

Univerzita Pardubice
Fakulta Ekonomicko-správní

Uhlíková stopa jako indikátor environmentálních opatření v podniku

Bakalářská práce

2023

Oliver Urban

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní
Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Oliver Urban**
Osobní číslo: **E20987**
Studijní program: **B0413A050008 Ekonomika a management**
Specializace: **Ekonomika a provoz podniku**
Téma práce: **Uhlíková stopa jako indikátor environmentálních opatření v podniku.**
Zadávací katedra: **Ústav správních a sociálních věd**

Zásady pro vypracování

Cílem práce je zhodnotit vhodnost využití indikátoru uhlíková stopa pro rozhodování o environmentálních opatřeních v rámci podniku. Práce na modelovém příkladě ukáže praktické výhody a problémy využití tohoto indikátoru. V rámci závěrů vysloví doporučení ohledně rizik vyplývajících z chybné interpretace významu tohoto indikátoru ve firemní praxi.

Osnova:

- Zhodnocení způsobu, jak je indikátor v podnicích využíván.
- Analýza konstrukce indikátoru a jeho vypovídací schopnosti.
- Analýza přirozeného úbytku skleníkových plynů v prostředí.
- Identifikace problémových oblastí na příkladech.

Rozsah pracovní zprávy: **cca 35 stran**
Rozsah grafických prací: **-**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- KÖNIG, Petr a kol. *Rozpočet a politiky Evropské unie: příležitost pro změnu*. Praha: C. H. Beck, 2009. ISBN 978-80-7400-011-9.
- KUNZ, Vilém. 2012. *Společenská odpovědnost firem*. Praha: Grada Publishing a.s., 2012. 978-80-247-3983-0.
- MOLDAN, Bedřich. 2015. *Podmaněná planeta*. Praha: Nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2999-5.
- VEBER, Jaromír a ŠVECOVÁ, Lenka. *Udržitelnost a udržitelný management*. Praha: Grada Publishing, 2023. 978-80-271-0897-8.
- ZUZÁK, Roman; KÖNIGOVÁ, Martina. 2009. *Krizové řízení podniku*. Praha: Grada Publishing, 2009. 978-80-247-3156-8.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Robert Baťa, Ph.D.**
Ústav správních a sociálních věd

Datum zadání bakalářské práce: **1. září 2023**
Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2024**

prof. Ing. Jan Stejskal, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Michaela Kotková Stříteská, Ph.D. v.r.
garant studijního programu

V Pardubicích dne 1. září 2023

Prohlášení

Práci s názvem Uhlíková stopa jako indikátor enviromentálních opatření v podniku jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 29. 07. 2024

Oliver Urban

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád podekoval svému vedoucímu práce doc. Ing. Ph.D. Robertovi Bářovi za poskytnuté rady a pomoc při zhotovení této práce. Také bych chtěl podekovat své rodině za podporu a trpělivost.

ANOTACE

Cílem práce je zhodnotit vhodnost využití indikátoru uhlíková stopa pro rozhodování o environmentálních opatřeních v rámci podniku. Práce na modelovém příkladě ukáže praktické výhody a problémy využití tohoto indikátoru. V rámci závěrů vysloví doporučení ohledně rizik vyplývajících z chybné interpretace významu tohoto indikátoru ve firemní praxi.

Osnova:

- Zhodnocení způsobu, jak je indikátor v podnicích využíván.*
- Analýza konstrukce indikátoru a jeho vypovídací schopnosti.*
- Identifikace problémových oblastí na příkladech.*

KLÍČOVÁ SLOVA

Uhlíková stopa, environmentální odpovědnost, offsety, skleníkové plyny

TITLE

Carbon footprint as an indicator of environmental measures in a company.

ANNOTATION

The aim of the paper is to evaluate the suitability of using the carbon footprint indicator for decision making on environmental measures within the company. The work will use a model example to show the practical advantages and problems of using this indicator. In the conclusions, it will make recommendations on the risks arising from misinterpretation of the meaning of this indicator in corporate practice. Outline:

- Assessment of the way the indicator is used in companies.*
- Analysis of the construction of the indicator and its predictive power.*
- Identification of problem areas using examples.*

KEYWORDS

Carbon footprint, environmental responsibility, offsets, greenhouse gases

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Udržitelnost a environmentální odpovědnost v podniku	12
1.1 Definice udržitelnosti v podnikání.....	12
1.2 Význam environmentální odpovědnosti pro podniky.....	13
1.2.1 Enviromentální odpovědnost podniku (CSR).....	13
1.3 Greendeal	15
1.3.1 Složení zelené dohody	15
2 Uhlíková stopa ve firmách	16
2.1 Rozdělení uhlíkové stopy.....	16
2.1.1 Firemní uhlíková výkonnost	18
2.1.2 Typy emisí a skleníkových plynů	18
2.2 Indikátory enviromentálních opatření.....	19
2.2.1 Vodní pára.....	20
2.2.2 Oxid uhličitý	20
2.2.3 Oxid dusný	20
2.2.4 Methan	21
2.2.5 Hydroflourcarbony.....	21
2.2.6 Trifluorid dusíku	22
2.3 Uhlíková stopa a její použití pro podnikové rozhodování.....	22
2.3.1 Implementace uhlíkové stopy v podnicích	22
2.4 Výpočet uhlíkové stopy	23
2.5 Potenciál globálního ohřevu (GWP).....	24
2.6 GHG Protocol	26
2.7 Offsety	27

2.7.1	Druhy offsetu	27
3	Vytvoření obecných modelů.....	29
3.1	Doba setrvání plynu v atmosféře	29
3.2	Obecné modely	32
3.2.1	Model pro Oxid uhličitý (CO ₂)	32
3.2.2	Model pro Metan (CH ₄)	34
3.2.3	Model pro Oxid dusný (N ₂ O).....	36
3.2.4	Model pro Hydroflourcarbony (HFCs).....	37
3.2.5	Model pro Trifluorid dusíku (NF ₃)	37
3.3	Propojení modelu s offsety	38
3.3.1	Model pro Oxid uhličitý (CO ₂) s offsetem.....	39
3.3.2	Model pro Metan (CH ₄) s offsetem.....	41
3.3.3	Model pro Oxid dusný (N ₂ O) s offsetem	43
3.3.4	Model pro Hydroflourcarbony (HFCs) s offsetem	44
3.3.5	Model pro Trifluorid dusíku (NF ₃) s offsetem.....	46
4	Formulace doporučení pro podniky.....	47
	ZÁVĚR.....	49
	Použitá Literatura	51

SEZNAM ILUSTRACÍ

Obrázek 1. Pokles koncentrace CO ₂	33
Obrázek 2. Pokles koncentrace CH ₄	35
Obrázek 3. Pokles koncentrace N ₂	36
Obrázek 4. Pokles koncentrace HFCs	37
Obrázek 5. Pokles koncentrace NF ₃	38
Obrázek 6. Pokles koncentrace CO ₂	39
Obrázek 7. Pokles koncentrace CH ₄	42
Obrázek 8. Pokles koncentrace N ₂ O	44
Obrázek 9. Pokles koncentrace HFCs	45
Obrázek 10. Pokles koncentrace NF ₃	46

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: GWP skleníkových plynů	25
Tabulka 1: Základní informace	30

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

CO ₂	Oxid uhličitý
CSR	Společenská odpovědnost podniku
EMAS	Systém eko-managmentu a auditů uplatňovaný v EU
GHG	Greenhouse gas protocol
CH ₄	Metán
N ₂ O	Oxid dusný
CF	Carbon Footprinting
EGD	Evropská zelená dohoda
CCP	Firemní uhlíková výkonnost
GT	Gigatuna
HFCs	Hydrofluoruhlovodíky
PFCs	Perfluoruhlovodíky
SF ₆	Sírový hexafluorid
NF ₃	Dusík trifluorid
PPM	Miliontina celku
PPB	Miliardtina celku

ÚVOD

Otázky životního prostředí jsou v dnešní době stále důležitější. Změna klimatu, znečištění ovzduší, vyčerpávání přírodních zdrojů a degradace ekosystémů jsou problémy, které vyžadují okamžitá a účinná řešení. Zásadní roli v tom hrají podniky, jejichž činnost má často významný dopad na životní prostředí. Proto se podniky stále více snaží zavádět různé environmentální strategie a opatření, aby snížily svou ekologickou stopu a přispěly k udržitelnému rozvoji. Problémy stopy se týkají všech výše uvedených témat. Snižování uhlíkové stopy podnikových procesů a jejich dopadu na životní prostředí je aktuálním tématem, kterému se v posledních letech věnuje stále větší pozornost

Bakalářská práce se zabývá problematikou uhlíkové stopy jako indikátoru environmentálních opatření v podniku. Uhlíková stopa se může stát potencionálně zavádějící indikátor při určování environmentálních opatření a politiky podniku. Text práce se zaměří na vhodnost využití indikátoru uhlíkové stopy při rozhodování o environmentálních opatření v rámci podniku.

V první části bakalářské práce bude zaměřeno na hodnocení způsobu, jak je indikátor v podniku využíván. Budou popsány základní pojmy jako udržitelnost a environmentální odpovědnost za pomoci odborné literatury. Uhlíková stopa bude vysvětlena, bude definováno, z čeho se skládá a jak ovlivňuje podnik.

V druhé části bakalářské práce bude zaměřeno na analýzu konstrukce indikátoru a jeho vypovídající schopnosti.

Ve třetí části bakalářské práce budou identifikovány problémové oblasti na příkladech a bude vyhotoveno doporučení ohledně rizik z chybné interpretace významu daného indikátoru ve firemní praxi.

Cílem práce je zhodnocení vhodnosti indikátoru uhlíková stopa při rozhodování o environmentálních opatření v rámci podniku. Práce na modelovém příkladě nám ukáže praktické výhody a problémy využití tohoto faktoru. V rámci závěru vyslovíme doporučení ohledně rizik vyplývajících z chybné interpretace významu tohoto indikátoru ve firemní praxi.

1 Udržitelnost a environmentální odpovědnost v podniku

Různé druhy problémů ve společnosti musí být řešeny managementem. Stále větší pokrok umožňuje, aby byl chod podniku podrobněji a efektivněji sledován. Technologický pokrok nelze zastavit a stroje, které fungovaly před několika lety, jsou již zastaralé a nepoužitelné. Přirozenou potřebou podniku je řešit ekologické problémy a hledat různé příčiny a způsoby, jak jsou postupně odstraňovány (Zuzák, Roman a Königová, Martina, 2009).

Před několika desetiletími bylo běžné, že se společnosti specializovaly pouze na ekonomickou stránku a finanční generování zisku. Již více než 30 let se management snaží dokázat, že v podnikatelské činnosti jde i o jiné zájmy, a nejen o dosahování výsledků. Do popředí se dostávají ekologické a sociální faktory. Cílem podniků se stal dlouhodobě udržitelný rozvoj. Je možné sledovat snahu firem zviditelnit se transparentním podnikáním a zároveň odpovědným přístupem k ochraně životního prostředí. Společnosti mají pro tento přístup řadu důvodů, například možnost zviditelnit se, vytvořit si konkurenční výhodu nebo dodržovat normy. Ať už jsou důvody takového přístupu firem jakékoliv, je pozitivní, že odpovědnost podniků k životnímu prostředí již není brána jako pojem, ale je vnímána jako praxe, která spočívá v realizaci činností a postupů, jež přispívají k ochraně životního prostředí (Veber, 2023).

1.1 Definice udržitelnosti v podnikání

Povědomí o podávání zpráv o udržitelnosti podniků se od roku 2012 dostalo do popředí zájmu. Při jeho uplatňování je důležité, aby nebyly ohroženy zájmy zúčastněných stran. Panuje stále větší shoda na tom, že integrace udržitelnosti by měla být v souladu se zákonem o ochraně životního prostředí. Důslednost se stala odrazem manažerů ve společnosti v rozhodovacích procesech ve firmě, zároveň však existuje morální závazek brát ohled na budoucí generace, mezi nimiž je jedním z cílů ochrana životního prostředí (Oh, 2022) Podle správy "Our common future" vytvořenou Brundtlandovou komisí v roce 1987, je: *"Udržitelný rozvoj je takový rozvoj, který uspokojuje potřeby současné generace, aniž by ohrožoval schopnost budoucích generací uspokojit jejich vlastní potřeby"* (Brundtland, 1987).

1.2 Význam environmentální odpovědnosti pro podniky

Důležitost environmentální gramotnosti v oblasti podnikání, státní správy nebo životního prostředí je nezanedbatelná. Podniky mnoho let provozovaly svoji činnost bez ohledu na životní prostředí. Způsobovaly tak hromadění odpadu, znečišťování vody a ovzduší, ale i mnoho dalších škodlivých vlivů. Množství podniků začínalo vnímat nutnost zaměřením se na environmentální odpovědnost také s proměnou smýšlení společnosti jako takové, kdy jednotlivci, skupiny osob, ale i státy začaly sledovat aktivity a činnosti, které podnik v tomto směru realizuje. Environmentální odpovědnost může pomoci vybudovat jméno a odpovědnou značku v očích zaměstnanců, dodavatelů, spotřebitelů, investorů, či celkově lidské společnosti, což může poskytnout značnou konkurenční výhodu. U spotřebitelů lze zmínit, že zatímco dříve spotřebitel neměl mnoho možností, pokud potřeboval něco koupit, dnes má na výběr. Nemusí tak kupovat oblečení velkých výrobců, kteří vyrábí strojově a jejich uhlíková stopa je výrazně vyšší než stopa sousedky, která šije individuální kousky přímo na míru a podle přání. Spotřebitel (a stejně tak investor, zaměstnanec apod.) se dnes může rozhodovat, a tato svoboda mu umožňuje také zohledňovat vlastní přesvědčení, názory a postoje. To, co se dnes zdá jako samozřejmostí však neplatilo vždy, a i tato změna smýšlení musí být zohledňována firmami, pokud chtějí zajistit svoji konkurenceschopnost a životaschopnost (Tetřevová, 2017).

1.2.1 Enviromentální odpovědnost podniku (CSR)

V dnešní době se často řeší, jak se korporace chová ke svým zaměstnancům a k prostředí kolem sebe. Nejširší definice společenské odpovědnosti firem se zabývá tím, co je nebo co by mělo být společensky odpovědné. Lokálněji se zabývá vztahem mezi korporacemi a místní společností v který se firma nachází anebo v ní působí. Paralelně probíhá debata mezi etickými otázkami kontrolování korporaci (Tore, 2020).

Při odpovědném chování podniku se myšlenka oportunistického chování, ve kterém podnik myslí jenom na zisk, nepovažuje za primární. V potaz se berou i okolní aspekty. CSR se skládá ze třech pilířů, mezi kterými se zajišťuje rovnováha (BusinessInfo, 2008).

- Sociální – podle které se chování firmy specifikuje na zaměstnance a podporu vztahu v místní komunitě. Zlepšuje pracovní prostředí zaměstnanců a podporuje v soukromém životě.

- Ekonomický – kdy se společnost snaží o otevřený a jasné podnikání spolu s pozitivním přístupem k budování vztahů se investoři, dodavateli a zákazníky. Monitorují dopady svého chování ke globální a lokální ekonomice a nepodporují korupci.
- Enviromentální – v rámci této složky podnik monitoruje své dopady na životní prostředí a snaží se vykonávat svou činnost co nejefektivněji a s co nejmenším poškozením přírodních zdrojů.

Firma si musí uvědomit, že zodpovídá nejen za vnitřní, ale i vnější prostředí, které rovněž ovlivňuje. Může se jednat o vzhled krajiny, hluchost v okolitém prostředí, využívání zdrojů, množství emisí nebo dopravní zátěž. Snaha firmy snižovat nepříznivé ekologické dopady by měla být v souladu s politikou v dané oblasti.

Enviromentální oblast CSR se zaměřuje především na následující typy činností:

- omezování negativních dopadů na životní prostředí,
- správná ekologická politika firmy, minimalizace odpadů při výrobě,
- shoda s národními a mezinárodními normami (ISO 14001, EMAS),
- zavádění a investování do ekologičtějších technologií,
- měření dopadu na životní prostředí,
- hodnocení enviromentálního dopadu,
- správné hospodaření s odpadem (recyklace, třídění odpadu, užití recyklovaných materiálů),
- chování se podle bezpečnostních zásad (Kunz, 2012).

