

Vplyv navrhovanej činnosti na klimatické pomery

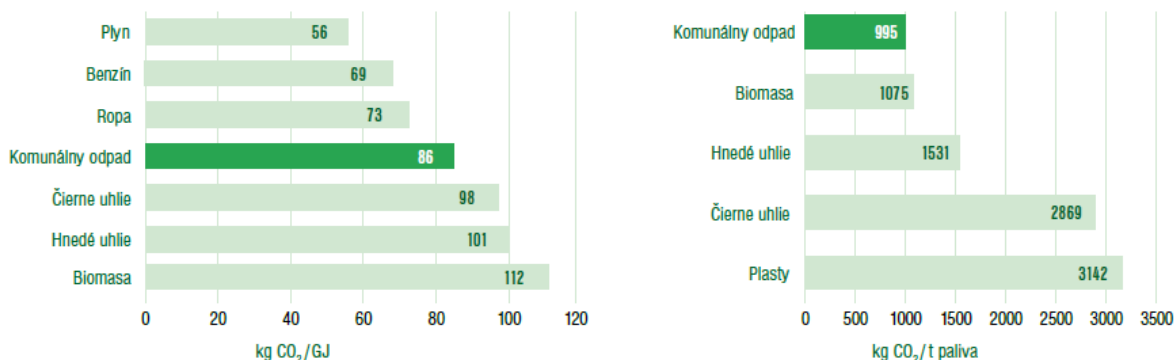
O znížení skleníkových plynov (GHG) sa už mnoho rokov intenzívne diskutuje na medzinárodnej úrovni, pretože na základe rôznych modelových výpočtov existujú obavy, že globálne otepľovanie môže spôsobiť katastrofálne zmeny klímy. Z tohto dôvodu boli vypracované medzinárodné memoranda o porozumení a zmluvy (konferencie v Toronte 1988, Riu 1992, Kjóte 1997, Buenos Aires 1998, Paríži 2015, Katoviciach 2018 atď.). Podľa Dohovoru medzi skleníkové plyny patria oxid uhličitý (CO₂), metán (CH₄), oxid dusný (N₂O) a (HCFC, PFC, SF₆), ktoré sa agregujú na základe svojho individuálneho potenciálu prispieť k skleníkovému efektu v jednotkách ekvivalent CO₂.

Skleníkový efekt je názov pre jav spočívajúci v ohriatí nižších vrstiev atmosféry v dôsledku toho, že atmosféra cez deň prepúšťa krátkovlnné slnečné žiarenie k zemskému povrchu a v noci pomerne efektívne pohlcuje dlhovlnné žiarenie Zeme a otepľuje sa. Podobný úkaz možno pozorovať v skleníkoch, odtiaľ pochádza názov. Tepelné žiarenie s väčšou vlnovou dĺžkou spätne vyžarované z povrchu planéty Zem účinne absorbuje a bráni tak jeho okamžitému úniku do priestoru vesmíru. Skleníkový efekt sa vyskytuje prirodzene na Zemi už od jej vzniku. Bez výskytu skleníkových plynov by priemerná teplota pri povrchu Zeme bola -18 °C a nie 14 °C koľko je globálny priemer dnes. Skleníkový efekt je teda nevyhnutným predpokladom života na Zemi. Antropogénny skleníkový efekt je označenie pre príspevok ľudskej činnosti k skleníkovému efektu. Je spôsobený spaľovaním fosílnych palív (uhlie, ropa..), pri ktorom vznikajú hlavné skleníkové plyny CO₂, CH₄, N₂O.... Antropogénny skleníkový efekt prispieva ku globálnemu otepľovaniu. Pre hodnotenie vplyvu skleníkových plynov na globálne otepľovanie sa používa pojem „potenciál globálneho otepľovania - GWP“, vyjadrený ako kg ekvivalentu CO₂, napr. 1 kg CH₄ = 25 kg CO_{2eq}, (100 ročný horizont) . GWP umožňuje relatívne porovnanie priamych účinkov globálneho otepľovania rôznych skleníkových plynov. GWP skleníkového plynu je funkciou dĺžky času, ktorý strávi v atmosfére do svojho rozkladu, ďalej frekvenčným rozsahom, v ktorom absorbuje žiarenie, molekulovou hmotnosťou a časovým obdobím pri ktorom sa analýza GWP uvažuje. V tabuľke č. 1 uvádza zoznam skleníkových plynov s ich časom rozkladu a s hodnotou GWP pre 20 ročné a 100 ročné obdobie, [1].

