

**Emil Król**

Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice

## EMISJA ZANIECZYSZCZEŃ POJAZDÓW Z NAPĘDEM ELEKTRYCZNYM

### ELECTRIC VEHICLES POLLUTION EMISSION

**Streszczenie:** W artykule omówiono podstawowe źródła emisji CO<sub>2</sub> oraz innych zanieczyszczeń powstających podczas spalania paliw wykorzystywanych w gospodarce polskiej. Omówiono emisję dwutlenku węgla oraz innych szkodliwych dla zdrowia ludzkiego zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery przez samochody z napędem elektrycznym oraz samochodów z napędem spalinowym. Porównano deklaracje producentów samochodów spalinowych dotyczące emisji dwutlenku węgla z realnymi badaniami oraz wyliczono emisje dwutlenku węgla dla samochodów z napędem elektrycznym. Opisano zalety i wady pojazdów z napędem elektrycznym ze szczególnym uwzględnieniem ich wpływu na zanieczyszczeniem powietrza w centrach miast.

**Abstract:** The article describes the main sources of carbon dioxide and other pollutants produced by combustion of fuel in the Polish economy. It discusses the emissions of carbon dioxide and other pollutions harmful to human health. The pollutions released into the atmosphere by electric cars and vehicles with combustion engine. Compared declarations of combustion car manufacturers on emissions of carbon dioxide from real research and calculated carbon dioxide emissions for electric cars. Describes the advantages and disadvantages of electric vehicles, with a particular focus on impact on air pollution in centers of cities.

**Słowa kluczowe:** *samochody elektryczne, pojazdy elektryczne, emisja zanieczyszczeń, emisja dwutlenku węgla*  
**Keywords:** *electric cars, electric vehicle, emissions, carbon dioxide emissions*

### 1. Wstęp

W obecnym czasie coraz istotniejszą kwestią stają się zanieczyszczenia powietrza emitowane przez samochody z różnymi typami napędu. Skutki zanieczyszczenia powietrza są najbardziej odczuwalne w centrach miast, gdzie zanieczyszczenia komunalne sumują się z zanieczyszczeniami transportowymi. Władze państw starają się wprowadzać coraz bardziej restrykcyjne normy emisji, a producenci samochodów starają się sprostać tym normom. W wielu polskich miastach planowane są zaostrzenia norm lub nawet całkowite zakazy wjazdu do centrów miast pojazdami z napędem spalinowym lub silnikiem niespełniającym najnowszych norm emisji spalin. Żaden z zakazów ruchu w centrach miast dotyczących emisji zanieczyszczeń nie dotyczy samochodów i innych pojazdów z napędem elektrycznym, gdyż te pojazdy nie emitują zanieczyszczeń powietrza w miejscu użytkowania. Zgodnie z krajowym raportem inwentaryzacyjnym z 2014r [7] wykonanym przez KOBIZE głównym źródłem emisji CO<sub>2</sub> w Polsce jest spalanie paliw. Udział tej podkategorii stanowił 93,0% w całkowitej emisji CO<sub>2</sub> w roku 2012. Udziały głównych podkategorii kategorii są następujące: przemysł energetyczny – 52,6%, przemysł wytwórczy

i budownictwo – 9,5%, transport – 14,4% oraz inne sektory – 16,5%. Dwutlenek węgla jest traktowany jako wyznacznik emisji zanieczyszczeń i jest postrzegany jako trucizna, a tak w praktyce nie jest. Dwutlenek węgla jest gazem cieplarnianym, jednak podczas spalania wytwarza się także wiele innych szkodliwych substancji. Dwutlenek węgla jest bezwonny i bezbarwnym gazem, który każdy z nas wydycha i spożywa w wodzie gazowanej. Dwutlenek węgla powstaje podczas spalania węgla i węglowodorów, jego ilość w rzeczywistości mówi o ilości paliwa, które zostało spalane. O wiele bardziej istotne są pozostałe składniki spalania, które wydostają się z rur wydechowych pojazdów oraz kominów elektrowni i elektrociepłowni.

