dat.....	29
4.1 Analýza emisí z dopravy	31
4.2 Analýza emisí z potravin	34

4.3	Analýza emisí z vytápění.....	35
4.4	Analýza emisí z elektrické energie a oblečení	36
4.5	Analýza emisí jednotlivých skupin studentů	37
4.6	Otázky klimatických změn	38
4.7	Vývoj uhlíkové stopy studentů do budoucna	42
5.	Závěr	44
6.	Použitá literatura	45
6.	Seznam obrázků	51
7.	Seznam grafů	52
8.	Seznam příloh	53

Seznam zkratek a symbolů

ENSO	-	Cyklus střídání teplého a studené povrchové teploty moře	
CO_2	-	oxid uhličitý	
ppm	-	parts per milion (miliontina)	
GWP	-	Global warming potential (potenciál globálního oteplování)	
Ppb	-	parts per bilion (miliardtina)	
CO_2e	-	ekvivalent oxidu uhličitého	
LCA	-	life cycle assessment (posuzování životního cyklu)	
EVK	-	emise z výroby na kilometr	[g /km]
PKM	-	počet naježděných kilometrů za měsíc	[km/měsíc]
EP	-	emise z pohonu	[g/l] nebo [g/kWh]
PO	-	průměrný počet osob v autě	[osob]
PS	-	průměrná spotřeba automobilu	[l/100km] nebo [kWh/100km]
PEV	-	průměr emisí vlaků Českých drah	
PKM	-	počet naježděných kilometrů za měsíc	[km/měsíc]
PSA	-	průměrná spotřeba autobusů	[l/100 km]
POA	-	průměrná obsazenost autobusů	[osob]
PST	-	průměrná spotřeba tramvají	[kWh/km]
EM	-	energetický mix ČR	[g/kWh]
VTZ	-	průměrná vzdálenost tramvajových zastávek	[zastávku/km]
PZM	-	počet ujetých zastávek za měsíc	[zastávek]
POT	-	průměrná obsazenost tramvají	[osob]
PSM	-	průměrná spotřeba metra	[kWh/km]
VZM	-	průměrná vzdálenost mezi zastávkami metra	[zastávek/km]
PZM	-	počet ujetých zastávek za měsíc	[zast./měsíc]
POM	-	průměrná obsazenost metra	[osob]
PNK	-	počet nalítaných kilometrů	[km]
KEL	-	koeficient emisí letadla	[kg CO ₂ /km]
RSEE	-	roční spotřeba elektrické energie	[kWh/rok]

1. Úvod

Jedním ze zásadních faktorů, které negativním způsobem ovlivňují planetu v posledních 200 letech jsou globální klimatické změny, jejichž dopady zasahují do stabilních globálních ekosystémů, potažmo i do lidských společností. Tyto změny tak výrazně zasahují do klimatických podmínek ve všech částech světa, což se dotýká každého z nás.

Klimatické změny jsou způsobované zejména emisemi skleníkových plynů, odlesňováním a celkovým snížením biodiverzity na celém světě, což jsou důsledky lidské činnosti, které jsou v posledních desetiletích umocňovány růstem celosvětové populace a související hospodářskou činností.

Globální klimatické změny způsobované antropogenními jevy můžou v konečném důsledku ohrozit lidskou rasu jako takovou, tudíž je nezbytné, aby byl rozvíjeny technologie a postupy pro dosažení trvale udržitelného rozvoje. Proto je důležité při návrhu a vývoji řešit nejen technické, ale i ekologické aspekty výroby, užívání a konce produkovaných výrobků. Klimatické změny jsou předmětem zájmu celých států i mezistátních uskupení jako je OSN, které se pomocí dohod a závazků snaží dojít k uhlíkové neutralitě.

Tato bakalářská práce se zabývá tvorbou kalkulátoru uhlíkové stopy a analýzou stopy studentů Fakulty strojní ČVUT v Praze. V první části je charakterizována teoretická stránka problematiky, týkající se příčiny klimatických změn a jejich globální dopady. Dále zde budou uvedeny nejvýznamnější deklarace a úmluvy, které se nejvýrazněji zasadily na utváření politických strategií ohledně ochrany životního prostředí. Poté je charakterizován skleníkový efekt a plyny, jež ho způsobují.

V praktické části práce je uveden postup tvorby kalkulátoru uhlíkové stopy určený pro výpočet emisí každodenního života studentů. Dále je zde popsán sběr dat od studentů a následná statistická analýza výsledků.

Cíle práce jsou:

- Uvedení do problematiky klimatických změn, jejich globální významnost a možné příčiny
- Dopad emisí skleníkových plynů na životní prostředí, jejich definice a prozatímní vývoj
- Identifikace oblasti každodenního života s největší uhlíkovou stopou
- Analýza celkové uhlíkové stopy studentů

2. Teoretická část

2.1 Klimatické změny

V současné době se do popředí veřejného zájmu dostává otázka ohledně klimatu na naší planetě. Klima na Zemi se vždy měnilo a měnit bude. V posledních 400 tisících letech zemské klima nebylo příliš stabilní. Docházelo ke střídáním dob ledovým a meziledovým s periodou asi 100 tisíc let. K fluktuacím docházelo i v koncentraci skleníkových plynů v atmosféře. Předně právě jim vděčíme že to, že zvýšily průměrnou teplotu na planetě asi o 33 stupňů Celsia, než kdyby se žádné skleníkové plyny v atmosféře nevyskytovaly. [1]

Ke změnám tedy docházelo v historii velmi často. Ovšem nikdy k nim nedocházelo v tak krátkém časovém intervalu, jakého jsme svědky dnes. Je dokázané, že antropologické činnosti mají vliv na globální klima. [2] Jeden z nejvýznamnějších faktorů je vypouštění skleníkových plynů jako jsou oxid uhličitý nebo metan. Mezi další vlivy můžeme počítat mohutné změny rázu krajiny odlesňováním nebo zástavbou. Dále změny hydrologické jako jsou stavby přehrad, změny toků způsobené zavlažováním. Určit lidský podíl na celkových změnách je i přesto složité. Důvodem je velká složitost a propojenost v celém systému planety. Celý klimatický systém se skládá z atmosféry, hydrosféry, biosféry, litosféry a pedosféry. Mezi těmito subsystémy se skrývá nespočet vazeb, které se navzájem ovlivňují. Příkladem takové vazby může být jev ENSO (El Nino Southern Oscillation), kdy spolu reaguje atmosféra s hydrosférou a dochází k přechodným projevům počasí v Jižní Americe a Tichomoří. Tento jev se dělí na teplo a studenou fázi. Během teplé fáze dochází k přenosu vzduchu podél rovníku od východu k západu, kterému dopomáhá rozvinutá pasátová cirkulace vzduchu. V oblasti západní části Tichého oceánu dochází k silnému přenosu tepla z oceánu do atmosféry a následným srážkám v podobě monzunových dešťů. Naopak na jihoamerickém pobřeží je počasí suché a horké. V době teplé fáze se ve východní a centrální části Tichého oceánu zeslabuje pasátová cirkulace, čímž dojde k opačnému projevu počasí, které přinese na jihoamerické pobřeží deště a na západní Tichomoří období vyšších teplot. [3]

Ačkoli se důsledky globálních změn mohou projevovat v různých částech světa odlišně a s různou intenzitou, nelze je brát na lehkou váhu. Tyto jevy mohou mít nedozírné následky na lidskou společnost. V Evropě může čím dál častěji docházet ke střídání extrémního počasí, např.: po výrazném suchu bude následovat blesková povodeň. Zvýšení průměrné teploty bude

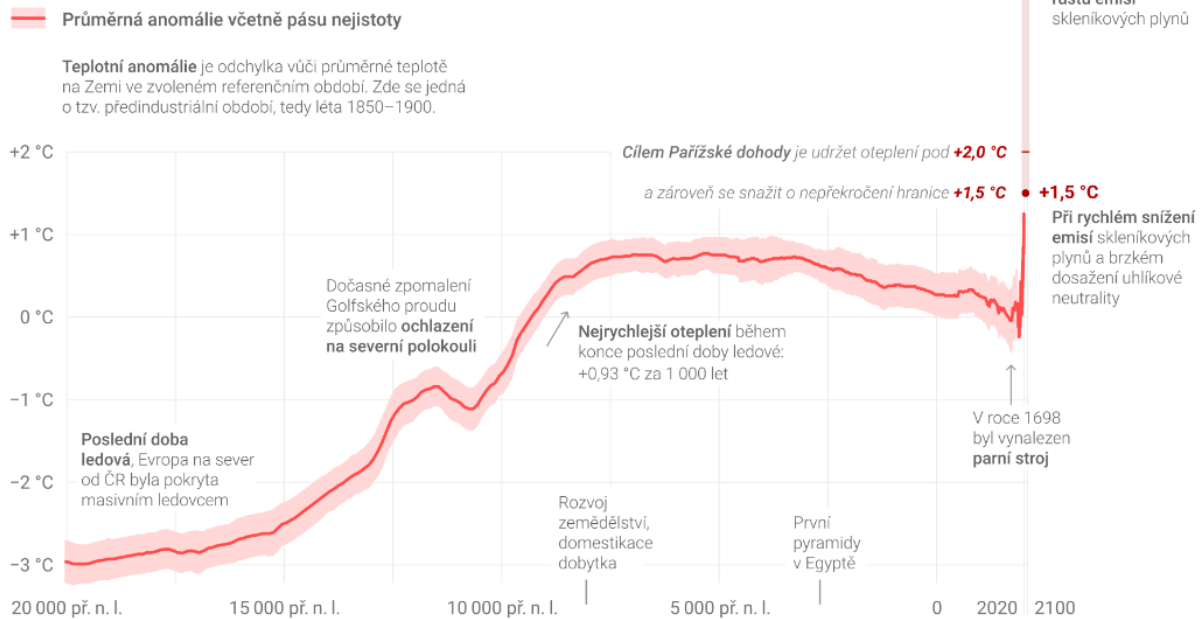
znamenat menší množství sněhových srážek, takže při jarní oblevě bude vegetaci chybět vláha. Ta představuje pro zásoby podzemních vod velmi významnou část, která se pouhým deštěm nedostane tak hluboko do půdy. Velké rozdíly v počasí mají důsledky také na zemědělskou činnost, kdy může docházet k menším úrodám. Při nedostatku pitné vody a potravy, by mohlo docházet k válečným konfliktům nebo migraci obyvatelstva. [4]

Teplota na naší planetě je určována bilancí energie přijaté zářením od Slunce a energií vyzářenou zpět do vesmíru. Určité procento je odraženo atmosférou nebo povrchem zpět do okolního vesmíru, část odraženého záření se ovšem odrazí od atmosféry zpátky na povrch a tím jej zahřívá. Plyny, které tento proces umocňují nazýváme skleníkové plyny. Oceány a moře pohlcují obrovské množství nadměrného tepla. Za posledních 50 let se v oceánech uložilo 93 % tohoto tepla. [5] Navíc oceány pohlcují až třetinu emisí CO_2 vyprodukovaných lidstvem. Z tohoto pohledu fungují jako klimatizace, ovšem platíme za ni cenu v podobě zvýšení teploty oceánu, což ohrožuje podmořský život. Nejnáchylnější jsou korálové útesy, jenž poskytují domov asi jedné čtvrtině mořských živočichů a poskytují hlavní příjem potravy pro 500 milionů lidí. [6] Díky zvýšení teplot a okyselení se z hojných korálových útesů stávají mrtvé pláně bez života. Růst teploty oceánů a vzduchu má zásadní vliv na ledovce. Právě ty dnes tají nejrychleji za posledních 2800 let. Tající ledovce zvyšují hladinu světových oceánů a do roku 2100 může jejich hladina stoupnout až o 1 metr a do roku 2500 může dosáhnout o 15 metrů výše, než je tomu doposud. [7] Zvyšuje se tím eroze pobřeží, pronikání přílivové vody do delt řek, mizení hnízdících pláží a pobřežních mokřadů. Největší hrozbou je stoupaní hladiny pro přímořská města a jejich obyvatele. Téměř dvě třetiny měst nad 5 milionů obyvatel leží v ohrožených oblastech, což by mělo za následek nucenou migraci místních obyvatel. Teplejší oceány znamenají také extrémnější projevy, jelikož předávají větší množství energie bouřkám, které jsou tím pádem silnější a destruktivnější.

Růst průměrné teploty je asi nejzásadnějším ukazatelem klimatických změn. Od poslední doby ledové byl nejrychlejší nárůst teplot přibližně $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ za 1000 let. Stejně oteplení o jeden stupeň Celsia jsme zaznamenali za posledních sto let. [5]

Na obrázku 1 si můžeme všimnout, že počátkem prudkých nárůstů teploty bylo období průmyslové revoluce, spojené s vynálezem prvního parního stroje. V tomto industriálním době se začala v čím dál tím větší míře využívat fosilní paliva, která vznikala anaerobním rozkladem

Současné oteplování je více než **10× rychlejší** než přirozené oteplení, které proběhlo na konci poslední doby ledové.



Obrázek 1 - Vývoj průměrných teplot na Zemi [61]

živých organismů před mnoha miliony let. Tedy uhlík, který se do země ukládal během pro nás obtížně představitelné doby, se díky nám dostává do atmosféry v mnohem kratším časovém okamžiku.

2.2 Mezinárodní environmentální smlouvy

Problémy v oblasti životního prostředí často přesahují regionální hranice a nabývají celosvětových rozměrů. Aby tyto problémy bylo možné řešit, musely být nastoleny nadnárodní strategie určující další postup a směr řešení. Takové požadavky jsou realizovány pomocí mezinárodních smluv a dohod na úseku ochrany přírody, přijaté mnoha zeměmi po celém světě.

2.2.1 Stockholmská konference 1972

První setkání na mezinárodní úrovni proběhlo na konferenci OSN o životním prostředí v roce 1972 ve Stockholmu. Deklarace obsahuje celkem 26 principů, stavící ochranu životního prostředí do popředí. Konference přinesla důležitou informaci, že lidstvo má vliv na okolní

prostředí a že je potřeba skloubit dohromady konflikt mezi hospodářským rozvojem a ochranou životního prostředí. Hlavní regulaci mělo dojít v oblasti průmyslu s cílem minimalizovat dopady na jednotlivé složky přírodního bohatství a to: vodu, ovzduší, půdu a živou přírodu. Sama konference měla významný vliv na budoucí utváření politiky ochrany životního prostředí v celosvětovém měřítku. [8] [9]

2.2.2 Konference v Rio de Janeiru 1992

V roce 1992 došlo k dalšímu velkému zasedání a to v Riu de Janeiru, nazývána jako Konference OSN o životním prostředí a rozvoji nebo také jako Summit Země. Zde došlo k dalšímu vývoji v ochraně životního prostředí. Konference navázala na zprávu Světové komise pro životní prostředí a rozvoj ustanovená OSN, kde autoři poukázali na to, že řešením není zastavení hospodářského růstu, ale jeho trvale udržitelného rozvoje a to na všech úrovních od lokálních přes regionální až po mezistátní. Jeden z nejvýznamnějších výsledků konference byla Agenda 21, kde bylo ve 40 kapitolách o délce 1000 stran, kde jsou podrobně objasněny zásady udržitelného rozvoje. Tento dokument se stal manuálem všech aktivit, do kterých by lidstvo mělo investovat, aby dosáhla během 21. století udržitelného rozvoje. [10] [11]

2.2.3 Kjótský protokol 1997

První restrikce týkající se mezinárodních závazků přinesl Kjótský protokol v roce 1997, respektive vstoupil v platnost až v roce 2005 po jeho podepsání Ruskou federací, kdy došlo ke splnění všech kritérií, aby dokument vešel v platnost. Podpisem úmluvy se státy zavázaly snížit šesti skleníkových plynů včetně s oxidem uhličitým o 5,2 % pod hodnoty z roku 1990. Takového cíle musely dosáhnout v období let 2008 až 2012. Tímto se stal jednou z nejdiskutovanějších smluv ze stran kritiky i efektivnosti, a to hlavně díky tomu, že protokol nepodepsaly USA, Čína ani Indie, tedy státy, pokládané za největší znečišťovatele. I přesto došlo k významné debatě o životním prostředí, a to nejen na úrovni státních sfér, ale i mezi běžnými lidmi, čímž přispěl k tomu, aby se dopady na životní prostředí začalo zabývat mnohem více lidí. Platnost protokolu byla omezena do roku 2012, bylo tedy nutné zavést nová pravidla pro další roky. Vzhledem ke kritice Kjótské úmluvy se další jednání velice ztížila. Bylo to hlavně kvůli tomu, že další velké mocnosti neprojevíly o pokračování závazku zájem. V Dauhá, na 18. summitu o změně klimatu, byl přijat dodatek o druhém kontrolním období, a to 2013 až 2020. Země, jež dodatek podepsaly, se zavázaly snížit emise skleníkových plynů o 18 % pod hodnoty z roku 1990. [12] [13] [14]

2.2.4 Pařížská dohoda 2015

Dalším důležitým milníkem se stala dohoda v Paříži v roce 2015. Podepsána byla celkově 196 stranami včetně EU po dvoutýdenním zasedání. Hlavním cílem dohody je snížení emisí skleníkových plynů a udržení nárustu průměrné globální teploty pod hranicí 2 °C oproti hodnotám z dob průmyslové revoluce a maximální snahou udržet tuto teplotu pod hranicí 1,5°C, což by znamenalo minimalizaci dopadů na globální klimatickou situaci. K dosažení takového cíle je nutné, aby většina zemí dosáhla maximálních hodnot emisí skleníkových plynů v první polovině 21. století a v druhé polovině by již měly vypouštět tolik skleníkových plynů, kolik je planeta svými mechanismy schopna vstřebávat. Tohoto závazku nebude ovšem tak jednoduché dosáhnout, jelikož v době podepsání byla průměrná teplota, oproti době z před průmyslové revoluce, vyšší o přibližně 1°C. Tato smlouva navazuje na post-Kjótský protokol a představuje tak obrovskou výzvu v rámci ekologických opatření. [15] [16]

2.2.5 European green deal 2019

European green deal v překladu Zelená dohoda pro Evropu je dohoda vydána v roce 2019 Evropskou Komisí. Klade si za cíl být do roku 2050 klimaticky neutrální, kde hospodářský růst nebude napojen na zvyšující se využívání přírodních zdrojů. Obsahuje plán, jehož cílem je snížení emisí o 55 % ve srovnání s hodnotami z roku 1990. Dále si dává za úkol chránit a obnovovat ekosystém a biodiverzitu Evropského kontinentu. Přejít na ekologicky udržitelné hospodářství mají přejít všichni členové, k tomu mají dopomoci finanční toky EU. K dosažení všech cílů dohody je zapotřebí investic do nových technologií, které jsou šetrnější k životnímu prostředí. Také je nutné zajistit čisté a dostupné zdroje energie, ambice na nulové znečištění okolní přírody od hospodářské činnosti, zdravý a environmentálně přívětivý systém zdrojů potravy. Zajistit výstavbu a renovaci z efektivních zdrojů energie a materiálů. [17]

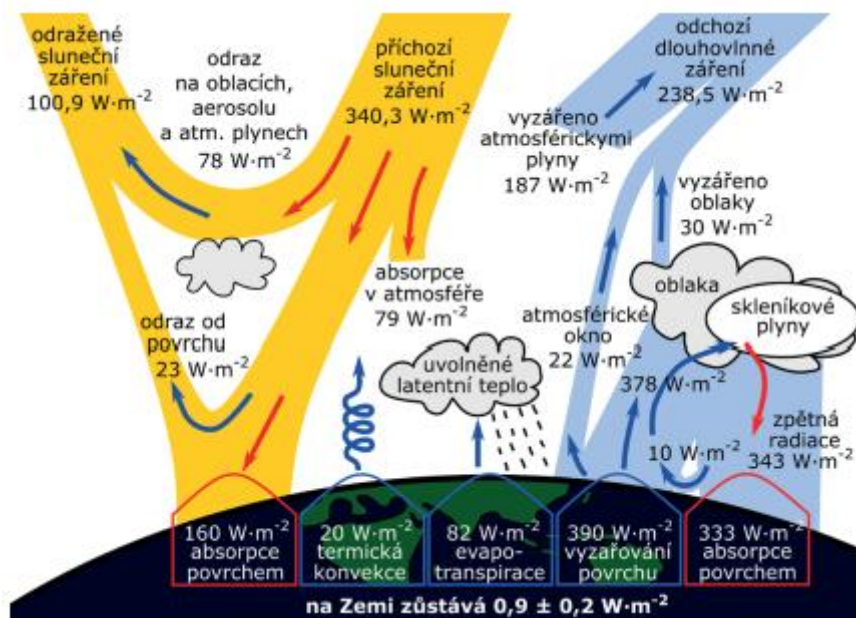
2.2.6 IPCC zpráva 2021

V roce 2021 vznikla 6. hodnotící zpráva Mezinárodního panelu pro změnu klimatu (Intergovernmental panel on climate change). Zpráva uvádí na více jak 2900 stránkách, že se globální klimatické změny stále zrychlují. Zpráva IPCC se vydává každých cca 8 let a podílelo se na ni více jak 230 vědců. Ve zprávě se objevuje pohled na možné scénáře vývoje průměrné teploty v závislosti na emisích skleníkových plynů. Je zde uveden rozsah scénářů od 1,4 °C (nejoptimističtější scénář) až po 4,4 °C (nejpesimističtější scénář) do konce tohoto století. Je tedy nutné začít se změnami a dosáhnout uhlíkové neutrality co možná nejdříve. Uhlíková

neutralita je dosažení rovnováhy mezi produkcí emisí uhlíku a jeho schopností uložení pomocí přírodních chodů, tedy pokud bychom vzali v úvahu celou planetu, rozdíl emisí vypuštěných a pohlcených by musel být nulový. Autoři uvedli, že pokud se do roku 2030 sníží globální emise o polovinu a do roku 2050 se podaří dosáhnout nulových hodnot, bude možné globální oteplování ještě zastavit. Report také sděluje, že pokud nedojde k významným zásahům do snížení emisí, přesáhne průměrná teplota hodnot obsažené v Pařížské dohodě, tedy udržet růst teploty pod hranici 2 °C a snahy udržet ji pod 1,5 °C, již do konce tohoto desetiletí. [18] [19]

2.3 Skleníkové efekt

Teplota povrchu Země a přízemní vrstvy atmosféry je dána působením slunečního záření. Toto záření se k nám dostane v různých vlnových délkách. Část jako viditelné světlo, část jako ultrafialové záření nebo infračervené záření. Složky v atmosféře jako molekuly plynů, vodní pára a částice některá záření dokáží propouštět, absorbovat nebo vyzářit zpět do okolí. Záření, které se dostane na povrch Země jej ohřívá. Planeta jako těleso teplo také vyzařuje, jinak by docházelo ke stálému zvyšování teploty. Pokud je teplota na Zemi konstantní, je vyzařováno právě tolik energie, kolik bylo přijato. Tuto rovnováhu ale ovlivňují skleníkové plyny způsobující skleníkový efekt, viz obrázek 2.



