



Centrum Analiz
Klimatyczno-Energetycznych

ŚCIEŻKI REDUKCJI EMISJI CO₂ W SEKTORZE TRANSPORTU W POLSCE W KONTEKŚCIE „EUROPEJSKIEGO ZIELONEGO ŁADU”

Autorzy:

Wojciech Paweł Rabięga, Przemysław Sikora

LIFEClimateCAKEPL



Warszawa, Październik 2020 r.



AUTORZY I PRAWA AUTORSKIE

Wojciech Paweł Rabiega, Przemysław Sikora

Raport przygotowany pod redakcją Roberta Jeszke.

Autorzy dziękują Michałowi Lewarskiemu, Igorowi Tatarewiczowi, Anecie Tylce, Sebastianowi Lizakowi, Eugeniuszowi Smolowi, Izabeli Tobiasz, Pawłowi Mzykowi, Monice Sekule za cenny wkład i uwagi do raportu.

Copyright © 2020 Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB). Wszelkie prawa zastrzeżone. Udzielono licencji na rzecz Unii Europejskiej (pod określonymi warunkami).

Dokument ten został przygotowany w Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych (CAKE) utworzonym w Krajowym Ośrodku Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), który jest częścią Instytutu Ochrony Środowiska - Państwowego Instytutu Badawczego (IOŚ-PIB).

Dokument został przygotowany w ramach projektu: "System dostarczania i wymiany informacji w celu strategicznego wspierania wdrażania polityki klimatyczno-energetycznej (LIFE Climate CAKE PL)" - LIFE16 GIC/PL/000031 – LIFE Climate CAKE PL.

Prosimy o przesyłanie uwag, pytań lub komentarzy do dokumentu na adres: cake@kobize.pl

Dokument został ukończony w październiku 2020 r.

Zastrzeżenie: Ustalenia, interpretacje i wnioski wyrażone w tym dokumencie są ustaleniami autorów, a niekoniecznie organizacji, z którą autorzy są powiązani. Niniejszy dokument jest rozpowszechniany w nadziei, że będzie przydatny, ale IOŚ-PIB nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody powstałe w wyniku korzystania z jego treści.

Grafika na okładce: fanjianhua / Freepik.

Kontakt:

Adres: Chmielna 132/134, 00-805 Warszawa
WWW: www.climatecake.pl
E-mail: cake@kobize.pl
Tel.: +48 22 56 96 570
Twitter: @climate_cake



Projekt "System dostarczania i wymiany informacji w celu strategicznego wspierania wdrażania polityki klimatyczno-energetycznej" - LIFE16 GIC/PL/000031 (LIFE Climate CAKE PL) jest współfinansowany z programu UE LIFE i współfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.



Spis treści

Lista skrótów	4
Najważniejsze wnioski:	5
Streszczenie.....	6
1. Wstęp	10
2. Mechanizmy redukcji emisji w sektorze transportu drogowego – przegląd literatury ..	15
3. Scenariusze analityczne i wyniki modelowania.....	18
3.1. Metoda badawcza.....	18
3.2. Scenariusze analityczne	18
3.3. Zmiany poziomu i struktury aktywności w transporcie pasażerskim	24
3.4. Rozwój elektromobilności w drogowym transporcie osobowym w Polsce	25
3.5. Redukcje emisji w transporcie drogowym	28
3.6. Zmiana poziomu emisji wg typów pojazdów (transport osobowy i towarowy)	29
3.7. Zmiany poziomu i struktury aktywności w transporcie towarowym	31
3.8. Dekompozycja zmian poziomów emisji metodą LMDI – Logarithmic Mean Divisia Index	32
3.9. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie drogowym.....	34
3.10. Bilans emisji – emisje ze spalania paliw oraz emisje z wytworzenia energii elektrycznej	35
3.11. Przychody budżetu państwa z tytułu opłat od emisji/koszty postępu technologicznego.	36
3.12. Rozwój elektromobilności w scenariuszu ProETSeq w Polsce na tle Unii Europejskiej.	40
4. Wnioski i podsumowanie	42
Bibliografia:	44
Załącznik I: Zestawienie wyników wg scenariuszy	45
Załącznik II: Charakterystyka modelu TR ³ E	46
Załącznik III: Dekompozycja LMDI	48

Lista skrótów

AEA	Annual Emissions Allocation – jednostki rozliczeniowe emisji w obszarze non-ETS
CAKE	Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych
ESD	Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych
ESR	Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r.
EU ETS	System handlu uprawnieniami do emisji w Unii Europejskiej
EUA	Uprawnienia (EUA z ang. European Union Allowances) wydawane operatorom instalacji stacjonarnych służące do rozliczania emisji w unijnym systemie handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS). 1 EUA = 1 t CO ₂ ekw
GHG	Gazy cieplarniane
GHG50	Scenariusz zakładający 50% redukcji emisji gazów cieplarnianych w 2030 r. w Unii Europejskiej w stosunku do poziomu emisji z 1990 r.
GHG55	Scenariusz zakładający 55% redukcji emisji gazów cieplarnianych w 2030 r. w Unii Europejskiej w stosunku do poziomu emisji z 1990 r.
MAE	Międzynarodowa Agencja Energetyczna
KE	Komisja Europejska
KOBiZE	Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami
Non-ETS	Sektory nieobjęte unijnym systemem handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS)
PKB per capita	Produkt krajowy brutto na mieszkańca
TR³E	Model równowagi cząstkowej sektora transportu w UE
UE	Unia Europejska
WB	Wielka Brytania
WEO	World Energy Outlook – coroczna publikacja MAE

Najważniejsze wnioski:

- ❖ Odmienne dynamiki emisji historycznych w sektorze transportowym w Polsce na tle Unii Europejskiej będzie miała duże znaczenie podczas redukcji emisji i bez wątpienia wpłynie na tempo ich zachodzenia.
- ❖ Scenariusz bazowy (BAU) będący punktem odniesienia w symulacjach zawartych w niniejszym raporcie jest zgodny ze scenariuszem referencyjnym modelu PRIMES 2016. Przyjęty w BAU średni wzrost aktywności transportowej na poziomie 1,5% r/r oznacza wzrost emisji z 61 Mt CO₂ w 2020 r. do poziomu 63 Mt CO₂ w 2030 r. i następnie spadek do 58 Mt CO₂ w 2050 r.
- ❖ W głównym scenariuszu analitycznym (ProETSeq) wprowadzono dodatkowy podatek zależny od intensywności emisji spalane paliwa, jakie wykorzystuje dany pojazd oraz stopniowy spadek cen pojazdów elektrycznych i hybrydowych, przy czym cena za tonę emisji CO₂ konwerguje do poziomu 350 EUR w 2050 r.
- ❖ Wzrost kosztów eksploatacji samochodów z napędem ICE (nałożona opłata od emisji CO₂) oraz spadek cen pojazdów niskoemisyjnych (elektrycznych i hybrydowych) spowoduje dynamiczny wzrost liczby pojazdów elektrycznych w Polsce – około 350 tys. pojazdów rocznie.
- ❖ Zmieni się struktura floty samochodów osobowych w Polsce: 7% udział samochodów elektrycznych oraz 5% hybrydowych w 2030 r. oraz 54% elektrycznych i 10% hybrydowych w 2050 r.
- ❖ Zmiana preferencji konsumentów, co do zakupu środków transportu, jak i wzrost aktywności transportu szynowego prowadziłyby do spadku emisji do poziomu 52 Mt CO₂ w 2030 r. oraz 31 Mt CO₂ w 2050 r. Możliwości redukcji emisji do roku 2030 wydają się być dość ograniczone, chociażby z uwagi na fakt relatywnie drogich nowych pojazdów niskoemisyjnych. Stąd też redukcje emisji CO₂ w stosunku do 2005 r. są widoczne dopiero w 2050 r.
- ❖ Rozwój elektromobilności zwiększa całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie drogowym w 2050 r. do około 35 TWh, co stanowiłoby ok. 15% prognozowanego krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną¹ (dodatkowe emisje CO₂ z wytworzenia energii elektrycznej stanowiłyby 1,3% emisji z sektora transportu drogowego).
- ❖ Sektor przewozów towarów, mimo znaczącego wzrostu cen paliw spowodowanych opłatami za emisje, jest nadal odpowiedzialny za znaczący poziom emisji – 25 Mt CO₂ w 2030 r. oraz 19 Mt CO₂ w 2050 r. Wprowadzenie opłaty zależnej od emisji dla pojazdów o ładowności pow. 3,5t może wpłynąć na spadek aktywności (a tym samym emisji) w tej grupie pojazdów o 6% w 2030 r. oraz o 19% w 2050 r. w stosunku do scenariusza bazowego – aktywność zostanie zastąpiona przez transport kolejowy.

¹ Przy założeniu krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną w 2050 r. na poziomie 234 TWh.

Streszczenie

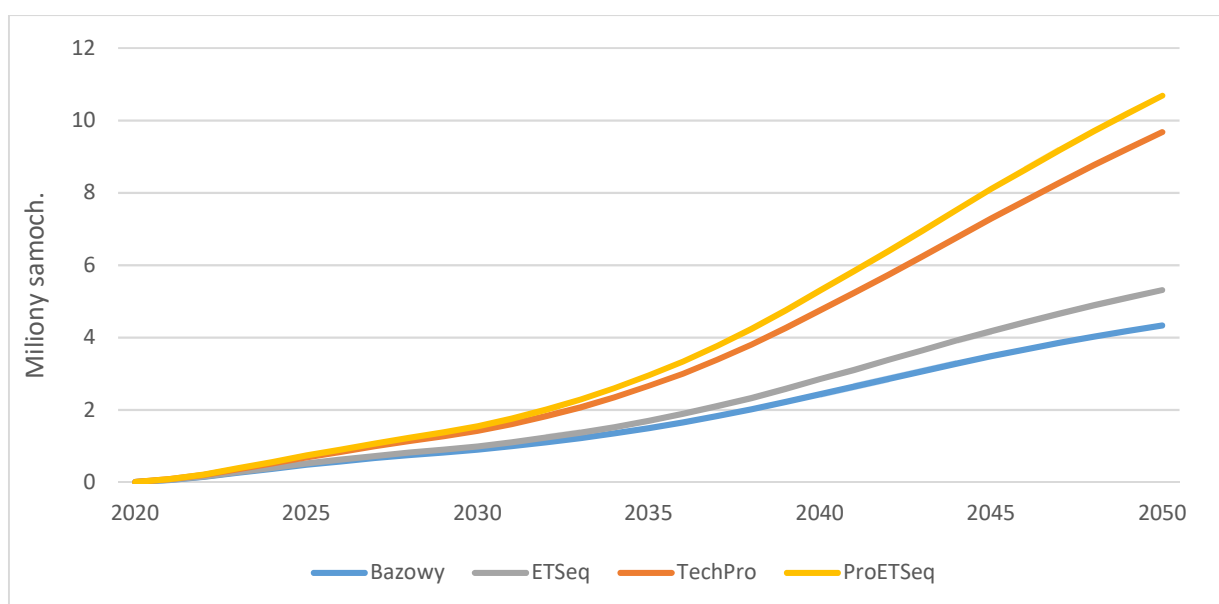
1. Realizacja założeń komunikatu Komisji Europejskiej pn. „Europejski Zielony Ład”, będzie wymagała ograniczania emisji gazów cieplarnianych w całej gospodarce europejskiej, tak aby w 2050 r. osiągnąć neutralność klimatyczną. Jednym z istotnych sektorów gospodarki, który będzie musiał się zmierzyć z tym wyzwaniem, będzie sektor transportowy². Sektor transportowy należy do obszaru non-ETS, który to obszar obejmuje swoim zasięgiem jeszcze takie sektory jak rolnictwo, komunalno-bytowy oraz część sektorów przemysłowych nieobjętych systemem EU ETS.
2. W przeciwieństwie do systemu EU ETS, w obszarze non-ETS cele redukcji emisji gazów cieplarnianych są ustalane dla każdego państwa członkowskiego osobno. Dotychczasowo Polska mogła zwiększyć emisje GHG o 14% między 2005, a 2020 r. Na 2030 r. prawnie wiążący cel dla Polski to -7% w stosunku do poziomu z 2005 r.
3. Komunikat Komisji „Europejski Zielony Ład” zakłada zwiększenie unijnych celów redukcji emisji na 2030 r. z dotychczasowych 40% do 50-55% w odniesieniu do 1990 r. Do celów niniejszej analizy przyjęto założenie, analogiczne do obecnego mechanizmu podziału celów redukcyjnych w non-ETS, że podniesienie celu redukcyjnego na poziomie UE do 55%, może przełożyć się na zwiększenie celu dla Polski w obszarze non-ETS nawet do -16% w 2030 r. w odniesieniu do poziomu z 2005 r.
4. Dynamika historycznych emisji CO₂ z sektora transportowego w Polsce na tle Unii Europejskiej jest odmienna. W Polsce w latach 2005-2017 obserwowany był znaczny wzrost emisji (o 76%), gdzie w UE w tym samym okresie widoczny był spadek emisji o 3%. Trend rosnących emisji w tym sektorze w Polsce może utrzymywać się jeszcze w najbliższych latach, co będzie miało istotny wpływ na możliwe do osiągnięcia redukcje emisji CO₂.
5. W celu przeanalizowania możliwości redukcji emisji w sektorze transportowym w Polsce wykorzystano model równowagi cząstkowej TR³E, skonstruowany w ramach prowadzonego w IOŚ/PIB-KOBIZE projektu LIFE Climate CAKE PL. Jednym z mechanizmów redukcji emisji w sektorze transportowym jest wprowadzenie dodatkowych opłat za emisję CO₂. W niniejszym raporcie przeanalizowano, w jakim stopniu opodatkowanie paliw podatkiem środowiskowym wpłynie na aktywność, zmianę floty i emisji w sektorze transportu. W tym celu stworzono scenariusz analityczny zakładający zwiększenie kosztów przejazdów o koszt emisji CO₂ (dodatkowy koszt w cenie paliw konwencjonalnych) – scenariusz **ETSeq**. Wprowadzona stawka podatku jest zależna od poziomu emisji na 1 km przy spalaniu paliwa jakie wykorzystuje dany pojazd. Na podstawie bieżących danych o emisji spalanych przez pojazdy paliw, założonych trendów do 2050 r. oraz cen za emisję 1 tCO₂ zostały wyliczone dodatkowe koszty ponoszone przez użytkowników pojazdów. W zależności od kategorii pojazdów,

² Komunikat Komisji Europejskiej pn. „Europejski Zielony Ład”, COM(2019) 640 final, https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0016.02/DOC_1&format=PDF

wprowadzenie „podatku” od emisji CO₂, będzie prowadzić przykładowo do wzrostu kosztów eksploatacji w sektorze samochodów osobowych o ok. 5% w 2030 r. i 15-20% w 2050 r.

6. Wraz ze wzrostem cen paliw i emisji dwutlenku węgla technologie niskoemisyjne (elektryczne i hybrydowe) będą coraz bardziej popularne, a więc ich cena będzie stopniowo spadać. Możliwe są ponadto dopłaty ze strony państwa na zakup pojazdów niskoemisyjnych, co również może wpłynąć na ich atrakcyjność w stosunku do pojazdów konwencjonalnych – spalinowych. W celu przeanalizowania tego zjawiska stworzono scenariusz postępu technologicznego - **TechPro**, zakładający między innymi spadek cen pojazdów alternatywnych - z napędem elektrycznym oraz hybrydowym.
7. Trzecim, docelowym opracowanym scenariuszem jest scenariusz obejmujący opłaty zależne od emisji dwutlenku węgla uwzględnione w cenie zakupu paliw na tle zachodzącego postępu technologicznego - scenariusz **ProETSeq**. Zakłada on zarówno spadek cen pojazdów niskoemisyjnych, poprawy intensywności emisji w stosunku do tej założonej w scenariuszu bazowym oraz wprowadzenie podatku związanego z emisją CO₂.
8. Jednym z wyników analizy jest szacowany wzrost liczby pojazdów elektrycznych w Polsce w latach 2020-2050. W przypadku scenariusza ETSeq, liczba samochodów elektrycznych do 2035 r. rośnie prawie w tym samym tempie, co w scenariuszu bazowym (dodatkowe opłaty za emisje nie wpływają znacząco na decyzje konsumentów dotyczące zakupu pojazdów niskoemisyjnych). W 2030 r. samochodów elektrycznych w scenariuszu ETSeq będzie o ok. 90 tys., czyli 9% więcej niż w scenariuszu bazowym. Natomiast w 2050 r. opłata za emisje staje się już na tyle wysoka, że wpływa na zakup dodatkowego 1 mln pojazdów elektrycznych i łącznie będzie ich 5,3 mln szt., co jest o 23% więcej, niż w scenariuszu bazowym (4,3 mln szt.).

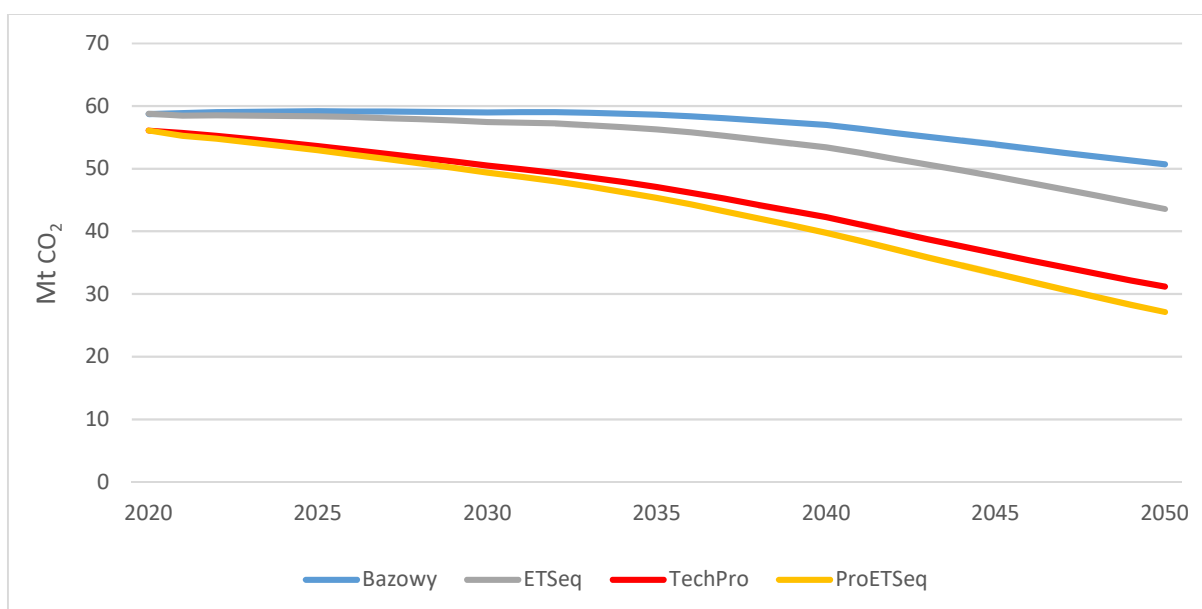
Rys. 1. Liczba samochodów elektrycznych w Polsce w latach 2020-2050



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

9. W scenariuszu ProETSeq liczba samochodów elektrycznych (EV) w Polsce w 2050 r. będzie kształtowała się na poziomie 10,6 mln szt. (1,5 mln szt. w 2030 r.), co oznacza średni wzrost o około 350 tys. sztuk rocznie. Wzrost liczby pojazdów elektrycznych wynika z taniejących aut elektrycznych w scenariuszu TechPro oraz zmian preferencji konsumentów wynikających z droższych w eksploatacji (ze względu na zakup paliw obciążonych opłatą za emisje) samochodów spalinowych (ang. *Internal Combustion Engine* - ICE). Wyniki analizy dotyczące emisji CO₂ z sektora transportu wskazują na dość ograniczone możliwości redukcji emisji do 2030 r. Dynamika spadku emisji w sektorze transportowym zwiększa się dopiero po 2030 r., co ma niewątpliwie związek z obserwowanym po 2030 r. znacznym spadkiem cen pojazdów z napędem alternatywnym i rosnącym udziałem tych pojazdów na rynku.
10. Największe spadki emisji w całym sektorze transportu w Polsce widoczne są w przypadku scenariusza ProETSeq – spadek emisji CO₂ do poziomu 31 Mt CO₂ w 2050 r. (27 Mt CO₂ w transporcie drogowym). Należy zaznaczyć, że w ramach realizacji scenariuszy TechPro oraz ProETSeq, potrzebne jest zapewnienie finansowania, które posłuży do realizacji zawartego w nim celu spadku cen pojazdów elektrycznych do 2050 r., czy to przez innowacje, efekt skali związany ze zwiększeniem produkcji, itp. Warty podkreślenia jest fakt, że redukcja emisji CO₂ w 2050 r. jest większa w ramach scenariusza TechPro, niż scenariusza ETSeq. Fakt ten, jest związany ze spadkiem cen samochodów niskoemisyjnych – koszt zakupu nowego samochodu na km jest znacznie większy niż koszt paliwa do napędzenia tego pojazdu, uwzględniający także zakładany rosnący koszt CO₂.

