

Vykazovanie projekcií emisií skleníkových plynov 2020–2050

Projections of greenhouse gas emissions 2020–2050

Gabriela Gaálová

Jitka Slámová

Český hydrometeorologický ústav
oddělení Národní inventarizační systém
Na Šabatce 2050/17, 143 06 Praha 4
✉ gabriela.gaalova@chmi.cz
✉ jitka.slamova@chmi.cz

Greenhouse gas projections are the key tool for the Czech Republic's efforts to comply with international climate change targets. The GHG projections take into account various sectors, including energy, industrial processes and product use (IPPU), agriculture, land use, land-use change and forestry (LULUCF), and waste. Future GHG emissions are projected using the WEM (With Existing Measures) and WAM (With Additional Measures) scenarios. According to the findings, total emissions are expected to fall by 78.29 Mt CO₂-eq by 2050 under the WAM scenario, representing a 63% decrease compared to the last reported emissions in 2020 (124.34 Mt CO₂-eq). Under the WEM scenario, a decrease of 71.23 Mt CO₂-eq is expected, i.e. 57%. The Energy sector is a significant contributor to emissions, accounting for 67.1% of total emissions in 2020; however, policies encouraging the growth of nuclear power and the transition to renewables are expected to reduce emissions in this sector. Industry and Agriculture also account for a significant share of emissions, but emissions are likely to fall in the future, especially of fluorocarbons in the Industry sector.

KLÍČOVÉ SLOVÁ: emisie antropogénne – plyny skleníkové – projekcie – sektor

KEYWORDS: anthropogenic emissions – greenhouse gases – projections – sector

1. Úvod

Projekcie skleníkových plynov (GHG – greenhouse gas) sú predpovedané odhady budúcich emisií skleníkových plynov v krajine určované na základe mnohých potenciálnych zmien v činnostiach, ktoré emisie ovplyvňujú (Wartmann et al. 2021). Česká republika, tak ako všetky štáty Rámcového dohovoru Organizácie Spojených národov o zmene klímy (UNFCCC),

je povinná dodržiavať medzinárodné opatrenia na zmiernenie zmeny klímy spôsobenej antropogénnou činnosťou, v rámci ktorých musí pravidelne zverejňovať aj projekcie skleníkových plynov. Reportingom projekcií ČR naplňa aj svoje záväzky ako členský štát EÚ podľa článku 18 nariadenia č. 2018/1999. Za plnenie a odovzdanie tohto reportingu zodpovedá Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ), ktorý ho každý druhý rok vykazuje Európskej komisii a sekretariátu Rámcovej úmluvy OSN o zmene klímy, a tie to následne využijú pri vytváraní dodatočných právnych predpisov a politických opatrení na zníženie emisií alebo zvýšenie prepadov (záchyto) skleníkových plynov. Projekcie emisií sa spravidla delia do niekoľkých kategórií, pre ktoré sú vhodné zvolené konkrétne výpočtové modely: Energetika, Priemyselné procesy a využitie produktov (IPPU), Poľnohospodárstvo, Lesníctvo a zmena využívania pôdy (LULUCF) a Odpady. Na ich určenie sa využívajú dva scenáre: scenár WEM (s existujúcimi opatreniami, z angl. With Existing Measures) a scenár WAM (s dodatočnými opatreniami, z angl. With Additional Measures). Oba tieto scenáre vychádzajú ako z údajov najnovšej ročnej inventarizácie emisií (prebieha každý rok), tak aj zo súčasných pravidiel a plánovaných predpisov. Zatiaľ čo WEM reflektuje súčasný stav opatrení, WAM zahŕňa nové, ambicióznejšie ciele a opatrenia, ktoré sú potrebné na dosiahnutie cieľov Fit for 55. Projekcie vždy začínajú posledným rokom zahrnutým v národnej správe o inventarizácii skleníkových plynov, musia zahŕňať minimálne 15 rokov po nasledujúcom roku deliteľnom piatimi a povinné je projektovať každý piaty rok. Momentálne sa kvôli snahe naplniť ciele EÚ projektujú emisie až do roku 2050 – podľa Parížskej dohody sa EÚ zaviazala do r. 2030 znížiť emisie GHG v porovnaní s r. 1990 o 55 % a dosiahnuť klimatickú neutralitu do r. 2050.

1.1 Právny rámec

Účastníci UNFCCC a Kjótskeho protokolu sú povinní predkladať dvojročnú správu (Biennial report), rozhodnutie 2/CP.17 (UNFCCC 2012), a Národné sdelení (National communication) každé štyri roky, rozhodnutie 9/CP.16 (UNFCCC 2011), s cieľom poskytnúť informácie o ich perspektívach, emisiách a iných faktoroch ovplyvňujúcich globálne otepľovanie. Musia taktiež poskytnúť ročnú inventúru všetkých antropogénnych emisií skleníkových plynov a ich záchyto, na ktoré sa nevzťahuje Montrealský protokol. Okrem toho bol na základe Parížskej dohody vytvorený Rámec pre rozšírenú transparentnosť (Enhanced Transparency Framework), vďaka ktorému je umožnené sledovať pokrok medzi zúčastnenými stranami (UNFCCC 2012). V záujme dosiahnutia dlhodobých cieľov sa od každého členského štátu vyžaduje aj zverejnenie jeho klimatických opatrení po roku 2020 každých päť rokov (UNFCCC 2016) a EÚ nedávno ratifikovala aj Európsku zelenú dohodu, ktorá je právne záväzná od roku 2021. S cieľom dosiahnuť klimatickú neutralitu do roku 2050 (EU 2021) stanovuje

Tab. 1 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov (GHG) – WEM a WAM (vrátane LULUCF).

Table 1. Reported and projected emissions of GHG – WEM and WAM (including LULUCF).