Obrázek 2 - Schéma energetické bilance atmosféry a zemského povrchu [1]

Atmosféra obsahuje vedle hlavních složek jako je dusík (78 %), kyslík (21 %) také stopové prvky (1 %). Koncentrace stopových prvků, do kterých patří i skleníkové plyny, byl v minulosti víceméně stabilní. Jejich produkce byla v rovnováze se spotřebou a docházelo k přirozenému cyklu a v atmosféře se nehromadily. Člověk se svými aktivitami ovšem tuto rovnováhu narušuje vypouštěním skleníkových plynů, obsažené primárně ve fosilních palivech, které spaluje.

2.4 Skleníkové plyny

Skleníkovými plyny nazýváme plyny, které pohlcují Zemí odražené záření a přispívají tak k oteplení planety. Každý ze skleníkových plynů pohlcuje jen určité části frekvence záření. K hlavním patří oxid uhličitý, oxid dusný, metan a vodní páry. Kromě těchto čtyř k nim řadíme mnoho dalších plynů, převážně člověkem vytvořených. Jejich koncentrace je ovšem tak malá, že se jimi nebudeme zabývat.

2.4.1 Vodní pára

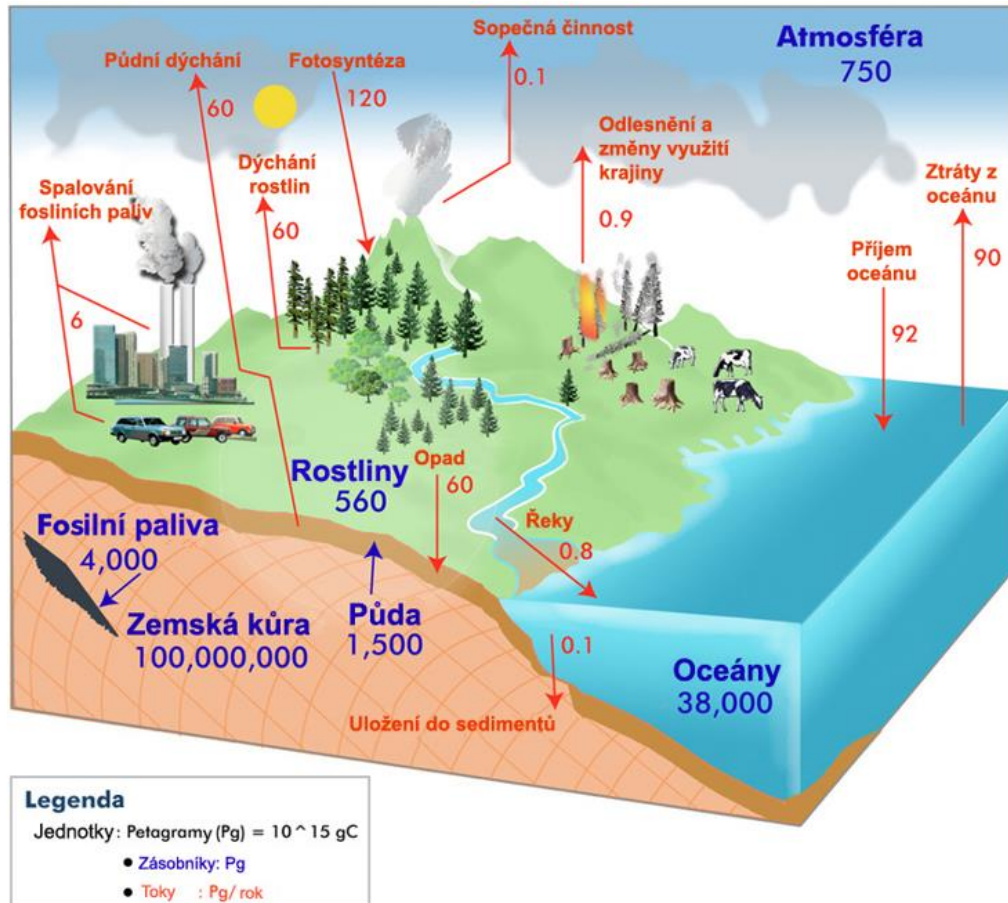
Vodní parou je myšlena plynná vlhkost vzduchu. Obsah páry v atmosféře se na Zemi mění podle polohy a počasí. Čím vyšší teplota, tím více může vzduch pojmout vlhkosti. Je to přírodní složka atmosféry a člověk ji do atmosféry příliš nedostává. Vliv na skleníkovém efektu má z 36 až 70 %. [20] Důvodem tak velkého intervalu jsou překrývající se absorpční pásy jednotlivých plynů a jejich rozdílná koncentrace v různých částech světa.

Pokud se tedy průměrná teplota zvýší o 1 stupeň Celsia, bude atmosféra schopna pojmout více vlhkosti, tím se zvýší skleníkový efekt. Tomuto efektu říkáme pozitivní zpětná vazba. Negativní zpětná vazba má opačný účinek, než jev, co jej vyvolal. Kupříkladu můžeme uvést zvýšení radiace Země, čím teplejší planeta bude, tím více bude vyzařovat tepla do okolí. Tedy bude se více ochlazovat.

2.4.2 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je jeden z nejvýznamnějších skleníkových plynů. Je součástí globálního uhlíkového cyklu, který mezi atmosférou, pedosférou, biosférou a hydrosférou neustále vyměňuje obrovská množství uhlíku. Uhlík je tedy součástí oceánů ve velkých hloubkách jako rozpuštěný anorganický uhlík, u hladiny v podobě biologických procesů např.: životní cyklus planktonu, rozpuštěný ve vodě. V zemské kůře je nejvíce uhlíku uloženo v usazených a přeměněných horninách a fosilních palivech. V atmosféře je uhlík obsažen v oxidu uhličitém a

methanu. Zásobníky uhlíku jako jsou ložiska uhlí nebo lesy, fungují jako zdroje, jenž dodávají do systému uhlík, ale i jako jeho úložiště. Jestliže jsou toky mezi subsystemy podobné, můžeme říct, že je celý systém v rovnováze, schéma globálního cyklu uhlíku je zobrazeno na obrázku 3. Tak tomu bylo i v minulosti, kdy docházelo k mírným nárůstům a poklesům hodnot uhlíku v atmosféře. [21]

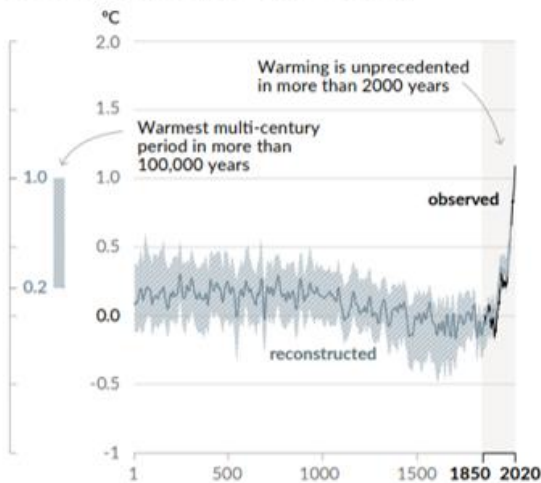


Obrázek 3 - Globální cyklus uhlíku [65]

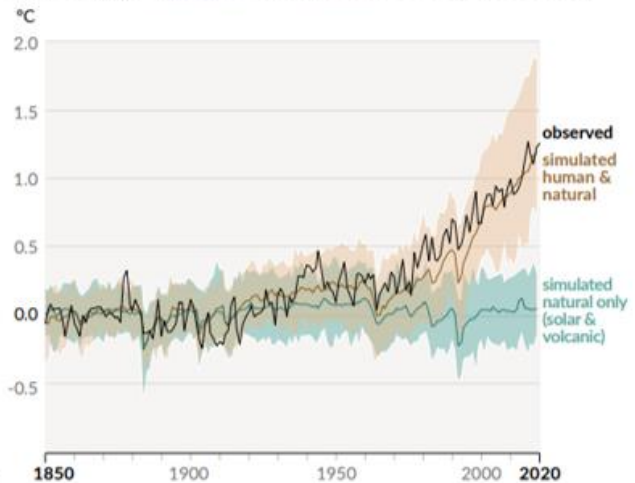
Narušení této rovnováhy můžeme vidět na obr. 4 a 5. Koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře je reprezentována hodnotou ppm (parts per milion) tedy miliontinou. Z grafu můžeme zjistit, že hodnota se za posledních 800 000 let pohybovala v rozmezí 170 až 300 ppm. Tyto záznamy lidstvo získalo díky vrtům v Antarktidě, kde se v zamrzlém ledu uchovaly bublinky vzduchu. Podle vrstvy ledu se určí stáří dané vrstvy a z bublinek vzduchu poté množství CO_2 . Za posledních 200 let hodnota prudce vzrůstá, v roce 2021 dosahovala hodnota 419 ppm a díky lidským aktivitám bude stále stoupat. Reakcí na změnu koncentrace uhlíku v ovzduší je nárůst teplot mající prakticky stejný průběh, jako právě koncentrace. Životnost oxidu uhličitého v atmosféře je přitom okolo 100 až 150 let, tedy poměrně mnohem vyšší, než u dalšího dominantního plynu, methanu. [22]

Changes in global surface temperature relative to 1850-1900

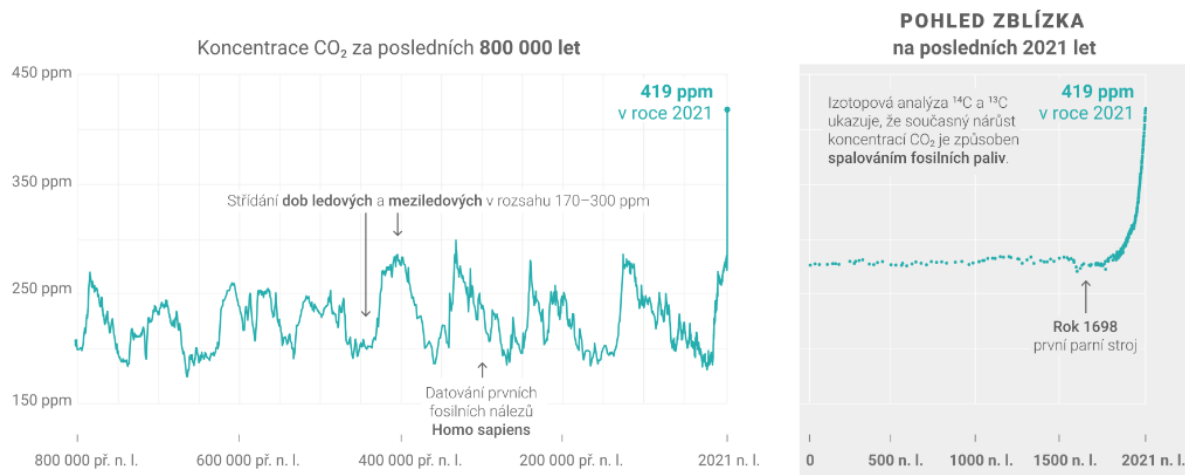
a) Change in global surface temperature (decadal average) as reconstructed (1-2000) and observed (1850-2020)



b) Change in global surface temperature (annual average) as observed and simulated using human & natural and only natural factors (both 1850-2020)



Obrázek 4 - Vývoj průměrné globální teploty [66]

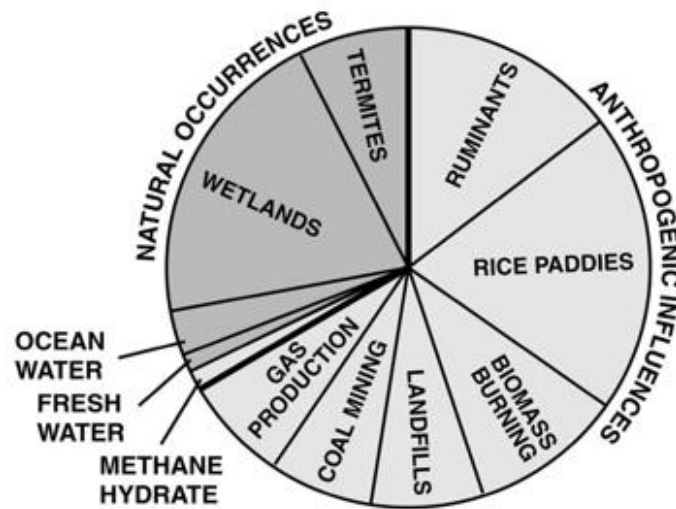


Obrázek 5 - Vývoj koncentrace CO2 v atmosféře [73]

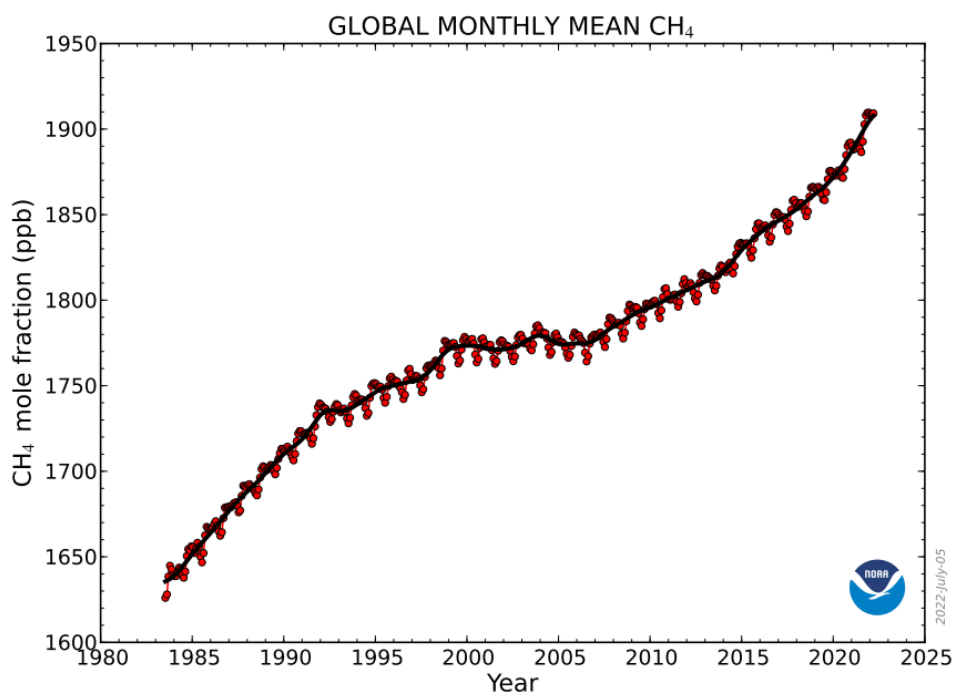
2.4.3 Methan

Methan je dalším významným skleníkovým plynem, je 28x silnější než oxid uhličitý. Vliv plynů se nejčastěji určuje pomocí GWP (Global Warming Potential), tedy potenciálu globálního oteplování. Je to poměr energie infračerveného záření zachycené kilogramem dané látky vypuštěné do atmosféry za jistou dobu, nejčastěji tomu bývá interval 100 let, vůči energii zachycené oxidem uhličitým. Methan má tedy 28 GWP. [1]

Do ovzduší se dostává ze 41 % z přírodních zdrojů, jako jsou mokřady, nebo lesní požáry. Zbývajících 59 % můžeme připočíst antropogenním činnostem. Více jak polovina lidských emisí methanu pochází ze zemědělství, respektive z metabolických procesů velkých přežvýkavců, dále pak z hnoje. Dalším zdrojem methanu je nakládání s odpady a jejich nekontrolovatelné emise ze skládkování. Zpracování zemního plynu a ropy a chemický průmysl tvoří asi pětinu lidských emisí methanu viz obr. č. 6. [23] Průměrná globální koncentrace methanu se za posledních 39 let zvýšila o 270 ppb (parts per billion, jednotek na miliardu) na hodnoty přes 1910 ppb viz. obr. č. 7.



Obrázek 6 - Zdroje methanu [67]

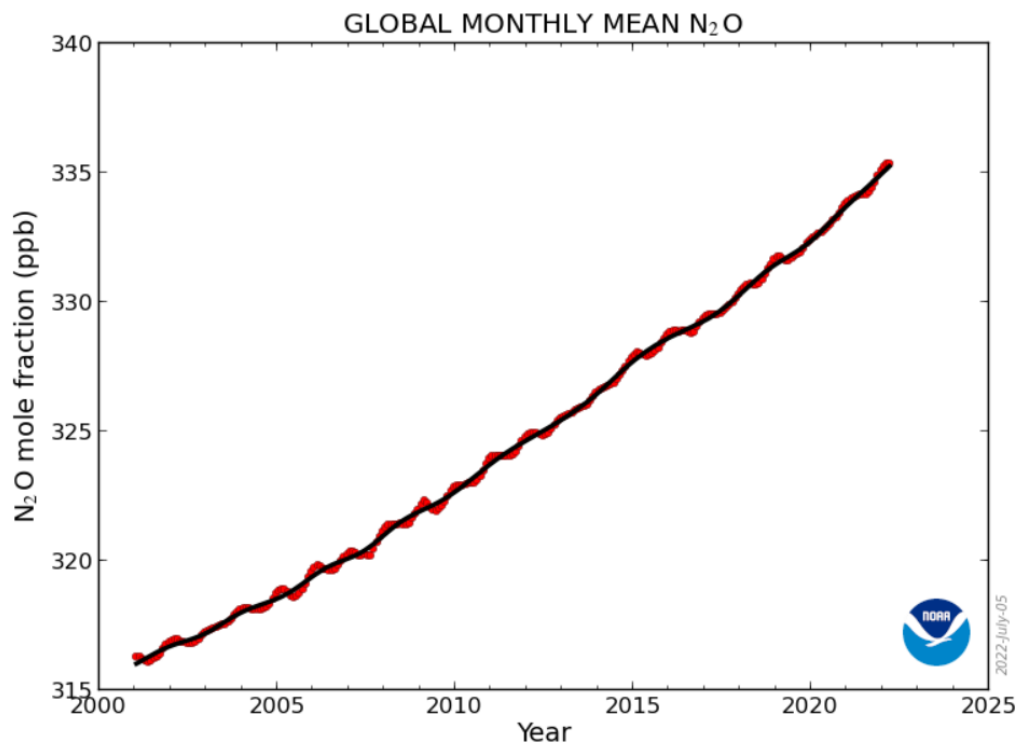


Obrázek 7 - Graf průměrné globální koncentrace methanu [62]

2.4.4 Oxid dusný

Potenciál globálního oteplování oxidu dusného je na úrovni 265 GWP. Jeho účinky tak jsou asi 10x silnější nežli účinky methanu na zachytávání infračerveného záření. Navíc představuje ohrožení pro ozonovou vrstvu, jelikož s ozonem oxiduje a vytváří oxid dusičitý. Antropogenní emise oxidu dusného jsou především dodávání dusíkatých hnojiv do zemědělských půd, procesy v chemickém průmyslu a spalovací procesy. [24]

Koncentrace oxidu dusného se za posledních 20 let zvýšila o 20 ppb viz. obr. 8. Životnost tohoto plynu v atmosféře je okolo 120 let. Jeho vliv na skleníkový efekt tedy nemůžeme zanedbat.



Obrázek 8 - Globální koncentrace oxidu dusného v atmosféře [63]

2.4.5 Ekvivalent oxidu uhličitého

Vzhledem k množství plynů mající vliv na skleníkový efekt a celkové změny klimatu, je zaveden ekvivalent oxidu uhličitého, který má zlepšit přehlednost a zjednodušit určování zdrojů znečištění ovzduší. Emise skleníkových plynů se přepočítávají na emise CO_2 pomocí hodnot GWP viz. obr. 9. I přesto, že některé skleníkové plyny mají mnohem silnější skleníkové účinky než oxid uhličitý, nejsou emitovány v takovém množství, a tím pádem zůstává tento plyn

nejvýznamnějším antropogenním skleníkovým plynem, a proto tento ekvivalent nese také pojmenování po oxidu uhličitém.

Table 12.9 Global warming potential of selected greenhouse gases.

Substance	Chemical Formula	Atmospheric Life (Years)	Global Warming Potential (Time Horizon)		
			20 Years	100 Years	500 Years
CO ₂	CO ₂	50–200	1	1	1
Methane ^a	CH ₄	12.2	56	21	6.5
Nitrous oxide	N ₂ O	120	280	310	170
Methylchloroform	C ₂ H ₃ Cl ₃	5.4	360	110	35
CFC-11	CFCl ₃	50	5,000	4,000	1,400
CFC-12	CF ₂ Cl ₂	102	7,900	8,500	4,200
CFC-113	C ₂ F ₃ Cl ₃	85	5,000	5,000	2,300
HCFC-22	CF ₂ HCl	13.3	4,300	1,700	520
HCFC-141b	C ₂ FH ₃ Cl ₂	9.4	1,800	630	200
HCFC-142b	C ₂ F ₂ H ₃ Cl	19.5	4,200	2,000	630
HFC-125	C ₂ HF ₅	32.6	4,600	2,800	920
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	14.6	3,400	1,300	420
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	1.5	460	140	42
Perfluoromethane	CF ₄	50,000	4,400	6,500	10,000
Sulfur hexafluoride	SF ₆	3200	16,300	23,900	34,900

^a The GWP for methane includes indirect effects of tropospheric ozone production and stratospheric water vapor production.

Obrázek 9 - Porovnání vybraných skleníkových plynů [66]

2.5 Uhlíková stopa

Ekologická stopa, se snaží vyčíslit vliv našeho chování převodem na imaginární plochu, kterou by jednotlivé činnosti zabraly, jelikož určitou plochu potřebujeme na pěstování plodin, produkci surovin nebo nakládání s odpady. Ekologická stopa tedy určuje, kolik prostoru, přírody, biokapacity pro svůj život potřebujeme.

