

Józef FLIZIKOWSKI, Andrzej TOMPOROWSKI, Marek ANTCZAK

e-mail: fliz@utp.edu.pl

Instytut Techniki Wytwarzania, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

## Energia odnawialna i emisje w transporcie

### Wprowadzenie

Zgodnie z istniejącymi ocenami [Rezolucja PE, 2012; Global Energy Statistical Yearbook, 2012] nie jesteśmy blisko realizacji celu, jakim jest poprawa efektywności energetycznej oraz zmniejszenie zużycia energii i emisji o 20% w stosunku do prognoz na 2020 r. Również nie jest najlepiej (Tab. 1) z 10% udziałem biopaliw w transporcie (5,45% w 2012 r.), czy z 20% udziałem odnawialnych źródeł energii (8,87% w 2012 r.) w energetyce stacjonarnej [Bielński i Flizikowski, 2013; Flizikowski i Bielński, 2013; Flizikowski, 2013].

Tab. 1. Odnawialne źródła energii (OZE) w energetyce stacjonarnej i transporcie w Polsce [Flizikowski, 2013]

Rodzaj źródła OZE	Energia odnawialna 2012, MWh	Udział% w OZE <sub>e</sub>
OZE i biopaliwa	24 431 509,665	100,0
Współspalanie (biomasa/węgiel)	5 754 955,293	41,3
Elektrownie wiatrowe	4 524 473,670	34,5
Elektrownie wodne	2 031 544,902	14,4
Elektrownie na biomasę	1 097 718,577	7,9
Elektrownie na biogaz	528 099,178	3,8
Fotowoltaika	1 136,802	0,008
Łącznie OZE elektrownie	13 937 928,422	57,0
Biopaliwa w transporcie drogowym (TD)		
Biodiesel	8 807 137,132	83,9
Bioetanol	1 686 444,111	16,1
Łącznie biopaliwa (TD)	10 493 581,243	43,0

Jest pilna potrzeba działania, zwiększenia motywacji, ambicji i silniejsze zaangażowanie na rzecz osiągnięcia celów na rok 2020, a przede wszystkim wyjścia poza horyzont roku 2020 przez projektowanie odpowiednich oszczędności, modernizacji, optymalizacji, innowacji i realizację znaczących inwestycji.

Celem pracy jest ocena energetyki odnawialnej i emisji w transporcie.

### Rozwój energetyki odnawialnej

Strategie na rzecz rozwoju energetyki odnawialnych źródeł energii i emisji w transporcie drogowym (TD) i każdym innym (Tab. 1 i 2) są kluczem do dalszego zmniejszenia emisji, w tym dwutlenku węgla. Konieczne jest zwiększenie zasobów i środków w celu uruchomienia nowych źródeł finansowania na poziomie europejskim i krajowym, w tym za pomocą nowych instrumentów finansowania, również inwestycji prywatnych, np. przydomowe, samochodowe wytwornice biogazu, w celu przezwyciężenia obecnych ograniczeń budżetowych w sektorze publicznym.

Tab. 2. Udział procentowy zużycia energii w bilansie wydatków rodziny [Badania własne]

Rodzaj zużywanej energii	Udział% w zużyciu ogólnym
Ogrzewanie pomieszczeń (co)	53,0
Paliwa samochodowe	31,0
Podgrzewanie wody (cwu)	8,0
Sprzęt AGD, RTV	6,9
Oświetlenie	1,1

**Współczynnik udziału energii elektrycznej z odnawialnych źródeł**  $k_{EoZ}$  dla Polski w 2012 r. oszacowano jako [Bielński i Flizikowski, 2013; Flizikowski, 2013]:

$$k_{EoZ} = \frac{E_{oZ}}{E_o} = \frac{13938}{157013} \left[ \frac{\text{GWh}}{\text{GWh}} \right] = 0,0887$$

$$k_{EoZ} = \frac{E_{oZ}}{E_o} = 8,87\%$$

gdzie:

$E_{oZ}$  – ilość energii z odnawialnych źródeł, [GWh]

$E_o$  – ilość energii zużytej ogółem w KSE PL, [GWh]

