



Uhlíkovo neutrálne Slovensko do roku 2050

Analýza scenárov vývoja emisií skleníkových plynov v Slovenskej republike

Bratislava

Jún 2022

Vychádza v rámci projektu podporeného Európskou klimatickou nadáciou (ECF). Názory vyjadrené v tejto správe a informácie sú výlučne názormi autorov a nemusia nevyhnutne predstavovať stanovisko ECF, nadácia nenesie zodpovednosť za použitie prezentovaných informácií.

Členovia projektového tímu:

RNDr. Dušana Dokupilová, PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

Mgr. Richard Filčák, MSc. PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

Ing. Katarína Korytárová, PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

Ing. Eduard Nežinský, PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

Autorky správy:

RNDr. Dušana Dokupilová, PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

Ing. Martina Repíková (externá doktorandka, Fakulta Managementu UK)

Ing. Katarína Korytárová, PhD. (Prognostický ústav CSPV SAV)

© Bratislava, Prognostický ústav, Centrum spoločenských a psychologických vied, Slovenská akadémia vied, 2022



© Foto na obálke: Ing. Katarína Korytárová, PhD.

Ako citovať túto správu:

Dokupilová, D., Repíková, M., & Korytárová, K. (2022). Uhlíkovo neutrálne Slovensko do roku 2050. Finálna správa z projektu podporeného Európskou klimatickou nadáciou (ECF). Jún 2022.

Kontakt:

dusana.dokupilova@savba.sk

Publikácia neprešla jazykovou úpravou.

Obsah

1. Úvod	4
2. Metodológia	6
3. Nízkouhlíková budúcnosť Slovenska v roku 2050	9
4. Výsledky scenárovej sektorovej analýzy do roku 2050	13
4.1. Sektor Budovy	13
4.2. Sektor Doprava	21
4.3. Sektor Energetika	27
4.4. Sektor Priemysel	33
4.5. Sektor Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy (AFOLU)	37
5. Záver a odporúčania	42
Zoznam použitých skratiek	45
Zoznam použitej literatúry	46

Upozornenie

Správa sumarizuje výsledky modelovania pre Slovenskú republiku k 1.6.2022 na základe modelu „2050 Pathways Explorer“, ktorý vyvinula spoločnosť Climact. Tento model je živým modelom, na ktorom sa stále pracuje. Preto údaje uvedené v správe nemusia dokonale zodpovedať výsledkom analýz na základe aktuálnej voľne dostupnej online verzii tohto online nástroja. Model „2050 Pathways Explorer“ je dostupný na webovej stránke <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

Podakovanie

Pri príprave modelu nám cennými informáciami a konzultáciami pomohli mnohí experti. Chceli by sme poďakovať najmä p. Jánovi Pribulovi zo Združenia automobilového priemyslu SR a p. Radoslavovi Jonášovi zo Združenia pre výrobu a využitie biopalív.

1. Úvod

Uhlíková neutralita sa javí ako základné a nevyhnutné smerovanie celej spoločnosti, bez ktorej je budúcnosť výrazne neistá. Touto prácou chceme prispieť k širšiemu poznaniu a pochopeniu previazanosti jednotlivých častí ekonomiky a aj aktivít jednotlivcov.

Cieľ EÚ a SR – uhlíková neutralita do roku 2050

V roku 2019 si EÚ stanovila cieľ dosiahnuť uhlíkovú neutralitu do roku 2050 (ER, 2019), pričom táto ambícia je súčasťou Európskej zelenej dohody (EK, 2019). To znamená, že do roku 2050 sa bude musieť výrazne znížiť produkcia skleníkových plynov a zvyšné množstvo týchto emisií sa bude musieť vykompenzovať záchytom uhlíka (prírodným alebo technickým). Nakoľko ide o veľmi ambiciózne cieľ, je potrebné nastoliť účinné opatrenia a politiky tak, aby ho v danom časovom horizonte bolo možné dosiahnuť. V roku 2019 bol v SR schválený Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 – 2030 (NECP), (MH SR, 2019), ktorý predstavuje plán na dosiahnutie dovtedy platných cieľov v oblasti energetickej efektívnosti, obnoviteľných zdrojov energie (OZE) a zmeny klímy do roku 2030. NECP vychádza pri plánovaní z Nízkouhlíkovej stratégie rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (NÚS SR), (MŽP SR, 2020).

Stratégia na dosiahnutie cieľa uhlíkovej neutrality však zatiaľ pripravená nebola. Aké dodatočné opatrenia je potrebné realizovať v dlhodobom horizonte, aby SR mohla dosiahnuť tento ambiciózne cieľ?

Cieľ správy

Cieľom tejto správy je poskytnúť odbornej a laickej verejnosti informácie o možnostiach vývoja slovenskej ekonomiky a jej jednotlivých sektorov za predpokladu, že emisie skleníkových plynov v SR budú v roku 2050 vyrovnané. Tým môže správa a (voľne dostupný) model, na základe ktorého bola vytvorená, prispieť k formovaniu informovanému formovaniu opatrení a politik v oblasti energetickej efektívnosti, obnoviteľných zdrojov energie a zmeny klímy.

Správa bola financovaná zo zdrojov Európskej klimatickej nadácie (European Climate Foundation - ECF). Zahŕňa výsledky modelovania pre SR z modelu „2050 Pathways Explorer“, na ktorom spolupracovala Slovenská akadémia vied (SAV) spolu s organizáciou Climact.

Správa ani model nemajú za cieľ nahrádzať a ani iným spôsobom konkurovať príprave scenárov a stratégií na národnej úrovni. Naopak, môže byť komplementárnym nástrojom na zlepšovanie existujúceho poznania. Najmä tým, že je model voľne dostupný, bude mať odborná aj laická verejnosť prístup k online nástroju, pomocou ktorého je možné pripraviť nové scenáre energeticko-emisného vývoja slovenskej ekonomiky.

Použitý model

„2050 Pathway Explorer“ je komplexným modelom systému energetických tokov v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva (budovy, priemysel, doprava, energetický sektor,

poľnohospodárstvo a lesníctvo). Pokrýva nielen premenu a spotrebu energie a s nimi súvisiace emisie skleníkových plynov, ale aj záchyty skleníkových plynov. Model pripravila organizácia Climact, pričom jeho príprava bola inšpirovaná na základe modelu EUCalc, GlobalCalc a iných výpočtových modelov (LIFE Plan Up, 2021). Model zahŕňa deväť krajín EÚ (stav v máji 2022) a neustále sa rozširuje. Nástroje ako je tento model dávajú možnosť preskúmať veľké rozmedzie možností pre mitigáciu, a pritom testovať širokú škálu potenciálnych opatrení, a to tak technologických, ako aj behaviorálnych (LIFE Plan Up, 2021).

2. Metodológia

Určenie objemu emisií skleníkových plynov vyprodukovaných v rámci krajiny ako následok hospodárskej činnosti ale aj prirodzených procesov vyžaduje komplexný prístup podporený robustným modelom.

Model „**2050 Pathways Explorer**“ je komplexným modelom systému energetických tokov v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva (budovy, priemysel, doprava, energetický sektor, AFOLU). Prepája dopyt po energii, materiáloch, produktoch, pôde a potravinách a s nimi súvisiace emisie skleníkových plynov, ale aj záchyty skleníkových plynov. Model pripravila organizácia Climact v rámci projektu Horizont 2020 „EUCalc“.¹ Jeho príprava bola inšpirovaná na základe modelu EUCalc, GlobalCalc a iných výpočtových modelov (LIFE Plan Up 2021). Model zahŕňa viacero krajín EÚ. Nástroje, ako je tento model, umožňujú preskúmať veľké rozmedzie možností pre mitigáciu, a pritom testovať širokú škálu potenciálnych opatrení, a to tak technologických, ako aj behaviorálnych (LIFE Plan Up 2021). Model nezahŕňa ekonomickú analýzu.

Model je komplementárny k iným makroekonomickým modelom typu General equilibrium models (ako sú PRIMES, TIMES/MARKAL) alebo sektorovo špecifickým modelom. Nakoľko strategické dokumenty ako Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030 (MH SR 2019) a Nízkouhlíková stratégia rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (MŽP SR 2020) sú vytvorené na základe výhľadového modelu Compact Primes Model (CPM) pre Slovensko, možno trajektórie vývoja emisií v jednotlivých oblastiach získané z výhľadového modelu „2050 Pathways Explorer“ považovať za komplementárne k poznatkom v týchto strategických dokumentoch. Model CPM bol vytvorený počas spoločného projektu Ministerstva životného prostredia SR a Svetovej banky v roku 2019 a predikuje dlhodobé scenáre vývoja emisií skleníkových plynov a spotrebu energie v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva.

Ako zdrojovú základňu model „2050 Pathways Explorer“ využíva údaje z databáz Eurostat a IDEES (JRC 2018) upravenú na základe národných štatistík. Dôležitou súčasťou modelu sú tzv. „levers“, resp. „páky“, ktorými sa nastavujú hlavné faktory, ktoré majú významný vplyv na spotrebu energie a produkciu emisií skleníkových plynov. Práve tieto páky slúžia pre prípravu scenárov.

Model je voľne dostupný na online platforme.² To umožňuje prístup širokej odbornej ako aj laickej verejnosti k modelu, jeho predpokladom a pákam. Zároveň tento online nástroj umožňuje pripraviť nové (napr. bezemisné) scenáre na základe vlastných predpokladov o budúcom vývoji v oblasti technológií, zdrojov ale aj správania sa spotrebiteľov. Ako výsledok online nástroj v reálnom čase poskytuje informáciu o vývoji spotreby energie a emisií skleníkových plynov, ktoré vznikajú v ekonomike pri zvolených hodnotách parametrov.

Pri dlhodobých výhľadových analýzach sa mnoho štandardných ekonomických modelov založených na optimalizácii (napr. nákladov) dostáva pod tlak a vzniká veľká neistota pri presnosti ich prognóz. Model „2050 Pathways Explorer“ sa snaží minimalizovať takéto neistoty. Jednak definuje postupnosť výpočtov na základe prirodzených hospodárskych vzťahov medzi materiálmi,

¹ <https://www.european-calculator.eu/>

² Model „2050 Pathways Explorer“ je voľne dostupný na stránke: <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

energiou, pôdou a emisiami. Pri tom využíva najnovšie vedecké poznatky a znalosti odborníkov v jednotlivých odvetviach pri špecifikácii národných pomerov. A zároveň tým, že je to otvorený online nástroj, dáva možnosť aj iným užívateľom vytvárať vlastné scenáre.

Model pre Slovenskú republiku vznikol na základe spolupráce s organizáciou Climact a bol podporený Európskou klimatickou nadáciou (ECF).

Postup prác pri analýze scenárov pre Slovenskú republiku

V rámci prípravy modelu pre SR sa postupovalo v nasledovných krokoch:

- **Kontrola a doplnenie historických údajov** – model zahŕňa štatistické údaje pre spotrebu energie pre jednotlivé sektory národného hospodárstva, ktoré boli prevzaté z databáz IDEES a EUROSTAT. Tieto národný tím kontroloval, prípadne dopĺňal na základe oficiálnych štatistických údajov, ako aj iných sektorovo špecifických dodatočných údajov a konzultácií s odborníkmi.
- **Kontrola hraničných hodnôt „leverov“ (pák)** – jednotlivé páky, ktoré sú súčasťou modelu a boli nastavené na základe hodnôt spoločných pre krajiny EÚ alebo špecificky pre príslušnú krajinu, sa kontrolovali a upravovali na podmienky SR.
- **Zrkadlenie oficiálnych scenárov SR** – oficiálne scenáre, ktoré sú súčasťou vládou schválených materiálov (NECP, MH SR 2019 a NUS SR, MŽP SR 2020) boli namodelované v modeli „2050 Pathways Explorer“ tak, aby zrkadlili tieto scenáre.
- **Príprava (nového) bezemisného scenára ZEM** – prostredníctvom nastavenia rôznych pák v jednotlivých sektoroch bol pripravený nový bezemisný scenár ZEM pre SR.
- **Porovnanie scenára WAM approx s bezemisným scenárom ZEM** – nový scenár ZEM bol porovnaný s „proxy“ scenárom WAM (t.j. scenárom, ktorý bol základom pre prípravu NECP a NUS SR).
- **Odporúčania** - na základe porovnania scenárov WAM a ZEM boli pripravené návrhy opatrení na dosiahnutie uhlíkovej neutrality v SR do roku 2050, a to pre každý sektor.

V online nástroji „2050 Pathway Explorer“ je pripravených niekoľko scenárov:

- **WEM approx** – scenár zrkadliaci model WEM (With Existing Measures – referenčný scenár), t.j. scenár s opatreniami existujúcimi do roku 2016, ktorý bol použitý v Integrovanom národnom klimatickom a energetickom pláne SR na roky 2021-2030 (INKEP, MH SR 2019) a v Nízkouhlíkovej stratégii rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050 (NUS SR, MŽP SR 2020).
- **WAM approx** - scenár zrkadliaci model WAM (With Additional Measures), t.j. scenár s ďalšími opatreniami použitý v NECP (MH SR 2019) a v NUS SR (MŽP SR 2020).
- **Zero Emission scenario (ZEM)** – bezuhlíkový scenár Slovenska vytvorený v rámci tohto projektu, ktorý zahŕňa opatrenia pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050.
- **Ambitious Scenario (AS)** – scenár nastavený na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2040. Scenár sa pripravuje.

Demografické predpoklady

Demografické predpoklady sú pre jednotlivé scenáre odlišné. V referenčnom scenári WEM sa uvažuje s miernym nárastom počtu obyvateľov Slovenskej republiky zo súčasných 5,4 milióna na 5,52 miliónov v roku 2050. Trendom je sťahovanie sa z obcí do miest (podiel počtu obyvateľov v urbanizovaných oblastiach mierne narastie na 54% v roku 2050). Jednu priemernú domácnosť budú v roku 2050 tvoriť 2,2 človeka (v porovnaní s priemernou veľkosťou domácnosti 2,79 členov v roku 2015). Demografický trend poklesu počtu obyvateľov je zapracovaný v scenári WAM, ktorý predpokladá pokles obyvateľov o 3,2% na 5,25 milióna obyvateľov v roku 2050, pričom priemerná domácnosť bude mať 2,2 členov. Podobné nastavenie má aj scenár ZEM.

Benefity modelu „2050 Pathways Explorer“

Prínosom modelu je možnosť zvoliť si víziu rozvoja SR do roku 2050 a pomocou pák vytvoriť vlastný scenár, ktorý umožní otestovať dopady nových opatrení, či zmenu existujúcich, a ich prepojenosť v celom systéme. Takéto testovanie možností v rámci celého systému môže urýchliť prijímanie ťažších rozhodnutí, ako je napríklad rýchlejší odklon od využívania fosílnych palív a možnosť implementovať ich alternatívnu náhradu, ako sú napríklad tepelné čerpadlá, solárna, či fotovoltická energia a iné. Jednotlivé scenáre nie sú nákladovo optimalizované, čo prináša výhody posúdenia všetkých možností – aj tých, u ktorých nie je ešte jasné nákladové smerovanie.

Bližšie informácie k modelu sú na stránke: <https://pathwaysexplorer.climact.com/faq>.

Upozornenie

Tento model je živým modelom, ktorý sa ďalej vyvíja. Výsledky a grafy uvádzané v tejto štúdii zodpovedajú stavu modelu k 1. júnu 2022. Z tohto dôvodu nemusia dokonale zodpovedať výsledkom analýz prostredníctvom online nástroja dostupného na webovej stránke <https://pathwaysexplorer.climact.com>.

Model nezahŕňa štrukturálne zmeny, ku ktorým dochádza, resp. môže dôjsť, a to tak ekonomického, sociálneho alebo geopolitického charakteru. Medzi ne patria aj vojenské konflikty, ako napr. konflikt na Ukrajine, a s ním spojené sankcie EÚ na energetické suroviny dovážané z Ruskej federácie. Sankcie ovplyvnia obchodné dohody a prepravné trasy, a taktiež môžu urýchliť technologické zmeny a transformáciu sektora energetiky. Vplyv na celý systém ekonomiky má aj obmedzenie obchodných stykov a výrazný nárast inflácie, ktoré menia štandardné správanie sa väčšiny subjektov v hospodárstve. Tieto zmeny v správaní spotrebiteľov sú však modelovateľné prostredníctvom nastavení jednotlivých premenných – tzv. „pák“ a ich smerovania, vďaka ktorým môžeme uvažovať o rôznych možných scenároch budúceho vývoja.

Všetky inak neoznačené grafy v tomto dokumente pochádzajú z online nástroja „2050 Pathways Explorer“.

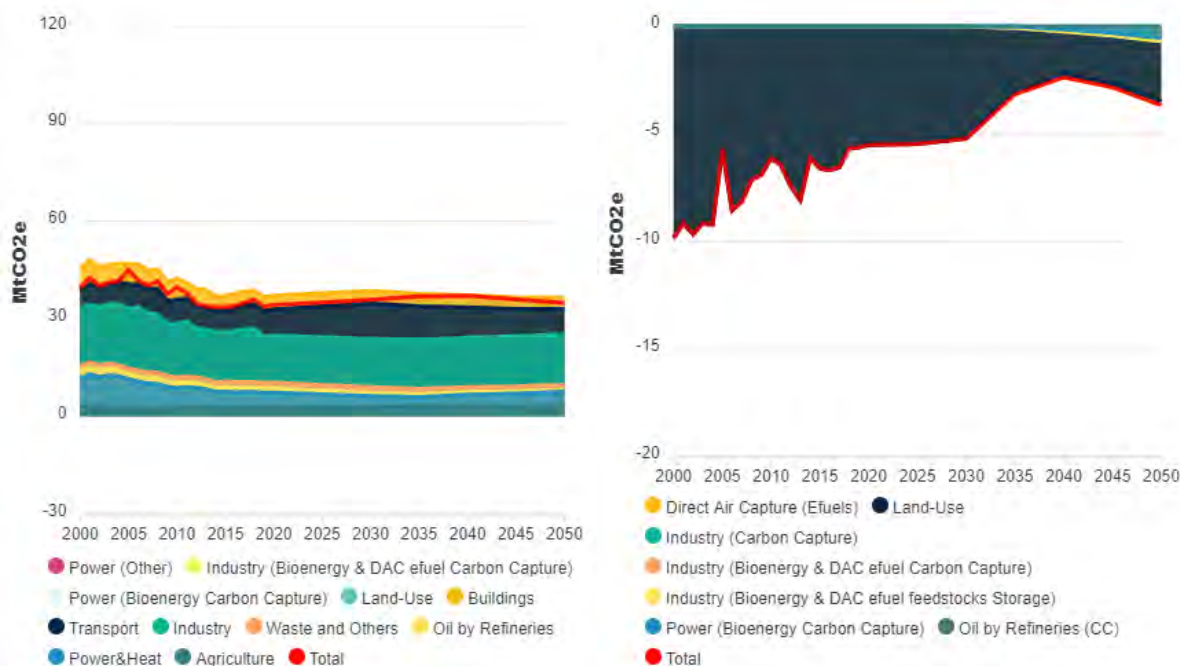
3. Nízkouhlíková budúcnosť Slovenska v roku 2050

Klimatická zmena je spôsobená zvýšenou koncentráciou emisií skleníkových plynov. Inventarizáciu týchto plynov vyprodukovaných na území Slovenskej republiky pripravuje každoročne Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ) podľa metodiky Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy (UNFCCC) (SHMÚ, 2022). Inventarizácia tvorí základnú bázu historických dát využitých pre modelovanie nízkouhlíkovej budúcnosti v NECP, NUS SR aj pre „2050 Pathways Explorer“. Emisie sú v modeli „2050 Pathways Explorer“ modelované podľa sektorov – budovy, doprava, energetika, priemysel, odpadové hospodárstvo, poľnohospodárstvo a LULUCF (využívanie pôdy, zmeny vo využívaní pôdy a lesné hospodárstvo).

Referenčný scenár (WEM)

Emisie skleníkových plynov v SR po roku 1991 výrazne klesli a i keď sa počas posledných desiatich rokov objavili aj medziročné prírastky vplyvom hospodárskeho rastu, emisie v SR majú klesajúcu tendenciu v dôsledku sprísňovania národnej legislatívy, zmeny štruktúry priemyslu, ako aj zmeny spotrebiteľského správania (SHMÚ, 2022).