Uhlíková stopa je podmnožinou ekologické stopy. Vyjadřuje množství emisí skleníkových plynů vyjádřené v *CO₂eq*. Týkat se může celé planety, států, podniků, produktů nebo jedince. Uhlíkovou stopu lze rozdělit na přímou (primární) a nepřímou (sekundární). Přímá stopa je suma emisí skleníkových plynů během dané aktivity, bezprostředního užívání produktu. Například jízda autem, vytápění nebo spalování dřeva. Nepřímá stopa je suma emisí

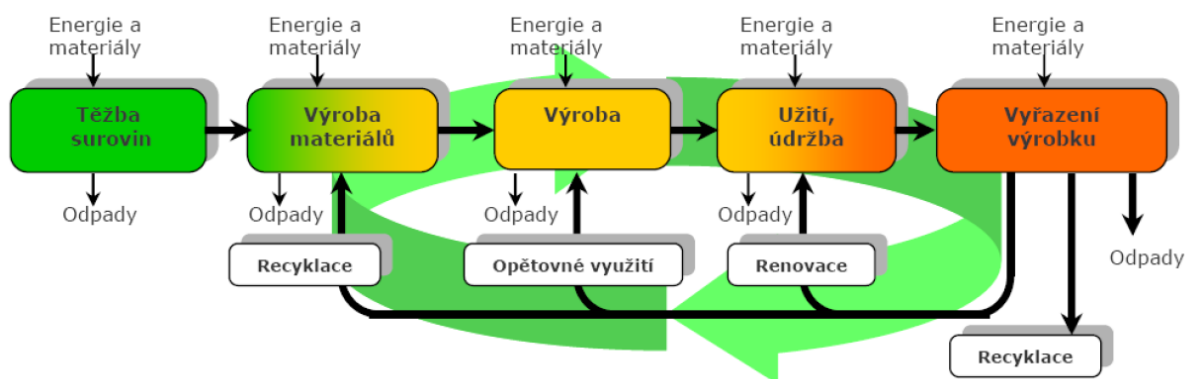
skleníkových plynů během celého životního cyklu výrobku. Započítává se do ní vše od těžby surovin, jejich dopravy, výroby, montáže, až po likvidaci. [25]

2.5.1 Uhlíkové stупně

Uhlíková stopa se dá měřit na různých úrovních. Nejčastějšími sektory jsou města, podniky, produkty a jednotlivci. Městská sféra zahrnuje množství emisí, které vytvoří domácnosti, podniky a další sektory, přičemž se započítávají i emise, které nejsou přímo spojené s daným městem. Pokud například výroba elektřiny probíhá za jeho hranicemi, započítává se do celkových hodnot.

Uhlíková stopa podniku zahrnuje aktivity spojené s provozem. Metodika určování emisí se dělí a 3 části. Scope 1 – přímé emise, spadají sem všechny aktivity, jež podnik spravuje a při nichž dochází k vypouštění skleníkových plynů. Scope 2 – nepřímé emise z energie, jde o emise vznikající mimo podnik spojené s výrobou energií nebo zdrojů. Scope 3 – další nepřímé emise, oblast, která se nejhůře vymezuje pokrývá emise ze zdrojů a aktivit nevlastněné podnikem, avšak nejsou zahrnuty v kategorii Scope 2. Jedná se o letecké služební cesty, nakládání s odpady. [26]

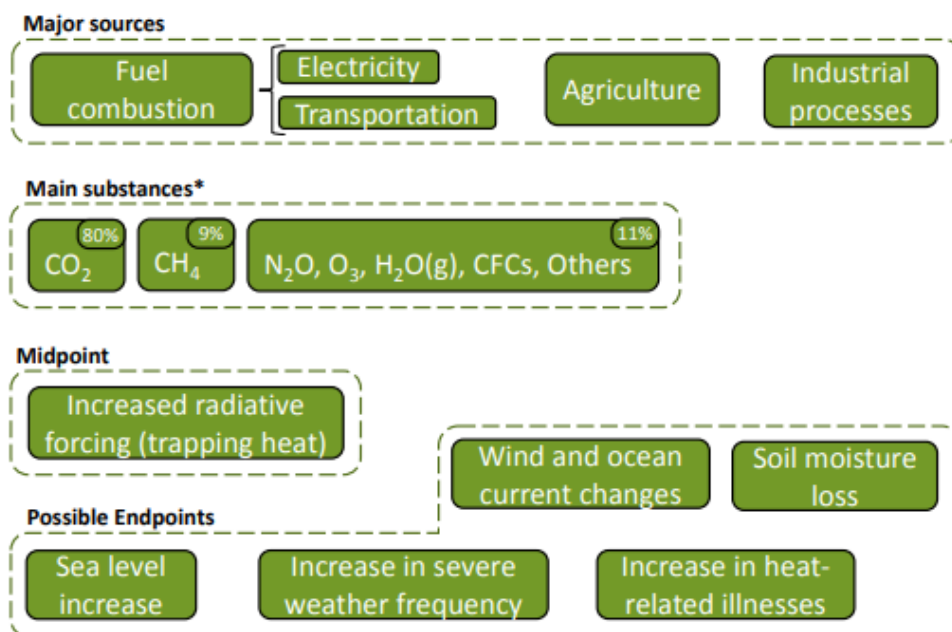
Ke stanovení uhlíkové stopy produktu se nejčastěji využívá metoda LCA – life cycle assessment. V roce 2006 byla vydána norma ČSN EN ISO 14 040:2006, ve které jsou nastaveny členění, principy a způsoby posuzování životního cyklu materiálů touto metodou, schéma je zobrazeno na obrázku č. 10. LCA je vyvíjena pro možnost nalezení zlepšení environmentálních profilů produktu v jednotlivých fázích, dále pro osoby činící rozhodnutí v oblasti průmyslu, vládních i nevládních organizací a také pomáhá v marketingu například při získání označení eko.



Obrázek 10 - Schéma životního cyklu výrobku [64]

V současné době se vývojem LCA metody zabývají jak soukromé společnosti, tak i státní složky, které se podílejí na tvorbě databází a rozvoji softwarů usnadňující tvorbu modelů pro analýzu. Mezi tyto softwarové nástroje patří GaBi, SimaPro nebo Umberto. [27]

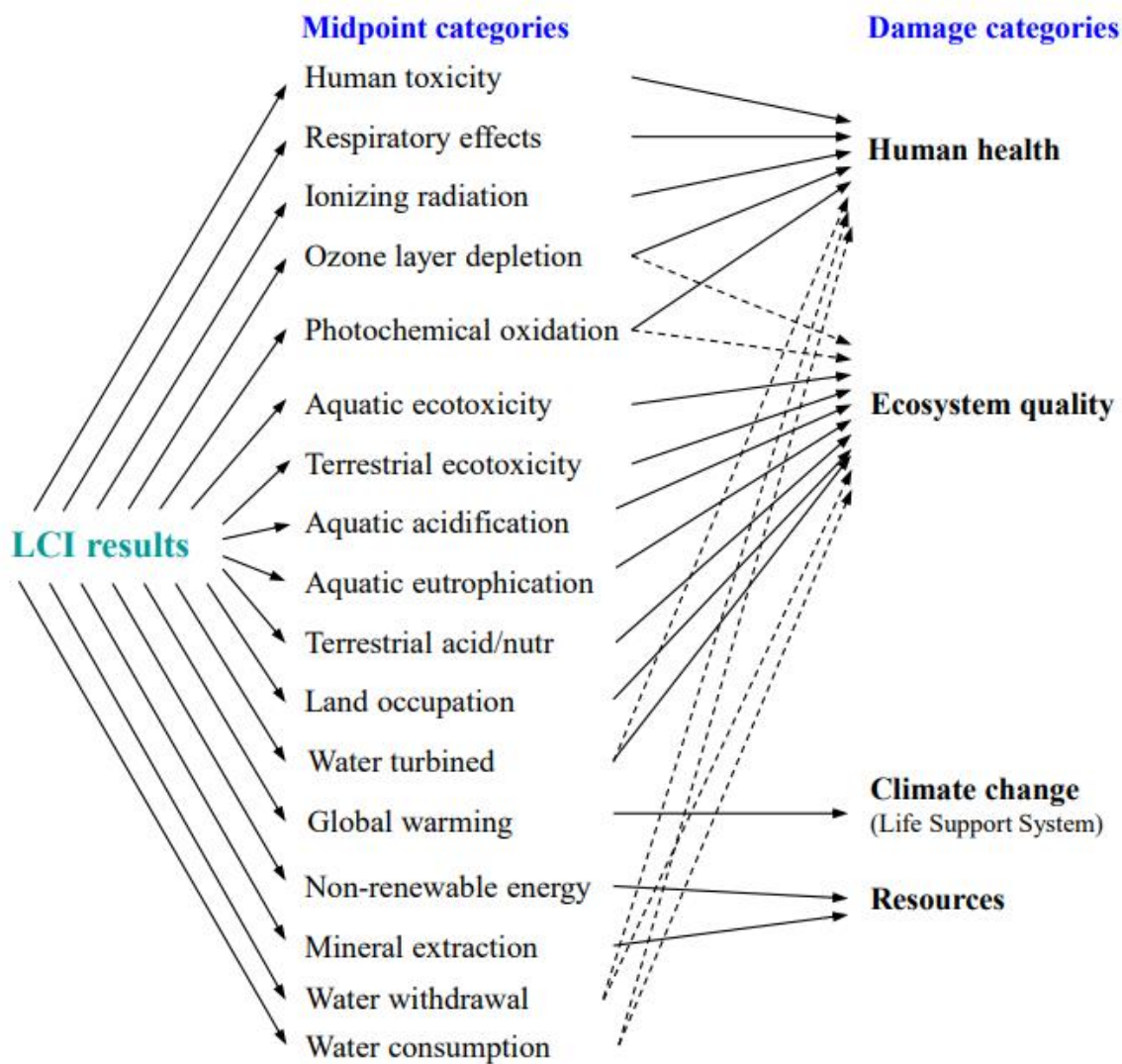
K vyjádření negativního účinku produktu nebo akce na životní prostředí se zavádějí kategorie dopadů. Každý softwarový nástroj obsahuje různé metody pro stanovení kategorií dopadů (např.: Impact 2002+, viz obrázek č. 12).



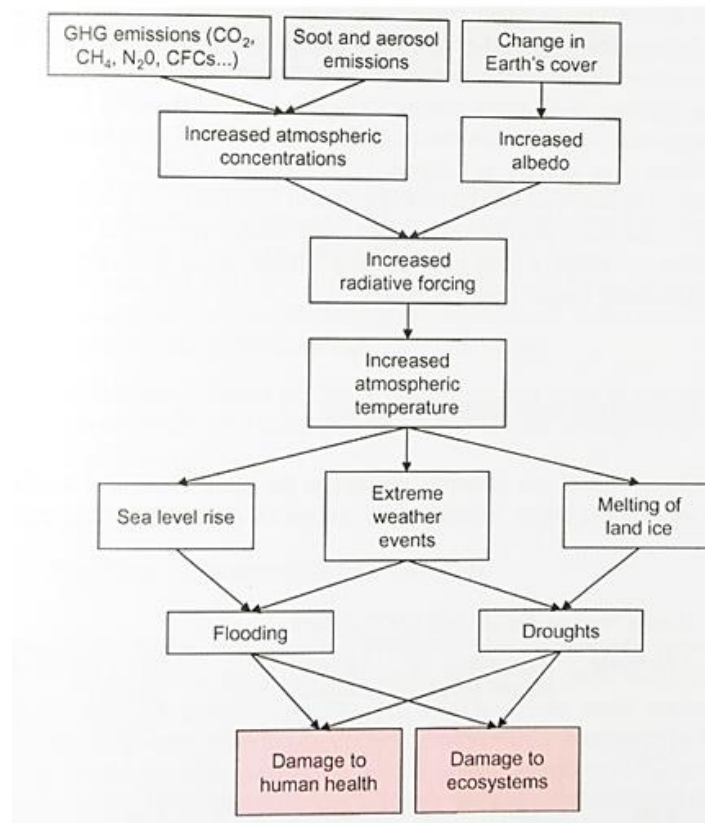
Obrázek 11 - Schéma tvorby ukazatele potenciálu globálního oteplování [69]

Kategorie dopadů se určují pomocí indikátorů kategorií dopadů a ty dělí na midpointové a endpointové. Midpointové hodnotí škodlivost na základě chemicko-fyzikálních či biologických vlastností jednotlivých elementárních toků. Mezi takové kategorie dopadů můžeme zařadit potenciál globálního oteplování, potenciál acidifikace nebo poškozování ozónové vrstvy, viz obrázek č. 12.

Endpointové jsou předpokládané měřitelné či vypočítelné hodnoty určitého jevu, který by byl v prostředí vyvolán přítomností elementárního toku. Endpointové kategorie jsou např.: human health, ecosystem quality, climate change, na obrázku č. 13 je zobrazeno schéma kategorie dopadu climate change.



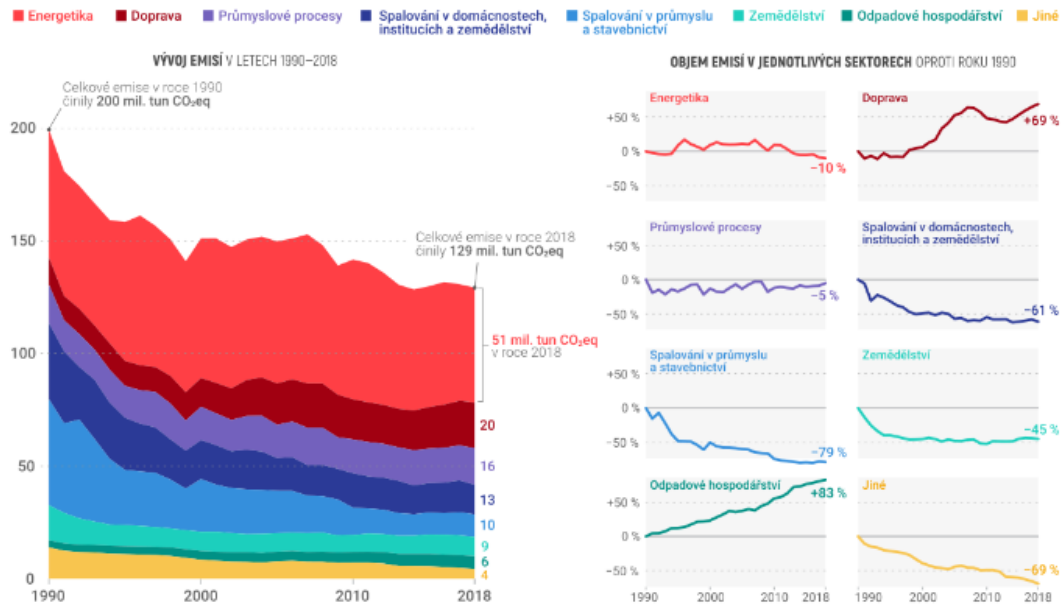
Obrázek 12 - Rozdělení midpointových a endpointových kategorií dopadů, Impact 2002+ [70]



Obrázek 13 - Schéma endpointové kategorie dopadu klimatická změna [68]

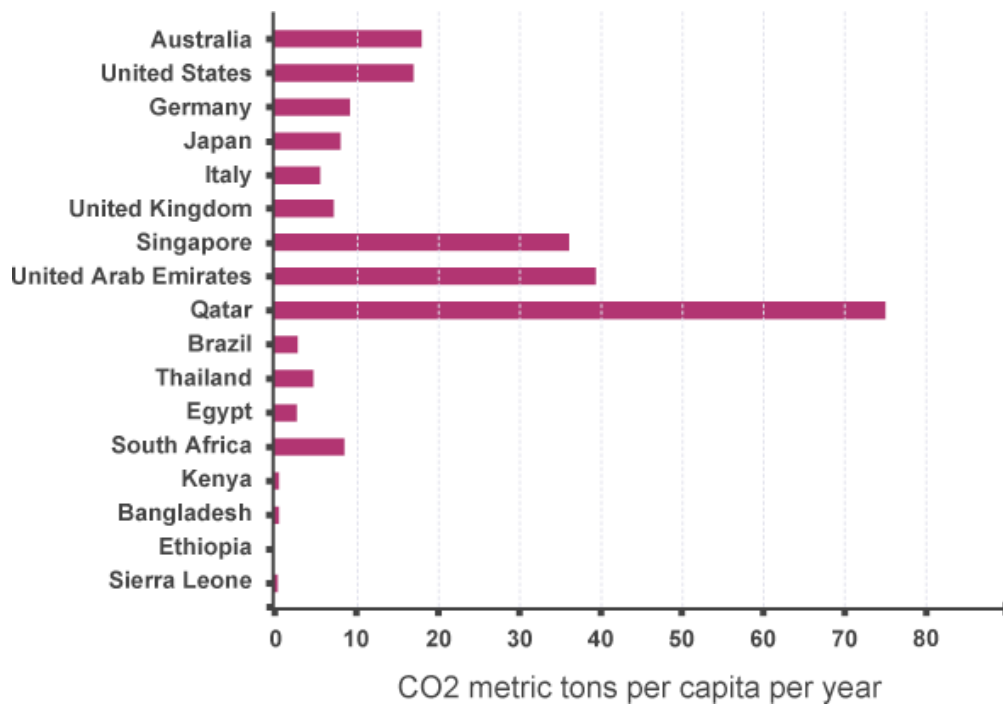
V ČR tvoří celkové emise asi 129 mil. tun Celkový pokles oproti hodnotám z roku 1990 k roku 2018 byl 35,5 % (Obrázek č. 14). Největší pokles emisí nastal v 90. letech minulého století, a to hlavně díky transformaci průmyslu a hospodářství po rozpadu Sovětského svazu. Od přelomu tisíciletí emise víceméně stagnují v rozmezí 130 až 150 mil. Tun. Na obrázku č. 14 je uvedeno srovnání objemů emisí v 8 různých sektorech, největšího podílu dosahuje energetika, růst vykazuje oblast dopravy a nakládání s odpady. Emise v zemích celého světa se mnohdy výrazně liší svým složením i objemem. Nejvíce vyspělé státy emitují také nejvíce skleníkových plynů, jelikož je u nich vyvinutý průmysl a hospodářství založené na velké spotřebě energie. Opakem je situace v méně rozvinutých zemích, kde je zemědělství nebo průmysl málo zautomatizovaný a lidskou sílu ještě nenahradily stroje.

U těchto zemí je potenciál skokového růstu emisí skleníkových plynů spojený s dalším rozvojem v mnoha sférách hospodářství i infrastruktury dopravy a energie. Na obrázku č. 15 je uvedeno porovnání emisí přepočtené na obyvatele v různých státech světa, kde vyspělé země jako Japonsko nebo Německo mají mnohonásobně vyšší emise než méně vyspělé země jako Keňa nebo Bangladéš.



Obrázek 14 - Schéma vývoje emisí v ČR [71]

Uhlíková stopa jednotlivce, kterou se tato práce věnuje, zahrnuje emise spojené s každodenními aktivitami, a to buďto přímo, či nepřímo. Součtem všech procesů spojené s naším životem, bychom dostali přesnou uhlíkovou stopu jedné osoby. To je ovšem velice složitá úloha. Proto se zahrnují jen ty největší faktory, které tvoří většinu emisí.



Obrázek 15 - Množství emisí CO₂ na obyvatele vybraných zemí [72]

3. Tvorba kalkulátoru uhlíkové stopy

Pro výpočet emisí existují na internetu různé kalkulátory, které vám po vyplnění vyhodnotí konečný výsledek. U všech se zadávají různé informace o vašem každodenním životě, ze kterých se určitým způsobem vypočítá konečná uhlíková stopa. Často se ale nemůžeme podívat na způsob výpočtu daného procesu, abychom se dozvěděli, jak se ke konkrétní hodnotě dospělo. Proto jsem vytvořil kalkulátor v programu EXCEL, ve kterém je způsob výpočtu přehledný a dají se dohledat zdroje koeficientů. Pro zjednodušení jsem zahrnul jen nejvýznamnější faktory, které se nejvíce podílejí na emisích.

3.1 Osobní doprava autem

Osobní dopravu zastupuje doprava autem. Celková doprava tvoří v ČR 15,7% podíl na celkových emisích skleníkových plynů. Osobní automobilová doprava tvoří z tohoto celku více jak 58 %. Zbytek tvoří nákladní a autobusová doprava a letecká doprava. V úvahu výpočtu jsem vzal 6 možných variant pohonů, které jsou na našem území nejčastější a zahrnují všechny užívané způsoby pohonů aut. K těmto možnostem jsem vyhledal průměrné emise z jízdy [28] [29], emise vzniklé během výroby [30] [31] a odhadovanou životnost vozidla. [32] [33] [34] Použité hodnoty emisí jsou uvedeny na obrázku 16.

Jako vstupní parametry výpočtu jsem určil počet najetých kilometrů za měsíc, průměrný počet lidí ve vozidle a průměrnou spotřebu. Výsledné emise z výroby se rovnají:

$$Emise\ z\ výroby = EVK \cdot \frac{PKM}{PO} \cdot \frac{12}{1000} [kg\ CO_2/rok]$$

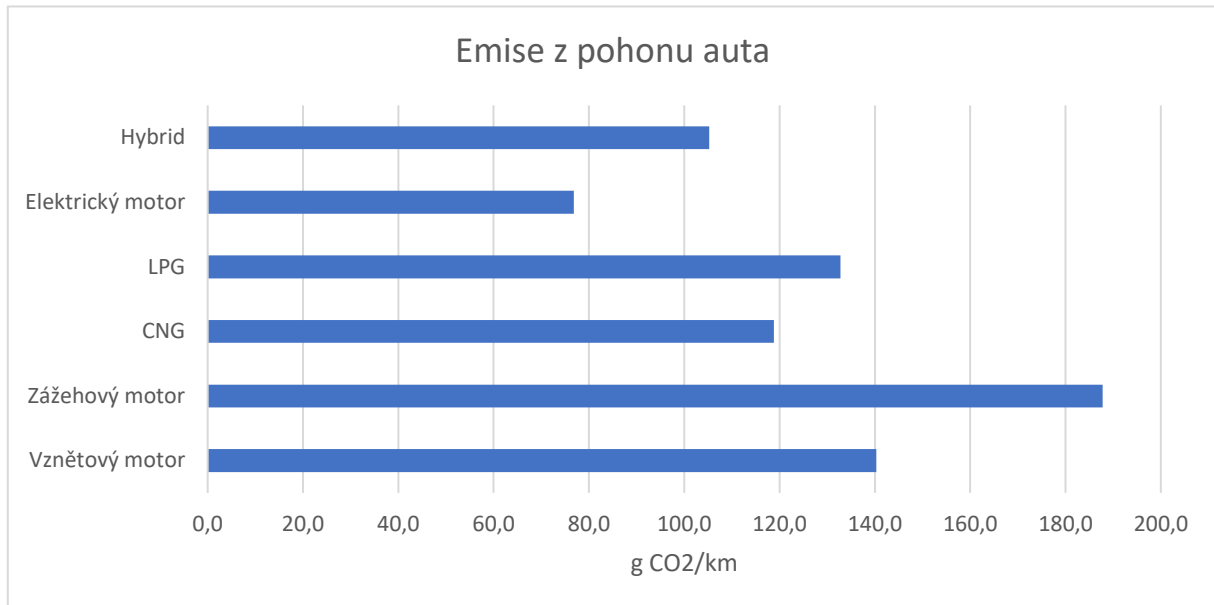
Kde EVK jsou Emise z výroby na kilometr [g /km] a vypočítají se podělením Emisí z výroby [g předpokládanou životností [km], PKM je počet naježděných kilometrů za měsíc [km/měsíc], PO je průměrný počet osob v autě [osob].