**Współczynnik udziału biopaliw w transporcie drogowym (TD)**  $k_{bio}$  w 2012 r., oszacowano jako:

$$k_{bio} = \frac{E_{bio}}{E_o} = \frac{0,899641}{16,5} \left[ \frac{\text{Mtoe}}{\text{Mtoe}} \right] = 0,05452$$

$$k_{bio} = \frac{E_{bio}}{E_o} = 5,45\%$$

gdzie

1 Mtoe = 1 mln ton oleju ekwiwalentnego =  $42 \cdot 10^{15}$  J

$E_{bio}$  – ilość energii z biopaliw, [Mtoe]

$E_o$  – ilość energii zużytej ogółem w TD PL, [Mtoe]

Należy ubolewać nad brakiem środków służących zidentyfikowaniu negatywnego, pod względem kosztów, potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych w ramach efektywności energetycznej i efektywnego użytkowania zasobów oraz nad opóźnianiem prac prowadzonych w ramach dyrektywy dotyczącej ekoprojektu [Dyrektywa PE 2009/125/WE; Dyrektywa PE 2012/27/UE; Ekoprojekt, 2014] w celu rygorystycznego stosowania zasady najmniejszych kosztów cyklu życia lub wdrożenia środków ustalonych na poziomie najbardziej skutecznych rozwiązań, a także ustalenia wymogów dla produktów i usług nieelektrycznych.

### Emisje w transporcie

Strategicznie ważny jest plan działania na rzecz wprowadzenia konkurencyjnej i niskoemisyjnej gospodarki biopaliw do 2050 r. wraz z jego kursem orientacyjnym, poszczególnymi etapami redukcji emisji o 40, 60 i 80% odpowiednio do roku 2030, 2040 i 2050, a także zakresami etapów w poszczególnych sektorach, jako podstawę do przedstawiania wniosków w zakresie energetyki odnawialnej i emisji w transporcie.

Rezolucja Parlamentu Europejskiego [2012] wzywa do zwiększenia udziału biopaliw, do większej spójności między wspólnotowymi programami i strategiami politycznymi, aby osiągnąć cele planu działania oraz zapewnić całkowite uwzględnienie jego priorytetów w nowych wieloletnich ramach finansowych na lata 2014–2020.

Zwiększenie efektywności energetycznej o 20% pozwoliłoby UE na zmniejszenie własnych emisji CO<sub>2</sub> o 25% lub więcej do 2020 r., a takie zmniejszenie byłoby nadal opłacalne w dążeniu do osiągnięcia długoterminowego celu zmniejszenia do roku 2050 emisji gazów cieplarnianych o 80÷95% w stosunku do poziomów emisji z roku 1990. Mniej ambitne założenia spowodowałyby znacznie wyższe koszty w całym okresie.

Ogólnosiwiatowy rozwój i wdrażanie niskoemisyjnych technologii (np. Tab. 3) znacznie przyspiesza swoje tempo, a ze względu na przyszłą konkurencyjność Europy niezbędne jest zwiększenie poziomu inwestycji w badania, rozwój i zastosowania związane z tymi technologiami.

Państwa członkowskie powinny podejmować działania mające na celu propagowanie w UE ekologicznego rozwoju i produkcji w zakresie zarówno OZE, jak i nowych, innowacyjnych technologii, które są niezbędne do osiągnięcia ambitnych celów związanych z ograniczeniem emisji w transporcie.

Tab. 3. Ogólna emisja gazów cieplarnianych z biopaliw jako ekwiwalent CO<sub>2</sub> [g/kWh<sub>wejścia</sub>] [Öko-Institut (Institute for Applied Ecology), Freiburg, Deutschland]