Rys. 2. Emisje CO₂ w transporcie drogowym w Polsce w latach 2020-2050



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

11. W ramach scenariusza TechPro, spadek cen pojazdów elektrycznych będzie powodował istotne zwiększenie popytu na ten typ pojazdów i jednocześnie odchodzenie od pojazdów z napędem konwencjonalnym. Z kolei w ramach scenariusza ETSeq, redukcja emisji będzie

wynikała ze zwiększenia kosztów użytkowania pojazdów z napędem konwencjonalnym i spadkiem aktywności transportowej w tym segmencie pojazdów. Zatem wpływ tego mechanizmu na liczbę nowych pojazdów elektrycznych na rynku będzie mniejszy, niż w przypadku scenariusza TechPro, co przekłada się bezpośrednio na poziomy emisji CO₂ w tych scenariuszach. W ramach scenariusza ETSeq mamy do czynienia z „przerzuceniem” kosztów redukcji emisji na użytkowników pojazdów. Taka forma prowadzić będzie do powstania znacznych dochodów budżetu państwa z tytułu opłat emisyjnych. Dochody te mogą być np. przeznaczane na działania podejmowane w ramach realizacji scenariusza TechPro. Realizacja scenariusza ProETSeq, zakładającego zarówno spadek cen pojazdów niskoemisyjnych, jak i wzrost kosztów użytkowania pojazdów z napędem ICE, będzie prowadzić natomiast do spadku emisji CO₂ w transporcie drogowym o 24 mln ton w 2050 r. względem scenariusza bazowego. Jednocześnie dynamiczny wzrost liczby pojazdów niskoemisyjnych zwiększa całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie drogowym w 2050 r. do około 35 TWh (15% krajowego zapotrzebowania prognozowanego w tym roku).

12. Na podkreślenie zasługuje fakt, że w scenariuszach z wprowadzonym podatkiem od emisji (ETSeq oraz ProETSeq) użytkownicy pojazdów ICE ponoszą dodatkowe koszty. Będą one większe (scenariusz ETSeq), jeśli nie ma założonego postępu technologicznego i „przesiadania się” konsumentów do niskoemisyjnych pojazdów (czyli nie występuje spadek cen samochodów niskoemisyjnych).
13. Wyniki modelowania dla emisji CO₂ z całego sektora transportu, względem 2005 r. prowadzą do wniosku, że w 2030 r. w najbardziej optymistycznym scenariuszu emisje będą większe o prawie 48% w stosunku do poziomu z 2005 r. (scenariusz ProETSeq). W zależności od analizowanego scenariusza emisje wzrosną od 48 do 74% (tab. 1).
14. Redukcje emisji w stosunku do 2005 r. są widoczne dopiero w 2050 r. w ramach realizacji scenariusza TechPro (-2%) i scenariusza ProETSeq (-12%).

Tablica. 1. Zestawienie wyników dla poszczególnych scenariuszy dla Polski dla 2030 i 2050 r.*

	2030				2050			
	Bazowy	ETSeq	TechPro	ProETSeq	Bazowy	ETSeq	TechPro	ProETSeq
% elektrycznych samoch. os. we flocie	3,9%	4,2%	6,1%	6,6%	22%	28%	49%	54%
Emisje w transporcie drogowym (Mt CO ₂)	59	58	51	49	51	44	31	27
Całkowite emisje w sektorze transportu (Mt CO ₂)	63	61	53	52	58	51	35	31
Zmiana emisji CO ₂ względem 2005 r.	+78%	+74%	+51%	+48%	+65%	+46%	-2%	-12%

* poziomy emisji oraz ich zmiany nie uwzględniają emisji z wytwarzania energii elektrycznej

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

1. Wstęp

15. W 2018 r. w komunikacie KE pn. „Czysta planeta dla wszystkich”, została zaprezentowana strategiczna wizja rozwoju gospodarki europejskiej do 2050 r., zakładająca osiągnięcie neutralności klimatycznej³. Natomiast rok później, w grudniu 2019 r. przewodnicząca KE, Ursula von der Leyen zaprezentowała komunikat pn. „Europejski Zielony Ład”. Dokument ten nadaje problematyce zmian klimatu priorytetowe znaczenie w całym dossier KE i jednocześnie włącza ten problem w główny nurt działań Unii Europejskiej. Komunikat Komisji uwzględnia tematykę zmian klimatu w przekrojowy sposób we wszystkich działaniach zarówno samej KE, jak i poszczególnych państw członkowskich. „Europejski Zielony Ład” zakłada osiągnięcie neutralności klimatycznej przez gospodarkę europejską do roku 2050. W związku z powyższym, zaproponowano zwiększenie obowiązującego na 2030 r. celu redukcji emisji gazów cieplarnianych. Aktualnie obowiązujący cel na 2030 r. został przyjęty przez Radę Europejską w październiku 2014 r. i wynosi 40% w stosunku do emisji z 1990 r.⁴ Cel ten można również przedstawić, jako 43% redukcji emisji w systemie EU ETS w stosunku do poziomu z 2005 r. oraz 30% emisji w obszarze non-ETS (także w stosunku do poziomu z 2005 r.). Komunikat Komisji z grudnia 2019 r. zakłada natomiast zwiększenie celu na 2030 r. z dotychczasowych 40% do 50-55% w odniesieniu do 1990 r. Zmiana poziomów redukcji emisji GHG w UE będzie wymagała rewizji celu redukcyjnego dla sektorów objętych europejskim systemem handlu uprawnieniami do emisji (jeden cel dla całego systemu EU ETS) oraz wyznaczenia nowych celów dla sektorów objętych obszarem non-ETS w podziale na poszczególne państwa członkowskie (każde państwo UE posiada swój krajowy cel w obszarze non-ETS).
16. Najnowsza propozycja Komisji Europejskiej zawarta w Komunikacie pn. „Stepping up Europe’s 2030 climate ambition” potwierdza wcześniejsze plany podniesienia celu redukcji emisji GHG na 2030 r. do 55%. Załączona do tego dokumentu analiza skutków (ang. Impact assessment) częściowo przybliża, jak podniesienie celu wpłynie na sytuację w sektorach i jakie nowe wymagania będą postawione, aby cel ten zrealizować⁵. Jednym z rozważanych rozwiązań jest włączenie sektora transportu do systemu EU ETS lub stworzenie odrębnego systemu handlu pozwoleniami dla sektorów dotychczasowo nie objętych EU ETS. Ponadto, autorzy tego dokumentu wskazują na wagę zmian zachowań konsumentów (przesiadanie się na publiczny transport, korzystanie z niskoemisyjnych środków transportu – w tym rowery, itp.) we wspólnym wysiłku związanym z redukcją emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej.

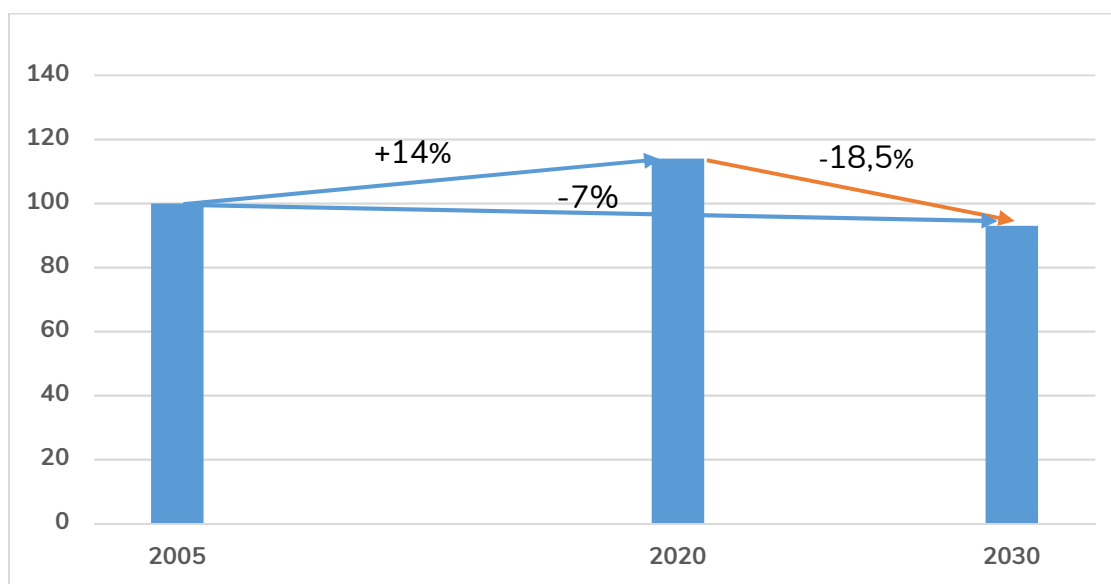
³ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=EN>

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014DC0015&from=EN>

⁵ https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu-climate-action/docs/impact_en.pdf

17. Obowiązujące obecnie cele redukcji emisji CO₂ w sektorze non-ETS na 2020 r. wynikają z decyzji Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych (dalej: ESR)⁶. Zgodnie z jej brzmieniem, Polska do 2020 r. mogła zwiększyć emisje GHG o 14% w stosunku do poziomu z 2005 r. Zestawienie obowiązujących celów emisyjnych w obszarze non-ETS dla Polski na lata 2020 i 2030 w odniesieniu do 2005 r. przedstawia rys. 3.

Rys. 3. Cele redukcyjne w obszarze non-ETS w PL dla 2020 i 2030 r. (2005 = 100)



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

18. W systemie EU ETS podwyższenie celu redukcyjnego będzie związane ze wzrostem ceny uprawnień do emisji EUA, spowodowanym zmniejszeniem ich podaży⁷. W przypadku sektora transportu, który nie jest objęty zakresem EU ETS, podwyższenie celu redukcyjnego będzie wymagało np. przedstawienia przez Komisję Europejską i zaakceptowania przez państwa członkowskie nowego podziału celów redukcyjnych dla wszystkich państw Unii Europejskiej, co będzie równocześnie związane z wprowadzeniem nowych rocznych limitów emisji (AEA)⁸.

⁶ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z Porozumienia paryskiego oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013

⁷ W systemie EU ETS do rozliczania rocznych emisji służą uprawnienia EUA (ang. European Union Allowance), gdzie 1 EUA jest równe emisji 1 t CO₂ ekw. Co do zasady uprawnienia EUA są sprzedawane na aukcjach, jednakże w systemie EU ETS są wyjątki od tej zasady - przykładowo sektory przemysłowe mogą część uprawnień otrzymywać bezpłatnie, zgodnie z zasadami alokacji określonymi w Decyzji Komisji Europejskiej nr 2011/278/EU z dnia 27 kwietnia 2011 r.

⁸ W obszarze non-ETS do rozliczania emisji na poziomie poszczególnych państw członkowskich służą jednostki rocznych limitów emisji (ang. Annual Emissions Allocation – AEA), gdzie 1 AEA jest równa emisji 1 t CO₂ ekw.

19. Wysokość celów redukcji emisji GHG na 2030 r. oraz sposób wyznaczania rocznych limitów emisji w podziale na poszczególne państwa członkowskie w latach 2021-2030 w sektorach poza EU ETS determinuje obecnie rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. (ESR). Obecnie obowiązujący cel redukcyjny w UE dla sektorów poza EU ETS wynoszący, jak to wskazano wyżej, 30% w 2030 r. w odniesieniu do poziomu z 2005 r. został rozdzielony pomiędzy państwa członkowskie na podstawie ich PKB per capita z 2013 r. Sprawiedliwy podział celu redukcji emisji pomiędzy poszczególne państwa członkowskie UE wynika także z Konkluzji Rady z października 2014 r.⁹. W związku z powyższym, krajowe cele redukcji emisji w obszarze non-ETS zawierają się w przedziale 0% do 40% redukcji.
20. Wychodząc z obowiązującej logiki podziału celów redukcyjnych pomiędzy EU ETS a non-ETS, analiza KOBiZE pn. „Zmiana celów redukcyjnych oraz cen uprawnień do emisji wynikająca z komunikatu - Europejski Zielony Ład” przedstawia nowe cele redukcyjne w obszarze non-ETS na 2030 r. wynikające z założenia podniesienia całkowitego celu redukcji emisji w UE do 50% i 55% z obecnych 40% (w odniesieniu do 1990 r.¹⁰).
21. W pierwszym kroku określono nowe przedziały, w jakich nowe cele redukcyjne w poszczególnych państwach członkowskich muszą się zawierać:
- **od 0% do 55% - dla scenariusza GHG50** zakładającego cel redukcyjny GHG w UE 50% w 2030 r. vs. 1990 r., w tym non-ETS **42%** w 2030 r. vs. 2005 r.,
 - **od 5% do 65% - dla scenariusza GHG55** zakładającego cel redukcyjny GHG w UE 55% w 2030 r. vs. 1990 r., w tym non-ETS **48%** w 2030 r. vs. 2005 r.
- Źródło: „Zmiana celów redukcyjnych...”, str. 22
22. Następnie, przy założeniu wykorzystania mechanizmu podziału celów w zależności od PKB per capita z 2013 r., określono nowe cele w ramach non-ETS w podziale na państwa członkowskie¹¹. Rys. 4 prezentuje zestawienie nowych celów na 2030 r. Linie poziome przedstawiają cele redukcyjne dla UE, jako całości.
23. Należy mieć też na uwadze, że wraz z wyjściem Wielkiej Brytanii z Unii Europejskiej, nastąpi wzrost celów redukcyjnych dla pozostałych państw członkowskich średnio o ok. 1 pkt. proc. Wynika to z faktu, że Wielka Brytania realizowała swoje cele redukcyjne w obszarze non-ETS na poziomie przekraczającym wspólny cel dla UE.
24. Osiągnięcie nowych celów redukcji emisji na 2030 r. mogłoby wymusić spadek emisji w sektorze transportu w Polsce nawet do poziomu ok. 50 MtCO₂. Oznacza to, że założona

⁹ Konkluzje w sprawie ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030, Rada Europejska, Bruksela, 23.10.2014 r.

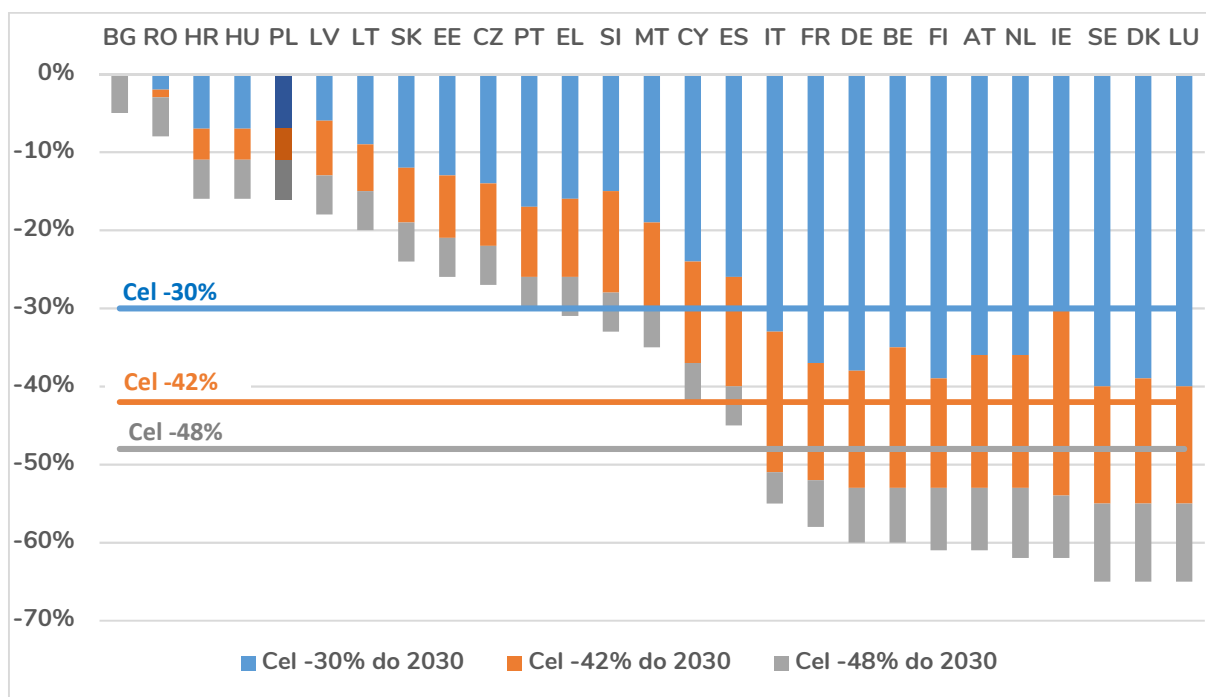
¹⁰ „Zmiana celów redukcyjnych oraz cen uprawnień do emisji wynikająca z komunikatu Europejski Zielony Ład”, IOS-PIB/CAKE/KOBiZE, marzec 2020 r.

¹¹ Szczegółowy opis metodyki wyznaczenia nowych celów w obszarze non-ETS znajduje się na str. 19 przedmiotowej analizy KOBiZE.

w scenariuszu bazowym emisja CO₂ w Polsce z poziomu 63 MtCO₂ w 2030r. musiałaby być zredukowana co najmniej o 13 MtCO₂.

25. Obszarem non-ETS objętych jest wiele sektorów gospodarki¹². Z punktu widzenia emisji CO₂ największy udział w emisji całkowitej z tego sektora ma sektor transportowy oraz komunalno-bytowy. Emisje CO₂ z sektora transportu stanowią ponad 40% emisji CO₂ w obszarze non-ETS w Polsce w 2015 r., natomiast w emisji wszystkich gazów cieplarnianych ok. 24%.
26. Warty podkreślenia jest fakt, że w sektorze transportu w UE udział emisji CO₂ z transportu pasażerskiego stanowi prawie 70% całkowitych emisji, natomiast w transporcie pasażerskim większość emisji generowana jest przez transport drogowy. W związku z powyższym podejmowane działania ograniczające emisje CO₂ z tego sektora powinny być w pierwszej kolejności ukierunkowane na drogowy transport samochodowy, jako główne źródło emisji.

Rys. 4. Porównanie celów redukcyjnych w sektorach non-ETS na 2030 r. (przy podniesieniu całkowitych celów redukcji emisji w UE do 50% i 55%).



Źródło: opracowanie własne na podstawie „Zmiana celów redukcyjnych...”, str. 24

27. Porównując historyczne dane o emisjach CO₂ z sektora transportu w Polsce i w całej UE należy zwrócić uwagę na istotną różnicę. W Polsce w latach 2005-2017 nastąpił wzrost emisji CO₂ w sektorze transportu o 76%, a w Unii Europejskiej w tym samym okresie zaobserwowano 3% spadek emisji¹³. Taka sytuacja wynika niewątpliwie z szybszego tempa wzrostu gospodarczego w Polsce niż średniego tempa wzrostu UE oraz zmniejszania się różnicy w liczbie pojazdów na 1000 mieszkańców pomiędzy nowymi a starymi państwami

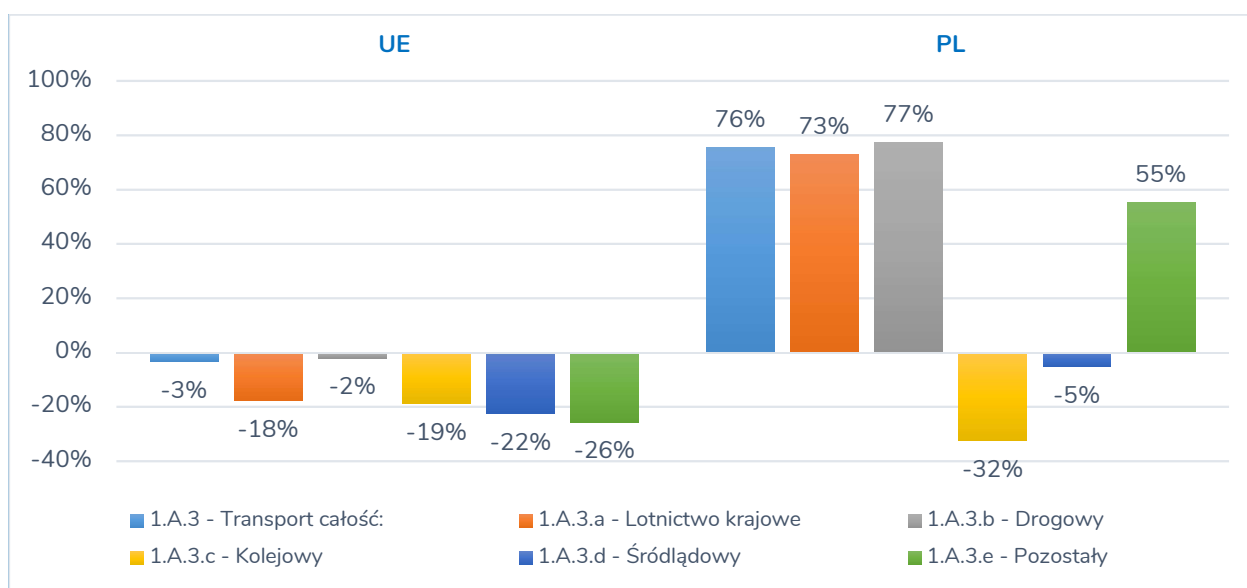
¹² Do emisji z obszaru non-ETS zalicza się emisje z następujących sektorów: transport, rolnictwo, odpady, emisje przemysłowe nie objęte systemem EU ETS, sektor komunalno-bytowy z budynkami, małymi źródłami, gospodarstwami domowymi, usługami itp.