Obrázok 1: Vývoj celkových emisií skleníkových plynov a záchytov uhlíka na území SR (scenár WEM)



Pozn.: Vľavo: Power (Other) – Elektrická energia (iné), Industry (Bioenergy & DAC eFuel Carbon Capture) – Priemysel (Záchyty bioenergie, priame záchyty a syntetické palivá), Power (Bioenergy Carbon Capture) – Elektrická energia (záchyty bioenergie), Land-Use – Pôdohospodárstvo, Buildings – Budovy, Transport – Doprava, Industry – Priemysel, Waste and others - Odpad a iné, Oil by Refineries – Ropa a ropné produkty, Power&Heat – Elektrická energia a vykurovanie, Agriculture - Poľnohospodárstvo, Total - Spolu

Vpravo: Direct Air Capture (efuels) – priame záchyty (syntetické palivá), Land-Use – Pôdohospodárstvo, Industry (Carbon Capture) – Priemysel (záchyty uhlíka), Industry (Bioenergy & DAC eFuel Carbon Capture) – Priemysel (Záchyty bioenergie, priame záchyty a syntetické palivá), Industry (Bioenergy & DAC eFuel feedstocks storage) – Priemysel (Záchyty bioenergie, priame záchyty a uskladnenie medziproduktov), Power (Bioenergy Carbon Capture) – Elektrická energia (záchyty bioenergie), Oil by refineries (CC) – záchyty uhlíka rafinériách, Total - Spolu

V roku 2020 boli emisie skleníkových plynov na úrovni 34,3 MtCO₂e. Až 42% emisií pochádzalo z priemyslu (14,48 MtCO₂e). Energetika sa podieľala 25% (8,51 MtCO₂e) a doprava 24% (8,12 MtCO₂e). V sektore budov sa vytvorilo 12% (4,23 MtCO₂e) a v poľnohospodárstve 7% emisií skleníkových plynov (2,4 MtCO₂e). Tento scenár tiež predpokladá, že emisie skleníkových plynov v sektore Odpady poklesnú o 20%.

Emisie skleníkových plynov sú čiastočne absorbované prirodzenými záchytnými uhlíka v pôde a lesných porastoch (LULUCF), ktorý predstavuje pri trvalo udržateľnom hospodárení veľký potenciál na redukcii emisií CO₂. Tie v roku 2020 absorbovali 5,65 MtCO₂e, t.j. 12% emisií skleníkových plynov).

Pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality by emisie skleníkových mali do roku 2050 ďalej klesať minimálne na úroveň, ktorá bude vyrovnaná objemom záchytných uhlíka, či už prirodzených alebo umelých. Avšak súčasne nastavené opatrenia (scenár WEM) podporujú nárast emisií minimálne do roku 2030 na úroveň 41 MtCO₂e, na ktorom sa podieľa najmä sektor dopravy.

Emisie z dopravy do roku 2050 následkom sprísňujúcich sa štandardov pre nové vozidlá klesnú pod dnešnú úroveň, avšak súčasné opatrenia nestačia potlačiť emisie z priemyslu a poľnohospodárstva. Čo je ale oveľa znepokojujúcejšie, objem prirodzených záchytných uhlíka, t.j. množstvo uhlíka, ktoré sú pôda a lesné porasty schopné absorbovať, klesne na polovicu súčasnej hodnoty. Vývoj a investície do technológií záchytných, skladovania a prepravy uhlíka najmä v sektoroch, kde je ťažké obmedziť emisie (priemysel), sú v súčasnosti nízke a do roku 2050 budú implementované len v minimálnom objeme.

Podľa prognózy SHMÚ bude zníženie emisií podľa referenčného scenára WEM nedostatočné pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality Slovenska v roku 2050. V jednotlivých sektoroch budú potrebné ďalšie opatrenia, aby emisie klesali výraznejšie a udržať emisie na klesajúcej trajektórii bude vyžadovať veľké úsilie (SHMÚ, 2022).

Scenár s dodatočnými opatreniami (WAM)

Rovnako podľa NUS SR (MŽP SR, 2020) nemožno dosiahnuť klimatickú neutralitu v roku 2050, ak sa neprijmú ďalšie dodatočné opatrenia nad rámec opatrení v scenári WEM. V NECP bola do slovenských cieľov premietnutá ambicióznejšia energetická legislatíva v EÚ, no i trajektória modelovaná podľa dodatočných opatrení scenára WAM nepostačuje.

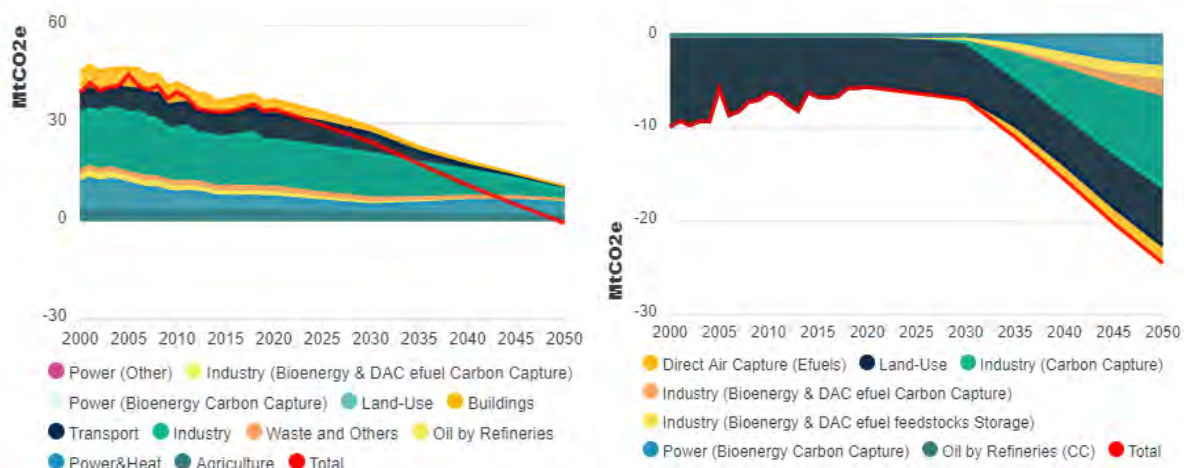
Výsledný objem emisií, 14 MtCO₂e v roku 2050, bude stále na dvojnásobnej úrovni oproti stanovenému cieľovému emisnému zvyšku vo výške 7 MtCO₂e, čo je množstvo, ktoré by sa malo eliminovať prostredníctvom záchytných (MŽP SR, 2020).

Bezemisný scenár (ZEM)

Pri vhodne zvolených opatreniach môže Slovensko veľmi výrazne znížiť emisie skleníkových plynov a tým dosiahnuť klimatickú neutralitu krajiny do roku 2050. Celkové emisie skleníkových plynov na Slovensku by sa podľa scenára Zero emission dostali na úroveň -0,58 MtCO₂e. Takmer nulovú uhlíkovú neutralitu by podľa tejto vízie dosiahli sektory dopravy, budov a odpady. Rozsiahla dekarbonizácia a rozšírenie ETS o sektory budov a dopravy, ako navrhla EK v balíku „Fit for 55“, podnietia rýchlejší prechod k nízkouhlíkovým alebo bezuhlíkovým technológiám (IEP, 2022).

Elektrifikácia dopravy, využitie biopalív a vodíka a vyššia energetická efektívnosť motorov vozidiel prispievajú k zníženiu emisií v sektore dopravy. Podobný efekt bude mať energetické zhodnocovanie odpadov, využitie obnoviteľných zdrojov energie vo vykurovaní a chladení budov a implementácia princípov obehovej ekonomiky. Emisie CH₄, CO₂ a N₂O zo sektora odpadov klesnú o 50% v porovnaní s ich výškou v roku 2015.

Obrázok 2: Vývoj celkových emisií skleníkových plynov a záchytov uhlíka (scenár ZEM)



Pozn.: Vľavo: Power (Other) – Elektrická energia (iné), Industry (Bioenergy & DAC eFuel Carbon Capture) – Priemysel (Záchyty bioenergie, priame záchyty a syntetické palivá), Power (Bioenergy Carbon Capture) – Elektrická energia (záchyty bioenergie), Land-Use – Pôdohospodárstvo, Buildings – Budovy, Transport – Doprava, Industry – Priemysel, Waste and others - Odpad a iné, Oil by Refineries – Ropa a ropné produkty, Power&Heat – Elektrická energia a vykurovanie, Agriculture - Poľnohospodárstvo, Total - Spolu

Vpravo: Direct Air Capture (efuels) – priame záchyty (syntetické palivá), Land-Use – Pôdohospodárstvo, Industry (Carbon Capture) – Priemysel (záchyty uhlíka), Industry (Bioenergy & DAC eFuel Carbon Capture) – Priemysel (Záchyty bioenergie, priame záchyty a syntetické palivá), Industry (Bioenergy & DAC eFuel feedstocks Storage) – Priemysel (Záchyty bioenergie, priame záchyty a uskladnenie medziproduktov), Power (Bioenergy Carbon Capture) – Elektrická energia (záchyty bioenergie), Oil by refineries (CC) – záchyty uhlíka rafinériách, Total - Spolu

V sektore energetiky možno dosiahnuť pokles emisií na 4,38 MtCO₂e v roku 2050, ak sa obmedzí spaľovanie fosílnych palív, zvýši podiel obnoviteľných zdrojov energie vo výrobe elektrickej energie, vykurovaní a chladení, a investuje sa do záchytu uhlíka pri spracovaní ropy v rafinérii. Spotreba elektrickej energie, vodíka a bioenergie porastie. Väčšinovým zdrojom elektrickej energie bude naďalej jadrová energia. Produkcia bioenergie by však nemala obmedziť využitie poľnohospodárskej pôdy.

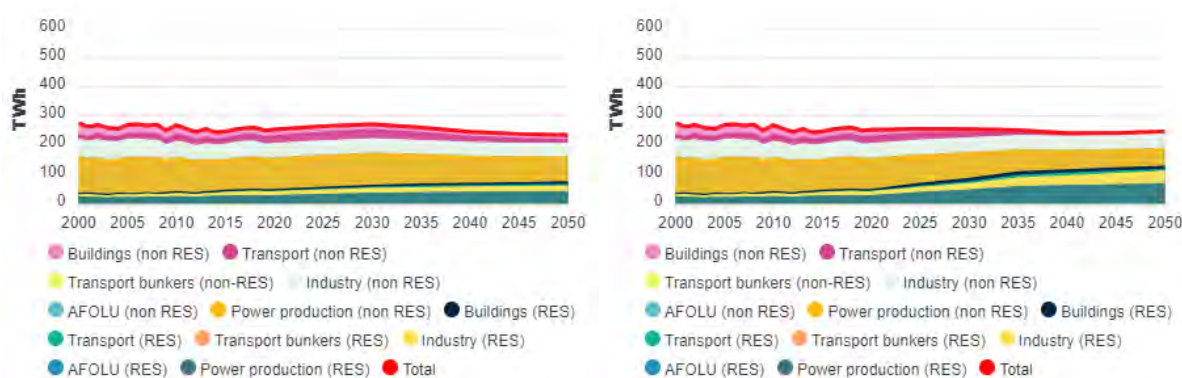
Elektrifikácia nie je možná pre všetky oblasti konečnej spotreby. Dekarbonizácia priemyslu bude vyžadovať opatrenia obehovej ekonomiky podporujúce hospodársky rast, ktorý bude závisieť od rastu spotreby materiálových zdrojov a rozšírenie schémy EU ETS aj na iné sektory hospodárstva, prípadne zavedenie uhlíkoveho cla, ako navrhuje Európska komisia (IEP, 2022). Spoplatnenie emisií uhlíka pomáha riešiť pokles emisií v niektorých sektoroch (energetika, priemysel) tým, že umožňuje presmerovať investície od vlád a spoločností smerom k menej znečisťujúcim výrobným a spotrebným modelom. Uhlíkové clo zavedené od roku 2026 by malo zvýšiť konkurencieschopnosť európskych priemyselných podnikov a podporiť technologické inovácie (EK, 2022). Následkom tohto vývoja porastú i investície do nových technológií a implementácie záchytov, sekvestrácie, uskladnenia a prepravy uhlíka. To by mohlo v roku 2050 eliminovať 4,8 MtCO₂e nad rámec prirodzených záchytov (6,29 MtCO₂e).

Porovnanie scenára s dodatočnými opatreniami (WAM) a bezemisného scenára (ZEM)

Ku klimatickej neutralite do roku 2050 v bezemisnom scenári prispeje najmä rýchla a rozsiahla dekarbonizácia priemyslu, budov a dopravy. Podľa scenára WAM bude vývoj v týchto sektoroch pomalší. Konečná spotreba energie v oboch scenároch klesne o približne 20% v porovnaní s rokom 2020. Avšak scenár ZEM sa viac spolieha na elektrifikáciu sektorov dopravy a priemyslu. Spotreba elektrickej energie je oproti WAM scenáru o tretinu vyššia, pričom rozdiel je pokrytý najmä produkciou elektrickej energie z biomasy a zo zemného plynu.

Celková spotreba energie sa bude v oboch scenároch vyvíjať podobne (pokles z 256 TWh v roku 2020 na 233 TWh v roku 2050 vo WAM, resp. 246 TWh v ZEM), avšak podiel obnoviteľných zdrojov na spotrebe energie bude v scenári ZEM 50% (vs. v scenári WAM 30%). Energia z obnoviteľných zdrojov sa bude využívať viac v priemysle a výrobe elektrickej energie. Podiel OZE však stúpne aj v sektoroch dopravy a budov.

Obrázok 3: Spotreba OZE podľa jednotlivých sektorov (scenár WAM vľavo a scenár ZEM vpravo)



Pozn.: Buildings (non-RES) – Budovy (fosílna palivá), Transport (non-RES) – Doprava (fosílna palivá), Transport bunkers (non-RES) – Tankery (fosílna palivá), Industry (non-RES) – Priemysel (fosílna palivá), AFOLU (non-RES) – Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy (fosílna palivá), Power Production (non-RES) – Výroba elektrickej energie (fosílna palivá), Buildings (RES) – Budovy (OZE), Transport (RES) – Doprava (OZE), Transport bunkers (RES) – Tankery (OZE), Industry (RES) – Priemysel (OZE), AFOLU (RES) – Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy (OZE), Power Production (RES) – Výroba elektrickej energie (OZE)

4. Výsledky scenárovej analýzy do roku 2050 pre jednotlivé sektory

4.1. Sektor Budovy

Sektor budov je jedným z kľúčových sektorov pre nízko a bez-emisné scenáre. V roku 2020 sa sektor budov podieľal 13% na celkových emisiách skleníkových plynov v SR.

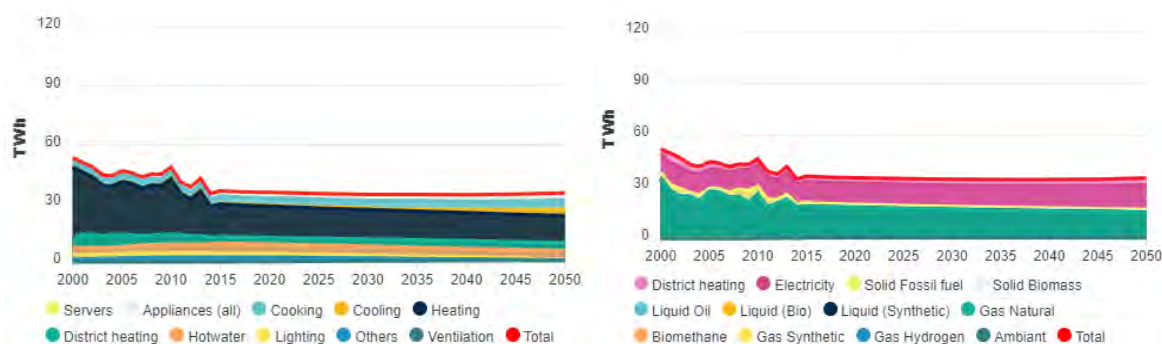
Sektor budov tvoria bytové budovy (rodinné domy a bytové domy) a nebytové budovy (verejné budovy a komerčné budovy).³ Z pohľadu celkovej podlahovej plochy tvoria bytové budovy 70% (2015) a nebytové 30% z celkového fondu budov (za rok 2015, JRC, 2018).

Najväčší podiel na celkovej konečnej energetickej spotrebe (KES) v sektore budov má vykurovanie (55% v roku 2015), nasleduje príprava teplej úžitkovej vody (TÚV) (14%) a varenie (10%). Najviac k produkcii skleníkových plynov prispieva vykurovanie (72% na celkových emisiách v roku 2015), nasleduje príprava TÚV a varenie. Z palív k emisiám najviac prispieva spaľovanie zemného plynu, ktorý sa využíva najmä na vykurovanie, prípravu TÚV a varenie. Z energetických nosičov má najväčší podiel na celkovej KES zemný plyn (51%) a elektrina (34%) (2015).

Referenčný (WEM) scenár

Sektor budov v scenári s existujúcimi opatreniami (WEM) prispieva v roku 2050 k celkovým emisiám skleníkových plynov vo výške 3,45 MtCO₂e, čo predstavuje pokles o 1/5 oproti roku 2015. Z toho takmer 69% emisií pochádza z vykurovania a ďalších 19% z prípravy teplej vody (2050). Pri nezmenených podmienkach väčšina emisií (88%) pochádza zo spaľovania zemného plynu (2050).

Obrázok 4: Vývoj spotreby energie podľa miesta spotreby(vľavo) a podľa energetického nosiča (vpravo) v sektore budov (scenár WEM)



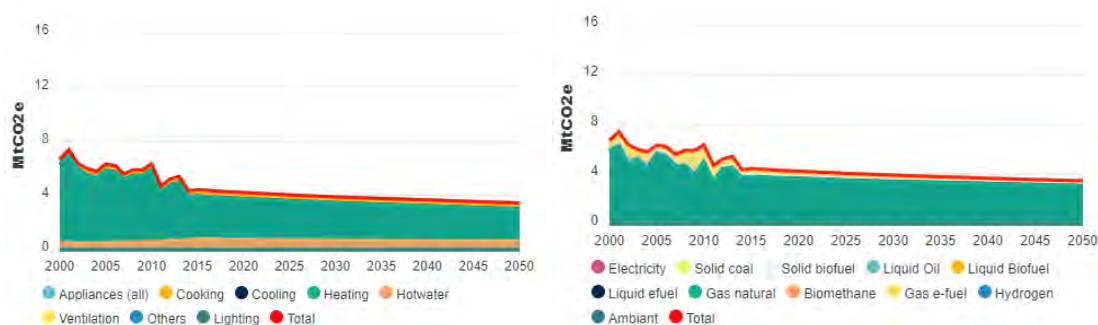
Pozn.: Vľavo: Podľa miesta spotreby: Servers – servery, Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, District heating – teplo dodané zo systému CZT, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Lighting – osvetlenie, Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Total – spolu

Vpravo: Podľa energonosiča: District heating – CZT, Electricity – elektrina, Solid fossil fuel – pevné fosílné palivá, Solid biomass – tuhá biomasa, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (synthetic) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas Synthetic – syntetický plyn, Gas Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

³ Verejné budovy zahŕňajú najmä: školy, nemocnice, administratívne budovy, sociálne zariadenia, kultúrne zariadenia.

KES sektora budov v roku 2050 v scenári WEM predstavuje zhruba 35,3 TWh, čo znamená len mierny pokles oproti roku 2015 (pokles o zhruba 3%). Spotreba energie na vykurovanie poklesne do roku 2050 tiež iba mierne, pričom vykurovanie naďalej predstavuje najväčší podiel na KES (zhruba 50%). Zároveň sa do roku 2050 zvyšuje využívanie chladenia (až 15-násobne), ventilácie a spotrebičov, čo prispeje k zvýšeniu spotreby elektriny (o 17% oproti roku 2015). V roku 2050 sa zníži spotreba zemného plynu v sektore budov o takmer 1/5 oproti roku 2015, a to najmä vďaka pokračujúcej obnove budov.

Obrázok 5: Vývoj emisií skleníkových plynov podľa miesta spotreby(vľavo) a podľa energetického nosiča (vpravo) v sektore budov (scenár WEM)



Pozn.: Vľavo: Podľa miesta spotreby: Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Lighting – osvetlenie, Total – spolu

Vpravo: Podľa energonosiča: Electricity – elektrina, Solid Coal – uhlie, Solid Biofuel – tuhé biopalivá, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (efuel) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas e-fuel – syntetický plyn, Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

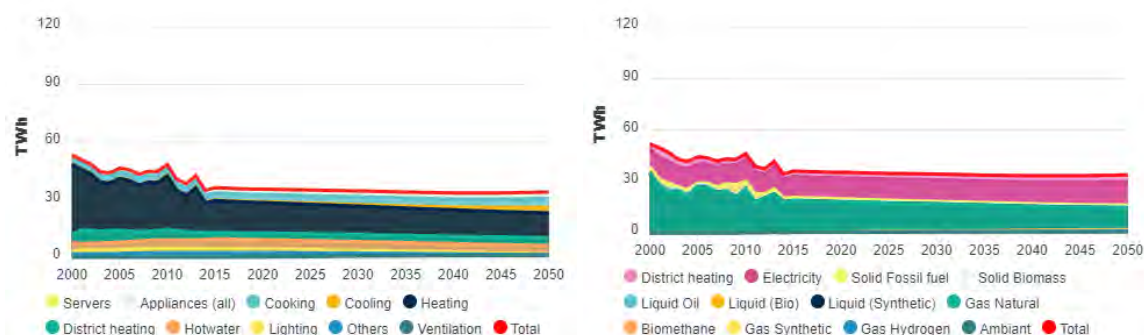
Scenár s dodatočnými opatreniami (WAM)

Národný integrovaný energetický a klimatický plán na roky 2021-2030 (NECP, MH SR, 2019) pokladá obnovu budov za najdôležitejšiu oblasť pre politiku v oblasti znižovania spotreby energie a emisií skleníkových plynov v SR až do roku 2030. Napriek tomu sa však emisie skleníkových plynov výrazne neznížili ani pre tento ambicióznejší scenár. Súčasťou NECP sú aj opatrenia zo Stratégie obnovy bytových a nebytových budov (MDV SR, 2021).