Skleníkový plyn	Doba rozkladu (roky)	GWP časový 20 rokov	horizont 100 rokov
Oxid uhličitý (CO ₂)	-	1	1
Metán (CH ₄)	12,4	84	28
Oxid dusný (N ₂ O)	121	264	265
Fluorid sírový (SF ₆)	3 200	17 500	23 500
Fluorid dusitý (NF ₃)	500	12 800	16 100

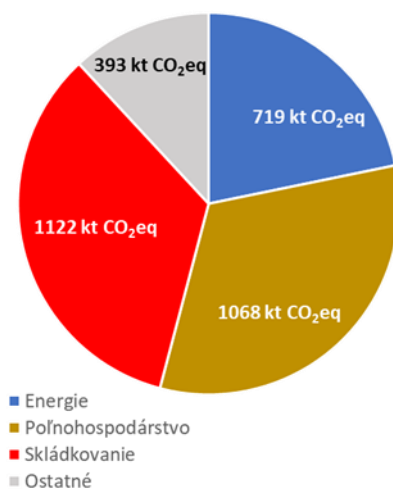
Tabuľka č. 1.: Prehľad hodnôt GWP pre vybrané skleníkové plyny pre časový horizont 20 a 100 rokov.

Európska únia čoraz viac pritvrdzuje v boji s klimatickou zmenou. Prísnejšou legislatívou určuje podmienky vo všetkých oblastiach, ktoré sú spojené s emisiami skleníkových plynov s cieľom dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050. Tento cieľ je súčasťou Európskej zelenej dohody (European Green Deal). Medzi činnosti, ktoré prispievajú k tvorbe skleníkových plynov, patrí napríklad spaľovanie fosílnych palív vrátane odpadov. Štandardné emisné faktory CO₂ pre rôzne palivá sú znázornené na obrázku 1.



Obr. 1 Štandardné emisné faktory CO₂ pre rôzne palivá, kg CO₂/GJ a v kg CO₂/t paliva, [2].

Odpadové hospodárstvo a nakladanie s odpadmi nie je výnimkou, práve naopak významnou mierou prispieva k emisiám skleníkových plynov. Jedným z kľúčových posolstiev nedávnej klimateckej konferencie OSN (COP26) v Glasgowe bolo zdôraznenie nevyhnutnosti poklesu emisií skleníkových plynov, najmä najškodlivejšieho metánu, ktorý je druhým najvýznamnejším skleníkovým plynom. Nebezpečenstvo metánu spočíva v jeho silnejšom skleníkovom efekte ako má samotný oxid uhličitý, v 20 ročnom horizonte je metán až 84 krát silnejší skleníkový plyn ako CO₂ a v 100 ročnom horizonte 28 krát. Medzi hlavných producentov metánu patria skládky, celosvetovo prispievajú k 20 % antropogénnych emisií metánu. Vzhľadom k vysokej miere skládkovania komunálneho odpadu je práve skládkovanie na Slovensku najvýznamnejší zdroj metánu. Až 34 % emisií metánu na Slovensku pochádza zo skládkovania odpadov.



Obr. 1. Emisie metánu (kt CO₂eq) v SR za rok 2019, [3]

Nedávno publikovaná štúdia spoločnosti Prognos a výskumnej organizácie CE Delf sa zameriava práve na definovanie tzv. „cestovnej mapy“ pre sektor odpadového hospodárstva smerom k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality. Štúdia poukázala na veľký význam nielen recyklovania, ale aj energetického zhodnocovania odpadu v ZEVO (Zariadenie na energetické využitie odpadu). Podľa expertov sa práve kombinácia týchto dvoch druhov zhodnocovania odpadu pri dosahovaní uhlíkovej neutrality ukazuje ako kľúčová, [4]. Hodnotenie činnosti ZEVO na zmenu klímy, vychádza z uvedenej analýzy ako aj z ďalších odborných materiálov publikovaných v poslednom období. Ako nulový variant bude uvažované skládkovanie odpadov. Skleníkové plyny emitované do atmosféry pri energetickom zhodnocovaní a skládkovaní komunálnych odpadov:

- **Skládkovanie** – rozkladom biomasy vzniká hlavne CH_4 a CO_2 , pri hodnotení na zmenu klímy sa uvažuje len s emisiami metánu;
- **Energetické zhodnocovanie** – v procese horenia vzniká majoritne CO_2 , pri hodnotení na zmenu klímy sa uvažuje len s CO_2 uvoľneným z fosílnych zdrojov komunálneho odpadu.