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie						Rozdiel [%]			
	1990	2005	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	1990–2025	1990–2030	1990–2040	1990–2050
WEM – AR4	188,02	139,75	125,56	97,10	82,77	69,73	64,76	60,56	52,56	–48,35	–55,98	–65,56	–72,04
WAM – AR4	188,02	139,75	125,56	96,01	80,98	57,39	51,24	48,44	45,54	–48,94	–56,93	–72,75	–75,78
WEM – AR5	190,19	140,68	124,34	97,92	83,52	70,41	65,38	61,15	53,11	–48,51	–56,09	–65,62	–72,08
WAM – AR5	190,19	140,68	124,34	96,83	81,71	58,06	51,82	48,97	46,05	–49,09	–57,04	–72,76	–75,79

Poznámka: uvádzané hodnoty včetně GWP z AR5 jsou převzaty z NIR 2023.

Note: reported values including GWPs from AR5 are taken from NIR 2023.

cieľ znížiť čisté emisie skleníkových plynov o minimálne 55 % do roku 2030 (implementované v balíku Fit for 55). Fit for 55 zahŕňa rôzne opatrenia a regulácie, ktoré majú priamy vplyv na spôsob, akým sa krajiny snažia dosiahnuť svoje ciele v oblasti znižovania emisií. Tento balíček zvyšuje ambície v oblasti znižovania emisií, čo sa prejavuje v rozdieloch medzi scenármi WEM a WAM. Obsahuje návrhy na revíziu systému obchodovania s emisnými povolenkami (EU ETS), zavedenie ETS2 pre budovy a dopravu, zvýšenie energetickej efektívnosti a podielu obnoviteľných zdrojov, čo sú všetko opatrenia, ktoré sú zahrnuté v scenári WAM (Fakta o klimatu 2024).

1.2 Politiky a opatrenia

Za politiku, vypracovanie národných stratégií a reportov v súvislosti so zmenou klímy a správou EU ETS (Systém EÚ na obchodovanie s emisnými kvótami) v ČR zodpovedá Ministerstvo životného prostredia v spolupráci s Ministerstvom průmyslu a obchodu, ktoré má na starosti národnú politiku v oblasti energetiky. V marci 2017 schválila vláda ČR tzv. Politiku ochrany klimatu (MŽP 2017), ktorá nahradila Národní program na zmírnění dopadů změny klimatu v ČR z roku 2004. Prvýkrát bol do takéhoto typu vládneho dokumentu zapracovaný aj dlhodobý výhľad na postupný prechod k redukcii emisií do roku 2050 stanovením záväzných a indikatívnych cieľov zníženia emisií pre jednotlivé oblasti, ktoré budú dosiahnuté nákladovo efektívnym spôsobom. Pre podporu opatrení na zníženie emisií sú využívané európske štrukturálne a investičné fondy a príjmy z aukcií generované systémom EU ETS (ČHMÚ 2023).

2. Predpokladané emisie skleníkových plynov podľa plynu a zdroja

V rámci projekcií musí byť reportovaný národný súčet podľa sektora a podľa plynu, so zmenou využívania pôdy a lesným hospodárstvom (LULUCF) (Wartmann et al. 2021). Používa sa štandardná metrika CO₂ ekv., ktorá je v súlade s Národnou správou o inventarizácii skleníkových plynov. Celkové emisie skleníkových plynov sú teda vypočítané ako súčet emisií CO₂, N₂O, CH₄, HFCs, PCFs, SF₆ a NF₃ vyjadrených v CO₂ ekv.¹

¹ Celkové emisie skleníkových plynov sa vykazujú v ekvivalente oxidu uhličitého (CO₂ ekv.). Na prepočet emisií plynu na CO₂ ekv. sa jeho emisie vynásobia potenciálom globálneho otepľovania (GWP). Potenciál chemikálie na globálne otepľovanie vyplýva z jej radiačného pôsobenia a dĺžky životnosti v atmosfére (McLinden et al. 2014).

V poslednom reporte projekcií emisií skleníkových plynov boli použité nové hodnoty GWP podľa nariadenia EÚ 2020/1044, schválené v rámci piatej hodnotiacej správy IPCC (AR5). Pri použití GWP z AR4 sú celkové predpokladané emisie skleníkových plynov v priemere 0,65 Mt CO₂ ekv. nižšie ako celkové hodnoty s GWP z AR5 (ČHMÚ 2023) – pozri tab. 1.

Tab. 1 a obr. 1 poskytujú prehľad výsledkov najnovších projekcií z roku 2023. V projekciách boli vykazované údaje o emisiách skleníkových plynov aktualizované na základe poslednej dostupnej inventarizácie skleníkových plynov (NIR) v roku 2022, ktorá zahŕňa emisie skleníkových plynov za rok 2020. Celkové emisie skleníkových plynov pre scenár WEM sa odhadujú na 83,52 Mt CO₂ ekv. v roku 2030, resp. na 53,11 Mt CO₂ ekv. v roku 2050, čo predstavuje 51%, resp. 72% pokles v porovnaní s emisiami v roku 1990. Scenár WAM predpokladá, že celkové emisie skleníkových plynov budú 81,71 Mt CO₂ ekv. v roku 2030, resp. 46,05 Mt CO₂ ekv. v roku 2050, čo predstavuje 57%, resp. 76% pokles v porovnaní s emisiami v roku 1990. (ČHMÚ 2023).

Rozdiel medzi scenármi WEM a WAM je spôsobený najmä vďaka dodatočným opatreniam v sektoroch energetiky a odpadov (viď kapitoly 2.1, 2.5).