Je považováno za nezbytné, aby si společnosti byly vědomy své odpovědnosti co nejvíce minimalizovat svou ekologickou stopu a dlouhodobě udržovat životní prostředí. Je zahrnuto několik opatření: správné hospodaření s energií, recyklace a šetrné nakládání s odpady, nenarušování ekosystému a řádné hospodaření s přírodními zdroji (Kunz, 2013). Na základě provedeného výzkumu se stav podniků v České republice vyznačuje nižším povědomím o rozsahu oblastí CSR, nesystematickým přístupem k tomuto konceptu a zaváděním ohledů na životní prostředí z důvodu marketingu. Je nutné, aby vláda začala začleňovat zásady do vládní politiky s možností spolupráce s podniky v oblasti environmentální odpovědnosti (Pavlík, 2010).

1.3 Greenddeal

Greenddeal (zelená dohoda) je iniciativa, jejímž cílem je dosažení klimatické neutrality do roku 2050. Po zastavení provozu během covidu pokleslo snížení emisí uhlíku na celém světě přibližně o 7 procent. Jednalo se pouze o dočasné číslo, protože ekonomiky se časem zotavily. Je to však zajímavý ukazatel, který nám ukazuje, že je třeba provést systémové a dlouhodobé změny. EGH předkládá plán na přetvoření ekonomiky tak, aby byl zachován globální růst s ohledem na efektivní využívání zdrojů a s ohledem na životní prostředí. Evropská zelená dohoda se týká téměř všech odvětví ekonomiky, od hospodářství až po energetiku. Její pozadí a cíle byly představeny 11.12.2019 předsedkyní komise Ursulou von der Leyenovou. Skládá se z iniciativ, strategií a právních předpisů, které mají pomoci společnosti transformovat ekonomiku.

1.3.1 Složení zelené dohody

První kapitola seznamuje se složením EGH a různými druhy aspektů, které jej provázejí. Druhá kapitola je zaměřena především technickými aspekty provádění dohody. Pojednává se v ní o financování a mechanismu spravedlivého přechodu tak, aby žádná ze zúčastněných stran nebyla vynechána. Třetí kapitola poskytuje přehled osmi klíčových bodů, které zahrnují cíle komise:

- zvyšování klimatických ambicí EU pro období 2030 až 2050,
- poskytování čisté, cenově dostupné a bezpečné energie,
- mobilizace průmyslu pro čisté a oběhové hospodářství,
- výstavba a renovace energeticky a zdrojově účinným způsobem,
- ambice nulového znečištění pro prostředí bez toxických látek,
- zachování a obnova ekosystémů a biologické rozmanitosti,
- od farmy k vidličce: spravedlivý, zdravý a ekologický potravinový systém,
- urychlení přechodu na udržitelnou a inteligentní mobilitu.

Poslední čtvrtá kapitola je shrnutím, ve kterém je popsáno, že Greenddeal není pouze určitou strategií, která nabízí řešení ekologické a klimatické krize, ale také souborem cílů a úkolů, které budou realizovány v nadcházejících desetiletích. Úspěšnost celkové EGD bude záviset na vypracování a pozdějším provádění nesčetných strategií a předpisů obsažených v osmi hlavních

bodech. V některých oblastech, jako je udržitelná mobilita, udržitelné potraviny a zemědělství, resp. biologická rozmanitost, již byly strategie zveřejněny a evropské instituce na nich pracují. V rámci EGD se Evropskou unií doporučuje podniku snižovat uhlíkovou stopu za pomoci využívání lokálních zdrojů (Fetting, 2020).

2 Uhlíková stopa ve firmách

Uhlíková stopa souvisí se změnou klimatu a je jedním z hlavních témat politické a podnikové agendy. Je to jeden z nejpoužívanějších environmentálních ukazatelů. Výpočty uhlíkové stopy jsou stále žádanější. Vědci mají k dispozici nespočet způsobů, jak získat údaje, od lehkých výpočtů přes různé online programy až po složité techniky založené na vstupech a výstupech. Neexistuje žádná všeobecně přijatelná akademická definice, přestože v oblasti ekologické ekonomie a energetiky probíhá rozsáhlý výzkum (Muthu, 2021). Pokud mají být získány jasné výsledky se zaměřením na životní prostředí, je jedním z nejlepších ukazatelů uhlíková stopa. Uhlíková stopa je řazena mezi inkluzivní faktory, protože poskytuje údaje o důležitých skleníkových plynech, jako je oxid uhličitý, metan, oxid dusný a fluoridy (Vrabcová, 2021).

2.1 Rozdělení uhlíkové stopy

Pokud jde o rozdělení uhlíkové stopy, může být hovořeno o přímém a nepřímém rozdělení. Emise Scope 1 jsou přímé emise ze zdrojů vlastněných a kontrolovaných společností. Jinými slovy, emise jsou vypouštěny do ovzduší jako přímý důsledek souboru činností na úrovni firmy. Rozdělují se do čtyř kategorií: stacionární spalování (např. paliva, zdroje vytápění). Do Scope 1 musí být zahrnuta všechna paliva, která produkují emise skleníkových plynů. Dále pak mobilní spalování, což jsou všechna vozidla ve vlastnictví nebo pod kontrolou firmy, která spalují paliva (např. osobní automobily, dodávky, nákladní automobily). Rostoucí využívání „elektrických“ vozidel (EV) znamená, že některé z vozových parků organizací by mohly spadat do Scope 2 emisí. Fugitivní emise jsou úniky skleníkových plynů (např. z chladicích a klimatizačních zařízení). Je důležité si uvědomit, že chladicí plyny jsou tisíckrát nebezpečnější než emise CO₂. Podniky jsou vyzývány, aby tyto emise vykazovaly. Procesní emise jsou emise uvolňované během průmyslových procesů a při výrobě na místě (např. produkce CO₂ při výrobě cementu, tovární výpary, chemikálie) (Pertsova, 2007).

Emise Scope 2 jsou klasifikovány jako nepřímé emise, které vznikají při výrobě nakoupené energie. Často pocházejí od poskytovatelů veřejných služeb. Zjednodušeně je jednáno o emise, které jsou výsledkem uvolňování skleníkových plynů ze spotřeby elektřiny, chladu, tepla. Pro lepší pochopení se spotřebovaná energie dělí na dva okruhy. Scope 2 je zahrnutá elektřina spotřebovaná koncovým uživatelem. Do Scope 3 je zahrnuta energie spotřebovaná při přenosu a distribuci do společností.

Emise, které jsou zahrnuty do Scope 3, jsou všechny nepřímé emise nezahrnuté do Scope 2. Jsou vytvářeny z provozu společnosti. Protokol o skleníkových plynech uvádí, že je rozděleno do 15 kategorií. Mnoho společností má jako nejvýznamnější vykazování služebních cest, např. letecká doprava, železniční doprava, lehká doprava, autobusy taxislužby a služební vozidla). U zaměstnanců jsou to emise z cest do zaměstnání a zpět. Jedním z doporučení pro snížení tohoto faktoru je využívání home office a veřejné dopravy. Zboží a služby zakoupené společností zahrnují emise vzniklé při výrobě daného zboží a služeb, které jsou zakoupeny v příslušném roce. Tyto emise se rozlišují na nákupy související s výrobou (např. součástky, komponenty, materiál) a výrobky, které nesouvisejí s výrobou podniku, ale jsou určeny pro běžnou spotřebu (např. kancelářské potřeby, nábytek, elektronické vybavení). Při přepravě výrobků nebo služeb mezi dodavateli a příjemci. Sem patří emise z námořní, letecké a pozemní dopravy a skladování. Tyto emise jsou rozlišeny na nákupy související s výrobou (např. součástky, komponenty, materiál) a výrobky, které nesouvisejí s výrobou podniku, ale jsou určeny pro běžnou spotřebu (např. kancelářské potřeby, nábytek, elektronické vybavení). Při přepravě výrobků nebo služeb mezi dodavateli a příjemci jsou zahrnuty emise z námořní, letecké a pozemní dopravy a skladování. Zvláštní výjimka pro paliva a energii spočívá v tom, že emise související s výrobou paliv nebo energie nejsou zahrnuty do Scope 1 ani do Scope 2. Mezi další kategorií jsou kapitálové statky, které jsou využívány při výrobě. Tyto statky jsou využívány pro skladování, výrobu, poskytování služeb nebo logistiku, jako jsou budovy, vozidla a stroje. U společností probíhá problém z ohledu časového započtení emisí. Z pohledu účtování GHG se nemají odepisovat, diskontovat ani amortizovat v čase. Měly by být započítány celkové emise za celou dobu existence. Franšizy jsou podniky, které fungují na základě prodeje licence na určitou službu nebo produkt. Provozovatelé si platí poplatek za

provozování. Při vykazování emisí platí teoretická volnost, protože podniku mohou volitelně vykazovat emise ve Scope 3 spojené s provozem podniku (Bernoville, 2022).

V průměru se více než 75 % uhlíkové stopy průmyslového sektoru připisuje zdrojům Scope 3, lepší znalost stop Scope 3 může organizaci pomoci realizovat projekty na snížení emisí nejen v rámci jejich vlastních závodů, ale také v rámci jejího dodavatelského řetězce (Bernoville, 2022).

2.1.1 Firemní uhlíková výkonnost

CCP se stalo důležitým tématem v politické, finanční a hospodářské oblasti. Usiluje se o dosažení konzistence a srovnatelnosti údajů. Daný ukazatel je úzce spojen s interními procesy ve společnosti. Konzistence ve vykazování emisí se dodržuje především u přímých emisí, ale údaje o nepřímých emisích jsou nekonzistentní, zejména v Scope 3 (Busch, 2020).

2.1.2 Typy emisí a skleníkových plynů

Emise jako pojem označuje vylučování látek do ovzduší, přičemž tyto látky jej znečišťují a ovlivňují tak přirozené klima. S ohledem na to, že emise skleníkových plynů představují bezesporu hlavní hnací sílu změny klimatu, je potřeba si krátce přiblížit nejen typy emisí, ale také jednotlivé skleníkové plyny. V základu jsou rozlišovány dva typy emisí skleníkových plynů.

Prvním z nich je emise založená na přirozených zdrojích. Pokud bude například uvažována emise oxidu uhličitého, jde primárně o dýchání aerobních organismů, vedle toho ale také o požáry nebo vulkanickou činnost. Všechno zmíněné pak zvyšuje koncentraci oxidu uhličitého v atmosféře. Oproti tomu má příroda ale také množství protichůdných automatických procesů, během kterých je naopak zajišťován přirozený úbytek oxidu uhličitého, a jako příklad může být zmíněna fotosyntéza zelených rostlin nebo absorpce oceány (IRZ, 2021). Takovýto globální cyklus uhlíku může být označen za jeden z nejmohutnějších látkových cyklů planety, a ve své podstatě by tyto jevy působily protichůdně natolik, že by byl nastolen vyvážený stav. (Moldan, 2018).

Druhým (tím problémovým) typem emisí skleníkových plynů, je antropogenní emise, která je spojena s činností člověka. Ostatně, právě antropogenní emise skleníkových plynů jsou hlavní příčinou probíhající klimatické změny, především pak emise oxidu uhličitého (Koukolík,

2010). Jak je uvedeno v odborné literatuře, výše zmíněný globální cyklus uhlíku je činností člověka výrazně ovlivňován, zejména pak spalováním fosilních paliv. „*Při hoření uhlí, ropných produktů nebo zemního plynu se přítomný uhlík oxiduje a oxid uhličitý uniká do ovzduší stejně jako při dýchání. V menší míře je oxid uhličitý produkován také při výrobě cementu, při které se z uhličitanu vápenatého tvoří oxid nebo hydroxid vápenatý a rovněž se uvolňuje oxid uhličitý*“ (Moldan, 2015, s. 301). Koncentrace CO₂ v ovzduší stoupla v porovnání s předindustriální dobou o 40 % (Moldan, 2018). Koukolík (2010) pak dodává, že Mezivládní panel pro klimatické změny (Intergovernmental Panel on Climatic Change) přepokládá, že během tohoto století dojde k vzestupu teploty o 1,8-4 °C, a v důsledku oteplování bude docházet ke kolísání klimatu i ke vzestupům hladin světových moří. Ohroženy tak budou stovky milionu lidí v pobřežních oblastech, a některé ostrovní státy mohou zaniknou.

Pokud jde o skleníkové plynů, jsou to plyny obsažené ve vzduchu. Tepelné záření vycházející ze zemského povrchu se jimi zadržuje, přičemž není propouštěno dále do vesmíru, ale naopak je následně vyzařováno zpět k zemi. Tímto působením se teplota při zemi zvyšuje, a lze konstatovat, že jen díky tomuto přirozenému skleníkovému efektu je o přibližně 33 °C vyšší, než by byla bez zmíněných skleníkových plynů. Což samo o sobě poukazuje na jejich význam. Na druhou stranu je nutno také zmínit, že bez skleníkového efektu by nebyl možný život na zemi. Existuje celá řada skleníkových plynů, jde například o vodní páru, oxid uhličitý, oxid dusný, metan, ale i další přirozené atmosférické složky (Mezřický a kol., 2011). Pro potřeby předkládané práce není nutné se zabývat komplexně všemi, ale je vhodné si zmínit přibližit alespoň čtyři jmenované.

2.2 Indikátory enviromentálních opatření

Environmentální indikátory jsou využívány jako důležité prostředky nebo nástroje pro hodnocení stavu životního prostředí a rozvojových procesů za účelem dosažení účinnosti stanovených cílů v oblasti životního prostředí a udržitelného rozvoje. Může jimi být významně napomáháno při plánování, stanovování politických cílů a sledování jejich dosahování, jakož i při navrhování následných opatření a nástrojů zaměřených na dosažení těchto cílů v různých koncepčních a strategických dokumentech. Jsou také zdrojem informací pro veřejnost o různých oblastech a souvisejících aspektech životního prostředí (Environmentálne aspekty

analýzy a hodnotenia krajiny: Identifikácia a stanovenie indikátorov(a indexov) na báze prieskumov a údajov DPZ, 2008).

2.2.1 Vodní pára

Vodní pára je řazena k nejčastějším skleníkovým plynům a přispívá k přirozenému skleníkovému efektu, který je nezbytný pro život. Obsah vodní páry v emisích je léty snižován, ale stále hraje důležitou roli při spolupráci s katedrou energetického měření atmosférického záření. Tento vztah je prospěšný pro vývoj a parametrizaci a předpověď vlastností atmosféry. Podniky jsou učeny pracovat s vodní párou kvůli snižování energetických výdajů a snižování zátěže životního prostředí. Vodní pára je využívána jako zdroj energie k pohánění turbín a je snižováno spotřebované množství. V rámci procesů je využívána recyklace a opětovné využití pro snížení produkce vodní páry. Dalším způsobem, jak snížit produkci emisí je zavádění nejnovějších a nejšetrnějších technologií při produkčním procesu (Ferrare, 2006).

2.2.2 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je považován za jeden z vůbec nejvýznamnějších skleníkových plynů, přičemž důvodem není ani tak jeho silný skleníkový efekt (existují i plyny se silnějším skleníkovým účinkem), ale oxid uhličitý se jednak v atmosféře vyskytuje nejvíce, a současně se používá jako přepočítávací jednotka (König a kol., 2009). Obsah oxidu uhličitého v ovzduší je výsledkem rovnováhy dvou velkých přírodních procesů v živé přírodě: rostlinné fotosyntézy a dýchání živočichů i rostlin. V období posledních přibližně 200 let se však k silám přírodním přidávají také faktory antropogenní, z nichž ve vztahu ke klimatu má největší význam posilování skleníkového efektu emisemi oxidu uhličitého (Mezřický a kol., 2011, s. 43).

2.2.3 Oxid dusný

Oxid dusný, také nazývaný rajský plyn je často používán v medicíně. Vzniká při reakcích v chemických závodech, spalováním nebo z používání hnojiv na bázi dusíku. Svojí schopností absorbovat infračervené záření je řazen mezi nejbezpečnější GHG. Z pohledu emisí je zanedbatelný, ale z jeho vlivu na ohřev je několikanásobně nebezpečnější než oxid uhličitý (CO₂) (Hůnová, 2004). Vlády se zavázaly pomocí finančních a technologických pobídek pomáhat malým a středním podnikům, kteří podnikají snižovat hodnotu oxidu dusného. U podniků, které nějakým způsobem používají nebo vylučují (NO₂), je prováděna částečná bilance dusíku mezi vstupy a výstupy. Kromě toho jsou v podnicích používány environmentální

modely, kterými jsou prováděny změny v průměrné bilanci dusíku, například procesy. Kvantifikování změn v emisích (NO₂) je náročné, protože rychlost změn procesů, které se řídí environmentálním faktorem se dramaticky mění. Při správném určení hodnot je třeba počítat se variabilitou (Eagle, 2020).

