

---

# **GALERIA POSTERÓW NAUKOWYCH**

IV Konferencja Naukowa

**„Bezpieczeństwo Energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”**

Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.

---

# Poster nr 1

dr hab. inż. Andrzej Pacana, prof. PRz, mgr inż. Dominika Siwiec, mgr inż. Karolina Czerwińska  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

„Doskonalenie efektywności ekonomiczno-energetycznej procesów produkcyjnych”

## DOSKONALENIE EFEKTYWNOŚCI EKONOMICZNO-ENERGETYCZNEJ PROCESÓW PRODUKCYJNYCH

mgr inż. Dominika SIWIEC, mgr inż. Karolina CZERWIŃSKA, dr hab. inż. Andrzej PACANA, prof. PRz  
 Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

Podstawą do zaprojektowania i wdrożenia efektywnego systemu zarządzania energią jest przyjęcie właściwych założeń. Przygotowanie ekonomiczno-energetycznych kryteriów systemu zarządzania energią może stać się instrumentem wspomagającym doskonalenie procesów produkcyjnych w przedsiębiorstwach. Celem opracowania jest uwidocznienie wniosków płynących z analizy roli takich systemów w etapie planowania produkcji, przygotowaniu przedsiębiorstwa do wdrożenia systemu, a także ewaluacji jego skuteczności. Przedstawiono główne przesłanki opracowania analizowanego systemu, jak i jego certyfikacji. Wykazano korzyści, wynikające z implementacji takiego systemu w przedsiębiorstwach produkcyjnych.

### WPROWADZENIE

W celu poprawy efektywności energetycznej inwestycje energetyczne są najtańszym sposobem osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju energetycznego, a wszelkie działania na rzecz poprawy efektywności energetycznej przyczyniają się do wzrostu konkurencyjności gospodarki.

Celowym było przeanalizowanie możliwości doskonalenia efektywności ekonomiczno – energetycznej procesów produkcyjnych, podczas którego dokonano analizy systemu zarządzania energią, opracowano model systemu zarządzania jakością na podstawie normy ISO 50001, jak i wdrożono wybrane działania normy ISO 50001 w cykl PDCA. Przeanalizowano korzyści wynikające z doskonalenia efektywności ekonomiczno – energetycznej procesów produkcyjnych zgodnie z systemem zarządzania energią. Przeanalizowany system może być wdrożony w każdej organizacji, która dąży do ciągłego doskonalenia.

### SYSTEM ZARZĄDZANIA ENERGIĄ

Zarządzanie energią ma na celu identyfikację obszarów charakteryzujących się wysoką energochłonnością, jak i zaplanowanie i wdrożenie działań, dzięki którym możliwe jest ograniczenie zużycia energii, co przyczynia się do ograniczenia kosztów i poprawy stanu środowiska naturalnego. Jednym z tych działań jest wdrożenie i utrzymywanie systemu zarządzania środowiskowego (np. Czystsza produkcja, ISO 14001, EMAS), który pozwala organizacjom nie tylko tworzyć kulturę zrównoważonego rozwoju i efektywnie zarządzać dostępnymi zasobami i energią, ale także umiejętnie zarządzać ryzykiem. Dodatkowo, w odpowiedzi na potrzeby i wymagania współczesnego rynku, na którym efektywne zarządzanie energią stanowi kluczową determinantę rozwoju oraz istotny element przyczyniający się do ochrony środowiska naturalnego stworzona została norma ISO 50001, według której opracowano przedstawiony na rysunku 1 model systemu zarządzania jakością.



Rys. 1. Model systemu zarządzania jakością na podstawie normy ISO 50001

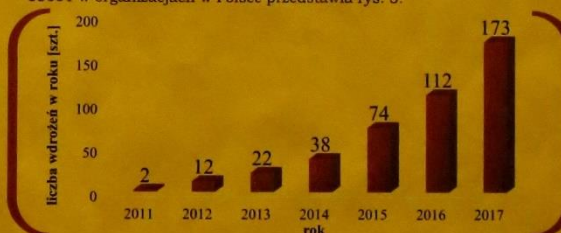
Wymogi normy ISO 50001 odnoszą się do identyfikacji aktualnego oraz przewidywanego zużycia energii, wprowadzenia polityki energetycznej, obszarów znaczącego zużycia energii i plany redukcji jej zużycia, a także wprowadzenia systemu monitorowania i mierzenia zużycia energii w ramach cyklu PDCA. Norma ISO 50001:2018 zawiera wymagania dla systemu zarządzania energią, przez co przyczynia się do ciągłej i systematycznej poprawy sposobu wykorzystania energii przez organizację. Uznawana jest za praktykę z zakresu zarządzania energią i opiera się na istniejących krajowych standardach i inicjatywach. Norma ISO 50001 uwzględnia aktualne uwarunkowania prawne, wymogi środowiskowe i wymagania organizacji, przez co jej praktykowanie umożliwia doskonalenie efektywności ekonomiczno – energetycznej procesów produkcyjnych.

Działania w normie 50001, podobnie jak w innych systemach ISO, oparte są cyklu PDCA (Plan-Do-Check-Act), którego praktykowanie ma na celu ciągłe doskonalenie systemu i realizowaniu działań optymalizacyjnych, jak przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Wdrożenie wybranych działań normy ISO 50001 w cykl PDCA

Certyfikacja jest istotna nie tylko dla samych organizacji produkcyjnych, a także dla organizacji dostarczających surowce i półprodukty, które jako ognia w łańcuchu dostaw powinni wykazać się funkcjonującym systemem zarządzania energią. Liczbę wdrożeń ISO 50001 w organizacjach w Polsce przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Liczba wdrożeń normy ISO 50001 w Polsce w latach 2011-2017

Od roku 2011, w którym powstała norma ISO 50001 do roku 2017 odnotowano 433 wdrożeń w organizacjach w Polsce, gdzie sumarycznie w krajach UE w analizowanym okresie było 56711 wdrożeń normy ISO 50001.

### KORZYŚCI

Wdrożenie w przedsiębiorstwie systemu zarządzania energią i poddanie go procesowi certyfikacji przez niezależną jednostkę certyfikującą przynosi wiele korzyści co przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Korzyści z wdrożenia systemu zarządzania energią i certyfikacji

Zarządzanie środowiskowe będzie nieodłącznym elementem zarządzania każdą organizacją, a systemy zarządzania energią staną się obowiązującym standardem, dzięki którym możliwe będzie doskonalenie efektywności ekonomiczno-energetycznej procesów produkcyjnych w organizacjach.

# Poster nr 2

dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH, mgr inż. Tomasz Cieślak, mgr inż. Przemysław Wnęk  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
„Wpływ rozbudowy systemu dystrybucji gazu ziemnego na ograniczenie niskiej emisji”

## Wpływ rozbudowy systemu dystrybucji gazu ziemnego na ograniczenie niskiej emisji

Tomasz Cieślak<sup>1,2</sup>, Adam Szurlej<sup>1</sup>, Przemysław Wnęk<sup>1,3</sup>

1. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
2. Instytut Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie  
3. Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o., Oddział Zakład Gazowniczy w Krakowie

---

### WSTĘP

Pod względem jakości powietrza Polska plasuje się na jednym z ostatnich miejsc w krajach UE, czego potwierdzeniem są liczne rankingi. Głównym źródłem zanieczyszczenia powietrza jest emisja z gospodarstw domowych, gdzie podstawowym paliwem jest węgiel. W Polsce od wielu lat prowadzony jest proces wymiany starych, mało efektywnych oraz wysoko emisyjnych palenisk na nowoczesne instalacje o niskich wskaźnikach emisji. Do takich instalacji niewątpliwie zalicza się kotły gazowe, które cechują się wysoką sprawnością. W artykule porównane zostaną dane dot. emisji głównych zanieczyszczeń a rozwojem sieci dystrybucyjnej gazowej w miejscowościach gdzie prowadzony jest pomiar jakości powietrza. Przedstawione zostaną miejscowości gdzie zaobserwowano zależność pomiędzy poszczególnymi wskaźnikami jakości powietrza (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, PM 2.5, PM 10) a wzrostem długości sieci gazowej i wzrostem ilości odbiorców gazu ziemnego. Przedstawione zostaną także założenia programu rządowego Czyste powietrze, którego celem jest zmniejszenie lub uniknięcie emisji zanieczyszczeń wprowadzanych do atmosfery.

### NISKA EMISJA

Niska emisja to przede wszystkim źródła zanieczyszczenia powietrza które znajdują się na wysokości do 40 metrów. Niska emisja wpływa na pojawienie się zanieczyszczeń takich jak: pyły PM10, PM5 i PM2.5 oraz dwutlenek siarki, tlenki azotu, metale ciężkie i wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (WVA). Wyżej wspomniane zanieczyszczenia w różnym stopniu emitowane są do atmosfery w zależności od sektora w jakim odbywa się spalanie paliw (Rys. 1-3). [2]

Rys. 1 Emisja dwutlenku siarki w zależności od sektora gospodarki [1]

Rys. 2 Emisja tlenków azotu w zależności od sektora gospodarki [1]

Rys. 3 Emisja pyłów w zależności od sektora gospodarki [1]

### STRUKTURA ŻYWIENIA ENERGI

W przypadku UE w strukturze zużycia energii na jednego mieszkańca dominującym źródłem energii jest gaz ziemny o udziale 36,9%. Zaraz za nim znajduje się energia elektryczna z udziałem 24,4% oraz biomasa, która jest na poziomie 15,2%. Ciepło sieciowe wynosi 7,8% w przypadku UE. Węgiel kamienny w UE jest na poziomie 2,7%. Odwrócić wygląda sytuacja w Polsce w przypadku węgla, który jest dominujący i jego udział wynosi 32,5%. Drugie miejsce zajmuje ciepło sieciowe na poziomie 19,7%, zaś udział gazu ziemnego jest szacowany na 17,6%. Kolejno udziały w strukturze zużycia energii w Polsce mają: biomasa, 13,5% i energia elektryczna, 12,6% (rys. 4-5)

Rys. 4 Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych w przeliczeniu na 1 mieszkańca w podziale na poszczególne nośniki energii w 2016 roku dla UE r [1]

Rys. 5 Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych w przeliczeniu na 1 mieszkańca w podziale na poszczególne nośniki energii w 2016 roku dla Polski [1]

### WPLYW ROZWOJU SIECI GAZOWEJ NA OGRANICZENIE NISKIEJ EMISJI

Podano analizie wpływ zmian w długości sieci gazowej w latach 2010 i 2016 oraz zmiany w liczbie odbiorców na 1000 mieszkańców na poziom ślężenia NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i pyłów. (Rys. 6-13)

Rys. 6 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem NO<sub>x</sub> [1,3,4]

Rys. 7 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem SO<sub>2</sub> [1,3,4]

Rys. 8 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą średniorocznego poziomu SO<sub>2</sub> [1,3,4]

Rys. 9 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem PM<sub>2.5</sub> [1,3,4]

Rys. 10 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem PM<sub>10</sub> [1,3,4]

Rys. 11 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem SO<sub>2</sub> [1,3,4]

Rys. 12 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem PM<sub>10</sub> [1,3,4]

Rys. 13 Zależność pomiędzy zmianą długości sieci gazowej [km] a zmianą liczby dni [dni] z przekroczonym poziomem PM<sub>10</sub> [1,3,4]

### WNIOSKI

Można zauważyć, iż wraz z rozbudową sieci gazowej maleje liczba dni z przekroczonym poziomem NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> i pyłów PM<sub>2.5</sub> oraz PM<sub>10</sub>. Mając na uwadze porównanie wskaźników emisji poszczególnych zanieczyszczeń ze spalania paliw stałych oraz gazu ziemnego, należy oczekiwać, że szersze wykorzystanie gazu ziemnego w gospodarstwach domowych, wpłynie na ograniczenie niskiej emisji. Obecne programy dotyczące poprawy jakości powietrza prowadzone przez PSG, a także rządowe programy, dotyczące walki ze smogiem, zakładają gazyfikację 300 nowych gmin. Do roku 2022 planowane jest wydanie 7.5 mld zł na inwestycje związane z rozbudową sieci gazowej oraz na stacji regazyfikacyjnych LNG.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://stat.gov.pl>
- [2] Saldok R.; Przewidywanie niskiej emisji na terenach zwartej zabudowy mieszkalnej; 2014 Bochnia
- [3] <http://powszechna.gaz.gov.pl/powszechna>
- [4] <http://www.ing.pl/pl/realizacje>

Zródło finansowania: Subwencja AGH nr 16.16.190.779

# Poster nr 3

dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH, mgr inż. Oleksandr Boiko, mgr inż. Rafał Biały  
 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
 „Rynek gazu ziemnego w Ukrainie: zagrożenia i perspektywy rozwoju”



## Rynek gazu ziemnego w Ukrainie: zagrożenia i perspektywy rozwoju.

Adam Szurlej<sup>1</sup>, Oleksandr Boiko<sup>1</sup>, Rafał Biały<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AGH w Krakowie, Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu, Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków



**Streszczenie.** Ukraina znajduje się pomiędzy największym producentem gazu ziemnego na tej części globu – Rosją a największym konsumentem gazu ziemnego – Unią Europejską. Ze względu na położenie Ukraina odgrywa bardzo ważną rolę jako kraj tranzytowy. Ma rozbudowaną sieć gazociągów przesyłowych oraz posiada, jedną z największych na świecie, bazę PMG, co zapewnia bezpieczeństwa energetyczne państwa poprzez pokrycie własnego zapotrzebowania na gaz ziemny w przypadku zakłóceń w dostawach. W ciągu ostatnich lat przez terytorium Ukrainy transportowano około 90,8 mld m<sup>3</sup>/rok gazu ziemnego z Rosji do krajów europejskich. Wraz z realizacją kolejnych rosyjskich projektów gazociągów (Nord Stream 2, Turkish Stream) rola i znaczenie Ukrainy jako kraju tranzytowego może się istotnie osłabić. Warto podkreślić, że Ukraina posiada jedno z największych w Europie zasoby gazu ziemnego – 1050,14 mld m<sup>3</sup>. W ciągu ostatnich lat wydobywanie gazu kształtowało się na poziomie około 21 mld m<sup>3</sup>, co odpowiadało 65% krajowego zapotrzebowania na gaz ziemny Ukrainy.

2. Tranzyt gazu ziemnego przez Ukrainę oraz wydobywanie własne. Tranzyt gazu ziemnego przez Ukrainę do krajów europejskich w latach 2000-2017 [mld m<sup>3</sup>].



Tabela 1. Dynamika zmian tranzytu gazu ziemnego przez Ukrainę do krajów europejskich w latach 2000-2017.

Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tranzyt gazu ziemnego, mld m <sup>3</sup> /r	109,3	105,3	106,1	112,4	120,3	121,5	113,8	112,1	116,9	92,8	95,4	101,1	81,2	89,7	59,4	64,2	79,2	90,8

Tabela 2. Dynamika zmiany wydobywania gazu ziemnego w Ukrainie w latach 2000-2017.

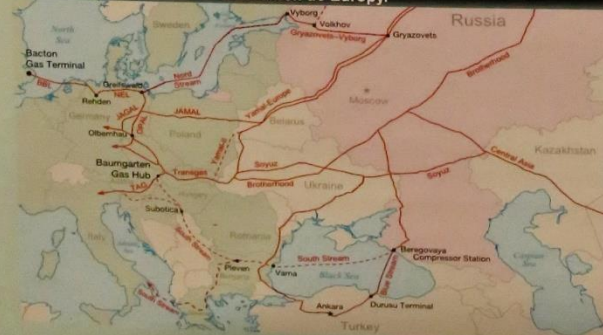
Rok	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Wydobycie gazu ziemnego, mld m <sup>3</sup> /r	15,79	16,16	17,68	18,30	19,37	19,67	19,96	19,97	20,29	20,34	19,43	19,54	19,39	20,16	20,22	18,83	19,02	19,44

### 1. Analiza sieci gazociągów Ukrainy i gazociągów, które dostarczają gaz ziemny do Europy.

#### Sieć gazociągów w Ukrainie.



#### Sieć gazociągów, które dostarczają gaz ziemny i ropę naftową z Rosji i krajów Schodnich do Europy.



Dynamika zmiany wydobywania gazu ziemnego w Ukrainie w latach 2000-2017 [mld m<sup>3</sup>; %].



### 3. Baza PMG w Ukrainie.

Baza PMG w Ukrainie składa się z 12 podziemnych magazynów gazu ziemnego, a całkowita dostępna pojemność PMG wynosi o około 31 mld m<sup>3</sup>, i w 2017 r ta wartość była większa o około 4% od rocznego zużycia gazu ziemnego w Ukrainie.

**Podsumowanie.** Ukraina ma dobrze rozbudowaną sieć gazociągów przesyłowych, całkowita przepustowość których na wyjściu wynosi o około 145,8 mld m<sup>3</sup> rocznie i jest wykorzystana tylko w około 62%, a potężna baza PMG jest korzystna do bilansowania wielu nie przewidywanych sytuacji związanych z gazem ziemnym. Realizacja projektu Nord Stream 2 będzie miała nieznaczący wpływ na dostawy rzez Ukrainę, ponieważ rozwój gospodarek krajów Europejskich powoduje co raz większe zużycie gazu ziemnego. Tylko za ostatnie 17 lat zapotrzebowanie na gaz ziemny w krajach europejskich wzrosło o około 52%. Na szybko zmianę na rynku gazu ziemnego w Ukrainie ma wielki wpływ zmiana sytuacji wewnętrznej również jak i światowej no i odpowiednio czas, ponieważ większość gazociągów była wybudowana w latach 60-80 i potrzebują dużych inwestycji na rekonstrukcję i modernizację.

# Poster nr 4

dr hab. inż. Adam Szurlej prof. AGH, inż. Michał Fedor

Akademia Górniczo Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

„Automatyzacja sterowania przepływem gazu w sieciach przesyłowych”

inż. Michał Fedor  
dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH

## AUTOMATYZACJA STEROWANIA PRZEPŁYWEM GAZU W SIECIACH PRZESYŁOWYCH

Rysunek 1. Fragment kodu programu PLC (język LAD) w symulacji automatycznego sterowania pracą węzła Mirocin wg. zaprojektowanych wariantów.

### Wprowadzenie

Obecnie obserwujemy w Polsce dynamiczny proces rozbudowy przesyłowych sieci gazowych. W związku z tym zachodzi konieczność zapewnienia nowoczesnych, bezpiecznych i elastycznych systemów monitorowania i sterowania ruchem gazu w ww. sieciach. Przy obecnym rozwoju technologii istnieją duże możliwości automatyzacji pracy węzłów rozdzielczych infrastruktury gazowniczej, zapewniające bezpieczeństwo, niezawodność i integrację całego systemu przesyłowego.

Rysunek 2. Wykres odpowiedzi regulatora PID wygenerowany w programie Matlab Simulink.

Automatyzacja ta jest możliwa poprzez zaimplementowanie w sterownikach PLC, występujących na obiektach, algorytmów automatycznego sterowania ruchem gazu. Warianty te są zaprojektowane dla lokalnych warunków danego węzła. Napędy wykonują polecenia zgodnie z algorytmem wydane przez sterowniki PLC, przesterowując zaworami. Zawory regulacyjne sprzężone w pętlach odpowiednio ustawionych regulatorów (proporcjonalno-licząco-różnicujących PID) zaimplementowanych w programie są w stanie utrzymać zadane parametry takie jak ciśnienie, lub przepływ. Regulatory odpowiedzialne są za kontrolowanie stabilności całego układu.

### Schemat decyzyjny dla wybranego wariantu


### Wnioski

Automatyzacja procesów transportu gazu w sieci przesyłowej to proces nieuchronny, który musi sprostać obecnym i przyszłym wymaganiom i wyzwaniom jakim są bezpieczeństwo i ciągłość dostaw paliwa gazowego do odbiorcy. Zaprezentowane rozwiązania pokazują, że w używanej obecnie technologii drzemie duży potencjał, który odpowiednio wykorzystany może przynieść korzyści nie tylko ekonomiczne, ale także zwiększyć bezpieczeństwo. Rozwój automatyzacji to ważny krok w stronę dalszego rozwoju przemysłu i branży naftowo-gazowniczej.

# Poster nr 5

dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH, mgr inż. Klaudia Metelska, mgr inż. Rafał Biały  
 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
 „Sektor gazu ziemnego w krajach V4 i Ukrainy”



V Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju” 2019  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, 1-2 kwietnia 2019 r.



**Sektor gazu ziemnego w krajach V4 i Ukrainy**

Rafał BIAŁY, Klaudia METELSKA, Adam SZURLEJ<sup>1</sup>

Department of Natural Gas Engineering, Faculty of Drilling, Oil & Gas,  
 AGH – University of Science and Technology, A. Mickiewicza 30 Ave., 30-059 Kraków, Poland  
 rzbua@agh.edu.pl

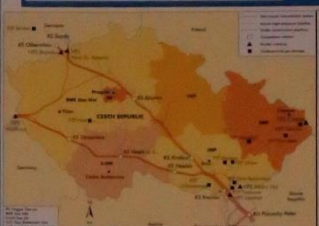



---

### Wprowadzenie

W Europie od prawie 15 lat utrzymuje się spadek wydobycia gazu ziemnego. W 2017 wydobyto 263 mld m<sup>3</sup>, a zgodnie z prognozami w 2023 będzie to zaledwie 220 mld m<sup>3</sup>. Spadające wydobycie i rosnące zapotrzebowanie na gaz ziemny sprawiają, że importuje się coraz więcej gazu spoza Europy. Celem pracy jest porównanie głównych uwarunkowań rozwoju sektora gazu ziemnego w krajach Grupy Wyszehradzkiej (Polski, Czech, Słowacja i Węgry) oraz na Ukrainie w ciągu ostatnich lat. Przeanalizowano wielkość wydobycia i zużycia gazu ziemnego, przeprowadzono analizę kierunków zaopatrzenia w gaz ziemny, rolę PMG oraz to w jaki sposób zarządza się infrastrukturą gazowniczą w wymienionych krajach.


### Infrastruktura gazownicza



- Wzrosty straty do systemu przesyłowego (NATGAS) demontuje Inerogy, Česká Republika.
- Ceny gazu regulowane przez rynek
- Magazyny w posiadaniu Inerogy Gas Storage oraz MND Gas Storage i Metavia Gas Storage
- Transzyt rurociągu gazu do Niemiec i Francji realizowany jest za pośrednictwem systemu NATGAS.
- Taryfy transportowe są ustalane przez odpowiedni Urząd Regulacji, aby zapewnić równy warunki dla wszystkich nadawców (regulowane i ogłoszone wcześniej).
- Istnieją trzy regionalne firmy dystrybucyjne.
- Produkcja własna pozwala na pokrycie około 2-3% zapotrzebowania.
- Kanceliję na przenieś i dystrybuować gazu ziemnego do 31 grudnia 2020 zawiązała spółka Gas System. Podstawne magazyny gazu są obsługiwane przez spółkę zależną PKBAG – Gas Storage Poland utworzoną w 2010 r.
- Polskie LNG jest odpowiedzialnie eksploatację terminalu LNG w Świnoujściu. W pierwszym etapie eksploatacji terminal LNG umożliwia regazyfikację 5 mld m<sup>3</sup> rocznie. Decyzja o zwiększeniu zdolności wywozowej do 7,5 mld m<sup>3</sup> została podjęta w 2017 r.
- Podpisana z Rosją 25 sierpnia 1993 r. umowa o transycie gazu reguluje przenieś gazu z Rosji do Europy Zachodniej poprzez gazociąg Yamal-Europa. Rurociąg ten jest częścią systemu łączącego, poprzez Białoruś i Polskę, pola gazowe w Rosji z sieciami w Europie Zachodniej.
- 1 lipca 2013 r. sześć największych operatorów dystrybucji gazu zostało połączonych w jedną spółkę – PGG. Minister Środowiska udzielił koncesji na produkcję, rozpozowanie i eksploatację ról węglowodorów. Wiodącą firmą w tej dziedzinie jest PGNiG odpowiedzialne za 98% wydobycia.
- Od 2013 r. system przesyłowy gazu jest zarządzany przez Eurotrans.
- Podstawne magazyny gazu są własnością dwóch przedsiębiorstw – NAFTA oraz PKBAGAS.
- Republika Słowacji jest głównym krajem tranzytowym dla rurociągu gazu dostarczanego do Czech, Niemiec, Austrii, Francji, Włoch, Węgry, Słowacji i Chorwacji.
- Urząd Regulacyjny od 2003 roku reguluje ceny przesyłu i dystrybucji gazu. Listała również maksymalne ceny dla klientów domowych.
- Taryfy transmisji oparte są na zasadzie „wejścia/wyjścia”. Ceny są definiowane, biorąc pod uwagę między innymi: porównanie opłat przesyłowych i istniejących umów tranzytowych.
- SRP – Dystrybucja jest właścicielem i operatorem głównej sieci dystrybucyjnej.
- Za przesył gazu ziemnego odpowiada FGSZ Natural Gas Transmission Limited. Od 28 czerwca 2012 r. FGSZ stosuje model ITD zgodnie z Trzecim Pakietem Energetycznym.
- Hungarian Gas Storage jest właścicielem i operatorem 4 magazynów gazu ziemnego o pojemności roboczej 4,43 mld m<sup>3</sup>.
- Przez Węgry prowadzi się tranzyt gazu do Serbii. Ponadto istnieją punkty importowo/eksportowe łączące Węgry ze Słowacją, Rumunią, Chorwacją i Austrią.
- Węgierski rynek gazu został otwarty dla konkurencji w dniu 1 lipca 2007 r. Odfazy za przesył, dystrybucję i magazynowanie są znacznie weryfikowane na początku każdego roku gazowego (1 października).
- Na Węgrzech istnieje 10 spółek dystrybucyjnych, z których pięć to spółki zarządzające ponad 100 000 klientów.
- Ukraiński system przesyłowy został zbudowany jako integralna część jednolitego systemu dostaw gazu byłego Związku Radzieckiego.
- System przesyłu gazu ziemnego na Ukrainie składa się z 38 530 kilometrów rurociągu. Obejmuje 72 stacje sprężarki i 707 sprężarki o łącznej pojemności 5 442,9 MW i 13 podziemnych magazynów gazu o pojemności: czynnej 30,9 mld m<sup>3</sup>. Od 2009 r. system miał zdolność importową 288 mld metrów sześciennych i zdolność eksportową 178 mld metrów sześciennych rocznie.
- Przed 2012 r. gaz wprowadzany był na Ukrainę tylko z punktów wejścia na granicach z Rosją i Białorusią. Większość tranzytu gazu trafia na Słowację i dalej do innych krajów Europy Środkowej i Zachodniej. Mniejsze ilości gazu ziemnego zostały przetransportowane na Węgry, Polskę, Rumunię i Mołdawię. W latach 2013–2014 ostatecznie punkty wejścia/wyjścia z Polski, Węgry i Słowacji zostały zmodyfikowane, aby umożliwić również odwrotny przepływ gazu z tych krajów do Ukrainy.