Na obr. 2 a obr. 3 je viditeľná distribúcia celkových skleníkových plynov (súčet všetkých skleníkových plynov vyjadrených ako CO₂ ekv.) podľa sektorov za rok 2020 (počiatočný rok projekcií – obr. 2) a za rok 2050 (scenár WEM – obr. 3). Najväčší podiel na celkových emisiách skleníkových plynov mala

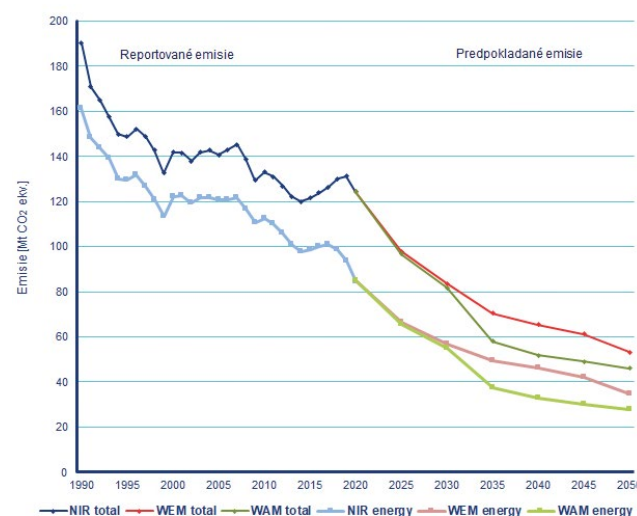
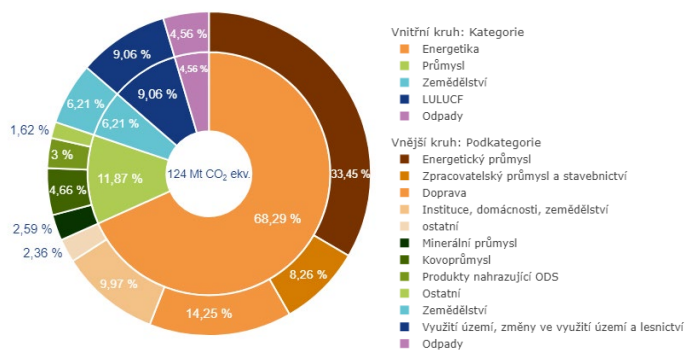
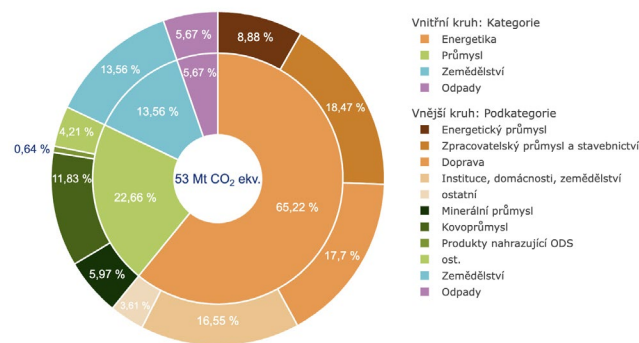
**Obr. 1 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov (GHG) – scenáre WEM a WAM (vrátane LULUCF).**

Fig. 1. Reported and projected GHG emissions – WEM, WAM scenarios (including LULUCF).



Obr. 2 Percentuálne zastúpenie emisií z jednotlivých sektorov za rok 2020 (počiatočný rok projekcií).

Fig. 2. The breakdown of total greenhouse gases (the sum of all greenhouse gases) by sector in 2020 (basic year for projections). Note: ODS – ozone depleting substances.



Obr. 3 Percentuálne zastúpenie emisií z jednotlivých sektorov za rok 2050, podľa scenára WEM. Poznámka: Súčet percent kategórií činí viac ako 100 %, pretože súčasťou grafického spracovania nie je kategória LULUCF, ktorá predstavuje tzv. prepady emisií skleníkových plynov (pôsobí ako zachytávač emisií skleníkových plynov).

Fig. 3. The breakdown of total greenhouse gases (the sum of all greenhouse gases) by sector in 2050, WEM scenario. Note: The sum of the percentages of the categories is more than 100%, because the LULUCF category is not part of the graphic processing while representing the so-called greenhouse gas sinks (acting as an absorbent of greenhouse gas emissions).

v roku 2020 energetika (68%, z toho je 97% spaľovanie palív), ale v budúcnosti je očakávaný pokles spôsobený najmä poklesom emisií z verejnej výroby elektriny a tepla. V rámci sektora priemyslu (12% z celkových emisií v r. 2020) sa súčasná legislatíva zameriava najmä na znižovanie emisií F-plynov, najmä fluórovaných uhľovodíkov (HFCs), ktoré sa vo veľkej miere používajú v chladiacich a klimatizačných systémoch. V poľ-

nohospodárstve (6% v r. 2020) majú emisie tendenciu klesať vďaka používaniu syntetických hnojív, čo vedie k zníženiu emisií oxidu dusného z poľnohospodárskej pôdy. Sektor LULUCF bol do roku 2017 jediný sektor, ktorý pôsobil ako zachytávač skleníkových plynov, od roku 2018 pôsobí ako emitent – za rok 2020 zaberá 9% emisií v dôsledku súčasných výskytov skazovného podkôrneho hmyzu a s tým spojeným odumieraním smrekov. Pravdepodobne to tak zostane až do roku 2030, potom by však mal opäť získať svoju úlohu zachytávača. V sektore odpadov (5% v r. 2020) sa do roku 2050 očakáva mierny pokles emisií skleníkových plynov, hlavne vďaka zvýšenému zachytu skládkového plynu metánu (ČHMÚ 2023).

2.1 Energetika

Ako už bolo uvedené skôr, sektor energetiky sa zo 68% podieľa na celkových emisiách skleníkových plynov. Zníženie emisií v tomto sektore je preto absolútne kľúčové.

Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií jednotlivých plynov pre scenár WEM je uvedené v tab. 2. Na modelovanie prognóz emisií bol použitý model TIMES-CZ (všetky kategórie okrem dopravy) a model COPERT (doprava). V rámci scenára WEM sa očakáva zníženie emisií o 65% zo 163,2 kt CO₂ ekv. v roku 1990 na 54,7 kt CO₂ ekv. v roku 2030, resp. zníženie o 79% na 34,6 kt CO₂ ekv. v roku 2050 a v rámci scenára WAM pokles o 66%, resp. 83%. Hlavný rozdiel medzi scenármi WEM a WAM je vyššia cena uhlíkových kreditov v EU ETS, zavedenie ETS2 (pre budovy a dopravu) a rýchlosť vyradovania hnedého a čierneho uhlia (scenár WAM nepočíta s ich používaním po roku 2035). Vypočítaný rozdiel medzi scenármi WEM a WAM k roku 2050 je 6,73 Mt CO₂ ekv. (ČHMÚ 2023).

Štátna energetická politika je hlavným strategickým nástrojom pre energetiku ČR. V rokoch 2030 až 2040 predpokladá zrušenie väčšiny uhoľných elektrární a ich nahradenie jadrovými elektrárnami. V roku 2040 by sa na výrobu elektriny malo využívať zo 46–58% jadrové palivo a z 18–25% obnoviteľné a sekundárne zdroje. Systém EU ETS spolu so smernicou o priemyselných emisiách by mali prinútiť emisných znečisťovateľov nielen postupne vyradiť a zrekonštruovať niektoré menej účinné a zastarané zariadenia, ale aj prejsť na čistejšie palivá, ako sú napr. zemný plyn alebo biomasa. Zvažuje sa taktiež rozšírenie EU ETS na budovy a dopravu (ETS2) od roku 2026 (ČHMÚ 2023). V roku 2033 bude ukončená ťažba hnedého uhlia a uhlie už nebude viac využívané na výrobu elektriny a tepla a hlavnými náhradami čierneho uhlia a lignitu budú obnoviteľné zdroje energie a zemný plyn (ČHMÚ 2023). Scenár WAM potom predpokladá vyššie vstupy biomasy a odpadového paliva na výrobu tepla a elektrickej energie.

Dôležitým dokumentom ČR ako členského štátu je Vnitrostátny plán v oblasti energetiky a klimatu (NECP), v ktorom stanovené záväzky berú do úvahy úsporu energie a podiel obnoviteľných zdrojov na celkovom energetickom mixe.

Tab. 2 Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií GHG podľa plynov – scenár WEM.

Table 2. Breakdown of reported and projected emissions of GHG by gases – WEM scenario.

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie						Rozdiel [%]			
	1990	2005	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	1990–2025	1990–2030	1990–2040	1990–2050
CO ₂	147,11	113,03	80,69	62,79	53,30	45,98	43,03	39,27	32,44	-57,32	-63,77	-70,75	-77,95
CH ₄	13,28	7,18	3,27	3,10	2,76	2,81	2,48	2,26	1,78	-76,68	-79,22	-81,29	-86,58
N ₂ O	0,79	0,66	0,62	0,46	0,39	0,37	0,35	0,34	0,23	-42,36	-51,05	-56,07	-71,51
Total	161,18	120,87	84,58	66,34	56,44	49,16	45,86	41,87	34,45	-58,84	-64,98	-71,54	-78,63

Tab. 3 Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií GHG podľa plynov v IPPU – scenár WEM.

Table 3. Breakdown of reported and projected emissions of GHG by gases in IPPU – WEM scenario.

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie					Rozdiel [%]			
	1990	2005	2020	2025	2030	2035	2040	2050	1990–2025	1990–2030	1990–2040	1990–2050
CO ₂	15,65	12,39	10,72	11,42	11,41	11,31	11,26	11,16	–26,99	–27,06	–28,03	–28,70
CH ₄	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	29,97	31,60	31,53	31,54
N ₂ O	0,35	0,31	0,39	0,41	0,41	0,42	0,42	0,43	11,67	15,23	19,42	22,73
HFCs	NO	1,07	4,02	2,41	1,38	0,86	0,67	0,34	NA	NA	NA	NA
PFCs	NO	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	NA	NA	NA	NA
SF ₆	0,08	0,11	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	–20,33	–40,05	–53,01	–61,38
NF ₃	NO	NO	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	NA	NA	NA	NA
Total	17,11	14,83	15,22	14,42	13,37	12,75	12,51	12,08	–15,71	–21,84	–26,87	–29,41

Poznámka: F-plyny HFCs, PFCs, NF₃ sa v ČR nepoužívali od roku 1990, ale až od r. 1995, ktorý je ich referenčným rokom, a preto v tabuľke nie je vypočítaný ich pokles (emisie sú vykazované ako nevyskytujúce sa, angl. not occurring) (ČHMÚ 2020; IPCC 2006).

Note: F-gases HFCs, PFCs, and NF₃ have not been used in the Czech Republic since 1990, but only since 1995, which is their reference year, and therefore their decrease is not included in the table (emissions are reported as not occurring) (CHMI 2020; IPCC 2006).

Z dopravy by do roku 2050 mali v porovnaní s rokom 2020 emisie výrazne klesnúť – vyplýva to aj zo zmeny palív v prospech tých s nižším obsahom uhlíka, z povinnej zvýšenej energetickej účinnosti nových osobných automobilov a z vyššieho podielu elektrických a hybridných vozidiel; efekt má tiež regulácia CO₂ osobných a dodávkových vozidiel a podpora biopalív. Hlavnou príčinou poklesu konečnej spotreby energie v domácnostiach je zatepľovanie a revitalizácia rodinných, panelových a iných kolektívnych bytov (ČHMÚ 2023).