### 2. Historia pojazdów z napędem elektrycznym

Pierwsze pojazdy samochodowe zostały zaprojektowane i wykonane w latach 30-tych dziewiętnastego wieku [3]. W tym okresie nie znano jeszcze silników spalinowych, pierwsze wersje silników, które obecnie znamy, zostały wynalezione dopiero kilkadziesiąt lat później [4]. Wszystkie pojazdy samochodowe produkowane

w tamtym okresie były wyposażone w prosty silnik elektryczny i ogniwa Volty. Po wynalezieniu ogniwa kwasowo-ołowiowego 1859 r. przez Gastona Planté, pojazdy elektryczne zaczęto wyposażać w akumulatory składające się z tych ogniw. Do końca dziewiętnastego wieku, pojazdy elektryczne były wiele rekordów prędkości i długości przebytych tras. Po wynalezieniu silnika spalinowego wyparł on silniki elektryczne z samochodów, przyczyną zastąpienia silników elektrycznych spalinowymi był większy zasięg oraz możliwość szybkiego uzupełnienia zbiornika z paliwem. Do znacznej popularyzacji samochodów z napędem spalinowym przyczynił się Ford T, który był masowo produkowany, co czyniło go relatywnie tanim. Ciągły rozwój pojazdów z silnikami spalinowymi spowodował, iż stały się one tańsze, powszechnie dostępne, bardziej praktyczne i komfortowe, niż ich elektryczni konkurenci. Napędy elektryczne w samochodach zostały zmarginalizowane i żaden z dużych producentów samochodów nie produkował samochodu elektrycznego powszechnie dostępnego przez kolejne 80 lat. Zalety napędu elektrycznego ponownie wykorzystano dopiero w latach 90-tych XX wieku w napędach hybrydowych i na początku XXI w napędach całkowicie elektrycznych zasilanych z nowoczesnych akumulatorów litowo-jonowych. Obecne samochody z napędem elektrycznym z roku na rok zyskują coraz większy udział w rynku, związane to jest niewątpliwie z ich zaletami tj.:

- wysoką sprawnością przetwarzania energii elektrycznej na mechaniczną;
  - niskimi kosztami eksploatacji;
  - niskim hałasem;
  - wysoką dynamiką pojazdu szczególnie przy niskich prędkościach pojazdu;
  - relatywnie niskim kosztem energii elektrycznej;
  - braku zależności od cen ropy naftowej;
  - brakiem emisji zanieczyszczeń w miejscu użytkowania;
  - prostą konstrukcją;
  - możliwością odzyskiwania energii przy redukcji prędkości lub hamowaniu;
- Do największych wad wszystkich pojazdów z napędem elektrycznym możemy zaliczyć:
- cenę pojazdu (zazwyczaj wyższa ze względu na cenę zasobnika energii);
  - mały zasięg pojazdu (w porównaniu do pojazdów spalinowych);
  - czas ładowania zasobnika energii;

- ograniczona liczba ładowań zasobnika energii;
- brak dużej ilości punktów ładowania.

W dalszym ciągu główną przyczyną małej popularności samochodów z napędami elektrycznymi w samochodach jest brak odpowiednich zasobników energii (akumulator) oraz ich wysoka cena. Stale zmniejszające się zasoby paliw kopalnych oraz duża zmienność ich cen wywołana np. sytuacją międzynarodową, powoduje, że zarówno koncerny produkujące samochody osobowe, jak i mniejsze firmy stale pracują nad opracowaniem nowoczesnych zasobników energii mogących zastąpić paliwo płynne. Zwiększająca się liczba użytkowników zarówno samochodów osobowych, jak innych pojazdów z napędem elektrycznym będzie powodowała systematyczny wzrost punktów ładowania z równoczesnym skróceniem czasu ładowania zasobników energii. Obecnie stosowane akumulatory litowo-jonowe lub litowo-polimerowe pozwalają na szybkie ładowanie (80% pojemności w ciągu 15min). Aby szybkie ładowanie było możliwe potrzeba zbudować kosztowną infrastrukturę (sieć stacji ładowania).