Skleníkové plyny vznikajúce pri skládkovaní, [5]

Hlavným zdrojom emisií v prípade skládkovania je skládkový plyn, ktorý sa skladá približne z 50 % metánu a 50 % oxidu uhličitého. Množstvo vypustených emisií závisí od množstva a zloženia odpadu, vlhkosti, teploty a prístupu kyslíka na skládke. Na rozdiel od energetického využitia, kedy sa emisie vypustia hneď pri energetickom využití odpadu, pri skládkovaní sa emisie uvoľňujú postupne s časovým oneskorením od 6 mesiacov až po dobu 100 rokov. Množstvo emisií sa tak nedá vypočítať iba na základe množstva skládkovaného odpadu v danom roku. IEP MŽP SR vypočítal potenciál produkcie metánu na základe analýz zloženia zmesového komunálneho odpadu, pričom boli zohľadnené aj zmeny v zložení komunálneho odpadu v dôsledku prijatých legislatívnych opatrení. Množstvo uhlíka v jednotlivých druhoch odpadu pochádza z odhadov EPA, rovnako ako aj miera rozpadu v hodnote 0,038, ktorá sa používa pre skládky v miernom podnebnom pásme. Predpokladá sa, že približne 10 % produkovaného metánu sa neuvoľní do atmosféry, ale zoxидуje. **Výsledná produkciu emisií sa tak odhaduje na 1,01 ton CO_2 ekvivalent na tonu skládkovaného odpadu.**

Okrem toho bolo to analýzy zahrnuté aj súčasné zachytávanie skládkového plynu. Z údajov od prevádzkovateľov skládok na Slovensku vyplýva, že iba 11 skládok aktívne zachytáva metán v skládkovom plyne, ktorý sa využíva na výrobu elektrickej energie. Tieto skládky obsahujú približne 26 % celkového skládkovaného odpadu. Podľa údajov spoločnosti MAEN, ktorá prevádzkuje systém zachytávania plynu na 8 skládkach, sa v priemere zachytí 64 % skládkového plynu. Tento údaj je v súlade so zahraničnou literatúrou, podľa ktorej sa dá zachytiť maximálne 75 % skládkového plynu. Po započítaní zachytávania skládkového plynu je možné odhadnúť, že **z 1 tony skládkovaného komunálneho odpadu sa vyprodukuje 0,88 ton CO_2 ekvivalent emisií.** Odhad SHMÚ dosahuje 0,87 ton CO_2 ekvivalent emisií.

Skleníkové plyny vznikajúce pri energetickom zhodnocovaní

Hlavným skleníkovým plynom, ktorý vzniká v procese horenia odpadu za prítomnosti kyslíka t.j. za podmienok energetického zhodnocovania odpadov v ZEVO je oxid uhličitý. Podľa francúzskej štúdie [6], ktorá detailne analyzovala zloženie komunálneho odpadu v 10 ZEVO (148 vzoriek z 2 mil. ton ZKO), sú priemerné emisie CO_2 z 1 tony zmesového komunálneho odpadu v rozmedzí od 789 do 1084 kg CO_2 eq.

Pri energetickom zhodnocovaní zmesového komunálneho odpadu je však treba rozlišovať medzi CO_2 biogénneho pôvodu a CO_2 z fosílnych palív. Oxid uhličitý, ktorý sa uvoľňuje z biomasy resp. z organickej frakcie ZKO (papier, drevo, BRO...) sa nepodieľa na klimatických zmenách a tieto emisie sa považujú za uhlíkovo neutrálne. Naopak oxid uhličitý, ktorý sa dostáva do atmosféry spaľovaním fosílnej zložky ZKO, predovšetkým plastov, má významný vplyv na skleníkový efekt a toto množstvo oxidu uhličitého vstupuje do uhlíkovej bilancie. Podľa už citovanej francúzskej štúdie je množstvo biogénneho uhlíka v komunálnom odpade v rozsahu od 53 do 63 %. **Podiel fosílného CO_2 na emisiách skleníkových plynov z energetického zhodnocovania odpadov predstavuje 0,382 kg CO_2 eq na 1 t ZKO.**