2.2 Priemyselné procesy a používanie produktov

Sektor Priemyslu zahŕňa emisie z technologických procesov (nezahŕňa spaľovanie palív používaných na dodávku energie na ich vykonávanie).

V ČR pre tento sektor zatiaľ nie sú žiadne dodatočné opatrenia, preto je dostupný iba scenár WEM. V prípade emisií fluórovaných uhľovodíkov HFCs je pokles až 91 % v roku 2050 v porovnaní s rokom 2020. Nie je pravdepodobné, že by sa v ČR rapidne znížila výrobná kapacita pre hlavné produkty, akými sú vápno, cement alebo čpavok, a preto je pokles emisií skleníkových plynov do roku 2050 len veľmi mierny, ovplyvnený najmä politickými opatreniami o zákaze F-plynov (MŽP 2022). Čo sa týka výroby železa, v spoločnosti Liberty Ostrava a. s. došlo k redukcii vysokých pecí, čím sa jeho výrobná kapacita výrazne zníži (bude zohľadnené v rámci nasledujúcich projekcií 2025). Podľa súčasných projekcií sa očakáva, že celkové emisie sa v roku 2050 znížia o 29 % v porovnaní s rokom 2020, resp. o 21 % v porovnaní s rokom 2020 (tab. 3). V prípade emisií fluórovaných uhľovodíkov HFCs je pokles až 91 % v roku 2050 v porovnaní s rokom 2020.

Scenár WEM zahŕňa politiky a opatrenia o spotrebe F-plynov, konkrétne zohľadňuje nariadenie EÚ č. 517/2014 o fluórovaných skleníkových plynov (HFCs), smernicu 2006/40/ES o emisiách z klimatizačných systémov motorových vozidiel a Kigalský dodatok Montrealského protokolu o znížení používania HFCs (ČHMÚ 2023).

Ďalším z legislatívnych nástrojov pre tento sektor je Zákon č. 76/2002 Sb. o integrovaných prevenciách a o omešovaní znečistení, ktorý transponuje legislatívu EÚ (smernica 2010/75/EU, o priemyselných emisiách IPPC). Nariadenie vyžaduje, aby priemyselné a poľnohospodárske činnosti s vysokým poten-

ciálom znečistenia mali povolenie, ktoré je im vydané len pri plnení určitých environmentálnych podmienok. Dôležitým nástrojom je koncept „BAT“ (z angl. Best Available Techniques), teda najlepšie dostupné techniky, ktoré predstavujú výrobné postupy najšetrnejšie k životnému prostrediu, ktoré sú použiteľné za štandardných technických a ekonomických podmienok a vedú k zvýšeniu energetickej efektívnosti výroby (ČHMÚ 2023).

2.3 Poľnohospodárstvo

V tomto sektore sa v súčasnosti neplánujú žiadne ďalšie opatrenia na zníženie emisií skleníkových plynov, preto boli vypočítané hodnoty iba pre scenár WEM. V porovnaní s emisiami v roku 1990 poklesli emisie z poľnohospodárstva o 49 % z 15,51 Mt CO₂ na 7,84 Mt CO₂ do roku 2020, pričom ďalší predpokladaný pokles je ešte o 1 % do r. 2030 a o 5 % do r. 2050 na hodnotu 7,03 Mt CO₂. (ČHMÚ 2023). V poľnohospodárstve si teda predpokladané emisie zachovávajú mierne klesajúci trend, čo zobrazuje aj obr. 4.

Vychádzajúc z emisií vykázaných za obdobie 1990–2020 je síce predikovaný malý nárast populácie hospodárskych zvierat a nárast intenzity vápnenia, zároveň však dochádza k postupnému znižovaniu emisií aplikovaním menšieho množstva syntetických hnojív na poľnohospodársku pôdu (ČHMÚ 2023). Vzhľadom na relatívne malý podiel poľnohospodárstva (6,3 %) na celkových emisiách skleníkových plynov v ČR však nie je vplyv týchto emisných zmien na vývoj celkových emisií až taký významný (MŽP 2022).

Väčšina politik, opatrení a cieľov vychádza zo Strategického plánu spoločnej zemědělské politiky ČR na obdobie 2023–2027, na základe ktorého sa zvýši výmera tzv. precízneho poľnohospodárstva² o 500 tis. ha/rok a plochy ekologicky obhospodarovanej pôdy o 7 %/rok. (ČHMÚ 2023).

² Precízne poľnohospodárstvo je komplexný systém agrotechnických opatrení, ktorý využíva informačné a navigačné technológie na špecifické zásahy do pestovania rastlín na základe ich aktuálnych potrieb a regionálnych podmienok. Týmto spôsobom sú dosiahnuté vysoké ekologické, energetické a ekonomické prínosy pri ochrane a dlhodobej udržateľnosti kultúrnej krajiny (Profi Press 2010).

2.4 Využívanie pôdy a lesníctvo (z angl. Land Use, Land-Use Change and Forestry, LULUCF)

V rámci emisnej inventarizácie je LULUCF špecifický sektor, pretože ako jediný dokáže priamo kompenzovať emisie CO₂ v dôsledku fotosyntetickej fixácie uhlíka v rastlinách a zväčšovaním jeho zásob v jednotlivých ekosystémoch.