### 3. Emisja dwutlenku węgla oraz innych zanieczyszczeń przez samochody z silnikami spalinowymi

Powszechnie stosowane w samochodach paliwa konwencjonalne wpływają bardzo niekorzystnie na stan środowiska. Ich spalanie powoduje w skali roku wprowadzenie do atmosfery wielu tysięcy ton CO<sub>2</sub> oraz innych szkodliwych substancji. Ponadto, istnieje potencjalne ryzyko zanieczyszczenia gruntów i wód, związane ze składowaniem i przechowywaniem paliw płynnych. Unia Europejska stara się wprowadzać określone wymogi ograniczające zanieczyszczenie środowiska. Zgodnie z Normą Euro 6 obowiązującą dla nowych samochodów od września 2015 r., nie mogą one emitować więcej niż 120 g, CO<sub>2</sub> (średnio) [9] na jeden przejechany kilometr. Przy czym zakłada się ograniczenie emisji z samych silników do 130 g CO<sub>2</sub> km, a pozostałe 10 gramów ma zostać oszczędzone dzięki doskonaleniu innych części samochodu i większemu użyciu biopaliw [9]. Powyższy poziom emisji CO<sub>2</sub> przekłada się na średnie zużycie paliwa nie większe niż 5,6 l na 100 km. Ograniczenie ilości zużycia paliwa oraz ograniczenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń wiąże się ze znacznym skomplikowaniem konstrukcji silników samochodów spalinowych. Producenci samochodów spalino-

wych do perfekcji opanowali sztukę ograniczania emisji CO<sub>2</sub> oraz zanieczyszczeń podczas testów laboratoryjnych wg NEDC. Według danych zebranych przez International Council of Clean Transportation (ICCT) [8] z ponad pół miliona pojazdów z napędem spalinowym, wynika, że średnia rozbieżność emisji CO<sub>2</sub> między danymi wynikającymi z homologacji i testów drogowych wynosiła około 8 % w 2001 roku do około 38 % w 2013r [8]. Rzeczywiste drogowe zużycie paliwa jest około 38 % wyższe niż deklarują to producenci samochodów. Rozbieżność pomiędzy rzeczywistą emisją, a deklarowaną przez producentów samochodów z roku na rok robi się coraz większa [8]. Jeszcze większych różnic należy się spodziewać między deklarowaną a rzeczywistą emisją toksycznych związków zawartych w spalinach. Z opublikowanych badań przeprowadzonych na zlecenie Krajowego Urzędu ds. Środowiska, Pomiarów i Ochrony Przyrody Badenii-Wirtembergii, wynika, że nowoczesne diesle, spełniające najnowszą normę Euro 6 w warunkach drogowych emitują średnio 8,5 razy więcej tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), niż dopuszcza to norma. Tlenki azotu, w przeciwieństwie do CO<sub>2</sub>, stanowią realne zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi. Tlenki azotu swym szkodliwym działaniem nie ustępują tlenkom siarki. Na podstawie badań na zwierzętach stwierdzono, że toksyczność NO<sub>2</sub> jest cztery razy większa od toksyczności NO. Jednak ograniczenie ich ilości w spalinach powoduje ograniczenie sprawności silnika, co jest z kolei niekorzystne z punktu widzenia kierowców i producentów samochodów. Tlenki azotu powstają, gdy spala się paliwo przy bardzo wysokich temperaturach i ciśnieniu, co z kolei sprzyja poprawie sprawności, a w przypadku diesli sprzyja niższej emisji cząstek stałych również uważanych za bardzo niebezpieczne dla zdrowia i życia ludzkiego. W Polsce w 2013r. zgodnie z raportem [12] wyemitowano do atmosfery 798 233,4 ton NO<sub>x</sub>, z czego na transport przypada 32%, a procesy spalania w sektorze produkcji i transformacji energii emitują 30,5 %. Silniki spalinowe stosowane w samochodach muszą spełniać, przynajmniej w laboratorium coraz ostrzejsze normy emisji spalin, obecnie obowiązująca norma emisji to Euro 6, jednak norma ta dotyczy tylko nowych samochodów, a po drogach jeździ bardzo dużo starszych pojazdów, które nie spełniają już jakichkolwiek norm emisyjności spalin. Należy również zaznaczyć, że paliwa płynne są przy-

czyną emisji zanieczyszczeń i gazów podczas ich przechowywania, magazynowania i transportu.