¹³ <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>

członkowskimi UE. Nie bez znaczenia jest też fakt importu używanych, w większości niespełniających najnowszych norm emisyjnych, pojazdów z innych państw członkowskich do Polski. Zmiany emisji CO₂ w UE i w Polsce pomiędzy 2005 a 2017 rokiem, którego dotyczą najnowsze dane historyczne zostały przedstawione na rys. 5.

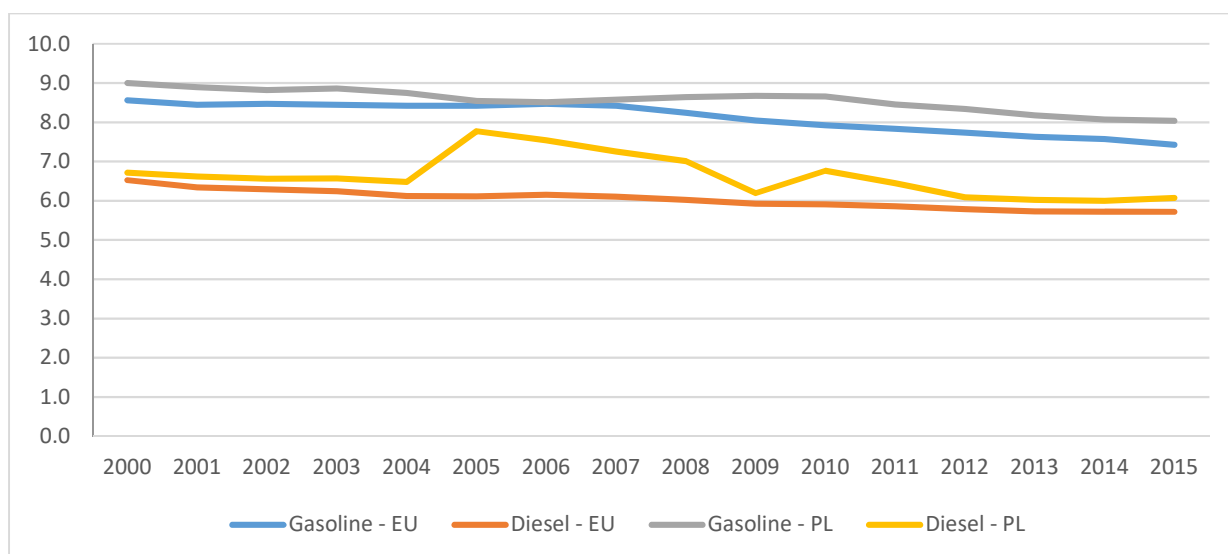
28. Zróżnicowany poziom emisji wynika bezpośrednio z faktu, że flota samochodów osobowych w Polsce i w UE posiada inną charakterystykę pod względem ilości paliwa spalane go na 100 km. Zarówno pojazdy z napędem benzynowym jak i z silnikami diesel'a w Polsce zużywają średnio około 0,5 litra paliwa więcej, niż ich odpowiedniki w krajach UE (rys. 6).

Rys. 5. Zmiana poziomu emisji CO₂ w sektorze transportu w 2017 r. w odniesieniu do poziomu z 2005 r. w UE oraz w Polsce.



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE na podstawie: EEA GHG data viewer

Rys. 6. Średnie spalanie benzyny i ON przez samochody osobowe w UE-27+WB i w Polsce w latach 2000-2015 (l/100km)



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE na podstawie bazy danych IDEES

2. Mechanizmy redukcji emisji w sektorze transportu drogowego – przegląd literatury

29. Unia Europejska podjęła działania zmierzające do ograniczania emisji CO₂ z sektora transportu drogowego już 25 lat temu. W 1995 r. Komisja Europejska przyjęła strategię mającą na celu redukcję emisji CO₂ z samochodów osobowych, która została oparta na trzech filarach: dobrowolnego porozumienia z przedstawicielami przemysłu samochodowego, poprawy dostępu do informacji dla konsumentów oraz promowania efektywności spalania paliw poprzez środki fiskalne¹⁴.
30. Istnieje kilka możliwości ograniczania emisji CO₂ z sektora transportu. Obecnie wdrożone na poziomie UE są normy emisji dla nowych wprowadzanych na rynek samochodów osobowych i lekkich samochodów dostawczych. Jednak takie podejście ma kilka wad. Po pierwsze rozporządzenie KE dotyczy jedynie standardów dla nowych pojazdów, co z kolei przekłada się na tempo ograniczania emisji z tego sektora. Alternatywnym sposobem ograniczania emisji z transportu drogowego jest włączenie tego sektora do systemu handlu zbywalnymi uprawnieniami do emisji - EU ETS. Do zalet takiego rozwiązania należy przede wszystkim fakt, że system ETS wyrównuje koszty redukcji emisji między sektorami i zapewnia, że redukcja emisji ma miejsce tam, gdzie jest najtańsza (tab. 2). Ponieważ organy regulacyjne w niedoskonały sposób mogą przewidywać, czy też obserwować koszty redukcji dla poszczególnych sektorów, może zdarzyć się tak, że redukcja emisji ma miejsce w sektorach i jest osiągnięta w taki sposób, który nie był przewidywany przez organ regulujący. Jednakże ustanowienie pułapu emisji i liczby uprawnień na rynku prowadzi do osiągnięcia zakładanych redukcji emisji w przyszłości, w najbardziej efektywny ekonomicznie sposób.
31. Włączenie sektora transportu drogowego do systemu EU ETS jest alternatywną do standardów emisyjnych metodą ograniczania emisji z tego sektora. Tak jak każda z metod ma swoje zalety i wady. Za ideą wprowadzenia sektora transportu drogowego do systemu EU ETS stoi (częściowa) internalizacja kosztów zewnętrznych związanych z emisją CO₂ z tego sektora. Niektórzy autorzy sugerują, że najbardziej skuteczne podejście powinno uwzględniać włączenie tego sektora do EU ETS poprzez bezpośrednie obciążenie wymogiem rozliczania się z emisji CO₂ przez rafinerie czy też stacje paliw¹⁵.
32. Po włączeniu sektora transportu do EU ETS, z uwagi na fakt, że sektory przemysłowe oraz sektor energii elektrycznej reagują silniej na zmianę ceny EUA niż sektor transportu (niższe krańcowe koszty redukcji emisji), to właśnie sektory przemysłowe oraz sektor energii musiałyby dokonać redukcji emisji, która nie zostałaby osiągnięta przez sektor transportu w ramach założonego celu. A zatem wzrosłaby presja cenowa na te dwa sektory. Ponadto, ze względu

¹⁴ „A Community strategy to reduce CO₂ emissions from passenger cars and improve fuel economy”, COM(95) 689 final

¹⁵ „Policy mix in the transport sector: What role can the EU ETS play for road transport?”, Oko-Institut, 2015

na niską elastyczność cenową popytu na paliwo w transporcie drogowym i stosunkowo niskie krańcowe koszty redukcji CO₂ w sektorze energetycznym integracja sektora transportowego z systemem EU ETS może prowadzić raczej do powstania transferu środków finansowych z sektora transportu do innych sektorów objętych EU ETS, niż do realnego spadku emisji w sektorze transportu¹⁶. Koszt redukcji 1 tony emisji CO₂ w sektorze transportu drogowego jest znacznie większy niż średni koszt redukcji w systemie EU ETS¹⁷.

Tablica. 2. Zalety i wady standardów emisyjnych i systemu EU ETS w transporcie drogowym

	Standardy emisyjne	System EU ETS
Zalety	<ul style="list-style-type: none"> • Stymulują innowacje w sektorze • Łatwe do wprowadzenia • Niskie koszty administracyjne 	<ul style="list-style-type: none"> • Efektywny sposób ograniczania emisji, mniej kosztowny dla gospodarki
Wady	<ul style="list-style-type: none"> • Brak wpływu na zachowanie kierowców (poprawa średniej emisji prowadzi do zwiększonej eksploatacji) • Koszty standardów emisyjnych są przekładane na konsumentów • Standardy dotyczą tylko nowych samochodów 	<ul style="list-style-type: none"> • Redukcje zachodzą początkowo w innych sektorach niż transport • Sektor transportowy, może wpłynąć na znaczący wzrost cen uprawnień do emisji

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBIZE

33. Z jednej strony włączenie do EU ETS sektora transportu, doprowadziłoby do znikomego wzrostu kosztów transportu, a z drugiej strony może prowadzić do wzrostu zapotrzebowania na uprawnienia na rynku EU ETS, gdzie duży udział w rynku ma przemysł energetyczny. Stąd głównym skutkiem takiego wdrożenia może być wzrost cen uprawnień EUA w EU ETS i wzrost cen energii elektrycznej. Rafinerie, czy też inne podmioty na które zostałyby nałożony obowiązek rozliczania emisji, musiałyby kupować uprawnienia EUA w ilości odpowiadającej emisji CO₂ z paliw, które sprzedają. Doprowadziłoby to do redukcji emisji w całym systemie EU ETS, ale nie można w ten sposób zagwarantować osiągnięcia celu redukcyjnego w samym sektorze transportu, głównie z uwagi na różne krańcowe koszty redukcji emisji.
34. Samo włączenie sektora transportu do EU ETS nie zapewni odpowiednich redukcji emisji CO₂ w tym sektorze, chociażby z uwagi na fakt, że łatwiej będzie ograniczać emisje, np. w sektorze elektroenergetycznym, który ma potencjał dalszego ograniczenia emisji przy niższych w porównaniu do sektora transportu krańcowych kosztach redukcji. Z tego względu bardziej

¹⁶ H. Heinrichs, P. Jochem, W. Fichtner, "Including road transport in the EU ETS (European Emissions Trading System): A model-based analysis of the German electricity and transport sector", Energy, 69 (2014)

¹⁷ Price effects of incorporation of transportation into EU ETS, CE DELFT, 2007

efektywną możliwością redukcji emisji w sektorze transportu, wydaje się zmiana zachowań użytkowników, np. zwrot konsumentów w kierunku zakupów samochodów niskoemisyjnych (EV czy PHEV).

35. Inne podejście w tej tematyce prezentuje np. S. Paltsev¹⁸, który twierdzi, że system handlu uprawnieniami do emisji w porównaniu do standardów emisyjnych jest rozwiązaniem tańszym. Przeprowadzone przez autora symulacje na modelu CGE wskazują, że wprowadzenie systemu handlu uprawnieniami będzie związane z kosztem dla gospodarki w postaci 0,08% spadku konsumpcji. Natomiast gdyby dodatkowo wprowadzić standardy emisyjne (zgodnie z celem UE 95gCO₂/km), to spadek konsumpcji będzie znacznie większy i osiągnie poziom około 0,69%. Natomiast według autora zysk z wprowadzenia tych standardów w postaci redukcji emisji, będzie nieproporcjonalnie mały. Jednakże autor, przedstawił jedynie porównanie działań redukujących emisje w sektorze transportu drogowego w postaci włączenia tego sektora do systemu EU ETS i działań w postaci włączenia do systemu EU ETS i nałożenia standardów emisyjnych łącznie.
36. Korzyści płynące z włączenia sektora transportowego do systemu EU ETS nie są takie oczywiste. Przykładowo autorzy opracowań Cambridge Econometrics¹⁹, Transport& Environnement²⁰, ZEW²¹ sugerują, że system EU ETS może prowadzić do jednakowych redukcji emisji jak standardy emisyjne, tylko przy znacznie wyższych kosztach dla konsumentów i przemysłu. Innym wnioskiem z tych analiz jest stwierdzenie, że ceny uprawnień do emisji EUA są na zbyt niskim poziomie, aby cel w postaci obniżenia emisji w sektorze transportu drogowego został osiągnięty.
37. Do podobnego wniosku doszli autorzy analizy I4CE²². Włączenie transportu do systemu EU ETS będzie prowadzić do znaczącego wzrostu cen uprawnień do emisji – do około 126 euro za tonę CO₂ w 2030 r., a i tak ceny uprawnień na tym poziomie, nie będą wystarczające, aby zaszły znaczące redukcje emisji w sektorze transportu. Autorzy sugerują wprowadzenie zestawu środków redukujących emisje w postaci standardów emisyjnych oraz systemu EU ETS łącznie. Ponadto, włączenie transportu drogowego do systemu EU ETS będzie wymagało kalibracji CAP'u w systemie EU ETS, zapewnienia substytucji paliw kopalnych biopaliwami, oraz włączenia innych obszarów non-ETS w zakres oddziaływania ceny za emisję CO₂ (ang. *carbon price*). Według Cambridge Econometrics wartość dodana brutto w sektorach dotychczasowo objętych EU ETS będzie w konsekwencji niższa o około 0,5% w latach 2030–2050, z powodu utraty konkurencyjności w wyniku nałożenia tej wyższej ceny za emisję

¹⁸ S. Paltsev, H. Chen, V. Karplus, P. Kishimoto, J. Reilly, "Impacts of CO₂ Mandates for New Cars in the European Union", MIT Report no. 281, 2015

¹⁹ "The Impact of Including the Road Transport Sector in the EU ETS", Cambridge econometrics, 2014

²⁰ "Road transport in the EU ETS – why it is a bad idea", Transport & environment 2013

²¹ "Including road transport in the EU-ETS – An alternative for the future?", ZEW Mannheim, 29 April 2015

²² "Extending the EU ETS to the road transport sector", I4CE, IFPEN, Enerdata report, 2014

dwutlenku węgla^{23,24}. Utrata konkurencyjności w tych sektorach, może z kolei wpływać na tempo transformacji sektora transportowego, w przypadku którego, elektryfikacja jest jedną z głównych technologii mającą doprowadzić do zmniejszenia emisji CO₂. Zbyt wysokie ceny uprawnień do emisji mogą spowolnić przechodzenie sektora energetycznego na niskoemisyjny miks technologii, co będzie miało znaczący wpływ na poziom emisji CO₂, przy rosnącym zapotrzebowaniu na energię elektryczną w sektorze transportu.

3. Scenariusze analityczne i wyniki modelowania

3.1. Metoda badawcza

38. Analiza dotycząca redukcji emisji w Polsce i UE oparta została na symulacjach z modelu równowagi cząstkowej sektora transportu - TR³E. Model ten generuje wyniki dotyczące między innymi zmiany w aktywności transportowej, wyboru rodzaju pojazdu, oraz związanymi z tym odpowiednim poziomem emisji CO₂. Ponadto, pozwala na szczegółowe modelowanie dynamiki rozwoju floty według grup wiekowych, biorąc pod uwagę różne poziomy złomowania w ramach danej floty samochodów. W scenariuszach analitycznych można również zróżnicować średnie przebiegi oraz poziom intensywności emisji przejazdów pasażerskich i przewozów towarów. Dla przykładu zakłada się, że nowymi niskoemisyjnymi samochodami elektrycznymi użytkownicy będą pokonywać większe roczne dystanse niż samochodami benzynowymi. Szczegółowy opis modelu TR³E znajduje się w załączniku II oraz w dokumentacji modelu²⁵.

3.2. Scenariusze analityczne

39. W celu odpowiedzenia na pytanie, jaki potencjalny skutek może mieć realizacja założeń Europejskiego Zielonego Ładu na poziom emisji CO₂ w sektorze transportu przygotowano trzy scenariusze analityczne w modelu TR³E.

40. Pierwszy z przygotowanych scenariuszy zakłada zwiększenie kosztów przejazdów o koszt emisji CO₂ (dodatkowy koszt w cenie paliw konwencjonalnych) – scenariusz **ETSeq**. W tym celu wprowadzono dodatkowy podatek zależny od intensywności emisji spalanej paliwa, jakie wykorzystuje dany pojazd. Na podstawie bieżących danych o intensywności emisji pojazdów, założonych trendów do 2050r. spadku intensywności emisji oraz cen za emisję 1 tCO₂ zostały wyliczone dodatkowe koszty ponoszone przez użytkowników pojazdów

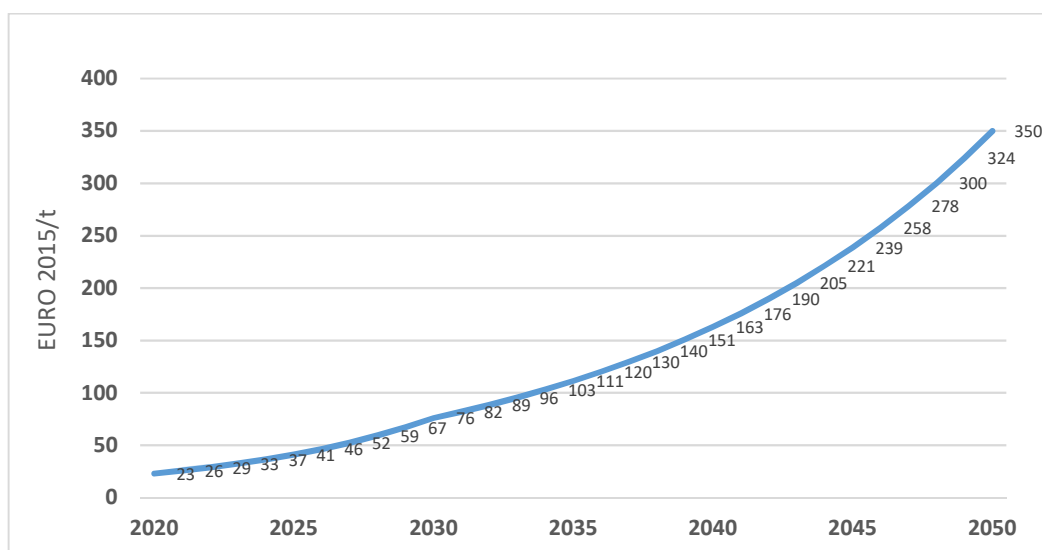
²³ Decarbonising European transport and heating fuels - Is the EU ETS the right tool?, ECF, Cambridge Econometrics, June 2020

²⁴ Price effects of incorporation of transportation into EU ETS, CE DELFT, 2007

²⁵ W. Rabięga, P. Sikora, J. Gąska, (2020) The TR³EModel, ver.1.0, Institute of Environmental Protection -National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw. http://climatecake.pl/wp-content/uploads/2020/05/CAKE_TR3E_documentation.pdf

(rys. 7)²⁶. Należy podkreślić, że w scenariuszu ETSeq nie jest badany wpływ włączenia sektora transportu do EU ETS, a jedynie wpływ nałożenia na ten sektor opłat na poziomie szacunkowych cen uprawnień do emisji EUA. Dlatego też, w ramach tego scenariusza nie można przeanalizować, jak będzie wyglądał system EU ETS po włączeniu sektora transportu, jaki będzie wpływ na inne sektory objęte EU ETS, czy też jak w efekcie końcowym kształtowałyby się ceny uprawnień do emisji. Jak to zostało przedstawione w rozdziale 2 niniejszego opracowania, pełne włączenie sektora transportu do EU ETS, raczej nie będzie prowadzić do znacznego obniżenia poziomu emisji CO₂ w tym sektorze.

Rys. 7. Zakładana ścieżka wzrostu stawek opłat/podatku za emisję 1 t CO₂.