Okrem týchto priamych emisií skleníkových plynov pri hodnotení ZEVO na zmenu klímy je treba do analýzy zahrnúť aj tzv. „zabránené emisie skleníkových plynov“ resp. nepriame úspory skleníkových plynov. Energetické zhodnocovanie odpadov je spojené s výrobou elektrickej energie a tepla. Takto vzniknutá energia môže nahradiť energiu vyrobenú z fosílnych palív čo sa pozitívne prejaví v „zabránení“ vzniku emisií skleníkových plynov z týchto zdrojov. Premenou odpadu na elektrinu a teplo síce dochádza k emisii skleníkových plynov, ale na druhej strane dochádza aj k nemalej úspore emisií,

ktoré by vznikli vo väčšom množstve pri výrobe energií z klasických fosílnych zdrojov. A to v konečnom dôsledku uhlíkovú stopu energetického zhodnotenia odpadu významne znižuje. Množstvo zabránených emisií sa počíta na základe emisných faktorov CO₂ pre zodpovedajúci energetický mix v danom regióne.

Energia/palivo	Hodnota	Jednotka
Elektrina	0,169	t CO ₂ eq/MWh
Teplo	0,255	t CO ₂ eq/MWh
Zemný plyn	0,200	t CO ₂ eq/MWh

Tabuľka č. 3.: Emisné faktory energií a palív, [7].

Ďalší, zdrojom nepriamych úspor emisií skleníkových plynov je recyklácia kovov zo škvary. Škvára je tuhý zvyšok z procesu energetického zhodnocovania odpadov, ktorý obsahuje kovy. Tieto kovy sa pred ďalším nakladaním so škvarou, získavajú a následne recyklujú. Vďaka tomu, že odpad sa stáva zdrojom, dochádza k ušetreniu energie a úsporám pri výrobe primárneho materiálu a teda k „zabráneniu“ vzniku emisií skleníkových plynov. Podiel železných kovov v škvare sa pohybuje na úrovni 5-7 %, množstvo škvary je cca 20 % zo vstupného množstva ZKO (vlastné bilancie KOSIT a.s.). V prípade nulového variantu by tieto kovy, ktoré sú súčasťou zmesového komunálneho odpadu skončili bez využitia na skládke.

Zdroj	Hodnota	Jednotka
Prognos [4]	- 1 279	kg CO ₂ eq/t
Eunomia [8]	- 1 806	kg CO ₂ eq/t
IEP [7]	- 1 630	kg CO ₂ eq/t

Tabuľka č. 4.: Emisné faktory pre zabránené emisie CO₂ pri recyklácii železných kovov.

Rekapitulácia vstupných údajov a limitov pre porovnanie dopadov na zmenu klímy navrhovaného variantu t.j. energetické zhodnotenie odpadov v ZEVO a nulového variantu t.j. skládkovanie.

- zmena navrhovanej činnosti v rozsahu modernizácie a zabezpečenia prevádzkovej stability ZEVO so spracovateľskou kapacitou 100 tis. ton odpadov ročne;
- v ZEVO bude zhodnocovaný len nerecyklovateľný odpad;
- ako pomocné palivo pri nábehu a odstávke sa použije zemný plyn s ročnou spotrebou 200 000 m³ (konzervatívny odhad);
- ZEVO bude prevádzkované v režime kombinovanej výroby elektrickej energie a tepla;
- predpokladaná hrubá elektrická účinnosť ZEVO > 25 %;
- predpokladaná energetická účinnosť > 0,65;
- podiel biomasy v ZKO = 53 %;
- do analýzy vplyvov vstupujú len emisie CO₂ z fosílnych frakcie ZKO;
- do analýzy vplyvov vstupujú zabránené emisie CO₂ pochádzajú z náhrady energií vyrobených z fosílnych zdrojov (emisné faktory podľa tabuľky č. 3) a z recyklácie železných kovov zo škvary (emisný faktor Prognos, tabuľka č. 4);
- obsah železných kovov v škvare je 4,5 %;
- modelovanie emisií zo skládkovania, vychádza z režimu prevádzky skládky so zachytávaním metánu;
- GWP je použitý pre časový horizont 100 rokov;
-