Pro vypočítání přímých emisí z užívání jsem našel hodnoty emisí ze spálení 1 litru paliva, nebo využití kWh elektrické energie. Výsledné emise z užívání se rovnají:

$$Emise\ z\ užívání = EP \cdot \frac{PKM}{PO} \cdot \frac{PS}{100} \cdot \frac{12}{1000} [kg\ CO_2/rok]$$

Kde EP jsou emise z pohonu [g/l] v případě elektrického motoru pak [g na obrázku 16 je uvedeno porovnání emisí pohonů aut, PKM je počet naježděných kilometrů za měsíc

[km/měsíc], PO je průměrný počet lidí v autě [osob], PS je průměrná spotřeba automobilu [l/100km] v případě elektrického motoru pak [kWh/100km].



Obrázek 16 - Emise z pohonu auta

Celkové emise za rok užívání automobilu jsou sumou emisí z výroby a užívání. Na obrázku 17 je zachycen příklad zadávání vstupních hodnot do žlutých polí, kde byl zadán jako pohon CNG s průměrným nájezdem 800 km za měsíc, průměrným množstvím 2 osob v automobilu a průměrnou spotřebou 4,5 l/100 km.

Osobní doprava				
Doprava autem				
Vyber kliknutím na žluté pole:				
CNG	Počet naježděných km za měsíc:	800 km	Průměrný počet lidí v autě:	2 osob
				Průměrná spotřeba automobilu: 4,5 l/100km
	Emise z pohonu [g CO2/l][g CO2/kWh]	Emise z výroby [g CO2]	Předpokládaná životnost [km]	Emise z výroby na kilometr [g CO2/km]
Vznětový motor	2338,2	6000000	200000	30,0
Zážehový motor	2683,1	6000000	200000	30,0
CNG	2640,0	6000000	200000	30,0
LPG	1660,0	6000000	200000	30,0
Elektrický motor	384	13000000	200000	65,0
Hybrid	2338,2	7000000	200000	35,0

Obrázek 17 - Snímek obrazovky z kalkulatoru uhlíkové stopy auta

3.2 Hromadná doprava

3.2.1 Doprava vlakem

Dopravu vlakem reprezentují dva typy vlaků, a to Railjet a SC Pendolino. Uhlíková stopa Railjetu vychází na 38,17 [g /km] na osobu a Pendolino vychází na 42,1 [g /km]. [35]Pro výpočet

jsem stanovil průměr těchto emisí publikovaných na stránkách českých drah společností CI2. [36] Vstupem je počet ujetých kilometrů za měsíc. Výstupní hodnota emisí je rovna:

$$Emise\ dopravy\ vlakem = PEV \cdot PKM \cdot \frac{12}{1000} [kg\ CO_2/rok]$$



Kde PEV=40,1 je průměr emisí vlaků Českých drah a PKM je počet naježděných kilometrů za měsíc [km/měsíc].

3.2.2 Doprava autobusem

Pro vypočítání emisí z dopravy autobusy jsem na stránkách DPP vyhledal počet nejzastoupenějších autobusů, tedy SOR NB 18 a SOR NB 12. [37] Pro ně jsem vyhledal průměrnou spotřebu paliva. [38] Vstupem je počet kilometrů za měsíc. Výsledné emise se rovnají:

$$Emise\ dopravy\ autobusem = EP \cdot \frac{PSA}{100} \cdot \frac{PKM}{POA} \cdot \frac{12}{1000} [kg\ CO_2/rok]$$

Kde EP jsou emise z pohonu [g/l] v případě elektrického motoru pak [g CO₂/rok], PSA je průměrná spotřeba autobusů [l/100 km], PKM je počet naježděných kilometrů za měsíc [km/měsíc], POA je průměrná obsazenost autobusů [osob].

Hromadná doprava						
Doprava vlakem						
	Počet naježděných km za měsíc	120			Emise CO2 [g CO2/osobu km]	
					Railjet	38,2
					Pendolino	42,1
					Průměr	40,1
Doprava autobusem						
	Počet naježděných km za měsíc	480				
					Nejzastoupenější autobusy v Praze	
					SOR NB 18	2683,06
					SOR NB 12	2683,06
					Spotřeba [l/100km]	50
					Průměrný počet lidí v autobuse 40% kapacita [osob]	64,4
						45,6

Obrázek 18 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy vlaku a autobusu

3.2.3 Doprava tramvají

Pro dopravu tramvají jsem zvolil vstupní údaj jako počet ujetých zastávek. Vyhledal jsem spotřebu elektrické energie tramvají [39], průměrnou vzdálenost mezi zastávkami [40] a odhadl průměrnou obsazenost. Následně jsem počítal emise:

$$Emise\ dopravy\ tramvají = PST \cdot EM \cdot VTZ \cdot \frac{PZM}{POT} \cdot \frac{12}{1000} [kg\ CO_2/rok]$$



Kde PST je průměrná spotřeba tramvají [kWh/km], EM je energetický mix ČR rovná se 384 [g, VTZ je průměrná vzdálenost tramvajových zastávek [km/zastávku], PZM je počet ujetých zastávek za měsíc [zastávek/měsíc], POT je průměrná obsazenost tramvají [osob].

3.2.4 Doprava metrem

Doprava metrem má jako vstupní hodnotu opět počet ujetých zastávek za měsíc. Pro výpočet jsem vyhledal průměrnou spotřebu celého vlaku metra [41], vzdálenost mezi zastávkami [23], pro odhad průměrné obsazenosti maximální kapacitu metra [42] a energetický mix ČR. Výsledné emise pak jsou:

$$Emise\ z\ dopravy\ metra = PSM \cdot VZM \cdot EM \cdot \frac{PZM}{POM} \cdot \frac{12}{1000} [kg\ CO_2/rok]$$

Kde PSM je průměrná spotřeba metra [kWh/km], VZM je průměrná vzdálenost mezi zastávkami metra [zastávek/km], EM je energetický mix ČR [g/g], PZM je počet ujetých zastávek za měsíc [zastávek/měsíc], POM je průměrná obsazenost metra [osob].

Doprava tramvají								
	Počet ujetých zastávek za měsíc	300	zastávek	Staré typy	Průměrná spotřeba el. Energie [kWh/km]	Energetický mix [gCO2/kWh]	Průměrná vzdálenost mezi zastávkami [km/zastávku]	Průměrný počet lidí v tramvaji 40% kapacita [osob]
				Modernizované typy	4,2	384	0,542	88
					2,7	384	0,542	72
Doprava metrem								
	Počet ujetých zastávek za měsíc	75	zastávek	Spotřeba el. Energie [kWh/km]	Vzdálenost mezi zastávkami [km/zastávka m]	Energetický mix [gCO2/kWh]	Průměrný počet lidí v metru [osob]	
				9,25	1,1	384	400	


Obrázek 19 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy vlaků

3.2.5 Doprava letadlem

Pro dopravu letadlem je vstupní hodnota počet nalátných kilometrů za rok. Koeficient emisí je určen pomocí průměru spotřeby, nákladového prostoru, obsazenosti, průměrného obsazené kapacity různých typů boeingů. Dále je vybrána nejčastěji využívaná business class úrovně sezení. Výsledné emise jsou potom 196,5 g [43]. Výsledné emise se spočítají prostým vynásobením:

$$Emise\ dopravy\ letadlem = PNK \cdot KEL [kg\ CO_2/rok]$$

Kde PNK je počet nalítaných kilometrů [km] a KEL je koeficient emisí letadla [kg CO₂/km osobu]. Na obrázku č. 20 jsou uvedeny celkové emise daných druhů doprav, které jsem použil jako příklady výpočtu. Na obrázku 21 jsou uvedeny celkové emise z různých druhů dopravy z příkladů.

Doprava letadlem			
			Emise CO ₂ [kg CO ₂ /km osoba]
	Počet nalítaných km za rok	2900	0,195


Obrázek 20 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy letadla

Emise dopravy autem CO ₂ za rok:	714,24	kg CO ₂ /rok
Emise dopravy vlakem CO ₂ za rok:	57,79	kg CO ₂ /rok
Emise dopravy autobusem CO ₂ za rok:	132,86	kg CO ₂ /rok
Emise dopravy tramvají CO ₂ za rok:	31,93	kg CO ₂ /rok
Emise dopravy metra CO ₂ za rok:	8,79	kg CO ₂ /rok
Emise dopravy letadlem CO ₂ za rok:	565,50	kg CO ₂ /rok
Suma emisí CO ₂ za rok:	1511,11	kg CO ₂ /rok

Obrázek 21 - Výsledné emise z uvedených příkladů výpočtu

3.3 Jídlo

Pro oblast jídla jsem vyhledal koeficienty emisí vybraných druhů potravin z několika různých zdrojů. [44] [45] [46] [47] [48] [49]. Výsledné hodnoty jsem zprůměroval a vložil do tabulky viz obrázek č. 22. Celkové emise jsou pak sumou emisí jednotlivých potravin podle počtu porcí vynásobených koeficientem kg na porci.

	Jídlo		
Porce	Druh potraviny	Koeficient kg CO2 na porci	Počet porcí za týden
1 ks	Jablka	0,03	5
1 ks	Avokádo	0,39	1
1 ks	Banány	0,07	2
150g	Fazole	0,10	1
75g	Hovězí	4,30	2
0,5l	Pivo	0,70	3
hrst	Lesní plody	0,12	2
1 plátek	Plátek chleba	0,06	8
30 g	Sýr	0,83	4
75g	Kuřecí	1,36	5
1 bar	Tabulka čokolády	1,24	3
1 ks	Citrus	0,03	3
1 hrnek	Šálek kávy	0,36	0
1 ks	Vajíčka	0,16	4
75g	Ryby	0,53	1
75 g	Jehněčí	3,04	3
200 ml	Mléko	0,44	4
hrst	Ořechy	0,08	2
3 lžíce	Ovesné vločky	0,10	0
75 g	Těstoviny	0,12	5
75 g	Vepřové	1,16	4
2 ks	Brambory	0,11	8
5 ks	Krevety	3,44	0
75g	Rýže	0,26	7
1 hrnek	Čaj	0,04	2
100 g	Tofu	0,16	0
1 ks	Rajčata	0,12	4
1 ks	Kořenová zelenina	0,04	2
200g	Okurka	0,38	1
1 ks	Paprika	0,24	0
1 ks	Cibule	0,01	5
1 sklenka	Vino	0,31	0
Celkové emise za rok [kg CO2/rok]:			2438,6

Obrázek 22 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy potravin

3.4 Elektrická energie

Emise spotřeby elektrické energie jsou závislé na energetickém mixu ČR, počtu osob žijících v domácnosti a spotřeby elektrické energie za rok.

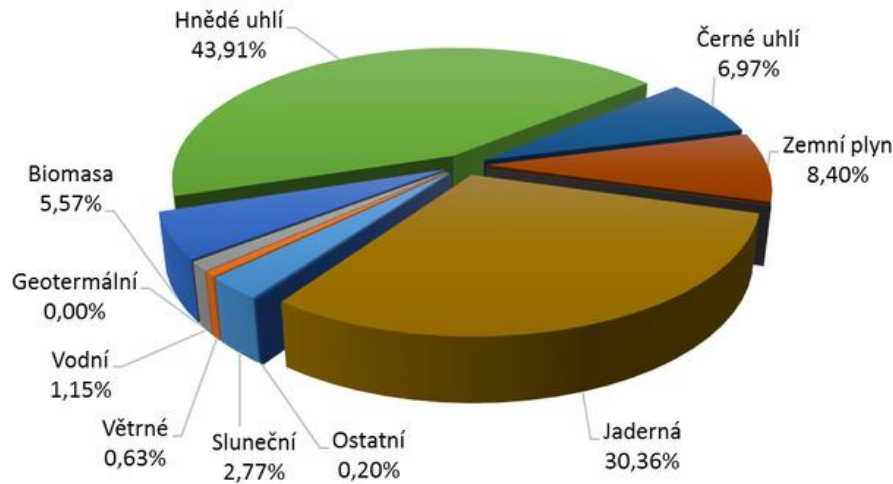
$$Emise\ ze\ spotřeby\ elektrické\ energie = RSEE \cdot \frac{EM}{POD} [kg\ CO_2/rok]$$

Kde RSEE je roční spotřeba elektrické energie [kWh/rok], EM je energetický mix [kg/kWh] [50] a POD je počet osob žijících v domácnosti [osob].

Energetický mix je součet emisí připadající na jednotku generované energie. Udává se v t/MWh. Hodnoty vývoje energetického mixu jsou zobrazeny na obrázku č. 23. Největší podíl na energetickém mixu ČR mají uhelné a jaderné elektrárny, které dohromady tvoří skoro tři čtvrtiny celkových zdrojů energie, viz. obrázek č. 24. Česká republika obecně nemá velký potenciál v přechodu na čisté zdroje elektrické energie. Důvodem je nevhodná poloha naší země a omezené možnosti vzniku nových elektráren. Hydroelektrárny se staví v korytech velkých řek, Českou republikou však žádná z velkých řek Evropy neprotéká, většina vody, která na našem území naprší, odteče řekami, jenž na našem území také pramení. Nemáme přístup k moři, takže jediné místo, kde je možné stavět větrné elektrárny je v horských oblastech. Jaderné elektrárny jsou drahé na výstavbu a také trvá nejméně 30 let, než k nějaké výstavbě dojde. Sluneční záření jako zdroj energie je u nás málo efektivní, kvůli úhrnným dopadům slunečního záření, které vygeneruje 800 až 1200 kWh/. Pro porovnání v Alžírsku dosahuje tato hodnota výše 2000 kWh/. [51] Zemní plyn je v důsledku politické situace v Rusku v neustálém ohrožení a rozvoj biomasy není schopen utáhnout množství energie, kterou by po sobě zanechaly vypnuté uhelné elektrárny. Možným řešením je dovoz elektrické energie z jiné země EU, která přístup k čisté energetice má. [52]

Rok	t CO ₂ /MWh
1990	0,731*
2000	0,709*
2010	0,554
2011	0,541
2012	0,506
2013	0,477
2014	0,480
2015	0,493
2016	0,499
2017	0,472
2018	0,466
2019	0,428
2020	0,384

Obrázek 23 - Vývoj energetického faktoru ČR [50]



Obrázek 24 - Energetický mix ČR výroby elektrické energie roku 2016 [54]


Pro srovnání s okolními státy světa jsou na obrázku č. 25 uvedeny hodnoty jejich energetických mixů z roku 2022. Dochází k velkému rozptylu jako třeba u Norska a Polska. V Norsku jsou hlavním zdrojem energie hydroelektrárny, naproti tomu v Polsku převládají uhelné elektrárny.

Země	Energetický mix [t CO ₂ /MWh]
Francie	106
Německo	367
Polsko	652
Norsko	27
Rusko	347
Argentina	421
Španělsko	222
UK	269
Turecko	375
Indonésie	652
Slovensko	264

Obrázek 25 - Energetické mixy vybraných zemí [74]

3.5 Vytápění

Pro vytápění jsem vyhledal hodnotu průměrné spotřeby energie na metr čtvereční [53], aby jako vstupní parametr mohla být plocha obytných prostor a počet lidí obývajících domácnost. Emise způsobů vytápění [54] [55] a jejich účinnosti [56] jsou uvedené na obrázku č. 26.




Vyber druh vytápění:	Plocha bytu [m ²]	Počet lidí v domácnosti [osob]	Emise [kg CO ₂ /kWh]	Účinnost zařízení [%]	Emise CO ₂ [kg CO ₂ /rok]
Elektřina	35	1	0,384	0,99	1357,58
	Průměrná spotřeba na m ² [kWh/m ² rok]	Emise CO ₂ [kg CO ₂ /kWh]	Účinnost zařízení [%]		
Zemní plyn, LPG	100	0,2	0,98		
Uhlí	100	0,36	0,8		
Dřevo(20% vlhkost)	100	0,45	0,8		
Tepelné čerpadlo	100	0,384	1,87		
Elektřina	100	0,384	0,99		

Obrázek 26 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy vytápění

3.6 Oblečení

Do kategorie oblékání jsem zařadil nákupy nových kusů oblečení. Mezi nejčastější jsem zařadil džíny, spodní prádlo, trička, mikiny, bundy, obuv a dámské šaty. Zahrnul jsem emise z výroby, následné přepravy a užívání. Celková suma emisí u džín se vyšplhala na 33,4 kg [57], u spodního prádla na hodnotu 1,6 kg . U trička emise dosahují 10,2 . Mikiny vypustí během jejich životního cyklu 17,4 . Emise bundy jsou 16,7 , obuvi jsou 15,4 a dámských šatů jsou 13,1 , viz. obrázek č. 27.



	Produkcce	Přeprava	Užívání	Celý cyklus	Počet nakoupených věcí za rok
	Emise [kg CO ₂ /kus]	Emise [kg CO ₂ /kus]	Emise [kg CO ₂ /kus]	Suma emisí	
Džíny	33,4			33,4	1
Spodní prádlo	0,6	1		1,6	2
Tričko	6,75	0,1	3,3	10,15	2
Mikiny	12,74	0,2	4,5	17,44	1
Bundy	14	0,3	2,4	16,7	1
Boty	15,2	0,2	0	15,4	1
Šaty	9,6	0,2	3,3	13,1	0
	Součet				106,44

Obrázek 27 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy oblečení

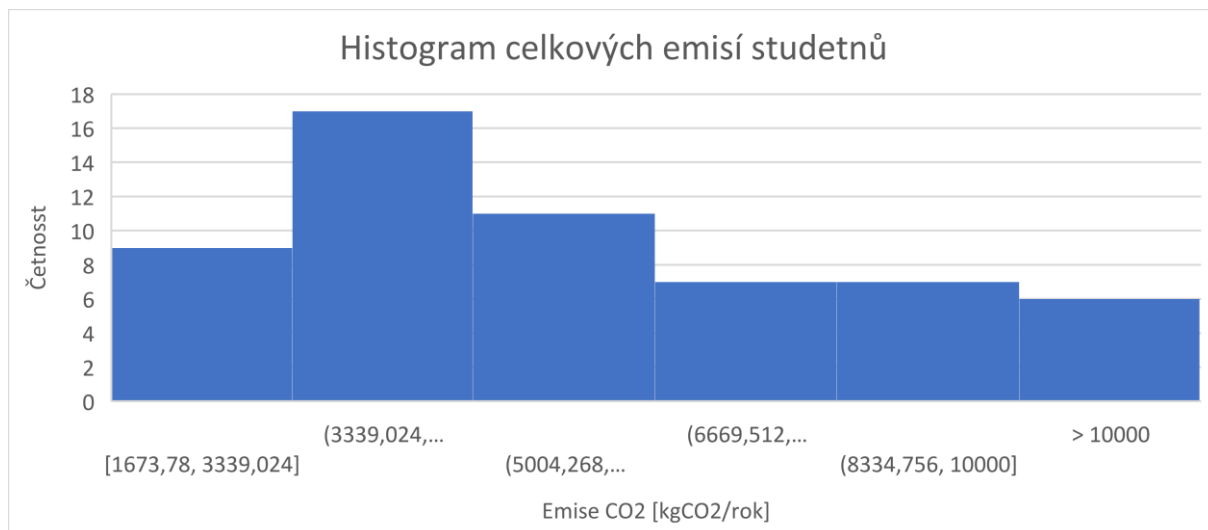
4. Zpracování dat

Pomocí Google Forms, jsem vytvořil asi 10 minutový anonymní dotazník, ve kterém se dobrovolně vyjádřilo 57 studentů nebo absolventů z Fakulty strojní ČVUT v Praze (dotazník je uveden na konci práce).

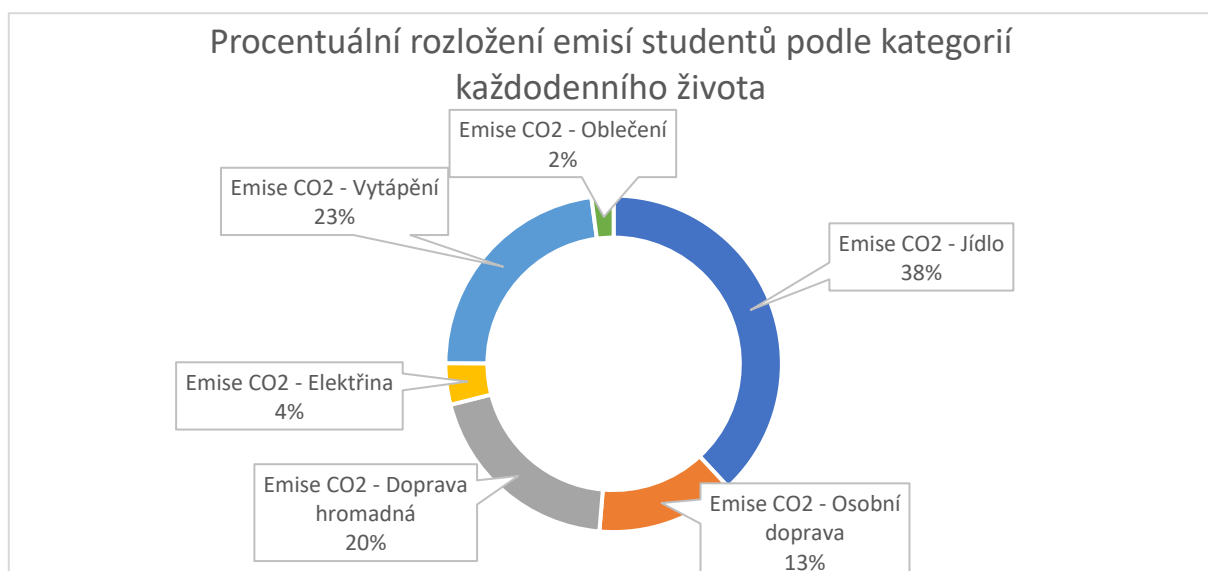
Dotazník byl rozdělen na 7 částí, a to na osobní dopravu, hromadnou dopravu, jídlo, vytápění, elektrická energie, oblečení a osobním pohledu na problematiku.