2.2.4 Methan

Metan (CH₄) je řazen mezi skleníkové plyny, které potenciálně přispívají ke vzniku globálního oteplování. Jeho výskyt v atmosféře je nižší než u CO₂, ale jeho schopnost zadržování tepla je vícenásobně vyšší. Jeho využití je široké, jelikož je součástí zemního plynu, využívá se i jako palivo a v chemickém průmyslu při výrobě mnoha látek. Vznik emisí (CH₄) je rozdělován na antropogenní a přírodní. Lidskou činností je metan produkován v průmyslu, energetice, zemědělství a odpadovém hospodářství. U přírodních zdrojů je metan produkován zejména z mokřadních ekosystémů a trávicí činnosti bezobratlovců. (Šimek, 2019). Při využívání metanu jako indikátoru environmentálních opatření může být metan měřen přímo a nepřímo. Pro přímé měření se používají technologie jako jsou infračervené plynové katalyzátory, plynové chromatografy a senzorové sítě. Aby byla data přesná a s co nejmenší odchylkou v měření, tak se měření aplikují v různých částech podniku. Nejčastěji se získávají hodnoty ze skládek, čističek odpadních vod, zemědělských zařízení a energetických provozů.

U nepřímého měření se na základě produkce nebo spotřeby surovin vypočítávají různé odhady emisí metanu za pomoci specifických faktorů. Dalším způsobem měření hodnot emisí metanu je monitoring a reporting. Při monitoringu se využívají hodnoty z pravidelných měření metanu, které nám umožňuje sledovat trend a hodnotit účinnost zavedených opatření.

U reportingu probíhá transparentní hlášení výsledků. Reporting je důležitý jak u interních, tak i externích stran, včetně regulačních orgánů. Všechny výsledky by měly být dostupné veřejnosti (Glazener, 2021).

2.2.5 Hydroflourcarbony

Hydroflourcarbony patří mezi syntetické plyny používané v chladicích a klimatizačních zařízeních. Doba setrvání v atmosféře je přibližně 29 let. Cílem jejich vývoje bylo nahradit látky poškozující ozonovou vrstvu, ale ukázalo se, že mají vysoký GWP. Jejich potenciál globálního oteplování se pohybuje v rozmezí sto až tisícinásobku potenciálu CO₂ (záleží na

sloučenině). Kvůli svému vysokému dopadu jsou považovány za super znečišťující látky. Z legislativního hlediska bylo přijato EU opatření k nahrazení HFC přírodními chladivými, která mají téměř nulový vliv na globální oteplování (McMillan, 2023).

2.2.6 Trifluorid dusíku

Jedná se o nehořlavý a toxický plyn, který má širokou škálu průmyslových aplikací. Z hlediska životního prostředí představuje výzvu kvůli svému vysokému potenciálu zahřívání. Poptávka po výrobcích obsahujících NF₃ neustále roste, což vede k jeho zvýšené výrobě. Mezi ekonomické výhody patří: nízké náklady a vysoká účinnost ve srovnání s konkurenčními a ekologicky čistšími plyny. Ekonomické výhody jsou zastíněny jeho důsledky pro životní prostředí. Patří mezi silné skleníkové plyny s potenciálem globálního oteplování 16 000krát vyšším než CO₂ (Arnold, a iní, 2012).

2.3 Uhlíková stopa a její použití pro podnikové rozhodování

Spotřebitelé jsou stále více environmentálně a sociálně uvědomělí a častěji se zaměřují na typy produktů, které jsou kupovány. Jeden z faktorů, který přispěl k uvědomění si environmentální zodpovědnosti, byla i pandemická situace po celém světě. Existují empirické důkazy, že spotřebitelé jsou ochotni dobrovolně platit za produkty, které snižují uhlíkovou stopu, proto je důležité aplikovat do podnikové praxe implementaci uhlíkové stopy. Od roku 2001 se stalo trendem u spotřebních produktů označování uhlíkové stopy pro spotřebitele. Spotřebiteli je silně upřednostňováno interní snižování emisí uhlíku před různými druhy kompenzací. U firem je používán koncept hraničních nákladů na hodnocení snižování uhlíkové stopy z hlediska výše měny ekvivalentně na tunu oxidu uhličitého. Některé podniky však nedokážou snížit emise pod určitou úroveň z hlediska hraničních nákladů. Z hlediska zeleného chování se firmy rozhodují, zda bude zdůrazňováno, co by měly ostatní dělat, nebo jak to ostatní dělají (Roemer, a iní, 2023).

2.3.1 Implementace uhlíkové stopy v podnicích

Pro implementaci uhlíkové stopy v podniku jsou používány určité postupy, které umožňují postupné zavádění opatření, aby byla snižována uhlíková stopa. Postupy se v detailech liší, protože každý podnik má specifika, na které je třeba brát ohled. V důsledku změn ve světě jsou zaváděny různé druhy vylepšení, aby bylo možné konkurovat trhu. Snaží se pochopit, že

je třeba snižovat svoji uhlíkovou stopu a zlepšovat enviromentální přístup, ale prvořadým cílem zůstává udržovat chod podniku po všech stránkách. Je známo, že každý výrobní proces emituje uhlík a jeho množství závisí na vstupní a výstupní kapacitě strojů (Gunawardana, 2015).

Prvním krokem je realistické nastavení cílů, které mohou být realizovány a jak velké množství může být sníženo vzhledem ke zdrojům. Po stanovení cílů je určena část, ve které mají být nastavené cíle uskutečněny, a provádí se podrobná analýza emisí. Následně se začínají zavádět ve vybraných činnostech potřebné změny. Aplikují se změny na redukci emisí, upravují se firemní procesy, investuje se do lepších technologií a zvyšuje se povědomí zaměstnanců. K jedné z koncových fází patří monitoring a kontrolování výsledků po kterých nasbíraná data srovnáme a zjistí se, zda se podařilo dosáhnout předem daných cílů. Poslední fází je různé doplnění, zlepšování nebo případně korekce zavedených procesů nebo technologií (Třebický, 2016).

V souvislosti s podnikovou spotřebou byly zvýšeny také požadavky na emise a skleníkové plyny. Byly zaznamenány velké rozdíly ve výrobě a saturaci v různých klimatických pásmech, což má přímý dopad na produktivitu a enviromentální externality. Vzhledem k těmto souvislostem je nutné seřadit možná opatření ke zlepšení s ohledem na cestu celkového produktu od počátku výroby v podniku až po konečné místo určení. K aplikaci metody vícekritériálního rozhodování byla použita metoda matice SWOT (silné stránky, slabé stránky, příležitosti a hrozby), která kvantifikuje a seřaduje možné opatření od nejvýhodnějšího po nejméně výhodné pro každou možnou alternativu. Jako alternativy byly použity hodnocení výroby, v průmyslové fázi moderní způsob dopravy, využívání obnovitelných zdrojů energie a mnoho dalších. Je však třeba hledat i opatření na nejzákladnější úrovni, jako jsou technické aspekty, školení, rekvalifikace, finanční aspekty a poradenství. Při zavádění opatření bereme v úvahu rovnováhu s ostatními aspekty (Florindo, 2018).

2.4 Výpočet uhlíkové stopy

Metodologie výpočtu uhlíkové stopy je neustále vyvíjena a stává se důležitým nástrojem pro práci se skleníkovými plyny. Existují určité shody a neshody při výběru plynů a pořadí emisí, které by měly být zahrnuty do výpočtů. Uhlíková stopa je jako nástroj používaný

k usměrnění příslušných emisí a ověřování, proto je potřebná standardizace na mezinárodní úrovni (Sundaram, 2022).

Při správném postupu je doporučeno být ve shodě s normou ISO 14001, která zahrnuje výpočet CF jako jednoho z faktorů při posouzení environmentálního aspektu zabývajícím se negativním dopadem na životní prostředí. Mezi negativní dopady zahrnujeme vyčerpání přírodních zdrojů, vytváření odpadů, znečišťování půdního fondu, vodních toků a navýšování emisí. (Loyarte, a iní, 2020) Údaje získané z výpočtu CF jsou převážně pro představitele společnosti. Jedná se o široké zastoupení od speciálních pracovníků až po management nebo auditory. Menší skupinou jsou zájemci o danou problematiku. Při výpočtu uhlíkové stopy je také důležité zohlednit různé kvantitativní hodnoty, jako je potenciál globálního ohřevu (Třebický, 2016).

2.5 Potenciál globálního ohřevu (GWP)

Pro kvantitativní srovnání skleníkového efektu rozdílných skleníkových plynů je používán index potenciálu globálního oteplování (GWP). Funguje na principu dvou radiačních sil u dvou odlišných plynů, které vzájemně integrují za určitou časovou jednotku. Tento index odpovídá za poškozování ozonové vrstvy. Problém tohoto ukazatele je v podstatě nekonečné životnosti některých emitovaných částí CO₂. Mezi další komplikace patří nepřímé tepelné účinky skleníkových plynů také ohledně jejich životnosti. Kvůli předchozím problémům se navrhuje alternativní index GWP, který je založen na přímém zohledňování kapitálových investic v energetickém sektoru a je odolnější na výkyvy týkající se atmosférické životnosti a je napojen na životnost týkající se kapitálové investice. Hlavní podstatou je přesunutí pozornosti od plynů s krátkou životností ke plynům s dlouhou životností (Gengxin, 2024).

Tabulka 1 s koeficientem pro přepočítání CO₂ ekvivalentu obsahuje skleníkové plyny a jejich potenciál globálního ohřevu v porovnání s CO₂. Koeficient vyjadřuje, kolikrát více tepla zachytí určitý skleníkový plyn v atmosféře v průběhu 20, 100 a 500 let v porovnání se stejným množstvím CO₂.

Tabulka 1: GWP skleníkových plynů

Skleníkový plyn	Chemický vzorec	GWP (20 let)	GWP (100 let)	GWP (500 let)
Oxid uhličitý	CO ₂	1	1	1
Metan	CH ₄	84	28	7,6
Oxid dusný	N ₂ O	264	298	153
Hydroflourcarbony	HFCs	12 400	12 400	11 200
Trifluorid dusíku	NF ₃	12 800	17 200	20 700

Zdroj: Vlastní zpracování na základě IPCC

Popis skleníkových plynů:

- Oxid uhličitý (CO₂) je referenční plyn s GWP 1 pro všechna časová období, řadí se jako hlavní skleníkový plyn, který přispívá ke globálnímu oteplování,
- Metan (CH₄) má klesající tendenci, což znamená, že metan účinně zadržuje teplo, zejména krátkodobě,
- Oxid dusný (N₂O) má dlouhou životnost v atmosféře a je velmi účinný při zachycování tepla,
- Hydroflourcarbony (HFCs) jsou vysoce nebezpečné a mají vysoké GWP,
- Trifluorid dusíku (NF₃) má dlouhodobě nejvyšší GWP.

Tabulka byla sestavena na základě standardních hodnot potenciálu globálního oteplování (GWP – Global Warming Potential) pro různé skleníkové plyny, které jsou stanoveny Mezinárodním panelem pro změnu klimatu (IPCC). Výpočty použité pro stanovení těchto hodnot jsou založeny na integraci radiačního účinku plynů v atmosféře v průběhu stanoveného časového horizontu (20, 100 a 500 let).

Tyto koeficienty se používají k přepočtu množství různých skleníkových plynů na ekvivalentní množství CO₂, což umožňuje porovnání a konsolidaci údajů o emisích z různých zdrojů. Například pokud je emitována 1 tuna metanu (CH₄), jeho ekvivalent v CO₂ pro 100leté období by byl 28 tun CO₂.

Tyto údaje pomáhají podnikům, vládním agenturám a výzkumníkům přesněji měřit a řídit skleníkové plyny, čímž přispívají k efektivnějším strategiím na zmírňování klimatických změn.

2.6 GHG Protocol

Poskytuje komplexní globální standardizované rámce pro měření a řízení emisí skleníkových plynů z hodnotových řetězců soukromého i veřejného sektoru a různých typů opatření ke snižování emisí. GHG byl spuštěn v roce 1998 a jeho cílem bylo rozšiřovat mezinárodní standardy a nástroje pro vykazování skleníkových plynů spolu s dosažením co nejekologičtějšího hospodářství. Používání tohoto protokolu přináší přesná, úplná, konzistentní, transparentní a srovnatelná data. Při zavádění GHG protokolu ve firmách je třeba dosáhnout 3 požadovaná kritéria:

- postupy účtování musí podle protokolu splňovat účetnictví a vykazování podle Protokolu o skleníkových plynech, principy musí být v souladu s nejnovějšími klimatickými cíli,
- účtování v rámci protokolu o skleníkových plynech by mělo splňovat cíle a opatření v oblasti klimatu v soukromém a veřejném sektoru,
- účetní rámce protokolu o skleníkových plynech u podniků po splnění výše uvedených kritérií by měly být prováděny do uživatelských rámců. Implementace umí být pro podniky náročná, a proto se díky protokolu postupuje při pokynech a dodatečných nástrojů na podporu implementace.

Podnikatelský cíl protokolu o skleníkových plynech zdůrazňuje, že trh s uhlíkem musí hrát roli, pokud se usiluje o snížení emisí. Nestačí, aby bylo pouze snižováno to, co je dnes používáno. Musí být zachyceny a pokusit se odstranit škody, které již v atmosféře vznikly. Zapojení do programů omezování emisí a každoroční omezování uhlíkových kreditů poslouží jako kapitál k financování nezbytných projektů obnovitelných zdrojů, na které musí být přecházeno, a to vše při odstraňování již způsobených škod. Offsety skleníkových plynů mohou být přeměněny na kredity skleníkových plynů, pokud jsou použity ke splnění externě stanoveného cíle (Huckins, 2011).

2.7 Offsety

Při navrhování strategie pro kontrolu emisí skleníkových plynů jsou zřejmé dva problémy. Prvním je, že je třeba omezit náklady na dodržování předpisů a zároveň zachovat integritu životního prostředí. Druhým problémem je možnost začlenit do země, aby měla motivaci usilovat o snižování emisí. Logicky je třeba upozornit na možnosti různých mezinárodních kompenzací a také na možný mechanismus kontroly nákladů (van Kooten, 2017). Offsety jako nástroje nám umožňují předcházet emisím nebo je snižovat. Kompenzují nám emise, které nelze snížit. Offsety se dělí na interní a externí.

Interní kompenzace se týkají kompenzací uvnitř společností a zahrnují efektivní investice do účinnějšího využívání energetických zdrojů nebo zefektivnění podnikových procesů.

Externí kompenzace se používají jako investice do různých typů projektů snižování emisí. Dlouhodobě považujeme kompenzaci uhlíku za výhodné řešení, protože nabízí rozvinutým zemím levný zdroj snižování emisí a rozvojovým zemím zdroj financí pro rozvoj jejich orientace na ochranu klimatu.

V praxi však lze uhlíkové offsety vytvářet mnohem širší škálou činností než jen těmi, které odstraňují CO₂ z atmosféry. Patří mezi ně činnosti, které zmírňují přímé emise. Důvod souvisí s primárním cílem uhlíkových kompenzací, kterým je zmírnění dopadů změny klimatu vyrovnáním nebo neutralizací celkových emisí určité země, jednotlivce, organizace nebo výrobku. Kompenzace uhlíkových emisí jsou již nyní významným faktorem při snaze o snižování emisí CO₂, zejména v odvětví lesnictví a zemědělství (Wara, 2008).