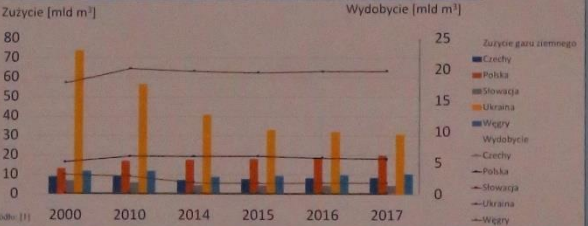
---

### Wskaźnik PKB na mieszkańca



Zródło: [Bank Światowy]


### Wydobycie i zużycie gazu ziemnego



Zródło: [1]


---

### Zużycie gazu ziemnego na mieszkańca



Zródło: [1, GUS, EUS]

### Import gazu\*



\* w [mld m<sup>3</sup>]  
Zródło: [1]

### Podsumowanie


### References

[1] Natural Gas Information (2019 edition), International Energy Agency  
 [2] GAS: 2018 – Analysis and Review to 2025, International Energy Agency  
 [3] Pólos, S., *Rurociągi gazu tranzytowego i przewoźne 2019*, Warszawa, The Oil and Gas Institute for Energy

# Poster nr 6

dr hab. inż. Mariusz Łaciak, prof. AGH, mgr inż. Michał Kuk, mgr inż. Edyta Kuk  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Ocena ryzyka magazynowania paliw ciekłych w zbiornikach naziemnych wywołanego działaniem czynników atmosferycznych”



### Ocena ryzyka magazynowania paliw ciekłych w zbiornikach naziemnych wywołanego działaniem czynników atmosferycznych

Autorzy: dr hab. inż. Mariusz Łaciak, prof. AGH, mgr inż. Michał Kuk, mgr inż. Edyta Kuk  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Wiernictwa, Nafty i Gazu

#### Cele pracy

Niniejsza praca przedstawia ocenę ryzyka związanego z narażeniem zbiorników LNG na działanie czynników atmosferycznych w szczególności z uwzględnieniem silnych wiatrów. Podstawowymi celami pracy są:

- Określenie głównych zagrożeń, które mogą mieć wpływ na magazynowanie paliw
- Analiza wpływu czynników atmosferycznych na instalacje magazynowe LNG
- Przedstawienie środków zapobiegawczych umożliwiających minimalizację ryzyka wystąpienia awarii instalacji

#### Właściwości LNG

LNG (liquefied natural gas) jest składowany pod lekkim nadciśnieniem w temperaturze około -163°C. W przypadku rozszczelnienia instalacji w zależności od wielkości wycieku będzie zachowywał się następująco:

- w przypadku **niedużych wycieków** do około 0,5 kg/s faza ciekła ulega natychmiastowemu odparowaniu i **utworzenie się atmosfery wybuchowej jest mało prawdopodobne**
- w przypadku **większego masowego wypływu** powstanie parujące rozlewisko gdzie **atmosfera wybuchowa będzie tworzyła się nad rozlewiskiem**.

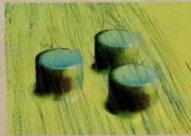
#### Analiza rozkładu powietrza wokół zbiornika

Z uwagi na konstrukcję zbiorników **najbardziej narażone** na uszkodzenie spowodowane działaniem anomalnie silnych wiatrów są **instalacje znajdujące się wokół zbiorników** np. elementy uzbrojenia znajdujące się na dachach zbiorników oraz rury zainstalowane na ich pobocznicach.


Do przedmiotowej analizy został założony przepływ powietrza na poziomie około **150 km/h** (42 m/s). Rozpatrzone zostały trzy jednakowe zbiorniki o średnicy 70 m i wysokości 50 m. Zbiorniki zostały rozmieszczone na siatce trójkąta równobocznego o boku 50 m.

Od strony nawietrznej można zaobserwować najmniejsze zawirowania jednak występuje tam największe parcie na ścianę zbiornika. Na stycznej pobocznic zbiornika równoległej do kierunku przepływu wiatru oraz na dachu występuje największe podciśnienie oraz zgodnie z prawem Bernoulliego wzrost prędkości przepływu powietrza. Natomiast od strony zawietrznej występuje nieduże podciśnienie i **obniżenie prędkości wiatru** względem boków zbiornika. Za zbiornikami oraz między nimi wytwarzają się największe turbulencje.

strona nawietrzna



strona zawietrzna



#### Analiza potrzeb rynku

Rosnący popyt na energię skutkuje zwiększeniem zapotrzebowania na paliwa.

Zużycie gazu ziemnego w Polsce w roku 2007 było na poziomie około 14 mld m<sup>3</sup>, w roku 2017 około 17 mld m<sup>3</sup>. Szacuje się że w ciągu kilku lat zużycie przekroczy 20 mld m<sup>3</sup> w skali roku.

Wzrost zapotrzebowania na ten surowiec oraz potrzeba zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju determinuje zwiększenie dywersyfikacji źródeł dostaw.

Efektywnym sposobem importu znacznych ilości gazu jest jego transport w postaci skroplonej (LNG) odbieranego ze statków w terminalach skąd gaz przesyłany jest sieciami gazowymi.

#### Historyczne awarie instalacji

Na podstawie przykładów awarii ze świata z udziałem gazu ziemnego lub substancji o zbliżonych właściwościach wytypowano **trzy najczęstsze przyczyny awarii**:

- Błąd ludzki podczas prac eksploatacyjnych
- Błędny projekt instalacji
- Oddziaływanie anomalnych czynników atmosferycznych

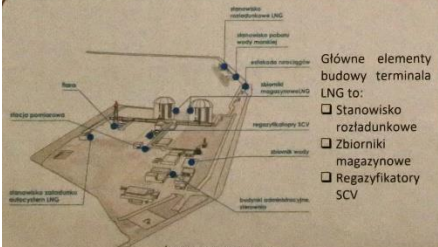
W kontekście informacji pojawiających się na przestrzeni ostatnich lat dotyczących nasilających się zmian klimatu w pracy został przeanalizowany **wpływ oddziaływania czynników atmosferycznych na infrastrukturę magazynową LNG**.

#### Ryzyko anomalnych warunków pogodowych

Zgodnie z zakładanymi scenariuszami dotyczącymi warunków atmosferycznych w najbliższych latach **występowanie anomalnych warunków pogodowych będzie się nasilało**. Spośród anomalnych czynników instalacja magazynowa **najczęściej narażona jest na działanie silnych, porywistych wiatrów**, co uzasadnia przeprowadzenie analizy ryzyka skupiającej się na ich oddziaływaniu na terminale LNG. Z uwagi na niskie ryzyko rozszczelnienia samego zbiornika przeanalizowano **charakterystykę przepływu powietrza wokół zbiorników** oraz wpływ rozkładu linii prądów wiatru na instalacje magazynową LNG.

#### Główne elementy budowy terminala LNG to:

- Stanowisko rozładunkowe
- Zbiorniki magazynowe
- Regazyfikatory SCV



Zródło: Polskie LNG S.A.

Praca przygotowana w ramach subwencji AGH nr 16.16.130.77

# Poster nr 7

dr inż. Joanna Czarnota, dr inż. Adam Masłoń  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Tlenowy osad granulowany – energooszczędna technologia oczyszczania ścieków”



IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
 „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”  
 Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.



### Tlenowy osad granulowany – energooszczędna technologia oczyszczania ścieków

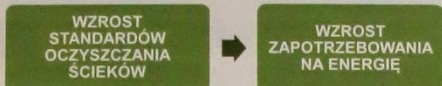
dr inż. Joanna Czarnota, dr inż. Adam Masłoń

Politechnika Rzeszowska, Zakład Inżynierii i Chemii Środowiska, e-mail: askalucz@prz.edu.pl

#### ENERGOCHŁONNOŚĆ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Zużycie energii elektrycznej w oczyszczalniach ścieków oscyluje w zakresie od 0,2 do 1,5 kWh/m<sup>3</sup> ścieków.

Koszty energii zużywanej na potrzeby procesów oczyszczania ścieków sięgają nawet 60% (niekiedy 80%) całkowitych kosztów eksploatacji oczyszczalni, a najbardziej energochłonnym etapem jest biologiczne oczyszczanie ścieków.



Zużycie energii elektrycznej zależy od rodzaju dopływających ścieków i układu technologicznego w oczyszczalni ścieków.

Tab. 1. Energochłonność urządzeń i procesów na oczyszczalni [7].

Urządzenie/proces	Zużycie energii [kWh]	Udział w całkowitym zużyciu energii [%]
Kraty	2	0,01
Piaskownik	134	0,8
Osadnik wstępny	155	0,9
Komora osadu czynnego - natlenianie	8766	51,2
Osadnik wtórny	155	0,9
Pompa osadu recykulowanego	508	3,0
Zagęszczacz grawitacyjny	25	0,1
Fermentacja beztlenowa	1700	10,0
Odwadnianie taśmowe	457	2,7

#### TECHNOLOGIA TLENOWEGO OSADU GRANULOWANEGO - NEREDA®

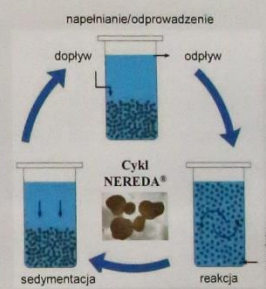
Tlenowy osad granulowany (ang. *Aerobic Granular Sludge*) – specjalny rodzaj biofilmu, w którym biomasa wzrasta w formie kompaktowych agregatów bez udziału materiału nośnego.



Nereda® – technologia oczyszczania ścieków z wykorzystaniem tlenowego osadu granulowanego, opracowana przez Royal Haskoning DHV (Holandia).

Tab. 2. Porównanie wybranych parametrów osadu czynnego i granulowanego [1].

Parametr	Osad czynny	Tlenowe granule
Czas wpracowania układu	kilka tygodni	kilka dni
Stężenie osadu czynnego [g/dm <sup>3</sup> ]	1 - 2	ok. 8
Wielkość obciążenia ładunkiem zanieczyszczeń [g ChZT/(dm <sup>3</sup> ·d)]	0,5 - 1	2,5 - 7,5 (22,5)
Przyrost biomasy [mg s.m.o./mg ChZT <sub>us</sub> ]	0,25 - 0,4	0,19 - 0,20



Rys. 1. Fazy w reaktorze NEREDA® [4].

#### ENERGOCHŁONNOŚĆ TECHNOLOGII NEREDA®

Dotychczasowe badania porównawcze dwóch pracujących technologii wykazują, że instalacja Nereda® potrzebuje do 50+60% mniej energii na oczyszczenie tego samego ładunku zanieczyszczeń [6].

Tab. 3. Porównanie zużycia energii w układzie klasycznym i Nereda® [2, 3].

Biologiczne oczyszczanie ścieków	Oczyszczalnia ścieków / zużycie energii [kWh/m <sup>3</sup> ]				
	Epe (Holandia)	Garmerwolda (Holandia)	Vroomshoop (Holandia)	Dinxperlo (Holandia)	Ryki (Polska)
Przed modernizacją - klasyczny osad czynny	0,44	0,25-0,60 <sup>(1)</sup>	0,77	0,50	0,55
Po modernizacji - osad granulowany technologii Nereda®	0,25-0,31	0,10-0,25	0,50	0,37	0,40

<sup>(1)</sup> system A/B Sharon

Tab. 4. Energochłonność wybranych oczyszczalni ścieków [2, 3, 5].

Oczyszczalnia ścieków	Q <sub>ds</sub> [m <sup>3</sup> /d]	RLM	Jednostkowe zużycia energii	
			KPI <sub>1</sub> kWh/m <sup>3</sup>	KPI <sub>2</sub> kWh/(RLM·d)
Epe (Holandia)	8 000	53 500	0,25-0,31	0,058
Garmerwolda (Holandia)	19 680	140 000	0,1+0,25	-
Vroomshoop (Holandia)	1 500	12 000	0,50	0,062
Dinxperlo (Holandia)	3 100	15 730	0,37	0,074
Ryki (Polska)	960	38 600	0,40	0,071
Blonie (Polska)	4 211	33 605	1,034	0,137
Sandomierz (Polska)	4 258	42 090	0,69	0,071
Biała Podlaska (Polska)	8 991	56 035	0,879	0,163
Skarżysko Kam. (Polska)	9 333	43 596	0,361	0,077
Otwock (Polska)	12 352	94 415	0,801	0,125
Kalisz (Polska)	16 997	153 679	0,631	0,07
Kołobrzeg (Polska)	17 278	214 381	0,698	0,065
Krosno (Polska)	21 000	117 000	0,51	-
Rzeszów (Polska)	42 631	276 099	0,468	0,07

#### PODSUMOWANIE

Technologia Nereda® charakteryzuje się zużyciem energii elektrycznej na poziomie 0,1+0,5 kWh/m<sup>3</sup> i 0,058+0,074 kWh/(RLM·d). W porównaniu do klasycznej technologii osadu czynnego energochłonność oczyszczalni z biomasą granulowaną jest niższa i wynika z konstrukcji reaktora (mniejsza ilość lub brak mieszadeł, efektywniejsze natlenianie), prowadzenia procesu biologicznego oczyszczania ścieków przy wyższym obciążeniu ładunkiem związków, braku osadnika wtórnego w układzie technologicznym oraz niskiego przyrostu biomasy.

#### BIBLIOGRAFIA

- Czarnota J., 2017. Wspomaganie technologii tlenowego osadu granulowanego materiałami pylistymi. Praca doktorska, 1-226.
- Gromiec M., 2016. Zużycie energii w reaktorach SBR z tlenowym osadem granulowanym. Kierunek WOD-KAN, 1, 57-60.
- Gromiec T., Gromiec M., 2015. Doświadczenia z eksploatacji komunalnych oczyszczalni ścieków z granulowanym osadem. Forum Eksploatacja, 6, 42-44.
- https://www.royalhaskoningdhv.com/en-gb/nereda/
- Masłoń A., Wójcik M., Chmielewski K., 2019. Efficient use of energy in wastewater treatment plants. Energy Policy Studies 1(2), 12-20.
- Sławiński J.W., 2016. Tlenowy granulowany osad czynny. Forum Eksploatacja, 1, 32-36.
- Szatkowska B. Poprawa efektywności energetycznej oczyszczalni ścieków. Poznań, 17.10.2017 r.



## Poster nr 8

dr inż. Elżbieta Rybak-Wilusz, mgr inż. Paweł Kut  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza,  
mgr inż. Paulina Sawicka-Chudy  
Uniwersytet Rzeszowski

### „Struktura wytwarzania energii z systemów fotowoltaicznych w Polsce”



**POLITECHNIKA  
RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, 1-2 kwietnia 2019 r.

## STRUKTURA WYTWARZANIA ENERGII Z SYSTEMÓW FOTOWOLTAICZNYCH W POLSCE

dr inż. Elżbieta Rybak-Wilusz<sup>1</sup>, mgr inż. Paweł Kut<sup>1</sup>, mgr inż. Paulina Sawicka-Chudy<sup>2</sup>

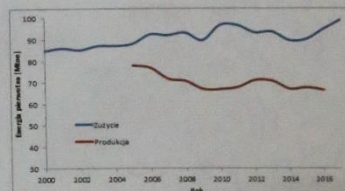
<sup>1</sup> Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Zakład Ciepłownictwa i Klimatyzacji  
<sup>2</sup> Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Matematyczno-Przyrodniczy, Katedra Biofizyki, ul. Pigońia 1, 35-959 Rzeszów

### Wprowadzenie

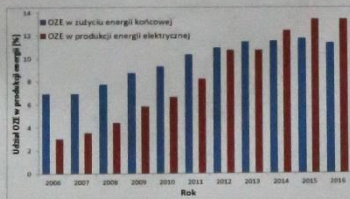
Coraz ostrzejsze normy emisji spalin oraz polityka UE wymagają coraz większych nakładów inwestycyjnych oraz rozwoju technologicznego w sektorze odnawialnych źródeł energii. Rozwój odnawialnych źródeł energii w ostatnich latach oraz wprowadzone systemy wsparcia finansowego dla tego sektora energetyki, spowodował szybki wzrost mocy zainstalowanej w OZE. Wzrost mocy zainstalowanej w postaci rozproszonych źródeł energii wymaga również zmian w krajowym systemie elektroenergetycznym, opartym do tej pory na dużych elektrowniach systemowych. Rozwój energetyki rozproszonej opartej na odnawialnych źródłach energii, dywersyfikacja źródeł energii oraz zmniejszenie uzależnienia od dostaw surowców energetycznych, zwiększa bezpieczeństwo państwa i pozytywnie wpływa na rozwój ekonomiczny.

### Struktura wytwarzania energii pierwotnej, odnawialnej i elektrycznej

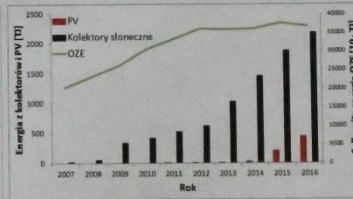
W latach 2000-2017 (rys.1) występuje stały wzrost zużycia energii pierwotnej. Zużycie energii w 2000 r. wyniosło 84,85 Mtoe, a w 2017 r. wzrosło do 99,11 Mtoe. Nastąpił zwiększenie o około 17%, a w porównaniu z rokiem 2010 o 2,6%. Występujące i pozyskiwane w Polsce surowce energetyczne oraz wytwarzana energia odnawialna nie pokrywają rosnących potrzeb energetycznych, stąd potrzeba importu energii. W latach 2005-2016 nastąpił wzrost importu energii spowodowany spadkiem pozyskania energii pierwotnej przy jednoczesnym wzroście konsumpcji. Produkcja energii w tym okresie obniżyła się o 14,7% (w latach 2010-2016 o 0,5%). Import energii w latach 2005-2016 wzrósł od 10,1 Mtoe do 28,4 Mtoe, natomiast około 11,5% udział importu w zużyciu energii w roku 2005 zwiększył się do 30% w 2016 r.



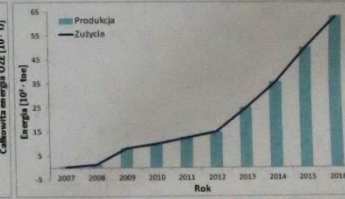
Rys. 1. Produkcja i zużycie energii pierwotnej, na podst. [1]



Rys. 2. Udział energii odnawialnej w zużyciu energii końcowej i energii elektrycznej, na podst. [1]



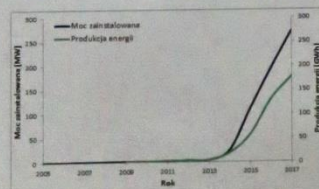
Rys. 3. Zużycie OZE i energii słonecznej, na podst. [1]



Rys. 4. Produkcja i zużycie energii słonecznej, na podst. [1]

Produkcja energii odnawialnej prawie w całości pokrywa krajowe potrzeby energetyczne. Od 2007 roku następuje stały wzrost produkcji energii odnawialnej. Produkcję energii ciepłej z kolektorów słonecznych i energii elektrycznej z ogniw fotowoltaicznych charakteryzuje dynamiczny wzrost w ciągu ostatnich lat. Od 2009 r. wzrasta zużycie energii termicznej osiągając 2189 Tj (53,2 toe) w 2016 r. (rys. 4), powierzchnia zainstalowanych kolektorów słonecznych wynosi 2016 tys. m<sup>2</sup>. Zauważalny od roku 2013 wzrost produkcja energii z ogniw PV pozwala odnotować 445,9 Tj (10,7 toe) zużytej energii. Produkcja energii z kolektorów słonecznych i systemów fotowoltaicznych stanowi niewielką część całkowitej energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, w roku 2016 wyniosła około 1% (fotowoltaika to niewiele ponad 0,1%) (rys. 3). Z uwagi na wzrastającą produkcję energii odnawialnej można odnotować już od 2012 roku ponad 10% (rys. 2) udział energetyki odnawialnej w wytwarzaniu energii elektrycznej (2016 r. to 13,4%). Spowodowane jest to wzrostem liczby farm wiatrowych oraz instalacji opartych na biogazie i biomasie.

### Moc zainstalowana i produkcja energii instalacji fotowoltaicznych



Rys. 5. Moc i produkcja energii fotowoltaicznej, na podst. [2]

W okresie 10 lat stosowania mechanizmów wsparcia w postaci świadectw pochodzenia według danych TGE [3] powstało 8485 instalacji wytwarzających energię elektryczną ze źródeł odnawialnych, z których tylko 8% w liczbie 461 małych instalacji stanowiły systemy fotowoltaiczne o łącznej mocy ok. 100 MW, 51% były to farmy wiatrowe, a 23% to małe elektrownie wodne. Od 1 lipca 2016 roku obowiązuje system aukcyjny. Dynamiczny wzrost mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych rozpoczął się w 2014 roku (rys.5). Wynika on z dofinansowaniami programów opartych na środkach UE oraz NFOŚiGW. Wielkość mocy fotowoltaicznych elektrowni słonecznych wzrosła od 3,6 MW w 2012 r. do 271,2 MW w 2017 r. [2]. Stanowiła ona w 2016 r. 2,4% mocy osiągalnej elektrowni wykorzystujących OZE [4].

### Podsumowanie

Występujący w przeciągu ostatnich 10 lat spadek produkcji energii przy wzrastającym zużyciu energii pierwotnej pogłębia zależność importową Polski niekorzystną w kwestii bezpieczeństwa energetycznego kraju. W prognozach energetycznych dla Polski przewiduje się wzrost udziału energii odnawialnej w zużyciu energii końcowej oraz wytwarzaniu energii elektrycznej. Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną wymusza inwestowanie w nowe źródła energii elektrycznej, w tym w instalacje fotowoltaiczne. Dzięki wsparciu finansowemu, od 2014 roku następuje gwałtowny wzrost mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych. Obecnie, energia elektryczna produkowana przez instalacje fotowoltaiczne stanowi niewielki procent całości wyprodukowanej energii, jednak dofinansowania oraz coraz większa świadomość społeczeństwa stwarzają szansę na większy udział fotowoltaiki w miksie energetycznym Polski w najbliższych latach.

### Literatura

- [1] <https://ec.europa.eu/eurostat/data>
- [2] <https://www.eurobserv-er.org>
- [3] <https://wysokienapiecie.pl>
- [4] <https://stat.gov.pl>

## Poster nr 9

dr inż. Elżbieta Rybak-Wilusz, mgr. inż. Paweł Kut, inż. Jakub Gargała

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

„Diagnostyka termowizyjna wyznacznikiem jakości budynku”



**POLITECHNIKA  
RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, 1-2 kwietnia 2019 r.

# DIAGNOSTYKA TERMOWIZYJNA WYZNACZNIKIEM JAKOŚCI BUDYNKU

inż. Jakub Gargała, inż. Cezary Jaśkiewicz, dr inż. Elżbieta Rybak-Wilusz, mgr inż. Paweł Kut

Politechnika Rzeszowska, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury, Zakład Ciepłownictwa i Klimatyzacji

## Wprowadzenie

Zmniejszenie zużycia energii, tym samym poprawa efektywności cieplnej budynku wzmacnia bezpieczeństwo dostaw energii oraz obniża koszty. W działaniach zmierzających do poprawy sprawności energetycznej budynków ważną rolę pełni diagnostyka termowizyjna. Badania termowizyjne są narzędziem wykorzystywanym w opracowaniu charakterystyki cieplnej wzniesionych, modernizowanych oraz eksploatowanych obiektów. Pozwalają na ocenę jakości wykonania prac termomodernizacyjnych oraz stanu instalacji budowlanych. W pracy przedstawiono możliwości wykorzystania pomiarów termowizyjnych w budownictwie, wskazano parametry i czynniki warunkujące ich prawidłowy przebieg. Określono wpływ czynników zewnętrznych i warunków środowiskowych na wyniki badań. Wskazano również na rolę prawidłowej interpretacji termogramów w celu wykrycia wad i uszkodzeń izolacji termicznej budynku i wyposażenia technicznego.

## Pomiar termowizyjny i zastosowanie

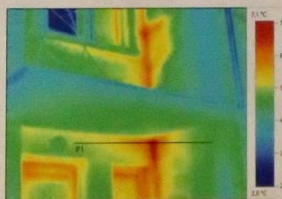
Termowizja jako metoda badawcza polega na bezdotykowej i zdalnej ocenie rozkładu temperatur na powierzchni badanego obiektu. Działanie termowizji opiera się na zapisie i obserwacji rozkładu promieniowania podczerwonego nieprzerwanie pochłanianego, odbijanego i przepuszczanego przez wszystkie ciała. Promieniowanie zamienia się na światło widzialne, uzyskany termogram obrazuje zakres temperatur na danym obiekcie [1].

W budownictwie pomiary termowizyjne wykorzystuje się do diagnostyki stanu cieplnego budynku poprzez badania stanu termicznego przegród budowlanych, w celu wykrycia uszkodzeń izolacji, nieszczelności, mostków cieplnych, które umożliwiają straty ciepła oraz badania przenikania wilgoci w przegrodach. Służą do oceny szczelności okien, drzwi zewnętrznych, umożliwiają badanie stanu cieplnego przewodów i urządzeń oraz ich izolacji termicznej, pozwalają na wykrywanie wad oraz uszkodzeń instalacji budowlanych. Badanie termograficzne jest jakościową oceną badanej powierzchni poprzez pomiar jej temperatury oraz wskazanie zasięgu jej występowania [2] (rys.1).

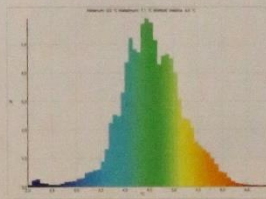
## Czynniki wpływające na pomiar

Czynniki wpływające na wyniki pomiaru: warunki środowiskowe (średnia i spektralna temperatura nieboskłonu [1], promieniowanie słoneczne, prędkość wiatru, temperatura powietrza zewnętrznego i wewnątrz badanych obiektów, wilgotność powietrza, zamglenie) oraz współczynnik emisyjności badanych materiałów [2]. Na stopień dokładności pomiaru temperatury wpływa również kompensacja temperatura odbitej (RTC) [3].

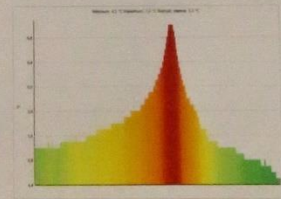
## Przykłady wyników badań termowizyjnych



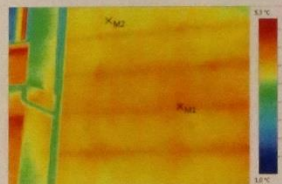
Rys. 1. Termogram przegrody zewnętrznej z mostkami cieplnymi [3]



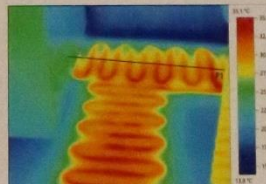
Rys. 2. Udział temperatur w zasięgu liniowym [3]



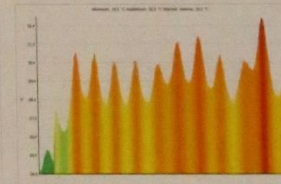
Rys. 3. Rozkład temperatury w rejonie mostka cieplnego



Rys. 4. Termogram izolowanej termicznie przegrody [3]



Rys. 4. Termogram ogrzewania podłogowego [3]



Rys. 6. Rozkład temperatury ogrzewania podłogowego [3]

Badany budynek wzniesiony w latach 70-tych o wysokim współczynniku przenikania ciepła.