Celkové emisie sektora budov vo WAM scenári v roku 2050 sú vo výške 3,31 MtCO₂e, čo síce predstavuje pokles o 1/4 oproti roku 2015, avšak len o 4% oproti referenčnému scenáru (WEM). Najviac k emisiám v scenári WAM prispieva spaľovanie zemného plynu (84% z celkových emisií v roku 2050). Emisie zo spaľovania zemného plynu a uhlia síce významne klesnú do roku 2050 (zemný plyn o 26%, uhlie o 42% oproti 2015), tento pokles však nie je dostatočný na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050.

Celková KES v sektore budov v roku 2050 v scenári WAM je zhruba 35 TWh, čo je len mierny pokles oproti roku 2015 (menej ako 2%). Nárast spotreby energie na chladenie je vo WAM scenári porovnateľne výrazný ako v referenčnom (WEM) scenári.

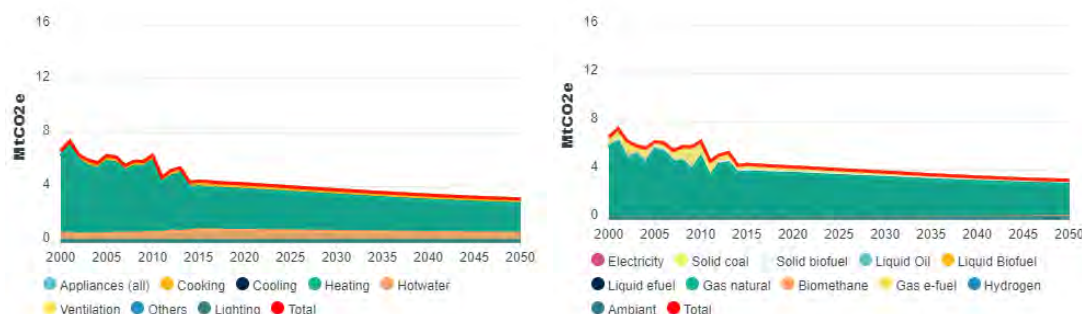
Obrázok 6: Vývoj spotreby energie podľa miesta spotreby(vľavo) a podľa energetického nosiča (vpravo) v sektore budov (scenár WAM)



Pozn.: Vľavo: Servers – servery, Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, District heating – teplo dodané zo systému CZT, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Lighting – osvetlenie, Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Total – spolu

Vpravo: District heating – CZT, Electricity – elektrina, Solid fossil fuel – pevné fosílné palivá, Solid biomass – tuhá biomasa, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (synthetic) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas Synthetic – syntetický plyn, Gas Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Obrázok 7: Vývoj emisií skleníkových plynov podľa miesta spotreby(vľavo) a podľa energetického nosiča (vpravo) v sektore budov (scenár WAM)



Pozn.: Vľavo: Podľa miesta spotreby: Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Lighting – osvetlenie, Total – spolu

Vpravo: Podľa energonosiča: Electricity – elektrina, Solid Coal – uhlie, Solid Biofuel – tuhé biopalivá, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (efuel) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas e-fuel – syntetický plyn, Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Bezemisný scenár (scenár ZEM)

V scenári ZEM boli navrhnuté opatrenia tak, aby sa v SR do roku 2050 dosiahla uhlíková neutralita. Sektor budov tu hrá svoju významnú úlohu. Vďaka opatreniam energetickej efektívnosti a prechodu k OZE a iným nízkouhlíkovým palivám je možné výrazne znížiť emisie v tomto sektore (o 84% do roku 2050 v porovnaní s rokom 2015).

Spotreba energie v roku 2050 podľa bezemisného scenára dosahuje 24,33 TWh (pokles o 33% oproti roku 2015). Najviac k tomuto poklesu prispel pokles spotreby energie na vykurovanie (o 56% oproti roku 2015). Vykurovanie tvorí naďalej najväčší podiel (zhruba 44%) na celkovej KES.

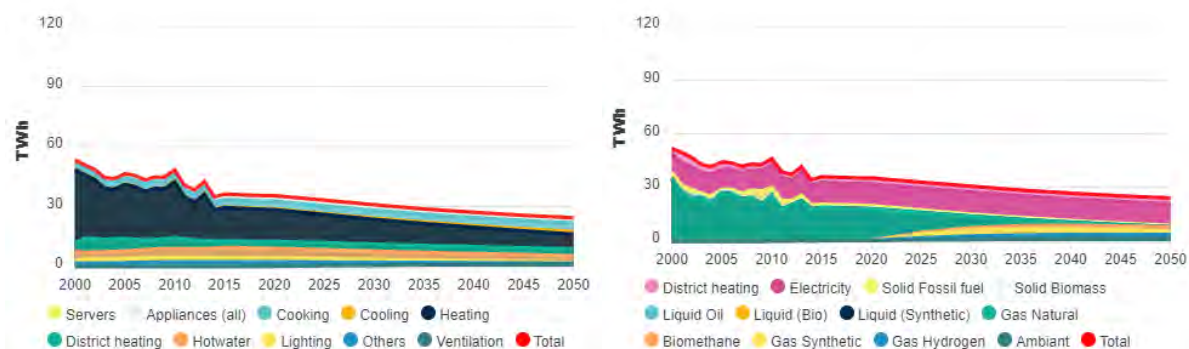
Tento výrazný pokles v KES sa prejavil aj na vývoji emisií skleníkových plynov: kým v scenári WAM emisie dosahujú 3,31 MtCO₂e v roku 2050, v scenári ZEM je to 0,72 Mt CO₂ (takmer o 80% menej než v scenári WAM). K tomuto poklesu najviac prispieva zníženie produkcie emisií z vykurovania (pokles o 88% v roku 2050 oproti roku 2015).

ZEM scenár ráta s udržaním pomerne vysokého podielu tepla dodaného zo systému CZT (ktoré bude využívať hlavne OZE) a výrazným prechodom od fosílnych palív k alternatívnym palivám, pričom do roku 2050 sa predpokladá nulová spotreba zemného plynu v sektore budov.

Zníženie spotreby energie, ako aj emisií skleníkových plynov sa v scenári ZEM dosiahlo týmito návrhmi opatrení:

- Každoročne obnoviť aspoň 2,4% p.a. bytových budov a aspoň 2% p.a. nebytových budov do roku 2025.
- V roku 2050 bude zhruba 34% bytových aj nebytových budov obnovených do štandardu pasívneho domu a zhruba 54% nových bytových a 34% nových nebytových budov v štandarde pasívneho domu do roku 2050.
- Zvýšiť priemernú celkovú vykurovanú podlahovú plochu bytových budov o max. 3% do roku 2050 (oproti roku 2015) na max. 33,6 m²/osoba.
- Udržať nárast celkovej podlahovej plochy nebytových budov do roku 2050 vo výške max. 15% (oproti roku 2015).
- Zachovať priemernú spotrebu teplej úžitkovej vody v domácnosti (do roku 2050 maximálne zvýšiť nároky o 4,5% oproti roku 2015).
- Výrazne znížiť priemernú spotrebu energie na prípravu teplej vody vo verejných budovách (do roku 2050 minimálne o 40% oproti roku 2015, vo verejných administratívnych a komerčných budovách dokonca o 90% oproti roku 2015).
- Podiel bytových budov vybavených klimatizačným systémom nepresiahne 20% bytového fondu do roku 2050 (oproti 1,5% bytového fondu v roku 2015).
- Podiel nebytových budov vybavených chladiacimi systémami stúpne na maximálne 75% fondu nebytových budov do roku 2050 (oproti zhruba 24% nebytového fondu v roku 2015).
- Udržiavať systémy CZT tak, aby do roku 2050 do zhruba 40% bytových budov bolo teplo dodané zo systémov CZT (v porovnaní so zhruba 32% budov zásobovaných teplom z CZT v roku 2015).
- Výrazne znížiť spotrebu fosílnych palív pre vykurovanie.
- Zvýšiť podiel vykurovania a prípravy teplej vody z tepelných čerpadiel na minimálne 27% z KES na vykurovanie (okrem CZT) v bytových budovách a 37% pri nebytových budovách do roku 2050 (oproti 3% pre bytové a 9,4% pre nebytové budovy v roku 2015).
- Dosiahnuť teplotu vykurovania v bytových budovách na 20°C do roku 2050. Každé zníženie teploty pre vykurovanie o jeden stupeň znamená úsporu 6% nákladov na energiu.
- Zabezpečiť úsporné využívanie elektrických spotrebičov (napr. biela technika, počítač, televízia) a udržať vybavenosť domácností spotrebičmi na udržateľnej úrovni (t.j. úrovni potrebnej pre normálny beh domácnosti).

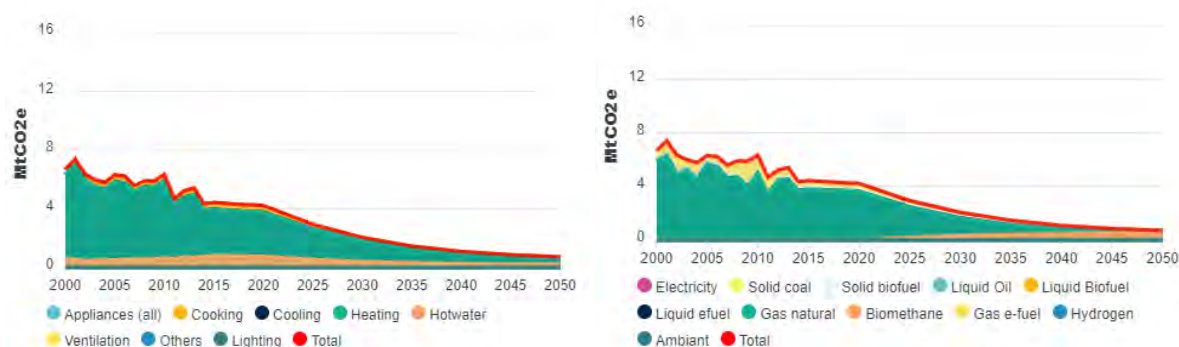
Obrázok 8: Vývoj spotreby energie podľa miesta spotreby(vľavo) a podľa energetického nosiča (vpravo) v sektore budov (scenár ZEM)



Pozn.: Vľavo: Podľa miesta spotreby: Servers – servery, Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, District heating – teplo dodané zo systému CZT, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Lighting – osvetlenie, Others – ostatné, Ventilation – vetranie, Total – spolu

Vpravo: District heating – CZT, Electricity – elektrina, Solid fossil fuel – pevné fosílné palivá, Solid biomass – tuhá biomasa, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (synthetic) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas Synthetic – syntetický plyn, Gas Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Obrázok 9: Vývoj emisií skleníkových plynov podľa miesta spotreby(vľavo) a podľa energetického nosiča (vpravo) v sektore budov (scenár ZEM)



Pozn.: Vľavo: Podľa miesta spotreby: Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Lighting – osvetlenie, Total – spolu

Vpravo: Podľa energonosiča: Electricity – elektrina, Solid Coal – uhlie, Solid Biofuel – tuhé biopalivá, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (efuel) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas e-fuel – syntetický plyn, Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Porovnanie scenára s dodatočnými opatreniami (WAM) a bezemisného scenára (ZEM)

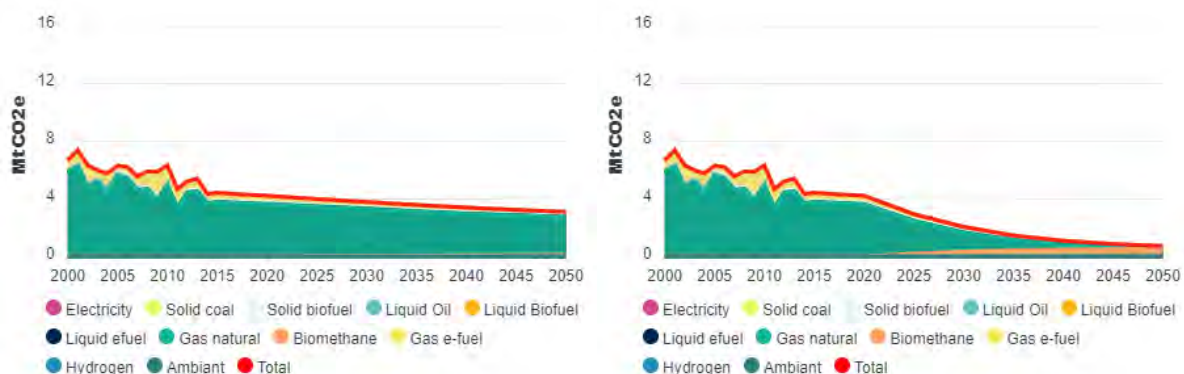
Kým scenár WAM v roku 2050 dosahuje spotrebu energie vo výške 35 TWh, v scenári ZEM je to 24 TWh, čo je takmer o tretinu menej (32%) v porovnaní s WAM. Najviac k tomu prispel pokles KES na vykurovanie (pokles o takmer o polovicu oproti WAM).

Tento výrazný rozdiel v KES sa prejavil aj na vývoji emisií skleníkových plynov: kým v scenári WAM emisie dosahujú 3,31 MtCO₂e v roku 2050, v scenári ZEM je to 0,72 MtCO₂e (teda o 78% menej než

v scenári WAM). K tomuto výraznému rozdielu medzi ZEM a WAM najviac prispel rozdiel v emisiách z vykurovania (rozdiel medzi ZEM a WAM predstavuje 83%).

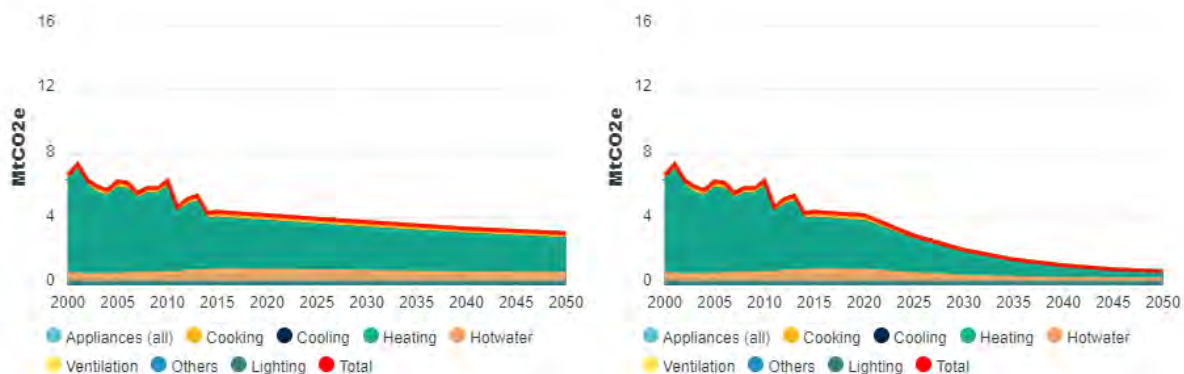
Kým v scenári WAM má väčšinový podiel na spotrebe energie v sektore budov zemný plyn (38% z celkovej predpokladanej KES v 2050), v scenári ZEM je zemný plyn úplne nahradený inými energetickými nosičmi (OZE, elektrina). CZT hrá v oboch scenároch podobnú rolu.

Obrázok 10: Porovnanie emisií skleníkových plynov pre scenáre ZEM (vpravo) a WAM (vľavo) v sektore budov do roku 2050 podľa energetického nosiča



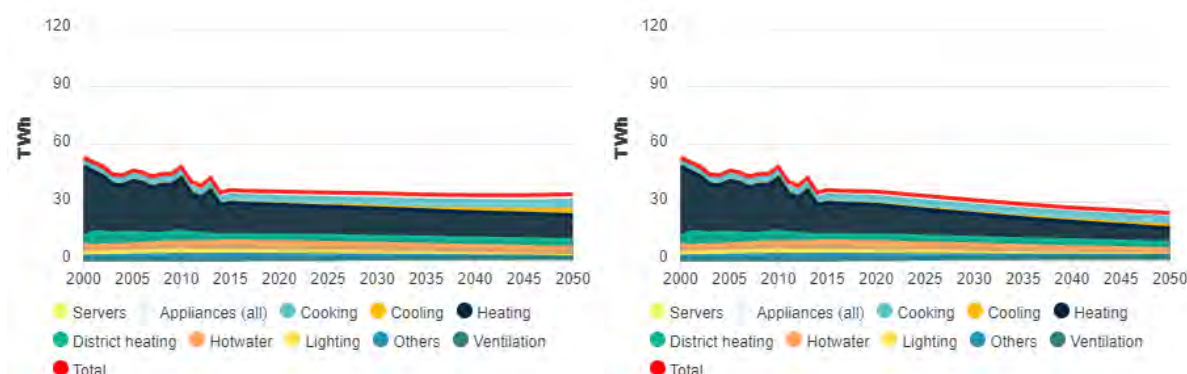
Pozn.: Electricity – elektrina, Solid Coal – uhlie, Solid Biofuel – tuhé biopalivá, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (efuel) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas e-fuel – syntetický plyn, Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Obrázok 11: Porovnanie emisií skleníkových plynov pre scenáre ZEM (vpravo) a WAM (vľavo) v sektore budov do roku 2050 podľa miesta spotreby



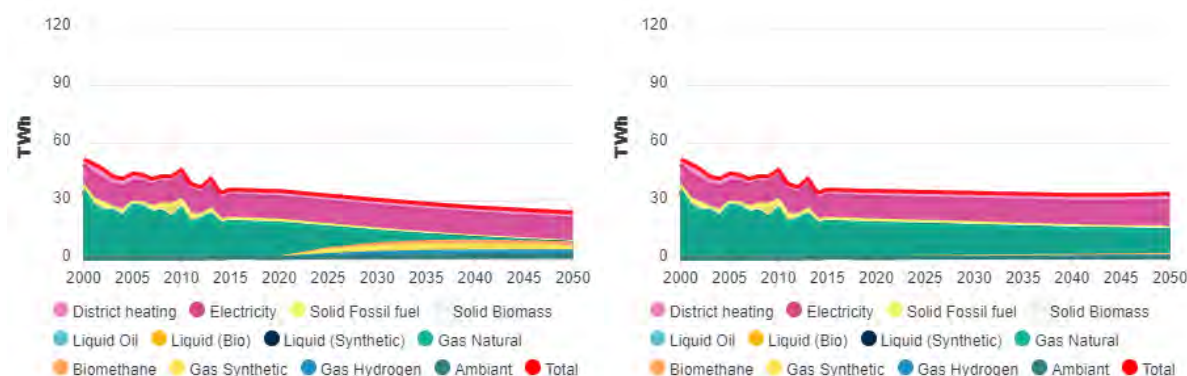
Pozn.: Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Lighting – osvetlenie, Total – spolu

Obrázok 12: Porovnanie scenárov ZEM (vpravo) a WAM (vľavo) v sektore budov do roku 2050 podľa miesta spotreby



Pozn.: Servers – servery, Appliances (all) – spotrebiče, Cooking – varenie, Cooling – vetranie, Heating – (individuálne) vykurovanie, District heating – teplo dodané zo systému CZT, Hotwater – teplá úžitková voda (TÚV), Lighting – osvetlenie, Ventilation – vetranie, Others – ostatné, Total – spolu

Obrázok 13: Porovnanie scenárov ZEM (vpravo) a WAM (vľavo) v sektore budov do roku 2050 podľa energonosiča



Pozn.: District heating – CZT, Electricity – elektrina, Solid fossil fuel – pevné fosílné palivá, Solid biomass – tuhá biomasa, Liquid Oil – kvapalné palivá – ropa, Liquid (Bio) – kvapalné palivá (bio), Liquid (synthetic) – kvapalné palivá (umelo vytvorené), Gas natural – zemný plyn, Biomethane – biometán, Gas Synthetic – syntetický plyn, Gas Hydrogen – plyn na báze vodíka, Ambient – teplo dodané z prostredia, Total – spolu

Z analýzy na základe modelovania v modeli „2050 Pathways Explorer“ v sektore budov vyplýva, že:

- Opatrenia pre sektor budov v NECP (MH SR 2019), ktoré boli odzrkadlené v scenári WAM, nie sú dostatočné na to, aby SR dosiahla uhlíkovú neutralitu do roku 2050.
- ZEM scenár potvrdzuje, že uplatnením ambicióznejších opatrení je možné do roku 2050 znížiť emisie skleníkových plynov v sektore budov na veľmi nízku úroveň (do 1 TWh).
- Scenár ZEM však naznačuje len jeden z možných smerov vývoja, pričom poukazuje na hlavné faktory, ktoré prispievajú k uhlíkovej neutralite. Kombinácia, resp. vplyv týchto faktorov sa môže ďalej vyvíjať.