Studenty jsem oslovil přes sociální sítě, kde v rámci dobrovolnosti dotazník vyplnilo celkem 7 studentů 1. ročníku bakalářského studia, 10 studentů 2. ročníku bakalářského studia a 21 studentů 3. ročníku bakalářského studia. Z řad magisterských ročníků dotazník vyplnili 3 studenti 1. ročníku a 8 studentů z 2. ročníku. Dotazník vyplnilo i 8 absolventů, kteří na škole působili. Procentuální účast mužů a žen v dotazníku byl 93,75 % muži a 6,25 % ženy. Otázky v dotazníku byly přímo napojeny na vstupní parametry pro výpočet emisí v jednotlivých sektorech popsané v kapitole 3. Tvorba kalkulátoru uhlíkové stopy. Doplnujícími otázkami v sedmé části dotazníku se týkaly odhadu výše své uhlíkové stopy, prognózy vývoje své uhlíkové stopy, dále oblasti života, kterou by studenti byli ochotni změnit, aby snížili svou uhlíkovou stopu. Poslední tři otázky byly zaměřeny na zájem o životní prostředí a vnímání závažnosti klimatické situace a poslední otázkou byl volný komentář k problematice.

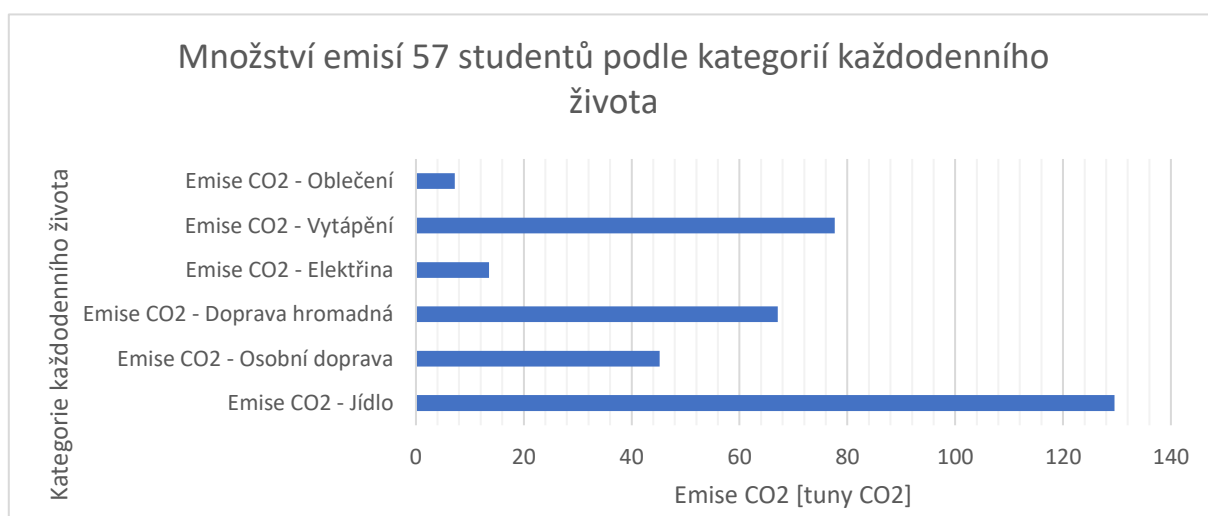
Celkové emise všech 57 zúčastněných dosáhly hodnoty přes 340 tun CO_2e . Tedy na jednoho studenta připadá průměrně 5968,11 kg, na grafu č. 1 je uveden histogram emisí studentů. Při aktuálním počtu studentů 2470 [58] by se celkové emise studentů Fakulty strojní pohybovaly kolem 14 700 tun CO_2e ročně. Procentuální rozložení průměrných emisí podle kategorií je zobrazeno na grafu č. 2. Největší procentuální množství emisí je z potravy. Ty tvoří více jak třetinu všech emisí, přesněji 38 %. Jde tedy o nejvýznamnější zdroj skleníkových plynů našich životů, v průměru se v našich dietách vypouští přes 2 tuny každým rokem, viz. graf č. 3. Nejvyšší část emisí z jídla je tvořena s produkcí masa. Přitom jen 16% dotázaných by bylo ochotno změnit své stravovací návyky a s tím i svou uhlíkovou stopu viz. graf č. 13.



Graf 1 - Histogram celkových emisí z dopravy



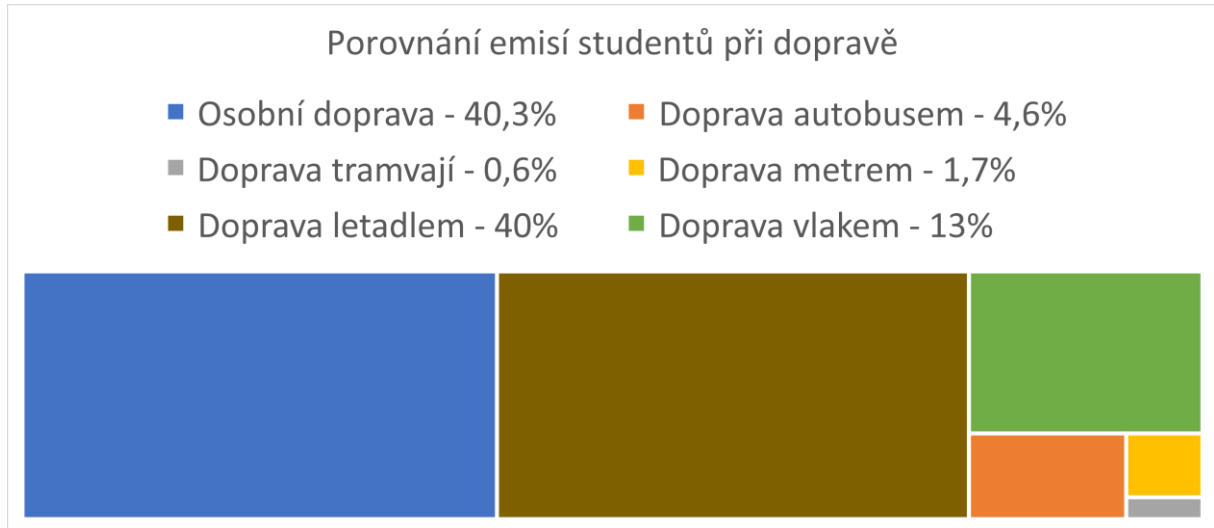
Graf 2 - Množství emisí 57 studentů podle kategorií každodenního života



Graf 3 - Graf procentuálního rozložení emisí studentů podle kategorií každodenního života

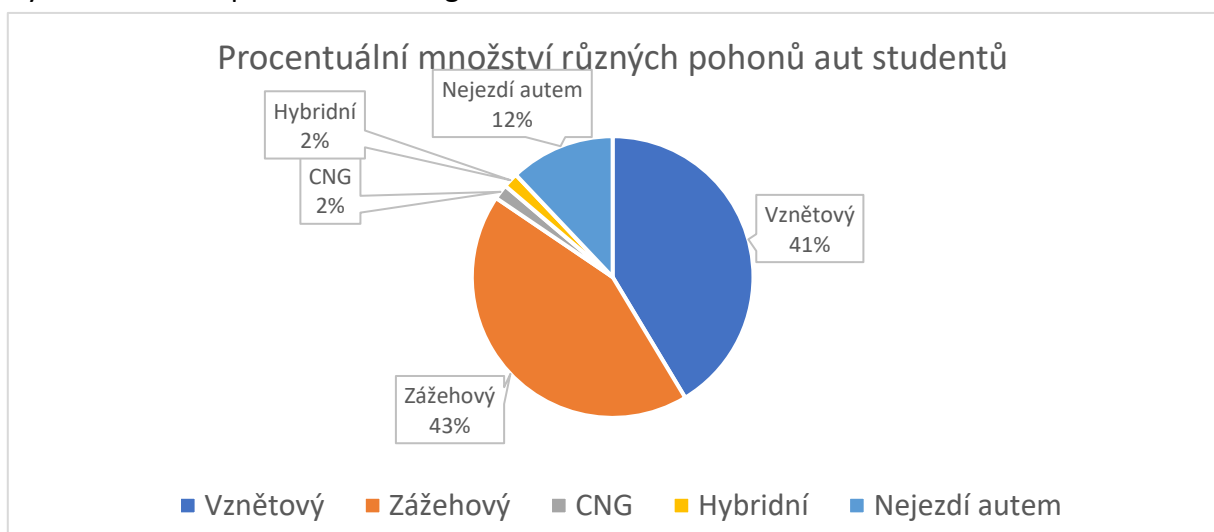
4.1 Analýza emisí z dopravy

Jednu třetinu z celku emisí tvoří doprava a to celých 33 %. Osobní doprava pak tvoří 40,3 % z celé dopravy viz. graf č. 4.



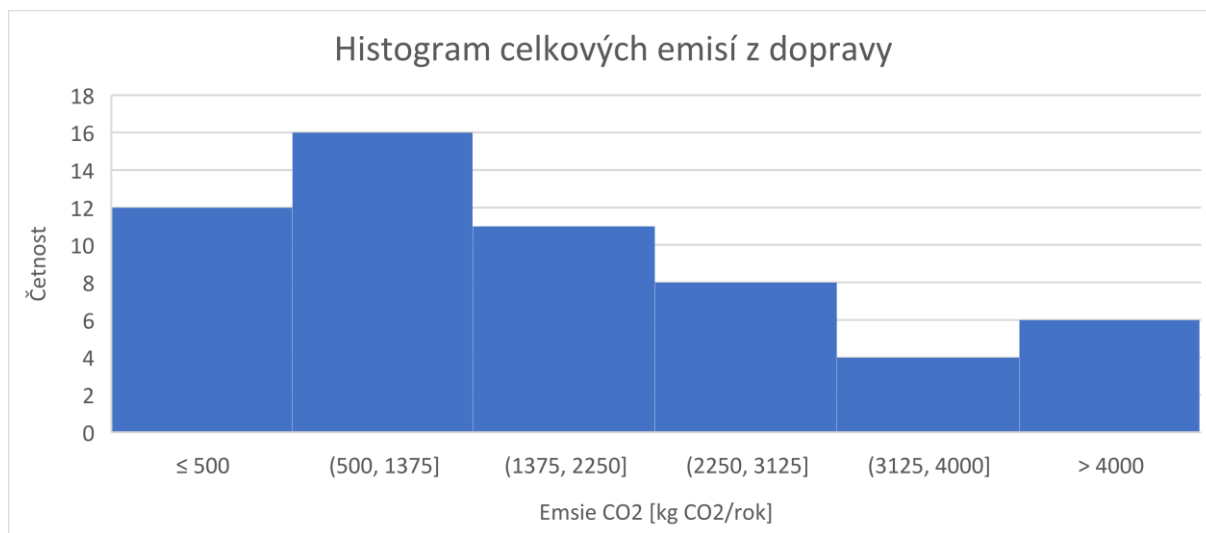
Graf 4 - Porovnání emisí studentů při dopravě

Na hlavu studenta, připadá při dopravě automobilem průměrně 792 kg CO_2 emisí ročně. V počtu emisí překonává i lety letadlem. Nejmenší množství emisí dopadlo logicky na tramvaje, které jsou i nejekologičtější. Zřejmě největší potenciál ke snížení emisí v tomto sektoru je let letadlem, kde jej většina využívá jako dopravní prostředek při cestách na dovolenou. Jako alternativu je možno jet po Evropě kupříkladu vlakem, ovšem ne vždy by byla cesta příjemná. Žádný ze studentů elektromobil nepoužívá, pouze jeden student jezdí hybridem a další používá CNG viz graf č 5.

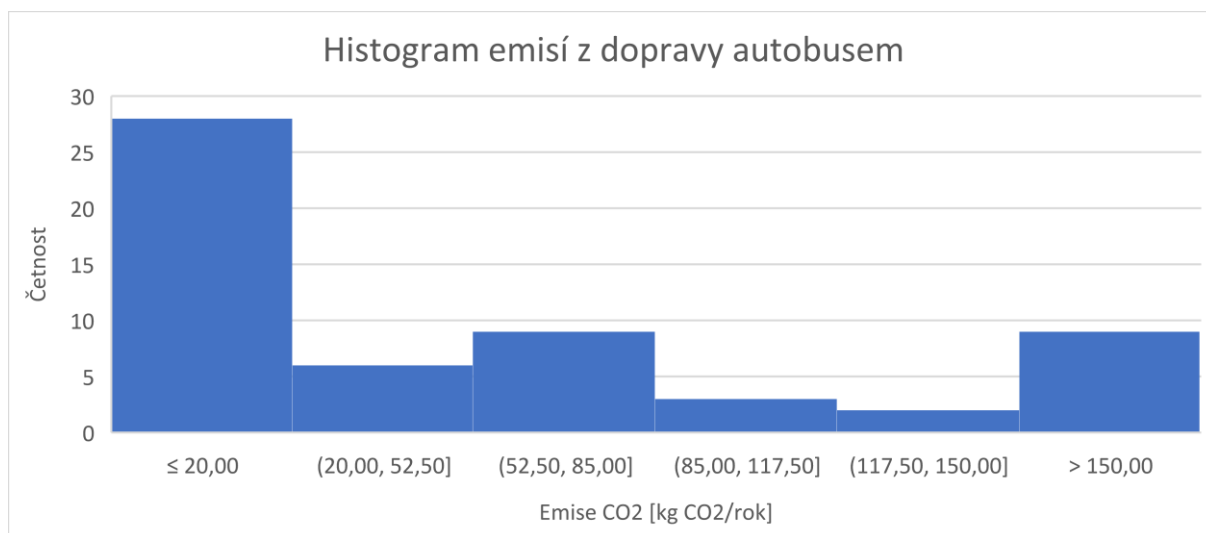


Graf 5 - Procentuální množství různých pohonů aut studentů

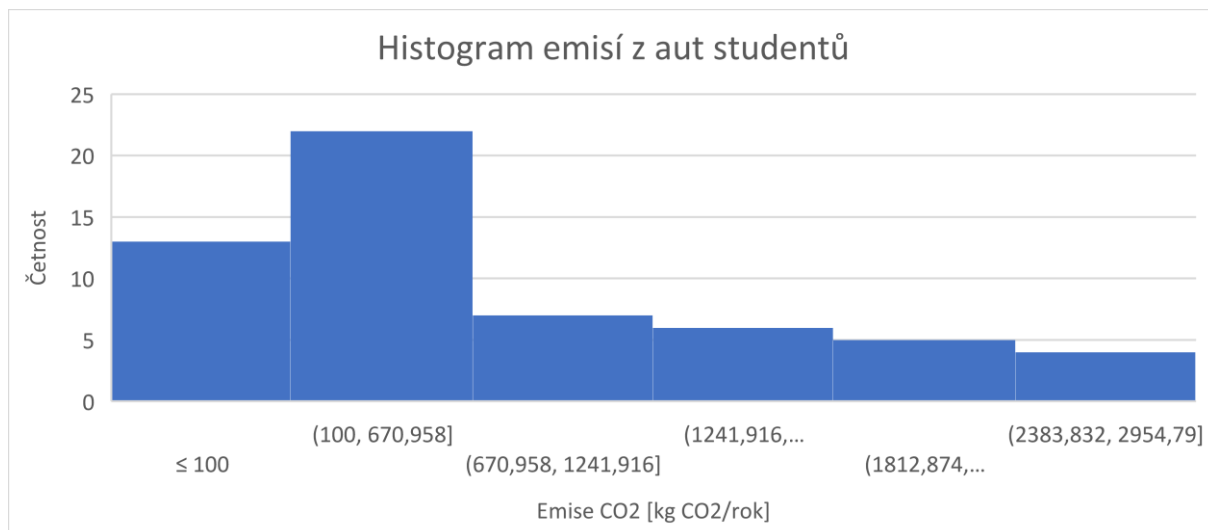
Dopravu vlakem využívá více studentů než dopravu autobusem. Pokud studenti používají autobus, je to v menší míře, zřejmě jako dopravu při cestách ve městě. Z nesymetrických histogramů je vidět, že většina studentů má nízké emise ze všech druhů doprav. Graf rozložení celkových emisí studentů z dopravy je na grafu č. 6, kde 26 studentů má emise do 1375 kg CO₂/rok.



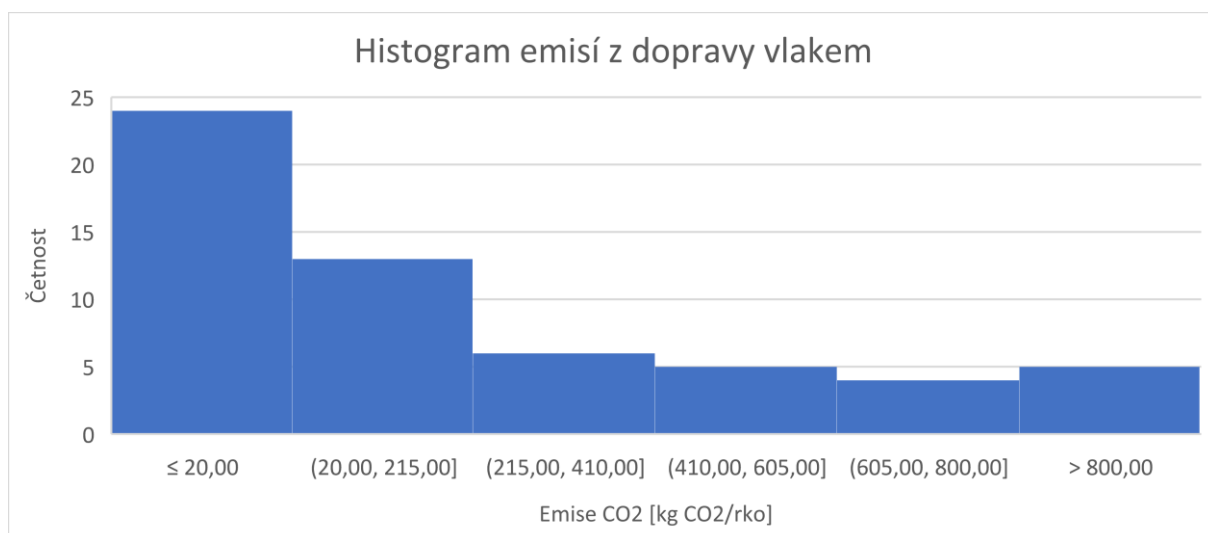
Graf 6 - Histogram celkových emisí z dopravy



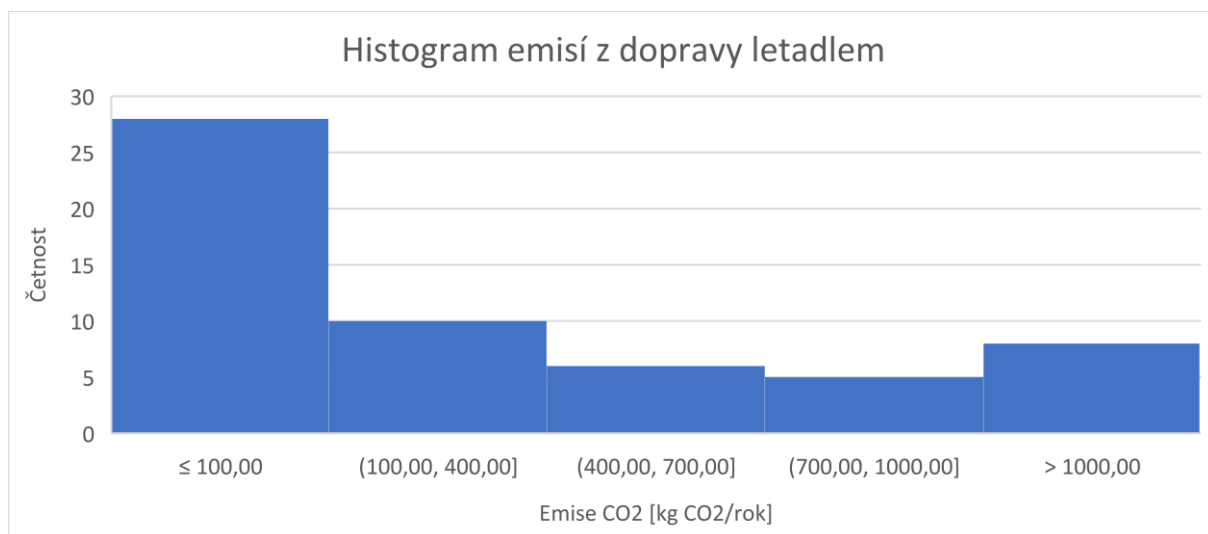
Graf 7 - Histogram emisí z dopravy autobusem