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE na podstawie wyników modelu CREAM oraz oceny skutków do dokumentu KE „A clean Planet for all” COM(2018)773

41. Drugi z analizowanych scenariuszy to scenariusz postępu technologicznego - **TechPro**, który zakłada:

- spadek cen nowych samochodów osobowych elektrycznych, hybrydowych, lekkich dostawczych – LDV, o około 1% rocznie w stosunku do scenariusz bazowego a cen autobusów - o 2% rocznie. Tak przyjęte założenie spadku cen pojazdów, powoduje, że cena samochodu elektrycznego w 2027 r. zrównuje się z ceną samochodu osobowego zasilanego olejem napędowym, a następnie konwerguje do ceny samochodu zasilanego benzyną (cena samochodu benzynowego jest niższa od

²⁶ Przyjęte w wyliczeniach ceny za emisję 1tCO₂ pochodzą z dwóch źródeł. Po pierwsze do 2030 r. włącznie ceny za emisję 1 tCO₂ jest wynikiem scenariusza przygotowanego na modelu CREAM. Ceny te są zbieżne np. z propozycją stworzenia systemu opłat za emisję w sektorze transportu w Niemczech:

<https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-planned-carbon-pricing-system-transport-and-buildings>

Od 2030 r. ceny uprawnień rosną, aż do osiągnięcia poziomu 350 euro w 2050 r., zgodnie z oceną skutków do dokumentu KE „A clean Planet for all” COM(2018) 773, scenariusz osiągnięcia zerowych emisji netto w 2050 r.

zasilanego olejem napędowym ze względu na mniej skomplikowaną konstrukcję i mniejsze średnie pojemności silnika we flocie);

- poprawę średniej intensywności emisji floty pojazdów;
- wzrost kosztów dla użytkownika w przypadku sektora lotnictwa o 1% rocznie w stosunku do scenariusza bazowego (zarówno dla transportu osobowego, jak i towarowego);
- nieznaczne obniżenie się kosztów kolejowego transportu pasażerskiego, o około 0,25% rocznie w stosunku do scenariusza bazowego.

Scenariusz TechPro odzwierciedla również aktualnie obowiązujące stawki opodatkowania paliw, które są częścią składową cen poszczególnych paliw.

42. Trzeci z analizowanych scenariuszy to scenariusz hybrydowy **ProETSeq** łączący założenia ze scenariusza **TechPro** oraz **ETSeq**. W scenariuszu tym postęp technologiczny oraz wzrost kosztów przejazdów pojazdami ICE w relacji do kosztów transportu środkami niskoemisyjnymi następują jednocześnie. Dlatego też, scenariusz ProETSeq, nie może być utożsamiany jako „nałożenie” na siebie scenariuszy TechPro i ETSeq. Różnice w założeniach analizowanych scenariuszy zostały przedstawione w tab. 3.

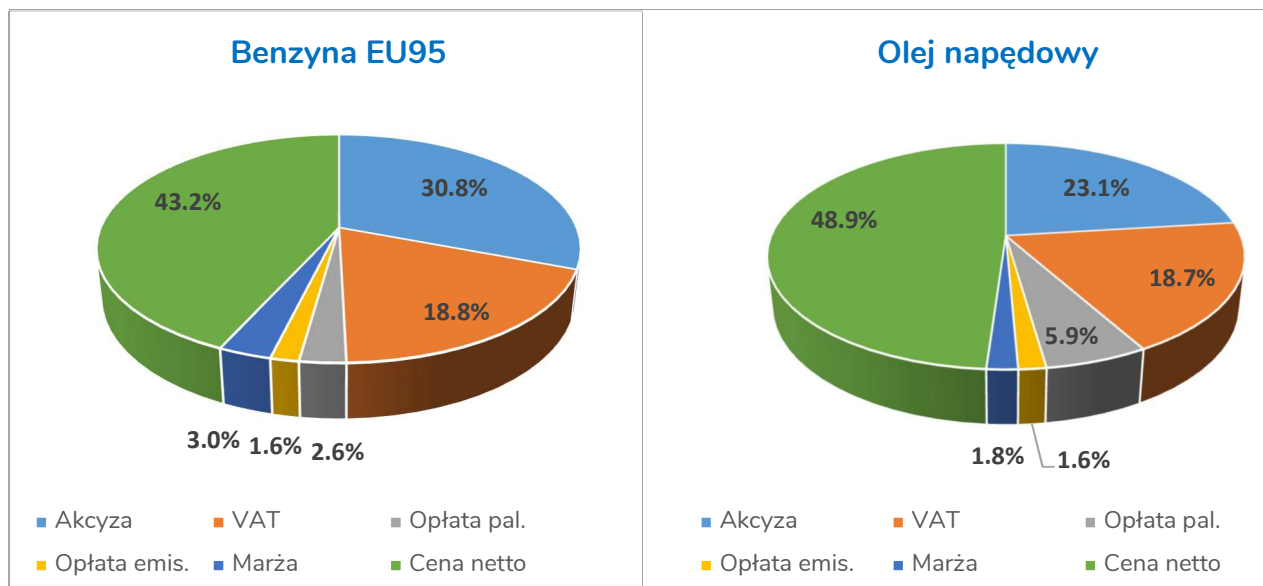
Tablica 3. Zestawienie założeń scenariuszy analitycznych.

	ETSeq	TechPro	ProETSeq
Nałożenie na paliwo opłaty zależnej od emisji spalania	+	-	+
Spadek cen samochodów elektrycznych i hybrydowych	-	+	+
Spadek intensywności emisji w stosunku do scenariusza bazowego	-	+	+
Wzrost kosztów na km w lotnictwie (towarowym i pasażerskim)	-	+	+

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

43. W Polsce ponad 50% ceny detalicznej paliw stanowią różnego rodzaju podatki i opłaty. Przykładowo w cenie benzyny EU95 w 2019 r. średnio 30,8% to akcyza, 18,8% VAT, 3% opłata paliwowa, 1,6% opłata emisyjna, 2,6% marża, a jedynie 43,2% to cena paliwa netto. Podobną sytuację można zaobserwować w przypadku oleju napędowego. W 2019 r. w cenie tego paliwa 23,1% wynosiła akcyza, 18,7% VAT, 5,9% opłata paliwowa, 1,6% opłata emisyjna, 1,8% marża i 48,9% cena paliwa netto. Struktura ceny detalicznej benzyny i oleju napędowego została przedstawiona na rys. 8.

Rys. 8. Struktura ceny detalicznej benzyny EU95 i oleju napędowego średnio w 2019 r. w Polsce



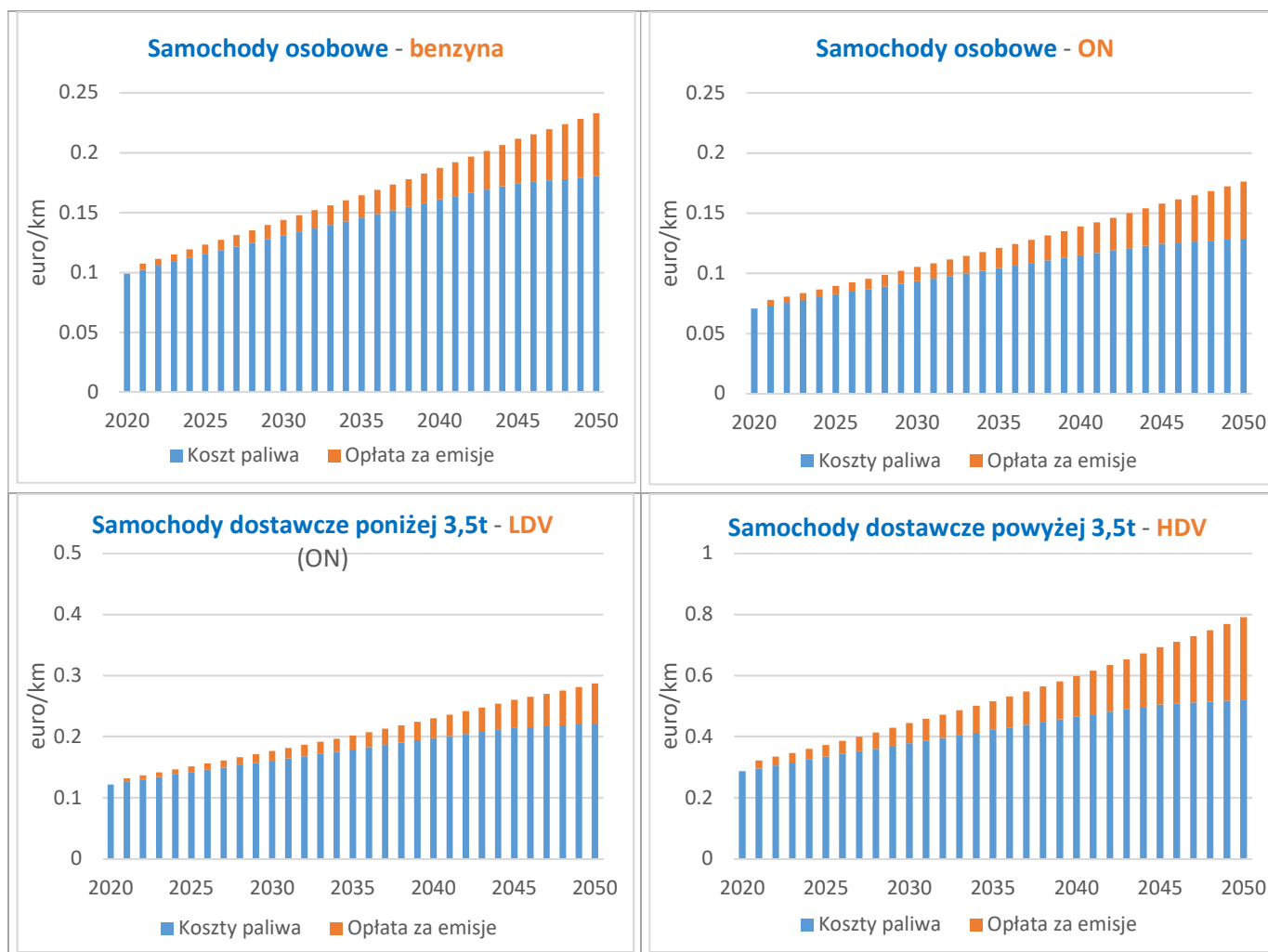
Źródło: Polska Organizacja Przemysłu i Handlu Naftowego.

44. Opłata emisyjna stanowi obecnie niecałe 2% detalicznej ceny paliwa, zarówno w przypadku benzyny, jak i oleju napędowego. W cenie detalicznej benzyny, opłata emisyjna to około 14 gr/l, natomiast w cenie oleju napędowego to około 8 gr/l²⁷. Jak to zostało przedstawione na rys. 7, w scenariuszu ETSeq założono znaczny wzrost opłaty emisyjnej. W 2021 r. opłata emisyjna będzie około 2 – krotnie wyższa od obecnie obowiązującej. Następnie będzie rosła wraz ze zmianą ceny za emisję CO₂ – w 2030 r. będzie 5 – krotnie wyższa, aż osiągnie poziom kilkunastokrotności obecnie obowiązującej w 2050 r.
45. Zwiększenie się kosztów zakupu paliwa na km w związku z wprowadzeniem opłaty za emisję CO₂ przedstawiono na rys. 9. W przypadku samochodów osobowych koszt ten rośnie o około 10-13% w 2030 r. aż do około 30% w 2050 r. Spadek intensywności emisji o około 30% w 2050 w stosunku do 2015 r. kompensowany jest znacznym wzrostem cen za emisję CO₂ – w 2050 r. cena za emisję rośnie około 20-krotnie w stosunku do poziomu z 2015 r. i ok. 5-krotnie w stosunku do ceny z okresu 2025-2030. Przy czym im intensywność emisji spalane paliwa jest większa tym wzrost kosztów jest bardziej znaczący – stąd widoczna różnica w kosztach dla samochodów osobowych benzynowych i spalających olej napędowy. W przypadku drogowego transportu towarów przeanalizowano wyniki dla lekkich samochodów dostawczych (LDV) oraz samochodów ciężarowych o wadze powyżej 3,5t (HDV). Obie te grupy pojazdów wykorzystują, jako paliwo olej napędowy. Większy wzrost kosztów zakupu paliwa w przypadku pojazdów HDV wynika z większego zużycia paliwa na

²⁷ Szacowana struktura średnich cen detalicznych w Polsce w 2019 i 2020 r., POPiHN, 03.02.2020 r.

100 km (wzrost kosztów o 18% w 2030 r. i o 50% w 2050 r.). Charakterystyka kosztów zakupu paliwa dla lekkich pojazdów dostawczych nieznacznie się różni od charakterystyki dla samochodów osobowych zasilanych benzyną (wzrost kosztów o 10% w 2030 r. i o 30% w 2050 r.).

Rys. 9. Koszt paliw konwencjonalnych po wprowadzeniu opłaty od emisji CO₂ w Polsce w okresie od 2020 do 2050 r. (scenariusz ETSeq)



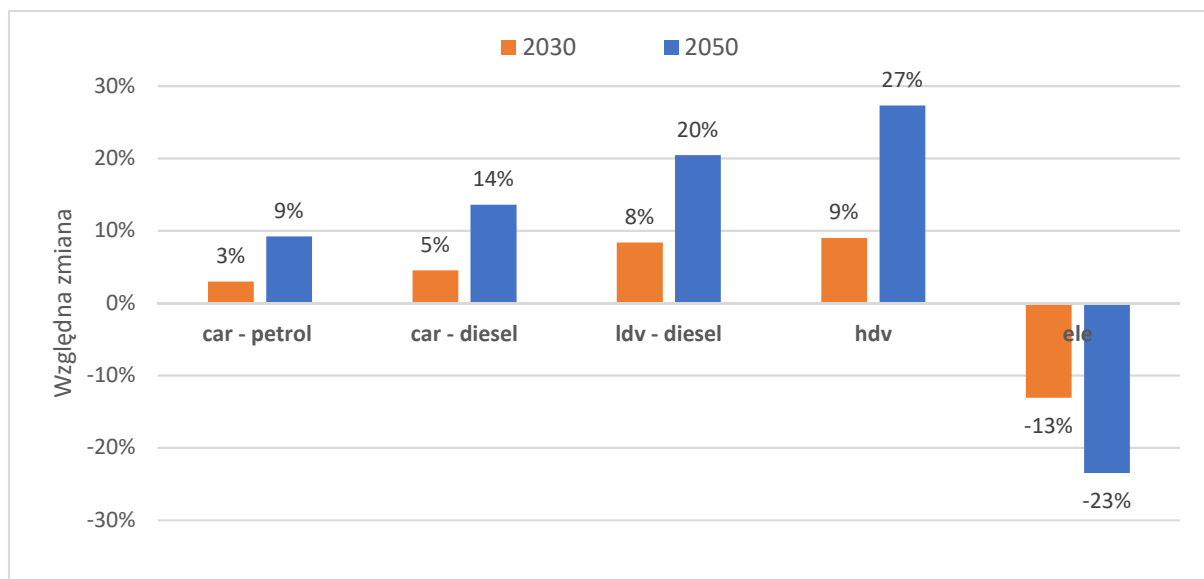
Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

46. Wzrost kosztów paliw kopalnych poprzez wprowadzenie opłaty zależnej od emisji zwiększa koszt przejechania 1 km danym typem samochodu osobowego, lekkiego dostawczego, czy ciężarowego. Jednocześnie na obniżenie kosztu podróży na 1km wpływa spadek cen pojazdów elektrycznych założony w scenariuszu TechPro. Zmiana kosztu na 1km w relacji do kosztu założonego w scenariuszu bazowym wpływa na wybór konsumenta (dotyczy to zarówno wzrostu popytu na przejazdy samochodami elektrycznymi, jak i wzrostu aktywności w transporcie zbiorowym w stosunku do indywidualnego). Dodanie do kosztów paliwa opłaty od emisji dwutlenku węgla, czyli podniesienie kosztów zmiennych, w większym stopniu obciąża tych użytkowników samochodów, którzy rocznie pokonują znaczne dystanse,

podczas gdy taniejące samochody elektryczne dają największe korzyści (kosztów na 1km) tym konsumentom, którzy pokonują mniej kilometrów.

47. Na rys. 10 zostały przedstawione procentowe różnice pomiędzy kosztami ponoszonymi na 1km przez użytkowników samochodów osobowych, lekkich dostawczych, ciężarowych i elektrycznych (koszty te zawierają koszt paliwa, utrzymania i zakupu środka transportu). Są to różnice pomiędzy scenariuszem analitycznym (ProETSeq) a bazowym. W 2030 r. wzrosty kosztów przejazdu na km dla samochodów osobowych są nieznaczne, a w 2050 r. rosną o około 10%. W przypadku samochodów dostawczych i ciężarowych wzrost ten jest znacznie większy, o około 10% w 2030 r. i 20-30% w 2050 r. Znaczna różnica wynika z faktu, że intensywność emisji samochodów dostawczych i ciężarowych spada wolniej niż osobowych. Korzyści wynikające z postępu technologicznego (spadek cen samochodów) są znacznie większe niż obciążenia wynikające z opłaty za emisje (mimo, że koszt za 1 tonę emisji CO₂ jest na poziomie prawie 80 euro w 2030 r. i 350 euro w 2050 r.). Wynika z tego, że spadek kosztu zakupu pojazdów elektrycznych będzie miał większy wpływ na rozwój elektromobilności niż wzrost kosztu zakupu paliw kopalnych do zasilania samochodów osobowych z silnikiem ICE.

Rys. 10. Zmianakosztów użytkownika na 1 km w 2030 i 2050 r. w Polsce (scenariusz ProETSeq w stosunku do scenariusza bazowego).

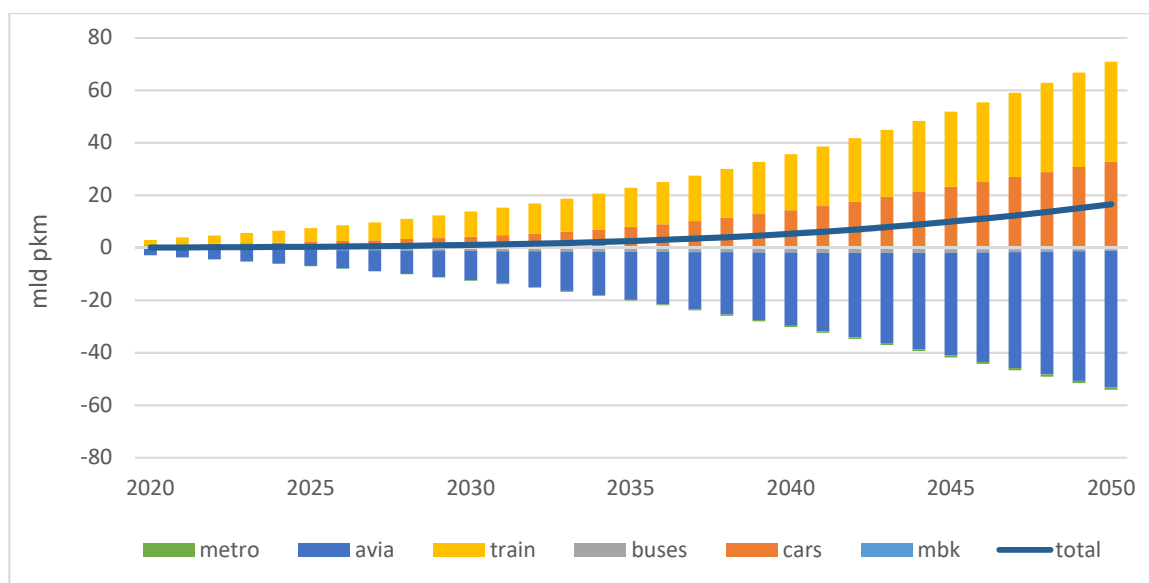


Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

3.3. Zmiany poziomu i struktury aktywności w transporcie pasażerskim

48. Emisje w sektorze transportu są silnie skorelowane z poziomem aktywności (pracy przewozowej). Przy niezmienionej strukturze aktywności i braku poprawy intensywności emisji środków transportu emisje rosną proporcjonalnie do wzrostu aktywności. W scenariuszu bazowym założono wzrost aktywności (wynikający ze wzrostu gospodarczego, zmian demograficznych, czy preferencji konsumentów) na poziomie 1,4% r/r dla transportu pasażerskiego i 1,6% r/r dla przewozu towarów (średnio w całym okresie 2015-2050). Nałożenie na użytkowników samochodów osobowych, firm przewożących ludzi, czy towary jedynie dodatkowego kosztu (czy to w formie stałej opłaty, czy zależnej od pokonanego dystansu) bez wprowadzenia ulg/zwolnień powoduje spadek aktywności. Analogicznie, założony postęp technologiczny wpływający na spadek cen zakupionych pojazdów jest zachętą do pokonywania większych dystansów, jak i wybierania częściej tego środka lokomocji, który staje się relatywnie tańszy.
49. Na rys. 11 przedstawione zostały zmiany aktywności w transporcie pasażerskim w scenariuszu ProETSeq w stosunku do scenariusza bazowego. Zmiany te są następstwem wprowadzonej opłaty od emisji, taniejących samochodów elektrycznych i hybrydowych, promowania przejazdów kolejowych i wzrostu cen w lotnictwie. Jak wynika z wykresu całkowita zmiana aktywności pasażerskiej nie zmienia się znacząco - wzrost o około 4% w stosunku do scenariusza bazowego w 2050 r. Znaczące zmiany/wzrosty (przesunięcia) widoczne są w przejazdach kolejną - w 2050 r. podwojenie liczby przejazdów w stosunku do scenariusza bazowego oraz wzrost aktywności w przejazdach samochodami osobowymi - o 13% w 2050 r. Znaczący spadek aktywności lotniczej o około 45% wynika z założonego wzrostu kosztów przelotów o 1% w ujęciu rok do roku. Wzrost aktywności, przesunięcia między transportem indywidualnym a zbiorowym, czy zwiększenie popytu na przejazdy samochodami niskoemisyjnymi powoduje całkowitą zmianę poziomu emisji. Aby ustalić wpływ każdego z tych trzech czynników na poziom emisji, zmiana poziomów emisji została zdekomponowana za pomocą metody LMDI (*Logarithmic Mean Divisia Index*), co zostało przedstawione w rozdziale dotyczącym poziomów emisji.