Medzi tieto hlavné faktory patria najmä: obnova a výstavba budov na úroveň budov s takmer nulovou potrebou energie (NZEB), budov s nulovými emisiami (ZEB), resp. na úroveň štandardu pasívneho domu; posun od fosílnych palív k OZE a elektrifikácii vykurovania vrátane vyššieho využitia geotermálnej energie na vykurovanie a prípravu teplej vody (príp. dočasné chladenie), ako aj udržiavania dodávok tepla z CZT tam, kde je to efektívne. Dôležité bude tiež navrhovať budovy tak, aby nedochádzalo k prehrievaniu, resp. zabezpečiť mieru vybavenia domácností klimatizačnými systémami na udržateľnej úrovni. Zároveň je potrebné zvýšiť tempo obnovy, avšak na udržateľnú úroveň. Vývoj emisií môže tiež ovplyvniť plocha bytových a nebytových budov a bude potrebné zabezpečiť kvalitu bývania bez potreby navyšovania priemernej celkovej podlahovej plochy bytu.

Navrhované dodatočné opatrenia pre dosiahnutie klimatickej neutrality v scenári ZEM

- Každoročne obnoviť aspoň 2,4% p.a. bytových budov a aspoň 2% p.a. nebytových budov do roku 2025.
- V roku 2050 bude zhruba 34% bytových aj nebytových budov obnovených do štandardu pasívneho domu a zhruba 54% nových bytových a 34% nových nebytových budov v štandarde pasívneho domu do roku 2050.
- Priemerná vykurovaná celková podlahová plocha bytových budov sa zvýši o max. 3% do roku 2050 (oproti roku 2015) na max. 33,6 m²/osoba.
- Udržať nárast celkovej podlahovej plochy nebytových budov do roku 2050 vo výške max. 15% (oproti roku 2015).
- Zachovať priemernú spotrebu teplej úžitkovej vody v domácnosti (do roku 2050 maximálne zvýšiť nároky o 4,5% oproti roku 2015).
- Výrazne znížiť priemernú spotrebu energie na prípravu teplej vody vo verejných budovách (do roku 2050 minimálne o 40% oproti roku 2015, vo verejných administratívnych a komerčných budovách dokonca o 90% oproti roku 2015).
- Podiel bytových budov vybavených klimatizačným systémom nepresiahne 20% bytového fondu do roku 2050 (oproti 1,5% bytového fondu v roku 2015).
- Podiel nebytových budov vybavených chladiacimi systémami stúpne na maximálne 75% fondu nebytových budov do roku 2050 (oproti zhruba 24% nebytového fondu v roku 2015).
- Udržiavať systémy CZT tak, aby do roku 2050 do zhruba 40% bytových budov bolo teplo dodané zo systémov CZT (v porovnaní so zhruba 32% budov zásobovaných teplom z CZT v roku 2015).
- Výrazne znížiť spotrebu fosílnych palív pre vykurovanie.
- Zvýšiť podiel vykurovania a prípravy teplej vody z tepelných čerpadiel na minimálne 27% z KES na vykurovanie (okrem CZT) v bytových budovách a 37% pri nebytových budovách do roku 2050 (oproti 3% pre bytové a 9,4% pre nebytové budovy v roku 2015).
- Dosiahnuť teplotu vykurovania aj chladenia v bytových budovách na 20°C do roku 2050 (teplota pre chladenie platí len pre bytové budovy vybavené chladiacim systémom). Každé zníženie teploty pre vykurovanie o jeden stupeň znamená úsporu 6% nákladov na energiu.
- Zabezpečiť úsporné využívanie elektrických spotrebičov (napr. biela technika, počítač, televízia) a udržať vybavenosti domácností spotrebičmi na udržateľnej úrovni (t.j. úrovni potrebnej pre normálny beh domácnosti)

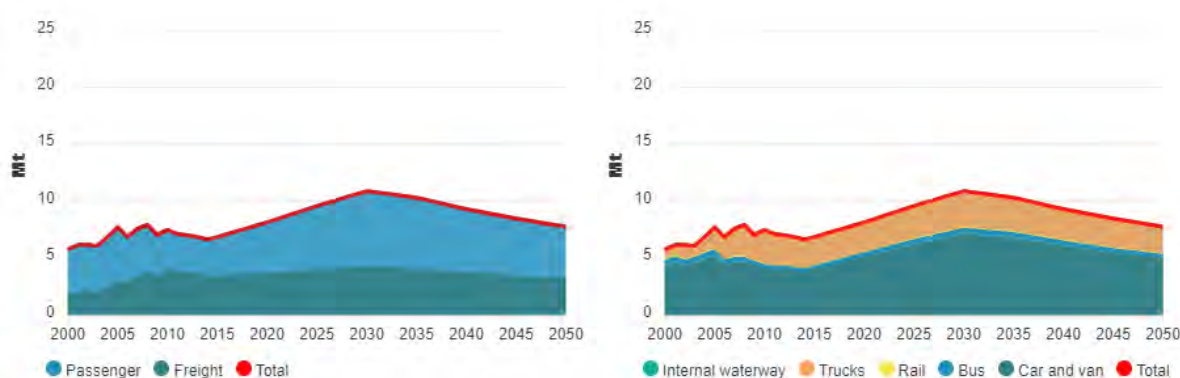
4.2. Sektor Doprava

Slovensko môže dosiahnuť takmer nulové emisie v roku 2050 aj v sektore dopravy, a to najmä vďaka zmene správania spotrebiteľov a inovatívnym technológiám, ktoré prinesú vyššiu energetickú efektívnosť vozidiel a prechod k nízko- a bezemisným palivám.

Referenčný scenár (WEM)

Sektor dopravy v roku 2020 vytvoril približne 24% emisií SR. Takmer 60 % z 8,12 MtCO₂e emisií pochádzalo z osobnej dopravy. V nákladnej doprave tvorila väčšinu spotreba veľkých nákladných vozidiel. Pri pokračovaní prevažujúcich trendov rastu počtu automobilov, rastu individuálnej osobnej prepravy a spotreby fosílnych palív, bude spotreba energie a emisie skleníkových plynov v sektore dopravy minimálne do roku 2030 rásť. Prechod na ekologickejšie palivá urýchli zákaz predaja automobilov so spaľovacím motorom, no emisie do roku 2050 poklesnú na 7,74 MtCO₂e.

Obrázok 14: Vývoj emisií skleníkových plynov v sektore dopravy pri existujúcich opatreniach (scenár WEM)



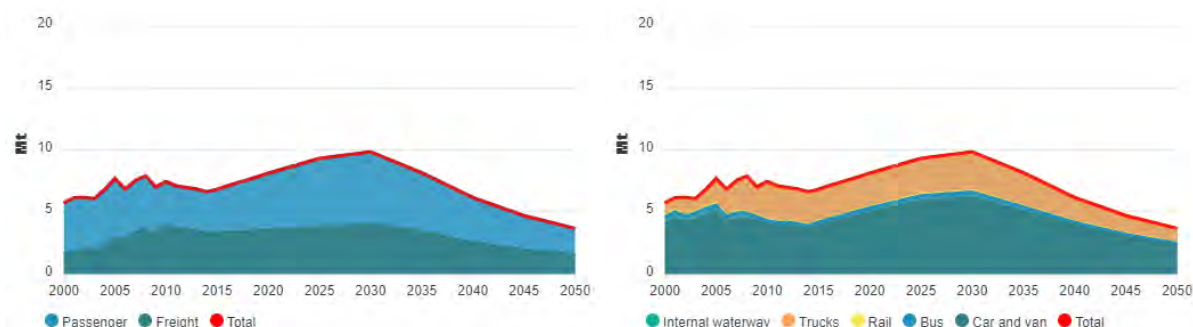
Pozn.: Passenger – osobná doprava, Freight – nákladná doprava, Total – Spolu, Internal waterway – domáca lodná doprava, Trucks – nákladné automobily a kamióny, Rail – železničná doprava, Bus – autobus, Car and van – automobil a ľahké úžitkové vozidlo

Scenár s dodatočnými opatreniami (WAM)

Aktuálne nastavené opatrenia v SR pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality v sektore dopravy sú nedostatočné. Emisie skleníkových plynov budú do roku 2030 rásť. Rovnako nepostačujú ani dodatočné opatrenia v NECP/NUS SR, ktorých výsledkom by však bol rýchlejší pokles emisií po roku 2030 ako v referenčnom scenári, a to na úroveň 3,67 MtCO₂e.

Avšak aj tieto dodatočné opatrenia prispievajú k zníženiu spotreby fosílnych palív v doprave a podporia rýchlejší prechod k ekologickejším palivám do roku 2050. Spotrebe energie v doprave budú dominovať fosílna palivá. Z alternatívnych palív bude mať najvyšší podiel elektrická energia, biopalivá, palivá na báze zemného plynu a vodík.

Obrázok 15: Emisie skleníkových plynov pri dodatočných opatreniach (scenár WAM)

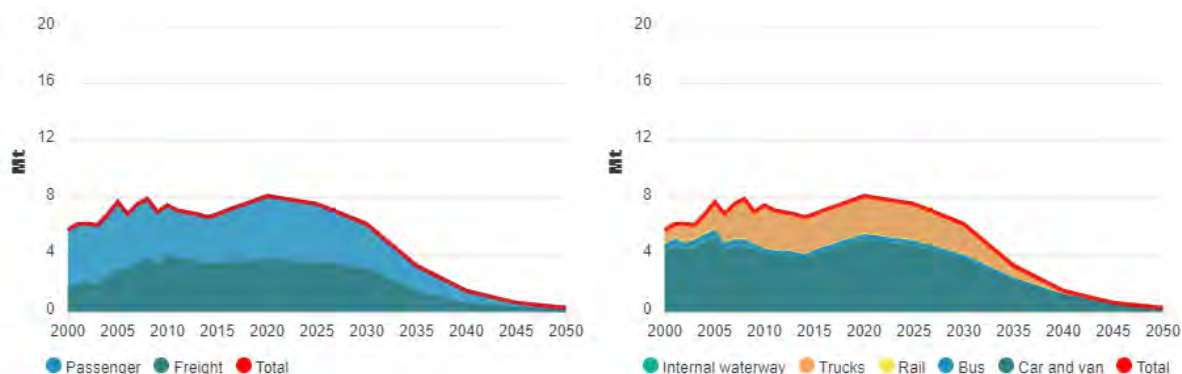


Pozn.: Passenger – osobná doprava, Freight – nákladná doprava, Total – Spolu, Internal waterway – domáca lodná doprava, Trucks – nákladné automobily a kamióny, Rail – železničná doprava, Bus – autobus, Car and van – automobil a ľahké úžitkové vozidlo

Bezemisný scenár (ZEM)

Opatrenia (Bezemisný scenár - ZEM), ktorých výsledkom je zníženie emisií v doprave na úroveň 0,26 MtCO₂e v roku 2050, zahŕňajú v osobnej doprave posun k využívaniu hromadnej dopravy, zdieľanie automobilov a podporu cyklistickej a pešej prepravy na krátke vzdialenosti, v nákladnej preprave uprednostňovanie ekologickejšieho typu pohonu vozidiel a technologické zlepšenia motorových vozidiel.

Obrázok 16: Vývoj emisií skleníkových plynov v sektore dopravy pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050 (Scenár ZEM)

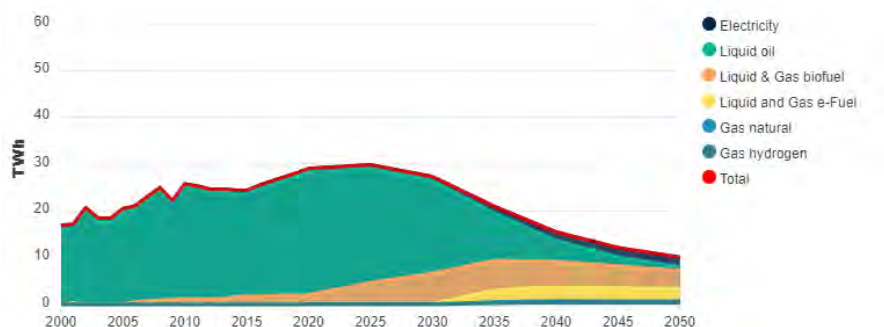


Pozn.: Passenger – osobná doprava, Freight – nákladná doprava, Total – Spolu, Internal waterway – domáca lodná doprava, Trucks – nákladné automobily a kamióny, Rail – železničná doprava, Bus – autobus, Car and van – automobil a ľahké úžitkové vozidlo

K poklesu emisií môže najväčšou mierou prispieť zmena používaných palív v doprave a vyššia energetická efektívnosť motorov, batérií a palivových článkov nových vozidiel. Prechod od pohonných hmôt na báze fosílnych palív k ekologickejším palivám, ako sú elektrická energia (využívaná najmä v osobnej doprave) a vodík (využívaný prevažne v nákladnej a železničnej doprave), bude závisieť aj od dostupnosti nabíjacej a čerpacej infraštruktúry, dostupnosti ekologických palív (t.j. zelený vodík), ako aj od cenovej hladiny nových ekologických vozidiel, kúpyschopnosti obyvateľstva a miery zmeny životného štýlu.

Výhodou posunu od fosílnych palív k využitiu elektrickej energie v doprave, t.j. elektrifikácie dopravy v SR, v porovnaní s inými krajinami ako napríklad Poľskom, je nízkouhlíkový energetický mix Slovenska s vysokým podielom výroby elektrickej energie z jadrových elektrární.

Obrázok 17: Posun spotreby energie v doprave k ekologickým palivám (Scenár ZEM)



Pozn: Electricity – elektrická energia, Liquid oil – pohonné hmoty na báze fosílnych palív (benzín a nafta), Liquid & Gas Biofuel – teuté a plynné biopalivá, Liquid and Gas e-Fuel – tekuté a plynné alternatívne palivo, Gas natural – zemný plyn, Gas hydrogen – plynný vodík, Total – Spolu

Následkom týchto zmien by tak dopyt po palivách v doprave klesol z 29 TWh v roku 2020 takmer na tretinu (10,13 TWh v r. 2050). Vtedy by väčšinu vozového parku tvorili bezemisné vozidlá poháňané ekologickým palivom, t.j. elektrickou energiou, biopalivami a vodíkom. Ich podiel medzi novopredanými vozidlami by do roku 2050 mohol narásť na 73%. Tento predpoklad je menej ambiciózny ako legislatívny návrh EÚ v rámci balíčka „Fit for 55“ na 100% bezemisných vozidiel medzi novopredanými vozidlami v roku 2035.

Obrázok 18: Pokles využívania benzínových a naftových vozidiel v osobnej doprave po roku 2035 (Scenár ZEM)



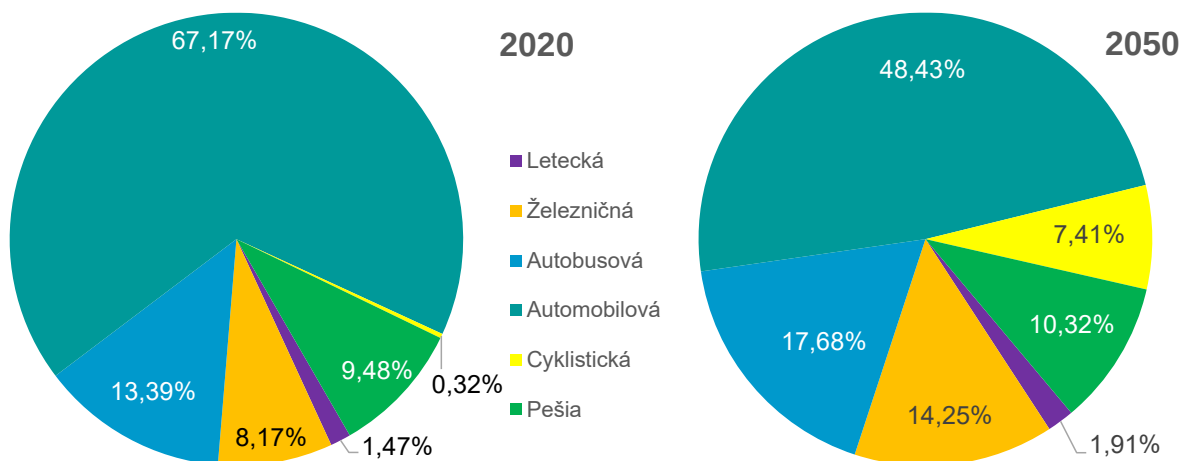
Pozn: FCEV – vozidlo s pohonom z palivových článkov (vodík) BEV – batériové elektrické vozidlo, PHEV (diesel) – nabíjateľné hybridné vozidlo (motorová nafta), ICE (gas) - vozidlo so spaľovacím motorom (zemný plyn), ICE (gasoline) - vozidlo so spaľovacím motorom (motorový benzín), ICE (diesel) – vozidlo so spaľovacím motorom (motorová nafta), Total – Spolu

o

V kategórii osobnej dopravy je veľmi dôležitá zmena spotrebiteľského správania. Vzdialenosť presunu osôb klesne o 15%, pričom pasažieri presadnú z áut na bicykel, vlak alebo autobus. Pri osobnej doprave je v scenári ZEM vo veľkej miere využívaná hromadná doprava. Podiel individuálnej osobnej dopravy by mal klesnúť najmä v medzimestskej doprave v prospech ekologickej hromadnej dopravy autobusom alebo železnicou, vďaka obnove a modernizácii vozového parku hromadnej dopravy (autobusov s ekologickým pohonom a moderných

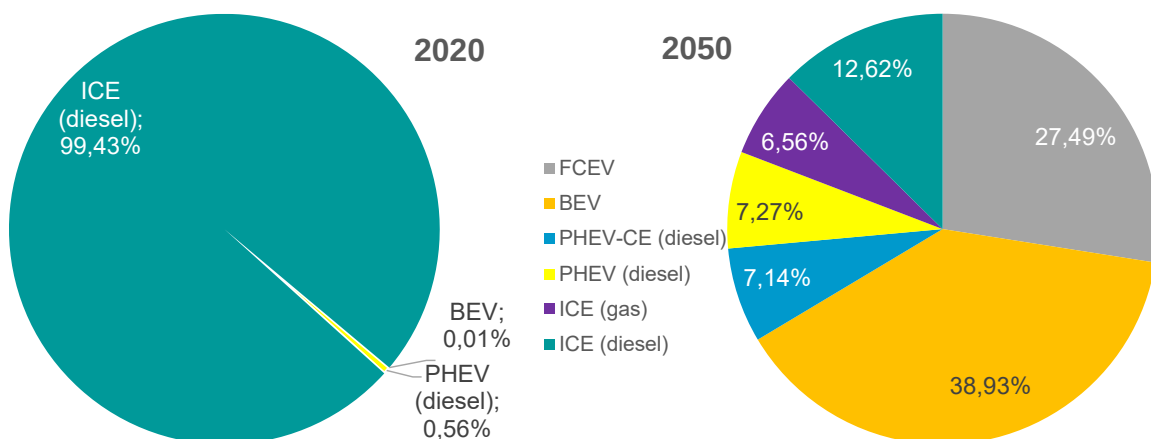
železničných vozňov). Presuny v rámci mesta a mestských štvrtí realizujú občania okrem hromadnej dopravy bicyklom alebo pešou dopravou. Preto je podpora cyklistickej dopravy formou novej cyklistickej infraštruktúry, ale i vhodné úpravy verejných priestranstiev podporujúce pešiu dopravu, parkovacia politika samospráv a vzdelávanie občanov v prospech ekologickej dopravy a kvality ovzdušia v mestách kľúčové pre rozvoj ekologickej dopravy. V prípade potreby individuálnej automobilovej dopravy sú uprednostnené bezemisné vozidlá, viac ako dvaja pasažieri vo vozidle a zdieľanie automobilov.