V súčasnosti je vývoj lesov dominantne ovplyvňovaný disturbaniami (suchom spôsobený úbytok ihličnatých lesných porastov a napadnutie podkôrnym hmyzom), a preto je akákoľvek projekcia lesných zdrojov emisií veľmi neistá. S tým súvisiaci nárast sanitarnej ťažby v roku 2018 premenil lesnú pôdu a celý sektor LULUCF na významný zdroj skleníkových plynov (ČHMÚ 2020). Od roku 1990 je to prvýkrát počas celého vykazovaného obdobia. České lesné hospodárstvo preto v súčasnosti presadzuje krízový manažment namiesto konvenčne plánovanej činnosti riadenej lesnými hospodárskymi plánmi s trvaním 10 rokov (MŽP 2022). Výsledkom by mala byť rýchlejšia premena produktívnych, ale nestabilných ihličnatých porastov na odolnejšie, prevažne listnaté a zmiešané lesy. V roku 2050 sa predpokladá zníženie podielu smrekových porastov zo súčasných 45 % na menej ako 28 % a proporcionálne zvýšenie podielu listnatých drevín (ČHMÚ 2023).

Kvôli neistotám spojeným s riešením a vývojom tohto bezprecedentného narušenia lesného hospodárstva bol vyvinutý iba scenár WEM (obr. 5). Podľa tohto scenára budú v roku 2050 predpokladané celkové emisie zo sektora LULUCF -3,78 Mt CO₂. Množstvo emisií je do značnej miery určené zmenami zásob uhlíka v lesnej pôde a príspevkom z produktov z vyťaženej dreva. Projekcie po roku 2020 sú založené na pozorovaných trendoch a na postupnom znižovaní zmien využívania pôdy špecifických pre jednotlivé kategórie do roku 2050 (MŽP 2022). Z hľadiska bilancie emisií skleníkových plynov je najdôležitejšou kategóriou tohto sektora lesná pôda.

Lesníctvo je v Českej republike upravené zákonom č. 289/1995 Sb. o leších, ktorý síce nie je zameraný konkrétne na uhlíkovú bilanciu, ale jeho ustanovenia nepriamo ovplyvňujú uhlíkový rozpočet, emisie a odstraňovanie skleníkových plynov. Štátna

lesnícka politika do roku 2035 zahŕňa opatrenia na zmiernenie vplyvu očakávaných globálnych klimatických zmien a extrémnych meteorologických podmienok, ktoré cieľia na vytváranie odolnejších lesných ekosystémov podporou diverzifikovaného lesného porastu. Viaceré z týchto opatrení sa priebežne realizujú podľa vyhlášky č. 298/2018 Sb. o zpracovávaní oblastných plánů rozvoje lesů a o vymezení hospodářských souborů, ktorá napomohla napríklad zvýšiť minimálny podiel zveľadovania a stabilizácie drevín (novo aj smrekovca a duglasky) v lesných porastoch, alebo zaviedla finančnú podporu pre pionierske druhy drevín urýchľujúce obnovu lesov. (ČHMÚ 2023).

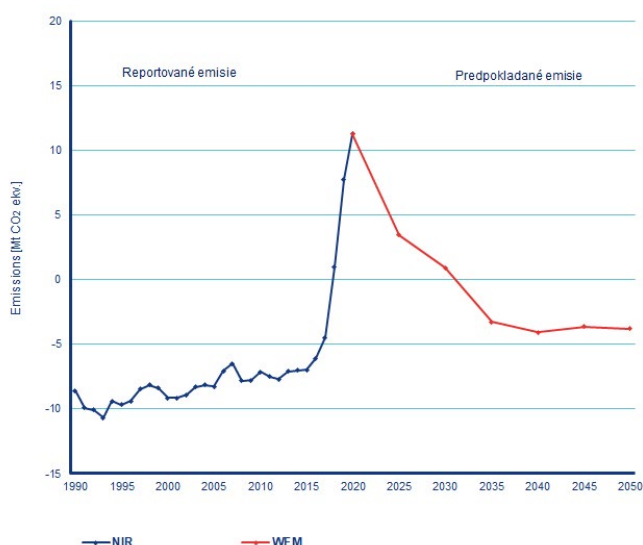
2.5 Odpady

Sektor odpadov zahŕňa emisie skleníkových plynov z antropogénnych činností spojených so všeobecným odpadovým hospodárstvom.

Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií jednotlivých plynov pre scenár WEM je uvedené v tab. 4.

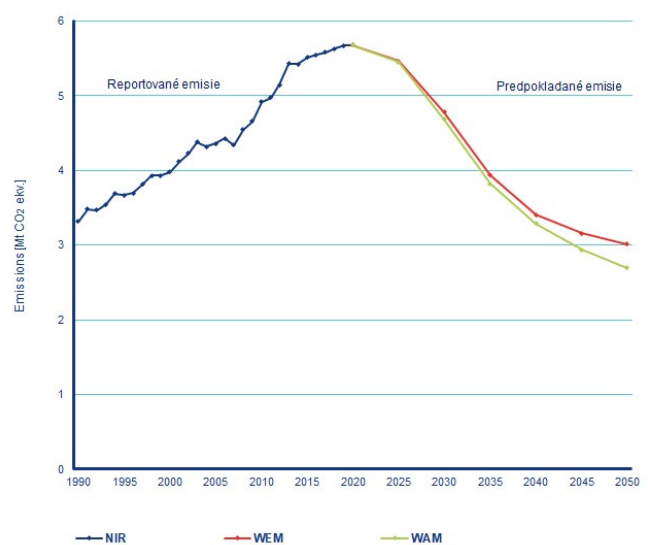
V ČR emisie z odpadu rastú v dôsledku organického uhlíka, ktorý sa hromadí na skládkach, zvyšujúceho sa množstva vyprodukovaného tuhého komunálneho odpadu a nepriaznivých možností jeho spracovania. V poslednom období sa tento trend začal meniť a pozorujeme miernu stagnáciu emisií zo skládok, ktoré sú kľúčovým zdrojom emisií skleníkových plynov z tohto sektora v ČR. Nižšia produkcia skleníkových plynov je spôsobená najmä zvýšeným zachytávaním skládkového plynu (angl. landfill gas, LFG) (ČHMÚ 2023). V odpadovom hospodárstve však stále v súčasnosti prevláda skládkovanie, postupne je však dopĺňované aj o ďalšie aktivity, ako sú napríklad recyklácia odpadu, separovaný zber odpadu, kompostovanie a energetické zhodnocovanie.