Rys. 11. Zmiany aktywności transportowej w Polsce w latach 2015 – 2050. Scenariusz ProETSeq, transport pasażerski – różnice w stosunku do scenariusza bazowego.



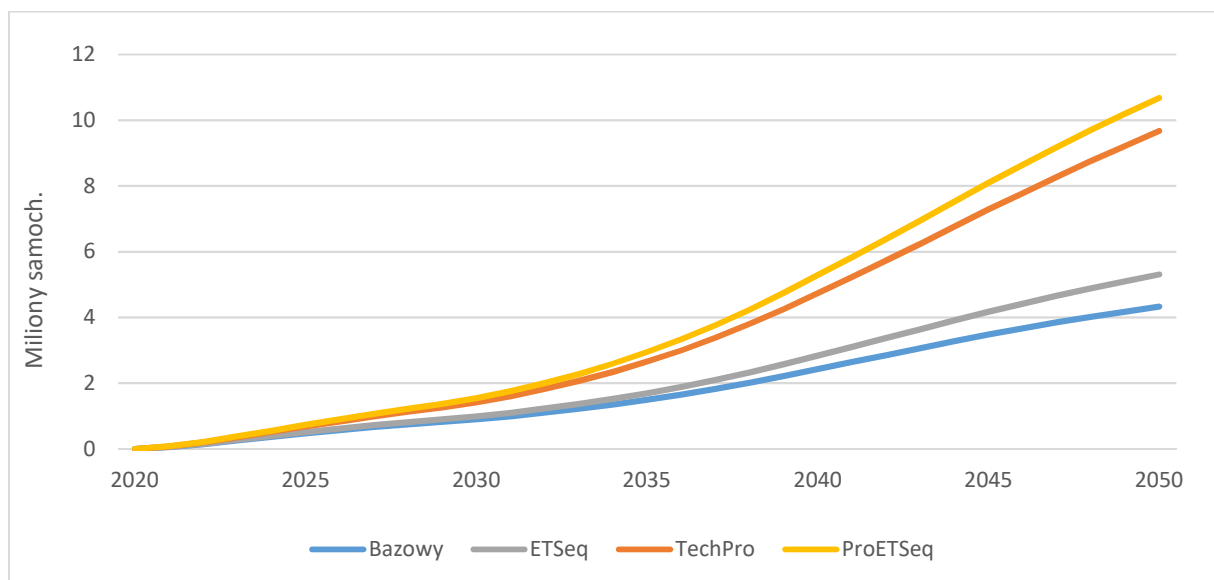
Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

3.4. Rozwój elektromobilności w drogowym transporcie osobowym w Polsce

50. Rys. 12 przedstawia rozwój floty samochodów elektrycznych w Polsce w latach 2020-2050 wg scenariuszy. W 2030 r. samochodów elektrycznych w scenariuszu ETSeq będzie około 990 tys. (czyli o około 10%) więcej niż w scenariuszu bazowym. W 2050 r. pojazdów elektrycznych będzie w Polsce około 5,3 mln (czyli o około 23%) więcej, niż w scenariuszu bazowym. Relatywny wzrost kosztów zakupu paliw konwencjonalnych (wywołany dodatkowym podatkiem środowiskowym) do zasilania samochodów z silnikami wewnętrznego spalania powoduje przeniesienie popytu na segment pojazdów elektrycznych i hybrydowych.
51. W ramach realizacji scenariusza TechPro spadek cen pojazdów elektrycznych, powoduje dynamiczny rozwój elektromobilności. W 2030 r. w porównaniu do scenariusza bazowego będzie to wzrost o ok. 50%, a w 2050 r. o 120%. Liczba samochodów elektrycznych w scenariuszu TechPro w 2030 r. wyniesie około 1,5 mln sztuk a w 2050 r. prawie 10 mln sztuk.
52. W scenariuszu ProETSeq, zakładającym zarówno spadek cen pojazdów niskoemisyjnych, jak i wzrost kosztów użytkowania pojazdów konwencjonalnych, tempo wzrostu liczby pojazdów elektrycznych w Polsce jest jeszcze większe. W scenariuszu ProETSeq liczba samochodów elektrycznych (EV) w Polsce w 2050 r. będzie kształtowała się na poziomie 10,6 mln sztuk (1,5 mln sztuk w 2030 r.), co oznacza średni wzrost o około 30% rocznie (tj. o ok. 350 tys. sztuk rocznie). Wzrost liczby pojazdów elektrycznych wynika z założonego spadku cen aut

elektrycznych w scenariuszu TechPro o około 1% rocznie oraz zmian preferencji konsumentów wynikających z drożących w eksploatacji samochodów ICE – scenariusz ETSeq.

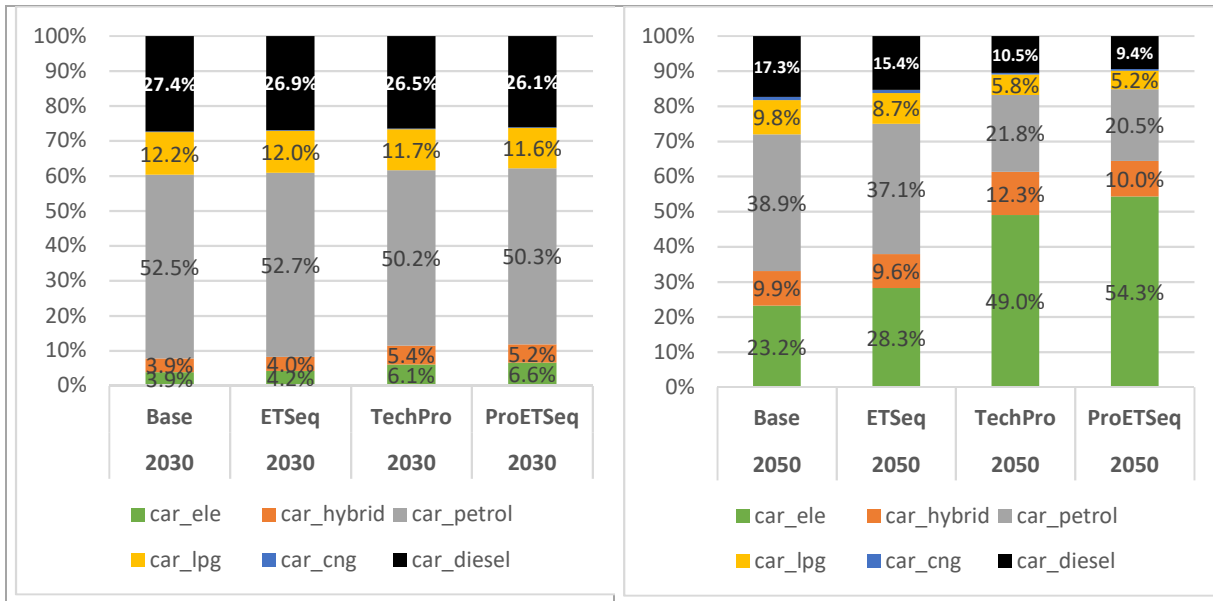
Rys. 12. Liczba samochodów elektrycznych w Polsce w latach 2020 - 2050.



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

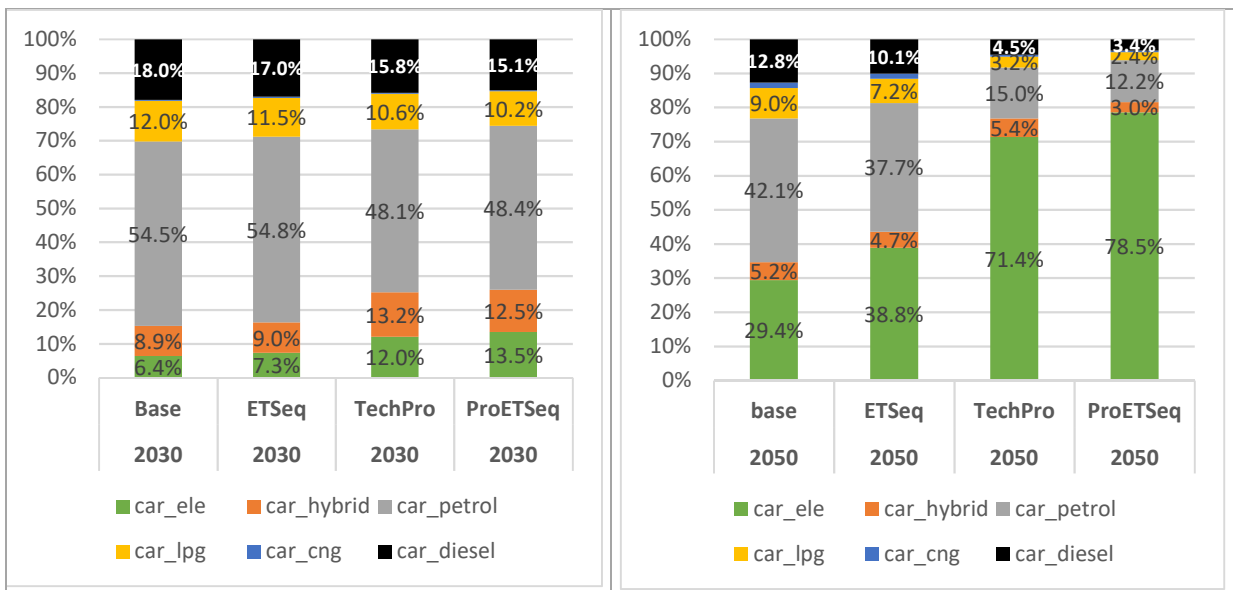
53. W przypadku struktury pojazdów w Polsce na podkreślenie zasługuje fakt spadku udziału pojazdów tradycyjnych z napędem ICE do około 88% w 2030 r. i 35% w 2050 r. Samochody z napędem elektrycznym i hybrydowym stanowiąc będą ponad 50% floty w 2050 r. w ramach realizacji scenariusza TechPro i scenariusza ProETSeq. Środki ograniczające emisję CO₂ w postaci dodatkowych opłat (scenariusz ETSeq) są niewystarczające, co również ma odzwierciedlenie w strukturze pojazdów. W ramach realizacji tego scenariusza udział pojazdów niskoemisyjnych stanowi jedynie 8% w 2030 r. i około 38% w 2050 r. (rys. 13).
54. Do podobnych wniosków prowadzi analiza sprzedaży nowych samochodów (rys. 14). W scenariuszach, gdzie zakładany jest znaczący spadek cen nowych pojazdów elektrycznych i hybrydowych dla konsumentów, pojazdy te szybciej wchodzi na rynek i w 2050 r. stanowiąc mogą nawet ok. 82% nowo zakupionych pojazdów (scenariusz ProETSeq). Działania podejmowane w scenariuszu ETSeq nie będą miały istotnego wpływu z punktu widzenia sprzedaży nowych pojazdów niskoemisyjnych. W 2030 r. w tym scenariuszu sprzedaż nowych samochodów niskoemisyjnych jest prawie na tym samym poziomie co w scenariuszu bazowym. W 2050 r. w scenariuszu ETSeq sprzedaż nowych samochodów niskoemisyjnych nadal jest znacznie mniejsza niż w scenariuszach zakładających spadek cen tych pojazdów i związanym z tym wzrostem ich przewagi konkurencyjnej nad pojazdami ICE.

Rys. 13. Struktura pojazdów w Polsce w roku 2030 i 2050 wg. scenariuszy analitycznych



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

Rys. 14. Sprzedaż nowych samochodów osobowych w Polsce w 2030 i w 2050 r.

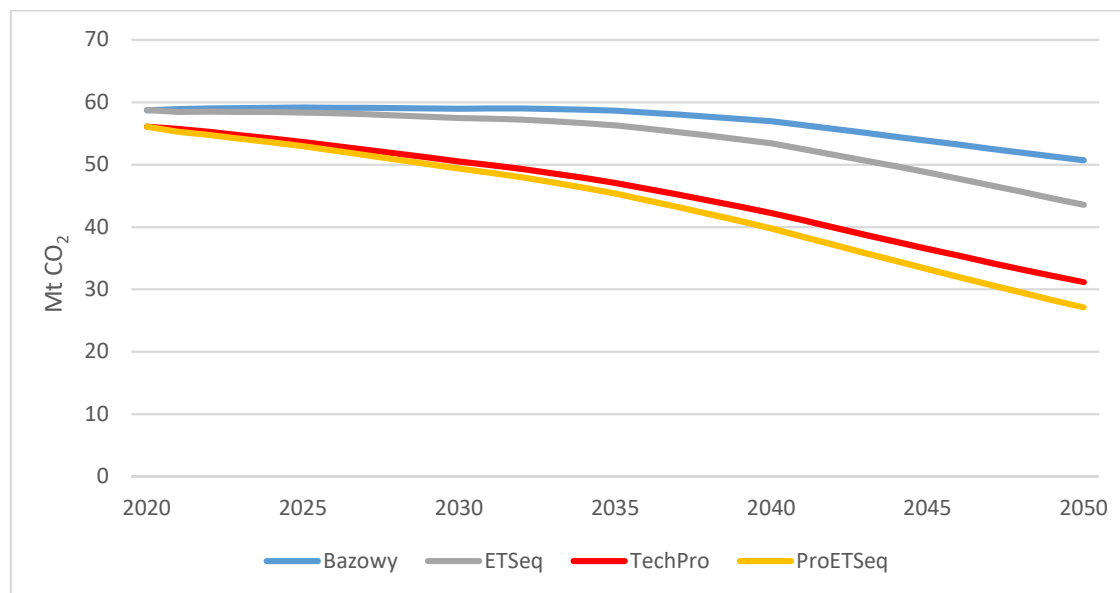


Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

3.5. Redukcje emisji w transporcie drogowym

55. W analizowanym okresie (2020-2050) obserwowane są dość istotne zmiany poziomu emisji CO₂. Największe spadki emisji widoczne są w przypadku scenariusza ProETSeq, gdzie emisje CO₂ w sektorze transportu ulegają zmniejszeniu do poziomu około 27 Mt CO₂ w 2050 r. (rys. 15). Na takie redukcje emisji CO₂ mają wpływ wprowadzone opłaty związane ze spalaniem paliw kopalnych oraz założony spadek cen pojazdów z napędem elektrycznym lub hybrydowym. Należy zaznaczyć, że w ramach scenariusza TechPro, potrzebne jest zapewnienie finansowania, które posłuży do realizacji zawartego w nim celu spadku cen pojazdów elektrycznych do 2050 r., czy to przez innowacje, efekt skali związany ze zwiększeniem produkcji, czy też inne mechanizmy o podobnych skutkach. W scenariuszu ProETSeq zakłada się stopniowy spadek cen pojazdów niskoemisyjnych.
56. W ramach scenariusza TechPro, spadek cen pojazdów elektrycznych będzie powodował istotne zwiększenie się popytu na ten typ pojazdów i jednocześnie odchodzenie od pojazdów z napędem konwencjonalnym. Z kolei w ramach scenariusza ProETSeq, redukcja emisji będzie wynikała ze zwiększenia kosztów użytkowania pojazdów z napędem konwencjonalnym i spadkiem aktywności transportowej w tym segmencie pojazdów na rzecz wzrostu aktywności samochodami nieskoemisyjnymi (EV i PHEV). Inny mechanizm redukcji emisji CO₂ jest wprowadzony w ramach scenariusza ETSeq. W tym miejscu mamy do czynienia z „przerzuceniem” kosztów redukcji emisji na użytkowników pojazdów. Z jednej strony taki mechanizm redukcji emisji prowadzić będzie do zmniejszenia aktywności transportowej, na skutek wzrostu cen korzystania z pojazdów z napędem ICE, co bardziej widoczne będzie w przypadku konsumentów o niskim dochodzie rozporządzalnym. Z drugiej strony, mechanizm ten będzie służył powstawaniu znacznych dochodów budżetu państwa z tytułu opłat emisyjnych. Dochody te mogą być przeznaczone na działania podejmowane w celu stymulowania sprzedaży pojazdów niskoemisyjnych, poprzez dopłaty do ich zakupu (np. w ramach realizacji scenariusza TechPro). Realizacja scenariusza ProETSeq, zakładającego zarówno spadek cen pojazdów niskoemisyjnych, jak i wzrost kosztów użytkowania pojazdów z napędem ICE, będzie prowadzić do spadku emisji CO₂ o 24 Mt w 2050 r. względem realizacji scenariusza bazowego.

Rys. 15. Emisje CO₂ z transportu drogowego według analizowanych scenariuszy w Polsce do 2050 r. (bez emisji z wytwarzania energii elektrycznej).



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

3.6. Zmiana poziomu emisji wg typów pojazdów (transport osobowy i towarowy)

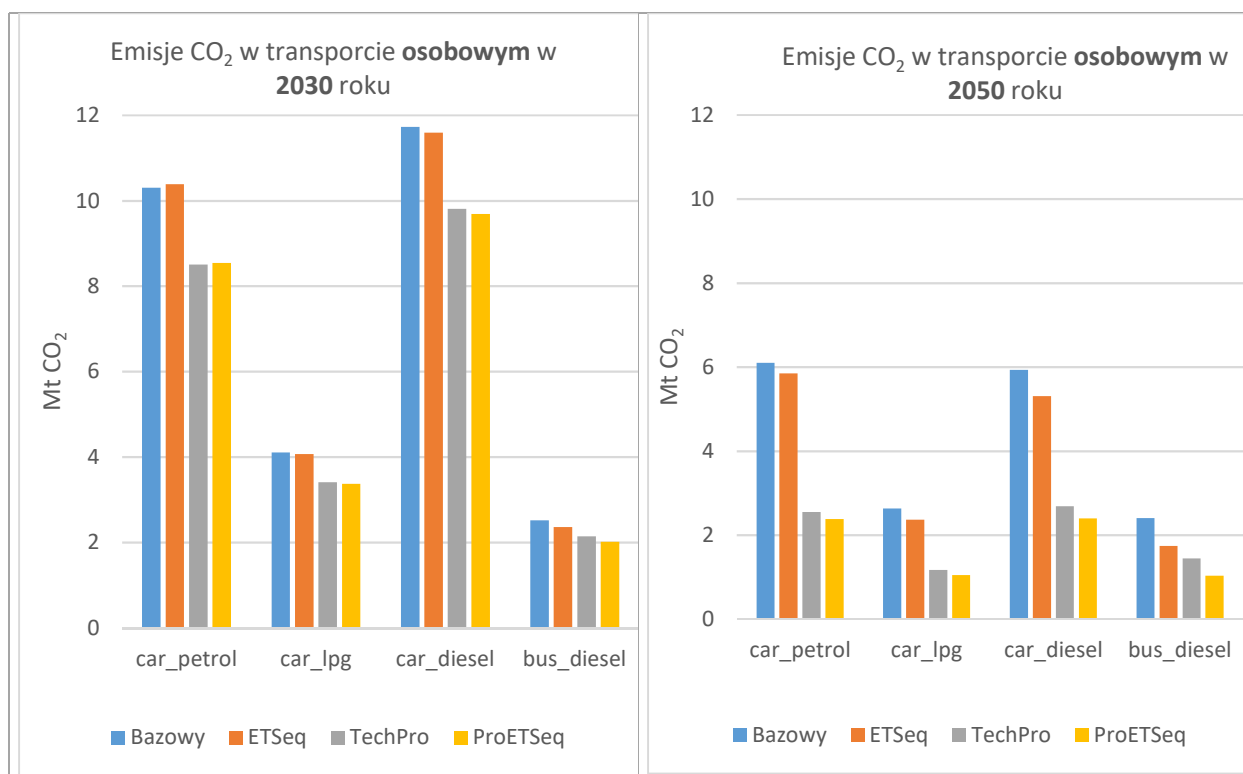
57. Analizując poszczególne typy pojazdów drogowych największe redukcje emisji zachodzą w samochodach osobowych zasilanych benzyną oraz pojazdach spalających olej napędowy (samochody osobowe, LDV i HDV). Rys 16. zawiera zestawienie emisji w 2030 r. i 2050 r. w podziale na poszczególne kategorie pojazdów. Największe redukcje emisji w wartościach bezwzględnych zachodzą w kategorii pojazdów ciężarowych (HDV) oraz pojazdów osobowych z silnikiem diesel'a. W 2030 r. podczas realizacji scenariusza TechPro w grupie krajowych pojazdów ciężarowych emisje CO₂ zostają ograniczone z 15,5 Mt CO₂ do 13,3 Mt, co stanowi spadek o 15% w stosunku do poziomu ze scenariusza bazowego. W 2050 r. natomiast następuje redukcja emisji o około 25% - z prawie 16 Mt do 11,6 Mt CO₂. W grupie pojazdów ciężarowych w transporcie międzynarodowym te ograniczenia emisji są na podobnym poziomie (14% i 29% w 2050 r.). Wyniki szczegółowe wskazują na znaczący wpływ na redukcję emisji CO₂ w kategorii pojazdów HDV scenariusza TechPro.