Na rys. 1 przedstawiono mostki cieplne: narożnik wewnętrzny, płyta zadaszona, podokiennik oraz infiltracja powietrza na zewnątrz przez nieszczelności okien i drzwi, wysoka prędkość wiatru obniżyła temperaturę płyty. Rys. 2, 3 - przebieg temperatury na powierzchni przegrody zewnętrznej, posadzki z ogrzewaniem podłogowym (rys. 6). Rys. 4 nieprawidłowe wykonanie izolacji cieplnej ściany zewnętrznej.

## Podsumowanie

Diagnostyka termowizyjna pozwala w sposób bezinwazyjny wykryć nieprawidłowości wykonawcze lub uszkodzenia technologiczne. Analiza punktowego lub obszarowego rozkładu temperatur, umożliwiająca identyfikację anomalii technicznych, jest narzędziem wspomagającym ocenę cieplną budynku i jego wyposażenia. Jest przydatna (raport badań) przy odbiorze budynku w zakresie oceny jakości prac termomodernizacyjnych oraz w opracowaniu ekspertyzy z zakresu ochrony cieplnej obiektów budowlanych.

## Literatura

- [1] Nowak H. *Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012
- [2] Mankina W., Gryś S., Dudzik S. *Errors of thermographic measurements - exercises*. 10th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography, July 27-30, 2010, Québec (Canada). <http://dx.doi.org/10.21611/qirt.2010.092>.
- [3] <https://www.testo.com/pl-PL/kamery-termowizyjne/oprogramowanie-irsoft>

# Poster nr 10

dr inż. Piotr Janusz, mgr inż. Mateusz Kosior, inż. Michał Nadstawny  
Akademia Górniczo-Hutnicza

## „Produkcja paliw płynnych z gazu ziemnego: perspektywy i zagrożenia”

### Produkcja paliw płynnych z gazu ziemnego: perspektywy i zagrożenia

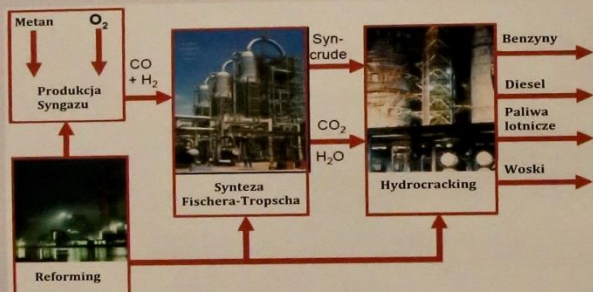
Piotr Janusz<sup>1</sup>, Mateusz Kosior<sup>1</sup>, Michał Nadstawny<sup>1</sup>

<sup>1</sup>AGH w Krakowie, Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu, Aleja Adama Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

#### STRESZCZENIE

Wzrastające wydobycie i konsumpcja gazu ziemnego połączona z doświadczeniami kryzysów energetycznych lat 70 i 80 XX skutkuje chęcią odpowiedzi na pytanie jak zapewnić konsumentom wystarczającą tak pod względem ilościowym jak i jakościowym dostawę energii i paliw płynnych. Jedną z odpowiedzi jest wykorzystanie technologii *Gas-to-liquid* bazującej na znanej od lat 20 XX w. syntezie Fischera-Tropscha. Będąc rozwinięciem technologii produkcji benzyn syntetycznych, stosowanej już w czasie II Wojny Światowej przez III Rzeszę technologia GTL umożliwia produkcję szerokiej gamy benzyn, paliw lotniczych, paliw dieslowskich oraz wosków i metanolu pozbawionych zanieczyszczeń występujących w produktach otrzymywanych z destylacji ropy naftowej. Pomimo znacznych kosztów jakimi charakteryzuje się budowa takich instalacji prowadzone są obecnie prace nad uruchomieniem kolejnych zakładów GTL w różnych częściach Świata. Potencjatami w tej branży są takie kraje jak RPA i Katar ale w przeciągu kilku lat może dołączyć do nich Uzbekistan. Można przyjąć tezę, że kluczem do sukcesu komercyjnego projektów GTL jest posiadanie dostępu do tanich złóż surowca bazowego tj. metanu

#### Schemat funkcjonowania instalacji GTL



Źródło: Opracowanie na podstawie: GTL Update, G Apanel, SRI Consulting, SFE 93580

#### Przegląd największych instalacji GTL na Świecie

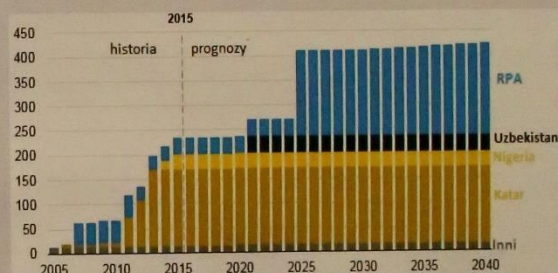
Projekt	Właściciel	Lokalizacja	Rok	Moc produkcyjna
Pearl GTL	Shell & Qatar Petroleum	Katar	2011	140 tys. bbl/d
Mossel Bay GTL	PetroSA	RPA	2004	36 tys. bbl/d
ORYX GTL	SASOL & Qatar Petroleum	Katar	2007	34 tys. bbl/d
Escravos GTL	Chevron	Nigeria	2015	34 tys. bbl/d
Bintulu	Shell, Petronas	Malezja	1993	14,7 tys. bbl/d
Uzbekistan-GTL	Uzbekneftgaz, Sasol, Petronas	Uzbekistan	2019/2020	b.d.

#### Rozwój instalacji małoskalowych GTL a zagospodarowanie gazu ze źródeł i złóż niekonwencjonalnych

Rozwój metod na komercyjne wykorzystanie małych złóż gazowych oraz próby wykorzystania gazów zrzutowych (flare gas) sprzyja poszukiwaniom alternatywnego wykorzystania technologii GTL. Wg. Banku Światowego globalna gospodarka straciła tylko w 2017 około 141 mld m<sup>3</sup> gazu co pokazuje skalę potencjalnego rynku. Zrodziło to pomysł tworzenia mobilnych instalacji mogących obsłużyć klienta „rozproszony” zamiast budowy wielkoskalowych zakładów gazowych zależnych siłą rzeczy od konkretnego konwencjonalnego złoża (*Pearl GTL a „North Field” w Katarze*). W Polsce hipotetyczne zastosowanie mini-GTL'u może mieć miejsce na północy Kraju (*rozwój infrastruktury LNG oraz obecność rafinerii*). Przykładem firm rozwijających technologie mini-GTL są m.in: CompactGTL; Velocys; Greynock.

#### Historyczne i prognozowane dane dotyczące mocy produkcyjnych instalacji GTL na Świecie (tys. bbl/d)

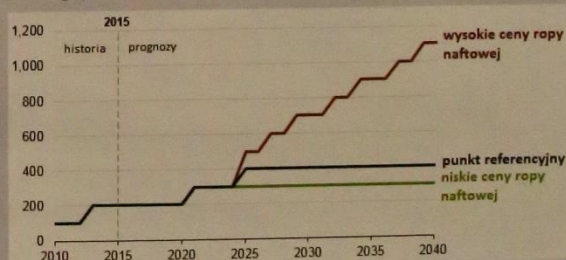
Potencjalny rozwój eksploatacji metanu z hydratów (*badania w Japonii*) oraz dalsze prace nad rozwojem eksploatacji gazu ze złóż niekonwencjonalnych (*rewolucja łupkowa w USA*) może być symptomem dalszego rozwoju technologii GTL oraz pojawienia się nowych graczy na tym rynku.



Źródło: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2017, https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=33192

#### Wpływ cen ropy naftowej na potencjalną produkcję (tys. bbl/d)

Kluczowym czynnikiem rozwoju omawianej technologii będzie cena ropy naftowej i produktów pochodnych jednak należy oczekiwać również wpływu takich czynników jak decyzje polityczne (*konieczność fizycznego zabezpieczenia dostępu do paliw np. paliwa lotniczego*)



Źródło: U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2017, https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=33192

# Poster nr 11

dr inż. Tomasz Włodek, inż. Wojciech Panek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Analiza możliwości wpływu wodoru na pracę systemu przesyłowego gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce”

### ANALIZA MOŻLIWOŚCI WPLYWU WODORU NA PRACĘ SYSTEMU PRZESYŁOWEGO GAZU ZIEMNEGO W PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSCE

dr inż. Tomasz Włodek, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, AGH, e-mail: twlodek@agh.edu.pl  
inż. Wojciech Panek, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, AGH, Kolo Naukowe Nafta i Gaz e-mail: wojciech2panek@gmail.com



#### Wstęp i założenia

W pracy badawczej przeanalizowano hipotetyczny wpływ udziału wodoru w składzie gazu ziemnego na pracę systemu przesyłowego gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce. Badania opierały się na symulacjach dynamicznych, wykonanych w specjalistycznym oprogramowaniu Simone V5. Założono istnienie kawernowego podziemnego magazynu wodoru oraz rozpatrzono dwa warianty jego umiejscowienia. Przeanalizowano tylko fragment polskiego systemu przesyłowego, tzw. „pierścieni północny”. Model sieci, zasilany jest w czterech głównych węzłach – dwoma odpowiadającymi połączeniami z gazociągami Jamalskim, Terminalem LNG oraz punktem reprezentującym magazyn wodoru. Odbiór gazu z sieci odpowiada ok. 75% maksymalnej przepustowości stacji redukcyjnych na poszczególnych punktach wyjścia. Skład gazu wprowadzanego w poszczególnych punktach i jego parametry opisuje Tabela 1.

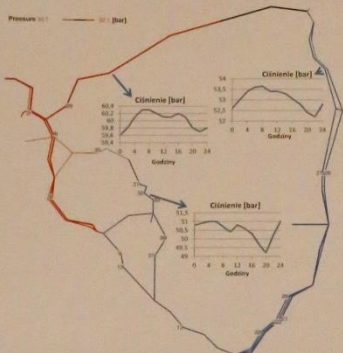
Tabela 1. Skład gazu wprowadzanego w punkty

Terminale LNG		Magazyn	
Składnik	Udział molowy	Składnik	Udział molowy
CH <sub>4</sub>	98,50%	CH <sub>4</sub>	91,50%
N <sub>2</sub>	0,50%	N <sub>2</sub>	0,50%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,00%	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,00%
CO <sub>2</sub>	1,00%	CO <sub>2</sub>	1,00%
		H <sub>2</sub>	15,00%

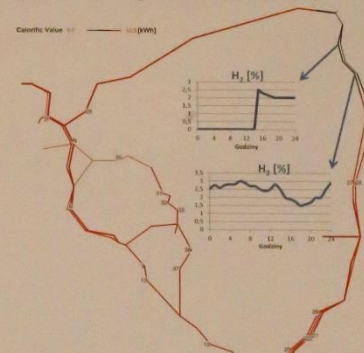
Terminale LNG		Magazyn	
Masa molowa gazu	16,62 kg/mol	Masa molowa gazu	16,62 kg/mol
Gęstość węgla	0,87 MJ/m <sup>3</sup>	Gęstość węgla	0,87 MJ/m <sup>3</sup>
Liczba Wobbe'go	53,53 MJ/m <sup>3</sup>	Liczba Wobbe'go	54,29 MJ/m <sup>3</sup>
Wartość opałowa	35,72 MJ/m <sup>3</sup>	Wartość opałowa	37,35 MJ/m <sup>3</sup>
	9,82 kWh		10,33 kWh

### I scenariusz

Mapa 1. Ciśnienie w sieci w I scenariuszu. Interfejs Simone



Mapa 2. Wartość opałowa gazu w sieci w I scenariuszu. Interfejs Simone



Tabele z kolejno od góry: wartość opałowa [kWh], zawartość metanu [%mol], zawartość etanu [%mol], zawartość wodoru [%mol] w gazie ziemnym w węźle „Gdynia”. Interfejs Simone



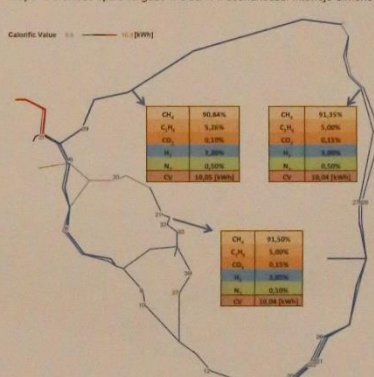
**I Scenariusz**  
W pierwszym scenariuszu założono lokalizację podziemnego magazynu gazu w punkcie „Mecheliniki”. Strumień zasilenia jest sieć w tym punkcie wynosi 90 tys. m<sup>3</sup>/h. Ponadto sieć zasila punkty: Terminal LNG – 400 tys. m<sup>3</sup>/h, Gutorzyn – 200 tys. m<sup>3</sup>/h, Lwówek – 300 tys. m<sup>3</sup>/h. Na Mapie 1 pokazano rozkład ciśnień w sieci. Jego wartość waha się od 50,7 do 62,1 bara. W wybranych punktach pokazano dobową zmianę ciśnienia. W większości przypadków jest ona zależna od zmiany obciążenia sieci w ciągu doby. Na Mapie 2 przedstawiono wartości opałowej gazu ziemnego w sieci. Jej zakres wynosi od 10,3 do 9,0 kWh. W wybranych węzłach pokazano zmianę stężenia wodoru w czasie. Zasięg gazu zawierającego wodor był stosunkowo mały i ograniczył się jedynie do rejonu Trójmiasta. Przez to udział wodoru w punktach gdzie występował on w składzie gazu był wyższy niż w drugim scenariuszu. Analizując zmianę składu i parametrów gazu, co zostało ujęte w tabelach obok Mapy 2., można zauważyć, że większy wpływ na wartość opałową gazu miała zawartość etanu, niż wodoru. Mieszanie się gazów w sieci występowało w sposób przejściowy, lub ciągły – w punktach granicznych stref oddziaływały poszczególne punkty zasilających.

### II scenariusz

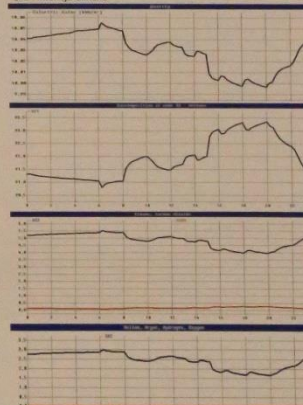
Mapa 3. Ciśnienie w sieci w II scenariuszu. Interfejs Simone



Mapa 4. Wartość opałowa gazu w sieci w II scenariuszu. Interfejs Simone



Tabele z kolejno od góry prezentują: wartość opałową gazu ziemnego [kWh], zawartość metanu [%mol], zawartość etanu [%mol], zawartość wodoru [%mol] w gazie ziemnym w punkcie „Sz” Interfejs Simone



**II Scenariusz**  
W drugim scenariuszu założono lokalizację podziemnego magazynu gazu w punkcie „Goleniów”. Strumień zasilenia sieci w tym punkcie wynosi 90 tys. m<sup>3</sup>/h. Ponadto sieć zasila punkty: Terminal LNG – 400 tys. m<sup>3</sup>/h, Gutorzyn – 200 tys. m<sup>3</sup>/h, Lwówek – 300 tys. m<sup>3</sup>/h. Na Mapie 3 pokazano rozkład ciśnień w sieci, jego wartość waha się od 50,7 do 62,3 bara. W wybranych punktach przedstawiono dobową zmianę ciśnienia. W większości przypadków jest ona zależna od zmiany obciążenia sieci w ciągu doby. Na Mapie 4 pokazano wartość opałową gazu ziemnego w sieci, jej zakres zawiera się między 9,9 do 10,3 kWh. W wybranych punktach pokazano dokładny skład gazu. Umieszczenie magazynu wodoru w niedalekiej odległości od Terminalu LNG sprawiło, że wodor lepiej rozprzodził się po sieci, a jego zawartość w poszczególnych punktach była niższa, niż w przypadku pierwszego scenariusza.

#### Podsumowanie i wnioski

Porównując zaprezentowane hipotetyczne scenariusze można zauważyć zmiany w pracy sieci przesyłowej w zależności od umiejscowienia podziemnego magazynu wodoru. W pierwszym scenariuszu w mniejszej ilości węzłów była widoczna obecność wodoru (10 węzłów), zaś średni udział molowy wynosił 6,8%, co jest stosunkowo wysoką zawartością. W drugim scenariuszu wodor występował w 37 węzłach, zaś jego średni udział molowy wynosił 3%. W pierwszym scenariuszu, mimo dodania nowego punktu zasilenia, w regionie oddalonym od innych punktów zasilających, ciśnienie w punktach w tym rejonie było wyższe w przypadku drugiego scenariusza. Obecność wodoru w tych węzłach w drugim scenariuszu świadczy o tym, że dopływał tam gaz z węzła „Goleniów”, w którym zlokalizowano hipotetyczny magazyn wodoru. Analizując odcinkowy spadek ciśnienia spowodowany przepływem gazu, widoczny jest wpływ udziału wodoru w składzie gazu ziemnego, który nieznacznie zmniejsza spadek ciśnienia. To pozytywne zjawisko może być kluczowe w wyborze lokalizacji ewentualnego magazynu wodoru, zwłaszcza w kontekście projektu Baltic Pipe. Ponadto, w obu scenariuszach, w ciągu 4 dni symulacji, do sieci zostało dodane ok. 8 GWh energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii.

#### Bibliografia

1. Szurlej A, Laciak M, Włodek T, Kuczyński S, Oliński A. Thermodynamic and Technical Issues of Hydrogen and Methane-Hydrogen Mixtures Pipeline Transmission. Energies 2019, 12
2. Kharel S, Shabani B. Hydrogen as a long-term large-scale energy storage solution to support renewables. Energies 2019, 11, 2825
3. M.W. Metana, O.A. (2013). Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues. Denver: National Renewable Energy Laboratory.
4. Maciej Chaczykowski, A. J. (2016). TECHNOLOGIE POWER-TO-GAS W ASPEKTCIE WSPÓŁPRACY Z SYSTEMAMI GAZOWNICZYM. VI Konferencja Naukowo-Techniczna Energetyka Gazowa 2016. Zawiercie

# Poster nr 12

dr Natalia Gerasymchuk

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

„Organizacyjno-ekonomiczne podstawy kształtowania zasobooszczędneho mechanizmu rozwoju kompleksu rolniczoprzemysłowego”



Natalia Gerasymchuk,  
Doktor nauk  
ekonomicznych,  
Katedra Ekonomii

## ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC BASICS OF FORMATION OF RESOURCE-SAVING MECHANISM FOR THE DEVELOPMENT OF AGROINDUSTRIAL COMPLEX

**Main goal:** to create the algorithm and stages of modeling of development of complex long-term programs of resource saving in agro production complex. All material are based on the author theoretical and practical work on the topic in the agricultural enterprises, specifically in the Poltava oblast'. As the result of the evaluation of resource-saving potential was developed the model which helps to realize it with economically noticeable results.

We propose to perform comprehensive analysis of the efficiency of resource saving in agricultural enterprises and particular branches of it (in national or global economy) by the following scheme (Fig. 1).

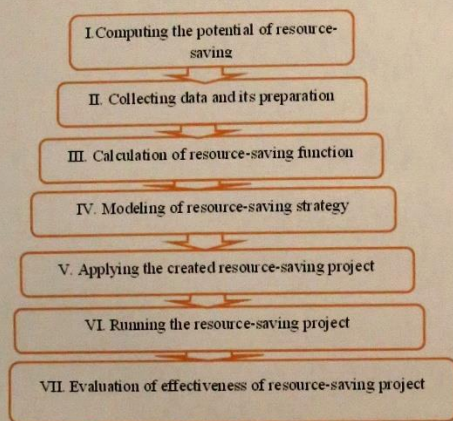


Fig. 1. Scheme of the comprehensive analysis of the efficiency of resource saving in agricultural enterprises

Calculation of resource-saving function of agricultural production aims to analyze the usage of production resources and to identify priority of resource factors according to declining of their usage in the product (Fig. 2)

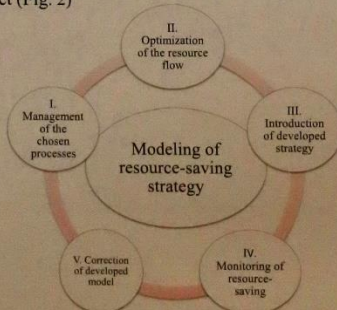


Fig. 2. Algorithm of modeling of resource saving strategy

Defining resource-saving potential is carried out by expert estimates method based on a comparison of the key indicators of the analyzed enterprise with advanced enterprise in the branch or by normative method. Key indicators which form resource-saving potential of the enterprise, are evaluated on a 5-point scale of importance (5 - very high, 4 - high, 3 - average, 2 - low and 1 - very low value).

The proposed Logit-model of resource efficiency of agro industrial complex (AIC) is a logical sequence of identification of resource efficiency in the conditions of limited investment resources, where the model of binary logistic regression contains five indicators of resource efficiency - predictors (coefficients of land capacity, water volume, labor intensity, energy intensity and capital intensity) and one result indicator - a complex indicator of product quality. The vector-gradient of the function P, calculated by the mean value of the parameters, allows choosing the best direction of the development path of a resource-saving economy and avoiding unproductive costs, where the total change in the value of resource conservation by aggregated components (factors) is represented as the sum of partial differential:

$$d\bar{P} = \frac{\partial P}{\partial x_1} dx_1 + \frac{\partial P}{\partial x_2} dx_2 + \dots + \frac{\partial P}{\partial x_n} dx_n$$

where:

$x_1, x_2, x_3 \dots x_n$  are the factors of production;

$Pm1 - Pm2$  - the volume of production.

The proposed mechanism of optimization of investment support required to support the processes of resource saving in AIC on the basis of the technological chain of resource costs allows us to search for the most appropriate areas of resource saving by finding the most dependent on resources factors of production and changing them to resource efficient way. This process is the calculation of the magnitude of the dependent discrete variable for each of the investigated enterprises and assigning it a ranking for the degree of resource efficiency.

Based on the results of calculations, three groups of enterprises were identified that differ in the degree of resource efficiency:  $y_i \in \{1,2,3\}$ , where the rating  $y = 1$  corresponds to a high degree; the rating of  $y = 2$  corresponds to the average degree; the rating of  $y = 3$  corresponds to a low level of resource efficiency.

The practical use of this model due to the synergistic combination of interactive resource efficiency indicators allows to effectively use the mechanism of balanced innovation and resource-saving development in accordance with different stages of production and processing cycles of in the form of controlled flow (diffusion) of various types of resources into the sector with the most effective development, to create optimal conditions for accelerating economic growth.


### Conclusions.

Achieving the goal of the resource-saving is carried out in the production process through the use of innovative activity, the latest technologies, better process control and entrepreneurial incentives. Studies conducted in the enterprises prove the introduction of resource-saving technology provides a reduction in the cost per 1 hectare for the 30% compared with intensive, and the specific costs of work are reduced by 2.3 times, fuel - 1.7 times, mineral fertilizers - 3.7 and protective equipment - 3 times.



# Poster nr 14

mgr inż. Marek Stelmachowicz, dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza  
„Metodologia doboru instalacji fotowoltaicznej”



## Metodologia doboru instalacji fotowoltaicznej

dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz      mgr inż. Marek Stelmachowicz

---

### STRESZCZENIE

W pracy zaprezentowano metodologię doboru instalacji fotowoltaicznej (PV) w kontekście praktycznego projektowania i wykonawstwa mikroinstalacji domowych. W związku z powyższym:

- zdefiniowano istotne terminy związane z tematem opracowania,
- scharakteryzowano rodzaje mikroinstalacji,
- zidentyfikowano i dokonano typologizacji czynników wpływających na dostosowanie mocy instalacji fotowoltaicznej.

### WPROWADZENIE

Stosowanie mikroinstalacji OZE (tj. instalacje do 50kW) pozwala ograniczyć niekorzystny wpływ podwyżek cen energii elektrycznej na wydatki gospodarstw domowych oraz w przypadku instalacji off-grid na uniezależnienie się częściowe bądź całkowite od krajowej sieci energetycznej. Mikroinstalacje PV stają coraz popularniejsze m.in. za sprawą dopłat z UE, które to skracają okres zwrotu inwestycji. Odpowiedni dobór parametrów instalacji do specyfiki potrzeb klienta jest kluczowym elementem mającym wpływ na opłacalność inwestycji.

### METODOLOGIA

Obecnie można wyróżnić dwa główne typy mikroinstalacji PV:

- On-grid - instalacja PV podłączona do krajowej sieci energetycznej. Nie ma konieczności stosowania akumulatorów do magazynowania nadmiaru energii, ale w przypadku braku zasilania z sieci nie działa również instalacja PV (instalacja On-grid nie może stanowić niezawodnego, alternatywnego źródła zasilania budynku). Nadmiar energii jest przekazywany do sieci za pośrednictwem licznika sprzęgającego. Przy instalacji do 10kWp za każdą oddaną 1kWh do sieci można odebrać w cyklu rocznym 0,8kWh (dla instalacji >10kWp odebrać można 0,7kWh) - w przypadku nie wykorzystania nadmiaru energii z 31 grudnia "rezerwa"
- Off-grid - instalacja PV nie jest podłączona do krajowej sieci energetycznej. Jest konieczności magazynowania energii dla zapewnienia ciągłości działania urządzeń (zwiększa to koszty instalacji). Układy podłączone do instalacji PV działają niezależnie od sieci krajowej.

Rys.1. Uproszczony model mikroinstalacji.



Zródło: Opracowanie własne.

### Zakres i metoda badań

Celem artykułu było stworzenie modelu obrazującego optymalny sposób doboru mikroinstalacji fotowoltaicznych (możliwych do stosowania w realiach rynkowych podmiotów). W tym kontekście w opracowaniu zdecydowano się na przeanalizowanie danych dostępnych w literaturze przedmiotu. Szczególnie interesujące okazały się wyniki analiz wywiadów pogłębiorym przeprowadzonych z zawodowymi instalatorami oraz instruktorami implementującymi rozwiązania OZE na terenie województwa podkarpackiego.

### WYNIKI BADAŃ

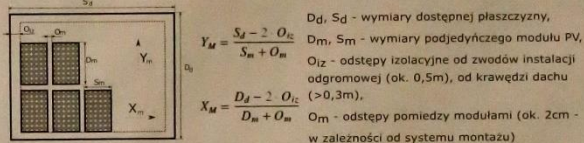
Określenie rocznego zużycia energii elektrycznej ( $E_k$ ) jest kluczowe dla optymalnego oszacowania wielkości instalacji PV. W praktyce oszacowanie odbywa się na podstawie rocznego zużycia energii w kWh lub opłat za energię elektryczną. W przypadku nowych budynków sumuje się szacunki poboru energii przez poszczególne urządzenia w obiekcie.

W przybliżeniu dla instalacji do 10kWp na każdą użytą rocznie 1kWh energii dobiera się ok.1,25 Wp mocy instalacji PV.