Položka	Rozmer	Množstvo	Emisný faktor CO ₂ eq	Emisie CO ₂ t/rok
<i>Skládkovanie</i>				
Množstvo odpadu	t/rok	100 000	0,88 t CO ₂ eq/t	88 000
SPOLU EMISIE CO₂				88 000
<i>Energetické zhodnotenie</i>				
Množstvo odpadu	t/rok	100 000	0,382 t CO ₂ eq/t	38 200
Pomocné palivo – zemný plyn	m ³ /rok	200 000	0,200 t CO ₂ eq/MWh	422
Elektrická energia – externý výstup	MWh/rok	49 000	- 0,169 t CO ₂ eq/MWh	- 8 281
Tepló – externý výstup	MWh/rok	53 000	- 0,255 t CO ₂ eq/MWh	- 13 515
Železné kovy zo škvary - recyklácia	t/rok	1 040	- 1,279 t CO ₂ eq/t	- 1 330
SPOLU EMISIE CO₂				15 496

Tabuľka č. 5.: Bilancia emisií oxidu uhličitého

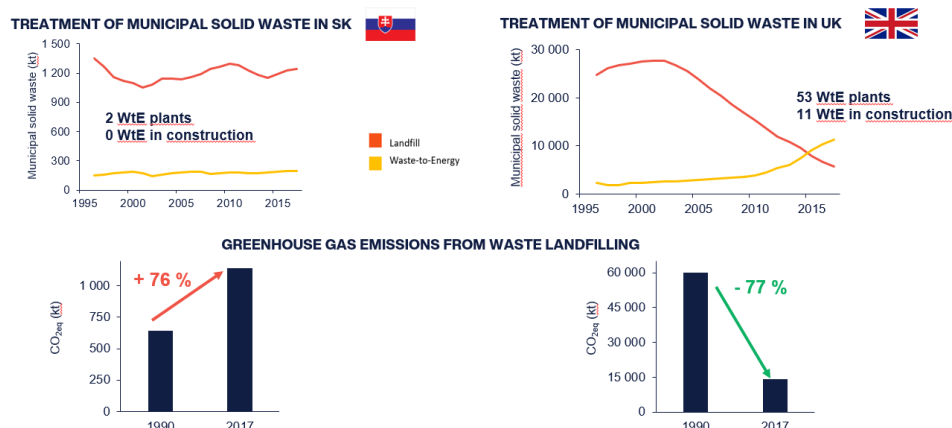
Zariadenie na energetické zhodnotenie odpadov produkuje určité množstvo elektrickej energie a tepla. Tieto energie nahrádzajú primárne fosílné zdroje potrebné na jej výrobu, čím sa zabráni tvorbe skleníkových plynov pri spaľovaní týchto fosílnych palív. Do analýzy vplyvov na zmenu klímy vstupuje toto množstvo skleníkových plynov, ktorých vzniku sa zabránilo, ako negatívna hodnota t.j. nahradené emisie.

Pre účel bilancie sa zohľadňuje len energia dodaná externému odberateľovi t.j. v prípade elektrickej energie predpokladané množstvo odovzdané do elektrickej siete VSD a v prípade tepla je to predpokladané množstvo tepla vyvedeného do systému CZT TEKO. Uvedené množstvá dodanej energie vychádzajú z teoretických modelov, ktoré zohľadňujú dodržanie podmienok pre úroveň energetickej účinnosti súvisiacej s najlepšimi dostupnými technikami BAT-AEEL a energetickej účinnosti vyššej ako 0,65 v zmysle § 18, ods.1, písm. b) zákona č. 75/2015 o odpadoch a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

ZÁVER:

Na základe dostupných vedeckých štúdií a na základe technologických parametrov pripravovanej linky K3 v rámci ZEVO Košice bol vyhodnotený vplyv tejto investície na zmenu klímy. Výsledky vedeckých štúdií jasne preukazujú, že v dôsledku odklonu odpadov zo skládok smerom k energetickému zhodnocovaniu dochádza k výraznému poklesu emisií oxidu uhličitého. Tento fakt potvrdzuje aj reálna situácia v krajinách kde budovaním moderných ZEVO dosiahli význame zníženie emisií skleníkových plynov zo sektora odpadového hospodárstva. Ako príklad je možné uviesť situáciu vo Veľkej Británii, kde vybudovanie modernej infraštruktúry odpadového hospodárstva, vrátane ZEVO, prispelo k odklonu odpadov zo skládok a k zníženiu emisií CO₂ zo sektora odpadového hospodárstva za posledných 30 rokov o 77 %. Naopak v SR neustálym rozširovaním kapacít skládok sa za posledných 30 rokov emisie oxidu uhličitého v sektore odpadového hospodárstva zvýšili o viac ako 70 %.