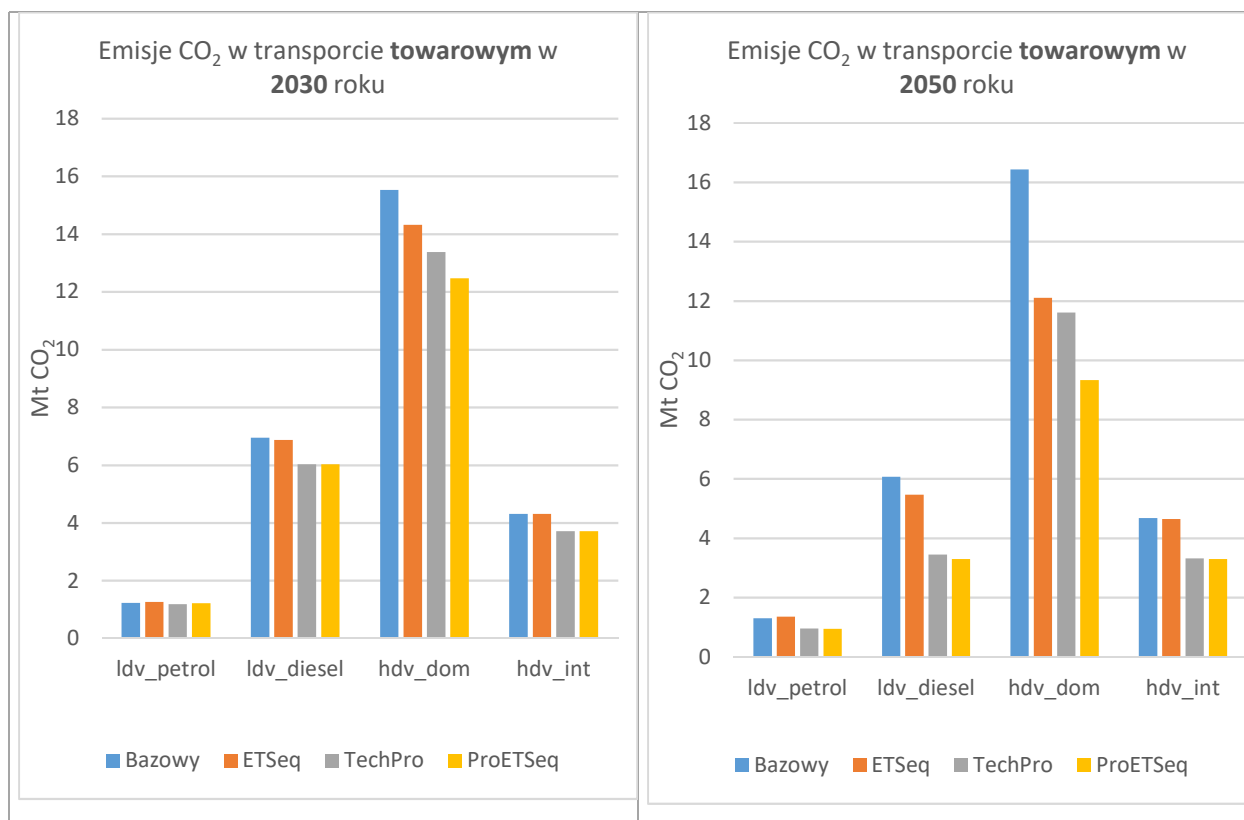
58. W ramach kategorii samochodów osobowych, największe redukcje emisji CO₂ w 2030 r. zachodzą w scenariuszu ProETSeq. W ramach kategorii samochodów osobowych, redukcje emisji CO₂ w 2030 r. w stosunku do scenariusza bazowego są na poziomie 14%, natomiast w 2050 roku na poziomie 47%. Wynika to głównie ze spadku cen pojazdów niskoemisyjnych, a co za tym idzie znaczącego wzrostu udziału w rynku oraz wprowadzonym opłatom od emisji CO₂ i związanym z tym spadkiem aktywności pojazdów z napędem ICE. Spadek cen

pojazdów niskoemisyjnych prowadzić może do redukcji emisji CO₂ na poziomie prawie 40% w 2050 r. w stosunku do scenariusza bazowego. Natomiast samo wprowadzenie opłat za emisję CO₂ na pojazdy z silnikami ICE będzie prowadzić do redukcji emisji w 2050 r. o około 14%, w stosunku do scenariusza bazowego.

59. We wszystkich kategoriach pojazdów, w scenariuszu TechPro emisje CO₂ są redukowane w większym stopniu, niż w scenariuszu ETSeq. Ten stan rzeczy wynika z większego wpływu na redukcję emisji spadku cen pojazdów niskoemisyjnych, niż wprowadzonych w scenariuszu ETSeq opłat dla pojazdów z silnikami ICE.
60. Porównując wyniki poszczególnych scenariuszy należy zauważyć, że w 2050 r. w przypadku realizacji scenariusza ProETSeq, co drugi samochód osobowy w Polsce miałby napęd elektryczny. Nałożenie tylko i wyłącznie opłat, tak jak zostało to zaprojektowane w scenariuszu ETSeq, może doprowadzić jedynie do sytuacji, że w 2050 r. około 1/4 pojazdów osobowych będzie miała napęd elektryczny.

Rys. 16. Zmiany poziomów emisji CO₂ w podziale na aktywności transportowej w Polsce w 2030 i w 2050 r.





Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

3.7. Zmiany poziomu i struktury aktywności w transporcie towarowym

61. Zwiększenie kosztów użytkowania pojazdów z napędem ICE ma swoje odzwierciedlenie również w przewozach towarowych. Wzrost kosztów towarowych przewozów drogowych powoduje zmiany strukturalne w tym segmencie sektora transportu. Spada aktywność przewozów ciężkimi samochodami towarowymi (malejąca liczba tonokilometrów), a rośnie liczba tonokilometrów w towarowym transporcie kolejowym. Finalnie wzrost aktywności kolei jest nieznacznie większy niż spadek aktywności w transporcie drogowym (-1,3%).
62. Wprowadzone w scenariuszu ProETSeq mechanizmy redukcji emisji prowadzą do przeniesienia aktywności przewozów towarowych z transportu drogowego na transport szynowy (kolej). Dodatkowym efektem jest w tym przypadku nieznaczny wzrost aktywności wynikający z mniejszych kosztów przewozów towarowych (rys. 17). Widoczny jest również nieznaczny spadek aktywności w lotniczym transporcie towarowym.

Rys. 17. Zmiana liczby tkm w latach 2020-2050 w Polsce (scenariusz ProETSeq)

Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

63. Wprowadzenie opłaty zależnej od emisji (scenariusz ETSeq) w sektorze towarowych przewozów drogowych pojazdami o ład. pow. 3,5 t, może wpłynąć na spadek aktywności (a tym samym i emisji) o 6% w 2030 r. oraz o 19% w 2050 r. w stosunku do scenariusza bazowego. Korzyści te będą wymierne jeśli transport samochodami ciężarowymi zostanie zastąpiony nisko lub zeroemisyjnym transportem szynowym bądź dorgowym.

3.8. Dekompozycja zmian poziomów emisji metodą LMDI – Logarithmic Mean Divisia Index

64. Aby lepiej zrozumieć wpływ poszczególnych czynników na zmianę poziomów emisji CO₂ w sektorze transportu podzieliliśmy zmiany emisji na wpływ trzech czynników. W tym celu zastosowaliśmy metodę dekompozycji LMDI (Logarithmic Mean Divisia Index) ze względu na łatwość jej wprowadzenia oraz interpretacji wyników. Wybraliśmy model addytywnego rozkładu jako bardziej odpowiedni w przypadku analizy ilościowej²⁸.

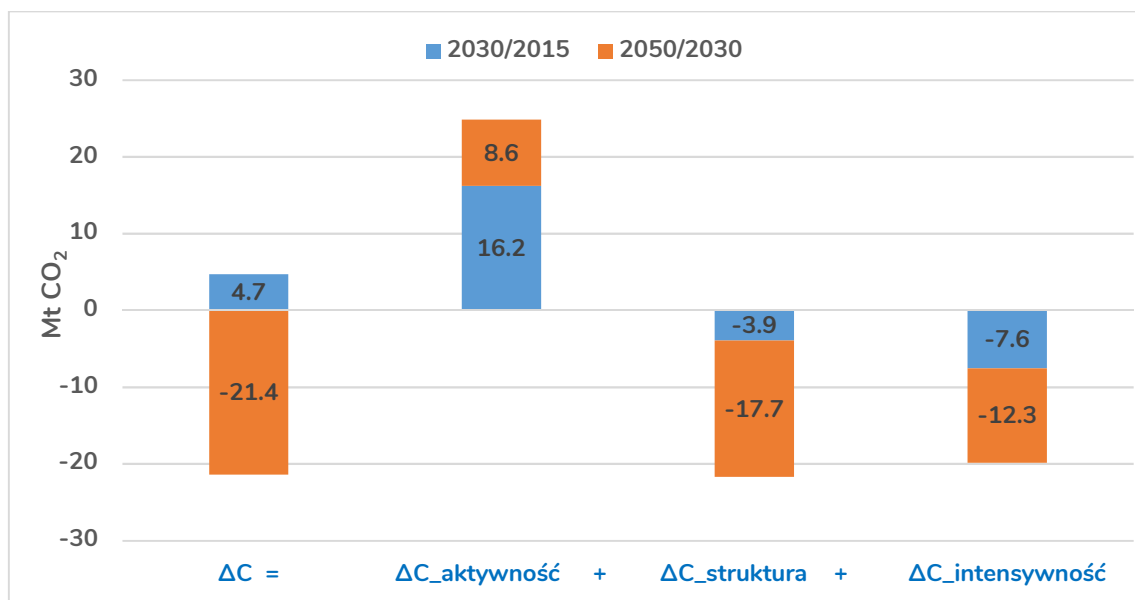
65. Dekompozycja zmian emisji CO₂ może dostarczyć nam bardzo ciekawych wniosków. Rys. 18 pokazuje wyniki rozkładu emisji CO₂ na trzy czynniki:

- **ΔC_aktywność** - zmiana poziomów emisji CO₂ ze względu na wzrost działalności/aktywności transportowej,

²⁸ B.W. Ang, "Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?", Energy Policy 2004 vol, 32 oraz B.W. Ang, "LMDI decomposition approach: A guide for implementation", Energy Policy 2015, vol, 86

- **ΔC_struktura** - redukcja emisji CO₂ spowodowana przesunięciem działalności w kierunku technologii niskoemisyjnych,
- **ΔC_intensywność** - zmiana emisji CO₂ spowodowana poprawą standardów emisji, jakości paliwa (poprawa intensywności emisji).

Rys. 18. Dekompozycja zmian emisji CO₂ w Polsce w latach 2030 vs. 2015 i 2050 vs. 2030



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

66. W celu lepszego poznania mechanizmów, które stoją za redukcją emisji CO₂ w sektorze transportu, sporządzono dekompozycję zmian emisji CO₂ w dwóch okresach: w 2030 r. w odniesieniu do 2015 r. oraz w 2050 r. w odniesieniu do 2030 r. (rys. 16). Wzrost emisji CO₂ w tych dwóch okresach wynika ze wzrostu aktywności transportowej, powiązanego bezpośrednio z rozwojem gospodarczym, wzrostem zamożności społeczeństwa, poprawą jakości infrastruktury transportowej. Wzrost emisji CO₂ wynikający ze wzrostu aktywności ma swoją przeciwwagę w zmianach strukturalnych zachodzących w sektorze transportu. Wprowadzanie na rynek nowych niskoemisyjnych technologii oraz prowadzenie działań mających na celu zapewnienie konkurencyjności tych nowych technologii, skutkuje zwiększającym się udziałem w rynku pojazdów niskoemisyjnych i równoczesnym obniżeniem emisji CO₂. Wpływ zmian strukturalnych na poziom emisji jest bardziej zauważalny dla okresu 2030-2050, ze względu na postępujący spadek cen pojazdów niskoemisyjnych i związaną z tym utratą przewagi konkurencyjnej przez pojazdy typu ICE.

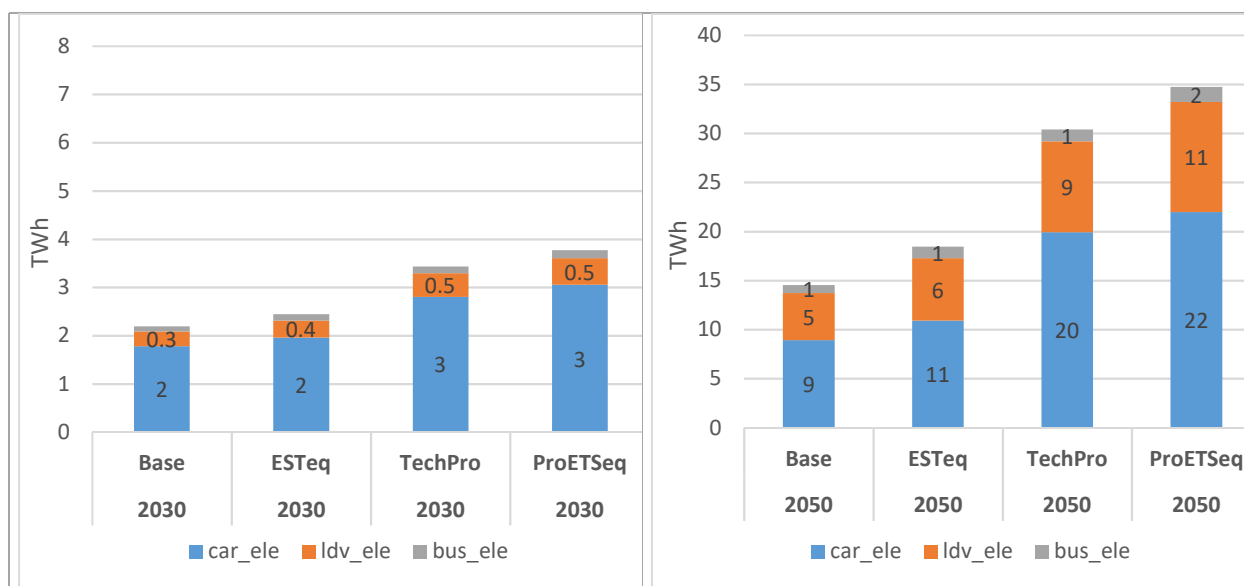
67. Trzecim analizowanym czynnikiem dekompozycji była intensywność emisji. Na intensywność emisji wpływa między innymi poprawa intensywności emisji technologii wykorzystujących paliwa kopalne, jakość paliw, zwiększający się udział biopaliw, itp. Intensywność emisji w 2030 r. w odniesieniu do 2015 r. odpowiada w większym stopniu za redukcję emisji niż

zmiany strukturalne. Odwrotna sytuacja ma miejsce w 2050 r. w stosunku do 2030 r., gdzie zmiany strukturalne są głównym czynnikiem prowadzącym do ograniczenia emisji.

3.9. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie drogowym

68. Do zobrazowania wpływu rozwoju elektromobilności na zapotrzebowanie na energię elektryczną, przyjęto średnie zużycie energii na poziomie 0,2 kWh/km dla samochodów osobowych, 0,4 kWh/km dla lekkich pojazdów dostawczych oraz 1 kWh/km dla autobusów. Na podstawie struktury floty w 2030 i 2050 r. obliczono zapotrzebowanie na energię elektryczną (rys. 19). Popyt na energię elektryczną generują głównie pojazdy osobowe, których zapotrzebowanie na energię może wynieść około 3 TWh w 2030 r. i aż 22 TWh w 2050 r. W 2050 r. widać znaczny wzrost zapotrzebowania na przewóz towarów w segmencie lekkich pojazdów dostawczych (ponad dwukrotny w stosunku do scenariusza bazowego), a udział tej grupy pojazdów w zapotrzebowaniu na energię elektryczną może wynieść ponad 30% (około 11 TWh).
69. Całkowite zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie drogowym w 2050 r. może wynieść około 35 TWh, co stanowiłoby około 15% krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną (w odniesieniu do projekcji zużycia energii w 2050 r.²⁹).

Rys. 19. Zapotrzebowanie na energię elektryczną w Polsce w 2030 i 2050 r. według scenariuszy



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

²⁹ Zapotrzebowanie na energię elektryczną zostało odniesione do wyników symulacji modelu energetycznego MEESA, scenariusz DEEP - Deep Energy Emission Reduction Programme, gdzie w 2050 r. popyt na energię elektryczną w Polsce jest na poziomie 202,3 TWh (z czego 3,2 TWh to popyt wygenerowany przez samochody elektryczne).

3.10. Bilans emisji – emisje ze spalania paliw oraz emisje z wytworzenia energii elektrycznej

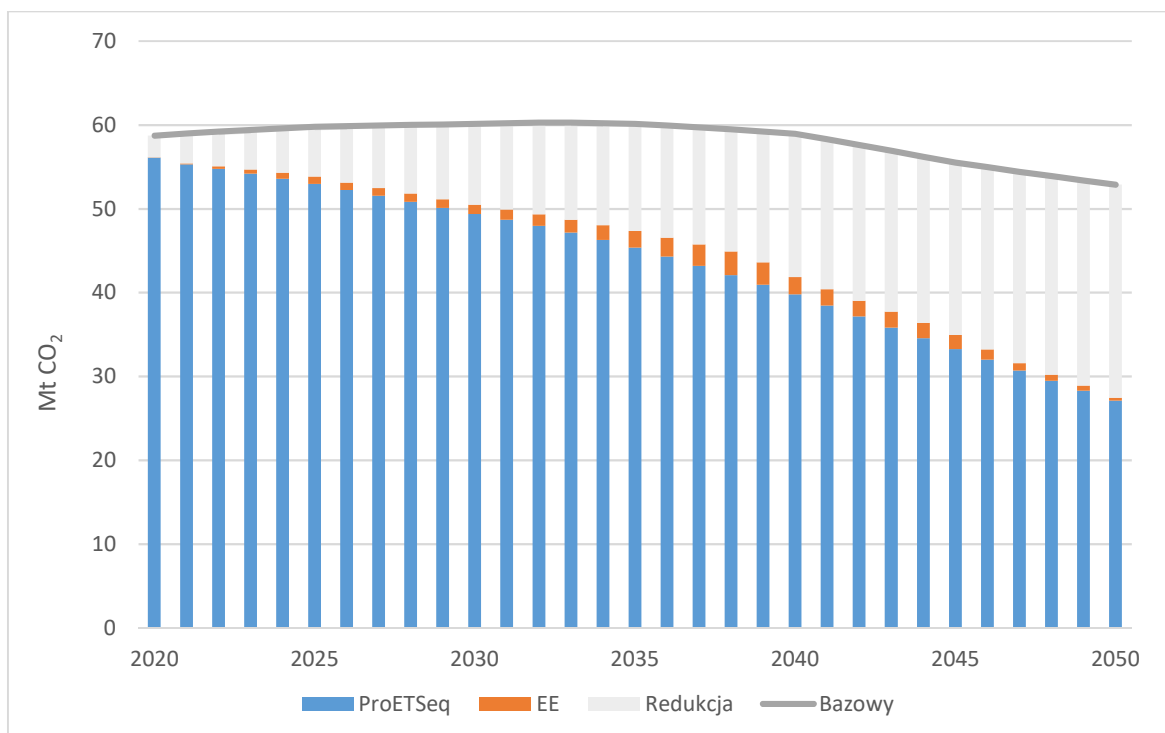
Szybki wzrost liczby pojazdów z napędem elektrycznym będzie prowadził do zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną i w zależności od krajowego mixu energetycznego, może prowadzić do wzrostu emisji CO₂ w sektorze energetycznym. Dynamika zmian w poziomach emisji CO₂, związanych z zapotrzebowaniem na energię elektryczną przez pojazdy niskoemisyjne, będzie zależała od tempa spadku udziału paliw kopalnych w krajowym mixie energetycznym. Do oszacowania poziomu emisji z wytworzenia energii elektrycznej potrzebnej do zasilania pojazdów niskoemisyjnych wykorzystano wyniki scenariusza DEEP modelu MEESA³⁰.