Obrázok 19: Nárast podielu cyklistickej dopravy (scenár ZEM)



V scenári ZEM nahradia nákladné vozidlá spaľujúce fosílné pohonné hmoty iné ekologickejšie vozidlá poháňané elektrickou energiou, palivovými článkami alebo s hybridným pohonom. Spotreba energie v nákladnej preprave sa zníži o dve tretiny. Vzrastie aj množstvo nákladu na jedno nákladné vozidlo, aby sa znížil celkový počet nákladných vozidiel na cestách. Objem nákladnej prepravy vyjadrenej v tonokilometroch bude do roku 2030 pokračovať v raste a z týchto hodnôt klesne do roku 2050 len mierne.

Obrázok 20: Skladba vozového parku nákladnej prepravy v roku 2050 (Scenár ZEM)



Pozn: FCEV – vozidlo s pohonom z palivových článkov (vodík) BEV – batériové elektrické vozidlo, PHEV (diesel) – nabíjateľné hybridné vozidlo (motorová nafta), ICE (gas) - vozidlo so spaľovacím motorom (zemný plyn), ICE (gasoline) - vozidlo so spaľovacím motorom (motorový benzín), ICE (diesel) – vozidlo so spaľovacím motorom (motorová nafta)

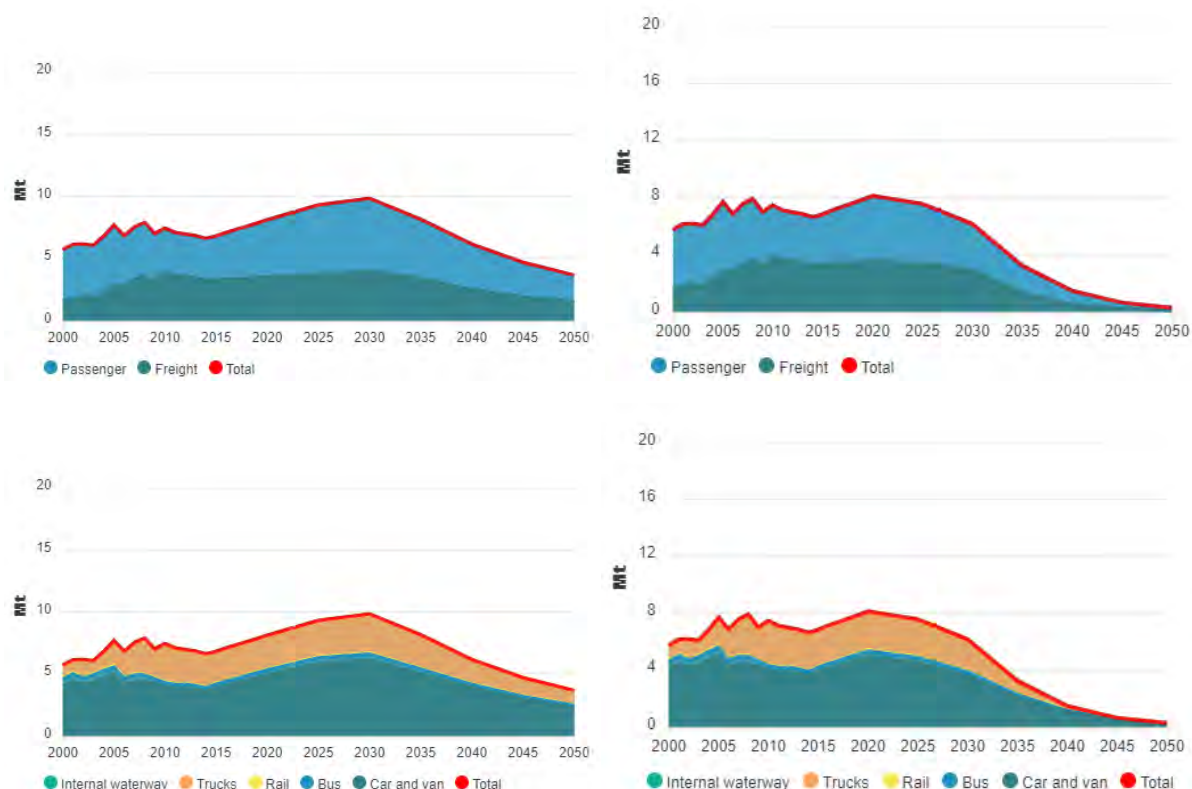
Pre zníženie emisií pri preprave tovarov je v scenári ZEM uprednostnená železničná preprava tovaru. Popri železničnej preprave sa využijú v cestnej medzimestskej nákladnej preprave i ekologické nákladné vozidlá, ktorých predaj v roku 2050 dosiahne podiel 67% zo všetkých nových nákladných vozidiel. Podiel využívania biopalív v cestnej doprave stúpne na 50%. Dodanie cca 10% tovaru na krátke vzdialenosti, tzv. „posledná míľa“, bude realizované cyklistickou dopravou.

Porovnanie scenára s dodatočnými opatreniami (WAM) a bezemisného scenára (ZEM)

Na rozdiel od ZEM vidí NECP/NUS SR (scenár WAM) dosiahnutie uhlíkovej neutrality výraznejšou elektrifikáciou dopravy. Po roku 2030 je namodelovaný výrazný nástup elektromobilov a automobilov s palivovými článkami, ktoré nahrádzajú autá so spaľovacím motorom. Vo všetkých scenároch je prítomná hlavne elektrifikácia sektora dopravy, pretože je stimulovaná politikami na úrovni EÚ. Navrhované opatrenia pre znižovanie emisií skleníkových plynov sektora dopravy sú zamerané na zlepšenie energetickej efektívnosti. A to hlavne prostredníctvom:

- noriem o CO₂ pre osobné vozidlá a ľahké úžitkové vozidlá, spolu s normami efektívnosti pre nákladné vozidlá,
- elektrifikácie dopravy,
- zvýšeného využívania biopalív.

Obrázok 21: Porovnanie WAM (NECP) a bezemisného scenára (ZEM)



Pozn.: Passenger – osobná doprava, Freight – nákladná doprava, Total – Spolu, Internal waterway – domáca lodná doprava, Trucks – nákladné automobily a kamióny, Rail – železničná doprava, Bus – autobus, Car and van – automobil a ľahké úžitkové vozidlo

NUS SR podobne navrhuje zníženie výkonnosti cestnej nákladnej dopravy v prípade ciest nad 300 km, z ktorých 30% by sa malo presunúť na železniciu, prípadne vodnú dopravu. Okrem toho v scenári WAM zvažuje podporu ekologických palív nižšou daňovou zaťaženosťou a zvýšené spoplatňovanie ciest, čo povedie k nižšiemu podielu nákladnej cestnej dopravy (MŽP SR, 2020).

Slovensko sa však takými nastaveniami smerovania nedostane na bezemisnú úroveň a napriek zlepšeniam bude dosahovať emisie na úrovni 4 MtCO₂e, pričom najviac emisií (64%) budú produkovať osobné automobily.

Navrhované dodatočné opatrenia pre dosiahnutie klimatickej neutrality v scenári ZEM

Pri osobnej preprave:

- vyššie využívanie hromadnej dopravy, najmä vlakovej (zvýšenie podielu prímestskej a medzimestskej autobusovej dopravy a vlakovej dopravy každá na 28%),
- vyššia obsadenosť vozidiel osobnej dopravy (priemerne 2,3 človeka na auto),
- zdieľanie automobilov,
- bicyklová či pešia doprava (20%, resp. 30% pre mestské prostredie).

Pri nákladnej doprave:

- zvýšiť množstvo prepravovaného nákladu v autách, s cieľom znížiť počet automobilov na cestách,
- uprednostňovať vlakovú prepravu tovarov (mierne zvýšenie na 38%),
- v mestách a na krátke vzdialenosti zvýšiť využívanie bicyklov na prepravu tovarov (10% prepravovaných tovarov).

Technické zlepšenia:

- zvýšenie energetickej efektívnosti vozidiel (v osobnej aj nákladnej doprave: 73%, resp. 67% podiel bezemisných vozidiel medzi novopredanými),
- výmena starých vozidiel s vysokými emisiami za nové – bezemisné,
- zvýšenie využívania biopalív v osobnej aj nákladnej doprave (na 50% celkových cestných palív).

4.3. Sektor Energetika

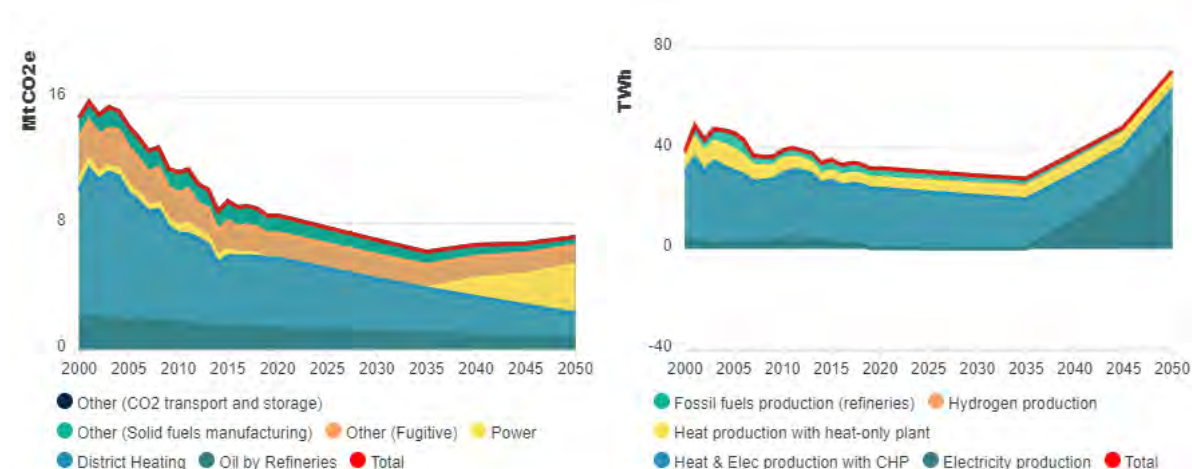
Energetický sektor v súčasnosti tvorí emisie skleníkových plynov vo výške 8,51 MtCO₂e, čo je 25% celkových emisií v SR. Viac ako polovica týchto emisií pochádza z vykurovania domov, bytov a iných budov. Významný je aj podiel emisií zo spracovania ropných produktov v rafinériách a využitia tuhých palív v priemysle, ako i fugitívne emisie.

Referenčný scenár (WEM)

Produkcia emisií skleníkových plynov pri nezmenených opatreniach poklesne do roku 2050 na 6,4 MtCO₂e a bude sa na celkových emisiách podieľať 20%. Opatrenia referenčného scenára v energetike zahŕňajú najmä implementáciu opatrení EÚ k ekodizajnu, energetickej hospodárnosti budov, využívaní OZE. V rámci vykurovania sa opatrenia týkajú optimalizácie systémov diaľkového vykurovania, zmena z fosílnych palív na biomasu a zemný plyn, inštalácia kogeneračných jednotiek s kombinovanou výrobou elektriny a tepla (KVET) (NUS SR, 2020).

Investície do kapacity výroby elektrickej energie sa v referenčnom scenári sústreďujú v strednodobom horizonte do paroplynového cyklu (PPC) a v dlhodobom horizonte prevažne do solárnej energie. Objem výroby tepla mierne stúpa.

Obrázok 22: Vývoj emisií skleníkových plynov (vľavo) a spotreby primárnej energie (vpravo) v sektore energetiky (scenár WEM)



Pozn.: Vľavo: Other (CO₂ transport and storage) - Iné (preprava a uskladnenie uhlíka) Other (Solid fuels manufacturing) - Iné (Tuhé palivá v spracovaní), Other (Fugitive) - Iné (fugitívne), , Power - Elektrická energia, District Heating - Centrálna zásobovanie teplom, Oil by Refineries - Ropa v rafinérii, Total - Spolu

Vpravo: Fossil fuels production (refineries) – Výroba vykurovacích palív (v rafinérii), Hydrogen production – Výroba vodíka, Heat production with heat-only plants – Výroba tepla v teplárnach, Heat & Elec. Production with CHP – Kogenerácia, Electricity production – výroba elektrickej energie

Ukončenie výroby elektriny v Novákoch vo všeobecnom hospodárskom záujme na výrobu elektriny z domáceho uhlia je v referenčnom scenári plánované až po roku 2030. Skoršie je plánované postupné vyradovanie teplární na tuhé palivá, a to od roku 2025. Čiastočnou náhradou za fosílna palivá bude nová kapacita veternej a slnečnej energie, avšak výrobu elektrickej energie z veľkej časti pokryje výroba z nových blokov JE Mochovce a vo vykurovaní paroplynový cyklus a KVET s využitím bioplynu. Predpokladaná energetická spotreba v roku 2050 bude na úrovni

70,51 TWh, viac ako dvojnásobok súčasnej spotreby. To v budúcnosti spôsobí výrazný nárast potreby energie na výrobu elektrickej energie z iných zdrojov, ktoré produkujú zvýšené emisie.

Scenár s dodatočnými opatreniami (WAM)

Emisie skleníkových plynov vďaka nižšie menovaným dôraznejším opatreniam klesnú v roku 2050 o 40% na 3,35 MtCO₂e podľa scenára WAM, pričom je to vďaka 10%-nému poklesu spotreby energie do roku 2050

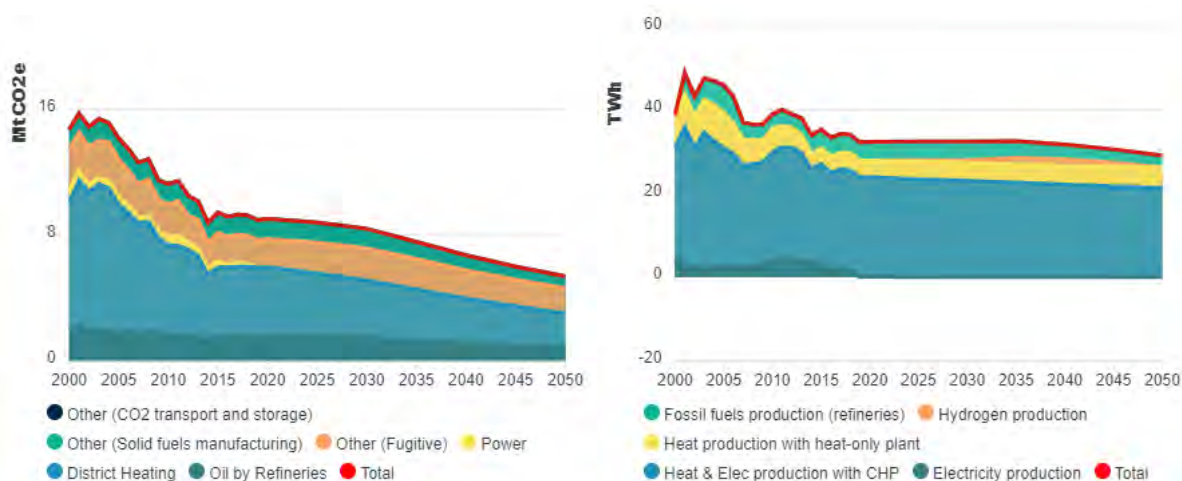
Predpokladá sa, že v mixe výroby elektriny na Slovensku bude naďalej zohrávať kritickú úlohu jadrová energia. V strednodobom horizonte to bude najmä vďaka uvedeniu dvoch nových jadrových reaktorov do prevádzky v Atómových elektrárnach Mochovce. (NUS SR, 2020).

Medzi dodatočné opatrenia však patrí i znížovanie končenej spotreby energie v jednotlivých sektoroch a podpora OZE vo výrobe elektriny prostredníctvom solárnej fotovoltiky, veterných turbín, bioplynu/biometánu a biomasy. Kapacita výroby elektrickej energie z fotovoltiky vzrastie na 7,1 GW, vodných elektrární 6,26 GW, veterných elektrární 3,5 GW a biomasy 1,4 GW. S významejším nárastom kapacity obnoviteľných zdrojov energie sa v scenári WAM nepočíta.

Predpokladá sa však skoršie vyradenie elektrární na tuhé palivá. Scenár počíta s ukončením výroby elektriny v elektrárni Nováky v roku 2023 v súlade s Akčným plánom Transformácie regiónu Hornej Nitry (MIRRI SR, 2021). Odstavenie výroby v elektrárni Vojany sa predpokladá v roku 2025.

V oblasti vykurovania vzrastie vyžívanie tepelných čerpadiel, kotlov na biomasu a rekuperácia tepla, najmä v priemyselných a administratívnych budovách. No k dosiahnutiu úspor energie najviac prispieje zateplovanie a obnova budov.

Obrázok 23: Vývoj emisií skleníkových plynov (vľavo) a spotreby primárnej energie (vpravo) v sektore energetiky (scenár WAM)

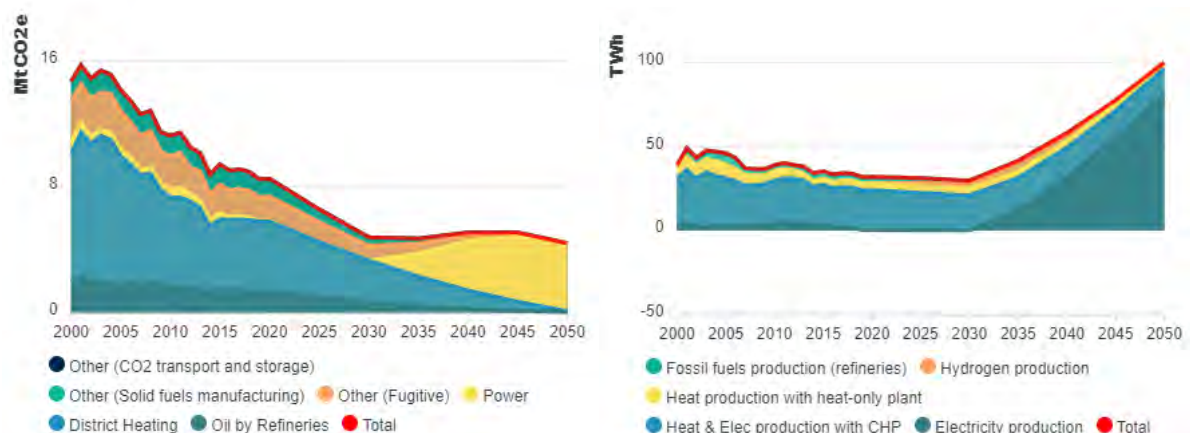


Pozn.: Vľavo: Other (CO₂ transport and storage) - Iné (preprava a uskladnenie uhlíka) Other (Solid fuels manufacturing) - Iné (Tuhé palivá v spracovaní), Other (Fugitive) - Iné (fugitívne), , Power - Elektrická energia, District Heating - Centrálné zásobovanie teplom, Oil by Refineries - Ropa v rafinérii, Total - Spolu
Vpravo: Fossil fuels production (refineries) – Výroba vykurovacích palív (v rafinérii), Hydrogen production – Výroba vodíka, Heat production with heat-only plants – Výroba tepla v teplárnach, Heat & Elec. Production with CHP – Kogenerácia, Electricity production – výroba elektrickej energie

Bezemisný scenár – ZEM

Emisie pochádzajúce z výroby energie sa implementáciou výraznejších úsporných opatrení môžu znížiť až na úroveň 4,39 MtCO₂e, kde väčšina emisií bude vznikať v dôsledku výroby elektriny. Druhý najvyšší podiel bude mať kombinovaná výroba elektriny a tepla, i keď jej kapacity klesnú o dve tretiny.

Obrázok 24: Vývoj emisií skleníkových plynov a spotreby primárnej energie v sektore energetiky (scenár ZEM)



Pozn.: Vľavo: Other (CO₂ transport and storage) - Iné (preprava a uskladnenie uhlíka) Other (Solid fuels manufacturing) - Iné (Tuhé palivá v spracovaní), Other (Fugitive) - Iné (fugitívne), , Power - Elektrická energia, District Heating - Centrálné zásobovanie teplom, Oil by Refineries - Ropa v rafinérii, Total - Spolu
Vpravo: Fossil fuels production (refineries) – Výroba vykurovacích palív (v rafinérii), Hydrogen production – Výroba vodíka, Heat production with heat-only plants – Výroba tepla v teplárňach, Heat & Elec. Production with CHP – Kogenerácia, Electricity production – výroba elektrickej energie

Zvyšovanie energetických úspor patrí k jedným z najdôležitejších opatrení znižovania emisií skleníkových plynov v energetike. Je potrebné urýchliť dosahovanie energetických úspor v budovách a domácnostiach napríklad rýchlejšou obnovou budov vrátane výmeny kotlov za energeticky úspornejšie alebo ich náhradou tepelnými čerpadlami, ako aj zvýšením miery energetickej účinnosti elektrických spotrebičov a vykurovacích zariadení. K zníženiu potreby energie prispeje aj zmena životného štýlu obyvateľov napr. znížením vykurovania miestností aspoň o 1°C.