#### 4. Emisja dwutlenku węgla przez samochody elektryczne

Ze względu na wykorzystanie wyłącznie silnika elektrycznego, praca napędu w samochodzie elektrycznym charakteryzuje się dużą czystością ekologiczną. Zredukowana jest do zera emisja szkodliwych spalin i CO<sub>2</sub> do atmosfery w miejscu użytkowania pojazdu, zostaje zmniejszone zapylenie ze ścierających się klocków i okładzin hamulcowych oraz zdecydowanie ograniczony jest hałas generowany przez napęd. Ogólna emisja CO<sub>2</sub> oraz zanieczyszczeń pojazdu ogranicza się do emisji CO<sub>2</sub> oraz zanieczyszczeń źródła energii elektrycznej. W przypadku wykorzystywania czystej energii elektrycznej pochodzącej z odnawialnych źródeł energii lub biogazu emisja wynosi 0. W Polsce energia elektryczna w głównej mierze pochodzi ze spalania węgla. Referencyjny wskaźnik jednostkowej emisyjności dwutlenku węgla przy produkcji energii elektrycznej wynosi 812 kg CO<sub>2</sub>/MWh. Jest on podawany przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Przy wyznaczaniu tego wskaźnika spalanie biomasy zostało pominięte. Podczas produkcji energii elektrycznej powstają również inne zanieczyszczenia, jednak z uwagi na dobrze kontrolowany proces spalania paliwa w elektrowniach emisja tych zanieczyszczeń jest na znacznie niższym poziomie, niż w przypadku silników spalinowych. Dodatkowo na podstawie całkowitej emisji NO<sub>x</sub> stwierdzono [10], że średni czas utrzymywania się NO<sub>2</sub> w atmosferze powinien wynosić około trzech dni, zaś NO czterech dni. Tlenki azotu są usuwane z powietrza atmosferycznego poprzez procesy-reakcje fotochemiczne. W rezultacie końcowym produktem przemian NO<sub>x</sub> jest kwas azotowy usuwany z atmosfery pod postacią soli przez opady deszczu lub wraz z pyłami [10]. W związku z tym, że emisja NO<sub>x</sub> przez napędy elektryczne jest przeniesiona do elektrowni i zwykle jest znacznie oddalona od miast, to ma niewielki wpływ na zdrowie i komfort życia mieszkańców. Należy również wziąć pod uwagę, że zgodnie z raportem rządowym [11] około 30% wyprodukowanej w Polsce energii elektrycznej, to są potrzeby własne energetyki oraz straty w przesyłach i dystrybucji. Tak duże potrzeby własne negatywnie oddziałują na emisję

CO<sub>2</sub> i zanieczyszczeń przypadającą na jedną wyprodukowaną kWh energii.

### 5. Porównanie emisji pojazdów z napędem spalinowym oraz z napędem elektrycznym

Do porównania wybrano samochód osobowy Fiat Panda III, który jest wynikiem zrealizowanego przez KOMEL projektu badawczo-rozwojowego pt. „Bezemisijny napęd elektryczny nowej generacji (E-Kit) do samochodów osobowych i dostawczych o masie całkowitej do 3.5 t.”



Rys. 1. Samochód Fiat Panda III zelektryfikowany w zestawie E-Kit

Wyniki badań na hamowni [2] oraz wyniki badań terenowych [1], [5] z napędem elektrycznym przedstawiono w tabeli 1. Na rys. 1 widoczny jest omawiany pojazd.

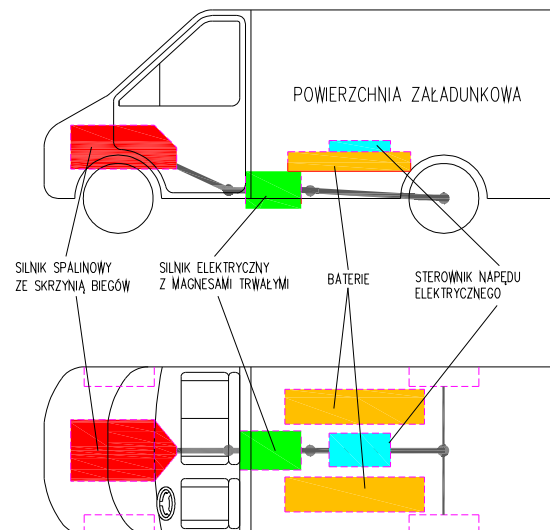
Wyniki zużycia paliwa zaczerpnięto z danych katalogowych producenta samochodu, a następnie urealniono zgodnie z wynikami badań International Council of Clean Transportation [8]. Następnie z określonego zużycia paliwa lub energii elektrycznej wyliczono emisje CO<sub>2</sub>.