Moc instalacji PV nie powinna przekraczać mocy przyłączeniowej do budynku (ustalonej z zakładem energetycznym) - dotyczy instalacji On-Grid

Rozpoznając fizyczne możliwości montażu mikroinstalacji należy uwzględnić dostępną powierzchnię i jej rodzaj. Na instalacje zamontowane na gruncie lub/i budynkach gospodarczych nałożony jest 23% podatek VAT. Warto zauważyć, iż w przypadku instalacji na budynku mieszkalnym stawka podatku VAT jest niższa (wynosi 8%). Konkludując: rodzaj powierzchni istotny jest przy określeniu kosztów mocowania paneli. Mocowanie na dachu z dachówką ceramiczną będzie trudniejsze i bardziej czasochłonne od montażu na pokryciu z blachy falistej. Wielkość dachu również może determinować dostępną moc mikroinstalacji ze względu na ilość możliwych

Rys.3. Obliczanie ilości modułów PV na dostępnej powierzchni dachu.



$Y_M = \frac{S_d - 2 \cdot O_I}{S_m + O_m}$   
 $X_M = \frac{D_d - 2 \cdot O_I}{D_m + O_m}$

$S_d, D_d$  - wymiary dostępnej płaszczyzny,  
 $D_m, S_m$  - wymiary pojedynczego modułu PV,  
 $O_I$  - odstęp izolacyjny od zwodów instalacji odgromowej (ok. 0,5m), od krawędzi dachu (>0,3m),  
 $O_m$  - odstęp pomiędzy modułami (ok. 2cm - w zależności od systemu montażu)

Zródło: Opracowanie na podstawie "Czy jest fotowoltaika?" Europejski Fundusz Rozwoju wsi wiejskiej

Analiza nasłonecznienia związana jest: z ustawieniem powierzchni paneli względem stron świata, położeniem geograficznym instalacji, kątem nachylenia powierzchni względem ziemi oraz uwzględnieniem występowania możliwych przeszkód zaciemniających (drzewa, kominy, budynki). Często stosuje się do analizy nasłonecznienia specjalne programy komputerowe.

Rys.4. Uzyski z paneli PV ustawionych względem idealnego kąta (90 stopni) padania promieni słonecznych

Lato	Południe									Wschód			
	270°	255°	240°	225°	210°	195°	180°	165°	150°	135°	120°	105°	90°
Początek	50%	70%	78%	75%	65%	48%	30%	15%	8%	5%	3%	2%	1%
50%	60%	75%	82%	81%	70%	52%	35%	18%	10%	6%	4%	3%	2%
60%	65%	80%	84%	83%	72%	55%	38%	20%	11%	7%	5%	4%	3%
70%	68%	82%	85%	84%	74%	58%	40%	22%	12%	8%	6%	5%	4%
80%	70%	83%	86%	85%	76%	60%	42%	24%	13%	9%	7%	6%	5%
90%	72%	84%	87%	86%	78%	62%	44%	26%	14%	10%	8%	7%	6%
100%	74%	85%	88%	87%	80%	64%	46%	28%	15%	11%	9%	8%	7%
110%	76%	86%	89%	88%	82%	66%	48%	30%	16%	12%	10%	9%	8%
120%	78%	87%	90%	89%	84%	68%	50%	32%	17%	13%	11%	10%	9%
130%	80%	88%	91%	90%	86%	70%	52%	34%	18%	14%	12%	11%	10%
140%	82%	89%	92%	91%	88%	72%	54%	36%	19%	15%	13%	12%	11%
150%	84%	90%	93%	92%	90%	74%	56%	38%	20%	16%	14%	13%	12%
160%	86%	91%	94%	93%	92%	76%	58%	40%	21%	17%	15%	14%	13%
170%	88%	92%	95%	94%	94%	78%	60%	42%	22%	18%	16%	15%	14%
180%	90%	93%	96%	95%	96%	80%	62%	44%	23%	19%	17%	16%	15%

Zródło: Opracowanie na podstawie "Czy jest fotowoltaika?" Europejski Fundusz Rozwoju wsi wiejskiej

Wybór typu paneli fotowoltaicznych dostępnych na rynku uzależniony jest głównie od budżetu. Panele o wyższej wydajności pozwalają na uzyskanie większej mocy z danej powierzchni. Moduły monokrystaliczne są droższe i pozwalają na uzyskanie lepszych efektów przy świetle rozproszonym. Panele polikrystaliczne są tańsze i przez to popularniejsze. Producenci stosują wiele rozwiązań poprawiających efektywność ogniw słonecznych z których zbudowane są moduły PV. Obecnie dostępne są moduły kolorowe, a nawet przezroczyste. Spadek sprawności paneli w czasie wynosi około 0,7% na rok i należy ten parametr uwzględnić w kalkulacjach.

Dobór inwertera uzależniony jest od typu instalacji, jej wielkości, możliwości monitorowania instalacji. Projektując instalację uwzględnić należy nadmiarowość jego mocy (moc maksymalna modułów PV nie jest osiągalna w strefie klimatu umiarkowanego). Dobierając inwerter konieczne należy uwzględnić współczynniki temperaturowe napięcia i prądu, gdyż na ich podstawie oblicza się liczbę i sposób połączenia modułów PV.

---

### WNIOSKI

- Zaprojektowanie instalacji fotowoltaicznej wymaga uwzględnienia wielu czynników. Najbardziej czasochłonne jest określenie miejsca i sposobu montażu oraz dobranie inwertera.
- Inwestycje w OZE są długoterminowe (zwrot inwestycji szacowany jest najczęściej 8-10lat). Rozwój instalacji PV stymulują dotacje z UE sprawiając, że dla końcowego klienta okres zwrotu skraca się do kilku lat. Zmienność polskiego prawa również należy brać pod uwagę przy planowaniu inwestycji.
- Mikroinstalacja powinna być dobrana pod kątem ilości konsumowanej energii elektrycznej. Nadprodukcja energii przepada w rozliczeniu rocznym.

### BIBLIOGRAFIA

1. Gwóźdź B., Instalacja fotowoltaiczna, Olsztyn: Agencja Energetyka i s.c., Warszawa 2012.
2. Dyrektywę 2002/77/WE w sprawie wspierania profilaktyki energii ze źródeł odnawialnych.
3. Ustawę dnia 20 Sierpnia 2013 r. o odnawialnych źródłach energii: <http://www.dziennikustaw.gov.pl/du/2013/01/476/>.
4. Główny Urząd Statystyczny, Instalacje fotowoltaiczne, Instalacje, Ene Investment, 2013.
5. Szmidt M., Optymalizacja metody doboru inwertera do systemu fotowoltaicznego do sieci, Model. Comparison of inverter and energy in agriculture, Lublin 2014.
6. <http://open.pj.edu.pl/handle/11054/1042>
7. <https://cda.pl/2018/09/04/dobor-instalacji-fotowoltaicznej/>

# Poster nr 15


mgr Jan Polaszczyk

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza,


Karolina Markiewicz

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Analiza zastosowania wybranych stopów przewodników elektrycznych w sieciowej energetyce wysokonapięciowej Grupy Wyszehradzkiej”




**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA




**Bezpieczeństwo energetyczne**  
filary i perspektywa rozwoju

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
W KRAKOWIE



### ANALIZA ZASTOSOWANIA WYBRANYCH STOPÓW PRZEWODNIKÓW ELEKTRYCZNYCH W SIECIOWEJ ENERGETYCE WYSOKONAPIĘCIOWEJ GRUPY WYSZEHRADZKIEJ



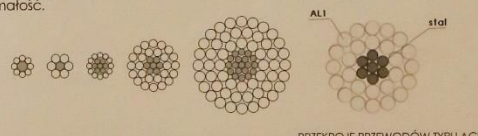
**Przesyłowe sieci elektroenergetyczne** to podstawowy element każdej krajowej strategicznej infrastruktury energetycznej. Transmisja dużej ilości energii elektrycznej w krótkim czasie wiąże się z wyzwaniami zarówno technologicznymi, jak np. możliwości przewodzenia prądu przez materiały, jak i zagadnieniami związanymi z zarządzaniem podażą energii, ciągłością dostaw, czy nawet awariami typu blackout. Ciągłe monitorowanie stanu sieci oraz szybka reakcja w sytuacji awaryjnej jest nieodłączną częścią kryzysowego zarządzania dostępem do energii. Możliwość produkcyjne mogą zostać jedynie wykorzystane w sytuacji dostępności odpowiedniej infrastruktury przesyłowej, co stanowi o dużej wadze jakości systemu dystrybucji energii.

**CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁOWA WYBRANYCH PRZEWODÓW FAZOWYCH**

Popularnymi przewodami fazowymi stosowanymi w elektroenergetyce wysokonapięciowej jest przewód ACSR i AAAC. Jedną z pierwszych linii żył pierwowzoru typu powstała w 1913 roku o nazwie Big Creek Line i miała długość 386 km. Na rynek wprowadzono przewody ze stopowego aluminium w latach 60 XX wieku ze względu na problemy eksploatacyjne jakie wynikały ze stosowania żył stalowo-aluminiowych. Scharakteryzowane przewody są żyłami trzeciej i czwartej generacji.

**PRZEWODY ACSR**

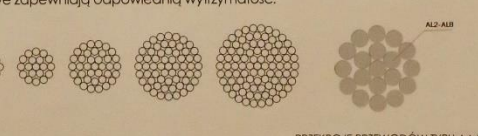
ACSR (ang. Aluminium Conductor Steel Reinforced) z ocynkowanym rdzeniem stalowym. Warstwa na stali ma charakter antykorozyjny, dodatkowo jest ona pokryta smarem. Przewód jest skręcony współosiowo z okrągłych drutów. Przewodnikami są okrągłe druty aluminiowe (typ AL1). Ze względu na niską gęstość wtasową, aluminium ma dużą podatność do pęcznienia, szczególnie w warunkach obciążenia czy sadzi. Z tego powodu stosuje się nieprzewodzący rdzeń stalowy jako materiał nośny, dzięki niemu cechą charakterystyczną przewodu jest duża wytrzymałość.



PRZĘKROJE PRZEWODÓW TYPU ACSR

**PRZEWODY AAAC**

AAAC (ang. All Aluminium Alloy Conductor). Przewody te wykonywane są ze stopowego aluminium (AlMgSi), charakteryzują się jednorodnością. Gatunkiem aluminium zastosowanym w tego typu żyłach jest AL2-AL8. Żyły ze stopowego aluminium stanowią elektromechaniczny odpowiednik dla żył aluminiowo-stalowych. Posiadają wysoką odporność korozyjną, są lekkie, a dodatkowo zapewniają odpowiednią wytrzymałość.



PRZĘKROJE PRZEWODÓW TYPU AAAC

Zarządzanie popyłem na energię (DSR – demand side response) to działania typu down-up inicjowane przez jednostki odpowiedzialne za strategiczny rozdział i dystrybucję energii elektrycznej. Polega na ograniczeniu zużycia energii przez konsumentów w momentach szczyłowego zapotrzebowania. Prowadzi to do utworzenia negawatów (negawatts, Lovins A., 1989), czyli jednostek oszczędności energii. Ten sposób zarządzania popyłem prowadzi do zwiększenia wykorzystania potencjału już istniejących mocy produkcyjnych energii elektrycznej, co w dalszej konsekwencji prowadzi do uniknięcia konieczności ich zwiększania i w końcu – finansowych oszczędności całego sektora.

Strategiczne ujęcie podaży energii sprzeczne jest do dwóch czynników: wyprodukowania jej dostatecznej ilości oraz możliwości jej dostarczenia do odbiorców – sprawności systemu transmisyjnego. Pomimo istnienia wystarczających możliwości produkcyjnych brak odpowiedniej, sprawnej infrastruktury uniemożliwia rzeczywisty przesył energii elektrycznej. Nowoczesne rozwiązania materiałowe pozwalają na dystrybucję prądu na duże odległości i w zależności od napięcia – jego dużej ilości.

Skuteczne, zaplanowane zarządzanie dwoma stronami rynku – popyłową i podażową, prowadzi do eliminacji krytycznych, szczyłowych zapotrzebowań na energię elektryczną oraz do jej sprawnej, efektywnej dystrybucji – co stanowi o wysokiej stolności działań regulatorów rynku.

**NAPOWIETRZNE LINIE ENERGETYCZNE**

BEZPIECZEŃSTWO

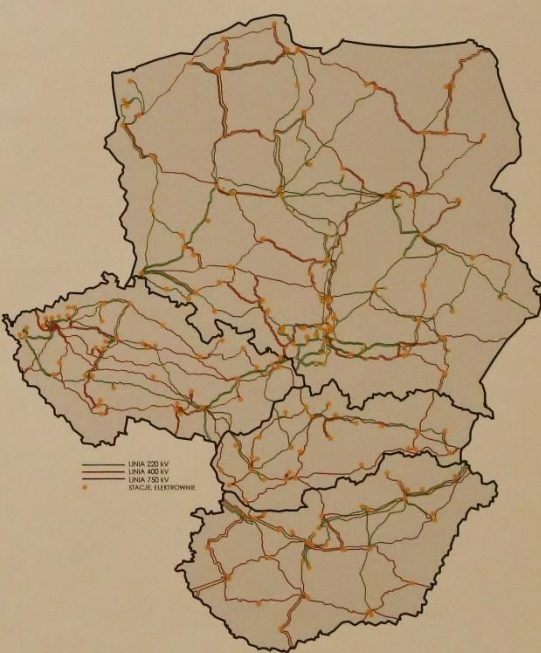
WYDAJNOŚĆ

BEZAWARYJNOŚĆ

ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ

EKOLOGIA

**MAPA GRUPY WYSZEHRADZKIEJ PRZEDSTAWIAJĄCA ROZŁOŻENIE LINII NAPOWIETRZNYCH WYSOKIEGO NAPIĘCIA**



— LINIA 220 kV  
— LINIA 400 kV  
— SIACIE TERYTORIALNE

Najwyższe napięcia:	Polska		Czechy		Słowacja		Węgry	
	ilość linii	łączna długość [km]	ilość linii	łączna długość [km]	ilość linii	łączna długość [km]	ilość linii	łączna długość [km]
750 kV	1	114	0	0	0	0	2	268
400 kV	102	6826	69	3479	32	2 138	27	1735
220 kV	164	7755	32	1909	42	826	29	1188
suma	266	14581	101	5388	74	2964	56	2923

źródło: PSE, ČEPS, SEPS, MAVIR

**Autorzy: Karolina Markiewicz, Jan Polaszczyk**


Podziękowania dla prof. dr hab. inż. Tadeusza Knychy za przekazaną wiedzę i materiały



# Poster nr 16

inż. Wioleta Zwierzykowska, inż. Jarosław Sołtyk, inż. Patryk Bęben  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

„Jest rok 2020 nastąpiła awaria techniczna gazociągów w Norwegii, spadek wydobycia gazu w Holandii oraz wojna domowa w Katarze”



**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
 im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA  
 Aleja Powstańców Warszawy 12.  
 35-959 Rzeszów

## Co by było gdyby...?

### „Jest rok 2020...nastąpiła awaria techniczna gazociągów w Norwegii, spadek wydobycia gazu w Holandii oraz wojna domowa w Katarze.”

#### Streszczenie


Problematyka tematu skłania do przemyśleń dotyczących rynku gazu państw Unii europejskiej. Podstawowe pytanie, które inspiruje podjęte rozważania, odnosi się do tego czy państwa zagrożone od strony energetycznej są w stanie wdrożyć odpowiednie działania antykrzysowe.

Niemcy, Belgia, Francja, Hiszpania, Wielka Brytania oraz Włochy to państwa najbardziej narażone na zachwianie bezpieczeństwa energetycznego w postaci ograniczonych dostaw gazu, będące konsekwencją zdarzeń zawartych w temacie.

Czy biorąc pod uwagę rozbudowaną infrastrukturę gazociągów znajdujących się na obszarze Unii Europejskiej, terminali ciekłego gazu ziemnego (LNG) oraz podziemnych magazynów gazu, państwa dotknięte deficytem paliwa gazowego są w stanie podjąć odpowiednie działania?

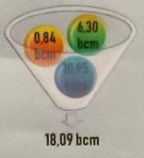
Całość rozważań jest osadzona na teoretycznych ramach ogólnodostępnych raportów zawierających informacje o rynku energii.

#### Belgia




Magazyny: 0,84 bcm  
 Terminale LNG: 6,30 bcm  
**Braki: 14,03 bcm**

Kraj importu: Francja  
 Punkt: Alveringem  
 Maksymalna przepustowość: 10,95 bcm  
 Aktualne wykorzystanie: 0 bcm  
 Dodatkowy przesył: 10,95 bcm




14,03 bcm < 18,09 bcm

#### Niemcy



Magazyny: 26,64 bcm  
 Terminale LNG: brak  
**Braki: 50,27 bcm**

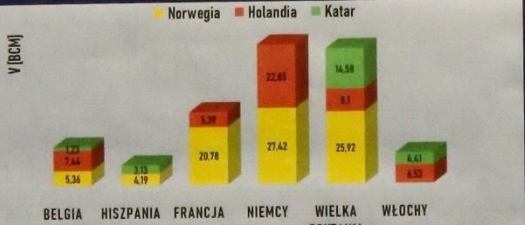
Kraj importu	Punkt	Maksymalna przepustowość	Aktualne wykorzystanie	Dodatkowy przesył
Austria	Oberkappel	7,30	0,92	6,38
Austria	Überackarn	7,30	2,18	5,12
Czechy	Hora Svaté Kateriny	7,30	0,54	6,76
Czechy	Waidhaus	32,85	27,35	5,50
Dania	Ellund	1,10	0,53	0,57
Rosja	Mallnow	33,00	29,45	3,55



50,27 bcm < 54,52 bcm

**Komentarz**  
 Niemcy aby zapobiec konsekwencji wynikającej z deficytu gazu wywołanego kryzysem muszą nawiązać dodatkową współpracę z Austrią, Czechami, Danią oraz Rosją.


#### Podsumowanie deficytu



Państwa	Holandia [bcm]	Norwegia [bcm]	Katar [bcm]	Suma braków [bcm]
Belgia	7,44	5,36	1,23	14,03
Hiszpania	-	4,19	3,13	7,32
Francja	5,39	20,78	-	26,17
Niemcy	22,85	27,42	-	50,27
Wielka Brytania	8,10	25,92	14,58	48,60
Włochy	6,53	-	4,41	10,94

#### Państwa niezależne od dodatkowego przesyłu gazociągami


#### Francja



Magazyny: 13,78 bcm  
 Terminale LNG: 23,80 bcm  
**Braki: 26,17 bcm**

26,17 bcm < 37,58 bcm


#### Hiszpania



Magazyny: 3,19 bcm  
 Terminale LNG: 48,30 bcm  
**Braki: 7,32 bcm**

7,32 bcm < 51,49 bcm

#### Włochy




Magazyny: 19,20 bcm  
 Terminale LNG: 10,50 bcm  
**Braki: 10,94 bcm**

10,94 bcm < 29,70 bcm

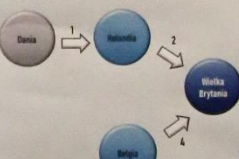
**Komentarz**  
 Poprzez spadek wydobycia gazu w Holandii oraz awarię techniczną gazociągów w Norwegii, Francja, Hiszpania oraz Włochy narażone są na braki w przesył gazu. Analizując wyżej wymienione informacje można stwierdzić, że państwa zapobiegają kryzysowi dzięki skorzystaniu z własnych magazynów gazów i terminali LNG.

#### Wielka Brytania



Magazyny: 5,20 bcm  
 Terminale LNG: 33,60 bcm  
**Braki: 48,60 bcm**

Punkt/gazociąg	Maksymalna przepustowość	Aktualne wykorzystanie	Dodatkowy przesył
1 Nogat	11,68	0,21	0,33
2 Bacton	18,25	0	0,33
3 Eynatten/Raeren	11,68	4,10	4,21
4 Zeebrugge/Interconnector	30,00	3,20	8,27

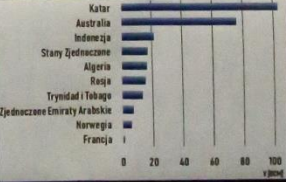


48,60 bcm > 47,40 bcm

**Komentarz**  
 Po przeprowadzonej analizie infrastruktury gazociągowej, przesył gazu jest możliwy tylko przez kraje pośrednie. Odmienne wartości znajdują się w kolumnie „dodatkowego przesyłu” wynikają z określonej drogi przepływu gazu, maksymalnej przepustowości interkonektorów a przede wszystkim aktualnego wykorzystywania.

#### Eksporterzy LNG

Załączony wykres przedstawia najważniejszych eksporterów ciekłego gazu ziemnego. Kraje korzystające z terminali LNG mogą zaopatrzyć się w gaz ziemny, m.in. z Austrii, Indonezji, USA, Algierii, Rosji, Zjednoczonych Emiratów Arabskich czy Francji. Odwołując się do tematu Katar jest wykluczony z dostaw gazu ziemnego poprzez terminale LNG z uwagi na fakt, że nastąpiła w nim wojna domowa.



#### Wnioski

Kraje posiadające dobrze rozwiniętą infrastrukturę terminali LNG oraz magazynów, tj.: Francja, Hiszpania i Włochy, są najbardziej odporne na kryzys wynikający z ograniczonej ilości dostaw gazu z zewnątrz.

Przeprowadzona analiza sieci gazociągów i interkonektorów wykazała, że są możliwe działania zapobiegające sytuacji kryzysowej związanej z deficytem gazu. Działaniami zapobiegawczymi są: zwiększenie poziomu wykorzystania infrastruktury gazowej i pozyskiwanie nowych eksporterów gazu.

Zaproponowany plan działania sprawdził się stu procentowo w przypadku Belgii i Niemiec. Natomiast doprowadzona ilość gazu do Wielkiej Brytanii jest niewystarczająca do pokrycia deficytu gazu (brak na poziomie 120 bcm).

**Autorzy:**  
 inż. Bęben Patryk, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza  
 inż. Sołtyk Jarosław, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza  
 inż. Zwierzykowska Wioleta, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

**Kontakt:**  
 patrykbenben@poczta.onet.pl  
 jareksołtyk6@interia.pl  
 wioleta.zet@gmail.com

Materiały pomocnicze  
 www.iea.org  
 www.eurlex.europa.eu

# Poster nr 17

inż. Wojciech Filek, inż. Justyna Płotek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Porównanie właściwości elektrochemicznych materiałów anodowych na bazie związków molibdenu dla ogniw typu Na-ion”

### PORÓWNANIE WŁAŚCIWOŚCI ELEKTROCHEMICZNYCH MATERIAŁÓW ANODOWYCH NA BAZIE ZWIĄZKÓW MOLIBDENU DLA OGNIW TYPU NA-ION.

Wojciech Filek, Justyna Płotek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Wodnorodnej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Hydrogenium

#### WPROWADZENIE

Baterie litowe zrewolucjonizowały rynek magazynowania energii. Znajdują one zastosowanie w wielu dziedzinach (m.in. w elektromobilności, przenośnej elektronice) ze względu na wysoką pojemność oraz napięcie. W związku z malejącymi zasobami litu i rosnącą ceną poszukiwane są inne sposoby akumulacji energii. Przykładem alternatywy mogą być baterie sodowe. Działają one, podobnie do ogniw litowych w oparciu o zasadę interkalacji, tzn. odwracalnego wbudowywania jonów Na<sup>+</sup> w strukturę elektrody. Dla baterii sodowych zostało już opracowane wiele materiałów katodowych, jednak prace nad materiałem anodowym wciąż trwają, co uniemożliwia rozwój ogniw Na-ion na dużą skalę. Najpopularniejszy materiał działający jako elektroda ujemna w ogniwach litowych - grafit, nie interkaluje właściwie jonów sodu w swoją strukturę. W związku z tym poszukiwane są inne materiały mogące pełnić tą rolę. W pracy przedstawiono wyniki badań nad materiałami anodowymi o wzorach MoS<sub>2</sub> oraz MoO<sub>3</sub>.

Rys. 1. Schemat interkalacji

#### METODOLOGIA

Tlenek oraz siarczek molibdenu uzyskano dwoma metodami: hydrotermalną oraz wysokotemperaturową. Pozwoliło to na analizę i porównanie właściwości materiału w zależności od metody otrzymywania.

Synteza hydrotermalna odbywała się w autoklawie. Substratami do syntezy MoS<sub>2</sub> były woda, molibdenian amonu, tiomocznik. Natomiast do syntezy MoO<sub>3</sub> użyto wody, molibdenianu amonu oraz węgla o dużym rozwinięciu powierzchni.

Synteza wysokotemperaturowa odbywała się w piecu rurowym. Substratami do syntezy MoS<sub>2</sub> były tlenek molibdenu oraz siarka. Natomiast MoO<sub>3</sub> otrzymano w wyniku rozkładu molibdenianu amonu w wysokiej temperaturze.

Badanie właściwości strukturalnych przeprowadzono metodą dyfrakcji rentgenowskiej.

Parametry elektrochemiczne określono przy pomocy dwóch metod badawczych: woltamperometrii (pomiar napięcia prądu przy zmianach napięcia oraz cyklowania (cykliczne ładowanie i rozładowanie ognia przy zadanym prądzie).

#### DYFRAKCJA RENTGENOWSKA

Na wykresach 1 i 2 przedstawiono dyfraktogramy proszków syntezowanych materiałów w porównaniu do danych z karty charakterystyki związku. Pokazują one intensywność dyfrakcji promieniowania X w zależności od kąta padania promieni.

Wyk. 1. Obraz XRD uzyskany dla MoS<sub>2</sub> syntezowanego metodą hydrotermalną oraz metodą wysokotemperaturową w porównaniu z danymi z karty charakterystyki MoS<sub>2</sub>. ICDS card no. 01-077-1316.

Wyk. 2. Obraz XRD uzyskany dla MoO<sub>3</sub> syntezowanego metodą hydrotermalną oraz metodą wysokotemperaturową.

#### WOLTAMPEROMETRIA

Wykresy 3 i 4 przedstawiają pomiar zmian natężenia prądu przepływającego przez elektrodę w funkcji przyłożonego do tej elektrody napięcia. Prędkość zmian napięcia była stała w czasie trwania jednego cyklu.

Wyk. 3. Zróżnicowane krzywe woltamperometryczne MoS<sub>2</sub>.

Wyk. 4. Zróżnicowane krzywe woltamperometryczne MoO<sub>3</sub>.

#### CYKLOWANIE

##### MoS<sub>2</sub>

Wyk. 5. Krzywe ładowania i rozładowania Na/Na<sup>+</sup>/MoS<sub>2</sub>/hydro.