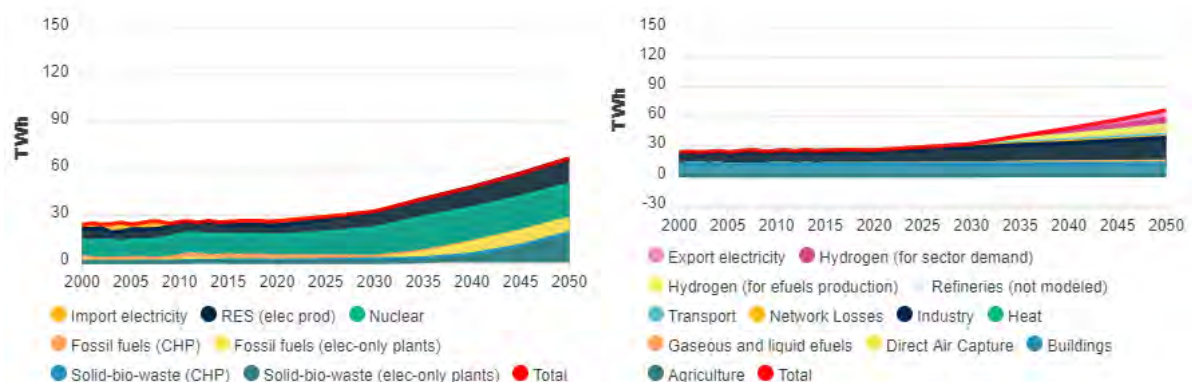
Výraznejšia podpora výroby elektrickej energie a tepla z obnoviteľných zdrojov energie a znižovanie legislatívnych, administratívnych a finančných bariér podporí rast inštalovanej kapacity výroby energie z obnoviteľných zdrojov energie. Pred výstavbou veľkých solárnych a veterných parkov by sa však mali uprednostniť lokálne riešenia a malé zdroje pre vlastnú potrebu energie. Fotovoltické panely môžu byť inštalované na strechách a stenách súkromných a verejných budov, ale i na nevyužívaných zastavaných plochách, najmä strechách priemyselných budov a parkovísk, logistických hál a skladov.

Variabilitu solárnej a veternej energie je potrebné kompenzovať investíciami do digitalizácie a flexibility elektrickej siete a rozšírením možností uskladnenia energie batériovými úložiskami, inštaláciou novej kapacity spätného prečerpávania vody, alebo inými novými technológiami ako power to liquid a power to gas.

Názory ohľadom perspektívy využitia geotermálnej energie v SR sa rôznia. Na Slovensku bolo doposiaľ identifikovaných 25 perspektívnych oblastí s geotermálnymi zdrojmi s teplotou vody do 150°C v hĺbkach do 5000 m. V súčasnosti sa niektoré využívajú najmä na vykurovanie kúpalísk s geotermálnou vodou, vykurovanie nemocnice a sídliska (MŽP SR, 2022). Pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality je potrebné využiť geologický potenciál týchto lokalít pre výrobu elektrickej energie z geotermálnej energie. Vo vykurovaní možno geotermálnu energiu zaviesť do sústavy centrálného zásobovania teplom (CZT), prípadne využiť zdroje s nižšími tepelnými hodnotami pre vykurovanie tepelnými čerpadlami.

Medzi odporúčané opatrenia v oblasti bioenergie patrí zvýšenie inštalovanej kapacity pre výrobu elektrickej energie z odpadovej biomasy a energetické zhodnocovanie odpadov. Bioplyn vyrobený z vytriedených biologicky rozložiteľných odpadov a odpadové teplo sa uplatnia vo vykurovaní.

Obrázok 25: Výroba a spotreba primárnej energie pre výrobu elektriny (scenár ZEM)



Pozn.: Vľavo: Import electricity – dovoz elektrickej energie, RES (elec. Prod) – Výroba elektriny z OZE, Nuclear – jadro, Fossil fuels (CHP) – Ropné vykurovacie palivá (kogenerácia), Fossil fuels (elec-only plants) – Ropné vykurovacie palivá (elektrárne), Solid bio-waste (CHP) – Tuhý bioodpad (kogenerácia), Solid bio-waste (elec-only plants) – Tuhý bioodpad (elektrárne), Total – Spolu

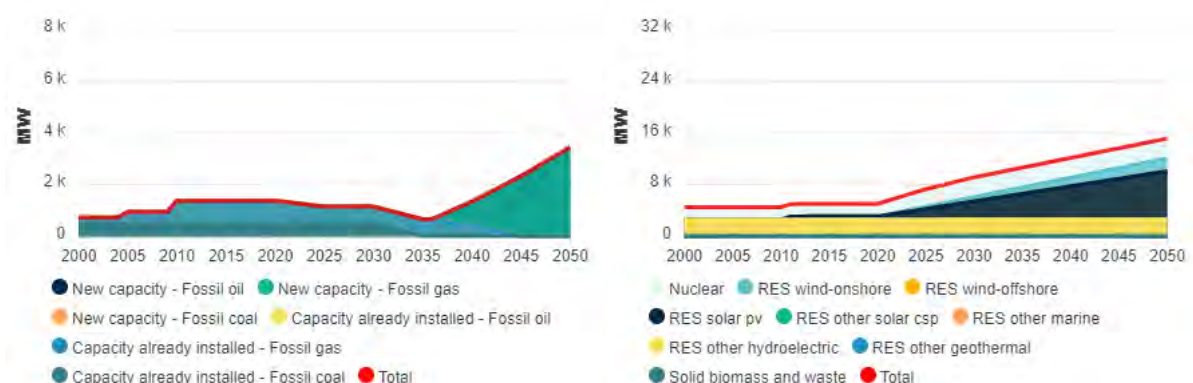
Vpravo: Export electricity – vývoz elektriny, Hydrogen (for sector demand) – vodík (pre potreby sektora), Hydrogen (for efuels production) – vodík (pre výroby syntetických palív), Refineries – rafinérie, Transport – doprava, Network Losses – straty z prepravy, Industry – Priemysel, Heat – Teplo, Gaseous and Liquid efuels – plyné a kvapalné syntetické palivá, Direct Air Capture – priame záchyty uhlíka, Buildings – budovy, Agriculture – poľnohospodárstvo, Total – spolu

Elektrická energia sa bude v roku 2050 naďalej vyrábať z jadrového paliva (66%), z obnoviteľných zdrojov energie a energetickým zhodnotením bioodpadov. V scenári ZEM pribudne 13,6 GW novej kapacity pre výrobu elektrickej energie, a to najmä z fotovoltiky (7,5 GW), z vetra (2 GW), z biomasy a odpadu (1GW), geotermálnej energie (0,5 GW) a vodných elektrární (2,6 GW).

Výroba elektrickej energie z jadra sa takmer zdvojnásobí uvedením do prevádzky 3. a 4. bloku jadrovej elektrárne Mochovce, pričom scenár ZEM nepočíta s výstavbou nového jadrového zdroja do roku 2050.

Vzhľadom na vyšší podiel elektrifikácie v sektoroch dopravy a priemyslu bude potreba primárnej energie v období 2030 – 2050 rásť. Preto bude potrebné zaistiť nielen flexibilitu a stabilitu elektrickej siete úložiskami energie, ale i dodatočnú novú kapacitu, ktorú môžu poskytnúť práve obnoviteľné zdroje energie, inak bude tento nárast potrebné vykryť výrobou elektrickej energie zo zemného plynu.

Obrázok 26: Existujúca a nová inštalovaná kapacita výroby elektrickej energie z fosílnych palív, vľavo, a z jadra a z OZE, vpravo (scenár ZEM)



Pozn.: Vľavo: New capacity – Fossil oil – nová kapacita – ropné vykurovacie oleje, Fossil gas – zemný plyn, Fossil coal – uhlie, Capacity already installed – Fossil oil – existujúca inštalovaná kapacita - ropné vykurovacie oleje, Fossil gas – zemný plyn, Fossil coal – uhlie, Total - Spolu

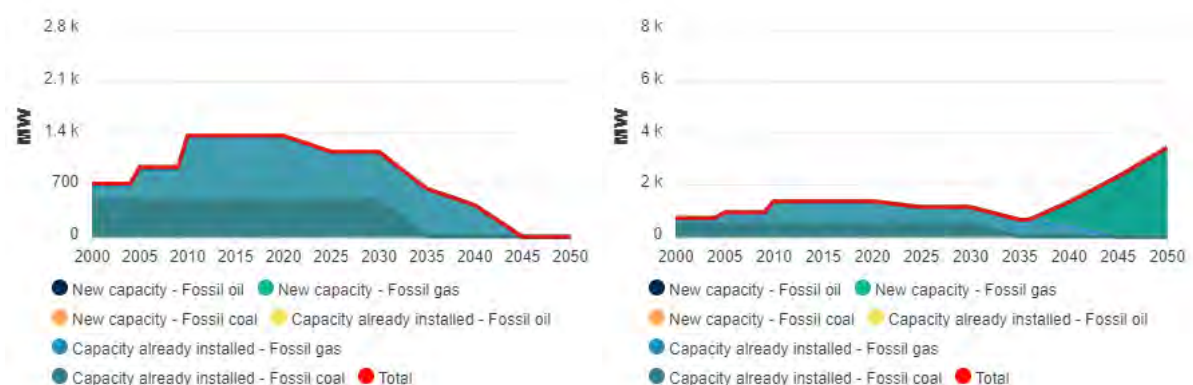
Vpravo: Nuclear – jadrová energia, , RES wind – onshore – Veterná energia, RES wind – offshore – veterná energie na mori, RES other solar csp – iná concentrated solar power, RES other marine – iná morská energia, RES other hydroelectric – Iná vodná energia, RES other geothermal – iná geotermálna energia, Solid biomass and waste – Biomasa a tuhý bioodpad, Total – Spolu

Porovnanie scenára s dodatočnými opatreniami (WAM) a bezemisného scenára (ZEM)

Emisie skleníkových plynov v energetike pri bezuhlíkovom scenári klesnú na 4,39 MtCO₂e, čo je nižšie ako v scenári s dodatočnými opatreniami WAM, kedy by pokles dosiahol 5,24 MtCO₂e. Konečná spotreba energie v oboch scenároch klesne o približne 20%.

Avšak scenár ZEM sa viac spolieha na elektrifikáciu sektorov dopravy a priemyslu a preto je spotreba elektrickej energie je oproti WAM scenáru o tretinu vyššia. Tento rozdiel je pokrytý najmä produkciou elektrickej energie z biomasy a zo zemného plynu. V scenári WAM spotreba elektrickej energie v priemysle, dopravy a pre výrobu vodíka ako paliva tiež narastie, no elektrifikácia týchto sektorov je nižšia, čo umožní SR stať sa exportérom nadprodukcie elektrickej energie.

Obrázok 27: Existujúca a nová inštalovaná kapacita výroby elektrickej energie z fosílnych palív (scenár WAM vľavo, scenár ZEM vpravo)



Pozn.: New capacity – Fossil oil – nová kapacita – ropné vykurovacie oleje, Fossil gas – zemný plyn, Fossil coal – uhlie, Capacity already installed – Fossil oil – existujúca inštalovaná kapacita - ropné vykurovacie oleje, Fossil gas – zemný plyn, Fossil coal – uhlie, Total - Spolu

K odporúčaným opatreniam pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality patria:

- Zvýšiť kapacitu elektrární na biomasu a odpad na 1 GW.
- Zvýšiť využívanie geotermálnej energie.
- Zvýšiť kapacitu solárnych elektrární na 7,5 GW.
- Zvýšiť kapacitu veterných elektrární na 2 GW.
- Vyradiť uhoľné elektrárne podľa Akčného plánu transformácie regiónu horná Nitra (do roku 2023) (MIRRI, 2021).
- Udržať výkonu jadrových elektrární na súčasných hodnotách až do roku 2050.
- Zvýšiť zachytávanie uhlíka vzniknutého spaľovaním plynu na 50%.
- Zachovať všetky vodné elektrárne.

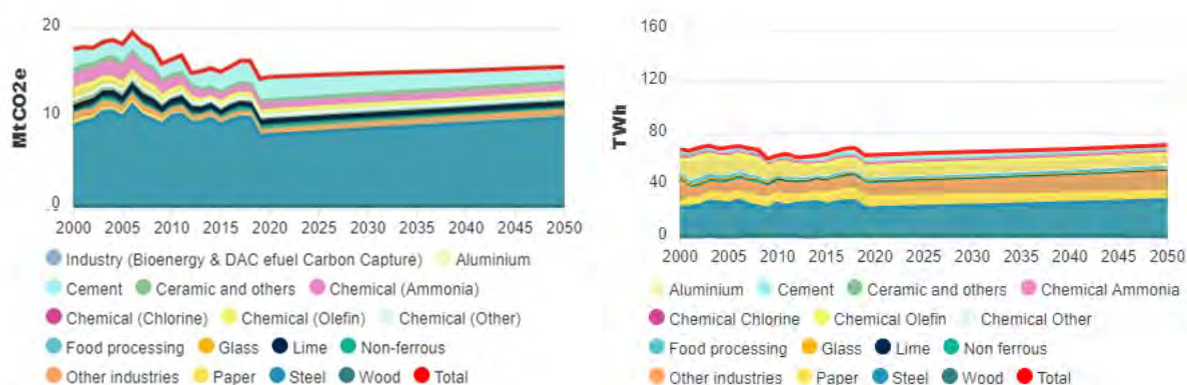
4.4. Sektor Priemysel

Priemysel je zodpovedný za viac ako 40% emisií skleníkových plynov v SR (rok 2020), ktoré vznikajú z technologických procesov spracovania surových materiálov a produktov. Viac ako polovica z nich vzniká hlavne pri výrobe kovov (železa a ocele). Nezanedbateľné množstvo emisií sa tvorí aj pri výrobe produktov z cementu a v chemickom priemysle. Priemysel v SR je energeticky náročnejší ako v iných krajinách EÚ a je zároveň sektorom, v ktorom je bez dodatočných ambiciózných opatrení veľmi náročné eliminovať emisie a dosiahnuť uhlíkovú neutralitu.

Referenčný scenár (WEM)

Očakáva sa, že pri zachovaní súčasných opatrení (scenár WEM) emisie z priemyslu by v roku 2050 narástli zo 14,48 MtCO₂e na 15,62 MtCO₂e. Dopyt po energii v priemysle sa bude zmierňovať súčasne s využívaním nových efektívnych technológií vo výrobných investíciách priemyslu, pričom výroba ocele bude zodpovedná za 63% priemyselných emisií.

Obrázok 28: Vývoj emisií skleníkových plynov a spotreby energie v priemysle (scenár WEM)

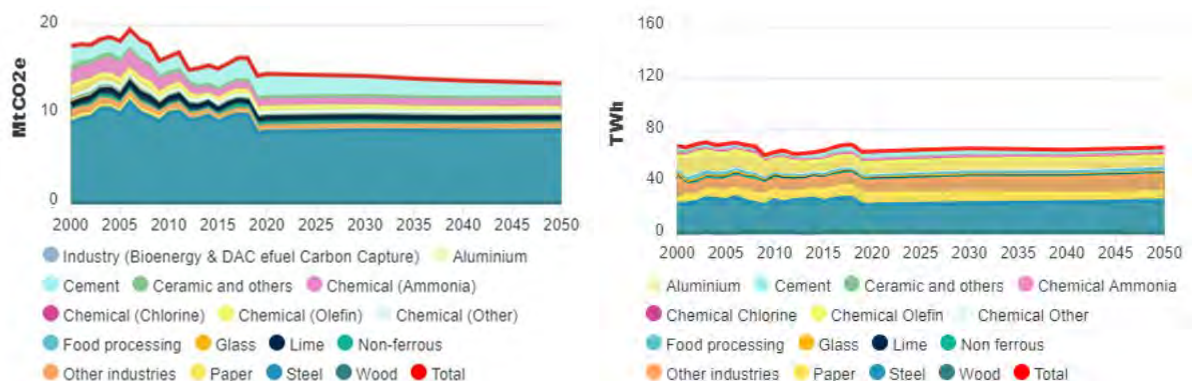


Pozn.: Industry (Bioenergy & DAC efuel Carbon Capture) - Priemysel (bioenergia a zachytávanie uhlíka), Aluminium - Výroba hliníka, Cement - Výroba cementu, Ceramic and others - Výroba porcelánových a keramických výrobkov, Chemical (Ammonia) - Chemický priemysel (amoniak), Chemical (Chlorine) - Chemický priemysel (chlór), Chemical (Olefin) - Chemický priemysel (syntetické vlákna), Chemical (Other) - Chemický priemysel (iný), Food processing - Výroba a spracovanie potravín, Glass - Výroba skla, Lime - Výroba vápna a sadry, Non-ferrous - Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov, Other industries - Iné odvetvia priemyslu, Paper - Výroba papiera a papierových výrobkov, Steel - Výroba a spracovanie kovov, Wood - Spracovanie dreva, Total - Priemysel spolu

Scenár s dodatočnými opatreniami (WAM)

O čosi lepšie vyhliadky poskytuje scenár WAM (NUS SR/NECP). Berúc do úvahy trend sťahovania výroby do regiónov s nižšími nákladmi na pracovnú silu a silnej konkurencie na vznikajúcich trhoch sa očakáva, že výroba v niektorých odvetviach ťažkého priemyslu, ako napríklad výroba železa a ocele, farebných kovov (hlavne hliníka) a chemický priemysel, bude ustupovať. Tým dochádza k pomalému znižovaniu priemyselných emisií na úroveň 13,47 MtCO₂e. Tento scenár počíta so začlením veľkých priemyselných podnikov do EÚ ETS, avšak nezahŕňa nové opatrenia, ktoré by sa týkali samotných technologických postupov zodpovedných za priemyselné emisie, ani nezohľadňuje plány Európskej komisie z Európskej zelenej dohody (NUS SR, 2020).

Obrázok 29: Vývoj emisií skleníkových plynov a spotreby energie v priemysle (scenár WAM)

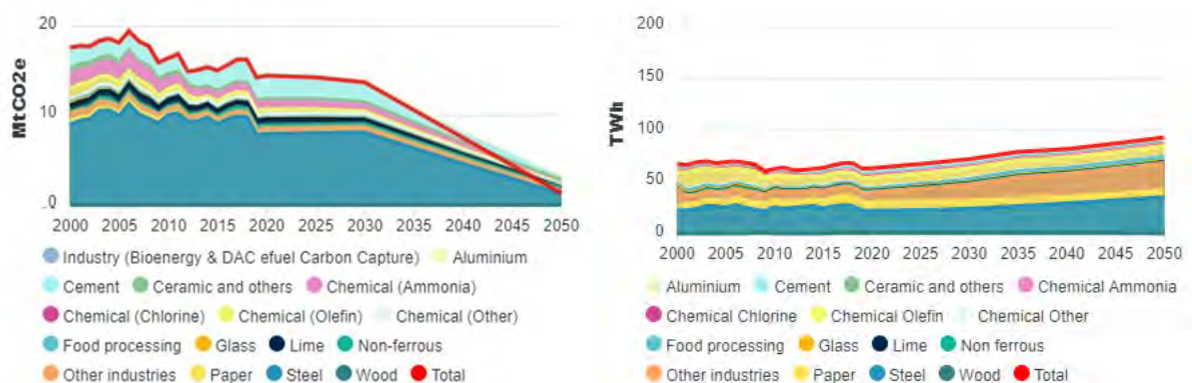


Pozn.: Industry (Bioenergy & DAC efuel Carbon Capture) - Priemysel (bioenergia a zachytávanie uhlíka), Aluminium - Výroba hliníka, Cement - Výroba cementu, Ceramic and others - Výroba porcelánových a keramických výrobkov, Chemical (Ammonia) - Chemický priemysel (amoniak), Chemical (Chlorine) - Chemický priemysel (chlór), Chemical (Olefin) - Chemický priemysel (syntetické vlákna), Chemical (Other) - Chemický priemysel (iný), Food processing - Výroba a spracovanie potravín, Glass - Výroba skla, Lime - Výroba vápna a sadry, Non-ferrous - Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov, Other industries - Iné odvetvia priemyslu, Paper - Výroba papiera a papierových výrobkov, Steel - Výroba a spracovanie kovov, Wood - Spracovanie dreva, Total - Priemysel spolu

Bezemisný scenár (ZEM)

Zo scenára ZEM vidno, že je možné emisie z priemyslu do roku 2050 znížiť na 1,31 MtCO₂e. Energetické úspory v priemysle sú obmedzené - energetickú efektívnosť priemyselných procesov možno (pri nezmenenej štruktúre národného hospodárstva) zlepšiť len do určitej miery. Elektrifikácia pomôže sektoru dopravy, avšak v sektore priemyslu pomôže kombinácia s inými energeticky intenzívnymi palivami ako napríklad s využitím vodíka a biomasy.