Graf 8 - Histogram emisí z osobní dopravy autem studentů



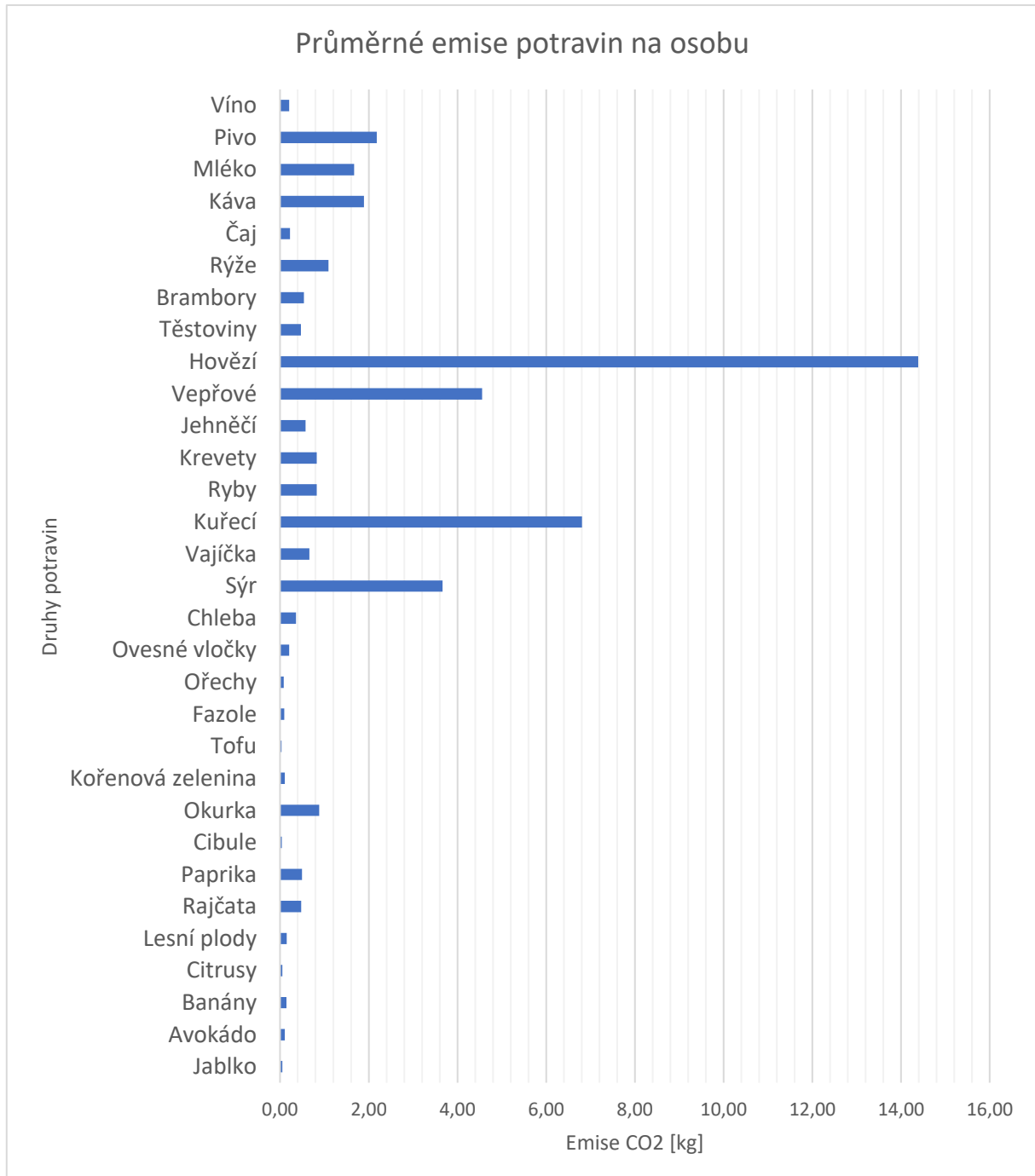
Graf 9 – Histogram emisí z dopravy vlakem



Graf 10 - Histogram emisí z dopravy letadlem

4.2 Analýza emisí z potravin

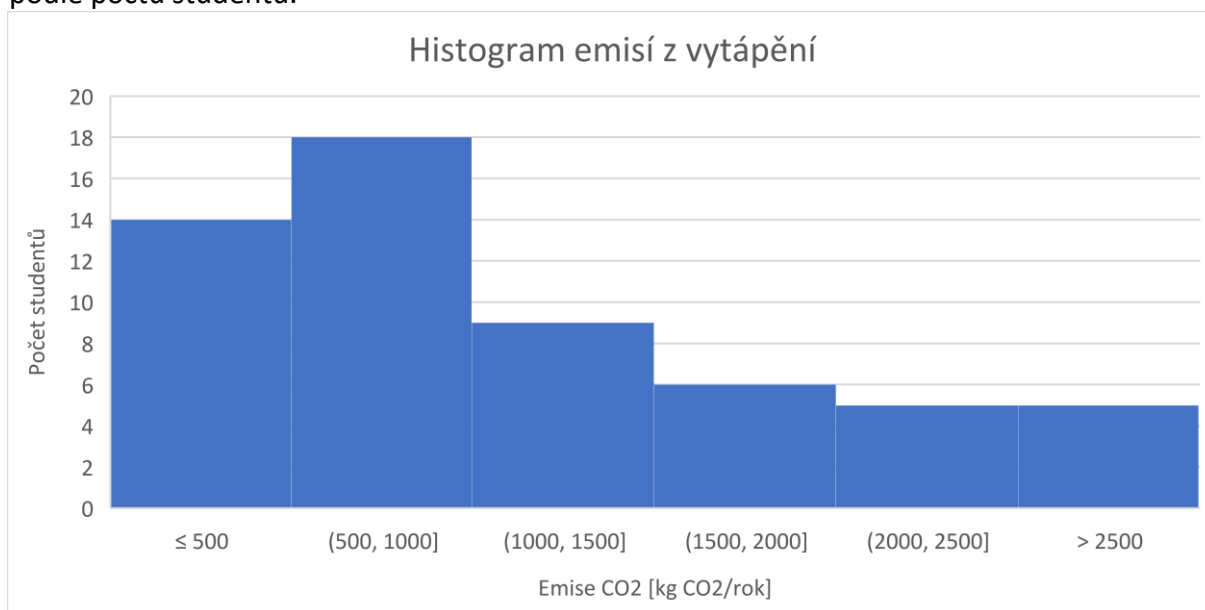
Co se týče průměrných emisí z jednotlivých typů potravin, nikoho nepřekvapí, že největšího podílu dosáhlo hovězí maso (13,04 kg), po něm kuřecí (6,17 kg) následované vepřovým a sýry viz graf č. 11. Maso tvoří největší množství emisí, pro mnohé je ovšem těžké se masa, v jakémkoli množství vzdát. Stojí za zamyšlení, kolik masa musíme sníst a nakolik je pro nás jeho konzumace v takovém množství významná. Doplnit svou stravu o více ovoce a zeleniny, která je zdravější a ke klimatu přívětivější.



Graf 11 - Průměrné emise studentů podle druhů jídla

4.3 Analýza emisí z vytápění

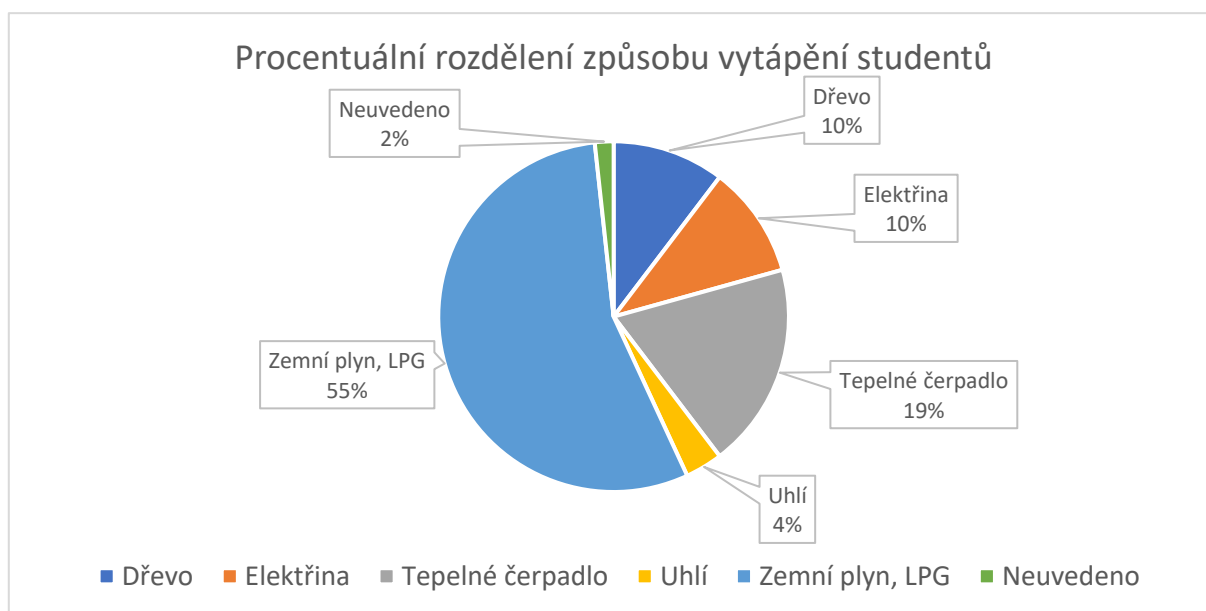
Další oblastí s více jak pětinovými emisemi je vytápění. Více jak polovina používá k vytápění svých domovů zemní plyn viz. graf č. 14, který je společně s tepelným čerpadlem nejvíce ekologickou možností. Průměrné emise na studenta z vytápění činí 1362 kg ročně. Vytápění je však nejčastěji zmiňovaná oblast, kterou by byli studenti ochotni změnit, aby snížili svou uhlíkovou stopu viz graf č. 13 V době válečného konfliktu na Ukrajině, jsou otázky okolo způsobu vytápění domácností na místě. Na grafu č. 12 je zobrazeno rozložení emisí z vytápění podle počtu studentů.



Graf 12 - Histogram emisí z vytápění



Graf 13 - Graf ochoty snížit uhlíkovou stopu v oblastech každodenního života

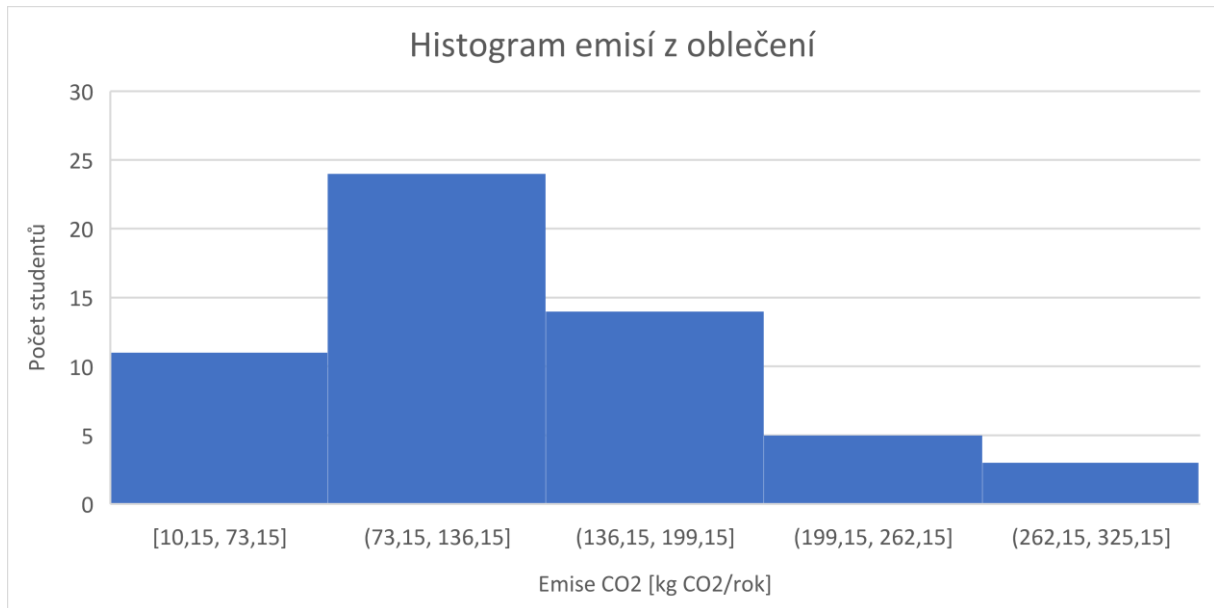


Graf 14 - Procentuální rozdělení způsobu vytápění studentů

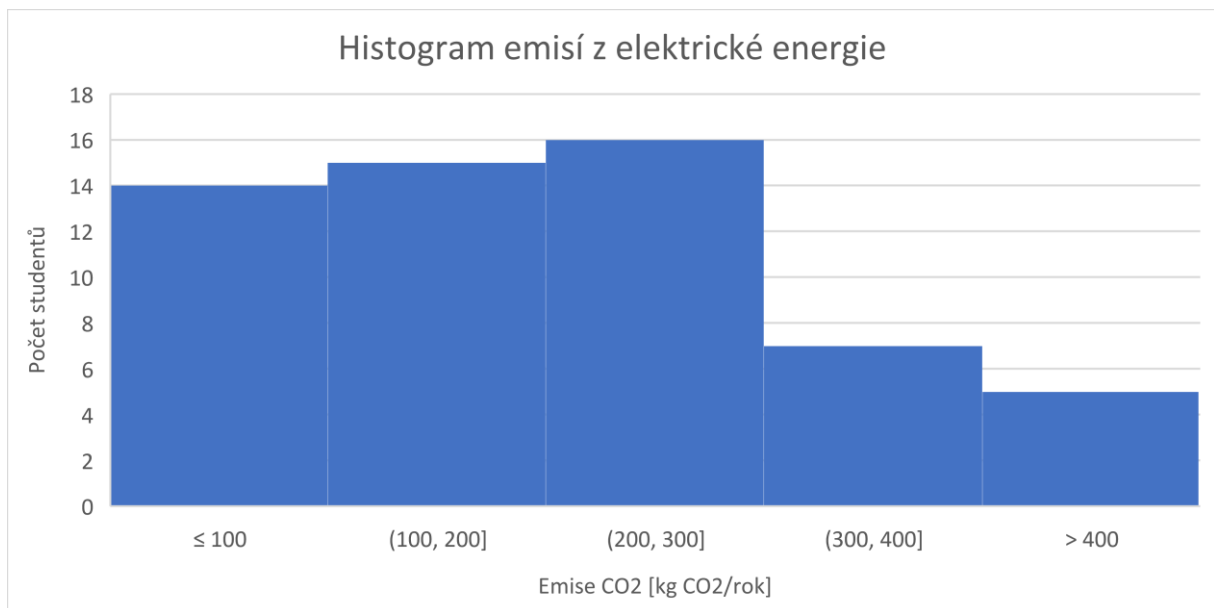
V Evropě dnes dochází k řešení nalézání nových zásobovacích tras, abychom nebyli právě závislí na jednom zdroji, kde by mohlo dojít k výpadkům. Tato cesta je ovšem velice dlouhá a komplikovaná, doufejme, že se na mezinárodní úrovni toto téma vyřeší co možná nejdříve.

4.4 Analýza emisí z elektrické energie a oblečení

Elektrická energie společně s nákupem oblečení tvoří nejmenší podíl na uhlíkové stopě jednotlivce. Společně tvoří jen asi 6 % z celkových emisí. Dohromady v průměru tvoří 363 kg/rok na studenta. Neznamená to ovšem, že bychom tyto kategorie měli zanedbávat, stále se jedná o čtvrt tuny skleníkových plynů ročně. Celkem 44 studentů by bylo ochotno změnit svoje chování ve spotřebě elektrické energie a oblékání. Ovšem s velkou digitalizací za posledních 20 let, nelze výrazně snížit množství spotřebované elektřiny. U oblečení je ovšem možnost snížit svou uhlíkovou stopu. Některé e-shopy s oblečením nabízejí informace o tom, odkud se k vám zboží dováží i jakým způsobem se vyrábí. Na grafech č. 15 a 16 jsou zobrazeny histogramy emisí z oblečení a spotřeby elektrické energie. Emise z energií jsou u 79 % studentů pod 300 kg CO_2 /rok. Emise z oblečení se pohybují u 61 % studentů do 136 kg CO_2 /rok.



Graf 15 - Histogram emisí z oblečení

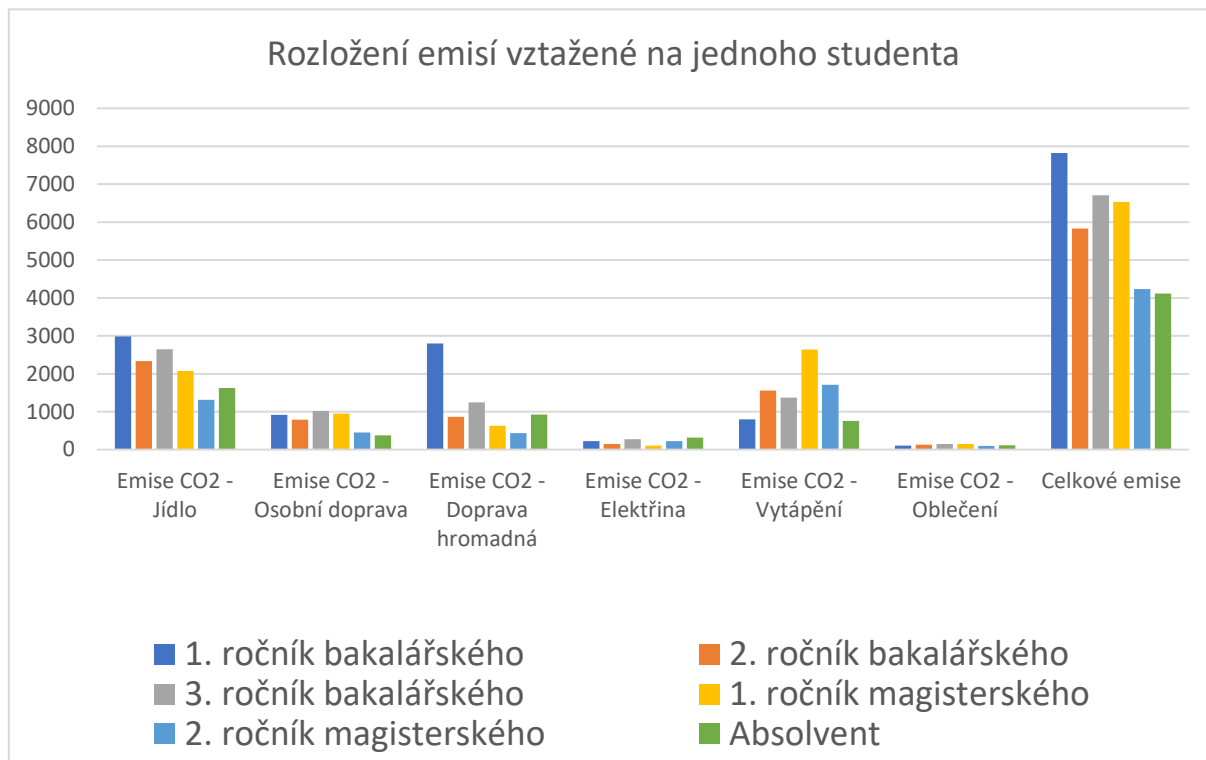


Graf 16 - Histogram emisí ze spotřeby elektrické energie

4.5 Analýza emisí jednotlivých skupin studentů

Porovnáním emisí jednotlivých skupin studentů v různých úrovních studia, vidíme, že největší uhlíkovou stopu mají studenti 1. ročníku bakalářského studia. Vliv na výsledky má ten fakt, že se jich dotazníku zúčastnilo jen 7, takže výpočetní hodnotu má mnohem menší než kategorie studentů 3. ročníku bakalářského studia, kterých se zúčastnilo přes 20. Nejmenší stopu mají absolventi, kteří mají průměrnou uhlíkovou stopu ve výši 4113 kg. Rozdíl mezi těmito dvěma skupinami je propastných 3709 kg. Je to hlavně kvůli kategorii doprava, kde se vyskytuje

extrémní údaj v letecké dopravě u jednoho studenta 1. ročníku bakalářského studia. Velké rozdíly můžeme vidět u kolony vytápění. Důvodem může být to, že někteří studenti již bydlí sami, někteří bydlí doma u rodičů nebo přes rok pobývají na kolejích. Porovnání emisí je zobrazeno a grafu č. 17.



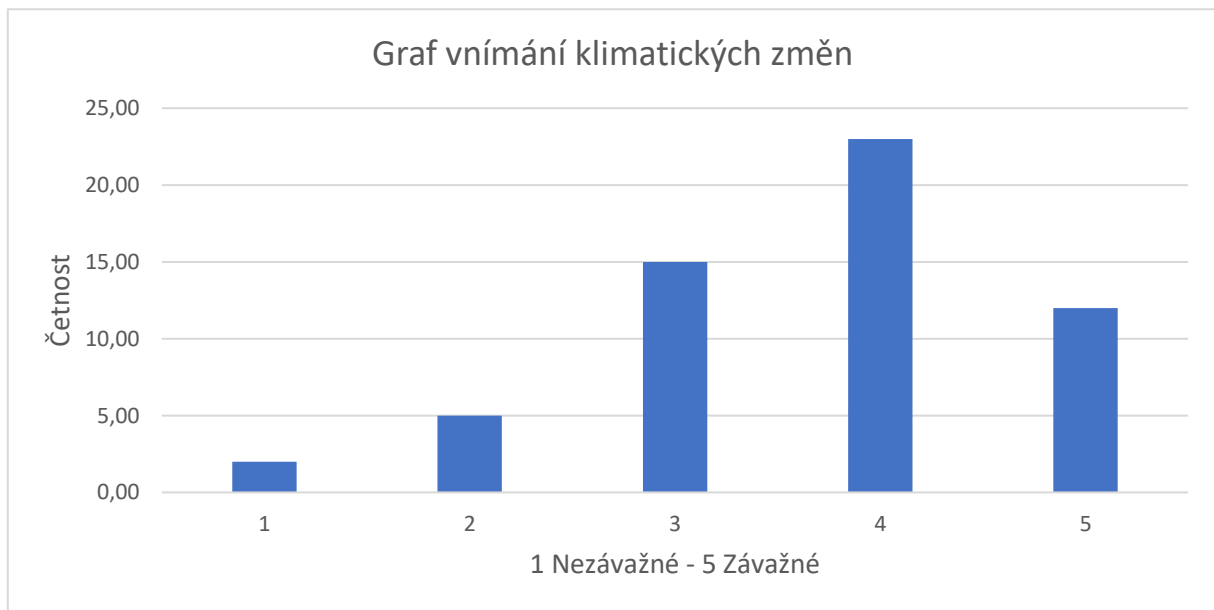
Graf 17 - Rozložení emisí vztážené na jednoho studenta

4.6 Otázky klimatických změn

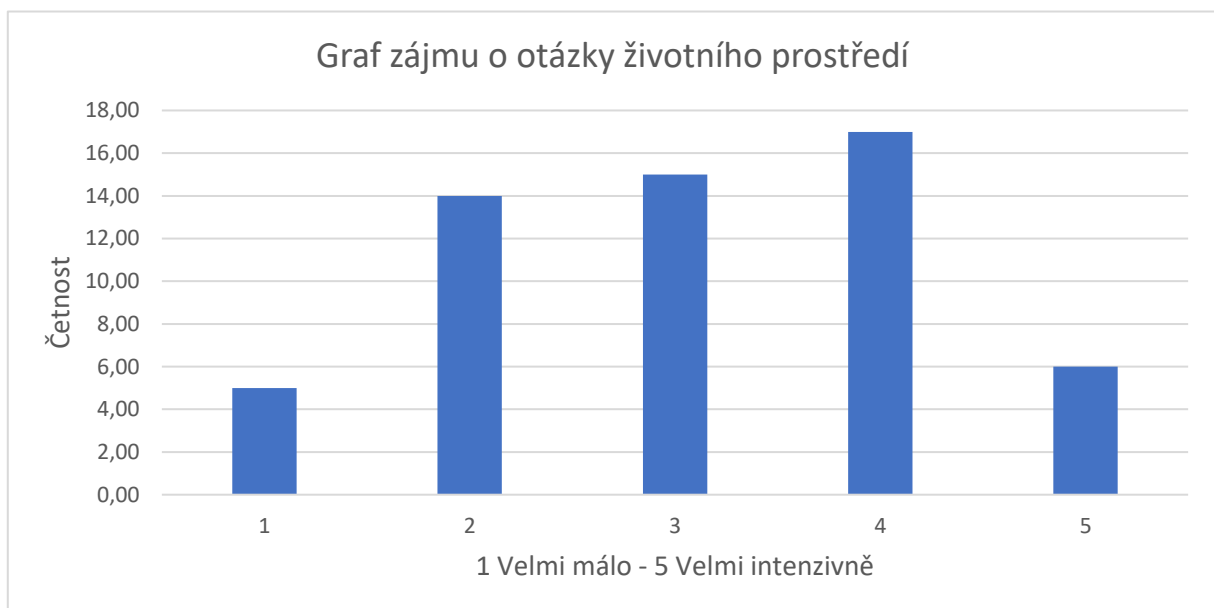
Klimatické změny jsou na fakultě velmi často zmiňovány. Studenti jsou vedeni se tomuto tématu věnovat. V praxi se budou absolventi setkávat s návrhem a posuzováním výrobků a technologií s ohledem na environmentální a ekonomické aspekty. Tyto dva faktory se za posledních 40 let takřka vyrovnaly. Podíl na tom mají hlavně legislativní opatření.