Wykresy 5 oraz 6 obrazują zmiany napięcia w funkcji pojemności podczas cykli ładowania i rozładowania ogniw złożonych z siarczku molibdenu oraz sodowej przewodzącej Wykres numer 7 przedstawia zależność pojemności ogniw w funkcji numeru cyklu. Ogniw z materiału uzyskanym metodą hydrotermalną były poddane działaniu prądu o natężeniu C/10, C/5, C/2, 1C (wartość 1C odpowiada natężeniu przy którym ogniwko rozładowuje się w ciągu godziny). Z każdym kolejnym cyklem maleje zdolność ogniw do magazynowania energii oraz wraz ze wzrostem prądu rośnie jego sprawność kulombowska. Ogniwko z materiałem uzyskanym w syntezie wysokotemperaturowej było ładowane bardzo niskim prądem, co wpływa na stabilność pracy i w przybliżeniu stałą pojemność w funkcji numeru cyklu.

Wyk. 6. Krzywe ładowania i rozładowania Na/Na<sup>+</sup>/MoS<sub>2</sub>/HT.

Wyk. 7. Zależność pojemności od numeru cyklu.

##### MoO<sub>3</sub>

Wyk. 8. Krzywe ładowania i rozładowania Na/Na<sup>+</sup>/MoO<sub>3</sub>/hydro.

Wykresy 8 oraz 9 obrazują zmiany napięcia w funkcji pojemności podczas cykli ładowania i rozładowania ogniw złożonych z tlenku molibdenu oraz sodowej przewodzącej Wykres 10 przedstawia zależność pojemności ogniw w funkcji numeru cyklu. W celu ułatwienia analizy właściwości elektrochemicznych na poszczególnych wykresach przedstawiono wyniki z pominięciem pierwszego cyklu. Podobnie jak w przypadku ogniw z MoS<sub>2</sub>, można zaobserwować spadek pojemności wraz ze zmianą natężenia prądu. Interesującym zjawiskiem jest nawet kulombowe obniżenie ilości zmagazynowanej energii po pierwszym rozładowaniu.

Wyk. 9. Krzywe ładowania i rozładowania Na/Na<sup>+</sup>/MoO<sub>3</sub>/HT.

Wyk. 10. Zależność pojemności od numeru cyklu.

#### WNIOSKI

- Zsyntezowano oczekiwane materiały.
- Dla MoS<sub>2</sub> uzyskano podobny potencjał pik anodowego i katodowego, co świadczy o odwracalności procesu. W przypadku MoO<sub>3</sub> otrzymuje się jedynie pik redukcji.
- Materiały uzyskane metodą hydrotermalną wykazują lepsze działanie niż odpowiednie materiały uzyskane metodą wysokotemperaturową.
- Większą pojemność można odnotować dla MoS<sub>2</sub> (poza pierwszym cyklem).
- Wzrost natężenia prądu, a więc szybkości ładowania i rozładowania ogniw wpływa niekorzystnie na jego zdolność magazynowania energii.

Składamy serdeczne podziękowania dr inż. Andrzejowi Kulce, mgr inż. Katarzynie Redel, mgr inż. Katarzynie Walczak oraz prof. dr hab. inż. Janinie Molendzie za okazane wsparcie merytoryczne podczas badań. Badania przedstawione w pracy zostały sfinansowane ze środków Narodowego Centrum Nauki w ramach grantu o numerze UMO 2016/21/D/ST/01658.

# Poster nr 18

inż. Alicja Bednarczyk, inż. Aleksandra Górniewicz

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Materiał katodowy Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> o strukturze tunelowej do ogniw Na-ion”

### Materiał katodowy Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> o strukturze tunelowej do ogniw Na-ion

Alicja Bednarczyk, Aleksandra Górniewicz,  
AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Wodorowej, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

#### WPROWADZENIE

Sodowe ogniwa typu Na-ion to odwracalne ogniwa elektrochemiczne, których podstawowe zasady działania są identyczne jak w przypadku powszechnie stosowanych ogniw typu Li-ion. Funkcjonowanie ogniw litowych i sodowych oparte jest na zjawisku interkalacji/deinterkalacji, czyli na wprowadzaniu jonów sodu w strukturę materiału interkalowanego, który nie ulega zasadniczym zmianom w swojej strukturze krystalicznej. Ciągły rozwój nowych technologii wiąże się ze wzrostem popytu na akumulatory litowe, a w związku z tym na ograniczone zasoby litu, co wpływa na wzrost cen tego surowca. Ze względów ekonomicznych prowadzone są badania nad akumulatorami typu Na-ion, ponieważ sód jest czwartym najbardziej rozpowszechnionym pierwiastkiem na Ziemi oraz ma bardzo zbliżone właściwości fizykochemiczne do litu.

#### METODYKA

#### STRUKTURA

W programie Vesta wykonano model 3D komórki elementarnej. Korzystając ze skaningowego mikroskopu elektronowego otrzymano zdjęcia SEM powierzchni materiału oraz oznaczono przybliżone wielkości ziaren.

#### PREPARATYKA WARSTW MATERIAŁU KATODOWEGO

**Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub>**

Zestawienie mas poszczególnych komponentów materiału katodowego bazującego na Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> z węglem amorficznym i grafitem.

Nazwa substancji	Masa [mg]
Na <sub>4,32</sub> Mn <sub>9</sub> O <sub>18</sub>	349,6
grafit	74,5
węgiel amorficzny	55,7
10% roztwór PVDF w NMP	212,5

Przygotowany materiał katodowy Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> o pojemności teoretycznej 131mAh/g, wykorzystano do konstrukcji ogniw sodowych Na|Na<sup>+</sup>|Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub>

#### SYNTEZA

W celu otrzymania materiału katodowego, przeprowadzono syntezę metodą zol-żel związków azotanu sodu oraz czterowodnego octanu manganu. Otrzymany żel poddano kalcynacji w piecu rurowym w temperaturze 800°C. Aby określić skład chemiczny otrzymanego preparatu, wykonano badanie XRD, opierające się na zjawisku dyfrakcji rentgenowskiej. W wyniku analizy dyfraktogramu stwierdzono, iż otrzymanym materiałem jest Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> o strukturze romboidalnej.

Dalszą analizę dokonano stosując dopasowanie metodą Rietveld'a w programie GSAS+EXPGUI. Otrzymano dokładny skład chemiczny oraz szczegółowe parametry komórki elementarnej.

#### POMIAR WIELKOŚCI CZĄSTEK

Korzystając z urządzenia Mastersizer 3000 dokonano pomiaru wielkości cząstek. Technika dyfrakcji laserowej wykorzystuje zjawisko dyfrakcji i interferencji fal. Wykonano 5 pomiarów, w każdym z nich procentowy udział cząstek poszczególnych wielkości był podobny (wykres). Uzyskane wyniki przedstawiają udział frakcji poszczególnych wielkości (przedstawione w tabeli 1).

Numer pomiaru	Dx (10) [µm]	Dx (50) [µm]	Dx (90) [µm]
1	0,913	4,814	57,489
2	0,919	4,971	59,893
3	0,924	5,058	58,131
4	0,933	5,251	61,83
5	0,934	5,292	59,29

#### TESTY ELEKTROCHEMICZNE

Numer ogniwa	Masa materiału aktywnego w pacie katodowej [mg]	Szybkość 1C [µA]
1	1,846	242
2	1,700	223
3	1,779	233
4	1,013	132
5	2,062	270

#### WNIOSKI

Związek otrzymany metodą niskotemperaturową posiada strukturę tunelową. Wielkości cząstek zmierzone aparaturą badawczą oraz wielkość ziaren oszacowana na zdjęciach SEM są podobnych rozmiarów (największy udział frakcji między 1µm, a 4µm). Materiał był zdolny do przeprowadzenia procesu interkalacji, co oznacza iż może stanowić potencjalny komponent ogniw Na-ion. Ogniwa zostały poddane testom elektrochemicznym, dzięki temu możliwe było ustalenie pojemności grawimetrycznej materiału katodowego Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> w zależności od szybkości ładowania/rozładowania (C/10 do 1C). Z otrzymanych wykresów wynika, że ogniwa poddane rozładowaniu prądem 1C mają najniższą pojemność właściwą. Przyczyną tego zjawiska może być aspekt kinetyczny, polegający na tym, że dyfuzja jonów sodu musi być sprężona z dyfuzją elektronów. Gładki przebieg napięcia ogniwa nr 1 i nr 5 jest korzystny z punktu widzenia zastosowania tego materiału w komercyjnych ogniwach Na-ion. Powyżej przedstawione wyniki badań dowodzą, że odwracalność pracy ogniw Na|Na<sup>+</sup>|Na<sub>4,32</sub>Mn<sub>9</sub>O<sub>18</sub> oraz ich cyklowalność bardzo wysoka.

Studenckie Koło Naukowe **Hydrogenium** Składamy serdeczne podziękowania mgr inż. Katarzynie Walczak, dr inż. Dominice Baster i prof. dr hab. inż. Janinie Molendzie za pomoc merytoryczną podczas badań oraz dr inż. Magdalenie Ziąbcze za wykonanie zdjęć SEM.


# Poster nr 19

inż. Weronika Buchała


Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Opracowanie niskotemperaturowej metody syntezy oraz charakterystyka właściwości fizykochemicznych $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{1-z}\text{Al}_z\text{O}_2$ - materiałów katodowych dla akumulatorów litowych”


### Opracowanie niskotemperaturowej metody syntezy oraz charakterystyka właściwości fizykochemicznych $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{1-z}\text{Al}_z\text{O}_2$ - materiałów katodowych dla akumulatorów litowych



AGH



Hydrogenium



AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Wodotworzywnej, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Weronika Buchała

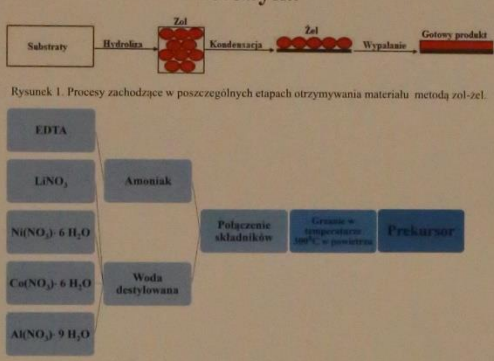
#### Wprowadzenie

Ogniwa typu Li-ion to rodzaj odwracalnych ogniw elektrochemicznych zwanych popularnie akumulatorami. Zasada ich działania opiera się na zjawisku interkalacji, czyli na odwracalnym wbudowywaniu jonów litu w strukturę materiałów elektrodowych. Podstawowym czynnikiem decydującym o parametrach użytkowych ogniw typu Li-ion są materiały z których zostały one skonstruowane, a największy wpływ ma na to materiał katodowy. Cały czas trwają więc intensywne prace nad modyfikacją znanych materiałów w celu poprawy ich parametrów - gęstości zmagazynowanej energii.

#### Analiza

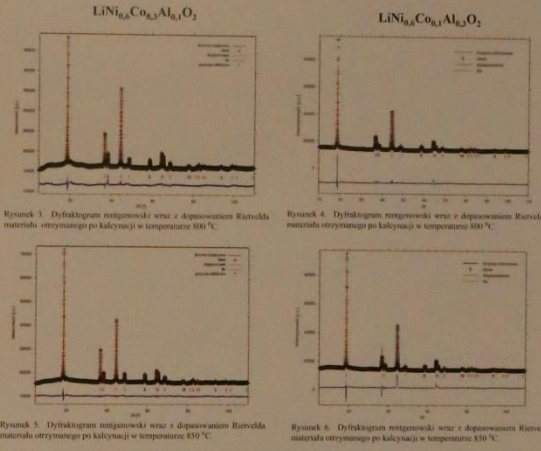
Na rysunkach 3-6 przedstawiono dyfraktogramy rentgenowskie wraz z dopasowaniem Rietvelde dla materiałów, kalcynowanych w temperaturze 800 i 850 °C. Analiza danych wykazała obecność jednofazowych materiałów.

#### Metodyka



Rysunek 1. Procesy zachodzące w poszczególnych etapach otrzymywania materiału metodą żel-żel.

Rysunek 2. Procedura stosowana do uzyskania prekursora.



Rysunek 3. Dyfraktogram rentgenowski wraz z dopasowaniem Rietvelde materiału otrzymanego po kalcynacji w temperaturze 800 °C.

Rysunek 4. Dyfraktogram rentgenowski wraz z dopasowaniem Rietvelde materiału otrzymanego po kalcynacji w temperaturze 800 °C.

Rysunek 5. Dyfraktogram rentgenowski wraz z dopasowaniem Rietvelde materiału otrzymanego po kalcynacji w temperaturze 850 °C.

Rysunek 6. Dyfraktogram rentgenowski wraz z dopasowaniem Rietvelde materiału otrzymanego po kalcynacji w temperaturze 850 °C.

#### Wyniki

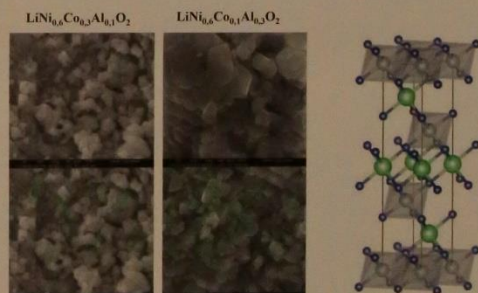
Wykonano próby syntezy materiałów o dwóch składach stechiometrycznych w różnych temperaturach. Otrzymane materiały przeanalizowano metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego przy użyciu dyfraktogramu rentgenowskiego PANalytical Empyrean. Analiza ta pozwoliła na określenie składu fazowego i struktury krystalicznej. Parametry struktury krystalicznej wyznaczono metodą Rietvelde przy pomocy oprogramowania GSAS/EXPGUI. Wyniki analizy przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Porównanie parametrów i objętości komórki elementarnej wraz z parametrami jakości dopasowania Rietvelde.

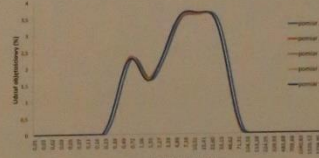
Związek	Temperatura [°C]	Parametry komórki elementarnej		V [Å <sup>3</sup> ]	χ <sup>2</sup>
		a = b [Å]	c [Å]		
$\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,3}\text{Al}_{0,1}\text{O}_2$	700	2,853728	14,186880	100,056	1,001
	800	2,850067	14,185091	99,787	1,956
	850	2,849878	14,179101	99,731	1,652
$\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,3}\text{O}_2$	Nie otrzymano materiału jednofazowego				
	700				
	800	0,2850880	1,4227012	100,139	6,800
	850	0,2853792	1,4230469	100,268	11,66

#### Badania strukturalne

Przy pomocy Skaningowego Mikroskopu Elektronowego wykonano zdjęcia struktur dwóch z syntezowanych związków -  $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,3}\text{Al}_{0,1}\text{O}_2$  kalcynowanego w temperaturze 700°C oraz  $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,1}\text{Al}_{0,3}\text{O}_2$  kalcynowanego w 800°C. W programie VESTA stworzono model 3D struktury otrzymanych związków.



Korzystając z urządzenia i oprogramowania Mastersizer 3000 dokonano pomiaru wielkości cząstek za pomocą techniki dyfrakcji laserowej. Wykonano 5 pomiarów. Wykres 1. przedstawia procentowy udział cząstek o danej wielkości.



Wykres 1. Procentowy udział cząstek w zależności od ich wielkości.

#### Wnioski

Materiał katodowy  $\text{LiNi}_{0,6}\text{Co}_{0,4-z}\text{Al}_z\text{O}_2$  (z=0,1; 0,3) można otrzymać metodą żel-żel, przeprowadzając kalcynację w temperaturach 700 - 850°C. Niższe temperatury kalcynacji nie są wystarczające do tego, aby nastąpił wzrost ziaren poszukiwanej substancji oraz rozkład węglanu litu. Badania metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego (XRD) potwierdziły powstanie jednofazowego materiału o warstwowej strukturze romboedrycznej i grupie przestrzennej R-3m oraz pozwoliły na precyzyjne określenie parametrów komórki elementarnej. Im wyższa zawartość glinu w materiale, tym większa komórka elementarna oraz mniejsza jakość dopasowania χ<sup>2</sup>. Badania strukturalne pozwoliły na określenie i zobrazowanie typu struktury otrzymanych materiałów warstwowych oraz określenie wielkości cząstek.

#### Podziękowania

Składam serdeczne podziękowania Pani prof. dr hab. inż. Janinie Molendzie, Pani dr inż. Dominice Baster, Pani mgr inż. Katarzynie Walczak oraz Pani inż. Justynie Sipie za pomoc w przeprowadzeniu badań, a także Pani dr inż. Magdalenie Ziębce za wykonanie zdjęć SEM.


Praca została wykonana przy finansowaniu ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer UMO-2015/19/B/ST8/00850

# Poster nr 20

inż. Agata Czosnowska, inż. Aleksandra Zajęc

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

„NaFe<sub>0,5</sub>Ni<sub>0,25</sub>Mn<sub>0,25</sub>O<sub>2</sub> - potencjalny materiał katodowy dla ogniw typu Na-ion”



## NaFe<sub>0,5</sub>Ni<sub>0,25</sub>Mn<sub>0,25</sub>O<sub>2</sub>

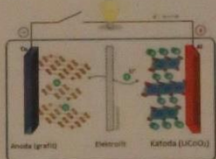
### - potencjalny materiał katodowy dla ogniw typu Na-ion

Agata Czosnowska, Aleksandra Zajęc

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Energetyki Wodorowej, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

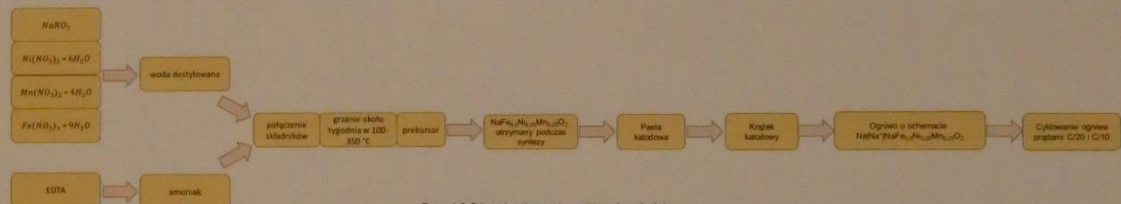
#### Wprowadzenie

W czasach, gdy świat stawia coraz większy nacisk na elektromobilność, pojawia się pytanie jak sprostać wyzwaniu jakim jest magazynowanie energii dla urządzeń elektromobilnych. Jednym z rozwiązań są niewątpliwie ogniwa typu Li-ion. Ogniwa te zwane potocznie akumulatorami są odwracalnymi ogniwami elektrochemicznymi, które pozwalają na ich wielokrotne ładowanie i rozładowywanie. Ogniwa Li-ion opierają swoją zasadę działania na procesie interkalacji (odwracalne w budowywanie jonu/atomu/przewiesia do struktury ciała bez znaczących zmian w budowie krystalicznej interkalowanego materiału). Niestety zasoby litu są niewielkie oraz znajdują się w niestabilnych politycznie krajach, z czego wynika wysoka cena takich akumulatorów. Interesującą alternatywą dla ogniw litowych są ogniwa typu Na-ion. Sód jako jeden z najpopularniejszych pierwiastków na Ziemi jest tani, a jego położenie w układzie okresowym wskazuje na podobne właściwości fizykochemiczne do litu. Ogniwa sodowe również działają na zasadzie interkalacji. NaFe<sub>0,5</sub>Ni<sub>0,25</sub>Mn<sub>0,25</sub>O<sub>2</sub> stanowi interesujący materiał katodowy ze względu na wysoką pojemność teoretyczną równą 240 mAh/g.



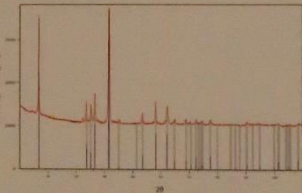
Rysunek 1. Schemat komercyjnego ogniwa litowego. [J. B. Goodenough, K.S. Park, J. Am. Chem. Soc. 135 (2013) 1167]

#### Metodyka

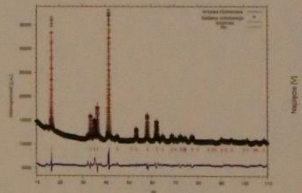


Rysunek 2. Schemat postępowania przyjęty podczas badań

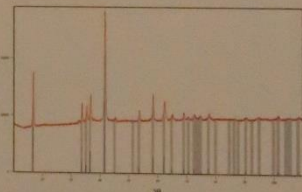
#### Skład fazowy zsyntezowanych materiałów



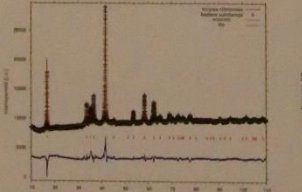
Rysunek 3. Wykres przedstawiający wynik badania metodą XRD dla materiału otrzymanego w temperaturze 800 °C w czasie 12 h w powietrzu atmosferycznym.



Rysunek 5. Dyfraktogram rentgenowski wraz z dopasowaniem metodą Rietwelda materiału otrzymanego w temp. 800 °C w czasie 12 h w pow. atm.

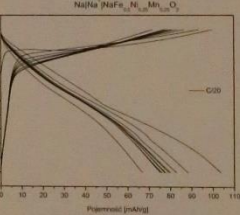


Rysunek 4. Wykres przedstawiający wynik badania metodą XRD dla materiału otrzymanego w temperaturze 800 °C w czasie 12 h w powietrzu syntetycznym.

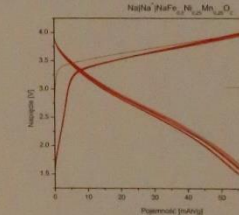


Rysunek 6. Dyfraktogram rentgenowski wraz z dopasowaniem metodą Rietwelda materiału otrzymanego w temp. 800 °C w czasie 12 h w pow. syntetycznym.

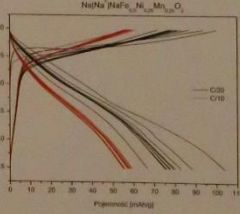
#### Testy elektrochemiczne



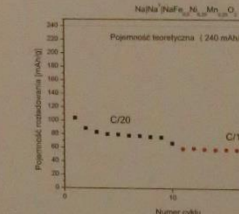
Rysunek 7. Zależność napięcia ogniwa od pojemności podczas cyklowania prądem C/20.



Rysunek 8. Zależność napięcia ogniwa od pojemności podczas cyklowania prądem C/10.



Rysunek 9. Porównanie zależności napięcia od pojemności ogniwa dla prądów C/20 i C/10.



Rysunek 10. Zależność pojemności ogniwa od numeru cyklu.

Tabela 1. Parametry jakości dopasowania Rietwelda komórki elementarnej, otrzymanej w różnych warunkach kalcynacji.

nr pastylki	Parametry kalcynacji		Parametry komórki elementarnej			
	Atmosfera	Temperatura [°C]	a [Å]	b [Å]	c [Å]	C/Ni2
1	powietrze atmosferyczne	12, 800	2,98818	16,0707	124,27	4,459
3	powietrze syntetyczne	12, 800	2,99316	16,0708	124,56	5,739

Tabela 2. Zestawienie prądów, liczby cykli oraz uzyskanej maksymalnej pojemności rozładowania podczas cyklowania ogniwa.

prąd	Prąd [µA]	Liczba cykli	Maksymalna pojemność rozładowania [mAh/g]
1C	776	-	-
C/20	39	10	115
C/10	78	10	80

#### Wnioski

Przy zastosowaniu metody syntezy żo-żel otrzymano jednofazowy materiał katodowy dla ogniw Na-ion. Jak wykazało badanie metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego głównym produktem był tlenek ze strukturą romboedryczną i grupą przestrzenną R3m. Na skutek wygrzewania w temp 800 °C przez 12 h zarówno w atmosferze powietrza atmosferycznego, jak i powietrza syntetycznego otrzymano materiał jednofazowy. Natomiast kalcynacja w tej samej temperaturze i czasie (800 °C, 12 h), ale w atmosferze tlenu lub argonu doprowadziła do uzyskania materiałów wielofazowych. Wydłużenie czasu wygrzewania do 24 h w powietrzu atmosferycznym również skutkowało produktem składającym się z wielu faz. Dla materiałów jednofazowych dokonano dopasowania metodą Rietwelda do celu określenia parametrów prądów C/20 i C/10 (prąd 1C pozwala na naładowanie ogniwa w ciągu 1 godziny). Maksymalna pojemność rozładowania podczas cyklowania prądem C/20 wyniosła 115 mAh/g, natomiast podczas cyklowania prądem C/10 była równa 80 mAh/g. Ogniwo podczas cyklowania prądem C/20 traciło na pojemności podczas każdego kolejnego cyklu, natomiast podczas cyklowania prądem C/10 wartość pojemności była zbliżona w każdym cyklu.

Składamy serdeczne podziękowania dr inż. Dominice Baster oraz prof. dr hab. inż. Janinie Molendzie za okazane wsparcie merytoryczne podczas badań.

Praca została wykonana przy finansowaniu ze środków: Program NCN OPUS 12 nr: UMO-2016/23/B/ST8/00198 „Znizenia stanów elektronowych nowym podejściem w projektowaniu materiałów dla ogniw Na-ion dla wielokrotnych magazynów energii”

# Poster nr 21

inż. Paulina Szczyrba, dr inż. Adam Masłoń

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Produkcja biogazu w oczyszczalni ścieków na cele energetyczne”



IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Bezpieczeństwo energetyczne-filary i perspektywa rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.



### Produkcja biogazu w oczyszczalni ścieków na cele energetyczne

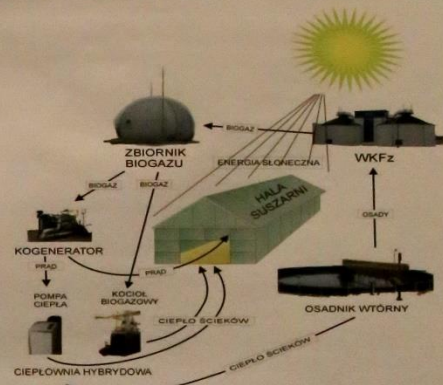
inż. Paulina Szczyrba, dr inż. Adam Masłoń

Politechnika Rzeszowska; Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury; Zakład Inżynierii i Chemii Środowiska

#### BIOGAZ, A OSADY ŚCIEKOWE

Osady ściekowe są ubocznymi produktami oczyszczalni ścieków. Skład otrzymanego biogazu ze względu na dużą zmienność składu chemicznego uzależnionego od rodzaju ścieków, wyboru technologii oczyszczania, a także przeróbki osadu, może się różnić. Dlatego wartość opałowa osadów ściekowych nie jest zawsze taka sama. Mimo to mają tak samo wysoką wartość opałową jak suł węglowy czy węgiel brunatny.

**BIOGAZ** wytwarzany w oczyszczalni ścieków powstaje podczas fermentacji metanowej osadów ściekowych w wydzielonych komorach fermentacyjnych (WKF). Fermentacja metanowa to proces biologiczno-chemiczny mający na celu przekształcenie związków organicznych na proste związki chemiczne, w warunkach beztlenowych. Produktem ubocznym fermentacji jest biogaz, którego składnikami są m. in. metan i ditlenek węgla [4]. Biogaz ten jest produktem o wysokiej wartości opałowej, który następnie można wykorzystywać na cele energetyczne, elektryczne, a także w ogrzewnictwie. Potencjał energetyczny biogazu z zawartością metanu ok 65 % oscyluje na poziomie 6,5 kWh/m<sup>3</sup> [5].