2.7.1 Druhy offsetu

Pro skleníkové plyny a chemické látky, jako je metan (CH₄), oxid uhličitý (CO₂), oxid dusný (N₂O), fluorované uhlovodíky a trifluorid dusíku (NF₃), se ke kontrole používá několik typů kompenzací. Mezi projekty na snižování emisí metanu patří zalesňování a různé technologie pro zachytávání metanu ze skládek. Energetické offsety, které přecházejí na obnovitelný zdroj energií jsou solární a větrné elektrárny. Zlepšení hnojení, použití organických hnojiv, recyklace a spalování odpadu pomáhá snížení emisí oxidu dusného. Vysoký potenciál GWP hydrofluorcarbonů nás nutí hledat alternativy chladiv s nižším potenciálem, než jsou například přírodní chladiva. Z regulačního pohledu je řešení snížení nebo omezení výroby nebo

použití HFCs. Nahrazování triflouridu dusíku různými druhy chemikáliemi v průmyslových procesech a správné legislativní kroky jsou kroky ke snížení uhlíkové stopy (Newell, 2021).

Navzdory závazku k dosažení nulové čisté bilance byly určeny politiky s malým množstvím prostředků pro kompenzaci emisí. Jedním z mála efektivních způsobů je zachytávání a ukládání uhlíku. V rámci tohoto postupu bylo identifikováno několik iniciativ, včetně zachytávání emisí ze spalování fosilních paliv a přímého zachytávání CO₂ ze vzduchu. Většinou se jedná o geologické ukládání uhlíku, kdy se CO₂ stlačuje, dokud se nestane kapalinou, a poté se vstříkuje do porézních horninových útvarů.

U bioenergií je myšlenkou využití zbytkové biomasy ze zemědělství a lesnictví k výrobě energie. Biomasa se může spalovat za účelem výroby elektřiny nebo se přeměnit na kapalnou formu. Kromě dřevěných pelet a těžkého oleje ze dřeva prostřednictvím pyrolýzy do této kategorie patří bionafta a etanol, stejně jako metan vyrobený v biodegradačním zařízení.

Odstraňování oxidu uhličitého by zahrnovalo vytvoření uhlíkových kompenzací, především výsadbou stromů tam, kde dnes žádné nejsou. Mohou být také vytvořeny projekty, které ukládají uhlík do propadů produktů po sklizni, a projekty, které přeměňují ornou půdu na trvalé pastviny za účelem ukládání uhlíku (van Kooten, 2023).

Na rozdíl od uhlíkové daně (za předpokladu, že se taková daň podaří vyjednat a účinně zavést) je obchodování s offsetovými uhlíkovými kredity zatíženo problémy s řízením. To platí zejména pro projekt zalesňování, který je spojen s vysokými transakčními náklady, vysokým stupněm nejistoty (přírodní poruchy), otázkami financování, vysokým potenciálem úniku a dlouhým časovým horizontem (van Kooten, 2017).

Činnosti, jako je obdělávání půdy a přeměna půdy na pastviny nebo lesy, oddělují uhlík v průběhu času (oddělování neprobíhá okamžitě nebo během jednoho či dvou let). S dlouhodobým horizontem se střetává problém, že když realizace offsetu trvá mnoho let, je třeba jej porovnat se snížením emisí. U offsetů odstraňování CO₂ se doba trvání vztahuje k době mezi pohlcením CO₂ a jeho případným uvolněním. U transakčních nákladů se bere v potaz náklady na měření, monitorování, vymáhání a uzavírání smluv. Mezi zajímavé náklady patří zjištění nebo zaplacení informací o postupech a využití půdy. Je třeba dávat pozor, aby nenastal problém s asymetrickými informacemi. Znamená to, že podnik nemá znalosti o problematice.

Míra biologické sekvestrace uhlíku je různorodá a nejistá, což může vést k problémům s měřeními a monitorováním. Do úvahy je třeba brát i klimatické podmínky (vlhkost, teplota), které ovlivňují uvolňování uhlíku.

Jedním ze skrytých problémů offsetů je jejich náchylnost ke korupci. Dokonce i certifikační orgán pro trh s offsety má motivaci přehlížet, co certifikuje, protože budoucí práce je často vázána na minulé výsledky měřené předchozí úspěšností při certifikaci.

Ve většině případů, které se týkají uhlíkových kompenzací, je velkým problémem „hledání pronájmu“. Ekonomické subjekty lobbují u vlád (a médií), aby jim bylo uděleno právo vytvářet a prodávat uhlíkové kompenzační kredity, protože pokud uspějí, mají z toho finanční prospěch. Tito zástupci obvykle lobbují jménem finančních institucí a „certifikátorů“ uhlíkových offsetů; certifikátoři jsou společnosti, které získávají svou legitimitu od nevládních organizací zabývajících se ochranou životního prostředí, jako je Světový fond na ochranu přírody a od vlády. Certifikátoři na oplátku dodávají uhlíkovým offsetovým kreditům jejich legitimitu, ale neexistuje žádná záruka, že certifikátoři mají v tomto úkolu nějaké odborné znalosti – opak je často pravdou, například když certifikátoři, kteří nemají odborné znalosti v oblasti měření lesů, (chybně) vypočítávají kompenzace vytvořené při přeměně orné půdy na les (van Kooten, 2023).

3 Vytvoření obecných modelů

Experimentální část práce bude zaměřena na analýzu doby setrvání různých skleníkových plynů v atmosféře a na vývoj modelu pro předpověď změn uhlíkové stopy v čase. Na začátku budou zaznamenány doby setrvání jednotlivých plynů v atmosféře. Poté bude v programu Excel vytvořen obecný model, jak se budou hodnoty uhlíkové stopy měnit v čase. Hodnoty poklesu koncentrace jednotlivých plynů v atmosféře budou znázorněny ve funkci. Nakonec budou výsledné hodnoty propojeny s offsety a bude vydáno doporučení pro správnou interpretaci významu ukazatele v podnikové praxi.

3.1 Doba setrvání plynu v atmosféře

Doba setrvání plynů v atmosféře je považována za klíčový faktor při posuzování dopadu změny klimatu na udržitelnost životního prostředí. Každému skleníkovému plynu je přisuzována specifická doba zdržení, která určuje, jak dlouho je plyn aktivní v atmosféře (Cawley, 2011).

Správné pochopení doby setrvání skleníkových plynů je považováno za důležité pro správné stanovení politiky společnosti. Považuje se za výhodnější, aby se společnosti zaměřily na skleníkové plyny s kratší dobou života, ale silnější, jako je metan, a zároveň je možné získat různé typy kompenzací za rychlé snížení emisí (Kivimäki, 2019). V tabulce 2 jsou uvedeny skleníkové plyny, dobu jejich setrvání a hlavní zdroje.

Tabulka 2: Základní informace

Skleníkový plyn	Doba setrvání v atmosféře	Hlavní zdroje
Oxid uhličitý (CO ₂)	300-1000 let	Spalování fosilních paliv, odlesňování, průmyslové procesy
Metan (CH ₄)	Přibližně 12 let	Zemědělství, těžba fosilních paliv, skládky
Oxid dusný (N ₂ O)	Přibližně 114 let	Zemědělství (hnojiva), spalování fosilních paliv, průmyslové procesy
HFCs	15-29 let	Chladicí zařízení, pěnové izolace
PFCs	Tisíce let	Elektronika, průmyslové aplikace
SF ₆	3200 let	Elektronické izolace, průmyslové aplikace
NF ₃	500 let	Elektronika, průmyslové aplikace

Zdroj: Vlastní zpracování na základě (EPA, 2024)

Tabulka poskytuje komplexní přehled o různých skleníkových plynech, jejich dobách setrvání v atmosféře a hlavních zdrojích. Tabulkou se informuje o různé době setrvání v atmosféře, jejíž pochopení pomáhá vybírat efektivní offsety. Oxid uhličitý (CO₂) má dlouhou dobu setrvání v atmosféře, která se pohybuje mezi 300 až 1000 lety, což znamená, že jeho

vypuštění přispívá ke globálnímu oteplování po staletí. Hlavní zdroje oxidu uhličitého zahrnují spalování fosilních paliv, jako je uhlí, ropa a zemní plyn, které jsou primárně používány v energetice, dopravě a průmyslové výrobě. Odlesňování čili kácení lesů nebo urbanizace, významně přispívá k emisím CO₂, protože stromy a rostliny přirozeně absorbují CO₂. Průmyslové procesy, jako jsou výroba cementu, oceli a chemikálií, mohou vyprodukovat velké množství CO₂.

Z tabulky se dá vidět, že metan setrvá v atmosféře přibližně 12 let, což je ve srovnání s CO₂ velmi krátká doba, ale jeho dopad je v krátkodobém horizontu silnější. Hlavním zdrojem metanu jsou zemědělské činnosti, zejména chov krav a ovcí, které produkují metan při trávení. Těžba zemního plynu a uhlí přispívá k emisím metanu, které se uvolňují při jejich těžbě a přepravě. Dalším významným zdrojem jsou skládky, kde metan vzniká rozkladem organického materiálu.

Při oxidu dusném je doba setrvání v atmosféře přibližně 114 let. Hlavním zdrojem N₂O v zemědělství je používání syntetických hnojiv. Proces tvorby N₂O je velmi citlivě ovlivňován půdními podmínkami. K emisím je také přispíváno používáním organických hnojiv, jako jsou hnoje a komposty. Oxid dusný je používán jako meziprodukt v chemickém průmyslu při syntéze hnojiv. Spalováním fosilních paliv a odpadů je N₂O produkován jako vedlejší produkt. V automobilovém průmyslu je oxid dusný uvolňován z katalyzátoru při spalování.

Hydrofluoruhlodíky jsou skupina syntetických skleníkových plynů s dobou setrvání v atmosféře 15-29 let. Tyto plyny mají speciální využití v chladicích zařízeních, jako jsou klimatizace a chladničky, a při výrobě pěnových izolací. Perfluoruhlodíky jsou skupina skleníkových plynů s extrémně dlouhou dobou setrvání v atmosféře, která může dosahovat tisíce let. Plyny jsou odolné vůči rozkladu, což znamená, že když se uvolní do atmosféry, jsou schopné tam setrvat velmi dlouhou dobu. Hlavními zdroji jsou průmyslové aplikace, jako je výroba elektroniky. Používají se také v chemických aplikacích, jako je výroba teflonu.

Fluorid sírový je silný skleníkový plyn s dlouhou dobou setrvání v atmosféře přibližně 3200 let. Je používán jako izolační plyn v elektrických zařízeních, jako jsou transformátory a spínače. Díky svým izolačním vlastnostem a dlouhé životnosti je nepostradatelný v průmyslu. Trifluorid

dušný má dobu setrvání v atmosféře přibližně 500 let. Používá se především při výrobě polovodičů a plochých obrazovek.

3.2 Obecné modely

Pro každý skleníkový plyn byl vytvořen model, který ukazuje, jak se jeho koncentrace mění v čase. Zatímco u většiny plynů je předpokládán lineární pokles, u metanu byl použit nelineární pokles, který lépe odpovídá jeho atmosférickým vlastnostem. Poté budou u každého modelu popsány rovnice, které byly použity k výpočtu. Doby setrvání, které se vyskytují v modelových příkladech, byly převzaty z Tabulky č. 1 a v některých případech byly zprůměrovány. Z uvedených grafů je patrné, že když všechny hodnoty budou převedeny do jednoho ukazovatele, daný ukazovatel může, byť problematický při využití v praxi. Data byla převzata z webů (EPA, 2024).

Při posuzování a porovnávání kompenzací pro různé skleníkové plyny je třeba, aby byla zohledněna jejich rozdílná doba setrvání. Kompenzace, které snižují emise metanu, mohou být okamžitě účinné, zatímco kompenzace zaměřené na CO₂ mohou mít dlouhodobější přínos s pomalejším účinkem. Offsety, které se zaměřují na snížení emisí jednoho plynu, nemusí být dostatečně přihlíženy ke kumulativním účinkům všech skleníkových plynů.

3.2.1 Model pro Oxid uhličitý (CO₂)

Pro každý modelový příklad musela být vypočítána poklesová konstanta (1), která udává množství ztrát plynu za jednotku času. U poklesové konstanty bylo zvoleno označení λ .

$$\lambda = \frac{C_0}{\text{Doba setrvání}} \quad (1)$$

kde: λ - poklesová konstanta,

C_0 - počáteční koncentrace.

Počáteční doba koncentrace byla stanovena na 1000 ppm. Doba setrvání je v průměru 400 let. Po dosazení hodnot do vzorců byla vypočítána poklesová konstanta 2,5 ppm/rok. Pro výpočet lineárního poklesu koncentrace byl použit vzorec (2) v kterém je od počáteční doby koncentrace odečtena poklesová konstanta vynásobená množstvím let.

$$C(t) = C_0 - \lambda \times t \quad (2)$$

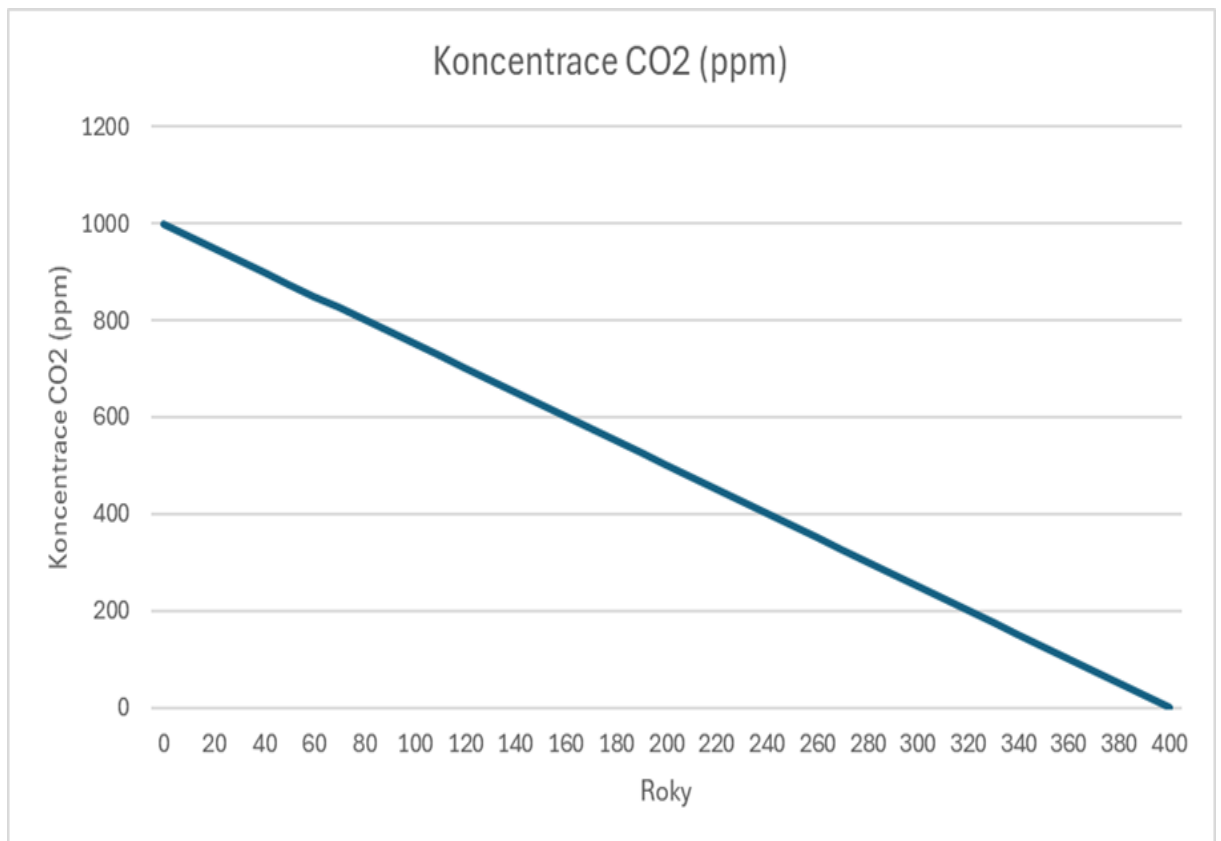
kde: $C(t)$ - koncentrace CO₂ v atmosféře v čase t ,

C_0 - počáteční koncentrace CO₂ v atmosféře (ppm),

λ - poklesová konstanta,

t - čas který uplynul.

Při výpočtu byl použit Microsoft Excel. Z výsledných hodnot byl následně vyhotoven graf, který popisuje lineární pokles CO₂. Kvůli přehlednosti grafu byl interval let zvolen po dvaceti letech. Na vodorovné ose (ose x) jsou uvedeny roky, které postupují od 0 do 400. Na svislé ose (ose y) je znázorněna koncentrace oxidu uhličitého v ppm (parts per million), která se pohybuje od 0 do 1000 ppm. Z grafu je patrný lineární pokles koncentrace CO₂, což ukazuje, že je důležité pracovat na jeho snižování hromadně a dlouhodobě.