Důležitým dokumentem je Pařížská dohoda. Byla podepsána v roce 2016 celkem 177 členskými státy Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu. Hlavním účelem dohody je udržet globální růst teploty pod 2 °C oproti hodnotám z před průmyslové revoluce a úsilí o dosažení nepřekročení teploty o 1,5 °C. Dále je smyslem dohody to, aby se zvyšovala schopnost přizpůsobení se změnám klimatu a uzpůsobení finančních toků mířených na snižování emisí skleníkových plynů. I proto se v dotazníku nenašlo příliš mnoho studentů, kteří by brali změny klimatu na lehkou váhu. Valná většina se přiklání názoru, že současné globální změny je nutné řešit viz graf č. 18.

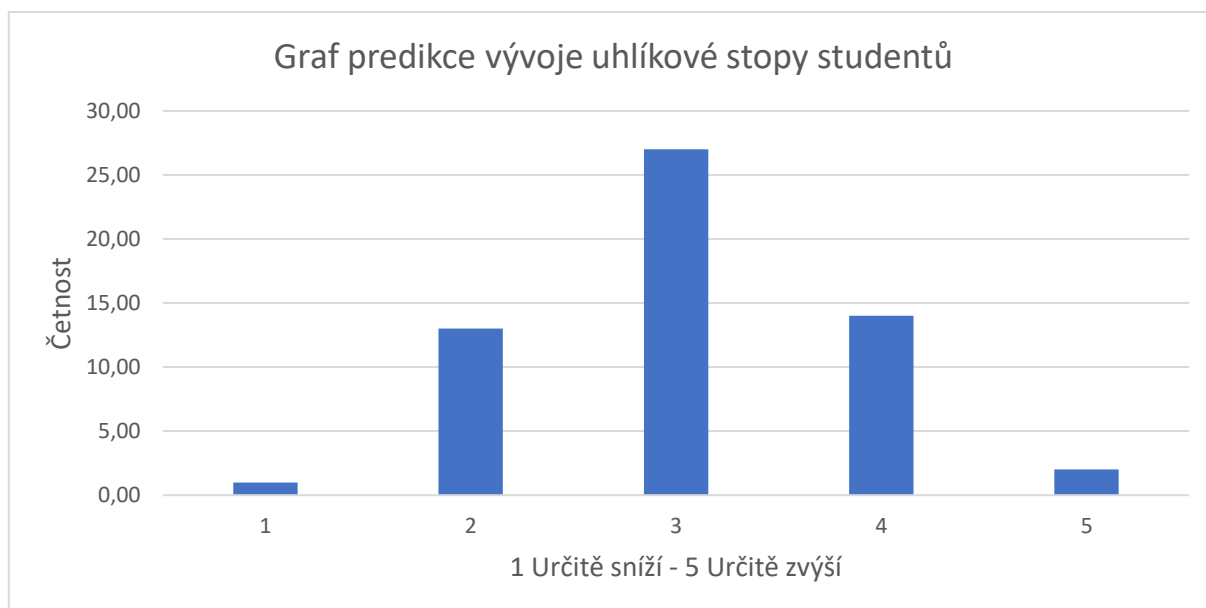
Většina studentů sice vnímá problémy spojené s ochranou životního prostředí, ale větší zájem o tyto informace už nemá tolik studentů jak je vidět na grafu č.19. Možná proto, že o nich slyšíme až moc často, pokud do médií nezamíří nějaké jiné, aktuální téma, jako v roce 2020 covid. V době celosvětové pandemie jako by klimatické krize neexistovala. Podobně bohužel letos zafungovala válka na Ukrajině. O otázky životního prostředí se zajímá nebo intenzivně zajímá přes 40 % respondentů. Většina studentů si myslí, že se jejich uhlíková stopa nijak výrazně nezmění a zůstane na podobné hodnotě jako doposud, viz graf č. 20.



Graf 18 – Graf vnímání klimatických změn



Graf 19 - Graf zájmu o otázky životního prostředí

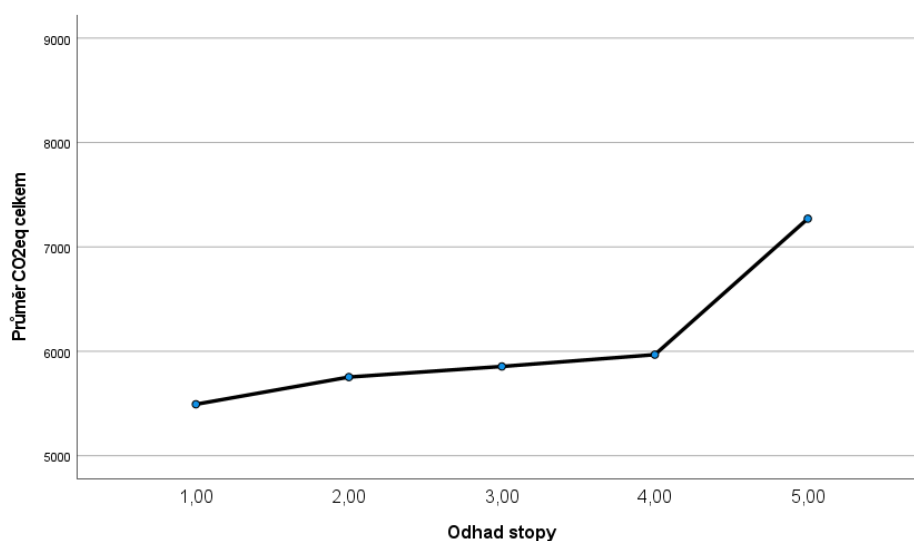


Graf 20 - Graf predikce vývoje uhlíkové stopy studentů

V následující části jsou uvedeny průměry celkové uhlíkové stopy podle hodnoty názorů v jednotlivých otázkách klimatických změn

Hodnota uhlíkové stopy celkem v závislosti na odhadu stopy

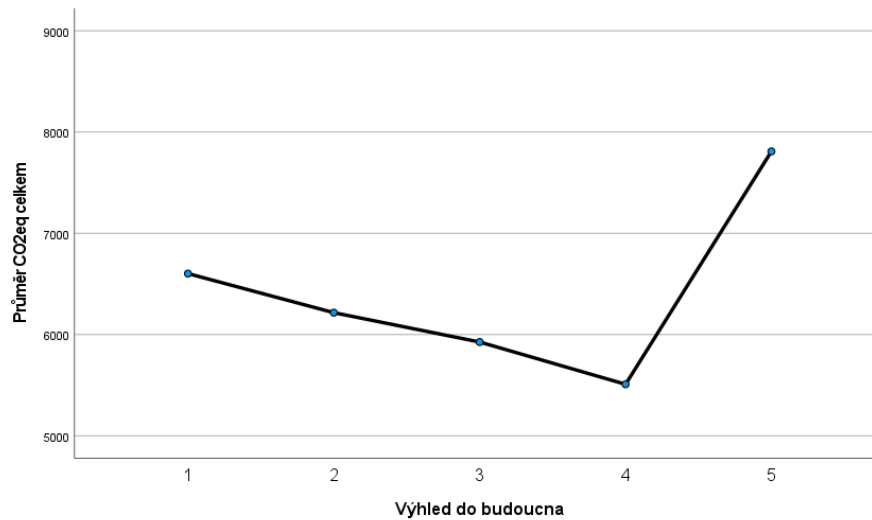
Hodnoty CO_2eq celkem v závislosti na odhadu hodnoty dosahované stopy. Nejvyšší dosahovanou hodnotu mají v průměru studenti, kteří vnímají svoji stopu jako nadprůměrnou. Statistické testy parametrické i neparametrické v SPSS nezamítly hypotézu o shodnosti průměrů skupin z hlediska uhlíkové stopy.



Graf 21 - Graf hodnoty průměrů celkové uhlíkové stopy v závislosti na odhadu velikosti uhlíkové stopy

Hodnota celkové uhlíkové stopy v závislosti na predikci vývoje uhlíkové stopy

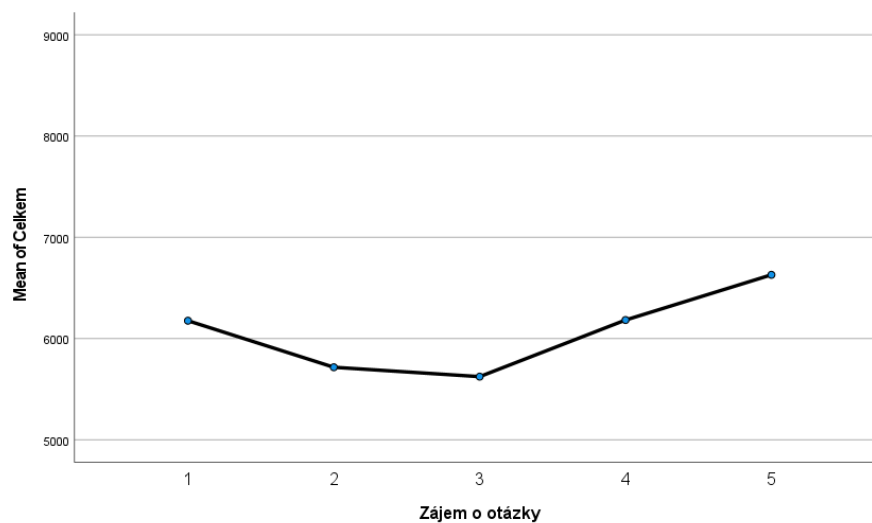
Průměrná hodnota uhlíkové stopy se v jednotlivých skupinách příliš neliší, pouze u studentů, kteří si myslí, že se jejich uhlíková stopa bude do budoucna zvyšovat, je průměrná hodnota vysoká, ovšem četnost je v této kategorii nízká. Statistické testy neparametrické i parametrické v SPSS nezamítly hypotézu o rovnosti průměrů.



Graf 22 - Graf celkové hodnoty uhlíkové stopy v závislosti na predikci vývoje uhlíkové stopy

Hodnota celkové uhlíkové stopy v závislosti na zájmu o otázky životního prostředí

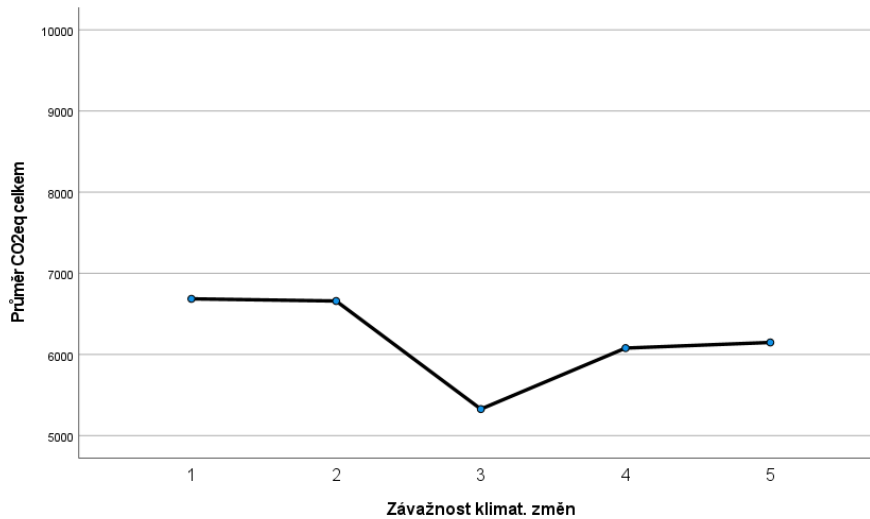
Průměrnou hodnotu uhlíkové stopy mají nejvyšší studenti, kteří se nejvíce zajímají o otázky životního prostředí, rozdíly mezi průměry ve skupinách však nejsou statisticky významné, hypotézu o rovnosti průměrů ve skupinách nebyla zamítnuta ani parametrickými a ani neparametrickými testy.



Graf 23 - Graf hodnoty celkové uhlíkové stopy v závislosti na zájmu o otázky životního prostředí

Hodnota celkové uhlíkové stopy v závislosti na závažnosti klimatických změn

Hodnoty průměrů uhlíkové stopy ve skupinách studentů, dle závažnosti hodnocení otázek klimatu se příliš neliší. Bylo to potvrzeno i analýzou rozptylu, kdy nemohla být zamítnuta hypotéza o rovnosti středních hodnot



Graf 24 - Graf hodnoty celkové uhlíkové stopy v závislosti na závažnosti klimatických změn

4.7 Vývoj uhlíkové stopy studentů do budoucna

V případě studentů ČVUT lze ze získaných dat předpokládat, že v nejbližší budoucnosti většina studentů, jež vyplnila dotazník, neočekává výraznější zvýšení objemu svých emisí, viz. graf č. 16. Při porovnání mínění o závažnosti a vývoji uhlíkové stopy do budoucnosti vidíme, že studenti berou klimatické změny na vědomí a je více studentů co si myslí, že je klimatická situace závažná, než je počet studentů, co si myslí, že se jejich uhlíková stopa zvýší. Přece jen každý z nás bude dřív či později trvale zaměstnán a bude si moci pokládat otázky o životním prostředí ve sféře firem. A to buďto u nás nebo ve světě. O kalkulátor projevilo aktivní zájem 13 studentů. Někteří studenti vyjádřili svůj názor v komentářích, některé z nich uvedu:

„Nemyslím si, že osobní doprava je největší problém, o dost větší je mezinárodní nákladní a málo využívané železnice pro nákladní dopravu. U přepravy lidí ne vždy jde jezdit vlakem, případně je to extrémně časově nevýhodné“

„Celková problematika je rozsáhlejší. Je sice hezké mít nějaké uvědomění, že mám dopad na životní prostředí jako člověk. Jaderná energetika je budoucností ekologie. Rozsáhlé zrušení elektráren na fosilní paliva není dostačující řešení. Měla by se zohlednit lodní doprava a

vymyslet alternativa jejich pohonů. Elektrická auta by měla čistě jezdit na energii ze zelených zdrojů. V městech by měla být zavedena povinnost výstavby zelených ulic. Měla by vzniknout povinnost instalace solárních panelů při výstavbě velkoplošných budov od určité plochy.“

„Co se týče ochoty snižovat uhlíkovou stopu v dopravě, tak rozhodně nepřipadá v úvahu elektromobil.“

„Nemyslím že v České republice je momentálně podstatné, aby se snižovala produkce CO₂. ČR má momentálně mnohem větší ekonomické problémy, než by bylo zdrávo. A dělat investice do snížení CO₂ mi v tento moment připadá zbytečné mrhání peněz“

„Co Indie, Čína a USA? Proč mám já jíst a žít uhlíkově neutrálně, když ostatní na životní prostředí nehledí.“

Studenti se v komentářích vyjádřili svým vlastním pohledem na otázky klimatických změn. Názory na problematiku se liší, pravdou ale zůstává, že nás čeká globální změna klimatu a to už v příštích desetiletích.

5. Závěr

I přesto, že je uhlíková stopa jedince zanedbatelná vůči celostátním číslům, myslím si, že je dobré znát zdroje vlastních emisí skleníkových plynů plynoucí z našich každodenních aktivit a potřeb. Vše se totiž nezmění přes noc, uhlíková neutralita je během na dlouhou trať. Problémem je, že pokud jsou odhady správné, nemáme moc času na změnu. Otázkou je zda je v lidských silách dosavadní průběh odvrátit od možných celosvětových katastrof. Významnou rolí v boji s klimatickými změnami budou hrát nové technologie a inovace, které sníží závislost na fosilních palivech a neobnovitelných zdrojích.

Z průzkumu jsem zjistil, že průměrná uhlíková stopa studentů Fakulty strojní ČVUT v Praze je nadprůměrná s hodnotou přes 5,9 tuny CO_2eq . Průměr emisí na občana v ČR se pohybuje okolo 5 tun. [59] [60]. Emise studentů ze spotřeby vycházejí lehce nadprůměrné. Největší emise jsou spojeny s konzumací jídla a osobní dopravou. Největší ochota, kde by studenti snížili svou uhlíkovou stopu je u vytápění a spotřeba elektrické energie. 21 % studentů vnímá klimatické změny jako závažné. Přes 40 % studentů se zajímá o otázky životního prostředí.

V této bakalářské práci jsem představil úvod do problematiky příčin klimatických změn, kterým je také antropogenní činnost člověka v posledních staletích. Charakterizoval jsem téma skleníkového efektu společně s definicemi skleníkových plynů a jejich zásadním vlivem na klimatický systém. Představil jsem hlavní mezinárodní dohody a úmluvy na poli ochrany životního prostředí. Vytvořil kalkulátor uhlíkové stopy určený pro jednotlivce, vytvořil dotazník, ve kterém se studenti dobrovolně svěřili s informacemi týkající se výpočtu jejich uhlíkové stopy. Tyto data jsem graficky zpracoval a následně vyhodnotil. Lze konstatovat, že cíle práce byly splněny.