70. Analizując emisje całkowite z sektora transportu (emisje bezpośrednie ze spalania paliw w pojazdach oraz emisje z wytworzenia energii elektrycznej), należy podkreślić, że w 2050 r. nawet na skutek wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, poziom całkowitych emisji w scenariuszu ProETSeq jest znacząco niższy, o około 48% w porównaniu do scenariusza bazowego). Taka sytuacja wynika bezpośrednio z założonych zmian w mixie energetycznym w Polsce, oraz znaczącej redukcji emisji CO₂ w sektorze produkcji energii elektrycznej. W 2050 r. emisje CO₂ związane z wytworzeniem energii elektrycznej na zasilanie pojazdów niskoemisyjnych stanowią jedynie około 1,3% emisji CO₂ z transportu drogowego (rys. 20).

³⁰ Scenariusz DEEP - Deep Energy Emission Reduction Programme - cel 95% redukcji emisji CO₂ w 2050 r. względem 2015 (ponad 96% redukcji względem poziomu w 1990 r. – spójnie z Energy Roadmap 2050 dla sektora energii) jest osiągalny na skutek wycofań poszczególnych krajów z użycia węgla, wzrostu udziału OZE oraz rozwoju energetyki jądrowej (w krajach które dopuszczają tę technologię). W scenariuszu tym w Polsce następuje bardzo znacząca procentowa redukcja emisji, na poziomie zbliżonym lub nawet nieco przekraczającym średnią unijną. W scenariuszu DEEP bardzo istotną rolę pełnią jednostki jądrowe – nawet dla krajów nie dopuszczających możliwości wykorzystania tej technologii – pozwalają ograniczyć średni przyrost kosztów wytwarzania energii elektrycznej w UE.

Więcej – patrz: Tatarewicz, I., Lewarski, M., Skwierz, S.(2019). Scenarios of low-emission Energy sector for Poland and the EU until 2050, CAKE/KOBiZE: http://climatecake.pl/wp-content/uploads/2019/11/CAKE_energy-model_EU_low_emission_scenarios_paper_final.pdf

Rys. 20. Emisje całkowite (spalanie paliw + energia elektryczna) z transportu drogowego w scenariuszu ProETSeq oraz w scenariuszu bazowym (linia ciągła) w Polsce do 2050 r.



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

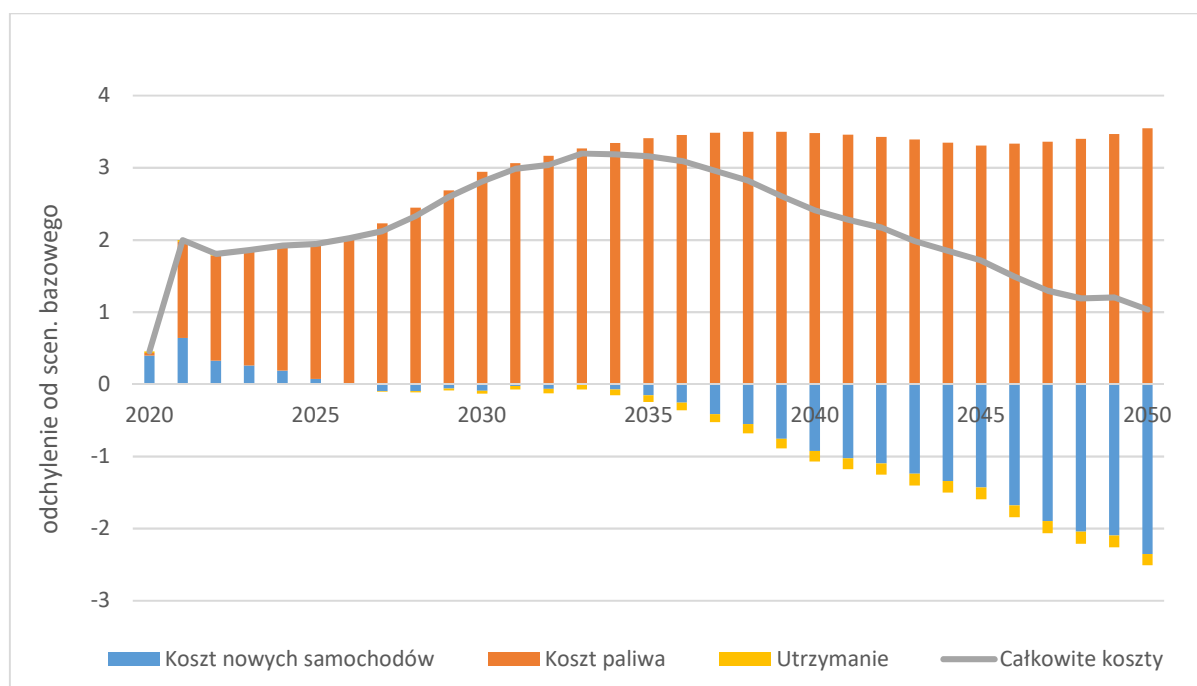
3.11. Koszty/korzyści dla użytkowników w scenariuszu ProETSeq. Przychody budżetu państwa z tytułu opłat od emisji.

71. Koszty użytkownika (gospodarstw domowych i firm) zależą od przyjętych cen samochodów, kosztów utrzymania oraz cen paliw i energii elektrycznej. Dane odnośnie cen pojazdów, kosztów utrzymania pojazdów oraz cen paliw w roku bazowym zostały zaczerpnięte z bazy TRACCS. Dynamika cen paliw do 2050 r. jest zgodna ze scenariuszem World Energy Outlook – „current policies scenario”, gdzie założono ich 3-krotny wzrost w okresie 2015-2050. Średnie koszty energii elektrycznej pochodzą z modelu energetycznego MEESA, który prognozuje ich ponad dwukrotny wzrost do 2050 r. Zmiany kosztów ponoszonych przez użytkowników są kształtowane zarówno przez zmiany kosztów użytkowników (tj. modelowane szoki cen pojazdów, paliw i utrzymania), jak również przez odchylenie od poziomów założonych w scenariuszu bazowym. Jeśli więc tańsze środki transportu zostaną zastąpione droższymi, to koszt dla gospodarstw domowych i firm wzrośnie w wyniku zmian preferencji popytu na środki transportu.
72. Zmiana kosztów transportu dla użytkownika jest zasadniczo najważniejszym czynnikiem, który wpływa na całkowity bilans kosztów i korzyści elektromobilności. W przypadku scenariusza ProETSeq, w którym cena pojazdów niskoemisyjnych spada, część użytkowników czerpie korzyści z niższych cen pojazdów, jak i oszczędności energii, a część z

nich ponosi wyższe koszty związane z włączeniem w cenę paliw konwencjonalnych opłaty za emisje dwutlenku węgla. Całościowo, koszty związane z opłatami środowiskowymi będą po pewnym czasie rekompensowane przez niższe koszty zakupu samochodów niskoemisyjnych. Oszczędności te będą większe pod koniec okresu symulacji, ponieważ założono, że ceny paliw kopalnych będą rosły szybciej niż koszty energii elektrycznej (koszty energii elektrycznej będą rosły wolniej ze względu na wykorzystanie odnawialnych źródeł energii a jednocześnie samochody niskoemisyjne będą coraz tańsze). Finalnie (w końcu okresu symulacji) korzyści z taniejących samochodów niskoemisyjnych nie pokryją w całości rosnących kosztów za emisję dwutlenku węgla i w 2050 r. bilans kosztów będzie na poziomie -1 mld euro. Ponadto po 2030 r. widoczne są korzyści ze zmniejszających się kosztów utrzymania, wynikające z faktu, że samochody niskoemisyjne posiadają znacznie mniej części niż pojazdy spalinowe (ICE). Korzyści te są rzędu 0,1 mld euro rocznie.

73. Na rys. 21 zostały przedstawione koszty/korzyści dla użytkowników w scenariuszu ProETSeq jako odchylenie od scenariusza bazowego. Na zmianę całkowitych kosztów składają się zmiany kosztów zakupu floty nowych samochodów, zmiany kosztów paliwa oraz utrzymania pojazdów. Wprowadzenie dodatkowej opłaty w 2020 r. dodanej do ceny paliwa oraz zależnej od emisji pojazdów powoduje, że część konsumentów wybiera relatywnie drogie na chwilę obecną pojazdy niskoemisyjne (elektryczne i hybrydowe). W związku z powyższym, do 2025 r. obserwujemy wzrost kosztów zakupu floty pojazdów. Między 2025 a 2035 r. koszty zakupu pojazdów są na podobnym poziomie jak w scenariuszu bazowym. Po 2035 r. widać znaczne korzyści dla użytkowników z zakupu taniejących samochodów niskoemisyjnych – zyski ponad 2 mld euro w 2050 r. Wzrost cen paliw spowodowany opłatą za emisje z jednej strony zwiększa koszty zakupu paliw kopalnych, a z drugiej zachęca użytkowników do przechodzenia na relatywnie taniejące pojazdy niskoemisyjne. Taka sytuacja powoduje wzrost kosztu zakupu paliw o 3,5 mld euro w 2050 r. w scenariuszu ProETSeq w stosunku do scenariusza bazowego. Różnicę tą należy traktować jako efekt substytucyjny i dochodowy. Dochodowy, bo przy danym budżecie konsument może zakupić mniej paliw kopalnych, substytucyjny bo konsument zmienia swoje preferencje – wybiera tańsze w eksploatacji pojazdy niskoemisyjne. Koszty utrzymania pojazdów niskoemisyjnych są niższe, niż tych z napędem konwencjonalnym (mniej części, mniej czynności serwisowych), stąd korzyści po 2035 r. wraz z popularyzacją elektromobilności. Popyt na przejazdy samochodami elektrycznymi w 2050 r. rośnie o 150% w scenariuszu ProETseq w stosunku do scenariusza bazowego, podczas gdy aktywność samochodów ICE zasilanych benzyną i olejem napędowym spada o około 30%. Finalnie konsumenci i firmy ponoszą dodatkowe (w stosunku do scenariusza bazowego) łączne koszty na poziomie około 3 mld euro rocznie w okresie 2030 – 2035, po czym koszty te zaczynają spadać wraz z bardziej dynamicznym rozwojem elektromobilności. Zyski z zakupu tańszych pojazdów niskoemisyjnych w większym stopniu równoważą opłaty związane z emisją z wykorzystania paliw kopalnych. W 2050 r. wzrost kosztów w stosunku do scenariusza bazowego w scenariuszu ProETSeq jest na poziomie 1 mld euro.

Rys. 21. Zmiana kosztów użytkownika (konsumentów i firm) w scenariuszu ProETSeq w stosunku do scenariusza bazowego [mld euro].



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

74. Zestawienie kosztów i korzyści dla konsumentów i firm dla poszczególnych scenariuszy przedstawia tab. 4. Jedynie w scenariuszu TechPro, użytkownicy odnoszą korzyści z taniejących samochodów elektrycznych i hybrydowych (cena paliw konwencjonalnych nie zawiera opłaty zależnej od emisji pojazdu). W scenariuszach z wprowadzonym podatkiem od emisji (ETSeq oraz ProETSeq) użytkownicy ponoszą koszty – większe jeśli nie ma założonego postępu technologicznego i „przesiadania się” konsumentów do niskoemisyjnych pojazdów (nie ma spadku cen samochodów niskoemisyjnych).

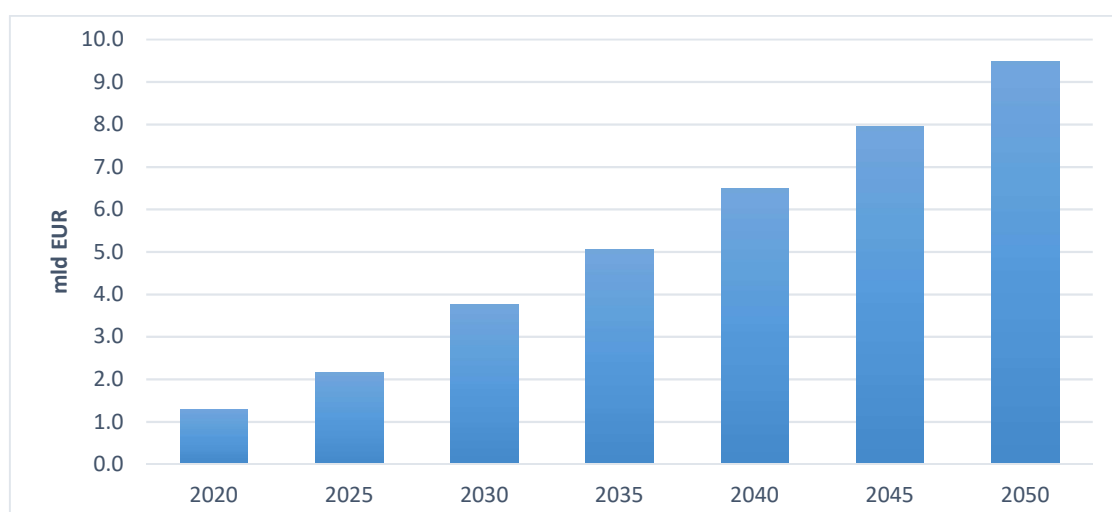
Tablica 4. Zestawienie kosztów i korzyści z tytułu wprowadzenia podatku od emisji CO₂ dla pojazdów spalinowych w Polsce. Dane średnioroczne w mld EUR w okresie 2020-2050. Odchylenie od scenariusza bazowego.

Kategoria:	Scenariusz (odchylenie od scenariusza bazowego)		
	ETSeq	TechPro	ProETSeq
Całkowite koszty/korzyści użytkowników (konsumentów i firm)	-6,2	2,0	-2,2

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

75. Na rys. 22. zostały przedstawione przychody do budżetu państwa z tytułu wprowadzonej opłaty od emisji spalanych paliw w scenariuszu ProETSeq. Przychody te są zależne od poziomu emisji i ceny za emisję 1t CO₂. Opłata za emisję 1t CO₂ rośnie w sposób wykładniczy – 76 euro w 2030 r., 163 euro w 2040 r. oraz 350 euro w 2050 r., natomiast spadek poziomu emisji w scenariuszu ProETSeq, wynikający ze zmiany struktury floty pojazdów, pośrednio hamuje ten wzrost. Finalnie przekłada się to na liniowe tempo wzrostu przychodów do budżetu państwa z tytułu opłaty od emisji CO₂. W 2050 roku przychody te byłyby na poziomie 9,5 mld euro - 27 Mt emisji dwutlenku węgla w transporcie drogowym przy cenie 350 euro za tonę emisji.

Rys. 22. Przychody do budżetu państwa w latach 2020-2050 z tytułu opłaty od emisji CO₂ w scenariuszu ProETSeq [mld euro].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

76. Tab. 5 zawiera zestawienie średnich przychodów do budżetu państwa z tytułu wprowadzonej opłaty od emisji wg scenariuszy w okresie 2020 -2050. Przychody budżetu państwa są proporcjonalne do poziomu emisji, w przypadku scenariusza TechPro nie występują – nie ma opodatkowania emisji.

Tablica 5. Zestawienie przychodów do budżetu państwa z tytułu wprowadzenia podatku od emisji CO₂ dla pojazdów spalinowych w Polsce. Dane średnioroczne w mld EUR w okresie 2020-2050.

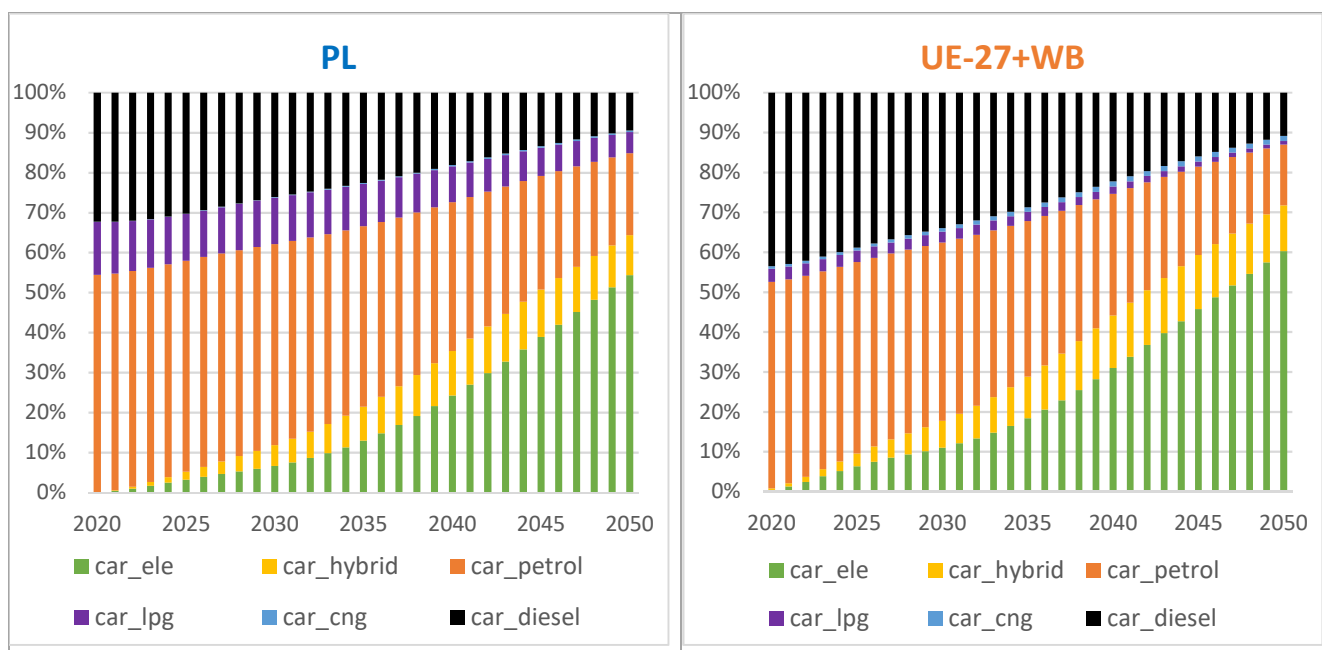
Kategoria:	Scenariusz		
	ETSeq	TechPro	ProETSeq
Przychody (zyski) budżetu państwa	6,9	0	5,1

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

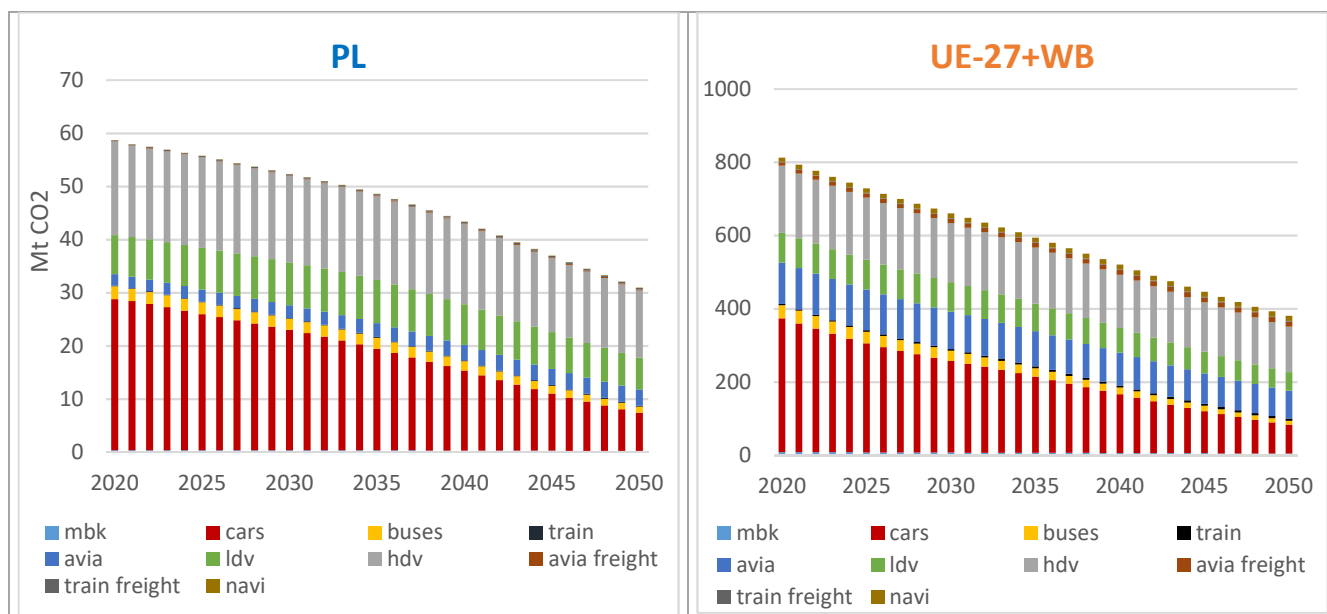
3.12. Rozwój elektromobilności w scenariuszu ProETSeq w Polsce na tle Unii Europejskiej.