Obrázek 1. Pokles koncentrace CO₂

(zdroj: vlastní zpracování)

Různá doba setrvání skleníkových plynů ztěžuje přímé srovnání jejich dlouhodobých účinků. CO₂ s dlouhou dobou zdržení je hromaděn v průběhu staletí, což vede k přetrvávajícím účinkům oteplování. Na rozdíl od toho je u plynů, jako je metan, kratší doba setrvání, a proto

jsou jejich vlivy, přestože jsou silné, přechodnější. Tento rozdíl komplikuje hodnocení účinnosti zmírňujících strategií. Snížení emisí metanu by mohlo projevit rychlejší přínos pro klima, zatímco snížení emisí CO₂ trvá mnohem déle, než se projeví viditelné účinky. Dlouhá doba zdržení CO₂ znamená, že kumulativní účinek emisí v průběhu času je významný. I když jsou sníženy emise, již existující CO₂ nadále ovlivňuje klima. Tento kumulativní dopad vyžaduje dlouhodobé strategie a zdůrazňuje potřebu okamžitých opatření ke snížení emisí CO₂. Zpoždění řešení emisí CO₂ znamená, že přínosy úsilí o snižování se projeví až po mnoha desetiletích. Jsou potřebné klimatické politiky, které často vyvažují krátkodobé a dlouhodobé cíle. Krátkodobé cíle by mohly být zaměřeny na snížení emisí plynů s kratšími časy setrvání, aby byla dosažena rychlejší klimatická výhoda. Přílišné zaměření na krátkodobé zisky však může zanedbat důležitost snížení dlouhodobých znečišťujících látek, jako je CO₂. Tato nerovnováha může podkopat celkovou účinnost úsilí o zmírnění změny klimatu. Jsou používány standardní klimatické ukazatele, jako je potenciál globálního oteplování (GWP), které se pokouší porovnat vlivy různých plynů v určitém časovém rámci (obvykle 100 let). Tyto ukazatele však mohou být zavádějící, protože nemusí plně zachycovat dlouhodobé vlivy plynů s velmi dlouhými časy setrvání, jako je CO₂. To může vést k podceňování důležitosti snižování CO₂ při tvorbě politiky a může nasměrovat investice a zdroje směrem k plynům, které vykazují rychlejší, ale ne nutně udržitelnější výhody.

3.2.2 Model pro Metan (CH₄)

Nejkratší doba setrvání metanu je 12 let. Na rozdíl od ostatních skleníkových plynů není pokles koncentrace metanu lineární, ale vykazuje nelineární chování. Nelineární pokles koncentrace je způsoben tím, že vyčerpání atmosféry závisí na jeho počáteční koncentraci. Při vyšších počátečních koncentracích je pokles rychlejší, zatímco při nižších koncentracích je pokles pomalejší. Pro nelineární výpočet byla použita exponenciální klesající funkce (3). Funkce popisuje závislost poklesu metanu na čase.

$$C(t) = C_0 \times e^{-\lambda t} \quad (3)$$

kde: $C(t)$ - koncentrace CO₂ v atmosféře v čase t ,

C_0 - počáteční koncentrace CO₂ v atmosféře (ppm),

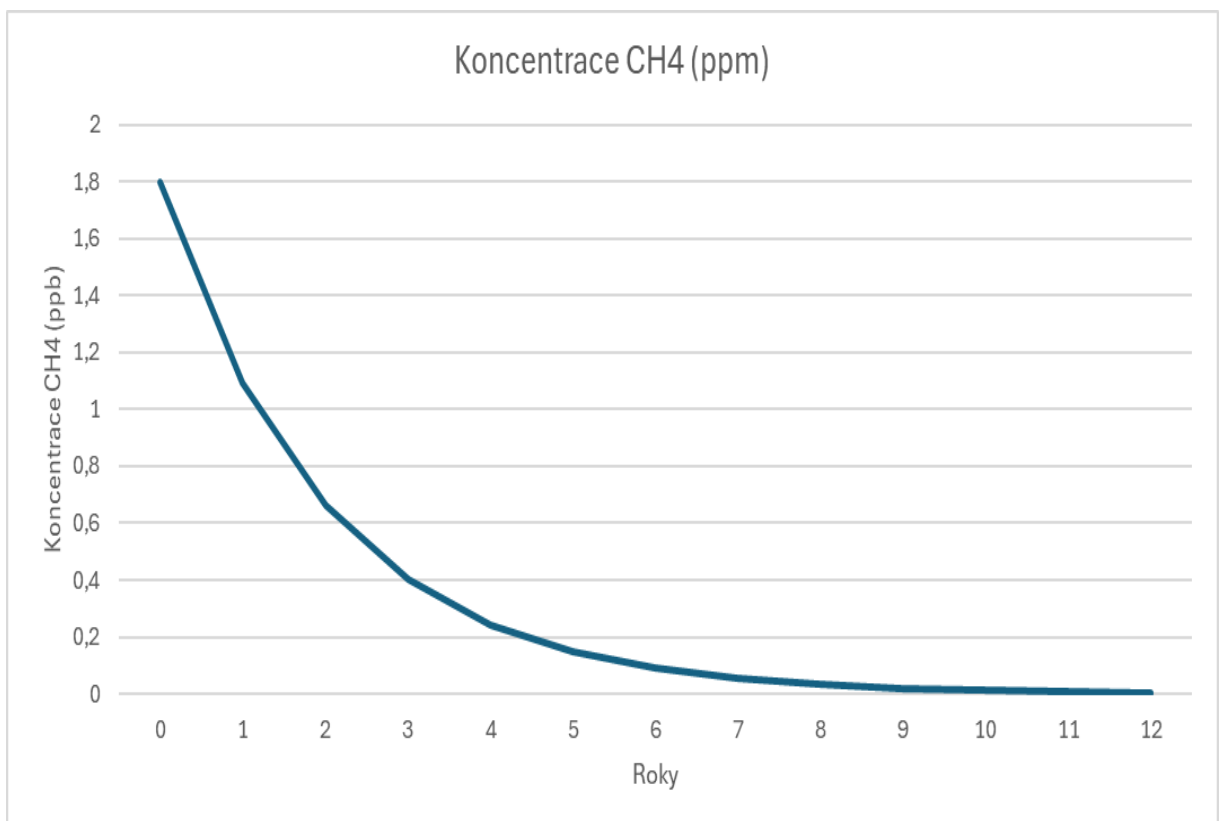
e - základ přirozeného logaritmu (přibližně 2.71828),

λ - poklesová konstanta,

t - čas který uplynul.

Počáteční doba koncentrace je vyjádřena jako 1,8 ppm. Vzhledem k snaze vyjádřit specifičnost tohoto plynu byla zvolena nižší poklesová konstanta na úrovni 0,5 ppm. Bylo vypočítáno snížení metanu, jehož pokles nemůže být považován za postupný. V grafu je zřetelně viděn významný pokles metanu v počátečních letech setrvání v zemské atmosféře.

Graf poklesu koncentrace, se v čase nelineárně snižuje. V prvních letech je pokles rychlejší, ale postupně se zpomaluje. Na vodorovné ose (ose x) jsou uvedeny roky, které postupují od 0 do 12. Na svislé ose (ose y) je znázorněna koncentrace metanu v ppm (parts per million), která se pohybuje od 0 do 2 ppm. Jak graf pokračuje, koncentrace metanu klesá pomaleji, což je patrné zejména v posledních letech. Graf také odráží skutečné chování metanu s ohledem na jeho vlastnosti v atmosféře.

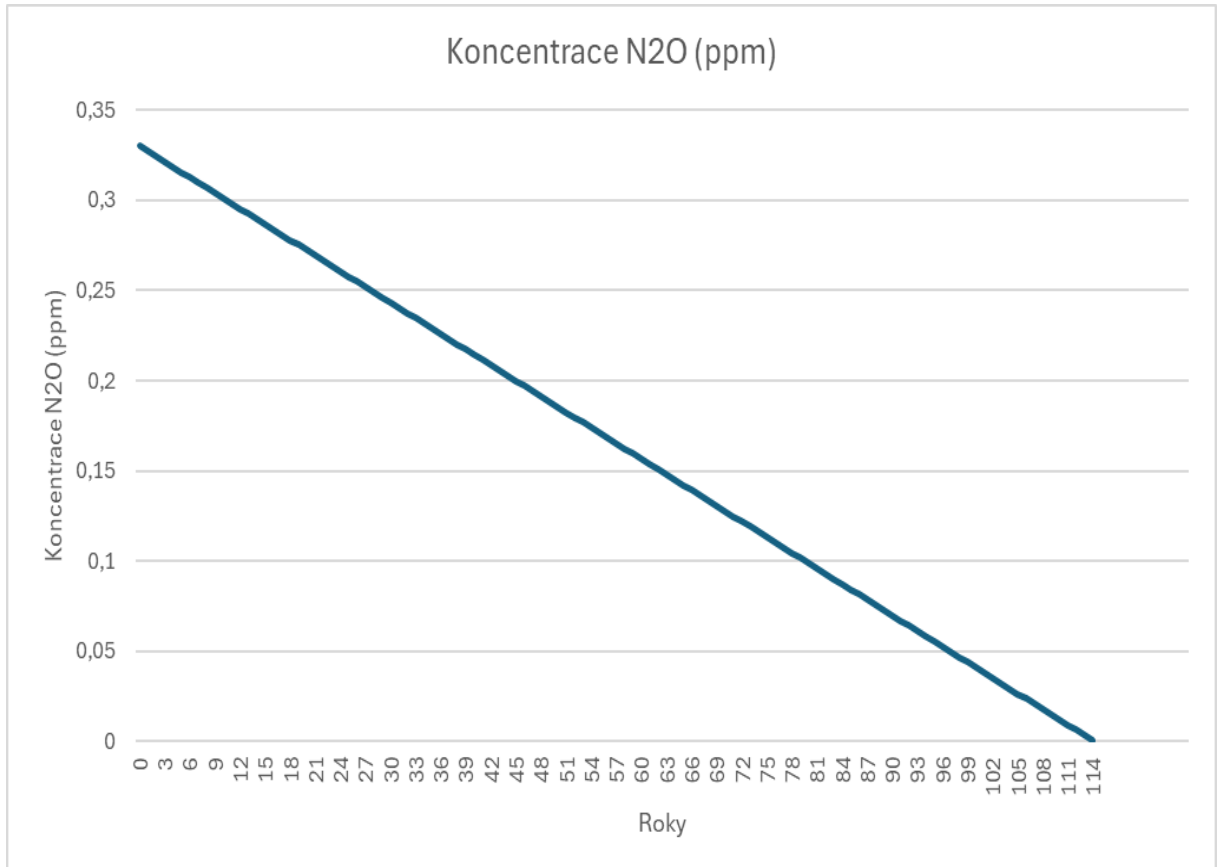


Obrázek 2. Pokles koncentrace CH4

(zdroj: vlastní vypracování)

3.2.3 Model pro Oxid dusný (N₂O)

Emise N₂O se nejčastěji uvolňují při zemědělských procesech. Doba setrvání N₂O je přibližně 114 let. Model je vyjádřen grafem, který ukazuje změnu koncentrace oxidu dusnatého v atmosféře za určité časové období. Na vodorovné ose jsou uvedeny roky, zatímco na svislé ose je uvedena koncentrace N₂O v ppm.



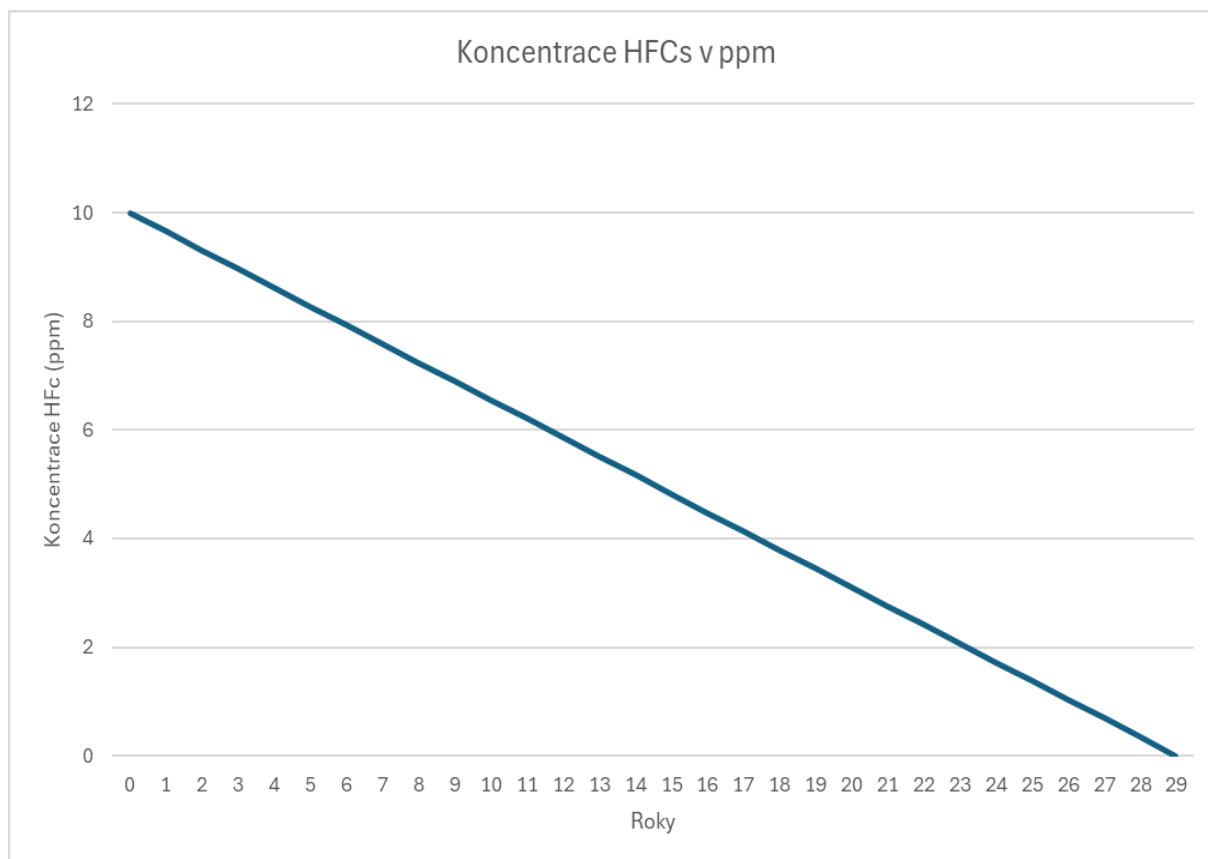
Obrázek 3. Pokles koncentrace N₂O

(zdroj: vlastní vypracování)

Na ose x je zobrazen rozsah od 0 do 144 let s intervalem po 3 letech. Os y má rozsah od 0 do 0,35 ppm a vyjadřuje postupný pokles koncentrace N₂O v atmosféře. Pokles koncentrace N₂O je zde modelován jako lineární funkce. To znamená, že množství N₂O v atmosféře klesá rovnoměrně v průběhu času. Poklesová konstanta λ byla vypočítána na 0,00289. Tento model je zjednodušený; ve skutečném světě může být složitější. Pro vytvoření funkce byl použit stejný vzorec jako pro model oxidu uhličitého. Každý z plynů má své vlastní vlastnosti a chemické složení. Oxid dusný má 256krát vyšší potenciál globálního oteplování než oxid uhličitý, a proto je mnohem nebezpečnějším skleníkovým plynem.

3.2.4 Model pro Hydroflourcarbony (HFCs)

Pro vyjádření modelu HFCs je používána lineární klesající funkce. Funkce má stejný vzorec jako u oxidu uhličitého a oxidu dusného. Rozsah osy x je od 0 do 29 let. Na ose y je rozsah koncentrací HFCs od 0 do 10 ppm.