6. Použitá literatura

- [1] RŮŽIČKOVÁ, Markéta. *Planeta ve skleníku* [online]. Akademie věd ČR, 2020 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: https://www.avcr.cz/export/sites/avcr.cz/cs/veda-a-vyzkum/avex/files/2020-02_.pdf
- [2] IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [online]. Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2021 [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: doi:10.1017/9781009157896
- [3] BRÁZDIL, Rudolf a Michal BÍL. *JEV EL NINO: JIZNI OSCILACE A JEHO MOZNE PROJEVY V POLICH TLAKU VZDUCHU, TEPLoty VZDUCHU A SRAZEK V EVROPE VE 20. STOLETI* [online]. Sborník ČGS, 103, 2, pp. 65-87. 1998 [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: https://geografie.cz/media/pdf/geo_1998103020065.pdf
- [4] STEJSKAL, Libor. *Změna klimatu a její dopady: hlavní hrozba 21. století* [online]. In: . [cit. 2022-07-18]. VG20102013009. Dostupné z: https://klimatickakoalice.cz/images/dokumenty/sbp_zmena_klimatu_a_jeji_dopady.pdf
- [5] *United Nations: Oceány a změna klimatu* [online]. In: . Praha [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://www.osn.cz/oceany-a-zmena-klimatu/>
- [6] HAVLÍKOVÁ, Kateřina. *I Rozhlas: Extrémně vysoké teploty trápí oceány* [online]. In: . Kalifornie [cit. 2022-06-15]. Dostupné z: https://www.irozhlas.cz/veda-technologie/priroda/oceany-globalni-oteplotvani-klimaticka-krize-vyzkum_2202061314_aur
- [7] *Kodaňská diagnóza: zpráva světa o nových poznatcích klimatologie* [online]. ZO ČSOP Veronica, 2010 [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: https://klimatickakoalice.cz/images/dokumenty/sbp_zmena_klimatu_a_jeji_dopady.pdf
- [8] *Conferences: Environment and sustainable development* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>
- [9] MOLDAN, Bedřich. *World Environmental Summits: Životní prostředí* [online]. Vol. 41, No. 4, p. 173-177. 2007 [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: http://publikacie.uke.sav.sk/sites/default/files/2007_4_173_177_moldan.pdf
- [10] *Conferences: Environmental and sustainable development* [online]. In: . [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.un.org/en/conferences/environment/rio1992>
- [11] *Report of the United Nations Conference on the Human Environment* [online]. In: . [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_CONF.151_26_Vol.I_Declaration.pdf
- [12] *Kyoto Protocol: international treaty, 1997* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/climate-change/Greenhouse-gases>

- [13] STRÝČKOVÁ, Katarína. *Mezi Kodaní a Cancúnem* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.psp.cz/sqw/text/orig2.sqw?idd=66945>
- [14] *Kjotský protokol* [online]. In: . [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.informacni-portal.cz/clanek/kjotsky-protokol>
- [15] TREJBAL, Václav. *Paříž sjednotila svět v boji se změnami klimatu* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: https://www.spcr.cz/images/COP21_zavery.pdf
- [16] *Pařížská dohoda* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019\(01\)&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:22016A1019(01)&from=ES)
- [17] *The European Green Deal* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.evropskyvyzkum.cz/cs/storage/53122fc98f2470d892d28f1fae6624093e630a15?uid=53122fc98f2470d892d28f1fae6624093e630a15>
- [18] MCGRATH, Matt. *Climate change: IPCC report is 'code red for humanity'* [online]. In: . [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/science-environment-58130705>
- [19] *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- [20] METELKA, Ladislav a Radim TOLASZ. *Klimatické změny: fakta bez mýtů*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázku životního prostředí, 2009. ISBN isbn978-80-87076-13-2.
- [21] MAREK, Michal V. *Uhlík v ekosystémech České republiky v měnícím se klimatu*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2011. Živá příroda. ISBN 978-80-200-1876-2.
- [22] ŠIMEK, Miroslav a Jana MACKOVÁ. *Degradace půdy a emise skleníkových plynů z půd a ze zemědělství - nutné zlo?*. Středisko společných činností AV ČR pro Kancelář Akademie věd ČR, 2015.
- [23] KOSOVÁ, Eliška. *Snižování skleníkových plynů: Strategie pro metan* [online]. Praha/Brno: BIC Brno, 2020 [cit. 2022-06-20]. Dostupné z: https://hub.cirkularnicesko.cz/wp-content/uploads/2020/12/12_info_metan.pdf
- [24] HAVEL, Milan a Petr VÁLEK. *Chemické látky: Oxid dusný* [online]. In: . [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: <https://arnika.org/toxicke-latky/databaze-latek/oxid-dusny>
- [25] LUPAČ, Miroslav, Josef NOVÁK a Viktor TŘEBICKÝ. *Uhlíková stopa města: metodika pro stanovení místního příspěvku ke klimatické změně*. Praha: Týmová iniciativa pro místní udržitelný rozvoj, 2012. ISBN isbn:978-80-87549-05-6.
- [26] JAVŮREK, Vladimír. *Plán řízení uhlíkové stopy: Komerční banka, a.s.* [online]. 2020 [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://www.kb.cz/cs/o-bance/vse-o-kb/podnikame-udrzitelne/environmentalni-udrzitelnost>
- [27] WEINZETT, Jan. *Posuzování životního cyklu výrobku* [online]. [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/42331762-Posuzovani-zivotniho-cyklu-life-cycle-assessment-lca.html>

- [28] HOŘČÍK, Jan. *Technologie a životní prostředí: Spočítejte si, kolik emisí CO2 vyprodukuje Vaše auto* [online]. [cit. 2022-07-13]. ISSN 1803-6252. Dostupné z: <http://www.ekoblog.cz/?q=emise>
- [29] DEL PERO, Francesco, Massiimo DELOGU a Marco PIERINI. *Life Cycle Assessment in the automotive sector: a comparative case study of Internal Combustion Engine (ICE) and electric car* [online]. [cit. 2022-07-20]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321618301690>
- [30] DRAHOKOUPIL, Michal. *Kolik CO2 vznikne při výrobě elektromobilů?* [online]. 2019 [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/jizda-cista-ale-co-vyroba-kolik-co2-vznikne-pri-vyrobe-elektromobilu-131387>
- [31] MESSAGIE, Maarten, Faycal-Siddikou BOUREIMA, Thierry COOSEMANS, Cathy MACHARIS a Joeri VAN MIERLO. *A Range-Based Vehicle Life Cycle Assessment Incorporating Variability in the Environmental Assessment of Different Vehicle Technologies and Fuels* [online]. [cit. 2022-07-20]. ISSN 1996-1073. Dostupné z: doi:10.3390/en7031467
- [32] ERIKSSON, Elin, Magnus BLINGE a Goran LOVGREN. *Life cycle assessment of the road transport sector* [online]. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: https://www.academia.edu/23867873/Life_cycle_assessment_of_the_road_transport_sector
- [33] FOLEGA, Piotr a Dorota BURCHART. *Environmental assessment of road transport in a passenger car using the life cycle approach* [online]. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/318275554_Environmental_assessment_of_road_transport_in_a_passenger_car_using_the_life_cycle_approach
- [34] HODGES, Tina. *Public Transportation's Role in Responding to Climate Change* [online]. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: <https://www.transit.dot.gov/sites/fta.dot.gov/files/docs/PublicTransportationsRoleInRespondingToClimateChange2010.pdf>
- [35] *Železnice: C12 o.p.s.* [online]. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: https://www.cd.cz/assets/vlakemEKO/2020_4.pdf
- [36] *České dráhy: Naše společná mise: Nulové emise* [online]. [cit. 2022-07-13]. Dostupné z: <https://www.cd.cz/vlakemeko>
- [37] *Dopravní podnik hlavního města Prahy: DPP v datech* [online]. In: . 2021 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.dpp.cz/spolecnost/o-spolecnosti/dpp-v-datech>
- [38] KAPLAN, Petr. *Technicko – provozní hodnocení hybridních pohonů silničních vozidel*. Ostrava, 2011. Bakalářská práce. Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy. Vedoucí práce Ing. Michal Richtář.
- [39] KOČÁRKOVÁ, Jaroslava. *Vědci z univerzity v noci nespí*. [online]. 2011 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: https://liberecky.denik.cz/zpravy_region/vedci-z-univerzity-v-noci-nespi-meri-tramvaje.html

- [40] Doprava. In: *Magistrát hlavního města Prahy* [online]. 2007 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: https://www.praha.eu/public/9c/6f/ff/185694_4_Doprava.pdf
- [41] MALÍKOVÁ, Milena. *Energetická zařízení metra* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/TECH/energetika/energetika.htm>
- [42] *Elektrické vozy metra: technické údaje vozů* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.metroweb.cz/metro/VOZIDLA/tech-vozy.htm>
- [43] ŠKRDLÍKOVÁ, Marie. *Government greenhouse gas conversion factors for company reporting: Methodology paper for emission factors Final report* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/904215/2019-ghg-conversion-factors-methodology-v01-02.pdf
- [44] Carbon footprint factsheet. In: *Center for sustainable systems, university of michigan* [online]. Pub. No. CSS09-05, Pub. No. CSS09-05 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20190407084026/http://css.umich.edu/factsheets/carbon-footprint-factsheet>
- [45] STYLIANOU, Nassos, Clara GUIBOURG a Helen BRIGGS. *Climate change food calculator: What's your diet's carbon footprint?* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/science-environment-46459714>
- [46] Food's carbon footprint. In: *Greeneatz* [online]. [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.greeneatz.com/foods-carbon-footprint.html>
- [47] NEUFELD, Dorothy. *The Carbon Footprint of the Food Supply Chain* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.visualcapitalist.com/visualising-the-greenhouse-gas-impact-of-each-food/>
- [48] The 10 Worst Foods to Eat for Greenhouse Gas Emissions. In: *Commonwealth human ecology council* [online]. [cit. 2022-07-14].
- [49] POORE, Joseph a T NĚMEČEK. *Reducing food's environmental impacts through producers and consumers* [online]. In: . [cit. 2022-07-19]. 10.1126/science.aaq0216. Dostupné z: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaq0216#con1>
- [50] *Emisní faktor CO2 z výroby elektřiny za léta 2010-2021* [online]. In: . 2022 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/emisni-faktor-co2-z-vyroby-elektriny-za-leta-2010_2021--260559/
- [51] BENEDIKT, Jaroslav. *SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ JAKO ZDROJ ENERGIE* [online]. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: doi:CZ.1.07/1.1.00/08.0010
- [52] *Bez jádra se stane Česko závislé na dovozu energií* [online]. [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/zpravy/516639-bez-jadra-se-stane-cesko-zavisle-na-dovozu-energiitvrdi-nova-studie/>

- [53] *Šance pro budovy: Energetické standardy budov* [online]. [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://sanceprobudovy.cz/wp-content/uploads/2018/03/energeticke-standardy-1.pdf>
- [54] NOVOTNÝ, Jiří a Tomáš MATUŠKA. *Emise CO₂ a jejich dopad na hodnocení zdrojů v budovách* [online]. In: . ČVUT v Praze [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/provoz-a-udrzba-vytapani/17112-emise-co2-a-jejich-dopad-na-hodnoceni-zdroju-v-budovach>
- [55] MILOSTNÁ, Magdaléna. *Výhřevnost paliv* [online]. In: . 2022 [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.opop.cz/vyhrevnost-paliv>
- [56] BAREŠ, Petr. *Jaká je účinnost tepelného čerpadla a co je topný faktor: Alpha innotec* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.alpha-innotec.cz/clanky/jaka-je-ucinnost-tepelnych-cerpadel-a-co-je-topny-faktor/>
- [57] RO, Christine. *Can fashion be sustainable*. In: *BBC.com* [online]. [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/future/article/20200310-sustainable-fashion-how-to-buy-clothes-good-for-the-climate>
- [58] *Fakulta strojní ČVUT* [online]. In: . [cit. 2022-07-14]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fakulta_strojn%C3%AD_%C4%8CVUT
- [59] *Veronica: Ekologický institut* [online]. 2021 [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://www.veronica.cz/otazky?i=519>
- [60] *Klima se mění: UHLÍKOVÁ STOPA JEDNOTLIVCE* [online]. In: . [cit. 2022-07-21].
- [61] *Fakta o klimatu: Světová teplotní anomálie za 22 000 let*. In: *Fakta o klimatu* [online]. 2021 [cit. 2022-06-16]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/>
- [62] DLUGOKENCKY, Ed. *National oceanic and atmospheric administration: Global N₂O Monthly means* [online]. In: . NOAA/GML [cit. 2022-07-12]. Dostupné z: https://gml.noaa.gov/ccgg/trends_n2o/
- [63] DLUGOKENCKY, Ed. *National Oceanic and Atmospheric Administration: Global Methan Monthly Means* [online]. In: . 2022 [cit. 2022-07-12].
- [64] MILICHOVSKÝ, František a Miroslav KRČMA. *Průmyslové spektrum: Ekodesign a systematické řízení dopadů na životní prostředí* [online]. In: . 2012 [cit. 2022-07-13].
- [65] *Globální cyklus uhlíku: GLOBE Carbon Cycle project* [online]. In: . [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: <http://kfrserver.natur.cuni.cz/globe/others-CZ.htm>
- [66] *Summary for Policymakers: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [online]. Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 2021 [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: doi:10.1017/9781009157896.001
- [67] SCHMIDT, Gavin. *Methane: A Scientific Journey from Obscurity to Climate Super-Stardom* [online]. [cit. 2022-07-18]. Dostupné z: https://www.giss.nasa.gov/research/features/200409_methane/

- [68] HAUSCHILD, Michael. *Life cycle assessment: Theory and Practice* [online]. Springer Cham [cit. 2022-07-19]. ISBN 978-3-319-56475-3.
- [69] HASELBACH, Lvi a Quinn LANGFITT. *LCA learning module series* [online]. In: . [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: <https://cesticc.uaf.edu/media/138873/module-b2-common-air-emissions-impact-categories-19-march-2015.pdf>
- [70] *IMPACT 2002+: User Guide* [online]. 2012. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: https://quantis.com/pdf/IMPACT2002_UserGuide_for_vQ2.21.pdf
- [71] Emise skleníkových plynů v ČR v letech 1990–2018. *Fakta o klimatu* [online]. [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/emise-cr-vyvoj>
- [72] *Human impact on our environment: BBC* [online]. In: . [cit. 2022-07-19]. Dostupné z: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z33jk2p/revision/3>
- [73] *Fakta o klimatu: Vývoj koncentrace CO2 v atmosféře* [online]. In: . [cit. 2022-06-15]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/koncentrace-co2>
- [74] *Electricity maps* [online]. [cit. 2022-07-21]. Dostupné z: <https://app.electricitymaps.com/map>

6. Seznam obrázků

Obrázek 1 - Vývoj průměrných teplot na Zemi [61]	5
Obrázek 2 - Schéma energetické bilance atmosféry a zemského povrchu [1]	8
Obrázek 3 - Globální cyklus uhlíku [65]	10
Obrázek 4 - Vývoj průměrné globální teploty [66]	11
Obrázek 5 - Vývoj koncentrace CO ₂ v atmosféře [73]	11
Obrázek 6 - Zdroje methanu [67]	12
Obrázek 7 - Graf průměrné globální koncentrace methanu [62]	12
Obrázek 8 - Globální koncentrace oxidu dusného v atmosféře [63]	13
Obrázek 9 - Porovnání vybraných skleníkových plynů [66]	14
Obrázek 10 - Schéma životního cyklu výrobku [64]	15
Obrázek 11 - Schéma tvorby ukazatele potenciálu globálního oteplování [69]	16
Obrázek 12 - Rozdělení midpointových a endpointových kategorií dopadů, Impact 2002+ [70]	17
Obrázek 13 - Schéma endpointové kategorie dopadu klimatická změna [68]	18
Obrázek 14 - Schéma vývoje emisí v ČR [71]	19
Obrázek 15 - Množství emisí CO ₂ na obyvatele vybraných zemí [72]	19
Obrázek 16 - Emise z pohonu auta	21
Obrázek 17 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy auta	21
Obrázek 18 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy vlaku a autobusu	22
Obrázek 19 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy vlaků	23
Obrázek 20 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy letadla	24
Obrázek 21 - Výsledné emise z uvedených příkladů výpočtu	24
Obrázek 22 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy potravin	25
Obrázek 23 - Vývoj energetického faktoru ČR [50]	26
Obrázek 24 - Energetický mix ČR výroby elektrické energie roku 2016 [54]	27
Obrázek 25 - Energetické mixy vybraných zemí [74]	27
Obrázek 26 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy vytápění	28
Obrázek 27 - Snímek obrazovky z kalkulátoru uhlíkové stopy oblečení	28

7. Seznam grafů

Graf 1 - Histogram celkových emisí z dopravy	30
Graf 2 - Množství emisí 57 studentů podle kategorií každodenního života.....	30
Graf 3 - Graf procentuálního rozložení emisí studentů podle kategorií každodenního života	30
Graf 4 - Porovnání emisí studentů při dopravě	31
Graf 5 - Procentuální množství různých pohonů aut studentů	31
Graf 6 - Histogram celkových emisí z dopravy	32
Graf 7 - Histogram emisí z dopravy autobusem	32
Graf 8 - Histogram emisí z osobní dopravy autem studentů	33
Graf 9 – Histogram emisí z dopravy vlakem.....	33
Graf 10 - Histogram emisí z dopravy letadlem	33
Graf 11 - Průměrné emise studentů podle druhů jídla	34
Graf 12 - Histogram emisí z vytápění	35
Graf 13 - Graf ochoty snížit uhlíkovou stopu v oblastech každodenního života	35
Graf 14 - Procentuální rozdělení způsobu vytápění studentů	36
Graf 15 - Histogram emisí z oblečení	37
Graf 16 - Histogram emisí ze spotřeby elektrické energie	37
Graf 17 - Rozložení emisí vztažené na jednoho studenta	38
Graf 18 – Graf vnímání klimatických změn.....	39
Graf 19 - Graf zájmu o otázky životního prostředí	39
Graf 20 - Graf predikce vývoje uhlíkové stopy studentů.....	40
Graf 21 - Graf hodnoty průměrů celkové uhlíkové stopy v závislosti na odhadu velikosti uhlíkové stopy	40
Graf 22 - Graf celkové hodnoty uhlíkové stopy v závislosti na predikci vývoje uhlíkové stopy	41
Graf 23 - Graf hodnoty celkové uhlíkové stopy v závislosti na zájmu o otázky životního prostředí	41
Graf 24 - Graf hodnoty celkové uhlíkové stopy v závislosti na závažnosti klimatických změn	42

8. Seznam příloh

Kalkulátor uhlíkové stopy.xlsx

Uhlíková stopa studentů FS ČVUT

Dobrý den,

jmenuji se Filip Trachta a zpracovávám bakalářskou práci zaměřenou na analýzu uhlíkové stopy studentů Fakulty strojní ČVUT.

Uhlíková stopa je způsob měření dopadů lidských aktivit na životní prostředí. Jedná se o souhrnné množství vyprodukovaných emisí CO₂ lidskou činností, zejména spalováním fosilních paliv. Při výrobě produktů, jejich užívání a následné likvidaci dochází k vypouštění skleníkových plynů, které neblaze ovlivňují klima na naší planetě. Jako jedinci tedy každý den vypouštíme přímo či nepřímo značné množství CO₂ do ovzduší, které závisí na naší spotřebě. V rámci této práce analyzuji množství emisí CO₂ vyprodukovaných studenty každodenními aktivitami během jednoho roku.

Tímto bych Vás chtěl požádat o vyplnění dotazníku, týkajícího se Vašeho životního stylu. Jeho vyplnění Vám bude trvat 10 minut. Souhrnné výsledky budou součástí bakalářské práce. Jestli budete mít zájem o Váš výsledek a zaslání celého kalkulátoru, uveďte svůj mail. (Výsledky budou samozřejmě anonymní.)

Předem Vám moc děkuji za spolupráci a přeji krásné prožití léta.

S pozdravem

Filip Trachta

1. Jsem student(ka)

Označte jen jednu elipsu.

- 1. ročník bakalářského studia
- 2. ročník bakalářského studia
- 3. ročník bakalářského studia
- 1. ročník magisterského studia
- 2. ročník magisterského studia
- Absolvent(ka)

2. Jsem

Označte jen jednu elipsu.

- Muž
- Žena

Osobní
doprava
autem

Tato sekce je zaměřena na dopravu autem, pokud autem nejezdíte, přejděte do další sekce kliknutím na tlačítko další.

3. Jaký pohon auta máte?

Označte jen jednu elipsu.

Vznětový

Zážehový

LPG

CNG

Elektrický

Hybridní

4. Průměrná spotřeba auta (l/100km),(kWh/100km)

5. Počet lidí v autě

Označte jen jednu elipsu.

1

2

3

4

Jiné: _____

6. Průměrný počet naježděných km autem za měsíc (km/měsíc)

Hromadná
doprava

Cestování hromadnou dopravou, vepište vždy buď počet kilometrů, nebo zastávek. Pokud daným dopravním prostředkem necestujete, vepište 0 nebo nechte pole prázdné.

7. Doprava autobusem - počet ujetých kilometrů za měsíc (km/měsíc)

8. Doprava tramvají - počet ujetých zastávek za měsíc (zastávek/měsíc)

9. Doprava metrem - počet ujetých zastávek za měsíc (zastávek/měsíc)

10. Doprava letadlem - počet nalítaných kilometrů za rok (km/rok)

11. Doprava vlakem - počet ujetých kilometrů za měsíc (km/měsíc)

Spotřeba
elektrické
energie

Pro informaci: Průměrná čtyřčlenná domácnost spotřebuje asi ročně asi 1500 - 3000 kWh ročně.

12. Spotřeba elektrické energie za rok (kWh/rok)

13. Počet lidí žijících v domácnosti

Označte jen jednu elipsu.

1

2

3

4

5

Jiné: _____

Vytápění

14. Plocha bytu/domu (m²)

15. Způsob vytápění

Označte jen jednu elipsu.

Zemní plyn, LPG

Uhlí

Dřevo

Tepelné čerpadlo

Jiné: _____

16. Pokud víte přesnou roční spotřebu daného způsobu vytápění, uveďte hodnotu a jednotku.

Jídlo

V této části, prosím, zaškrtněte, kolik rámcově sníte daného jídla za týden. (Zaškrtněte počet porcí v následující tabulce.)
V tabulce jsou možnosti porcí od 0 do 19, v dolní části je pro posouvání množství pohyblivá lišta

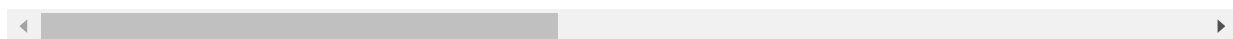
17. Kolik porcí za týden sníte?

Označte jen jednu elipsu na každém řádku.

	0	1	2	3	4	5	6	7
Jablko - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Avokádo - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Banány - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Citrusy - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lesní plody - 1 hrst	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rajčata - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Paprika - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cibule - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Okurka - 200g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kořenová zelenina - 1 ks	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tofu - 100g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fazole - 150g	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ořechy - 1 hrst	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ovesné vločky - 3 lžíce na porci	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Chleba -	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

1 plátek

Sýr - 30g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vajíčka - 1 ks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kuřecí - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ryby - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Krevety - 5 ks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jehněčí - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vepřové - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hovězí - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Těstoviny - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Brambory - 2 ks	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rýže - 75g	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Čaj - 1 hrnek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Káva - 1 šálek	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mléko - 200ml	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pivo - 0,5l	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Víno - 2dcl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Oblečení

Nákupy oblečení za rok.
Množství nakoupeného množství jsou od 0 do 10, v dolní části je pohyblivá lišta.

18. Zaškrtněte kolik oblečení si zakoupíte za rok.

Označte jen jednu elipsu na každém řádku.

	0	1	2	3	4	5	6	7	
Džíny (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Spodní prádlo (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tričko (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mikina (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bunda (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Obuv (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Dámské šaty (ks/rok)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Vlastní
pohled na
problematiku

Velice Vám děkuji za vyplnění dotazníku, na závěr Vás ještě poprosím o zodpovězení otázek ohledně osobního vztahu k problematice životního prostředí.

19. Průměrná uhlíková stopa občana ČR se pohybuje okolo 5 tun CO₂, jakou odhadujete svou uhlíkovou stopu?

Označte jen jednu elipsu.

- Podprůměrnou
 Lehce podprůměrnou
 Průměrnou
 Lehce nadprůměrnou
 Nadprůměrnou

20. Moje uhlíková stopa se do budoucna:

Označte jen jednu elipsu.

	1	2	3	4	5	
Určitě sníží	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Určitě zvýší

21. Ve které oblasti Vašeho každodenního života byste byli ochotni snížit svou uhlíkovou stopu?

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- Jídlo
 Doprava
 Elektrická energie
 Vytápění
 Oblečení
 Žádnou

22. Zajímáte se o otázky životního prostředí?

Označte jen jednu elipsu.

	1	2	3	4	5	
Velmi málo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Velmi intenzivně

23. Otázku klimatických změn vnímáte na stupnici závažnosti jako:

Označte jen jednu elipsu.

	1	2	3	4	5	
Málo závažnou	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Velmi závažnou

24. Váš komentář k dané problematice.

25. V případě zájmu o výsledky a kalkulátor s uvažovanými emisemi CO2 uveďte mail:

Obsah není vytvořen ani schválen Googlem.

Google Formuláře