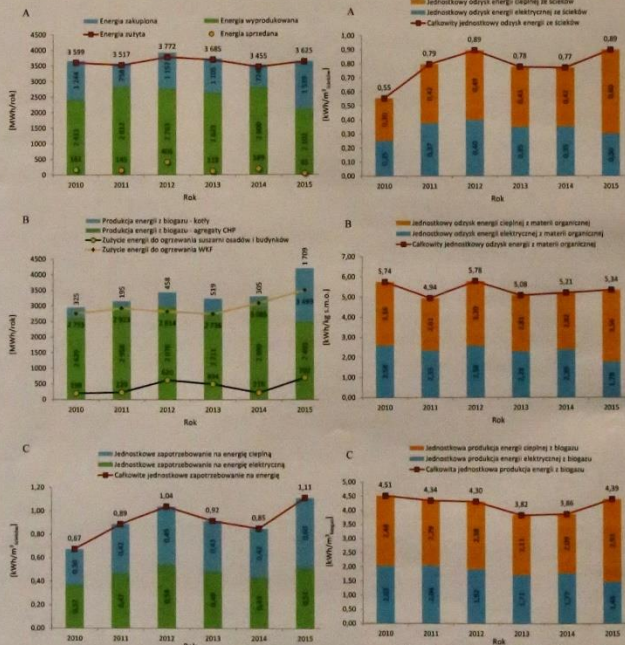


Rys. 1 Obieg energii w oczyszczalni ścieków [3]

Tab. 1. Porównanie wybranych właściwości osadów ściekowych z paliwami konwencjonalnymi [2]

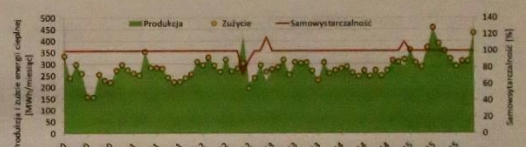
Oznaczenie	Ogólnie osady ściekowe	Odpadny suł węglowy	Węgiel kamienny	Węgiel brunatny	Drewno opałowe
Wartość opałowa (MJ/kg)	8-21,5	8-16	25-30	8-16	13
Popioł %	30	30-60	5,3	10-20	0,8
Węgiel %	50	31	88	86	50,7
Wodór %	6	3,7	6	5	5,9
Siarka %	1	1-1,5	0,8	0,7-7	0,04

#### WYKORZYSTANIE BIOGAZU W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

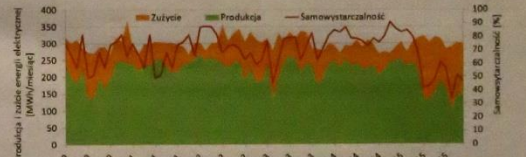


Rys. 2. A) Relacje pomiędzy energią elektryczną wyprodukowaną, zakupioną, zużyta i sprzedaną; B) Produkcja i struktura zużycia energii ciepłej; C) Jednostkowe zapotrzebowanie na energię elektryczną i ciepłą do oczyszczania ścieków w latach 2010-2015 dla Krośnie [1]

Średnia produkcja energii ciepłej i elektrycznej w oczyszczalni ścieków w Krośnie dla okresu 2010-2015 r., pozwoliła na pokrycie w 70 % zapotrzebowania na energię elektryczną oraz samowystarczalnie pokryć zapotrzebowanie na energię ciepłą. Całe ciepło jest wytwarzane w kotłach zasilanych biogazem oraz w blokach CHP.



Rys. 4. Produkcja i zużycie energii ciepłej w oczyszczalni ścieków oraz stopień pokrycia zapotrzebowania na energię ciepłą z produkcji własnej (samowystarczalność) w Krośnie [1]



Rys. 5. Produkcja i zużycie energii elektrycznej w oczyszczalni ścieków oraz stopień pokrycia zapotrzebowania na energię elektryczną z produkcji własnej w Krośnie [1]

Najlepszy efekt produkcji biogazu można zaobserwować w oczyszczalniach biologicznych, ze względu na duże zapotrzebowanie własne na energię ciepłą i elektryczną. Taka produkcja najbardziej staje się opłacalna przy przepustowości 8-10 tys. m<sup>3</sup> ścieków na dobę.

#### PODSUMOWANIE

- Produkcja biogazu na cele energetyczne w Polsce jest coraz częstszym rozwiązaniem na pozyskiwanie alternatywnych źródeł energii.
- Oprócz termicznych metod utylizacji odpadów, spalanie osadów ściekowych wiąże się z dużymi zyskami energii w oczyszczalni, które w pełni mogą pokryć jej zapotrzebowanie.
- Produkcja biogazu z osadów ściekowych to jedno z najtańszych źródeł energii. Biogaz charakteryzuje się dużą wartością opałową oraz niewielkimi nakładami finansowymi na ich przeróbkę oraz dalsze zagospodarowanie.

#### BIBLIOGRAFIA

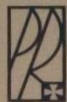
- Karamus L., Trojanowicz K., Energetyczna utylizacja biogazu jako element gospodarki osadowej w oczyszczalni ścieków w Krośnie. Forum Eksploataora, 7, 2016, 46-53.
- <http://www.e-gospodarkaodpadami.pl/rynki/kierunki-zagospodarowania-osadowsciekowych-w-polsce/>
- <http://e-czytelnia.abrys.pl/czyta-energia/2009-11-440/technologie-4465/uklady-hybrdowe-w-oczyszczalni-sciekow-10571>
- Krupa K., Zrównoważona energetyka biogazowa w oczyszczalniach ścieków. Polityka Energetyczna, 4, 2015, 101-112.
- Szatkowska B., Neczej E. Analiza ścieków odzysku energii i poprawy efektywności w komunalnych oczyszczalniach ścieków. ETV4Water, 2017, 1-41.

# Poster nr 22

inż. Gabriela Kuśmierska, dr inż. Adam Masłoń

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Kofermentacja osadów ściekowych jako źródło energii w oczyszczalni ścieków”



**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywy rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.



**INSTYTUT POLITYKI ENERGETYCZNEJ**  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

### Kofermentacja osadów ściekowych jako źródło energii w oczyszczalni ścieków

inż. Gabriela Kuśmierska, dr inż. Adam Masłoń

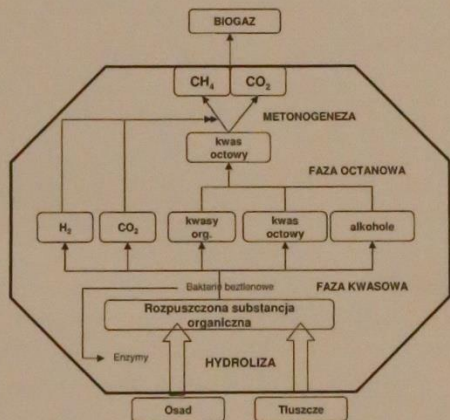
Politechnika Rzeszowska; Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury; Zakład Inżynierii i Chemii Środowiska

#### WSTĘP

Osady ściekowe są dużym zagrożeniem oraz jednym z głównych skupisk mikroorganizmów, drobnoustrojów chorobotwórczych, pasożytów oraz form przetrwalnikowych, dlatego powinny być usuwane. Jednym ze sposobów unieszkodliwiania osadów ściekowych jest fermentacja metanowa. Procesem, który ma na celu zwiększenie intensywności fermentacji jest kofermentacja. Podczas tych procesów oprócz zmniejszenia ilości osadów ściekowych następuje odzysk energii uwalnianej w postaci biogazu.

#### PROCES FERMENTACJI METANOWEJ

Fermentacja metanowa jest procesem mikrobiologicznym, zachodzącym w warunkach beztlenowych, w których substancje organiczne przekształcane są do dwutlenku węgla i metanu (biogaz) [2].



Rys. 1 Przykładowy schemat procesu fermentacji beztlenowej [5].

#### KOFERMENTACJA W OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Kofermentacja to proces zwiększający intensywność procesu fermentacji. Polega on na kontrolowanym rozkładzie więcej niż jednego substratu. Takie substraty nazywane są wtedy ko-substratami [2].

Tab. 1 Wartości analizowanych właściwości fizyczno - chemicznych podczas procesu fermentacji [4].

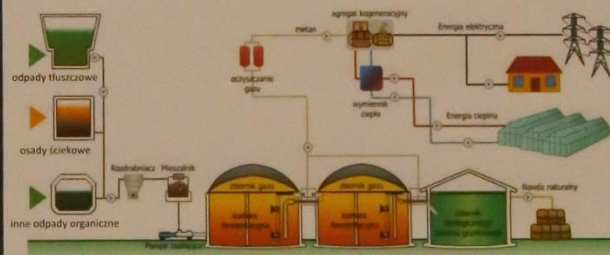
Parametry	Jednostka	Próbka kontrolna	Stożenie zmieszania osadów komunalnych (wstępnych, nadmiernych, mieszanych wstępnych z nadmiernymi) z osadami kokosowymi			
			20:1	10:1	5:1	4:1
Ubytek suchej masy	%	15-33	14-27	16-18	16-22	15
Udział substancji organicznych w osadach przefermentowanych	%	54-62	53-60	54-59	61-64	64
Rozkład substancji organicznych	%	75-40	33-34	22-23	22-37	21

Najczęściej wykorzystywanymi substratami w procesie kofermentacji w oczyszczalni ścieków są osady ściekowe, odpady tłuszczowe, odpady rolniczo-spożywcze oraz obornik zwierzęcy [1].

Tab. 2 Przykładowy bilans energetyczny dla oczyszczalni ok. 220 000 RLM z kofermentacją z substratem tłuszczowym [5].

Swariec	MASA (tony)	% s.m.	% s.m.d	tony s.m.	tony s.m.d.		
osad wstępny zagęszczony	62 500	4,0%	78,0%	2 500,0	1 950,0		
osad nadmierny zagęszczony	50 000	5,0%	78,0%	2 500,0	1 950,0		
tłuszcze	5 550	10,0%	97,0%	555,0	538,4		
<b>Razem mieszanka</b>	<b>117 500</b>	<b>4,7%</b>	<b>78,6%</b>	<b>5 505,0</b>	<b>4 338,9</b>	<b>energia GJ</b>	<b>energia %</b>
wstępny po fermentacji	62 117	2,0%	55,0%	1 222,2	672,2	26 833	42,0%
nadmierny po fermentacji	49 721	3,2%	85,0%	1 571,4	1 021,4	18 200	28,5%
tłuszcze po fermentacji	5 024	0,6%	45,0%	150,9	67,5	12 250	19,2%
<b>Osad przefermentowany</b>	<b>117 231</b>	<b>2,40%</b>	<b>60,5%</b>	<b>2 823,9</b>	<b>1761</b>	<b>83 984</b>	<b>100,00%</b>
						produkcja biogazu 65%	23,4 MJ/m <sup>3</sup>
						CH <sub>4</sub>	m <sup>3</sup> /rok
						energia elektryczna	η=0,35 kW
							MWh/rok
						energia czynna	0,35zł/kWh
						świadczenia pochodzenia	280 zł/MWh
						<b>RAZEM ZYSK</b>	<b>0,63 kWh</b>
						<b>zysk z kofermentacji</b>	<b>19,15%</b>
							<b>750 313</b>

Podczas procesu fermentacji oraz kofermentacji oprócz zmniejszenia ilości osadów następuje odzysk energii uwalnianej w postaci biogazu, który stanowi cenne źródło energii.



Rys. 2 Przykładowy schemat biogazowni wykorzystującej proces fermentacji (na podstawie [3]).

#### PODSUMOWANIE

Dzięki procesom fermentacji i kofermentacji powstaje biogaz, który jest źródłem energii. Jest to bardzo korzystne dla samej oczyszczalni ścieków, pobliskich mieszkańców oraz przemysłu, gdzie ta energia może być wykorzystywana.

#### BIBLIOGRAFIA


- [1] Grosser. A., Biogaz jako źródło energii do suszenia osadów w oczyszczalni ścieków, Abrys, 2017, str. 49-65
- [2] [www.e-biotechnologia.pl/Artykuly/fermentacja-metanowa](http://www.e-biotechnologia.pl/Artykuly/fermentacja-metanowa)
- [3] [www.wikanabioenergia.pl/elektrownia\\_biogazowa\\_id\\_1072.html](http://www.wikanabioenergia.pl/elektrownia_biogazowa_id_1072.html)
- [4] Macherzyński B., Włodarczyk-Makula M., Przeróbka osadów ściekowych wydzielonych podczas oczyszczania ścieków komunalnych Forum Eksploatatora, 2018, 2, 36-39.

# Poster nr 23

inż. Kamil Lukaszczyk, inż. Paweł Kryczyk

Akademia Górniczo – Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Możliwości wykorzystania metanu pokładów węgla w elektrowniach z blokami gazowymi”



### MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTYWANIA METANU POKŁADÓW WĘGLA W ELEKTROWNIACH Z BLOKAMI GAZOWYMI

INŻ. KAMIL LUKASZCZYK, INŻ. PAWEŁ KRYCZYK

#### WYZWANIA POLSKIEJ ENERGETYKI WĘGLOWEJ

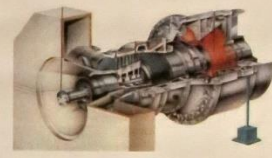
Polska energetyka w ponad sześćdziesięciu procentach oparta jest na węglu kamiennym. Obecny kierunek rozwoju polityki klimatycznej Unii Europejskiej i Polski oraz dążenie do stopniowego zmniejszania udziału węgla w krajowym miksie energetycznym determinuje poszukiwanie i udoskonalanie alternatywnych wobec węgla źródeł energii. Wiele elektrowni i elektrociepłowni w Polsce zlokalizowanych jest w obrębie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, zasobnego, prócz węgla, także w towarzyszący mu metan pokładów węgla. Jedną z elektrowni leżących w obrębie GZW jest należąca do PGE Elektrownia „Rybnik”. Jest to największa na Górnym Śląsku elektrownia o mocy 1775 MW (4,6% wytwarzanej w Polsce energii elektrycznej) zużywająca około 4,5 milionów ton węgla rocznie.

#### TURBINA GAZOWA

Turbina gazowa jest maszyną wirnikową cieplną, która energię napędową pobiera z przepływającego czynnika roboczego – zwykle spalin (tzw. Turbina spalinowa). Turbina ze względu na rozprężanie czynnika ma charakter akcyjny lub reakcyjny.

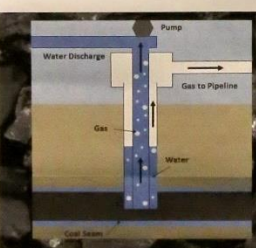
Turbina składa się z:

- Sprężarki wirnikowej
- Jednej lub więcej komór spalania
- Turbiny
- Jednego lub więcej wymiennika ciepła



#### METODY WYDOBYCIA METANU POKŁADÓW WĘGLA

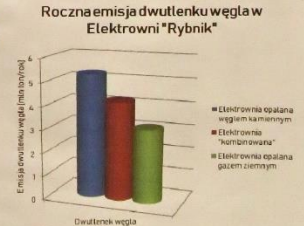
Wydobywanie metanu pokładów węgla z nieeksploatowanych dotąd tradycyjnymi metodami górnictwa podziemnego (głównym rodzajem CBM) jest dość trudne, ogranicza się do metod wiertniczych. W tym celu należy wykonać szlak odwiertowy, zgodnie z zbudowanymi uprzednio własnościami złożowymi pokładów węgla. Odwiert prosimy przecinać złoż w całej jego grubości. W celu zwiększenia intensywności wydobywania metanu w poziomie odwiertowym przeprowadza się zabieg szczelnienia hydraulicznego. Wydobywanie metanu z pokładów węgla następuje w wyniku obniżenia ciśnienia w złożu powodującego uwolnienie się metanu zaabsorbowanego w strukturze węgla. Ciśnienie obniżane jest poprzez odspodopowyanie wody złożowej turami eksploatacyjnymi. W skutek tego, przestrzeń porowatowa odwiertów na poziomie wydobywania metanu strąknie metanu. Jest tym intensywniejszy, im skuteczniej przeprowadzono proces szczelnienia. Dobrze wykonany odwiert, szczepujący metan ze złoża węgla o dużej grubości jest w stanie eksploatować ok. 5 tys. m<sup>3</sup> metanu dziennie.




#### ZALETY WYKORZYSTANIA CBM W ELEKTROWNIACH

Przy całkowitej wymianie bloków energetycznych (zestawów z ominięciem zasobowości) z bloków gazowych na bloki gazowe zapotrzebowanie elektrowni na gaz ziemny wzrosło nieznacznie (ok. 100 mln normalnych metrów sześciennych). Elektryczną moc modernizacji zakładu jest znacznie zmniejszenie emisji dwutlenku węgla (o ok. 20% procent) prawie całkowicie zmniejszenie emisji azotu tlenek azotu, tlenek siarki oraz tlenek azotu. W celu zapewnienia zapotrzebowania na gaz na spalających się z elektrownią złożach należałoby wykonać ok. 500 odwiertów eksploatacyjnych zapewniających stały dopływ metanu do turbin. Istotną rolę znaczący przetrwała możliwość finansowej realizacji podobnego przedsięwzięcia, dlatego metan pokładów węgla należy traktować nie jako alternatywę, ale jako doposażenie gazu ziemnego jako paliwa w elektrowniach.

#### Roczna emisja dwutlenku węgla w Elektrowni „Rybnik”



#### Roczna emisja wybranych spalin w Elektrowni „Rybnik”



#### ZALETY WYKORZYSTANIA CBM W ELEKTROWNIACH

Elektrownia Rybnik położona jest w bezpośrednim sąsiedztwie dwóch nieeksploatowanych złóż węgla kamiennego „Jedłowe” oraz „Paruszyce”. Wydobycie z nich metanu po wykonaniu szlaków odwiertowych, odwiertach i szlakach skierowanych mogłoby być w celu dostarczenia energii elektrycznej do elektrowni. Do należytego wykorzystania metanu w elektrowni Rybnik należy wykonać szlak odwiertowy, zgodnie z zbudowanymi uprzednio własnościami złożowymi pokładów węgla. W celu zwiększenia intensywności wydobywania metanu w poziomie odwiertowym przeprowadza się zabieg szczelnienia hydraulicznego. Wydobywanie metanu z pokładów węgla następuje w wyniku obniżenia ciśnienia w złożu powodującego uwolnienie się metanu zaabsorbowanego w strukturze węgla. Ciśnienie obniżane jest poprzez odspodopowyanie wody złożowej turami eksploatacyjnymi. W skutek tego, przestrzeń porowatowa odwiertów na poziomie wydobywania metanu strąknie metanu. Jest tym intensywniejszy, im skuteczniej przeprowadzono proces szczelnienia. Dobrze wykonany odwiert, szczepujący metan ze złoża węgla o dużej grubości jest w stanie eksploatować ok. 5 tys. m<sup>3</sup> metanu dziennie.



# Poster nr 24

Roksana Pinal, dr inż. Adam Masłoń

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

„Proces termicznej hydrolizy osadów ściekowych jako element intensyfikacji fermentacji metanowej w oczyszczalni ścieków”



IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
„Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.



INSTYTUT  
POLITYKI  
ENERGETYCZNEJ  
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

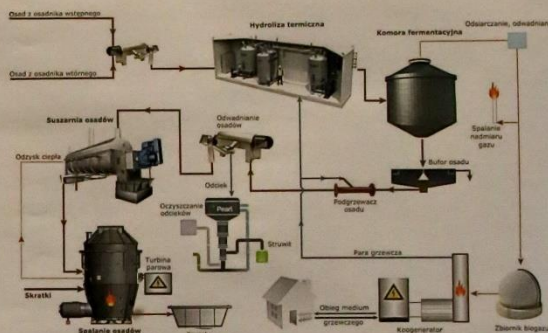
## Proces termicznej hydrolizy osadów ściekowych jako element intensyfikacji fermentacji metanowej w oczyszczalni ścieków

inż. Roksana Pinal, dr inż. Adam Masłoń

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury

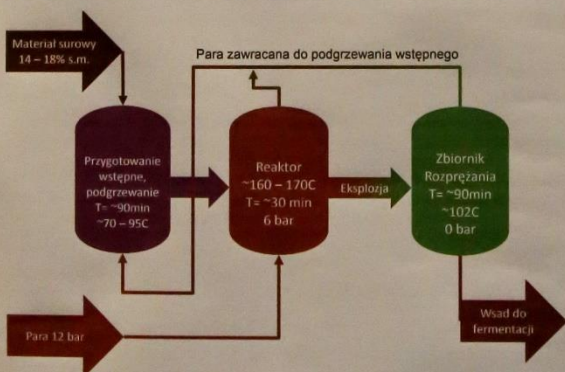
### Proces hydrolizy termicznej

Hydroliza termiczna THP (ang. *Thermal Hydrolysis Process*) jest procesem polegającym na przetwarzaniu substancji organicznych w wysokiej temperaturze (140-190 °C) i ciśnieniu (6-15 bar) do substancji rozkładalnych, które łatwo ulegają biodegradacji np. fermentacji. W procesie THP następuje dezintegracja mikroorganizmów tj. rozerwanie struktur komórek i błony komórkowej, a uwolnione zostają składniki organiczne i woda związana. Hydrolizę termiczną stosuje się w celu intensyfikacji procesu fermentacji a w konsekwencji zwiększenia produkcji biogazu, który jest jednym z odnawialnych źródeł energii [1, 2].



Rys. 2. Schemat gospodarki osadowej w oczyszczalni ścieków z wykorzystaniem THP [3]

### Zastosowanie THP w oczyszczalni ścieków



Rys. 1. Schemat procesu termicznej hydrolizy [3]

Tab. 1. Zalety i wady procesu hydrolizy termicznej [3]

ZALETY	WADY
Większa produkcja energii elektrycznej (ok. 30-50%)	Wyższy koszt inwestycji
Zwiększenie produkcji biogazu (ok. 30-50%)	Większe zużycie energii elektrycznej (pokrywane z przyrostu produkcji energii)
Krótszy czas fermentacji	Trudniejsza eksploatacja
Zmniejszenie objętości komór fermentacji WKF	
Zwiększenie stopnia odwadniania osadów przefermentowanych	
Łatwiejsze odwadnianie osadu	
Zwiększenie rozkładu masy organicznej osadu	

Tab. 2. Największe zakłady hydrolizy termicznej [4]

ZAKŁAD	POJEMNOŚĆ (TDS/A)	ROK BUDOWY	PRODUCENT
Blue Plains, Washington DC, USA	135 000	2014	Cambi
Gaoantun, Pekin, Chiny	134 000	2017	Cambi
Gaobeidian, Pekin, Chiny	99 100	2016	Cambi
Davyhulme, Manchester, Wielka Brytania	91 000	2013	Cambi
Huaifang, Pekin, Chiny	89 100	2017	Cambi
Xiaohongmen, Pekin, Chiny	65 700	2016	Cambi
Qinghe II, Pekin, Chiny	59 500	2017	Cambi
Crossness, Wielka Brytania	58 500	2018	Cambi
Ringsend, Dublin, Irlandia	56 000	2002	Cambi
Howdon, Wielka Brytania	40 000	2010	Cambi
Riverside, Wielka Brytania	40 000	2009	Cambi
Tees Valley, Wielka Brytania	37 000	2008	Cambi
Beckton, Wielka Brytania	36 500	2013	Cambi
Cardiff, Wielka Brytania	30 000	2009	Cambi
Tilburg, Holandia	29 000	2014	Cambi
Esholt, Wielka Brytania	26 400	2013	Veolia
Santiago, Chile	25 000	2010	Cambi
Oxford, Wielka Brytania	24 400	2010	Veolia
Wilno, Litwa	23 000	2010	Cambi
Whittingham, Wielka Brytania	23 000	2008	Cambi

### Podsumowanie

Hydroliza termiczna zwiększa sprawność energetyczną systemów wodno-ściekowych, co powoduje spadek zanieczyszczenia powietrza w porównaniu z produkcją energii z paliw kopalnych. Wzrasta ilość energii produkowanej na potrzeby własne zakładu, jak również wyprodukowaną energią elektryczną mogą zostać zaopatrzone inne obiekty.

### Bibliografia

- Gromiec M. „Gospodarka cyrkulacyjna w branży wodno-ściekowo-osadowej”, Posiedzenie Komisji Środowiska Senatu RP „Wykorzystanie ścieków i osadów ściekowych jako źródła energii i pozyskiwania surowców dla ograniczenia zmian klimatycznych”, Warszawa 2017
- Zakrzewski Z. „Zwiększenie efektywności energetycznej gospodarki osadowej przy zastosowaniu zintegrowanego systemu układu komór fermentacyjnych wraz z instalacją hydrolizy termicznej osadów i kogeneracji”, Tarnobrzeg 2015
- Rzepecki T., „Zastosowanie procesu hydrolizy termicznej na Oczyszczalni Ścieków w Tarnowie”, Posiedzenie Komisji Środowiska Senatu RP, Warszawa, 2017
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal\\_hydrolysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_hydrolysis)

# Poster nr 25

inż. Paulina Maliszewska

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

„Aspekty gospodarki cieplnej obiektów służby zdrowia”

IV OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWA  
"BEZPIECZENSTWO ENERGETYCZNE - FILARY I PERSPEKTYWA ROZWOJU" 2019

## ASPEKTY GOSPODARKI CIEPLNEJ OBIEKTÓW SŁUŻBY ZDROWIA

Paulina Maliszewska, Bożena Babiarz  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury  
Al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów  
e-mail: 145109@stud.prz.edu.pl  
e-mail: bbabiarz@prz.edu.pl

### WPROWADZENIE

Rozwój współczesnej służby zdrowia wiąże ze sobą coraz to większe wymagania w kwestii jakości świadczeń, efektywności energetycznej oraz oddziaływania na środowisko naturalne. Zapewnienie odpowiedniej opieki medycznej przy zachowaniu racjonalnych relacji gospodarka - środowisko jest podstawowym obowiązkiem Państwa.

Efektywne wykorzystanie energii przyczynia się do minimalizacji zużycia jej nośników oraz ograniczenia importu.

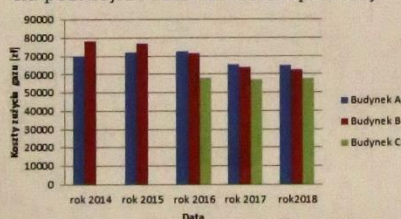
### PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ

Badania zapotrzebowania na ciepło oraz kosztów zużycia gazu, przeprowadzono w obiekcie szpitalnym w latach 2014÷2018. Obiekt składa się z trzech oddzielnych budynków (Tabela 1.), które posiadają własną kotłownię, wyposażoną w kotły gazowe, zasilające budynek na potrzeby: centralnego ogrzewania (c.o.), ciepłej wody użytkowej (c.w.u.), ciepła technologicznego (c.t.). Ponadto, zbadano korelację między średnim zużyciem gazu a temperaturą powietrza zewnętrznego.