Obrázek 4. Pokles koncentrace HFCs

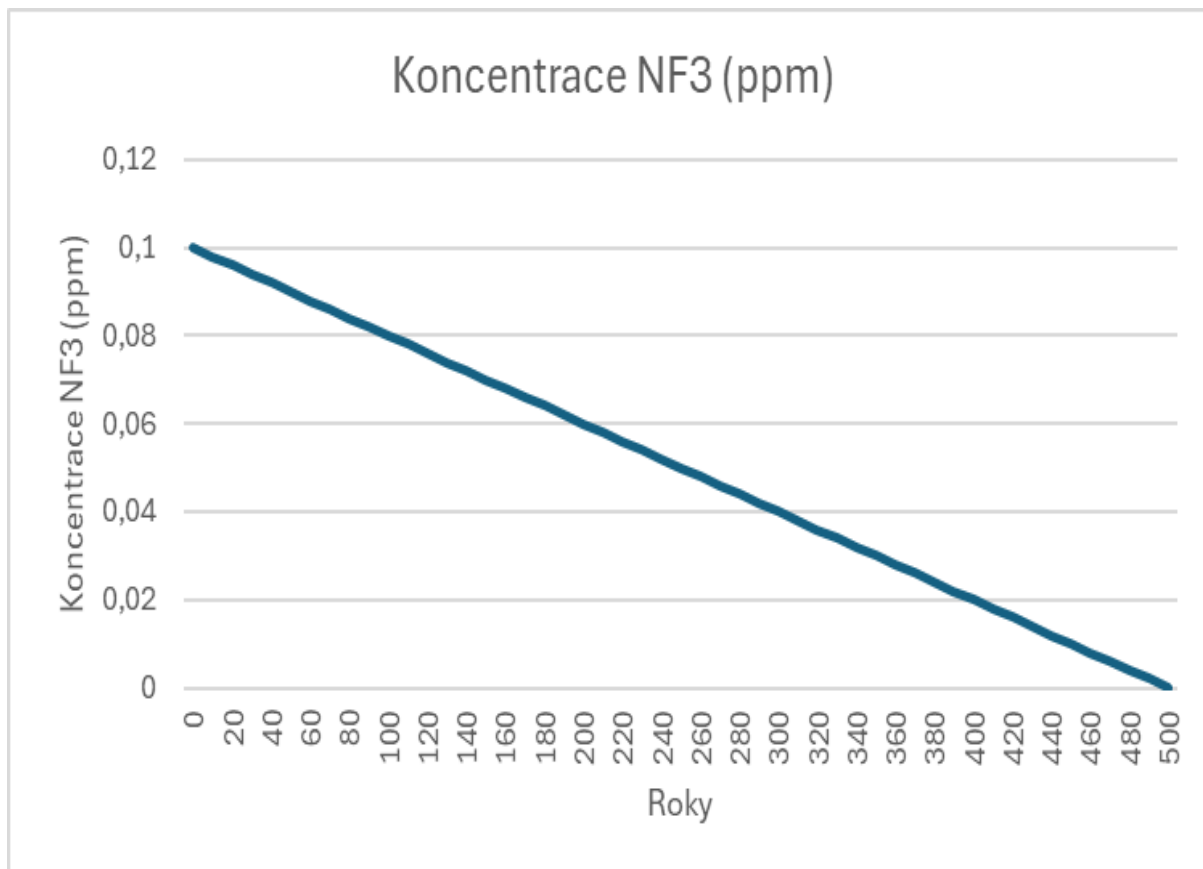
(zdroj: vlastní vypracování)

Graf ukazuje pokles koncentrace HFCs. Koncentrace začíná na 10 ppm a postupně klesá po dobu 29 let až na nulu. Pokles koncentrace je rovnoměrný a naznačuje lineární závislost mezi časem a koncentrací HFCs. Poklesová konstanta pro tento modelový příklad je stanovena 0,3448. Tento model je užitečný pro tvorbu environmentálních strategií. Model můžeme využít v průmyslu, technologiích, legislativě, výzkumu a vývoji.

3.2.5 Model pro Trifluorid dusíku (NF3)

Průměrná doba setrvání v atmosféře je 500 let. Výskyt tohoto plynu v atmosféře je stále častější, což způsobuje problémy pro životní prostředí. V modelu je ukázaná změna koncentrace trifluorid dusíku (NF3) v atmosféře během doby jeho pobytu. Pro osu X je určen rozsah od 0

do 500 let. Každý bod na ose představuje 20 let. Pro osu Y je nastaven rozsah koncentrace NF3 v ppm od 0 do 0,1 ppm. Při výpočtu je použit vzorec pro lineární funkci uvedený v předchozích modelech. Počáteční konstanta pro tento modelový příklad je 0,002.



Obrázek 5. Pokles koncentrace NF3

(zdroj: vlastní vypracování)

Z grafu je patrný trvalý pokles koncentrace NF3. Nejvyšší hodnota koncentrace NF3 (ppm) byla 0,1 ppm a postupně klesá k nule v průběhu 500 let trvání grafu.

3.3 Propojení modelu s offsety

Důležitým prvkem v boji proti globálnímu oteplování je modelování změn koncentrací skleníkových plynů a jejich propojení s offsety v čase. Je důležité zavádět správné a ověřené modely, protože správné propojení s modelem nám poskytne účinná opatření, zatímco nesprávná interpretace bude mít větší finanční a negativní důsledky. Důvodem pro zahrnutí kompenzací do modelu je urychlení snižování koncentrace. Abychom byl správně vyjádřen pozitivní vliv offsetů, byly zvoleny všechny vstupní údaje stejné jako u modelů bez offsetů.

3.3.1 Model pro Oxid uhličitý (CO₂) s offsetem

Jedním z nejběžnějších způsobů kompenzace CO₂ je zalesňování. Vytvoříme modelový příklad, ve kterém bude použita kompenzace ke snížení CO₂, a graf pro srovnání. Bude použit lineární model (4) s offsetem.

$$C(t) = C_0 - (\lambda + \Delta\lambda) \times t \quad (4)$$

kde: $C(t)$ - koncentrace CO₂ v atmosféře v čase t ,

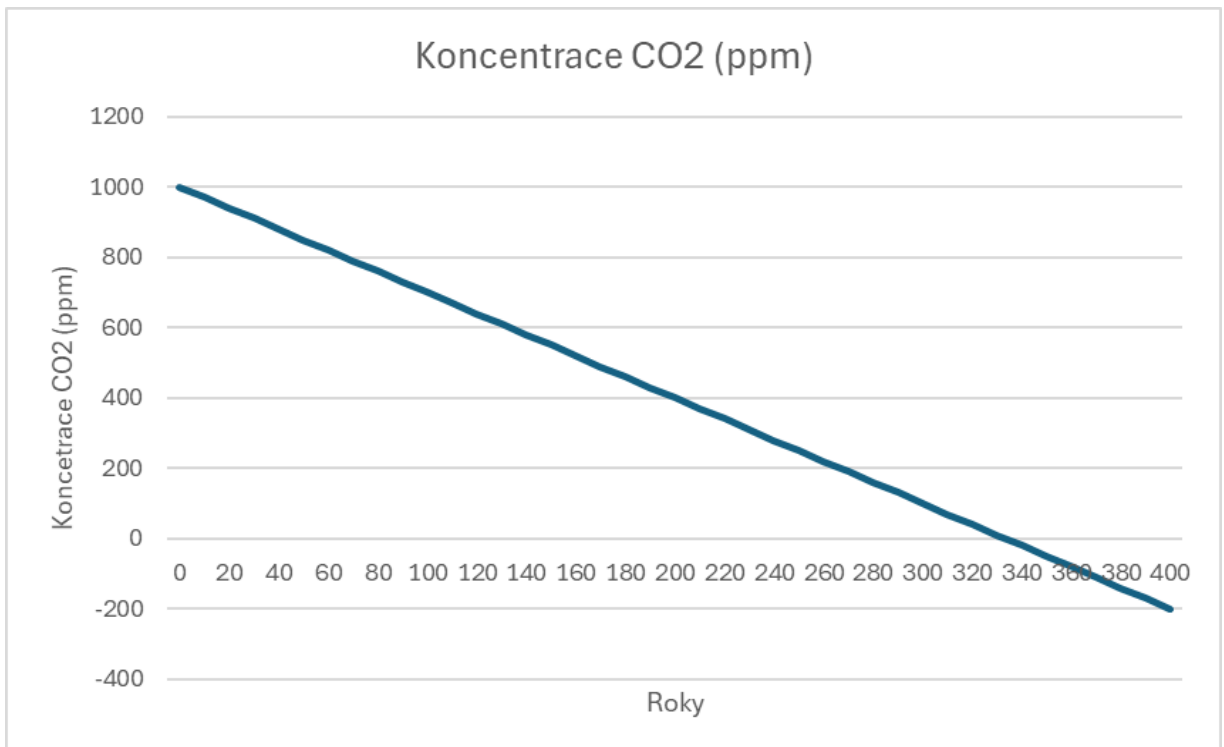
C_0 - počáteční koncentrace CO₂ v atmosféře (ppm),

λ - poklesová konstanta,

$\Delta\lambda$ - dodatečné snížení díky offsetům,

t - čas který uplynul.

Počáteční dobu koncentrace byla znovu zvolena 1000 ppm. Poklesová konstanta je na úrovni 2,5 a dodateční snížení koncentrace díky offsetům v podobě zalesňování 0,5. Výsadba stromů na odlesněných půdách pomáhá pohlcovat CO₂ z atmosféry, protože stromy rostou a ukládají uhlík ve své biomase. Z vypočtených hodnot byl sestaven následující graf.



Obrázek 6. Pokles koncentrace CO₂ s offsety

(zdroj: vlastní vypracování)

Z grafu je patrné, že koncentrace klesá rychleji než v předchozím modelu o hodnotu přidaného offsetu. S offsetem je pokles křivky koncentrace strmější, což naznačuje účinnější snižování CO₂ pomocí projektů zalesňování. Křivka na grafu ukazuje, že koncentrace CO₂ klesla pod nulu, což v reálném světě není možné. Tento jev je důsledkem zadání tabulky rozsahu s předpokládanou dobou uvolňování 400 let. Na začátku je ve vzduchu hodně oxidu uhličitého, asi 1000ppm. Jak čas běží, množství oxidu uhličitého stále klesá. Tento pokles je rovnoměrný, což znamená, že CO₂ ubývá stejnou rychlostí po celou dobu. Jak je vidět v předchozím modelu, hodnota koncentrace klesla na nulu právě za 400 let, ale díky použití vhodného offsetu pro kompenzaci části CO₂ se tato doba zkrátila přibližně o 65 let.

Oxid uhličitý má kromě zalesňování další druhy offsetů, které snižují nebo neutralizují emise tohoto skleníkového plynu. Z projektů obnovitelných zdrojů energie lze jako offset aplikovat instalaci solárních panelů na střechy budov nebo ze solárních farem nahrazovat energii z fosilních paliv. Využití větrných elektráren snižuje závislost na fosilních palivech. Z hlediska vodních zdrojů lze využít vodní elektrárny jako efektivní způsob výroby čisté energie bez emisí CO₂.

Jak již bylo několikrát zmíněno, časový horizont u každého plynu je jiný, což znamená, že vypovídající schopnost indikátoru je problémová a může negativně ovlivnit rozhodování podniků.

Pro instalaci obnovitelných energetických systémů, jako jsou výše zmíněné solární panely nebo větrné turbíny, se vyžadují vysoké počáteční investice. Přestože provozní náklady jsou nízké, vysoká počáteční investice může odradit některé investory. V lidské povaze se často objevuje netrpělivost a nutkání k okamžitému zhodnocení nákladů, což v případě uhlíkových offsetů je téměř nemožné. Při zalesňování a instalaci obnovitelných zdrojů energie je potřeba, aby byla investice vnímána jako dlouhodobá a nebyla ovlivněna krátkodobými rozhodnutími.

Mezi negativní vlivy při aplikaci offsetů patří závislost na přírodních podmínkách. Nedostatek slunečního záření nebo větru může snížit množství vyrobené energie, a tím pádem bude aplikace offsetu neefektivní. Každý z offsetových projektů má své výhody a nevýhody. Při volbě vhodného offsetu by měly být zváženy finanční náklady, ale také dlouhodobá udržitelnost a potenciální dopady na životní prostředí.

3.3.2 Model pro Metan (CH₄) s offsetem

Jako offset byla pro modelový příklad zvolena bioplynová stanice. Výhodou metody je nejen snižování metanu, ale také získání obnovitelného zdroje energie. Hodnota zachycení rozkladu organických materiálů se v jednotlivých odvětvích liší. Pro naše účely byla zvolena hodnota 0,2. Z příkladu modelu metanu víme, že nelineární pokles je vyjadřován jako exponenciální funkce a v tomto případě je do vzorce (5) přidána další redukci pomocí offsetů.

$$C(t) = C_0 \times e^{-(\lambda+\Delta\lambda)\times t} \quad (5)$$

kde: $C(t)$ - koncentrace CO₂ v atmosféře v čase t ,

C_0 - počáteční koncentrace CO₂ v atmosféře (ppm),

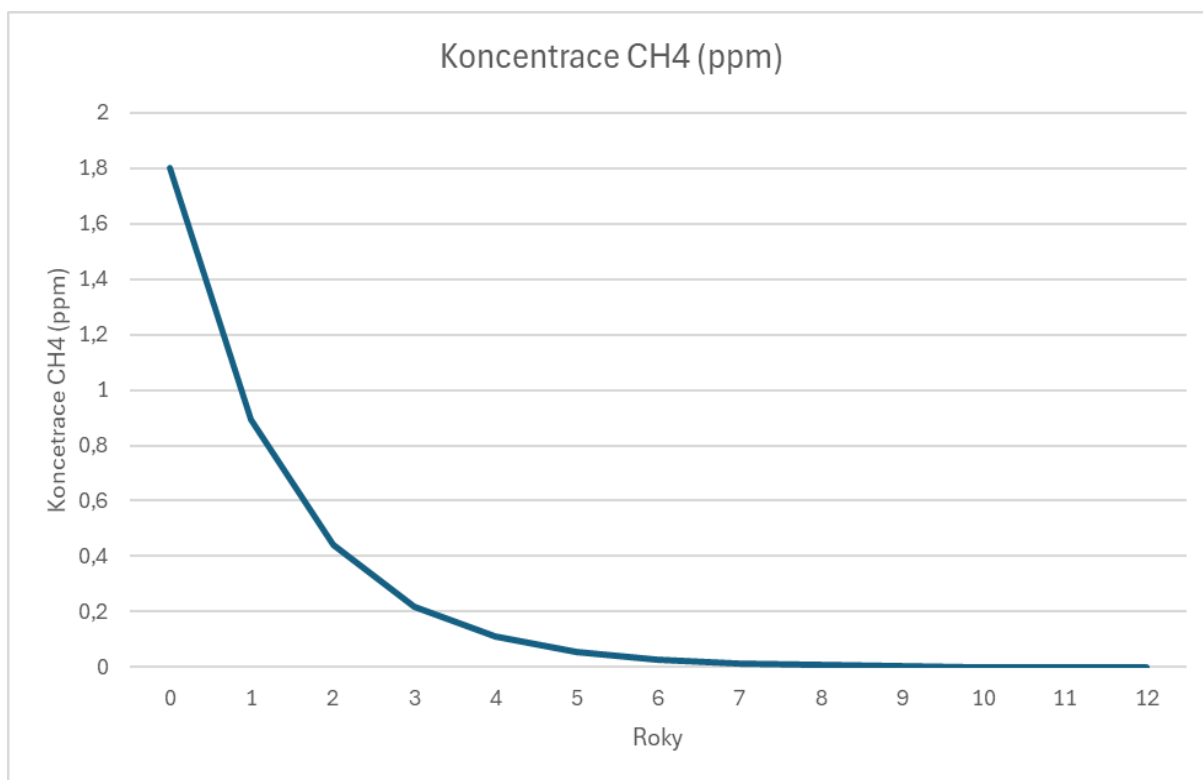
e - základ přirozeného logaritmu (přibližně 2.71828),

λ - poklesová konstanta,

$\Delta\lambda$ - dodateční snížení díky offsetům,

t - čas který uplynul.

Byla použita stejná výchozí data o tvorbě jako u modelového příkladu s metanem. V následujícím grafu je vypočítána hodnota pro pokles koncentrace metanu za použití offsetu.