Paliwo stosowane w samochodzie osobowym (stan 2010 r.)	Emisje, jako ekwiwalent CO <sub>2</sub> [g/kWh <sub>wejścia</sub> ]	Paliwo stosowane w samochodzie osobowym (stan 2010 r.)	Emisje, jako ekwiwalent CO <sub>2</sub> [g/kWh <sub>wejścia</sub> ]
Diesel, ON (wzorzec)	291	Benzyna E95 (wzorzec)	316 (1,09x1)
Diesel palmowy** bezpośrednia zmiana upraw	46	Etanol ze słomy	24
BtL Diesel (2030)*** bez zmian upraw	50	BioCNG**** z gnojowicy	86
Diesel palmowy** z niebezpośrednią zmianą upraw	112	Etanol z trzciny cukrowej (Brazylia) bez zmian upraw	111
BtL Diesel (2030)*** z niebezpośrednimi zmianami w rolnictwie	130	Etanol z pszenicy bez zmian upraw	138
Biodiesel* bez zmian upraw	144	Etanol z trzciny cukr. (Brazylia) ze zmianami upraw	161
Diesel palmowy** bez zmian upraw	157	BioCNG**** z kukurydzy bez zmian upraw	184
Biodiesel* ze zmianami w rolnictwie	265	BioCNG**** z kukurydzy ze zmianami upraw	248
Diesel palmowy** ze zmianami w lasach deszczowych	771	Etanol z trzciny cukrowej (Brazylia) ze zmianami na sawannie	439

Ekwiwalent CO<sub>2</sub> – ogólna emisja gazów cieplarnianych, bezpośrednia emisja CO<sub>2</sub> paliwa alternatywnego, z uwzględnieniem mocy na wejściu silnika, niezależnie od efektywności, sprawności silnika;

Biodiesel\* – metyloester oleju rzepakowego;

Diesel palmowy\*\* – metyloester oleju palmowego;

BtL Diesel\*\*\* – płynna biomasa;

BioCNG\*\*\*\* – sprężony biogaz

Zakładając, że:

– Zaoszczędzenie 1 GWh energii cieplnej to zmniejszenie o 311,7 Mg emisji CO<sub>2</sub> lub 137 kg/GJ;

– Zaoszczędzenie 1 GWh energii elektrycznej to zmniejszenie o 960,2 Mg emisji CO<sub>2</sub> (aż 3,08-krotnie) lub 355 kg/GJ;

można zaproponować metodykę oceny rozwoju zastosowań niskoemisyjnych paliw w transporcie. I tak dla zastąpienia oleju napędowego (ON) biodieslem palmowym (Tab. 3), uzyskuje się ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> o 245 g/kWh<sub>wejścia</sub> i korzyści finansowe w postaci 58,95 zł/MWh PA (paliwa alternatywnego) dla silnika jako maszyny cieplnej:

Korzyść ekw. CO<sub>2</sub> =

$$= \frac{\text{Diesel ekw. CO}_2 - \text{Alter. ekw. CO}_2}{\text{Energ. ciepl. ekw. CO}_2} (\text{OXEX\_A: } 3,08)$$

gdzie

Alter. ekw CO<sub>2</sub> – ekwiwalent emisji CO<sub>2</sub> dla paliwa alternatywnego, MWh wejścia;

Diesel ekw CO<sub>2</sub> – ekwiwalent emisji CO<sub>2</sub> dla diesla, MWh wejścia;

Energ. ciepl. ekw CO<sub>2</sub> – ekwiwalent emisji CO<sub>2</sub> dla zastąpienia energii cieplnej energią OZE, MWh wejścia;

Korzyść ekw. CO<sub>2</sub> – korzyść z obniżenia emisji CO<sub>2</sub> z tytułu zastosowania paliwa alternatywnego dla diesla, zł;

OZEX\_A – cena średnia ważona świadectw pochodzenia energii odnawialnej, zł/MWh

Przykład:

Diesel palmowy\*\* zamiast ON

$$\text{Korzyść ekw. CO}_2 \frac{291 - 46}{311,7} (232: 3,08) = 58,95 \text{ zł/MWh PA}$$

Pozostaje do ustalenia odpowiedź na pytanie strategiczne (np. wg Tab. 3): Jak traktować, oceniać i planować oszczędzanie energii i ograniczać emisje w transporcie drogowym?