Ako scenár WEM, tak aj scenár WAM (obr. 6) predpokladá, že do roku 2050 budú emisie z odpadov klesať (v porovnaní s r. 2020). Podľa WEM by mali medzi rokmi 2020 a 2050 celkové emisie z odpadu klesnúť z 5,14 Mt CO₂ ekv. o 46 % na 2,78 Mt CO₂ ekv. a podľa WAM o 51 % na 2,5 Mt CO₂ ekv. (ČHMÚ 2023). Pri porovnaní s referenčným rokom 1990 je pokles v roku 2050 pre scenár WEM len 8 % a pre scenár WAM 17 %.



Obr. 5 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov v LULUCF – scenár WEM.

Fig. 5. Reported and projected GHG emissions in LULUCF – WEM scenario.



Obr. 6 Reportované a predpokladané emisie skleníkových plynov v Odpadoch – scenáre WEM a WAM.

Fig. 6. Reported and projected GHG emissions in Waste – WEM, WAM scenario.

Tab. 4 Rozdelenie reportovaných a predpokladaných emisií GHG podľa plynov v Odpadoch – scenár WEM.

Table 4. Breakdown of reported and projected emissions of GHG by gases in Waste – WEM scenario.

[Mt CO ₂ ekv.]	Reportované emisie			Predpokladané emisie							Rozdiel [%]			
	1990	2005	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	1990–2020	1990–2030	1990–2040	1990–2050
CO ₂	0,02	0,10	0,10	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	422,85	541,05	659,25	777,44
CH ₄	2,76	3,61	4,64	4,75	4,55	3,91	3,14	2,64	2,40	2,25	72,30	41,79	-4,19	-18,31
N ₂ O	0,23	0,24	0,25	0,28	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,35	17,85	29,23	39,61	50,28
Total	3,01	3,96	4,98	5,14	4,95	4,34	3,60	3,12	2,90	2,78	70,38	44,12	3,62	-7,70

Scenár WEM je založený na predpoklade, že produkcia komunálneho odpadu a skládokovanie mierne poklesne a namiesto toho sa navýši podiel kompostovania a energetického zhodnocovania (MŽP 2014), všetko v rámci 10% limitu skládokovania do roku 2035 stanoveného v balíku o obehovom hospodárstve (Circular Economy Package, CEP) (MŽP 2022). Rozdiel medzi scenármi WEM a WAM spočíva vo zvýšenej obnove LFG, tvoreného prevažne metánom CH₄, ktorá je v scenári WAM výraznejšia kvôli silnejšiemu tlaku trhu s obnoviteľnými zdrojmi (ČHMÚ 2023).

Snaha o zníženie emisií prebieha plnením záväzkov EÚ v rámci balíka o obehovom hospodárstve (COM/2015/0614) a iných vnútroštátnych opatrení národnej odpadovej politiky. Opatrenia na energetické využitie odpadu ovplyvnia aj priemyselný odpad, ktorý vzniká v iných odvetviach. V rámci CEP vstúpil v roku 2018 do platnosti revidovaný legislatívny rámec o odpadoch, ktorý zahŕňa spoločné ciele EÚ: recykláciu 65 % komunálneho odpadu do roku 2035 a 70 % odpadu z obalov do roku 2030; ďalej zníženie skládokovania na maximálne 10 % komunálneho odpadu do roku 2035; posilnenie povinnosti triedeného zberu na nebezpečný odpad z domácností (do konca roku 2024), bioodpad (do konca roku 2023), textil (do konca roku 2024) atď. (ČHMÚ 2023).

Česká legislatíva je v tejto oblasti z veľkej časti založená na legislatíve EÚ, ktorá má priamy vplyv na emisie skleníkových plynov z odpadu. Zahŕňa smernicu o skládkach odpadov (1999/31/ES) a smernicu o odpadoch (2008/98/EÚ). Dôležitú rolu hrajú aj EU ETS a smernica o dani z energie, ktoré poskytujú priamu a nepriamu podporu pri zhodnocovaní LFG a výrazne tak ovplyvňujú emisie zo skládok (ČHMÚ 2023). Kľúčovým nástrojom je taktiež Plán odpadového hospodárstva (POH) na roky 2015–2024, ktorý stanovuje ciele, politiky a opatrenia odpadového hospodárstva v ČR v súlade s princípmi trvalo udržateľného rozvoja (ČHMÚ 2023). Podľa tohto plánu niektoré kategórie odpadov (recyklovateľné a zhodnotiteľné odpady) od roku 2024 nebude možné ukladať na skládky a postupne sa bude zvyšovať poplatok za ich skládokovanie. Tým sa dosiahne menšie množstvo odpadu z príslušných kategórií ukladaných na skládky.

3. Záver

Energetický sektor je významným prispievateľom (68 %) k celkovým emisiám skleníkových plynov, preto je tu zníženie emisií absolútne kľúčové. Hlavný rozdiel medzi scenármi WEM a WAM v tomto sektore spočíva vo vyššej cene uhlíkových kreditov, zavedení ETS2 pre budovy a dopravu a rýchlejšom vyradzovaní uhlia, pričom WAM scenár predpokladá jeho úplné vyradenie po roku 2035. Do roku 2050 by podľa týchto scenárov mohlo dôjsť k výraznému zníženiu emisií, a to aj vďaka

štátnej energetickej politike, ktorá plánuje nahradenie uhoľných elektrární jadrovými a obnoviteľnými zdrojmi.