Obrázek 7. Pokles koncentrace CH4 s offsety

(zdroj: vlastní vypracování)

Při interpretaci grafu je vidět, že po zavedení opatření dochází k rychlejšímu poklesu hodnot ve srovnání s modelovým příkladem bez kompenzace koncentrace metanu. Zpočátku je ve vzduchu přibližně 1,8 ppm metanu. Po prvním roce se koncentrace snížila o polovinu. Zpočátku je pokles hodně strmý. Hodnoty klesají nejrychleji v prvních letech a v posledních letech jsou již relativně zanedbatelné. Během 2 až 4 roků množství metanu nadále klesá, ale už ne tak rychle jako na začátku. Od 5. roku se klesání zpomaluje a množství metanu je už velmi malé, blíží se nule. Od 6. roku až do konce se množství metanu téměř nemění a zůstává velmi nízké. Vzhledem k nejnižšímu počtu let odstraňování metanu z atmosféry a jeho charakteristice nejrychlejšího poklesu v prvních letech lze aplikované změny vidět po relativně krátké době a vyhodnotit jejich účinnost.

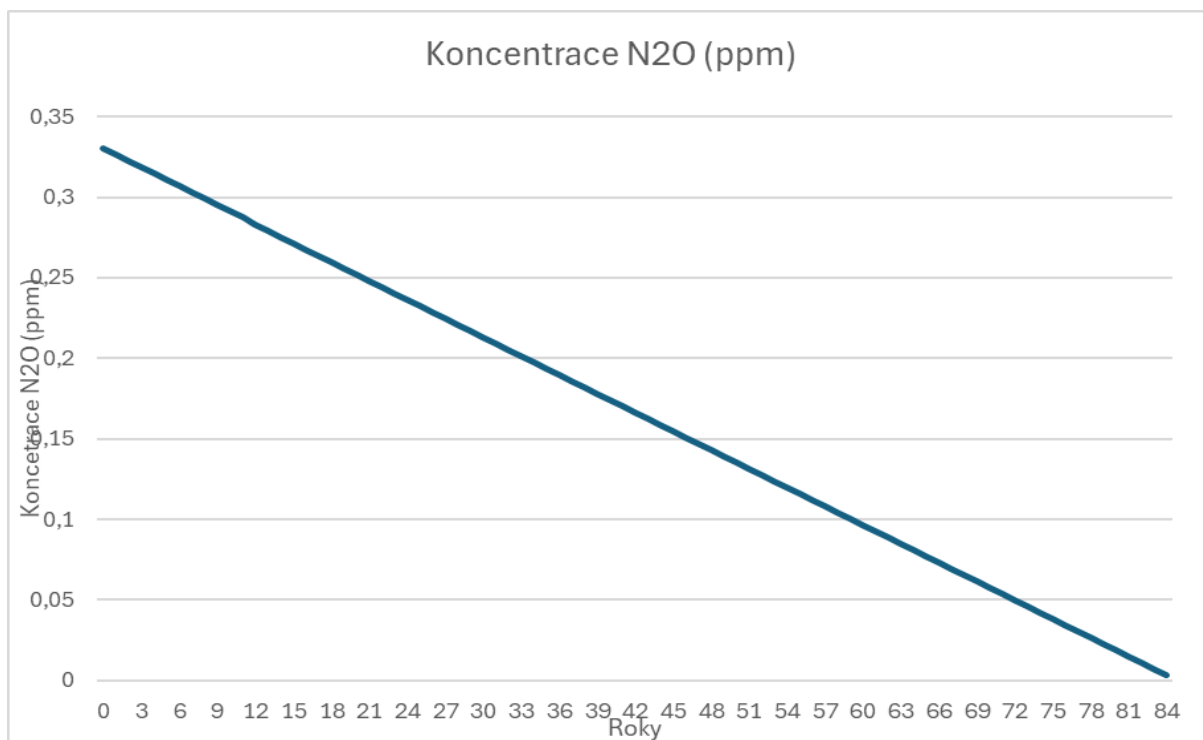
Porovnáme-li tento graf s grafem, kde byl offset nepoužit, lze vyčíst, že offset pozitivně přispěl k rychlejšímu odstranění CH4 z atmosféry. Při aplikaci modelu byla použita bioplynová stanice, která snížila množství metanu vypouštěného do atmosféry tím, že jej zachytila a využila jako obnovitelný zdroj energie.

Pro daný modelový příklad je nejefektivněji využita výše zmíněná bioplynová stanice. Mezi další kompenzace, které lze při modelování příkladu použít, patří přidání specifických přísad do krmiva pro dobytek, které snižují produkci metanu během fermentace. Správnou optimalizací zavlažování a hnojení plodin lze snížit anaerobní podmínky, které vedou k produkci metanu. Tyto postupy nejen snižují emise metanu, ale mohou zlepšit produktivitu a udržitelnost zemědělských systémů.

Mezi nevýhody modelu bioplynové stanice patří vysoké počáteční náklady na realizaci, které odrazují investory. Pokud nejsou procesy správně řízeny, mohou při výrobě a zpracování bioplynu vznikat emise skleníkových plynů, což by mělo opačný účinek, než bylo zamýšleno. Bioplynová stanice může vyžadovat pravidelnou údržbu a rekonstrukci, aby byla zajištěna její účinnost a dlouhá životnost.

3.3.3 Model pro Oxid dusný (N₂O) s offsetem

Mezi kompenzačními opatřeními pro snížení emisí NO₂ je používáno kompostování organického odpadu. Jeho hromadění na skládkách pomáhá snižovat emise. Efektivní skládkování je s tímto offsetem spojeno díky kontrole anaerobního rozkladu. Další výhodou je, že kompost je bohatý na živiny a organické látky, které zlepšují strukturu půdy a zvyšují retenci vody. Používání kompostu snižuje potřebu chemických hnojiv, což přispívá k udržitelnosti. Hodnotu posunu nastavíme na 0,001. Pro výpočet byl použit stejný vzorec jako pro metan s offsetem. Následující graf ukáže účinnost použitého offsetu.



Obrázek 8. Pokles koncentrace N2O s offsety

(zdroj: vlastní vypracování)

Rozsah osy x začíná na 0 a končí na 84. Rozsah osy y začíná na 0,33 ppm a končí na 0 ppm. Je ukázán stálý pokles koncentrace N2O, která každoročně klesá konstantní rychlostí. Po zavedení posunu se podařilo zkrátit dobu působení N2O v atmosféře o 30 let. Grafem je znázorňována lineární funkce poklesu koncentrace N2O. Účinnost offsetu je potvrzena díky porovnání grafů a zjištění, že se jeho aplikací podařilo ušetřit zhruba 26 % doby poklesu N2O.

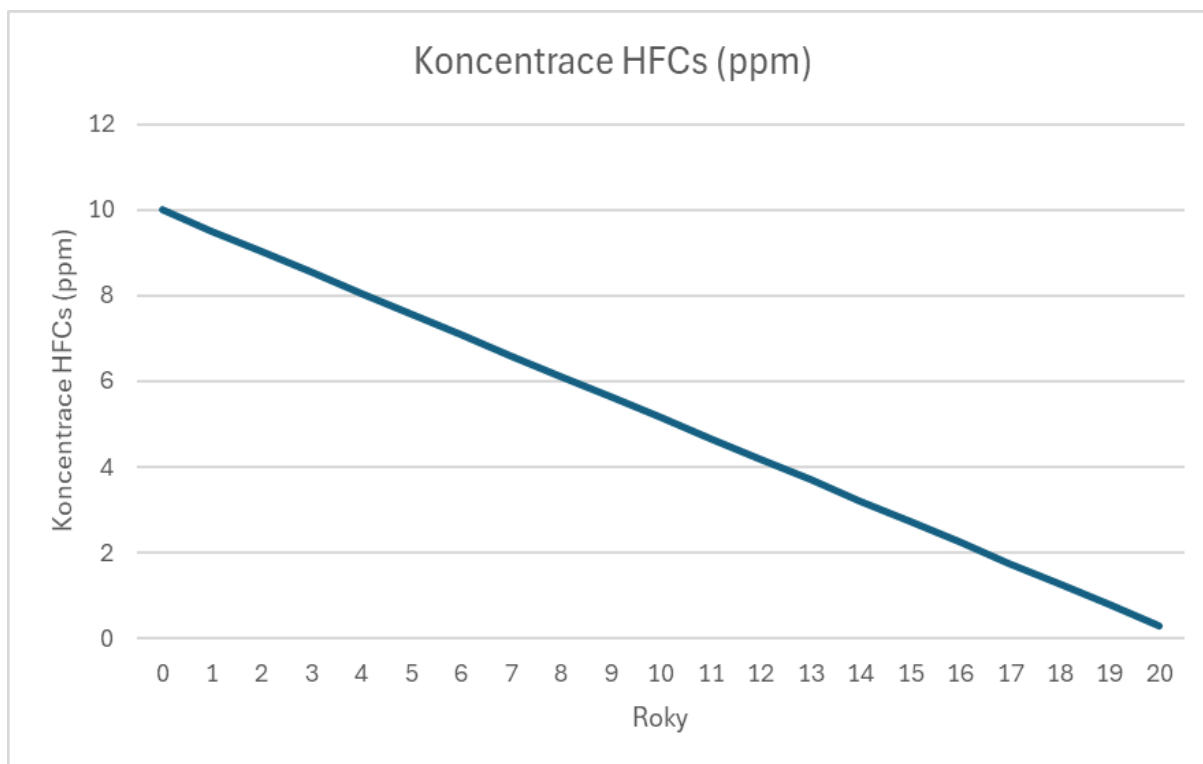
Mezi další kompenzace N2O patří optimalizace aplikace hnojiv s cílem snížit jejich nadměrnou spotřebu a minimalizovat emise N2O. V zemědělství je zlepšována struktura půdy soustředěním plodin a zlepšením příjmu hnojiv. V chemickém průmyslu je optimalizována výroba kyseliny dusičné. Obecnou kompenzací je zalesňování a obnova ekosystémů, ale jak je vidět, není to tak účinná kompenzace, jak by se na první pohled mohlo zdát.

Mezi negativa kompostování patří obtížnost přesného měření, udržitelnost projektu a nežádoucí vedlejší účinky, jako jsou dopady na místní komunity a ekosystémy.

3.3.4 Model pro Hydroflourcarbony (HFCs) s offsetem

Kvůli dlouhé době setrvání v atmosféře je třeba jako offset použít přírodní chladiivo. Kvůli tomu, že přírodního chladiivo má zcela jiné chemické složení a vlastnosti, graf bude založen na

původním teoretickém modelu, ve kterém bude přidána hodnota offsetu (nižší GWP a zvýšení odbourávání z atmosféry).



Obrázek 9. Pokles koncentrace HFCs s offsety

(zdroj: vlastní vypracování)

Pokles v grafu je rovnoměrný a začíná na hodnotě 10 ppm a po dobu 20 let ubývá stejným tempem až k nulové hodnotě. Náhradou hydrofluorcarbonů za přírodní chladivo se podařilo snížit dobu poklesu koncentrace HFCs průměrně od 10 let. Na ose y je znázornováno množství koncentrace HFCs (ppm). Na ose x je znázornován časový horizont v letech. Rozsah osy x je 20 let. Rozsah osy y je 12 ppm. Grafem je znázornována lineární funkce jako u předchozích modelů s výjimkou metanu. Vzhledem k nízké době setrvání oproti některým plynům jsou jasně vidět změny již za pár let po aplikaci offsetu. Kvůli specifikaci plynu ztrácejí obecné offsety jako zalesňování efektivitu.

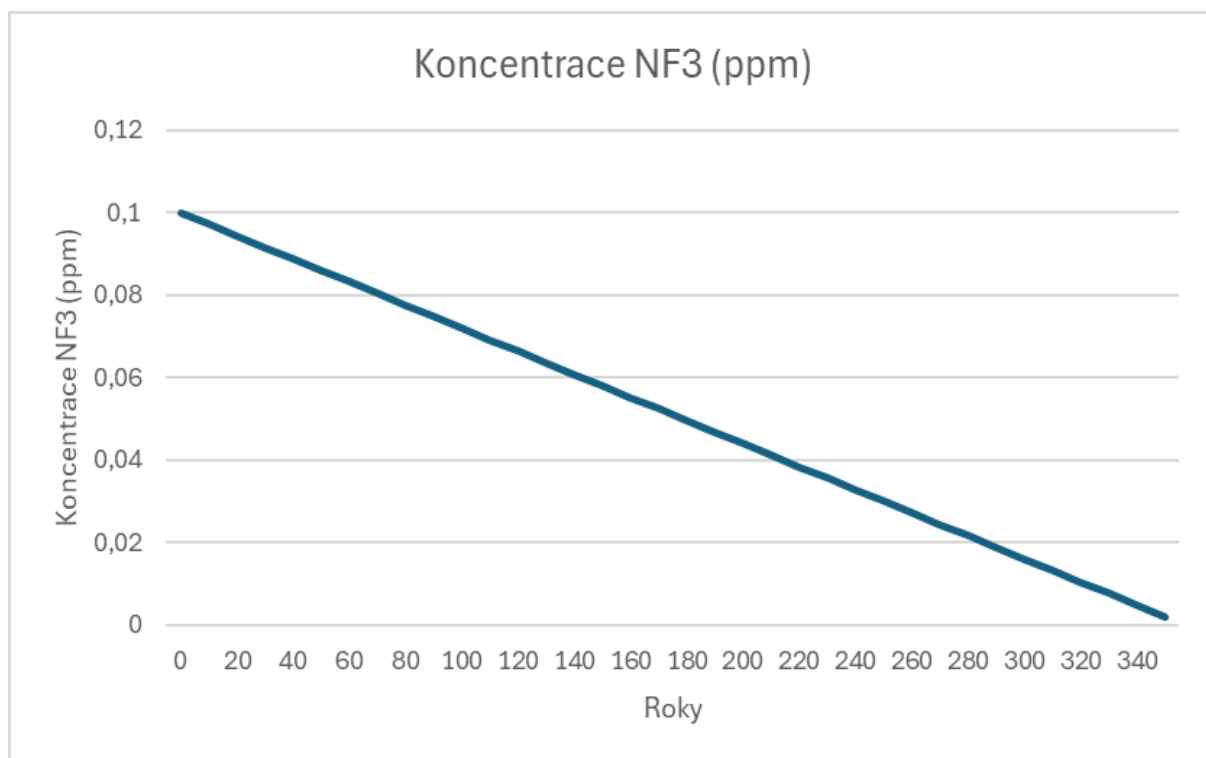
Model ukazuje, že nahrazení HFC přírodními chladivy je považováno za jeden z nejúčinnějších způsobů, jak kompenzovat vysoký potenciál GWP HFC. Další použitelnou kompenzací je vývoj nových technologií, které mají nahradit HFC nebo snížit jejich používání. Nevýhodou uplatnění této kompenzace je časový horizont, protože výzkum může trvat několik let, než se projeví výsledky.

V důsledku toho by mohlo být začleněno běžně známé kompenzace, jako je řádné školení techniků, pravidelná údržba, recyklace a obnova systémů. Tyto kompenzace jsou použity v teoretickém modelu pro trifluorid dusíku.

Přirozené používání chladiv má svá negativa, která je třeba zvážit. Z modelu je zřejmé, že používání přírodních chladiv jako kompenzace je považováno za účinné při snižování emisí. Z bezpečnostního hlediska však mohou být problémy, jako je toxicita amoniaku. Některá chladiva vyžadují energeticky náročné systémy, které zvyšují finanční zátěž.

3.3.5 Model pro Trifluorid dusíku (NF3) s offsetem

Aby bylo poukázáno na důležitost přesného technického a procesního zlepšování, mezi zvolený offset patří zoptimalizování výrobních procesů a výsledná minimalizace úniků NF3. Hodnota offsetu byla stanovena na 0,00008. Byl použit stejný vzorec pro výpočet jako pro lineární pokles u předchozích příkladů.



Obrázek 10. Pokles koncentrace NF3 s offsety

(zdroj: vlastní vypracování)

Ze srovnání grafů bez použití offsetu a s offsetem zjistíme, že se podařilo snížit dobu setrvávání plynu v atmosféře o 160 let. Snížení koncentrace v průběhu času je znázorněno poklesem křivky na grafu. Druhý graf je ovlivněn offsetem a díky tomu má prudší křivku.