## Dyskusja i podsumowanie

Łączny poziom emisji obejmujący źródła stacjonarne (produkcja, usługi) i mobilne (ogólnie transport) ma decydujące znaczenie dla klimatu. Nawet w przypadku osiągnięcia celów redukcji na poziomie 30% w 2020 r., 55% w 2030 r., 75% w 2040 r. i 90% w 2050 r. UE wciąż

odpowiadałaby za około dwukrotnie większą emisję, niż wynosiłby jej udział na mieszkańca w globalnym budżecie klimatycznym, pozwalającym na osiągnięcie celu 2°C oraz opóźnianie redukcji emisji, które znacznie zwiększa udział łączny.

Pewnym rozwiązaniem strategicznym jest utworzenie jednolitego europejskiego obszaru transportu, który umożliwi ograniczenie do 2050 r. emisji gazów cieplarnianych pochodzących z transportu o 60% w porównaniu z poziomami emisji w UE z 1990 r. Konieczne jest zaproponowanie tymczasowych celów redukcji emisji dla sektora transportu drogowego, szynowego, lotniczego, morskiego tak, by zapewnić podjęcie wystarczających działań dzisiaj, na wczesnym etapie.

Powinna wzrosnąć rola i znaczenie badań dla rozwoju niskoemisyjnych i energooszczędnych technologii stacjonarnych, transportowych i życia codziennego.

UE powinna przejąć przewodnią rolę w badaniach systemów technicznych przyjaznych środowisku i energooszczędnych technologii oraz prowadzić bliską współpracę naukową z międzynarodowymi partnerami, ze szczególnym uwzględnieniem badań nad czystymi i zrównoważonymi technologiami [Rezolucja PE, 2012], które umożliwią osiągnięcie celów strategicznego planu do 2020 r. w dziedzinie technologii energetycznych EPSTE (Europejski Plan Strategiczny w dziedzinie Technologii Energetycznych), szczególnie w dziedzinie technologii niskoemisyjnych [EPSTE, 2007].

Konieczne jest zwiększenie funduszy na wszelkie badania nad energią w ramach inicjatywy Horyzont 2020, w szczególności zaś na badania energii odnawialnej w energetyce stacjonarnej, mobilnej i gospodarstwach domowych [Horyzont, 2014]. Obecne środki finansowe w dziedzinie energii stanowią(ją) jedynie 0,5% w budżecie UE na lata 2007–2013, co nie jest to zgodne z wagami priorytetów rozwojowych UE.

Strategia rozwoju efektywności produkcji i usług, w tym transportu i życia codziennego powinna być najbardziej zaawansowana pod względem rozwijania norm i interoperacyjnych technologii internetowych, powiązanych z energią oraz energooszczędnych zastosowań technologii informacyjno-komunikacyjnych, w szczególności kognitywnego sterowania, inteligentnych technik wydobycia/pozyskania, przetworzenia, akumulowania energii, sieci przesyłowych, pełnego i terminowego wprowadzania systemów dla inteligentnych domów, takich jak inteligentne liczniki przynoszące korzyści konsumentom oraz modernizacji i rozwoju wzajemnie połączonej europejskiej supersieci przesyłowej i infrastruktury LNG.

W odniesieniu do wzajemnych połączeń regionalnych ujawnia się konieczność uruchomienia planu inwestycyjnego w oparciu o pakiet UE w sprawie infrastruktury energetycznej, w celu zapewnienia dywersyfikacji źródeł zaopatrzenia w energię, a przede wszystkim praktycznych rozwiązań służących skutecznej integracji dużych zasobów energii ze źródeł odnawialnych za pomocą zasad rynkowych, które umożliwią skuteczną i przejrzystą wymianę energii, emisji na skalę międzynarodową.