Pri energetickom zhodnocovaní odpadov dochádza uvoľneniu energie skrytej v odpade, ktorá sa následne transformuje na elektrickú energiu a teplo a tie sú schopné nahradiť energie vyrábané z fosílnych palív a zabrániť tak emisiám CO₂, ktoré vznikajú pri ich spálení. Ďalší benefit pre zmiernenie zmeny klímy poskytuje škvara, ktorá môže nahrádzať primárne suroviny v stavebníctve (v predmetnom hodnotení tento príspevok nebol uvažovaný) a kovy získané zo škvary pri ich recyklácii opäť významne znižujú uhlíkovú stopu.



Obr. 2. Porovnanie nakladania s odpadom v SR a UK a vplyv na emisie CO₂ zo sektoru odpadového hospodárstva, Eurostat 2021, [9].

Skládkovanie komunálneho odpadu je spojené s tvorbou silného skleníkového plynu – metánu. Pri uvažovanom množstve komunálneho odpadu sa uvoľní 88 000 ton CO_{2eq}. Ak sa rovnaké množstvo komunálneho odpadu zhodnotí energeticky budú emisie CO_{2eq} len na úrovni 15 496 ton.

Celkový vplyv na zmenu klímy v prípade odklonu 100 tis. ton komunálneho odpadu zo skládky na energetické zhodnotenie je zabránenie vzniku viac ako 72 000 ton CO_{2eq}.

Každá tona komunálneho odpadu, ktorá neskončí na skládke ale sa využije v ZEVO zabráni emisiám skleníkových plynov na úrovni 725 kg CO_{2eq}.

Emisie CO _{2eq} zo ZEVO s kapacitou 100 000 t komunálneho odpadu		
Emisie CO ₂ netto	(t CO ₂ /rok)	15 496
Emisie CO ₂ netto	(kg CO ₂ /t odpadu)	155
Emisie CO _{2eq} zo skládkovania 100 000 t komunálneho odpadu		
Emisie CO _{2eq}	(t CO ₂ /rok)	88 000
Emisie CO _{2eq}	(kg CO ₂ /t odpadu)	880

Tabuľka 6.: Porovnanie emisií skleníkových plynov pri nakladaní so 100 tis. ton komunálneho odpadu v ZEVO a na skládke.



Obr. 3. Vplyv na zmenu klímy zariadenia na energetické zhodnocovanie odpadov ZEVO.

Literatúra:

- [1] Romanov V.: Geologic Formation, Carbon Management and Industry. Green Energy and Technology, Januar 2018.
https://www.researchgate.net/publication/320549783_Clay_Geologic_Formations_Carbon_Management_and_Industry
- [2] https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-03/documents/emission-factors_mar_2018_0.pdf
- [3] <https://oeab.shmu.sk/app/cmsSiteBoxAttachment.php?ID=80&cmsDataID=0>
- [4] <https://www.cewep.eu/prognos-study-release-january-2022/>
- [5] https://www.minzp.sk/files/iep/co_s_ba_odpadom.pdf
- [6] <https://librairie.ademe.fr/energies-renouvelables-reseaux-et-stockage/4007-determination-des-contenus-biogene-et-fossile-des-ordures-menageres-residuelles-et-d-un-csr-a-partir-d-une-analyse-14c-du-co2-des-gaz-de-post-combustion.html>
- [7] https://www.minzp.sk/files/iep/metodika_uhlikova_stopa.pdf
- [8] <https://www.eunomia.co.uk/wp-content/uploads/2015/11/Technical-Appendices-EN-1.pdf>
- [9] <https://www.eea.europa.eu/publications/annual-european-union-greenhouse-gas-inventory-2021>

Vypracoval: Ing. Ladislav Halász, PhD.

Košice, 15.04.2022