Obrázok 30: Vývoj emisií skleníkových plynov a spotreby energie v priemysle (scenár ZEM)



Pozn.: Industry (Bioenergy & DAC efuel Carbon Capture) - Priemysel (bioenergia a zachytávanie uhlíka), Aluminium - Výroba hliníka, Cement - Výroba cementu, Ceramic and others - Výroba porcelánových a keramických výrobkov, Chemical (Ammonia) - Chemický priemysel (amoniak), Chemical (Chlorine) - Chemický priemysel (chlór), Chemical (Olefin) - Chemický priemysel (syntetické vlákna), Chemical (Other) - Chemický priemysel (iný), Food processing - Výroba a spracovanie potravín, Glass - Výroba skla, Lime - Výroba vápna a sadry, Non-ferrous - Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov, Other industries - Iné odvetvia priemyslu, Paper - Výroba papiera a papierových výrobkov, Steel - Výroba a spracovanie kovov, Wood - Spracovanie dreva, Total - Priemysel spolu

Sektor priemyslu si pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality vyžiada kombináciu finančne náročných investícií a opatrení, ako je Implementácia princípov obehového hospodárstva pre zníženie materiálnej náročnosti priemyslu, investície do inovatívnych technológií, investície do zachytu, sekvestrácie a uskladnenia uhlíka a jeho následné ďalšie využitie, ale i zvyšovanie podielu výroby produktov s vyššou pridanou hodnotou v hospodárskom mixe.

Do technologického mixu bude nutné postupne zavádzať vyspelé technológie na princípe tzv. BAT (best available technologies – najlepších v danej dobe dostupných technológií), ako je napríklad využitie zeleného vodíka v oceliarskom priemysle alebo geopolyméry v cementárskom priemysle.

Zachytávanie, sekvestrácia a uskladnenie uhlíka v priemysle

V modeli „2050 Pathways Explorer“ sú pre modelovanie vyčlenené emisne intenzívne odvetvia priemyslu, ako je oceliarsky, hutnícky, chemický priemysel, výroba cementu, vápna a iné. Sekvestrácia uhlíka je započítaná v každom sektore. Tá je dôležitá pre dosiahnutie klimateckej neutrality v priemyselných odvetviach. Zapracovanie zachytov a viazania uhlíka v kombinácii s využitím biomasy v jednotlivých odvetviach priemyslu povedie v celkovom výsledku k negatívnym emisiám, uvádzame ako samostatný segment BECCS (t.j. Bioenergy & DAC e-fuel Carbon Capture and Storage), ktorý zahŕňa využitie bioenergie, priame zachyty uhlíka, alternatívne ekologické palivá, sekvestráciu a uskladňovanie uhlíka.

Tabuľka: Odvetvia priemyslu v modeli „2050 Pathways Explorer“

Názov	Odvetvie priemyslu
Aluminium	Výroba hliníka
Cement	Výroba cementu
Ceramic and others	Výroba porcelánových a keramických výrobkov
Chemical (Ammonia)	Chemický priemysel (amoniak)
Chemical (Chlorine)	Chemický priemysel (chlór)
Chemical (Olefin)	Chemický priemysel (syntetické vlákna)
Chemical (Other)	Chemický priemysel (iný)
Food processing	Výroba a spracovanie potravín
Glass	Výroba skla
Lime	Výroba vápna a sadry
Non-ferrous	Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov
Paper	Výroba papiera a papierových výrobkov
Steel	Výroba a spracovanie kovov (oceliarsky priemysel)
Wood	Spracovanie dreva
Other industries	Iné odvetvia priemyslu
Industry (Bioenergy & DAC e-fuel Carbon Capture)	Využitie bioenergie, priame zachyty uhlíka, alternatívne ekologické palivá, sekvestrácia a uskladňovanie uhlíka

Pri emisne intenzívnych procesoch treba zvážiť investície do zmeny vstupného materiálu a nahradiť ho materiálom generujúcim nižšie množstvo emisií počas životného cyklu. Napríklad pri výstavbe nových budov možno namiesto cementu využiť viac dreva, ktorého spotreba do roku 2050 môže vzrásť o 20% oproti roku 2015. Popri týchto opatreniach je dôležité obmedziť aj materiálové „straty“ pri výrobe a zvýšiť možnosti následného použitia „odpadu“ pre výrobu iného výrobku, či napríklad využiť odpadové teplo z priemyselných procesov na vykurovanie priestorov.

Pri energeticky náročných priemyselných procesoch možno znížiť emisie investíciami do zmeny palivového mixu a náhradou fosílnych palív v energeticky intenzívnych technologických procesoch elektrickou energiou alebo využitím vodíka vyrobenými z obnoviteľných zdrojov energie. V cementárňach možno namiesto uhlia vyžiť spaľovanie odpadu. V papierenskom a potravinárskom priemysle alebo pri výrobe keramiky možno zvážiť aj využitie biomasy. Znížiť energetickú náročnosť priemyslu v SR, a teda aj znížiť produkciu emisií skleníkových plynov, môže aj zvyšovanie podielu hrubého domáceho produktu z výroby produktov s vyššou priamou pridanou hodnotou, resp. služieb.

Materiálovú náročnosť priemyselnej výroby ovplyvnia zavedenie princípov obehového hospodárstva do dizajnu výrobkov a implementácia prvkov ekodizajnu zameraných na opätovné používanie, trvácnosť, recyklovateľnosť, obsah recyklovaného materiálu, ako i na opraviteľnosť výrobkov. V scenári ZEM, napríklad, vďaka tomu poklesne materiálová potreba do roku 2050 pri výrobe cementu o 71%, chlóru v chemickom priemysle o 40% a ocele o 23%. K uhlíkovej neutralite prispievajú domácnosti udržateľnejšou spotrebou, napríklad pri používaní papierových a plastových obalov (zníženie o 20%). Lepší dizajn, trvácnosť a udržateľnosť domácich spotrebičov predĺžia ich používanie o 30%.

Porovnanie scenára s dodatočnými opatreniami (WAM) a bezemisného scenára

Implementáciou opatrení odporúčaných podľa scenára WAM ostanú emisie z priemyslu nezmenené. Eliminovať všetky emisie skleníkových plynov vyprodukované priemyselnými procesmi bude aj napriek ambicióznym opatreniam náročné. A preto bude potrebné implementovať aj nové technológie pre zachytávanie uhlíka. Investície so záchytní uhlíka, jeho sekvestráciou a uskladnením sú finančne náročné, avšak zachytený uhlík možno využiť následne v iných priemyselných procesoch. Tieto investície môžu ovplyvniť konkurencieschopnosť ťažkého priemyslu na Slovensku, no prispievajú k dosiahnutiu klimateckej neutrality priemyslu. V scenári ZEM sa počíta s aplikáciou technológií zachytávania uhlíka najmä v oceliarskom a cementárskom priemysle (záchyt 80%-85% emisií v oceliárstve a 60% v cementárstve),

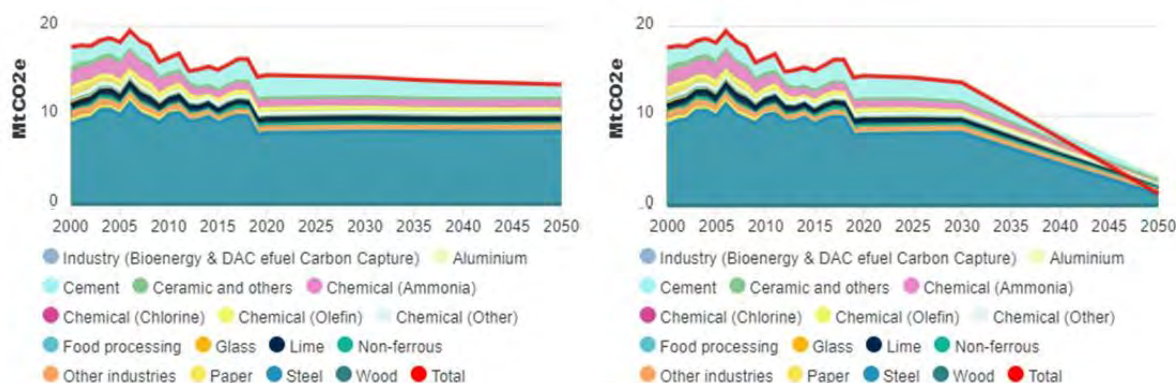
Sektor priemyslu pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality vyžaduje zefektívnenie a inovácie emisne a energeticky náročných priemyselných postupov a technológií. K zníženiu materiálovej náročnosti priemyslu môže prispieť implementácia princípov obehového hospodárstva, najmä zmeny v dizajne výrobkov, využitie prvkov ekodizajnu, použitie efektívnejších materiálov a iné.

Zároveň je potrebné zvážiť investície so záchytní uhlíka, jeho sekvestráciou a uskladnením a využitím v iných priemyselných procesoch. Tieto investície budú nákladovo náročné a môžu ovplyvniť konkurencieschopnosť ťažkého priemyslu na Slovensku, avšak budú kľúčové pre dosiahnutie klimateckej neutrality v roku 2050. Energetickú náročnosť priemyslu v SR môže

znížiť aj rast podielu hrubého domáceho produktu z výroby produktov s vyššou priamou pridanou hodnotou, resp. služieb.

V neposlednom rade, k zníženiu emisií v priemysle môžu prispieť aj samotní spotrebitelia svojimi návykmi a znížením dopytu po výrobkoch, spotrebičoch, obaloch a iných produktoch s vysokou emisnou stopou počas životného cyklu.

Obrázok 31: Porovnanie emisií skleníkových plynov podľa scenára s dodatočnými opatreniami vľavo (WAM) a bezemisného scenára vpravo (ZEM)



Pozn.: Total - Priemysel spolu, Wood - Spracovanie dreva, Steel - Výroba a spracovanie kovov, Paper - Výroba papiera a papierových výrobkov, Other industries - Iné odvetvia priemyslu, Non-ferrous - Výroba ostatných nekovových minerálnych výrobkov, Lime - Výroba vápna a sadry, Glass - Výroba skla, Food processing - Výroba a spracovanie potravín, Chemical (Other) - Chemický priemysel (iný), Chemical (Olefin) - Chemický priemysel (syntetické vlákna), Chemical (Chlorine) - Chemický priemysel (chlór), Chemical (Ammonia) - Chemický priemysel (amoniak), Ceramic and others - Výroba porcelánových a keramických výrobkov, Cement - Výroba cementu, Aluminium - Výroba hliníka, Industry (Bioenergy & DAC efuel Carbon Capture) - Priemysel (bioenergia a zachytávanie uhlíka)

K odporúčaným opatreniam pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality patria:

- Zlepšenie materiálovej a energetickej efektívnosti.
- Zníženie výroby ocele o 5%.
- Zníženie výroby hliníka o 7,5%.
- Zníženie výroby cementu o 10%.
- Mierne zníženie (do 2%) inej priemyselnej výroby – neželezných výrobkov, skla, keramiky, chemických výrobkov.
- Zvýšenie elektrifikácie priemyslu.
- Výrazné zvýšenie zachytávania a ukladania uhlíka.
- Zníženie využívania plastových obalov v domácnostiach o 20%.
- Zvýšenie životnosti domácich spotrebičov.

4.5. Sektor Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy (AFOLU)

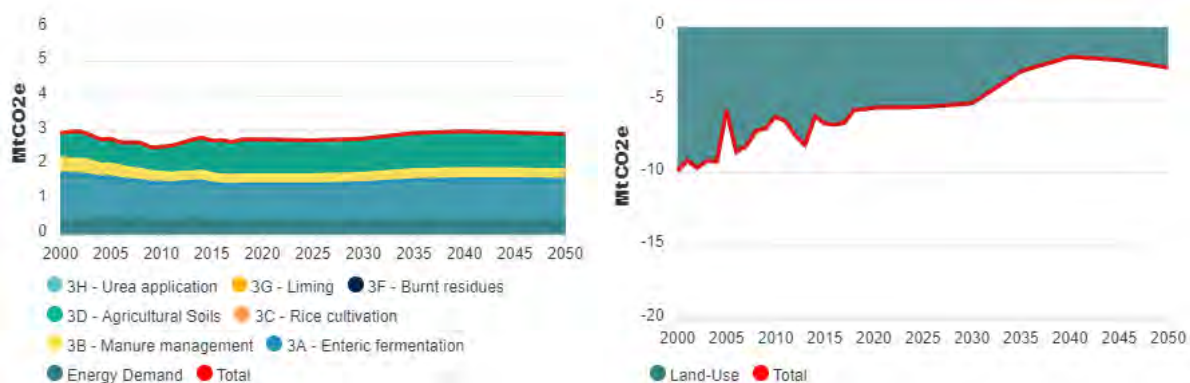
Lesné hospodárstvo a využívanie pôdy patrí k veľmi významnému sektoru, ktoré zabezpečuje zachytávanie uhlíka v biomase, pôde. Tým kompenzuje emisie, ktoré sa nedarí v rámci hospodárstva dostatočne eliminovať na bezuhlíkovú úroveň. Zmenou prístupu k obhospodarovaniu pôdy – poľnohospodárskej aj lesnej – spojenej so zmenou správania spotrebiteľov – znížením spotreby potravín a najmä mäsových výrobkov – môže aj tento sektor výrazne prispieť k bezemisnej ekonomike SR v roku 2050.

Referenčný scenár (WEM)

Emisie v poľnohospodárstve tvoria v súčasnosti necelých 7% všetkých emisií, na čom sa najviac podieľa poľnohospodárske využívanie pôdy a enterická fermentácia (výsledok trávenia hospodárskych zvierat). Naopak táto oblasť zabezpečuje záchyty uhlíka aj z iných sektorov, čím prispieva k zníženiu celkovej uhlíkovej bilancie SR. Pri pokračovaní súčasných opatrení (WEM scenár) by poľnohospodárstvo v roku 2050 prispievalo do celkových emisií 2,39MtCO₂e a došlo by k ich zníženiu prostredníctvom využívania pôdy hodnotou -2,14 MtCO₂e.

Pre znížovanie emisií a zvyšovanie záchyty skleníkových plynov v tomto sektore boli do úvahy brané opatrenia ako zalesnenie 800 ha nízko produktívnej/málo bonitnej pôdy rýchlorastúcimi drevinami a prvé zalesnenie 600 ha poľnohospodárskej pôdy do roku 2017; zatrávnenie 50 000 ha ornej pôdy do roku 2017 a zníženie rizika lesných požiarov na 90 % v porovnaní s obdobím 2000 – 2003.

Obrázok 32: Vývoj emisií v sektore AFOLU (scenár WEM)



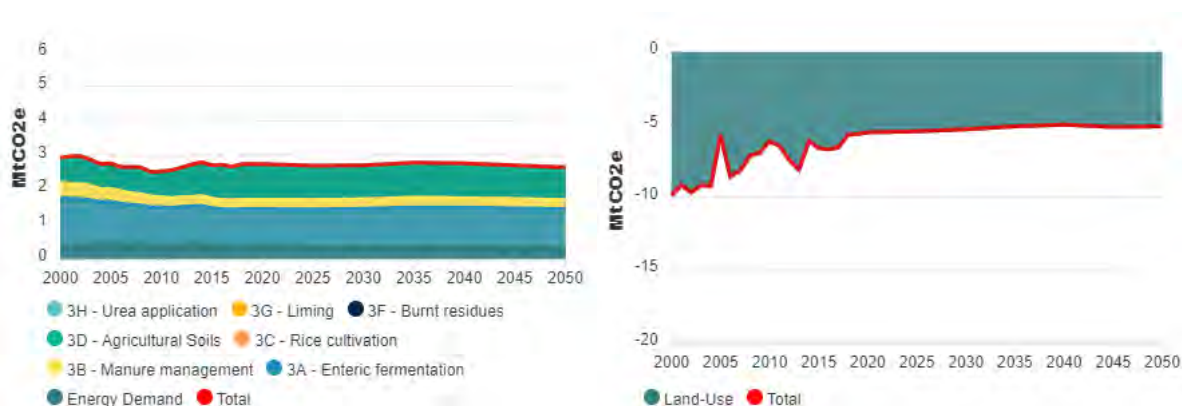
Pozn: Urea application – Hnojenie močovinou, Liming – vápnenie, Agriculture Soils – poľnohospodárske pôdy, Manure management- Využívanie hnoja, Enteric fermentation – enterická fermentácia, Energy Demand – potreba energie

Scenár s dodatočnými opatreniami (WAM)

V ambicióznejšom scenári WAM sa počíta so zavedením ďalších opatrení ako zalesnenie 23 000 ha trávnych porastov do roku 2040 a zatrávnením 50 000 ha ornej pôdy po roku 2016.

Ale ani tento scenár nie je dostatočne ambiciózny, aby bol schopný vyrovnat' emisie z ostatných oblastí na kumulatívnu úroveň uhlíkovej neutrality. Očakáva sa, že celkové emisie klesnú na 2,32 MtCO₂e a záchyty na -5,17 MtCO₂e.

Obrázok 33: Vývoj emisií v sektore AFOLU (scenár WAM)



Pozn: Urea application – Hnojenie močovinou, Liming – vápnenie, Agriculture Soils –poľnohospodárske pôdy, Manure management- Využívanie hnoja, Enteric fermentation – enterická fermentácia, Energy Demand – potreba energie

Potenciál zníženia emisií skleníkových plynov v sektore AFOLU

Podľa IPCC (2019) najväčší potenciál zníženia emisií je v dôsledku

- zníženého odlesňovania a degradácie lesov (0,4 – 5,8 GtCO₂ekv./rok) (vysoká spoľahlivosť),
- prechodu na rastlinnú potravu (0,7 – 8,0 GtCO₂ekv./rok) (vysoká spoľahlivosť)
- a zníženie odpadu z potravín a poľnohospodárstva (0,8 – 4,5 ekvivalentu CO₂/rok) (vysoká spoľahlivosť).

Kombinované poľnohospodárske opatrenia by mohli priniesť 0,3 – 3,4 GtCO₂-ekv./rok (stredná spoľahlivosť).

Možnosti s najväčším potenciálom sú

- **zalesňovanie** (0,5 – 10,1 ekvivalentov CO₂/rok) (stredná spoľahlivosť),
- **sekvestrácia uhlíka v ornej pôde a trávnatých porastoch** (0,4–8,6 ekvivalentu ekv./rok) (vysoká spoľahlivosť)
- **a biopalivá so zachytávaním a skladovaním uhlíka** (0,4 – 11,3 ekvivalentu CO₂/rok) (stredná spoľahlivosť).

Ďalšie dodatočné opatrenia na dosiahnutie uhlíkovej neutrality do roku 2050 pre oblasť AFOLU sú navrhnuté aj v štúdii Klimatická neutralita 2050: Perspektívy zachytávania uhlíka a odporúčania pre zvyšovanie potenciálu Slovenska (Považan,2022), ktorá bola publikovaná ako súčasť rovnakého projektu podporeného ECF, z ktorého bola podporená príprava bezuhlíkového modelu SR. Z nich vyberáme:

- Zvýšenie výmery lesov a lesných pozemkov prostredníctvom zalesňovania poľnohospodársky nevyužívaných pôd pri zachovaní diverzity nelesných biotopov.
- Udržanie vitálnych lesov obmedzením negatívnych dopadov zmeny klímy na lesy.

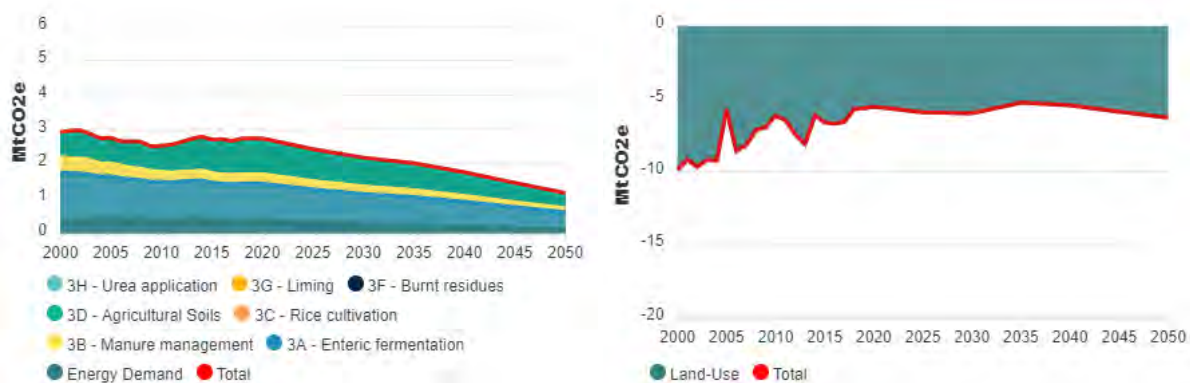
- V rámci udržateľného hospodárenia v lese podporovať opatrenia zamerané na zvyšovanie záchytov uhlíka. Od tretieho stupňa ochrany prírody a vyššie uplatňovať prírode blízke hospodárenie.
- Implementácia opatrení na výrazné zníženie podielu náhodných ťažieb v lesoch SR.
- Zachovanie a zabezpečenie ochrany pralesov a prírodných lesov.
- Zvyšovanie podielu výrobkov z dreva s dlhou dobou životnosti vrátane tých na stavebné účely.
- Údržba a obnova trávnych porastov.
- Ochrana a obnova rašelinísk a mokradí v povodiach.
- Potreba vzdelávania, zvyšovania informovanosti a povedomia pre širokú verejnosť o potrebe dodatočných opatrení v tomto sektore.