Celkovo sa predpokladá, že emisie skleníkových plynov budú klesať pre scenáre WEM aj WAM. Rozdiel medzi scenárom WEM a WAM je spôsobený dodatočnými opatreniami v energetickom a odpadovom sektore. Celkové emisie skleníkových plynov pre scenár WEM sa odhadujú na 53,11 Mt CO₂ ekv. v roku 2050, čo predstavuje 72 % pokles emisií v porovnaní s rokom 1990. Pre scenár WAM sa predpokladá, že celkové emisie skleníkových plynov v roku 2050 budú predstavovať 46,05 Mt CO₂ ekv., čo predstavuje 76 % pokles emisií v porovnaní s rokom 1990. Podrobnejšie informácie možno nájsť v dokumente o projekciách skleníkových plynov (Integrated reporting on greenhouse gas policies and measures and on projections in the Czech Republic) (ČHMÚ 2023).

Podľa posledných reportovaných projekcií skleníkových plynov a klimatických opatrení Česká republika spĺňa cieľ balíčka Fit for 55, ktorým je zníženie týchto emisií do roku 2030 o 55 % (oproti r. 1990). Pripravujú sa však ďalšie legislatívne iniciatívy, na základe ktorých by mali byť celkové emisie v budúcnosti ešte nižšie. Nasledujúce projekcie budú pravdepodobne ovplyvnené novými dostupnými technológiami (ako napr. zachytávanie a skladovanie CO₂ a elektrické pece).

Podakovanie:

Všetky dáta použité v článku vychádzajú z najnovšej aktuálnej správy o prognózach emisií skleníkových plynov od roku 2023 (ČHMÚ 2023). Na tvorbe dát sa podieľali L. Rečka (COŽP UK), E. Krtková (ČHMÚ) za sektor energetiky, J. Dufek (MOTRAN Research, s. r. o.) za sektor dopravy, E. Kočí a Z. Rošková (ČHMÚ) za sektor IPPU; J. Beranová (IFER) za sektor poľnohospodárstva; E. Cienciala, R. Mašková, J. Melichar (IFER) za sektor LULUCF; R. Saarikivi (ČHMÚ) za sektor odpadov.

Literatúra:

- ČHMÚ, 2020. National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 11. 2023]. ISBN 978-80-7653-001-0. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/NIR/CZE_NIR-2020-2018_UNFCCC_complete_ISBN.pdf.
- ČHMÚ, 2022. National Greenhouse Gas Inventory Report of the Czech Republic [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 11. 2023]. ISBN 978-80-7653-035-5. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/documents/461895>.
- ČHMÚ, 2023. Integrated reporting on greenhouse gas policies and measures and on projections in the Czech Republic [online]. Český hydrometeorologický ústav [cit. 10. 11. 2023]. ISBN 978-80-7653-055-3. Dostupné z WWW: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/nis/projections/Projections_GHG_2023_CZ_final_ISBN.pdf.

- EU, 2021. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality [online]. EU[cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj>.
- FAKTA O KLIMATU, licencovaný pod CC BY 4.0, 2024. Co je Fit for 55 [online]. Fakta o klimatu [cit. 12. 7. 2024]. Dostupné z WWW: <https://faktaoklimatu.cz/infografiky/fit-for-55>.
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [online]. National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T. a Tanabe, K. ISBN 4-88788-032-4 [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>.
- MCLINDEN, M. O., KAZAKOV, A. F., STEVEN BROWN, J., DOMANSKI, P. A., 2014. A thermodynamic analysis of refrigerants: Possibilities and tradeoffs for Low-GWP refrigerants [online]. *International Journal of Refrigeration*, Vol. **38**, s. 80–92. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.09.032>.
- MPO, 2019. National Energy and Climate Plan of the Czech Republic [online]. Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-03/cs_final_necp_main_en_0.pdf.
- MZe, 2023. Precizní zemědělství [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://eagri.cz/public/portal/mze/poradenstvi-a-vyzkum/precizni-zemedelstvi>.
- MŽP, 2014. Waste Management Plan of the Czech Republic for the period 2015–2024 [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_aj.
- MŽP, 2017. Politika ochrany klimatu v České republice [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://www.mzp.cz/cz/politika_ochrany_klimatu_2017.
- MŽP, 2022. Eighth National Communication of the Czech Republic under the United Nations Framework Convention on Climate Change including Supplementary Information pursuant to Article 7.2 of the Kyoto Protocol [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NC8_BR5_UNFCCC_CZE.pdf.
- PROFI PRESS, 2010. Precizní zemědělství a jeho přínosy [online]. Odborný a stavovský týdeník Zemědělec [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://zemedelec.cz/precizni-zemedelstvi-a-jeho-prinosy/>.
- UNFCCC, 2011. Decision 9/CP.16: National communications from Parties included in Annex I to the Convention [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2010/cop16/eng/07a02.pdf>.
- UNFCCC, 2012. Decision 2/CP.17: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Long-term Cooperative Action under the Convention [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/resource/docs/2011/cop17/eng/09a01.pdf>.
- UNFCCC, 2016. Decision 1/CP.21: Adoption of the Paris Agreement [online]. United Nations Framework Convention on Climate Change [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/10.pdf>.
- WARTMANN, S., SHELDON, D., WATTERSON, J., 2021. Projections of Greenhouse Gas Emissions and Removals: An Introductory Guide for Practitioners [online]. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, Berlin [cit. 10. 11. 2023]. Dostupné z WWW: <https://unfccc.int/documents/358238>.

Lektoři (Reviewers):

Ing. Pavel Machálek, Ing. Barbora Votavová, Ph.D.