Jako drugi pojazd do porównania emisji CO<sub>2</sub> wybrano samochód dostawczy Honker Cargo (dawniej DZT Pasagon) (Rys 2), z napędem spalinowo-elektrycznym, w którym oprócz tradycyjnego silnika spalinowego zamontowano nowoczesny napęd elektryczny [6] (Rys. 3.)



Rys. 2. Pojazd dostawczy Honker Cargo z napędem hybrydowym bimodalnym

Testy drogowe były wykonane na tej samej trasie, w tym samym dniu, z użyciem napędu spalinowego, a później z użyciem napędu elektrycznego. Pojazd obciążono ładunkiem około 1000 kg [6]. Honker Cargo został zbudowany tak (Rys.3.) , aby silnik spalinowy można było wykorzystywać do przejazdów na dłuższych odcinkach poza miastami lub poza terenami zabudowanymi, natomiast na obszarach miejskich rolę głównego napędu powinien stanowić silnik elektryczny. O wyborze typu napędu decyduje kierowca.



Rys. 3. Rozmieszczenie elementów napędu hybrydowego bimodalnego

Tabela 1. Wyniki emisji CO<sub>2</sub> dla napędu spalinowego i elektrycznego Fiata Pandy III

Fiat Panda III			
	l/100km	kWh / 100 km	Emisja CO <sub>2</sub> /100 km [kg]
Napęd spalinowy -Deklarowane przez producenta zużycie paliwa (silnik 1.2L 69HP, tryb mieszany)	5,2	---	12,0
Napęd spalinowy - Realne zużycie paliwa (silnik 1.2L 69HP, tryb mieszany)	7,17	--	16,56
Napęd spalinowy -Deklarowane przez producenta zużycie paliwa (silnik 1.2L 69HP, tryb miejski)	6,7	---	15,46
Napęd spalinowy - Realne zużycie paliwa (silnik 1.2L 69HP, tryb miejski)	9,2		21,33
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej test NEDC	--	14,56	11,82
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej na hamowni dla 50 km/h	---	8,90	7,22
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej na hamowni dla 70 km/h	---	12,8	10,39
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej na hamowni dla 90 km/h	--	15,97	12,97
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej test drogowy (ruch miejski)	---	10,26	8,33
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej test drogowy (trasa mieszana v do 70 km/h)	---	10,64	8,63
Zużycie energii elektrycznej test drogowy (trasa mieszana v do 90 km/h)	--	12,84	10,42

Przedstawione powyżej emisje CO<sub>2</sub> dla napędów spalinowych nie uwzględniają emisji zanieczyszczeń oraz CO<sub>2</sub> powstałych podczas produkcji paliwa płynnego. W związku z tym całkowita emisja samochodów wyposażonych w napęd spalinowy będzie jeszcze większa.

Tabela 2. Wyniki emisji CO<sub>2</sub> dla napędu spalinowego i elektrycznego Honker Cargo

Honker Cargo (hybryda bimodalna)			
	l/100km	kWh / 100 km	Emisja CO <sub>2</sub> /100 km [kg]
Napęd spalinowy – test drogowy zużycie paliwa (ruch miejski)	14	---	32,3
Napęd elektryczny - Zużycie energii elektrycznej test drogowy (ruch miejski)	---	31,44	25,52

W emisjach samochodów z napędem elektrycznym uwzględniona jest całkowita emisja dwutlenku węgla oraz pochodnych zanieczyszczeń. Pomimo powyższych założeń Fiat Panda III z napędem elektrycznym w mieście emituje poprzez "komin elektrowni" ponad 2,5 razy mniej dwutlenku węgla niż ten sam samochód w miejscu użytkowania z napędem spalinowym.