Těmito modely se podařilo ukázat, že optimalizace průmyslových procesů jako je oprava netěsností a implementace technologií pro zachycení NF₃, pomohla snížit dobu setrvání NF₃ v atmosféře. Číselná hodnota grafu je 0,01 ppm. Pro pochopení dlouhého časového horizontu jsou roky na ose x zobrazovány v přírůstcích po 20 letech. Je třeba si uvědomit, že emise, které jsou vypouštěny, se i při použití kompenzací odstraňují po několik generací. Jedním z problémů, které mohou být z grafu vyčteny, je, že pokud není zaručen finanční zisk, nebude se dále zabýváno uplatňováním offsetů, protože se předpokládá, že v tak dlouhém časovém horizontu nebudou změny patrné.

Kompenzační opatření, jako je substituce méně škodlivými látkami, efektivní údržba, recyklace, regulační opatření a vzdělávání, mohou výrazně přispět ke snížení emisí NF₃. Je důležité čelit výzvám spojeným s technologickými a ekonomickými překážkami, aby byla zajištěna účinná a udržitelná praxe při manipulaci s NF₃.

Významného snížení emisí skleníkových plynů lze dosáhnout zavedením technických a procesních zlepšení v boji proti emisím fluoridu dusíku (NF₃). Úspěch těchto opatření však může být ovlivněn nevýhodami, jako jsou vysoké náklady na zavedení, technologická složitost, nejistota ohledně účinnosti, environmentální a bezpečnostní aspekty, regulační překážky, omezená dostupnost technologií a potřeba školení personálu. Pečlivé vyhodnocení těchto faktorů má zásadní význam pro strategii a realizaci zlepšení pro účinné a udržitelné snížení emisí NF₃.

4 Formulace doporučení pro podniky

Chybná interpretace uhlíkové stopy může vést k významným rizikům, včetně reputačního poškození, finančních ztrát a právních problémů. Správná interpretace uhlíkové stopy je zásadní pro účinné řízení environmentálních dopadů podniku. Nesprávné pochopení nebo záměrné zkreslení může vést ke ztrátě důvěry od spotřebitelů, investorů a regulačních orgánů, které se zaměřují na danou tematiku. Nesprávné vykazování emisí, i když neúmyslné, může vést k právním sankcím a pokutám. Neefektivní nebo nesprávná opatření mohou vést ke zbytečným nákladům a nevyužitým příležitostem k úsporám.

Přesná znalost složení vlastní uhlíkové stopy je klíčem k účinnosti zavedených opatření. Pokud je hodnota uhlíkové stopy vedením společnosti špatně interpretována, opatření ztrácejí na účinnosti. Existují kompenzace, které obecně pomáhají snižovat uhlíkovou stopu každého

podniku, například zalesňování, protože téměř každý podnik přímo či nepřímo vypouští CO₂ do atmosféry. Pokud podnik přesně nezjistí, co vypouští, a například používá chladicí zařízení, z něhož unikají HFCs, ale spočítá si, že ideální investicí by byl nákup elektromobilů nebo investice do alternativních zdrojů energie, může se zdát, že podnik sice zdánlivě snižuje svou uhlíkovou stopu a vynakládá na to více peněz, ale ve skutečnosti je to neefektivní a téměř k ničemu. Pokud by se společnost zabývala složením uhlíkové stopy, došla by v tomto případě k závěru, že nejvýhodnější investice by byla do zařízení s přírodními chladivými, která mají minimální dopad na životní prostředí. Sledování a ověřování účinnosti offsetových projektů je nezbytné pro zajištění, že investice skutečně přinášejí očekávané výsledky. Podniky, které nevěnují dostatečnou pozornost monitorování svých projektů a neověřují jejich dopad, mohou čelit kritice za nedostatečnou transparentnost a efektivitu.

Mezi offsety pro metan patří zachytávání a efektivní využití metanu. V zemědělském oboru je třeba spravovat hnůj a podporovat udržitelnost zemědělských technologií. V energetickém průmyslu se využívá redukování úniků pomocí modernizace zařízení. Z modelového příkladu oxidu uhličitého bylo zjištěno, že jako offset je velmi účinné zalesňování a ochrana lesů, které jsou veřejností velmi oceňovány. Vládní dotace často podporují pokusy o zavedení obnovitelných energií, jako jsou solární, větrné a vodní energie.

Z modelu pro oxid dusný bylo zjištěno, že mezi efektivní opatření patří optimalizace použití hnojiv, správné kompostování a podpora alternativních hnojiv. Pro hydrofluorokarbony bylo v modelovém příkladu zjištěno, že jejich nejlepší offset je celkové nahrazení přírodními chladivými. Instalace technologií pro zachytávání a bezpečnou likvidaci emisí NF₃ bylo ukázáno jako účinný postup pro snižování emisí v podnicích. V modelovém příkladu bylo prokázáno 32% snížení doby setrvání emisí za použití daného offsetu.

Pro podniky se doporučuje zajištění transparentního vykazování emisí, správné měření a vykazování podle GHG protokolů. Investice, vzdělávání a školení zaměstnanců jsou zapotřebí k pochopení významu uhlíkové stopy. Průběžné investování do technologií pomáhá podnikům snižovat emise. Správná informovanost je potřebná pro zajištění správného pochopení a implementace offsetových strategií. Pravidelné provádění interních a externích auditů uhlíkové stopy zajišťuje, že podnik dodržuje nejlepší praktiky a aktuální standardy.

Podnik, který nesprávně interpretuje svou uhlíkovou stopu nebo neúčinně využívá offsety, může čelit kritice od ekologických skupin, zákazníků a médií. Pokud podnik neuvádí přesné hodnoty emisí a přitom tvrdí, že je uhlíkově neutrální, může ztratit zájem veřejnosti. Z finančního hlediska může nesprávná interpretace vést k finančním ztrátám, jako jsou neúčinné investice do offsetových projektů, které nepřinášejí požadovaný výsledek. Pro podniky je důležité správně vyhodnocovat investice, vytvářet modelové příklady a vyhodnocovat jejich přínosy a rizika. Správná interpretace hodnot uhlíkové stopy je klíčová pro dlouhodobý úspěch a udržitelnost. Podnik, který dodržuje doporučení, pomůže nejen splnit regulační požadavky, ale také získat důvěru zákazníků a investorů.

Před investováním do jakéhokoli offsetového projektu by měly podniky provést důkladný průzkum. To zahrnuje zjištění, jaké projekty jsou k dispozici, jaké jsou jejich dlouhodobé výhody, a jaké jsou potenciální rizika. Spolupráce s renomovanými certifikačními agenturami může pomoci zajistit, že vybrané projekty jsou legitimní a efektivní.

Uhlíkové offsety by měly být součástí dlouhodobého plánu na snižování emisí. Podniky by měly přijmout závazky k trvalému snižování emisí a investovat do projektů, které mají dlouhodobý přínos pro životní prostředí. To zahrnuje nejen krátkodobé iniciativy, ale i dlouhodobé strategie, které zajistí trvalý dopad.

Transparentnost je klíčem k úspěchu při používání uhlíkových offsetů. Podniky by měly pravidelně sledovat a hlásit výsledky svých offsetových projektů, aby zajistily, že přinášejí očekávané výsledky. Využití nezávislých auditů a certifikací může pomoci zvýšit důvěryhodnost a transparentnost. Uhlíkové offsety by neměly být jediným nástrojem pro snižování emisí. Měly by být kombinovány s přímými opatřeními na snižování emisí, jako je zlepšení energetické efektivity, přechod na obnovitelné zdroje energie, a snížení odpadu. Tímto způsobem mohou podniky dosáhnout komplexního a udržitelného přístupu ke snižování emisí.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo analyzovat uhlíkovou stopu jako ukazatel environmentálních opatření v podniku. Nejčastější druhy skleníkových plynů byly analyzovány a porovnány na modelovém příkladu před a po aplikaci opatření k jejich snížení.

Práce byla rozdělena do čtyř kapitol, které obsahovaly teoretické shrnutí tématu. Byly vysvětleny pojmy jako udržitelnost v podnikání, environmentální odpovědnost podniku a složení zelené dohody. Dále byla specializována na uhlíkovou stopu, kde bylo popsáno její rozdělení, uhlíková výkonnost podniků, druhy emisí a skleníkových plynů a následně byla specializována na jednotlivé skleníkové plyny. Jedním z posledních pojmů druhé části bylo, jak uhlíková stopa ovlivňuje rozhodování a realizaci podniků. Jako poslední byl vysvětlen potenciál globálního oteplování, protokol o skleníkových plynech a kompenzace.

V praktické části byly vytvořeny modelové příklady pro jednotlivé plyny před a po zavedení kompenzací. Pro každý plyn byl vytvořen a popsán graf, kde se měnila míra úbytku plynu při použití konkrétního opatření ke snížení emisí.

Na závěr bylo vypracováno doporučení pro podniky, proč je třeba znát svou uhlíkovou stopu a umět zavést efektivní opatření k jejímu snížení.

Použitá Literatura

Arnold, Tim, a další. 2012. Automated Measurement of Nitrogen Trifluoride in Ambient Air. 2012, Sv. 84, 11.

Bernoville, Tara. 2022. What are Scopes 1, 2 and 3 of Carbon Emissions? *In plana.earth*. [Online] planA, 12. Červenec 2022. [Citace: 5. Červen 2024.] Dostupné z: <https://plana.earth/academy/what-are-scope-1-2-3-emissions>.

Brundtland, G. 1987. *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press, 1987. 9780192820808.

Busch, Timo a Johnson, Matthew. 2020. Corporate carbon performance data. *Journal of Industrial Ecology*. 2020, Sv. 26, 1.

BusinessInfo.cz. 2008. Společenská odpovědnost firem. *In BusinessInfo.cz*. [Online] 28. 2 2008. [Citace: 23. 10 2023.] Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/spolecenska-odpovednost-firem-pruvodce/>.

Cawley, Gavin. 2011. On the Atmospheric Residence Time of Anthropogenically Sourced Carbon Dioxide. *Energy Fuels*. 25, 2011, Sv. 11.

Eagle, Alison a McLellan, Eileen. 2020. Earth's future. *Quantifying On-Farm Nitrous Oxide Emission Reductions in Food Supply Chains*. 2020, Sv. 8, 10.

Environmentálne aspekty analýzy a hodnotenia krajiny: Identifikácia a stanovenie indikátorov(a indexov) na báze prieskumov a údajov DPZ. Nováková, Martina a Sviček, Michal. 2008. Bratislava : Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2008. 978-80-89128-50-1.

EPA. 2024. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks. *In epa.gov*. [Online] 11. duben 2024. [Citace: 1. Červenec 2024.] Dostupné z: https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/us-ghg-inventory-2024-main-text_04-18-2024.pdf. EPA 430-R-24-004.

Ferrare, David a Turner, Richard. 2006. Journal of geophysical research. *Evaluation of daytime measurements of aerosols and water vapor made by an operational Raman lidar over the Southern Great Plains*. 2006, Sv. 111, D5.

Fetting, Constanze. 2020. The European Green Deal. *ESDN Report*. Vienna : ESDN office, 2. Prosinec 2020.

Florindo, Thiago José. 2018. Application of the multiple criteria decision-making (MCDM) approach in the identification of Carbon Footprint reduction actions in the Brazilian beef production chain. *Journal of Cleaner Production*. 2018, Sv. 196.

Gengxin, Zhou a Zhensheng, Xiong. 2024. Carbon emission calculation of three biological nitrogen removal processes: A case of rare earth element tailings wastewater in Southern Jiangxi, China. *Journal of Water Process Engineering*. 2024, Sv. 60.

Glazener, Sam DeFabrizio a Will. 2021. Curbing methane emissions: How five industries can counter a major climate threat. *In McKinsey Sustainability*. [Online] McKinsey Company, 23. Září 2021. [Citace: 11. Červenec 2024.] Dostupné z: https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/curbing-methane-emissions-how-five-industries-can-counter-a-major-climate-threat#/.

Gunawardana, Kennedy. 2015. Carbon footprint reduction: a critical study of rubber production in small and medium scale enterprises in Sri Lanka. *Journal of Cleaner Production*. 2015, 103.

Huckins, Sarah. 2011. Greenhouse Gas Protocol. *In ghgprotocol.org*. [Online] 2011. [Citace: 15. Červen 2024.] Dostupné z: <https://ghgprotocol.org>.

Hůnová, Iva a Janoušková Svatava. 2004. *Úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší*. Praha : Karolinum, 2004. 80-246-0796-4.

Kivimäki, Ella. 2019. Evaluation and Analysis of the Seasonal Cycle and Variability of the Trend from GOSAT Methane Retrievals. *Remote Sensing*. 11, 2019, Sv. 7, 882.

Kunz, Vilém a Kašparová, Klára. 2013. *Moderní přístupy ke společenské odpovědnosti firem a CSR reportování*. Praha : Grada, 2013. 978-80-247-4480-3.

- Kunz, Vilém. 2012. *Společenská odpovědnost firem*. Praha : Grada Publishing a.s., 2012. 978-80-247-3983-0.
- Loyarte, López a Barral, Mario a Morla, Juan Carlos. 2020. Methodology for Carbon Footprint Calculation Towards Sustainable Innovation in Intangible Assets. *Sustainability*. 2020, Sv. 12, 1629.
- McMillan, Louise. 2023. Environmental Protection Authority. *In epa.govt.nz*. [Online] 27. Listopad 2023. [Citace: 9. Červenec 2024.] Dostupné z: <https://www.epa.govt.nz/community-involvement/science-at-work/hfcs/>.
- Muthu, Subramanian Senthilkannam. 2021. *Carbon Footprint Case Studies*. Singapore : Springer Verlag, 2021. 9811595798.
- Newell, Peter. 2021. *Power Shift: The Global Political Economy of Energy Transitions*. Cambridge : Cambridge University Press, 2021. 978-1-108-96582-8.
- Oh, Kang Kwon a Satchell, Stephen. 2022. *Journal Risk Financial Management*. 2022, 15.
- Pavlík, Marek a Bělčík, Martin. 2010. *Společenská odpovědnost organizace*. Praha : Grada, 2010. 978-80-247-3157-5.
- Pertsova, Carolyn C. 2007. *Ecological Economics Research Trends*. New York : Nova science Publishers, 2007. 1-60021-841-1.
- Roemer, Nils, a další. 2023. *Production and Operations Management*. *Offset or reduce: How should firms implement carbon footprint reduction initiatives*. September, 2023, Sv. 32, 9.
- Sundaram, Thanigaivel a Sundaram, Vickram. 2022. Sustainability and carbon neutralization trends in microalgae bioenergy production from wastewater treatment: A review. *Bioresource Technology*. 2022, Sv. 364.
- Šimek, Miroslav. 2019. *Skleníkové plyny z půdy a zemědělství*. Praha : Academia, 2019. 978-80-200-3011-5.

Tetřevová, Liběna. 2017. *Společenská odpovědnost firem společensky citlivých odvětví*. Praha : Grada, a.s., 2017. 978-80-271-0285-3.

Tore, Irem. 2020. State intervencion as an antecedent of ownership structure in turkish joint-stock companies. *Uluslararası İktisadi Ve İdari İncelemeler Dergisi*. 29, 2020.

Třebický, Viktor. 2016. Metodika stanovení uhlíkové stopy podniku. *In ci2.co.cz*. [Online] 2016. [Citace: 13. Červenec 2024.] Dostupné z https://ci2.co.cz/sites/default/files/souboryredakce/metodika_final_vystup.pdf. 978-80-906341-3-8.

Veber, Jaromír a Švecová, Lenka. 2023. *Udržitelnost a udržitelný management*. České Budějovice : Grada Publishing, a.s., 2023. 978-80-271-0897-8.

Vrabcová, Pavla. 2021. *Udržitelné podnikání v praxi*. Liberec : Grada, 2021. 978-80-271-3303-1.

Wara, Michael a Victor, David. 2008. A Realistic Policy on International Carbon Offsets. *In: Stanford University*. [Online] 18. duben 2008. [Citace: 19. Červenec 2024.] Dostupné z https://fsi-live.s3.us-west-1.amazonaws.com/s3fs-public/WP74_final_final.pdf.

Zuzák, Roman a Königová, Martina. 2009. *Krizové řízení podniku: 2. aktualizované a rozšířené vydání*. Praha : Grada Publishing, 2009. 978-80-247-3156-8.