V súlade s týmito odporúčaniami je možné znížiť emisie z poľnohospodárstva do roku 2050 na úroveň 1,15 MtCO₂e a zvýšiť záchyty uhlíka pri vhodnom využívaní pôdy na 6,3 MtCO₂e.

Bezemisný scenár (ZEM)

Pre dosiahnutie uhlíkovej neutrality je potrebné pristúpiť k zmenám správania obyvateľstva ale aj poľnohospodárov a lesníkov v mnohých oblastiach.

Obrázok 34: Vývoj emisií v sektore AFOLU (scenár ZEM)



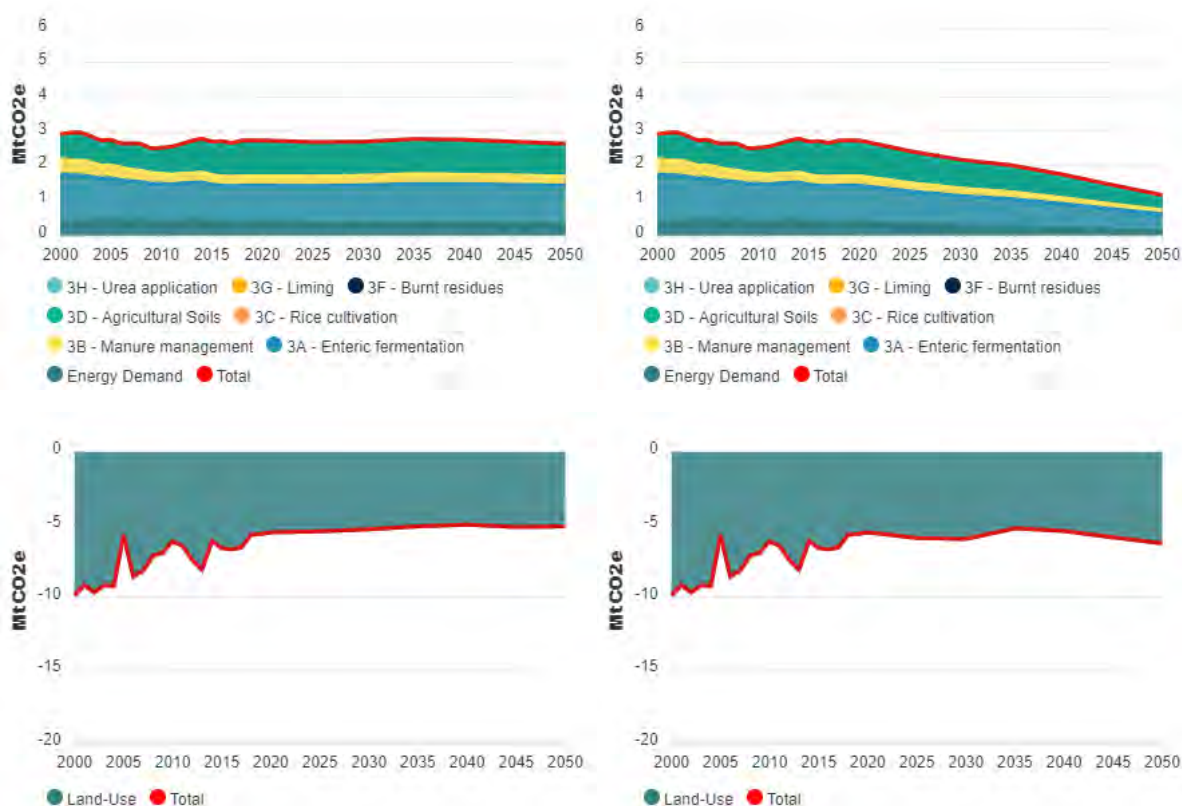
Pozn: Urea application – Hnojenie močovinou, Liming – vápnenie, Agriculture Soils – poľnohospodárske pôdy, Manure management- Využívanie hnoja, Enteric fermentation – enterická fermentácia, Energy Demand – potreba energie

V bezemisnom modeli ZEM boli aplikované zníženia v porovnaní so stavom v roku 2015:

- Zamedzenie plytvania potravinami - znížiť nadspotrebu potravín o 15%.
- Zníženie konzumácie bravčového a hovädzieho mäsa a hydiny o 50%.
- Zníženie potravinového odpadu: ovocie, zelenina o 63%, hovädzieho mäsa o 70%, bravčového o 55%, obilnín o 70%.
- Zníženie využívania umelých hnojív o 60%, kompenzácia maštalným hnojom.
- Zníženie degradácie lesov.

Porovnanie scenára s dodatočnými opatreniami (WAM) a bezemisného scenára (ZEM)

Obrázok 35: Porovnanie WAM (NECP) a bezemisného scenára (ZEM)



Pozn.: Urea application – Hnojenie močovinou, Liming – vápnenie, Agriculture Soils – poľnohospodárske pôdy, Manure management- Využívanie hnoja, Enteric fermentation – enterická fermentácia, Energy Demand – potreba energie

Takýmto prístupom by klesli emisie z dopytu po energiách z 0,29MtCO₂e na tretinu oproti WAM scenáru v roku 2050, čo by predstavovalo pokles na 28% súčasnej úrovne (rok 2020). Znížením konzumácie mäsa by mohlo dôjsť k poklesu chovu zvierat a poklesu emisií z enterickej fermentácie na 47% súčasnej úrovne a 45,5% očakávanej úrovne roku 2050 pre scenár WAM. Vzhľadom na vysoký podiel dovozu živočíšnych produktov na celkovej spotrebe sa nedá očakávať výrazný negatívny ekonomický vplyv na hospodárstvo SR. Výrazný pokles pochádza aj zo znižovania emisií z poľnohospodárskej pôdy – pre bezemisný model na 41% WAM scenára pre rok 2050.

Navrhované opatrenia pre dosiahnutie klimateckej neutrality v scenári ZEM:

- Zamedzenie plytvania potravinami - znížiť nadspotrebu potravín o 15%.
- Zníženie konzumácie bravčového a hovädzieho mäsa a hydiny o 50%.
- Zníženie potravinového odpadu: ovocie, zelenina o 63%, hovädzieho mäsa o 70%, bravčového o 55%, obilnín o 70%.
- Zníženie využívania umelých hnojív o 60%, kompenzácia maštalným hnojom.
- Zníženie degradácie lesov.

5. Záver a odporúčania

Klimatická zmena je jedným z hlavných environmentálnych problémov. SR sa zaviazala k cieľom znižovania emisií skleníkových plynov na medzinárodnej (v rámci Parížskej dohody, UNFCCC, 2015), európskej (v rámci schválenia Európskej zelenej dohody, EK, 2019), ako aj národnej úrovni (v rámci NUS SR; MŽP SR, 2020). Národným cieľom je dosiahnuť uhlíkovú neutralitu SR do roku 2050.

Akou cestou sa vydať k dosiahnutiu uhlíkovej neutrality?

Aby SR dosiahla cieľ uhlíkovej neutrality do roku 2050, resp. aby nastavila správnu trajektóriu a odpovedajúce opatrenia a politiky, je potrebné mať k dispozícii relevantné informácie a nástroje, ktoré simulujú procesy a vzťahy v jednotlivých sektoroch národného hospodárstva, ako aj správanie spotrebiteľov.

Jedným z takýchto nástrojov je aj model „2050 Pathways Explorer“, ktorý bol použitý pri príprave tejto správy. Je komplementárny k modelu Compact Primes Model (CPM) pre Slovensko, ktorý bol základom pre prípravu scenárov v NUS SR (MŽP SR, 2020) a NECP (MH SR, 2019).

Model „2050 Pathways Explorer“ umožňuje vytvoriť vízie nízkouhlíkovej budúcnosti krajiny (scenáre) a prostredníctvom „pák“ otestovať plánované strategické opatrenia, a tak modelovať trajektórie vývoja skleníkových plynov v SR do roku 2050 v sektoroch: budovy, doprava, priemysel, energetický sektor, poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy.

Scenárová analýza na základe tohto modelu poukázala na to, že doteraz existujúce a plánované opatrenia v rámci strategických dokumentov SR v oblasti zmeny klímy a energetiky (NUS SR, NECP) nie sú dostatočné na dosiahnutie uhlíkovej neutrality v SR do roku 2050. Z tohto dôvodu sú potrebné dodatočné opatrenia, resp. zmena existujúcich opatrení tak, aby bolo tento cieľ možné dosiahnuť.

Scenár ZEM vytvorený v tomto modeli je nastavený tak, aby sa v SR do roku 2050 dosiahla uhlíková neutralita. Na to je potrebné zvýšené úsilie vo všetkých sektoroch národného hospodárstva. Najdôležitejšie opatrenia zahrnuté v scenári ZEM sú:

V sektore budov – zabezpečiť vysokú mieru novej výstavby a obnovy budov na úrovni NZEB, ZEB, resp. na úrovni štandardu pasívneho domu, a to čím skôr; zvýšiť tempo obnovy na udržateľnú úroveň pri zabezpečení kvality obnovy; zabezpečiť posun od fosílnych palív k OZE a elektrifikácii vykurovania a udržať dodávky tepla z CZT tam, kde je to efektívne.

V sektore dopravy zvýšiť podiel bezemisných vozidiel s vysokou energetickou efektívnosťou, v osobnej doprave zvýšiť využívanie hromadnej dopravy a v mestskom prostredí výrazne podporiť pešiu alebo cyklistickú dopravu.

V sektore energetiky zvýšiť kapacitu výroby elektrickej energie z OZE a zachytávanie uhlíka vzniknutého spaľovaním plynu.

V sektore priemyslu zlepšiť materiálovú a energetickú efektívnosť, najmä v energeticky náročných odvetviach priemyslu, implementovať princípy obehového hospodárstva a výrazne zvýšiť zachytávanie a ukladanie uhlíka.

V sektore poľnohospodárstva, lesného hospodárstva a iného využitia pôdy (AFOLU) znížiť plytvanie potravinami, najmä mäsom, znížiť degradáciu lesov a znížiť využívanie umelých hnojív.

Vďaka týmto opatreniam podľa scenára ZEM Slovensko do roku 2050 dosiahne zníženie emisií skleníkových plynov na úroveň -0,58 Mt CO₂e. Dosiahnutie tejto zápornej bilancie sa podarilo hlavne vďaka vysokým záchytom uhlíka, ktoré majú potenciál vo výške 11,12 Mt CO₂e.

V súčasnosti spoločnosť čelí mnohým prejavom zmeny klímy. Spolu s vysokými cenami energie v dôsledku konfliktu na Ukrajine čoraz viac nabádajú na aktívne hľadanie riešení na znižovanie emisií, ako aj na zvýšenie miery energetickej sebestačnosti.

Na dosiahnutie ambiciózneho cieľa uhlíkovej neutrality je potrebné výrazne zvýšiť úsilie a zainteresovať všetky dotknuté strany - či už vládu ako tú, ktorá nastavuje politiky, normy a celkové smerovanie hospodárstva, ale aj podniky a domácnosti, ktoré majú možnosť výrazne ovplyvniť spotrebu energie a zdrojov. Je potrebné vytvoriť stratégiu a akčný plán pre dosiahnutie klimatekovej neutrality slovenského hospodárstva s cieľom znížiť emisie oxidu uhličitého a prijať udržateľnejší model zeleného hospodárstva. Dôležité je taktiež aktívne zapájanie samospráv, a to nielen navyšovaním povinností, ale presunom kompetencií a finančných zdrojov.

KPI

Prehľad indikátorov

Slovenská republika

Sektor	Indikátor	Scenár WEM		Scenár WAM/NECP		Scenár ZEM	
		2015	2030	2050	2030	2050	2050
Napriečsektormi	• Celkové emisie skleníkových plynov [MtCO ₂ e]	35,02	35,71	33,34	35,35	24,35	-0,59
	• Sevestrácia unita [MtCO ₂ e]	-5,62	-5,22	-2,8	-5,05	-5,03	-8,12
	• Fosilná paliva [% z konečnej spotreby energie]	57%	55%	52%	55%	51%	26%
	• Elektrická energia [% z konečnej spotreby energie]	32%	30%	22%	32%	25%	31%
	• Alternatívne paliva [% vodík a e-fuels z konečnej spotreby energie]	0	0,1%	2%	0,0%	4%	22%
Budovy	• Celkové emisie skleníkových plynov [MtCO ₂ e]	4,43	3,9	3,45	3,05	3,31	0,72
	• Miera renovácie [% budov ročne]	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	1,1%	2,4%
	• Elektrická energia [% z konečnej spotreby energie]	34%	35%	40%	35%	40%	51%
	• Centrálna zásobovanie teplotom [% z konečnej spotreby energie]	5%	10%	11%	10%	11%	13%
Doprava	• Celkové emisie skleníkových plynov [MtCO ₂ e]	7,26	10,86	7,74	9,85	3,87	0,26
	• Vekosť osídleného vozového parku [počet áut v miliónoch]	2,03	3,65	4,12	3,11	2,17	0,63
	• Modálny podiel osobných vozidiel [% osôb.km na vozidlo]	57%	67,4%	67,2%	65,3%	63,7%	48,4%
	• Technologický podiel osobných vozidiel [% km v elektrickom vozidle]	0	1%	2%	5%	34%	19%
	• Modálny podiel nákladných vozidiel [% tóno.km]	40,4%	63,7%	67,5%	63,7%	60,0%	57,7%
	• Technologický podiel nákladných vozidiel [% km v nabitom elektrickom vozidle]	0	1%	7%	0,5%	20%	38%
Príemysel	• Celkové emisie skleníkových plynov [MtCO ₂ e]	15,55	14,9	14,41	9,333	5,24	12,73
	• Celkem výroby [Mt]	1680	1710	1440	1720	1490	1480
	• Technologická [% elektrickej energie v konečnej spotrebe energie bez mešazdroj.MtCO ₂ e]	25%	25%	34%	25%	25%	33%
	• Sevestrácia unita [MtCO ₂ e]	0	0	-0,03	0	-0,02	-0,01
Výroba energie	• Celkové emisie skleníkových plynov [MtCO ₂ e]	0,23	5,82	5,53	8,23	5,24	4,39
	• OZE [% z výroby elektrickej energie]	31%	31%	44%	44%	40%	54%
	• Unit [% z výroby elektrickej energie]	7%	5%	2%	5%	2%	0
Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a nevyužitie pôdy	• Emisie skleníkových plynov v poľnohospodárstve [MtCO ₂ e]	2,7	2,8	3,0	2,7	2,6	1,15
	• Emisie z využitia pôdy [MtCO ₂ e]	-8,62	-8,22	-2,77	-5,25	-5,03	-5,23
	• Spotreba mäsa [tca/obč]	345	389	390	275	345	290

Zoznam použitých skratiek

AFOLU	Poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo a iné využitie pôdy
BAT	Najlepšie dostupné technológie (best available technologies)
BEV	Batériové elektrické vozidlo
CO₂	Oxid uhličitý
CZT	Centrálne zásobovanie teplom
ECF	European Climate Foundation (Európska klimatická nadácia)
EU ETS	Európsky systém obchodovania s emisnými kvótami
FCEV	Vozidlo s pohonom z palivových článkov (vodík)
HDP	Hrubý domáci produkt
ICE	Vozidlo so spaľovacím motorom
KES	Konečná energetická spotreba
KVET	Kombinovanou výrobou elektriny a tepla
LULUCF	Využívanie pôdy, zmeny vo využívaní pôdy a lesníctvo
MDV SR	Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky
MH SR	Ministerstvo hospodárstva Slovenskej republiky
MtCO_{2e}	milión ton CO ₂ ekvivalentu
MŽP SR	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
NECP / INKEP SR	Integrovaný národný energetický a klimatický plán SR na roky 2021-2030
NUS SR	Nízkouhlíková stratégia rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050
NZEB	Budovy s takmer nulovou potrebou energie (Nearly zero energy buildings)
OZE	Obnoviteľné zdroje energie
PHEV	Nabíjateľné hybridné vozidlo
PPC	Paroplynový cyklus
SHMÚ	Slovenský hydrometeorologický ústav
SR	Slovenská republika
TÚV	Teplá úžitková voda
WAM	Scenár s dodatočnými opatreniami (with additional measures)
WEM	Scenár s existujúcimi opatreniami (with existing measures)
ZEB	Budovy s nulovou potrebou energie (Zero emission buildings)
ZEM	Bezuhlíkový scenár (zero emission measures)

Zoznam použitej literatúry

- Brífing Európskeho parlamentu (European Parliament Briefing - EU Legislation in Progress) (2022). CO₂ Emission Standards for New Cars and Vans - 'Fit for 55' Package. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698920/EPRS_BRI\(2022\)698920_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2022/698920/EPRS_BRI(2022)698920_EN.pdf).
- DG Environment, Climate Change Section (DG ENV) (2021). Scenarios for a Climate Neutral Belgium by 2050. Web: <https://climat.be/doc/climate-neutral-belgium-by-2050-report.pdf>
- Európska komisia (EK) (2022). Repower EU. cit. 31. mája 2022, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repower-eu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en
- Európska komisia (EK) (2022). Fit for 55. cit. 31. mája 2022, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0556>
- Európska komisia (EK) (2019). Európska zelená dohoda (European Green Deal). cit. 27. mája 2022, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
- Európska komisia (EK) (2019). Regulation (EU) 2019/631 setting CO₂ standards for new cars and vans, cit. 26. mája 2022, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02019R0631-20210301>
- IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.
- Inštitút environmentálnej politiky Ministerstva životného prostredia (IEP) (2022). Analýza vplyvov balíka Fit for 55, cit. 3. júna 2022, https://www.minzp.sk/files/iep/iep_analyza_fit_for_55_.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. 906 pp. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2021/07/210714-IPCCJ7230-SRCCL-Complete-BOOK-HRES.pdf>
- Integrovaný národný energetický a klimatický plán na roky 2021 – 2030. Schválené Uznesením Vlády SR č. 606/2019 zo dňa 11.12.2019. Web: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/24390/1>
- Joint Research Centre (JRC) (2018). JRC-IDEES - Integrated Database of the European Energy System (2000-2015). Slovak Republic. IDEES databáza pre Slovenskú republiku. Pripravilo JRC, oddelenie C.6. Júl 2018. Web: http://jeodpp.jrc.ec.europa.eu/ftp/jrc-opendata/JRC-IDEES/JRC-IDEES-2015_v1/
- LIFE PlanUp (2021). How can we reach the GHG targets in ESR sectors: decarbonization trajectories for Hungary – Action C2.4 and C2.6. Report of a project PlanUp financed from the EU LIFE programme of the European Union. April 2021. Web: https://cdn.webdoos.io/planup/X_Calc_Scenarios_Report.pdf

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) (2020). Nízkouhlíková stratégia rozvoja Slovenskej republiky do roku 2030 s výhľadom do roku 2050. Schválené Uznesením Vlády SR č. 104/2020 zo dňa 05.03.2020. Web: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/24531/2>

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky (MŽP SR) (2022). Obnoviteľné zdroje energie, Geotermálna energia. cit. 3. júna 2022, <https://www.minzp.sk/klima/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalna-energia/>

Ministerstvo dopravy a výstavby Slovenskej republiky (MDV SR) (2021). Dlhodobá stratégia obnovy fondu budov. Schválené Uznesením Vlády SR č. 36/2021 dňa 20.01.2021. Web: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/25606/3>

Ministerstvo investícií, regionálneho rozvoja a informatizácie Slovenskej republiky (MIRRI SK) (2021). Aktualizácia Akčného plánu transformácie uhoľného regiónu horná Nitra. Schválené Uznesením Vlády SR č. 11/2021 dňa 06.01.2021. Web: <https://rokovania.gov.sk/RVL/Material/25612/1>

Považan, R (2022). Klimatická neutralita 2050: Perspektívy zachytávania uhlíka a odporúčania pre zvyšovanie potenciálu Slovenska. Správa vypracovaná v rámci tohto ECF projektu.

Rámcový dohovor OSN o zmene klímy (UNFCCC) (2015), The Paris Agreement, cit. 26. mája 2022, <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Slovenský hydrometeorologický ústav SR, Odbor emisie a biopalivá (SHMÚ) (2022). Celkové emisie skleníkových plynov a znečisťujúcich látok na Slovensku. Cit. 19 máj 2022. <https://oeab.shmu.sk/emisie/celkove/trendy.html>