## LITERATURA

- Bieliński K., Flizikowski J., 2013. *Monitorowanie czynne technologii oświetlenia powierzchni funkcjonalnych* [w:] Mierczyk Z., Wasilczuk J., (red.). Inżynieria bezpieczeństwa – ochrona przed skutkami nadzwyczajnych zagrożeń. Wyd. WAT, Warszawa, 63-75
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. *ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią* (03.2014): [http://www.zb.itb.pl/files/zb/zal.\\_1\\_Dyrektywa\\_2009\\_125\\_WE.pdf](http://www.zb.itb.pl/files/zb/zal._1_Dyrektywa_2009_125_WE.pdf)
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. *w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylecia dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE* (03.2014): [http://www.ure.gov.pl/download/1/6062/Dyrektywawspawieefektywnosci\\_energetycznej.pdf](http://www.ure.gov.pl/download/1/6062/Dyrektywawspawieefektywnosci_energetycznej.pdf)
- Ekoprojekt, 2014. *Rozporządzenia wykonawcze do Dyrektywy PE2009/125/WE* (03.2014): <http://www.mg.gov.pl/Bezpieczenstwo+gospodarcze/Energetyka/Efektywnosc+energetyczna/Ekoprojekt>
- EPSTE, 2007. Europejski Plan Strategiczny w dziedzinie Technologii Energetycznych (03.2014): <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52007DC0723&from=EN>
- Flizikowski J., Bieliński K., 2013. *Technology and energy sources monitoring: control, efficiency and optimization*. Wyd. IGI GLOBAL, USA 2013; ISBN13: 9781466626645, eISBN13: 9781466626959, ISBN10: 146662664X
- Flizikowski J., 2013. Efektywność energetyczna technologii i życia codziennego. *Ekologia i technika*, 21, nr 6, 305-308
- Flizikowski J.: *Inżynieria innowacji energetyki biomasy*, 2013 [w:] Mroziński A. (red.). Inżynieria odnawialnych źródeł energii, FRM, Bydgoszcz, 15-37
- Flizikowski J., Macko M., 2013. *Rozwój konstrukcji maszyn do rozdrabniania odpadów przemysłowych i użytkowych wyrobów polimerowych* [w:] Bołoz Ł., Kasza P. (red.). Nowoczesne metody eksploatacji węgla i skał zwięzłych. AGH, Kraków, 482-490
- Global Energy Statistical Yearbook*, 2012 (03.2014): <http://yearbook.enerdata.net/world-electricity-production-map-graph-and-data.html>
- Horyzont 2020*, 2014. Program ramowy finansowania badań naukowych i innowacji w Unii Europejskiej (03.2014): <http://www.nauka.gov.pl/horyzont-2020/program-horyzont-2020.html>
- Rezolucja Parlamentu Europejskiego z dnia 15 marca 2012 r. *w sprawie planu działania prowadzącego do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r.* Procedure file: 2011/2095(INI) (03.2014): <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P7-TA-2012-0086+0+DOC+XML+V0//PL>

## ZASOPISMO NAUKOWO-TECHNICZNE

# INŻYNIERIA I APARATURA CHEMICZNA

*ukazuje się od 1961 roku*

Czasopismo jest poświęcone problemom obliczeń procesowych i zagadnieniom projektowo-konstrukcyjnym aparatury i urządzeń stosowanych w przemysłach przetwórczych, w tym szczególnie w przemyśle chemicznym, petrochemicznym, rolno-spożywczym, jak również w energetyce, gospodarce komunalnej i w ochronie środowiska.

Przeznaczone jest zarówno dla pracowników badawczych, projektantów, konstruktorów, jak i dla menadżerów oraz inżynierów ruchomych.

W czasopiśmie publikowane są artykuły o szerokim spektrum tematycznym, obejmującym problematykę procesów i operacji jednostkowych inżynierii chemicznej, bio- i nanotechnologie, inżynierię biomedyczną, recykling, bezpieczeństwo procesowe oraz obliczenia i projektowanie aparatów w aspekcie poprawy wydajności, lepszego wykorzystania surowców, oszczędności energii i ochrony środowiska.

Publikowane prace są recenzowane przez specjalistów. Autorzy artykułów opublikowanych w „Inżynierii i Aparaturze Chemicznej” uzyskują 5 punktów (od 17.09.2012) do oceny parametrycznej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Czasopismo jest regularnie abstraktowane w CAS (Chemical Abstracts Service – a division of the American Chemical Society, Columbus, Ohio, USA) i jest indeksowane na platformie SciFinder®:

<http://www.cas.org/products/scifindr/index.html>

w Bazie Polskich Czasopism Technicznych – BazTech:

<http://baztech.icm.edu.pl/wysz.html>

a także w bazie tekstów naukowych elektronicznych i drukowanych:

<http://scholar.google.com>