## 6. Podsumowanie

Zastosowanie napędu elektrycznego w samochodach elektrycznych przynosi znaczące korzyści ze względu na to, że całkowite emisje zostają przeniesione poza obszary o największym zaludnieniu. W obszarach o największym zaludnieniu i centrach miast zredukowana jest do zera emisja szkodliwych spalin i CO<sub>2</sub> do atmosfery, używanie napędu elektrycznego pozwala również odzyskiwać energię podczas zwalniania i hamowania, co dodatkowo korzystnie wpływa na zmniejszenie ilości pyłów pochodzących ze ścierających się klocków i okładzin hamulcowych. Napęd elektryczny przyczynia się również do zmniejszenia hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji znacząco podnosi komfort życia. W przypadku wykorzystywania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł o niskiej emisji lub z odnawialnych źródeł energii emisja dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne może być równa zero. Kolejnym elementem zmniejszenia emisji samochodów, szczególnie dostawczych jest zastosowanie napędu hybrydowego. Pojazdy dostawcze zajmujące się zaopatrzeniem większość czasu jeżdżą w mieście, jest to idealne środowisko pracy dla napędu elektrycznego, poza miastem mogłyby używać napędu spalinowego. Samochody z napędem elektrycznym to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji. Jest to szcze-

gólnie odczuwalne w przypadku samochodów dostawczych, gdzie koszt energii elektrycznej potrzebnej do przejechania 100 km w ruchu miejskim wynosi około 12 zł. Znaczne oszczędności ekonomiczne wynikające z zastosowania napędu elektrycznego gwarantują zwrot dość wysokich nakładów poniesionych na jego zakup. Pojazdy z napędami elektrycznymi i hybrydowymi będą coraz częściej spotykane na naszych drogach, obecnie jest to nadal droga technologia, determinowana przez cenę akumulatorów, jednak rynek szybko się rozwija i ceny pojazdów elektrycznych oraz hybrydowych będą sukcesywnie się obniżać.

## 7. Literatura

- [1]. Rossa R.: „Badania eksploatacyjne samochodu osobowego zelektryfikowanego zestawem E-Kit”. *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 2/2014 (102), str. 151-155.
- [2]. Król E, Rossa R.: „Badanie napędu elektrycznego e-Kit w małym Samochodzie osobowym w aspekcie zwiększenia zasięgu jazdy”. *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 2/2015, str. 257-261.
- [3]. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Pojazd\\_elektryczny](https://pl.wikipedia.org/wiki/Pojazd_elektryczny).
- [4]. [https://pl.wikipedia.org/wiki/Silnik\\_dwusuwoowy](https://pl.wikipedia.org/wiki/Silnik_dwusuwoowy).
- [5]. Rossa R., Będkowski B., Bernatt J., Meinicke T.: “Badania eksploatacyjne miejskiego samochodu dostawczego z napędem elektrycznym E-Kit”, *Logistyka*, nr 6/2014.
- [6]. Król E, Skęczek W.: „Autobus miejski z napędem spalinowo-elektrycznym wyniki badań drogowych”, *Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe*, nr 1/2015, str. 163-168.
- [7]. KOBIZE - Krajowy raport inwentaryzacyjny 2014 Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2012.
- [8]. [<http://www.theicct.org/laboratory-road-2015-update>].
- [9]. Rozporządzenie parlamentu europejskiego i rady (we) nr 443/2009 z dnia 23 kwietnia 2009 r. określające normy emisji dla nowych samochodów osobowych w ramach zintegrowanego podejścia Wspólnoty na rzecz zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> z lekkich pojazdów dostawczych.
- [10]. Waldemar Muskała.: „Tworzenie i destrukcja tlenków azotu w procesach energetycznego spalania paliw”. Projekt „Plan Rozwoju Politechniki Częstochowskiej”.
- [11]. Projekt VI raportu rządowego oraz raportu dwuletniego dla Konferencji Stron Ramowej konferencji NZ w sprawie zmian klimatu - Projekt raportu przygotowany przez IOŚ-PIB na podstawie informacji dostarczonych przez Ministerstwa i KO-

BiZE oraz ekspertyz IMGW-PIB i dr Anny Kalinowskiej.

[12]. Krajowy bilans emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO. W układzie klasyfikacji SNAP i NFR. Raport podstawowy Warszawa, 2015. Raport opracowany przez: Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy.

## Autor

mgr inż. Emil Król  
Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych  
KOMEL  
40-203 Katowice, al. Roździeńskiego 188