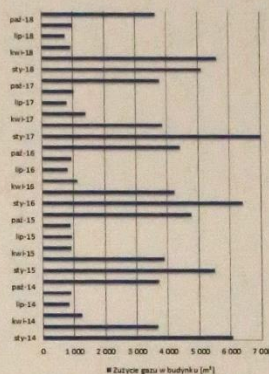
Tabela 1. Zestawienie powierzchni budynków

KONDYGNACJE	POWIERZCHNIA ZABUDOWY [m <sup>2</sup> ]		
	Budynek A	Budynek B	Budynek C
Parter	1031,84	1271,71	1139,72
I piętro	1126,77	1279,78	1120,94
II piętro	1125,78	1172,50	1115,36
Nadbudówka	-	-	326,35
Razem	3284,39	3723,99	3702,37
Razem	10710,75		

Przeanalizowano koszty wygenerowane przez każdy budynek na przestrzeni pięciu lat (Rysunek 1.). Dla budynku C, analiza kosztów obejmowała lata 2016÷2018 z uwagi na późniejsze oddanie do eksploatacji.

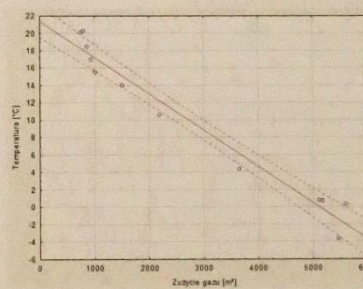


Rysunek 1. Wskaźnik kosztów zużycia gazu



Rysunek 2. Zużycie gazu w budynku B badanego obiektu szpitalnego w latach 2014÷2018

Miesięczne zapotrzebowanie na ciepło w badanym obiekcie szpitalnym na potrzeby c.o., c.w.u., c.t., przeanalizowano w latach 2014÷2018 (Rysunek 2.). Zaobserwowano sezonowość zużycia ciepła. Największy pobór ciepła zanotowano w styczniu, natomiast najmniejszy od maja do września.



Rysunek 3. Korelacja pomiędzy średnią temperaturą powietrza a średniorocznym zużyciem gazu

Analiza korelacji wykazała silną zależność pomiędzy ilością zużytego gazu w poszczególnych miesiącach a temperaturą zewnętrzną jaka panowała w tym okresie, co potwierdza Rysunek 3. Wartość współczynnika korelacji wyniosł 0,982.

### WNIOSKI

- Zużycie ciepła na potrzeby c.o., c.w.u., c.t. w obiektach szpitalnych, charakteryzuje się dużą zmiennością.
- Poza sezonem grzewczym, zapotrzebowanie na ciepło utrzymuje się w stabilnych zakresach i wynosi około 1000 m<sup>3</sup> gazu/m-c.
- Występuje silna korelacja pomiędzy temperaturą zewnętrzną a zapotrzebowaniem na ciepło.
- Przeprowadzona diagnostyka może być przydatna przy wykonywaniu analiz w nowobudowanych oraz istniejących obiektach leczniczych a także do prognozowania kosztów eksploatacyjnych.

## Infrastruktura LNG we Francji – analiza możliwości

inż. Gabriela Lampart, Katarzyna Rozmus

### LNG we Francuskim sektorze energetycznym

Krajowa produkcja gazu ziemnego stanowi 1% konsumowanego paliwa, największym dostawcą skroplonego gazu ziemnego pozostaje Algieria, a pozostałe kierunki importu to: Nigeria, Katar, Peru, Rosja, Norwegia, Egipt. Około **72% zdolności wejścia** do francuskich sieci gazowych jest przewidziana dla **transgranicznych gazociągów**, a pozostała pojemność wejścia (**28%**) dotyczy gazu z **istniejących terminali LNG**. W 2017 roku Francja zaimportowała netto 9,3 mld m<sup>3</sup> LNG. Względem roku 2016 w 2017 nastąpił wzrost import o 32,4% i Francja została drugim w Europie największym importermem LNG. W ciągu ostatnich 5 lat udział francuskiego importu gazu, w imporcie całej Unii Europejskiej, wyniósł +/- 11%. Procentowy udział LNG w ogólnym francuskim imporcie gazu wyniósł 22% (2016 r.) i 24,3% (2017 r.).

### Funkcjonująca infrastruktura LNG

- Najstarszy port LNG w **Fos-Tonkin** powstał w roku 1972, a jego pojemność magazynowa wynosi 150 000 m<sup>3</sup>, natomiast zdolność re-gazyfikacyjna 7 mld m<sup>3</sup> rocznie. Operatorem jest Eleng. Do tego terminala przyplitują transporty z Algierii i Egiptu.
- Terminal w porcie **Montoir-de-Bretagne** został uruchomiony w 1980 roku, a jego pojemność to 360 000 m<sup>3</sup>. Zdolność re-gazyfikacyjna 10 mld m<sup>3</sup> rocznie. Kraje importu gazu: Algieria, Nigeria.
- Terminal LNG w **Fos-Cavaou** został zrealizowany 2010. Jego obecna pojemność wynosząca 330 000 m<sup>3</sup>, do roku 2020 ma zostać powiększona do 550 000 m<sup>3</sup>. Zdolność re-gazyfikacyjna to 8,5 mld m<sup>3</sup> rocznie. Operatorem jest Fosmax LNG. Kraje importu gazu to Algieria, Egipt.
- Najnowszym terminalem jest **Dunkerque** LNG. Został oddany do użytku w 2016. Przy pojemności magazynowej 266 000 m<sup>3</sup>, jego zdolność re-gazyfikacyjna, wynosi 13 mld m<sup>3</sup> rocznie. Operatorem jest spółka Gaz-Opale.

### Kierunki dostaw

Francja importuje skroplony gaz ziemny z następujących kierunków: Algieria, Peru, Trinidad i Tobago, Norwegia, Katar, Angola, Egipt, Nigeria. W roku 2017 **największym eksporterem do Francji była Algieria** (38% importu LNG pochodzącego z tego kierunku), drugim największym partnerem była **Nigeria** (31%). W ostatnich latach (2015-2017) wzrasta wymiana handlowa tego surowca z Algierią, Nigerią, Katar i Peru. Wciąż niewielkie znaczenie mają Trinidad i Tobago, Norwegia, Angola i Egipt. Nieznacznie wzrasta też rola Francji jako re-eksportera LNG – w 2017 roku re-eksportowane zostało 13,9% zaimportowanego LNG.

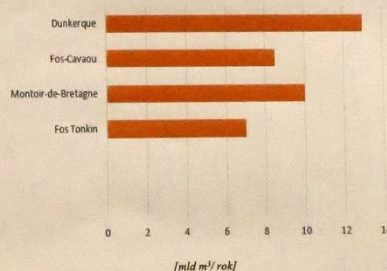
### Planowana infrastruktura

Obecnie nie jest planowana budowa następnych terminali LNG, ze względu na niewykorzystanie mocy przerobowych czterech już istniejących. **Łączne możliwości re-gazyfikacyjne** terminali wynoszą **38,5 miliarda m<sup>3</sup> rocznie**, przy imporcie LNG w roku 2017 na poziomie 9,3 miliarda wykorzystane zostało zaledwie **24% potencjału**. W roku 2017 udział gazu we Francuskim Energy-mixie wyniósł **7,7%** jednak niewykorzystany potencjał re-gazyfikacyjny pozwala na zwiększenie jego udziału.



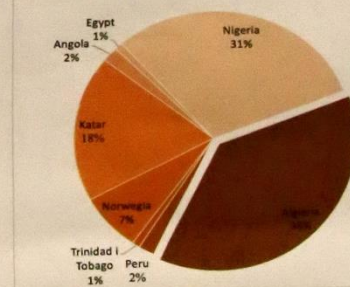
Rys. 1. Lokalizacja terminali LNG we Francji

### Zdolność re-gazyfikacyjna terminali LNG



Rys. 2. Zdolność re-gazyfikacyjna terminali LNG we Francji

### Kierunki importu gazu LNG do Francji w 2017 (%)



Rys. 3. Kierunki importu gazu LNG do Francji w 2017 (%)

### Bibliografia

- Shell LNG Outlook 2019, 2018
- International Gas Union World Gas LNG Report – 2018 Edition
- Marcin Galczyński, Mariusz Ruszel, Paweł Turowski, Robert Zajdler, Aleksander Zawisza, *Global LNG Market*, Ignacy Łukasiewicz Energy Policy Institute, Rzeszów-Warszawa 2017.

# Poster nr 27

inż. Wojciech Panek

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

## „Analiza możliwości wpływu wodoru na pracę systemu przesyłowego gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce”

### ANALIZA MOŻLIWOŚCI WPŁYwu WODORU NA PRACĘ SYSTEMU PRZESYŁOWEGO GAZU ZIEMNEGO W PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ POLSCE

dr inż. Tomasz Włodek, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, AGH, e-mail: twlodek@agh.edu.pl  
inż. Wojciech Panek, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, AGH, Koło Naukowe Nafta i Gaz e-mail: wojciechpanek@gmail.com



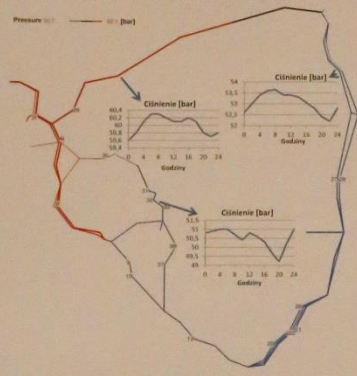
**Wstęp i założenia**  
W pracy badawczej przeanalizowano hipotetyczny wpływ udziału wodoru w składzie gazu ziemnego na pracę systemu przesyłowego gazu ziemnego w północno-zachodniej Polsce. Badania opierały się na symulacjach dynamicznych, wykonanych w specjalistycznym oprogramowaniu Simone V5. Założono istnienie kawernowego podziemnego magazynu wodoru oraz rozpatrzone dwa warianty jego umiejscowienia. Przeanalizowano tylko fragment polskiego systemu przesyłowego, tzw. „pierścień północny”. Model sieci, zasillany jest w czterech głównych węzłach – dwoma odpowiadającymi połączeniami z gazociągami Jamalskim, Terminalem LNG oraz punktem reprezentującym magazyn wodoru. Odbiór gazu z sieci odpowiada ok. 75% maksymalnej przepustowości stacji redukcyjnych na poszczególnych punktach wyjścia. Skład gazu wprowadzanego w poszczególnych punktach i jego parametry opisuje Tabela 1.

Tabela 1. Skład gazu wprowadzanego w punktach

Łódź, Świdrig		Terminal LNG		Goleniów, Mechelinki	
Składnik	Udział molowy	Składnik	Udział molowy	Składnik	Udział molowy
CH <sub>4</sub>	95,50%	CH <sub>4</sub>	93,00%	CH <sub>4</sub>	81,50%
H <sub>2</sub>	0,50%	N <sub>2</sub>	0,50%	N <sub>2</sub>	0,50%
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,00%	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,50%	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	2,00%
CO <sub>2</sub>	1,50%	CO <sub>2</sub>	0,00%	CO <sub>2</sub>	1,00%
				H <sub>2</sub>	15,50%
Masa molowa gazu	16,02 kg/kmol	Masa molowa gazu	16,02 kg/kmol	Masa cząsteczkowa gazu	16,02 kg/kmol
Gęstość względna	0,97	Gęstość względna	0,97	Gęstość względna	0,97
Liczba Wobbe'go	52,52 MJ/m <sup>3</sup>	Liczba Wobbe'go	52,28 MJ/m <sup>3</sup>	Liczba Wobbe'go	52,46 MJ/m <sup>3</sup>
Wartość opałowa	35,72 MJ/m <sup>3</sup>	Wartość opałowa	37,35 MJ/m <sup>3</sup>	Wartość opałowa	32,28 MJ/m <sup>3</sup>
	9,92 kWh		10,33 kWh		8,96 kWh

#### I scenariusz

Mapa 1. Ciśnienie w sieci w I scenariuszu. Interfejs Simone



Mapa 2. Wartość opałowa gazu w sieci w I scenariuszu. Interfejs Simone

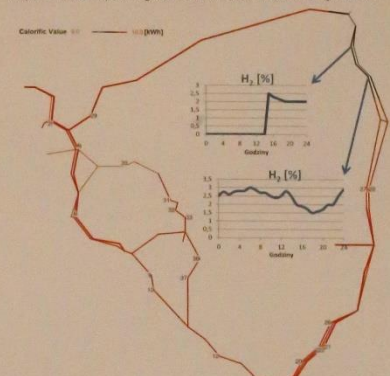


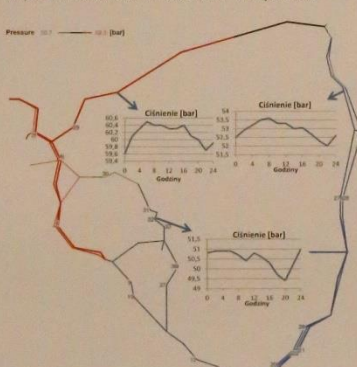
Tabela z kolejno od góry wartością opałową [kWh], zawartością metanu [%mol], zawartością etanu [%mol], zawartością wodoru [%mol] w gazie ziemnym w węźle „Gdynia” Interfejs Simone



**I Scenariusz**  
W pierwszym scenariuszu założono lokalizację podziemnego magazynu gazu w punkcie „Mechelinki”. Strumień, jakim zasillana jest sieć w tym punkcie wynosi 90 tys. m<sup>3</sup>/h. Ponadto sieć zasillają punkty: Terminal LNG - 400 tys. m<sup>3</sup>/h, Gustorzyn - 200 tys. m<sup>3</sup>/h, Lwówek - 300 tys. m<sup>3</sup>/h. Na Mapie 1 pokazano rozkład ciśnień w sieci. Jego wartość waha się od 50,7 do 62,1 bara. W wybranych punktach pokazano dobową zmianę ciśnienia. W większości przypadków jest ona zależna od zmiany obciążenia sieci w ciągu doby. Na Mapie 2 przedstawiono wartość opałową gazu ziemnego w sieci. Jej zakres wynosi od 10,3 do 9,0 kWh. W wybranych węzłach pokazano zmianę stężenia wodoru w czasie. Zasięg gazu zawierającego wodor był stosunkowo mały i ograniczył się jedynie do rejonu Trójmiasta. Przez to udział wodoru w punktach gdzie występował on w składzie gazu był wyższy niż w drugim scenariuszu. Analizując zmianę składu i parametrów gazu, co zostało ujęte w tabelach obok Mapy 2., można zauważyć, że większy wpływ na wartość opałową gazu miała zawartość etanu, niż wodoru. Mieszanie się gazów w sieci występowało w sposób przejściowy, lub ciągły – w punktach granicznych stref oddziaływania poszczególnych węzłów zasillających.

#### II scenariusz

Mapa 3. Ciśnienie w sieci w II scenariuszu. Interfejs Simone



Mapa 4. Wartość opałowa gazu w sieci w II scenariuszu. Interfejs Simone

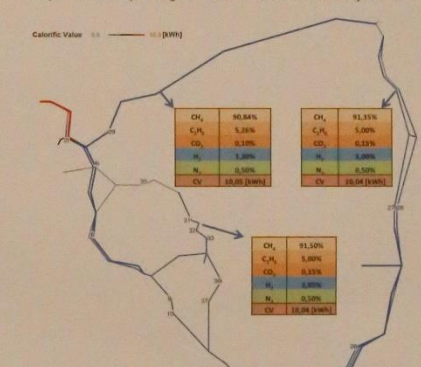
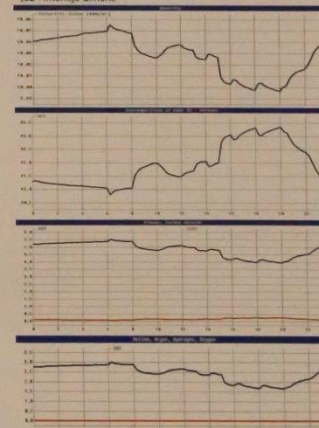


Tabela z kolejno od góry prezentują: wartość opałową gazu ziemnego [kWh], zawartość metanu [%mol], zawartość etanu [%mol], zawartość wodoru [%mol] w gazie ziemnym w punkcie „Gdynia” Interfejs Simone



**II Scenariusz**  
W drugim scenariuszu założono lokalizację podziemnego magazynu gazu w punkcie „Goleniów”. Strumień zasillania sieci w tym punkcie wynosi 90 tys. m<sup>3</sup>/h. Ponadto sieć zasillają punkty Terminal LNG - 400 tys. m<sup>3</sup>/h, Gustorzyn - 200 tys. m<sup>3</sup>/h, Lwówek - 300 tys. m<sup>3</sup>/h. Na Mapie 3 pokazano rozkład ciśnień w sieci, jego wartość waha się od 50,7 do 62,3 bara. W wybranych punktach przedstawiono dobową zmianę ciśnienia. W większości przypadków jest ona zależna od zmiany obciążenia sieci w ciągu doby. Na Mapie 4 pokazano wartość opałową gazu ziemnego w sieci, jej zakres zawiera się między 9,9 do 10,3 kWh. W wybranych punktach pokazano dokładny skład gazu. Umiejscowienie magazynu wodoru w niedalekiej odległości od Terminalu LNG sprawiło, że wodor lepiej rozprzeczł się po sieci, a jego zawartość w poszczególnych punktach była niższa, niż w przypadku pierwszego scenariusza.

#### Podsumowanie i wnioski

Porównując zaprezentowane hipotetyczne scenariusze można zauważyć zmiany w pracy sieci przesyłowej w zależności od umiejscowienia podziemnego magazynu wodoru. W pierwszym scenariuszu w mniejszej ilości węzłów była widoczna obecność wodoru (10 węzłów), zaś średni udział molowy wynosił 6,8%, co jest stosunkowo wysoką zawartością. W drugim scenariuszu wodor występował w 37 węzłach, zaś jego średni udział molowy wynosił 3%. W pierwszym scenariuszu, mimo dotarcia nowego punktu zasillania, w rejonie oddalonym od innych punktów zasillających, ciśnienie w punktach w tym rejonie było wyższe w przypadku drugiego scenariusza. Obecność wodoru w tych węzłach w drugim scenariuszu świadczy o tym, że dopływał tam gaz z węzła „Goleniów”, w którym zlokalizowano hipotetyczny magazyn wodoru. Analizując odcinkowy spadek ciśnienia spowodowany przepływem gazu, widoczny jest wpływ udziału wodoru w składzie gazu ziemnego, który nieznacznie zmniejsza spadki ciśnienia. To pozytywne zjawisko może być kluczowe w wyborze lokalizacji ewentualnego magazynu wodoru, zwłaszcza w kontekście projektu Baltic Pipe. Ponadto, w obu scenariuszach, w ciągu 4 dni symulacji, do sieci zostało dodane ok. 8 GWn energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii.

#### Bibliografia

1. Szurlej A, Laciak M, Włodek T, Kuczyński S, Olinyk A. Thermodynamic and Technical Issues of Hydrogen and Methane-Hydrogen Mixtures Pipeline Transmission. Energies 2019, 12.
2. Kharif S, Shabani B. Hydrogen as a long-term large-scale energy storage solution to support renewables. Energies 2018, 11, 2825.
3. M.W. Melaina, O.A. (2013). Blending Hydrogen into Natural Gas Pipeline Networks: A Review of Key Issues. Denver: National Renewable Energy Laboratory.
4. Maciej Chaczykowski, A. J. (2016). TECHNOLOGIE POWER-TO-GAS W ASPEKTCIE WSPÓŁPRACY Z SYSTEMAMI GAZOWNICZYMI. VI Konferencja Naukowo-Techniczna Energetyka Gazowa 2016. Zawiercie.

## Poster nr 28

Paweł Węgrzyn, Jakub Prugar

Uniwersytet Rzeszowski


„Podziemne Magazyny Gazu w Polsce, a Europie Zachodniej – analiza możliwości”

---

# Poster nr 29

Przemysław Ogarek, Dominik Michalik, Paweł Padykuła  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Projekt gazociągu Baltic Pipe z perspektywy Królestwa Danii”




### Korzyści dla Danii

- Poprzez dostęp do nowych źródeł gazu oraz dostęp do nowej infrastruktury przesyłowej możliwe będzie uniknięcie kosztów zakupu gazu
- Realizacja projektu przyczyni się do obniżenia stawek taryfowych za przesyłany gaz, w wyniku czego uniknięte zostaną koszty transportu gazu co przyczyni się do oszczędności na poziomie kilkuset milionów euro
- Dalsza integracja duńskiego rynku gazowego z nowymi państwami - z Norwegią oraz z Polską
- Przyspieszenie transformacji energetycznej - projekt Baltic Pipe pozwoli na większe wykorzystanie systemu przesyłowego gazu co przyczyni się do wzrostu wykorzystania biogazu - spadek emisyjności
- Zwiększy bezpieczeństwo Danii w okresie czasowego wyłączenia z eksploatacji głównego złoża Tyra na Morzu Północnym
- Baltic Pipe wzmacnia partnerstwo Polski i Danii umożliwiając przesyłu surowca w 2 kierunkach poprawia znacznie jej bezpieczeństwo energetyczne dając nie tylko źródło gazu z północy ale także w razie kryzysu możliwość zdobycia surowca z terenów Polski
- Większa ilość surowca zapewni Danii spokojną przyszłość, zwiększa konkurencyjność duńskiej gospodarki i umożliwia ciągły nieprzerwany dynamiczny rozwój
- Gaz ziemny z Baltic Pipe pomoże w jeszcze większym stopniu zmniejszyć wykorzystanie wysokoemisyjnego węgla
- Dywersyfikacja dostaw gazu poprzez umożliwienie dostępu do jego bezpośrednich źródeł w istotny sposób wpłynie na poprawę bezpieczeństwa energetycznego
- Realizacja Projektu Baltic Pipe będzie miała istotne znaczenie dla powstania wewnętrznego europejskiego rynku energii dając możliwość Danii na stanie się europejskim hubem tranzytowym w Europie
- Inwestycja o 150 proc. zwiększy wielkość duńskiego systemu, który ma obecnie 400 tys. odbiorców.

## PROJEKT GAZOCIĄGU BALTIC PIPE Z PERSPEKTYWY KRÓLESTWA DANII

Opracowali: Michalik Dominik, Padykuła Paweł, Ogarek Przemysław



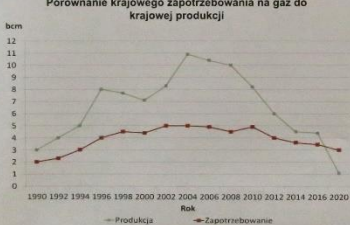
Zródło: Opracowanie własne na podstawie ENTSOG. The European natural gas network 2017

### BALTIC PIPE PROJECT

Baltic Pipe to strategiczny projekt infrastrukturalny, dzięki któremu powstanie nowy korytarz dostaw gazu na rynek europejski. Umożliwi on transport błękitnego paliwa z szelfu norweskiego do Polski (10 mld m<sup>3</sup>) oraz Królestwa Danii (3 mld m<sup>3</sup>) jak również do odbiorców w sąsiednich krajach przez Morze Północne, terytorium Danii i Morze Bałtyckie. Nowe połączenie wzmocni bezpieczeństwo dostaw i spowoduje ostrzejszą konkurencję na europejskim rynku gazu. Projekt Baltic Pipe jest współfinansowany ze środków Unii Europejskiej, a realizują go operatorzy systemów przesyłowych w Polsce i Danii – Gaz System i Energinet. Celem Baltic Pipe jest przede wszystkim wzmocnienie i zintegrowanie europejskiego rynku gazu oraz przyczynienie się do osiągnięcia europejskich celów klimatycznych.

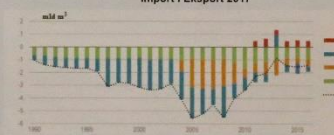
Połączenie Europeipe II - Blåbjerg  
(1-2) Budowa gazociągu od plaży w pobliżu Blåbjerg do Nybro  
(2) Budowa gazociągu z Egtved do Little Belt  
(3-4) Budowa gazociągu z Egtved do Little Belt  
(4) Budowa gazociągu przez cieśninę Little Belt  
(4-5) Budowa gazociągu z Little Belt do Nyborg (przez Fyn)  
(6-8) Budowa gazociągu na wyspie Zealand, od Kongsmark do połączenia z odcinkiem podziemnym na Morzu Bałtyckim  
(7) Budowa Tłoczni gazu w Zealand (dwukierunkowy przesył gazu)  
Łącznie planuje się wybudowanie ok. 200 km gazociągów na terenie Danii.

### Porównanie krajowego zapotrzebowania na gaz do krajowej produkcji



Zródło: Opracowanie własne na podstawie Energy Policies of IEA Countries, Denmark 2017 r., 2011 r., 2006 r.