77. Porównując rozwój elektromobilności w Polsce na tle Unii Europejskiej, trzeba podkreślić rolę oraz wpływ na emisje CO₂, struktury floty w tych dwóch regionach. Struktura floty pojazdów w Polsce na tle UE wyróżnia się większym udziałem samochodów z silnikiem benzynowym (o około 3 pkt proc.) oraz napędzanych gazem LPG. W UE z kolei w 2020 r. prawie 45% floty stanowiły pojazdy z silnikami diesel'a (rys. 23).
78. W 2050 r. te różnice pomiędzy regionami ulegają zmniejszeniu. Niemniej jednak w Polsce udział pojazdów z napędem elektrycznym (około 53%) jest mniejszy niż w UE (około 60%), natomiast nadal widać znaczną różnicę w segmencie pojazdów napędzanych LPG. W przypadku pojazdów z silnikiem diesel'a udział w obu regionach jest na zbliżonym poziomie około 10%, z tym, że w przypadku UE liczba pojazdów z silnikiem diesel'a zmniejsza się w większym stopniu niż w Polsce. W segmencie pojazdów napędzanych benzyną, w Polsce udział nadal będzie większy niż w UE, co z jednej strony może wynikać z historycznej struktury floty, oraz z drugiej strony z zamożności społeczeństwa i możliwości zakupu nowych pojazdów niskoemisyjnych.

Rys. 23. Struktura floty pojazdów osobowych w Polsce oraz UE-27 i WB (scenariusz ProETSeq).



Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

Rys. 24. Poziom emisji w sektorze transportu w Polsce oraz UE-27 i WB (scenariusz ProETSeq).

Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

79. Emisje w sektorze transportu w Polsce w 2050 r. w scenariuszu ProETSeq spadają o 47% (względem 2020 r.) do poziomu 30,9 Mt dwutlenku węgla. Zatem redukcja emisji jest w Polsce niższa niż w UE-27+WB w tym samym okresie, gdzie nastąpił spadek o 53% (rys. 24). W największym stopniu odpowiedzialny za emisje w sektorze transportu jest transport drogowy, gdzie różnice pomiędzy Polską a UE są na poziomie 8 pkt. proc. (-52% w Polsce i -60% w UE-27+WB w 2050 r. w stosunku do 2020 r.). W przypadku transportu pasażerskiego redukcje emisji w Polsce i UE-27+WB są na podobnym poziomie, -65% w Polsce oraz -66% w UE-27+WB). W transporcie towarowym redukcja emisji w Polsce jest 5 pkt. proc. poniżej średniej w UE-27+WB (-24% w Polsce vs. -29% w UE-27+WB). Zestawienie emisji w Polsce oraz UE (+WB) przedstawiono w tab. 6.

Tablica 6. Zestawienie zmian w emisjach w Polsce oraz UE-27+WB w 2050 r. w stosunku do 2020 r. w scenariuszu ProETSeq.

	Polska	UE-27+WB
Ogółem	-47%	-53%
Pasażerski	-65%	-66%
Towarowy	-24%	-29%
Drogowy	-52%	-60%

Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

4. Wnioski i podsumowanie

80. Wyniki modelowania emisji CO₂ z całego sektora transportu, względem 2005 r. prowadzą do następujących wniosków. Zarówno w 2030 r. jak i w 2050 r. w scenariuszu bazowym, czyli bez realizacji dodatkowych działań ograniczających, poziom emisji CO₂ wzrośnie o 78% w 2030 r. oraz o 65% w 2050 r. w stosunku do 2005 r. Redukcje emisji w stosunku do 2005 r. są widoczne dopiero w 2050 r. w ramach realizacji scenariusza TechPro (-2%) i scenariusza ProETSeq (-12%) (tab.7).

Tablica 7. Zestawienie wyników dla poszczególnych scenariuszy dla Polski dla 2030 i 2050 r. (poziomy emisji oraz ich zmiany nie uwzględniają emisji z wytwarzania energii elektrycznej)

	2030			
	Bazowy	ETSeq	TechPro	ProETSeq
% elektrycznych samochod. os.	3,9%	4,2%	6,1%	6,6%
Poziom emisji - transport drogowy (Mt CO ₂)	59,0	57,5	50,5	49,4
Zmiana emisji CO ₂ ogółem w transporcie (względem 2005 r.)	+78%	+74%	+51%	+48%
	2050			
	Bazowy	ETSeq	TechPro	ProETSeq
% elektrycznych samochod. os.	22%	28%	49%	54%
Poziom emisji - transport drogowy (Mt CO ₂)	50,7	43,6	31,2	27,1
Zmiana emisji CO ₂ ogółem w transporcie (względem 2005 r.)	+65%	+46%	-2%	-12%

Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

81. Wprowadzenie rozwiązań mających na celu redukcję emisji CO₂ zawartych w scenariuszu ProETSeq może doprowadzić do spadku emisji CO₂ w 2050 r. do około 27 Mt. W scenariuszu bazowym emisje CO₂ w 2050 r. są na poziomie 50,7 Mt.

82. Na podkreślenie zasługuje wniosek, że w scenariuszach z wprowadzonym podatkiem od emisji (ETSeq oraz ProETSeq) użytkownicy pojazdów ICE ponoszą dodatkowe koszty. Będą one większe w scenariuszu ETSeq, gdzie nie ma założonego postępu technologicznego i „przesiadania się” konsumentów do niskoemisyjnych pojazdów (czyli nie występuje spadek cen samochodów niskoemisyjnych).

83. Ważnym wnioskiem z niniejszego opracowania jest potwierdzenie, że w celu osiągnięcia redukcji emisji w sektorze transportu, istotne jest wprowadzanie mechanizmów łączących system opłat za emisję dla pojazdów z silnikami ICE oraz system dopłat do niskoemisyjnych

pojazdów. Niewątpliwy wpływ na wielkość emisji będzie miało także tempo transformacji systemu energetycznego w Polsce, gdyż w 2050 r. prognozowane zapotrzebowanie na energię elektryczną w transporcie drogowym może wynosić aż 35 TWh.

84. Wprowadzenie jedynie systemu opłat za emisję w sektorze transportu, ma ograniczony wpływ na poziom emisji. To ważny wniosek z punktu widzenia najnowszej propozycji Komisji Europejskiej dotyczącej podwyższenia celu redukcyjnego i związanego z jego realizacją włączenia sektora transportu do systemu EU ETS, czy też stworzenia osobnego systemu handlu uprawnieniami dla tego sektora.
85. System hybrydowy (łączy opłaty emisyjne oraz dopłaty do nowych pojazdów niskoemisyjnych) będzie potrzebował zapewnienia odpowiedniego finansowania, do którego dokument Komisji Europejskiej się nie odnosi w sposób dostateczny. Finansowanie to może mieć znaczący wpływ na tempo wprowadzania na rynek nowych niskoemisyjnych pojazdów i związaną z tym redukcję emisji CO₂.

Bibliografia:

1. “A Community strategy to reduce CO₂ emissions from passenger cars and improve fuel economy”, COM(95) 689 final
2. “Extending the EU ETS to the road transport sector”, I4CE, IFPen, Enerdata report, 2014
3. “Including road transport in the EU-ETS – An alternative for the future?”, ZEW Mannheim, 29 April 2015
4. “Policy mix in the transport sector: What role can the EU ETS play for road transport?”, Oko-Institut, 2015
5. “Road transport in the EU ETS – why it is a bad idea”, Transport & Environment, 2013
6. “The Impact of Including the Road Transport Sector in the EU ETS”, Cambridge econometrics, 2014
7. „Zmiana celów redukcyjnych oraz cen uprawnień do emisji wynikająca z komunikatu Europejski Zielony Ład”, IOS-PIB/ KOBiZE, marzec 2020 r.
8. Analiza skutków do komunikatu Komisji Europejskiej pn. „Stepping up Europe’s 2030 climate ambition”, SWD (2020) 176 final
9. B.W. Ang, “Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?”, Energy Policy 2004 vol, 32
10. B.W. Ang, “LMDI decomposition approach: A guide for implementation”, Energy Policy 2015, vol, 86
11. Decarbonising European transport and heating fuels - Is the EU ETS the right tool?, ECF, Cambridge Econometrics, June 2020
12. Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych
13. H. Heinrichs , P. Jochem , W. Fichtner, “Including road transport in the EU ETS (European Emissions Trading System): A model-based analysis of the German electricity and transport sector”, Energy, 69 (2014)
14. Komunikat Komisji Europejskiej pn. „Europejski Zielony Ład”, COM(2019) 640 final
15. Komunikat Komisji Europejskiej pn. „Stepping up Europe’s 2030 climate ambition”, COM(2020) 562 final
16. Konkluzje w sprawie ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030, Rada Europejska, Bruksela, 23.10.2014 r.
17. P. Mock, U. Tietge, J. German, A. Bandivadekar, “Road transport in the EU Emissions Trading System: An engineering perspective”, The international council on clean transportation, 2014
18. Price effects of incorporation of transportation into EU ETS, CE DELFT, 2007
19. Tatarewicz, I., Lewarski, M., Skwierz, S.(2019). Scenarios of low-emission Energy sector for Poland and the EU until 2050, Institute of Environmental Protection - National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw. http://climatecake.pl/wp-content/uploads/2019/11/CAKE_energy-model_EU_low_emission_scenarios_paper_final.pdf
20. W. Rabiega, P. Sikora, J. Gąska, (2020) The TR³E Model, ver.1.0, Institute of Environmental Protection - National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw, http://climatecake.pl/wp-content/uploads/2020/05/CAKE_TR3E_documentation.pdf
21. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r. przyczyniających się do działań na rzecz klimatu w celu wywiązania się z zobowiązań wynikających z Porozumienia paryskiego oraz zmieniające rozporządzenie (UE) nr 525/2013
22. S. Paltsev, H. Chen, V. Karplus, P. Kishimoto, J. Reilly, “Impacts of CO₂ Mandates for New Cars in the European Union”, MIT Report no. 281, 2015

Załącznik I: Zestawienie wyników wg scenariuszy

Zestawienie wyników dla poszczególnych scenariuszy dla Polski dla 2030 i 2050 r.

(poziomy emisji i zmiany poziomów dotyczą sektora transportu, nie uwzględniają emisji z wytwarzania energii elektrycznej)

	2030				2050			
	Bazowy	ETSeq	TechPro	ProETSeq	Bazowy	ETSeq	TechPro	ProETSeq
% elektrycznych samochod. os.	3,9%	4,2%	6,1%	6,6%	22%	28%	49%	54%
Emisje transport drogowy (Mt CO ₂)	59,0	57,5	50,5	49,4	50,7	43,6	31,2	27,1
Emisje transport ogółem (Mt CO ₂)	63,0	61,4	53,3	52,3	58,1	51,4	34,7	30,9
Zmiana poziomu emisji CO ₂ względem 2015 r.- drogowy	+30%	+27%	+12%	+9%	+12%	-4%	-31%	-40%
Zmiana poziomu emisji CO ₂ względem 2015 r. – transport ogółem	+32%	+29%	+12%	+10%	+22%	+8%	-27%	-35%
Zmiana poziomu emisji CO ₂ względem 2005 r. – transport ogółem	+78%	+74%	+51%	+48%	+65%	+46%	-2%	-12%

Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE

Załącznik II: Charakterystyka modelu TR³E

Model TR³E jest modelem równowagi cząstkowej sektora transportu w Unii Europejskiej³¹. Model generuje wyniki dotyczące między innymi zmian aktywności transportowej, wyboru rodzaju pojazdu, oraz związane z tym odpowiednie emisje CO₂ w odniesieniu do danego scenariusza bazowego. Ponadto, pozwala na szczegółowe modelowanie dynamiki floty według grup wiekowych, biorąc pod uwagę różne poziomy złomowania w ramach floty samochodów. Model pozwala również na zróżnicowanie średniego przebiegu i średniego poziomu emisji CO₂ według wieku floty pojazdów. Model składa się z dwóch głównych modułów: pasażerskiego i towarowego. Obejmuje 4 główne obszary transportu: drogowy, kolejowy, lotniczy oraz żeglugę śródlądową i przybrzeżną towarów. Z geograficznego punktu widzenia TR³E obejmuje swoim zakresem 27 państw członkowskich UE-27 + WB. Dane historyczne do kalibracji modelu TR³E zostały zaczerpnięte z różnych źródeł. Najważniejszym z nich jest baza danych IDEES (*Integrated Database of the European Energy Sector*), Wspólnego Centrum Badawczego Komisji Europejskiej (JRC – Joint Research Centre). Baza IDEES zasila model danymi o strukturze floty, historycznych poziomach aktywności, stopie złomowania, itp. Drugim głównym źródłem danych jest baza TRACCS (przygotowana na zlecenie Komisji Europejskiej przez firmę Emisia), skąd pochodzą informacje dotyczące kosztów aktywności transportowej w poszczególnych państwach członkowskich UE. Rokiem bazowym w modelu TR³E jest rok 2015. Maksymalny horyzont czasowy zarówno dla scenariusza bazowego, jak i dla scenariuszy analitycznych to rok 2050.

W modelu TR³E scenariusz bazowy służy jako punkt odniesienia do porównania scenariuszy analitycznych, czyli scenariuszy gdzie wprowadzane są różnego rodzaju dodatkowe instrumenty ekonomiczne służące np. ograniczaniu emisji dwutlenku węgla, czy promowaniu transportu zbiorowego w stosunku do transportu indywidualnego. W scenariuszu bazowym wprowadzono założenia dotyczące rozwoju gospodarki, jak i szczegółowe wskaźniki, takie jak intensywność emisji CO₂, ceny różnych środków transportu oraz koszty paliwa. Wzrost aktywności transportowej zakładany w scenariuszu bazowym jest zgodny ze scenariuszem referencyjnym modelu PRIMES 2016. W przypadku średniego wzrostu PKB w Polsce w latach 2015-2050 wynosi 1,8% r/r, natomiast średni wzrost aktywności transportowej wynosi 1,4% r/r dla transportu osób i 1,6% r/r dla transportu towarów. Intensywność emisji w scenariuszu bazowym ustalono na tym samym poziomie, co w scenariuszu referencyjnym PRIMES 2016. Te same prognozy wzrostu aktywności przyjęte są zarówno dla scenariusza bazowego, jak i scenariuszy analitycznych.

³¹ W. Rabiega, P. Sikora, J. Gąska, (2020) The TR³EModel, ver.1.0, Institute of Environmental Protection -National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw. http://climatecake.pl/wp-content/uploads/2020/05/CAKE_TR3E_documentation.pdf

Scenariusz bazowy zakłada spadek emisji dwutlenku węgla. Spadek ten wynika zarówno z założonej poprawy średniej emisji na kilometr, jak i rosnącego udziału we flocie pojazdów z napędem elektrycznym i hybrydowym. W scenariuszu bazowym począwszy od 2015 r. emisje dwutlenku węgla rosną, osiągając maksymalny poziom w 2021 r. a następnie jest obserwowany nieznaczny spadek pod koniec analizowanego okresu (2050 r.). W Polsce redukcja emisji dwutlenku węgla w 2050 r. w porównaniu do 2015 r. wynosi -4% (45,6 Mt w 2050 r.).

W modelu TR³E wybór konsumenta pomiędzy różnymi środkami transportu wynika z poziomów cen poszczególnych środków transportu oraz relacji pomiędzy tymi cenami. W celu urzeczywistnienia kosztów dla użytkowników, wykorzystano koncepcję kosztu za przejazd 1 km danym środkiem transportu. W ramach tej koncepcji, moduł kosztowy w modelu uwzględnia następujące składowe:

- koszt paliwa na 1 km,
- koszt utrzymania pojazdu na 1 km,
- koszt zakupu nowego pojazdu na 1 km.

Poniższe równanie pokazuje dezagregację kosztu za przejazd 1 km na poszczególne części składowe:

$$CPM_{m,i,t} = P_{F_{m,i,t}} + P_{MAINT_{i,t}} \cdot \frac{VEH_{i,t}}{TOT_DEM_{i,t}} + P_{NV_{i,t}} \cdot \frac{N_VEH_{i,t}}{TOT_DEM_{i,t}}$$

gdzie:

CPM – koszt na km,

P_F – koszt paliwa na km,

P_{MAINT} – koszt utrzymania pojazdu na km,

P_{NV} – koszt zakupu nowego pojazdu,

VEH – liczba samochodów we flocie,

N_VEH – liczba nowych samochodów we flocie,

TOT_DEM – całkowita liczba km przejechanych przez pojazd

m – typ paliwa,

i – rodzaj technologii,

t – okres (rok).

Załącznik III: Dekompozycja LMDI

Metoda dekompozycji LMDI (ang. Logarithmic Mean Divisia Index) pozwala zdekomponować emisje CO₂ na następujące czynniki:

$$C = \sum_i C_i = \sum_i ACT \cdot \frac{ACT_i}{ACT} \cdot \frac{C_i}{ACT_i} = \sum_i ACT \cdot sh_i \cdot INT_i$$

gdzie:

C – emisje całkowite,

C_i – emisje ze środka transportu i ,

ACT – aktywność sektora transportowego (pasażerski, towarowy),

ACT_i – aktywność danego środka transportu i ,

$sh_i = \frac{ACT_i}{ACT}$ – udział aktywności i w aktywności całkowitej,

$INT_i = \frac{C_i}{ACT_i}$ – intensywność emisji aktywności i

i – rodzaj technologii (środka transportu).

Możemy zdekomponować zmiany emisji całkowitych w dwóch okresach 0 oraz t jako:

$$\begin{aligned} \Delta C &= C^t - C^0 = \sum_i C_i^t - \sum_i C_i^0 = \sum_i (C_i^t - C_i^0) \\ &= \sum_i \frac{C_i^t - C_i^0}{\ln C_i^t - \ln C_i^0} \cdot \ln \left(\frac{C_i^t}{C_i^0} \right) = \sum_i w_i \cdot \ln \left(\frac{C_i^t}{C_i^0} \right) = \sum_i w_i \cdot \ln \left(\frac{ACT^t \cdot sh_t^i \cdot INT_t^i}{ACT^0 \cdot sh_0^i \cdot INT_0^i} \right) \\ &= \sum_i w_i \cdot \left[\ln \left(\frac{ACT^t}{ACT^0} \right) + \ln \left(\frac{sh_t^i}{sh_0^i} \right) + \ln \left(\frac{INT_t^i}{INT_0^i} \right) \right] \\ &= \sum_i w_i \cdot \ln \left(\frac{ACT^t}{ACT^0} \right) + \sum_i w_i \cdot \ln \left(\frac{sh_t^i}{sh_0^i} \right) + \sum_i w_i \cdot \ln \left(\frac{INT_t^i}{INT_0^i} \right) \\ &= \Delta C_{aktywność} + \Delta C_{struktura} + \Delta C_{intensywność} \end{aligned}$$