### Import i Eksport 2017



Zródło: Opracowanie własne na podstawie Energy Policies of IEA Countries, Denmark Review 2017, s. 57

Współczynnik samowystarczalności (2016)  
Ws = 4,5 mld m<sup>3</sup> × 100% / 3,45 mld m<sup>3</sup> = 130%  
Stosunek całości importu do przepustowości gazociągów (2016)  
S<sub>imp</sub> = 0,7 mld m<sup>3</sup> / 16,02 mld m<sup>3</sup> × 100% = 4,4%

Bibliografia:  
ENERGY POLICIES OF IEA COUNTRIES, DENMARK REVIEW 2017, s. 55-63  
ENTSOE: Transmission Capacity Map 2017  
Balticpipe.pl  
http://www.gazsystem.pl/planowanie-wykorzystania-energetycznego-2016-2017-2018-2019-2020-2021-2022-2023-2024-2025-2026-2027-2028-2029-2030-2031-2032-2033-2034-2035-2036-2037-2038-2039-2040-2041-2042-2043-2044-2045-2046-2047-2048-2049-2050-2051-2052-2053-2054-2055-2056-2057-2058-2059-2060-2061-2062-2063-2064-2065-2066-2067-2068-2069-2070-2071-2072-2073-2074-2075-2076-2077-2078-2079-2080-2081-2082-2083-2084-2085-2086-2087-2088-2089-2090-2091-2092-2093-2094-2095-2096-2097-2098-2099-2100-2101-2102-2103-2104-2105-2106-2107-2108-2109-2110-2111-2112-2113-2114-2115-2116-2117-2118-2119-2120-2121-2122-2123-2124-2125-2126-2127-2128-2129-2130-2131-2132-2133-2134-2135-2136-2137-2138-2139-2140-2141-2142-2143-2144-2145-2146-2147-2148-2149-2150-2151-2152-2153-2154-2155-2156-2157-2158-2159-2160-2161-2162-2163-2164-2165-2166-2167-2168-2169-2170-2171-2172-2173-2174-2175-2176-2177-2178-2179-2180-2181-2182-2183-2184-2185-2186-2187-2188-2189-2190-2191-2192-2193-2194-2195-2196-2197-2198-2199-2200-2201-2202-2203-2204-2205-2206-2207-2208-2209-2210-2211-2212-2213-2214-2215-2216-2217-2218-2219-2220-2221-2222-2223-2224-2225-2226-2227-2228-2229-2230-2231-2232-2233-2234-2235-2236-2237-2238-2239-2240-2241-2242-2243-2244-2245-2246-2247-2248-2249-2250-2251-2252-2253-2254-2255-2256-2257-2258-2259-2260-2261-2262-2263-2264-2265-2266-2267-2268-2269-2270-2271-2272-2273-2274-2275-2276-2277-2278-2279-2280-2281-2282-2283-2284-2285-2286-2287-2288-2289-2290-2291-2292-2293-2294-2295-2296-2297-2298-2299-2300-2301-2302-2303-2304-2305-2306-2307-2308-2309-2310-2311-2312-2313-2314-2315-2316-2317-2318-2319-2320-2321-2322-2323-2324-2325-2326-2327-2328-2329-2330-2331-2332-2333-2334-2335-2336-2337-2338-2339-2340-2341-2342-2343-2344-2345-2346-2347-2348-2349-2350-2351-2352-2353-2354-2355-2356-2357-2358-2359-2360-2361-2362-2363-2364-2365-2366-2367-2368-2369-2370-2371-2372-2373-2374-2375-2376-2377-2378-2379-2380-2381-2382-2383-2384-2385-2386-2387-2388-2389-2390-2391-2392-2393-2394-2395-2396-2397-2398-2399-2400-2401-2402-2403-2404-2405-2406-2407-2408-2409-2410-2411-2412-2413-2414-2415-2416-2417-2418-2419-2420-2421-2422-2423-2424-2425-2426-2427-2428-2429-2430-2431-2432-2433-2434-2435-2436-2437-2438-2439-2440-2441-2442-2443-2444-2445-2446-2447-2448-2449-2450-2451-2452-2453-2454-2455-2456-2457-2458-2459-2460-2461-2462-2463-2464-2465-2466-2467-2468-2469-2470-2471-2472-2473-2474-2475-2476-2477-2478-2479-2480-2481-2482-2483-2484-2485-2486-2487-2488-2489-2490-2491-2492-2493-2494-2495-2496-2497-2498-2499-2500-2501-2502-2503-2504-2505-2506-2507-2508-2509-2510-2511-2512-2513-2514-2515-2516-2517-2518-2519-2520-2521-2522-2523-2524-2525-2526-2527-2528-2529-2530-2531-2532-2533-2534-2535-2536-2537-2538-2539-2540-2541-2542-2543-2544-2545-2546-2547-2548-2549-2550-2551-2552-2553-2554-2555-2556-2557-2558-2559-2560-2561-2562-2563-2564-2565-2566-2567-2568-2569-2570-2571-2572-2573-2574-2575-2576-2577-2578-2579-2580-2581-2582-2583-2584-2585-2586-2587-2588-2589-2590-2591-2592-2593-2594-2595-2596-2597-2598-2599-2600-2601-2602-2603-2604-2605-2606-2607-2608-2609-2610-2611-2612-2613-2614-2615-2616-2617-2618-2619-2620-2621-2622-2623-2624-2625-2626-2627-2628-2629-2630-2631-2632-2633-2634-2635-2636-2637-2638-2639-2640-2641-2642-2643-2644-2645-2646-2647-2648-2649-2650-2651-2652-2653-2654-2655-2656-2657-2658-2659-2660-2661-2662-2663-2664-2665-2666-2667-2668-2669-2670-2671-2672-2673-2674-2675-2676-2677-2678-2679-2680-2681-2682-2683-2684-2685-2686-2687-2688-2689-2690-2691-2692-2693-2694-2695-2696-2697-2698-2699-2700-2701-2702-2703-2704-2705-2706-2707-2708-2709-2710-2711-2712-2713-2714-2715-2716-2717-2718-2719-2720-2721-2722-2723-2724-2725-2726-2727-2728-2729-2730-2731-2732-2733-2734-2735-2736-2737-2738-2739-2740-2741-2742-2743-2744-2745-2746-2747-2748-2749-2750-2751-2752-2753-2754-2755-2756-2757-2758-2759-2760-2761-2762-2763-2764-2765-2766-2767-2768-2769-2770-2771-2772-2773-2774-2775-2776-2777-2778-2779-2780-2781-2782-2783-2784-2785-2786-2787-2788-2789-2790-2791-2792-2793-2794-2795-2796-2797-2798-2799-2800-2801-2802-2803-2804-2805-2806-2807-2808-2809-2810-2811-2812-2813-2814-2815-2816-2817-2818-2819-2820-2821-2822-2823-2824-2825-2826-2827-2828-2829-2830-2831-2832-2833-2834-2835-2836-2837-2838-2839-2840-2841-2842-2843-2844-2845-2846-2847-2848-2849-2850-2851-2852-2853-2854-2855-2856-2857-2858-2859-2860-2861-2862-2863-2864-2865-2866-2867-2868-2869-2870-2871-2872-2873-2874-2875-2876-2877-2878-2879-2880-2881-2882-2883-2884-2885-2886-2887-2888-2889-2890-2891-2892-2893-2894-2895-2896-2897-2898-2899-2900-2901-2902-2903-2904-2905-2906-2907-2908-2909-2910-2911-2912-2913-2914-2915-2916-2917-2918-2919-2920-2921-2922-2923-2924-2925-2926-2927-2928-2929-2930-2931-2932-2933-2934-2935-2936-2937-2938-2939-2940-2941-2942-2943-2944-2945-2946-2947-2948-2949-2950-2951-2952-2953-2954-2955-2956-2957-2958-2959-2960-2961-2962-2963-2964-2965-2966-2967-2968-2969-2970-2971-2972-2973-2974-2975-2976-2977-2978-2979-2980-2981-2982-2983-2984-2985-2986-2987-2988-2989-2990-2991-2992-2993-2994-2995-2996-2997-2998-2999-3000-3001-3002-3003-3004-3005-3006-3007-3008-3009-3010-3011-3012-3013-3014-3015-3016-3017-3018-3019-3020-3021-3022-3023-3024-3025-3026-3027-3028-3029-3030-3031-3032-3033-3034-3035-3036-3037-3038-3039-3040-3041-3042-3043-3044-3045-3046-3047-3048-3049-3050-3051-3052-3053-3054-3055-3056-3057-3058-3059-3060-3061-3062-3063-3064-3065-3066-3067-3068-3069-3070-3071-3072-3073-3074-3075-3076-3077-3078-3079-3080-3081-3082-3083-3084-3085-3086-3087-3088-3089-3090-3091-3092-3093-3094-3095-3096-3097-3098-3099-3100-3101-3102-3103-3104-3105-3106-3107-3108-3109-3110-3111-3112-3113-3114-3115-3116-3117-3118-3119-3120-3121-3122-3123-3124-3125-3126-3127-3128-3129-3130-3131-3132-3133-3134-3135-3136-3137-3138-3139-3140-3141-3142-3143-3144-3145-3146-3147-3148-3149-3150-3151-3152-3153-3154-3155-3156-3157-3158-3159-3160-3161-3162-3163-3164-3165-3166-3167-3168-3169-3170-3171-3172-3173-3174-3175-3176-3177-3178-3179-3180-3181-3182-3183-3184-3185-3186-3187-3188-3189-3190-3191-3192-3193-3194-3195-3196-3197-3198-3199-3200-3201-3202-3203-3204-3205-3206-3207-3208-3209-3210-3211-3212-3213-3214-3215-3216-3217-3218-3219-3220-3221-3222-3223-3224-3225-3226-3227-3228-3229-3230-3231-3232-3233-3234-3235-3236-3237-3238-3239-3240-3241-3242-3243-3244-3245-3246-3247-3248-3249-3250-3251-3252-3253-3254-3255-3256-3257-3258-3259-3260-3261-3262-3263-3264-3265-3266-3267-3268-3269-3270-3271-3272-3273-3274-3275-3276-3277-3278-3279-3280-3281-3282-3283-3284-3285-3286-3287-3288-3289-3290-3291-3292-3293-3294-3295-3296-3297-3298-3299-3300-3301-3302-3303-3304-3305-3306-3307-3308-3309-3310-3311-3312-3313-3314-3315-3316-3317-3318-3319-3320-3321-3322-3323-3324-3325-3326-3327-3328-3329-3330-3331-3332-3333-3334-3335-3336-3337-3338-3339-3340-3341-3342-3343-3344-3345-3346-3347-3348-3349-3350-3351-3352-3353-3354-3355-3356-3357-3358-3359-3360-3361-3362-3363-3364-3365-3366-3367-3368-3369-3370-3371-3372-3373-3374-3375-3376-3377-3378-3379-3380-3381-3382-3383-3384-3385-3386-3387-3388-3389-3390-3391-3392-3393-3394-3395-3396-3397-3398-3399-3400-3401-3402-3403-3404-3405-3406-3407-3408-3409-3410-3411-3412-3413-3414-3415-3416-3417-3418-3419-3420-3421-3422-3423-3424-3425-3426-3427-3428-3429-3430-3431-3432-3433-3434-3435-3436-3437-3438-3439-3440-3441-3442-3443-3444-3445-3446-3447-3448-3449-3450-3451-3452-3453-3454-3455-3456-3457-3458-3459-3460-3461-3462-3463-3464-3465-3466-3467-3468-3469-3470-3471-3472-3473-3474-3475-3476-3477-3478-3479-3480-3481-3482-3483-3484-3485-3486-3487-3488-3489-3490-3491-3492-3493-3494-3495-3496-3497-3498-3499-3500-3501-3502-3503-3504-3505-3506-3507-3508-3509-3510-3511-3512-3513-3514-3515-3516-3517-3518-3519-3520-3521-3522-3523-3524-3525-3526-3527-3528-3529-3530-3531-3532-3533-3534-3535-3536-3537-3538-3539-3540-3541-3542-3543-3544-3545-3546-3547-3548-3549-3550-3551-3552-3553-3554-3555-3556-3557-3558-3559-3560-3561-3562-3563-3564-3565-3566-3567-3568-3569-3570-3571-3572-3573-3574-3575-3576-3577-3578-3579-3580-3581-3582-3583-3584-3585-3586-3587-3588-3589-3590-3591-3592-3593-3594-3595-3596-3597-3598-3599-3600-3601-3602-3603-3604-3605-3606-3607-3608-3609-3610-3611-3612-3613-3614-3615-3616-3617-3618-3619-3620-3621-3622-3623-3624-3625-3626-3627-3628-3629-3630-3631-3632-3633-3634-3635-3636-3637-3638-3639-3640-3641-3642-3643-3644-3645-3646-3647-3648-3649-3650-3651-3652-3653-3654-3655-3656-3657-3658-3659-3660-3661-3662-3663-3664-3665-3666-3667-3668-3669-3670-3671-3672-3673-3674-3675-3676-3677-3678-3679-3680-3681-3682-3683-3684-3685-3686-3687-3688-3689-3690-3691-3692-3693-3694-3695-3696-3697-3698-3699-3700-3701-3702-3703-3704-3705-3706-3707-3708-3709-3710-3711-3712-3713-3714-3715-3716-3717-3718-3719-3720-3721-3722-3723-3724-3725-3726-3727-3728-3729-3730-3731-3732-3733-3734-3735-3736-3737-3738-3739-3740-3741-3742-3743-3744-3745-3746-3747-3748-3749-3750-3751-3752-3753-3754-3755-3756-3757-3758-3759-3760-3761-3762-3763-3764-3765-3766-3767-3768-3769-3770-3771-3772-3773-3774-3775-3776-3777-3778-3779-3780-3781-3782-3783-3784-3785-3786-3787-3788-3789-3790-3791-3792-3793-3794-3795-3796-3797-3798-3799-3800-3801-3802-3803-3804-3805-3806-3807-3808-3809-3810-3811-3812-3813-3814-3815-3816-3817-3818-3819-3820-3821-3822-3823-3824-3825-3826-3827-3828-3829-3830-3831-3832-3833-3834-3835-3836-3837-3838-3839-3840-3841-3842-3843-3844-3845-3846-3847-3848-3849-3850-3851-3852-3853-3854-3855-3856-3857-3858-3859-3860-3861-3862-3863-3864-3865-3866-3867-3868-3869-3870-3871-3872-3873-3874-3875-3876-3877-3878-3879-3880-3881-3882-3883-3884-3885-3886-3887-3888-3889-3890-3891-3892-3893-3894-3895-3896-3897-3898-3899-3900-3901-3902-3903-3904-3905-3906-3907-3908-3909-3910-3911-3912-3913-3914-3915-3916-3917-3918-3919-3920-3921-3922-3923-3924-3925-3926-3927-3928-3929-3930-3931-3932-3933-3934-3935-3936-3937-3938-3939-3940-3941-3942-3943-3944-3945-3946-3947-3948-3949-3950-3951-3952-3953-3954-3955-3956-3957-3958-3959-3960-3961-3962-3963-3964-3965-3966-3967-3968-3969-3970-3971-3972-3973-3974-3975-3976-3977-3978-3979-3980-3981-3982-3983-3984-3985-3986-3987-3988-3989-3990-3991-3992-3993-3994-3995-3996-3997-3998-3999-4000-4001-4002-4003-4004-4005-4006-4007-4008-4009-4010-4011-4012-4013-4014-4015-4016-4017-4018-4019-4020-4021-4022-4023-4024-4025-4026-4027-4028-4029-4030-4031-4032-4033-4034-4035-4036-4037-4038-4039-4040-4041-4042-4043-4044-4045-4046-4047-4048-4049-4050-4051-4052-4053-4054-4055-4056-4057-4058-4059-4060-4061-4062-4063-4064-4065-4066-4067-4068-4069-4070-4071-4072-4073-4074-4075-4076-4077-4078-4079-4080-4081-4082-4083-4084-4085-4086-4087-4088-4089-4090-4091-4092-4093-4094-4095-4096-4097-4098-4099-4100-4101-4102-4103-4104-4105-4106-4107-4108-4109-4110-4111-4112-4113-411

# Poster nr 30

Adrian Igielski

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Optymalizacja energetyczna architektury wobec standardów energooszczędności”

# Optymalizacja energetyczna architektury wobec standardów energooszczędności

Adrian Igielski – Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania

### 1. Klasyfikacja energetyczna budynków

Energy efficiency of buildings is an essential element of a sustainable development. One of the main objectives of the energy policy is to reduce energy consumption in buildings. The energy efficiency of buildings is classified into classes based on the energy consumption per square meter per year. The energy efficiency of buildings is classified into classes based on the energy consumption per square meter per year. The energy efficiency of buildings is classified into classes based on the energy consumption per square meter per year.

Klasa energetyczna	Rodzaj budynku	Wskaźnik EU [kWh/m <sup>2</sup> /rok]
A+	Zero-energetyczny	≤ 10
A+	Pasywny	10 - 15
A	Nisko-energetyczny	15 - 45
B	Energooszczędny	45 - 80
C	Srednio energooszczędny	80 - 100
D	Minimum prawne (spełniający obecne wymagania prawne)	100 - 150
E	Energochłonny	150 - 250
F	Wysoko energochłonny	≥ 250

Wskaźnik EU (miejscowa wartość energii potrzebna do zainicjowania i podtrzymania działania ogrzewania, chłodzenia i wentylacji) jest sumą energii potrzebnej do zainicjowania i podtrzymania działania ogrzewania, chłodzenia i wentylacji. Wskaźnik EU jest sumą energii potrzebnej do zainicjowania i podtrzymania działania ogrzewania, chłodzenia i wentylacji. Wskaźnik EU jest sumą energii potrzebnej do zainicjowania i podtrzymania działania ogrzewania, chłodzenia i wentylacji.

A) etapu pozyskiwania surowca, produkcji materiałów i budowy  
B) etapu eksploatacji  
C) etapu likwidacji lub zmiany przeznaczenia budynku

### 2. Podstawowe metody energetycznej optymalizacji architektury

Podstawowe metody energetycznej optymalizacji architektury to:

- A) poprawie izolacyjności cieplnej zewnętrznych przegród budynku
- B) zwiększeniu sprawności działania instalacji ogrzewania, ciepłej wody użytkowej, wentylacji chłodzenia i oświetlenia
- C) wymianie lub modernizacji źródła ciepła

Zmiana izolacyjności cieplnej zewnętrznych przegród budynku należy do podstawowych działań optymalizacyjnych. Do podstawowych działań optymalizacyjnych należy zmiana izolacyjności cieplnej zewnętrznych przegród budynku. Do podstawowych działań optymalizacyjnych należy zmiana izolacyjności cieplnej zewnętrznych przegród budynku.

### 3. Cele optymalizacji energetycznej

Podstawowym celem optymalizacji energetycznej jest zwiększenie wydajności systemów energetycznych, zmniejszenie kosztów związanych z dostarczaniem do niej energii, zmniejszenie kosztów związanych z dostarczaniem do niej energii, zmniejszenie kosztów związanych z dostarczaniem do niej energii.

Wzrost efektywności energetycznej	Wzrost efektywności energetycznej
Maksymalne wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych	Maksymalne wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych
Wzrost efektywności energetycznej	Wzrost efektywności energetycznej
Wzrost efektywności energetycznej	Wzrost efektywności energetycznej
Wzrost efektywności energetycznej	Wzrost efektywności energetycznej

Logo of the institution and other footer information.

# Poster nr 31

Aneta Stabryła, Aleksandra Chromiec, Joanna Sawicka  
 Uniwersytet Rzeszowski  
 „Projekty energetyczne w medycynie”

FAIR Wyzwania i szanse dla polskiej fizyki  
 18-19.09.2018r.  
 Wydział Medyczny  
 Uniwersytet Rzeszowski  
 Al. Kopisto 2a

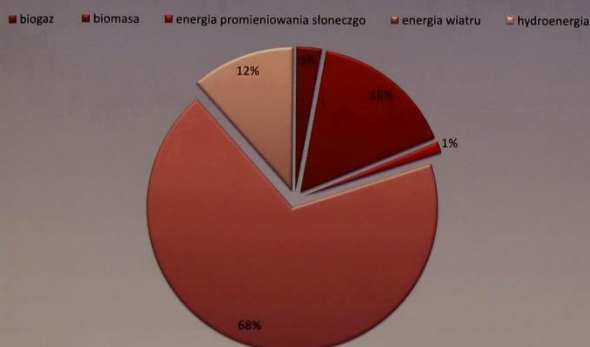
1-2.04.2019

**„Projekty energetyczne w medycynie”**  
 „Elektroterapia w leczeniu dystrofii mięśniowej”

**ALEKSANDRA CHROMIEC<sup>1\*</sup>, ANETA STABRYŁA<sup>1\*\*</sup>, JOANNA SAWICKA<sup>1\*\*\*</sup>**

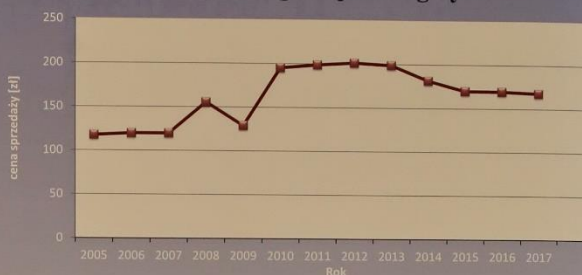
<sup>1</sup> Uniwersytet Rzeszowski, Wydział Medyczny, al. Kopisto 2a, pok. 24a, 35-359 Rzeszów, Polska \* e-mail: [aleksandrachromiec1@wp.pl](mailto:aleksandrachromiec1@wp.pl) \*\* e-mail: [aneta.stabryla@wp.pl](mailto:aneta.stabryla@wp.pl) \*\*\* e-mail: [sawicka199623@wp.pl](mailto:sawicka199623@wp.pl)

## Moc zainstalowania w Polsce w 2017 z różnych źródeł energii.



Opracowanie własne na podstawie: Raport Fotowoltaiki 2017

## Średnia cena sprzedaży energii elektrycznej na rynku konkurencyjnym w Polsce według Urzędu Regulacji Energetyki.



Opracowanie własne na podstawie: Urząd Regulacji Energetyki ([www.ure.gov.pl](http://www.ure.gov.pl))

## Terapia prądem elektrycznym w medycynie



Opracowanie własne na podstawie: Anna Pyszora, Jolanta Kujawa, Zastosowanie elektroterapii w leczeniu bólu Artykuł poglądowy

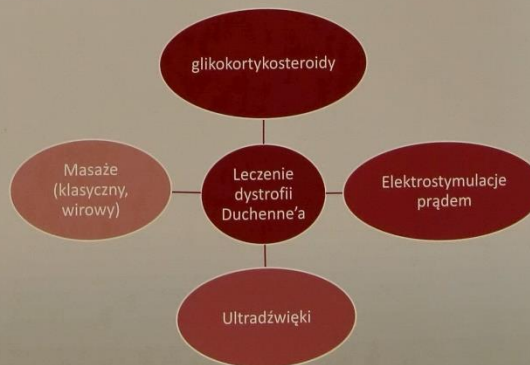
Elektroterapia - dziedzina fizykoterapii, zajmująca się leczeniem objawów schorzeń przy pomocy prądów leczniczych takich jak:

- Prąd stałego
- Modulowanych prądów średniej częstotliwości
- Prądów impulsowych małej częstotliwości
- Prądów impulsowych średniej częstotliwości

Opracowanie własne na podstawie: Anna Pyszora, Jolanta Kujawa, Zastosowanie elektroterapii w leczeniu bólu Artykuł poglądowy



Opracowanie własne na podstawie: „Genetyka medyczna” Edwards S. Tobias, Michael Connor, redakcja naukowa wydania polskiego Anna Latos- Bieleńska



Opracowanie własne na podstawie: Mariusz Janusz „Choroby nerwowo-mięśniowe i ich usprawnianie”



# Poster nr 32

Paulina Potyrańska, Justyna Puzio, dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Wpływ fotowoltaiki na realizację pakietu klimatyczno-energetycznego na przykładzie Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”

**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

IV Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.

**WPLYW FOTOWOLTAIKI NA REALIZACJĘ PAKIETU KLIMATYCZNO-ENERGETYCZNEGO NA PRZYKŁADZIE RZESZOWSKIEGO OBSZARU FUNKCJONALNEGO**

Paulina Potyrańska, Justyna Puzio, dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz  
Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania

Rzeszowski Obszar Funkcjonalny (ROF)

**Rys. 1. Lokalizacja ROF**

**Rys. 2. Cele rozwojowe ROF (za Strategią ZIT ROF)**

- Cel rozwojowy ZIT 1** Wzrost konkurencyjności gospodarki (dzięki tworzeniu warunków dla rozwoju innowacyjnych przedsiębiorstw)
- Cel rozwojowy ZIT 2** Podnoszenie jakości życia w ROF (poprzez zwiększenie dostępu do nowoczesnych usług publicznych oraz realizację prezenzji publicznej)
- Cel rozwojowy ZIT 3** Poprawa stanu środowiska naturalnego oraz wpiętnienie efektywności energetycznej regionu

**Fotowoltaika – nadzieja na lepsze jutro**

**Rys. 3. Cele pakietu klimatyczno-energetycznego Komisji Europejskiej planowane osiągnięcia do 2020 r.**

- zwiększenie o 20% efektywności energetycznej
- 20% udział energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym zużyciu energii w UE
- ograniczenie do 20% emisji gazów cieplarnianych (w stosunku do poziomu z 1990 r.)

**Typy ogniw fotowoltaicznych montowanych na obszarze ROF-u**

**Rys. 4. Wady i zalety ogniw mono- i polikrystalicznych**

Ogniwa monokrystaliczne	Ogniwa polikrystaliczne
<b>Wady:</b> droższe	<b>Zalety:</b> tańsze
<b>Zalety:</b> większa moc z powierzchni jednostkowej, mniejsze rozmiary, bardziej efektywne	<b>Wady:</b> mniejsza moc z powierzchni jednostkowej, większe rozmiary

**Rys. 5. Ognia fotowoltaiczne**

Ognia fotowoltaiczne to urządzenia, w których następuje bezpośrednia konwersja energii promieniowania słonecznego w energię elektryczną.

**Metody motywowania obywateli do inwestowania w OZE**

Poziom dofinansowanie przy obecnych opłatach za energię powoduje, że inwestycja w instalacje ogniw fotowoltaicznych powinna zwrócić się w okresie około 4 lat, co przy zakładanej minimalnej 15 letniej trwałości instalacji stanowi dodatkową zachętę (Rys. 6).

**Rys. 6. Wsparcie systemowe dla montażu instalacji fotowoltaicznych na terenie ROF w ramach ZIT ROF**

- efektywne dofinansowanie przekraczające 70% wartości instalacji fotowoltaicznej (VAT nie jest kwotowo kwalifikowalnym i nie podlega dofinansowaniu)
- ograniczenie kosztów zużycia energii elektrycznej w latach 2019-2025
- ZACHĘTY**
- możliwość odliczenia od 0,7-0,8 wartości energii wyprodukowanej przez instalację (nie wykorzystanej i odprowadzonej do sieci energetycznej) daje w perspektywie wieloletniej *Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy - ustawa o odnawialnych źródłach energii...* (Dz.U. 2016 poz. 925)
- odliczenie od dochodów wydatków na instalację fotowoltaiczną – max 53 000 zł jednostkowo dla właścicieli lub współwłaścicieli indywidualnych budynków mieszkalnych, w których dokonano termomodernizacji *Ustawa z dnia 9 listopada 2016 r. o zmianie ustawy - ustawa o dochodach...* (Dz.U. 2016 poz. 2246)

**Analiza wpływu zastosowania ogniw fotowoltaicznych na obszarze ROF-u**

Biorąc pod uwagę proces inwestycyjny rozłożony na lata 2018-2020 oraz zakładany i naturalny spadek sprawności ogniw z biegiem czasu (przyjęto coroczny spadek sprawności instalacji na poziomie 0,3 lub 0,4 % w skali roku), oszacowano ilość możliwej do wyprodukowania energii elektrycznej OZE i odpowiadający jej spadek emisji CO<sub>2</sub> w perspektywie do roku 2035 (Wykres 1). Obie parametry bez wątpienia potwierdzają, że podjęte działania pozwoliły na bezpośrednie zwiększenie produkcji energii ze źródeł odnawialnych i zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, jak również wpłynęły na poprawę efektywności energetycznej poprzez ograniczenie zapotrzebowania na paliwa kopalne (Wykres 2).

**Wykres 1. Sumaryczna początkowa zdolność wytworzenia energii elektrycznej w [MWh], przez instalacje planowane do zamontowania w latach 2018-2021, na terenie ROF w ramach ZIT ROF**

**Wykres 2. Sumaryczny początkowy spadek emisji CO<sub>2</sub> i produkcji energii elektrycznej z OZE (dla instalacji planowanych do zamontowania w latach 2018-2021) na terenie ROF w ramach ZIT ROF**

**Wykres 3. Szacowany spadek emisji CO<sub>2</sub> i planowana produkcja energii elektrycznej z OZE w latach 2018-2035 w związku z montażem instalacji fotowoltaicznych na terenie ROF w ramach ZIT ROF**

**Podsumowanie**

Warto podkreślić, że w dalszym ciągu **niezbędne jest systemowe wsparcie** (np. dotacje – pomoc bezwrotna) dla działań wdrożeniowych OZE. W wyniku wdrożenia pierwszego etapu realizacji „Projektu parasolowego” oraz projektu „Zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych na terenie ROF” do 2021 roku zakwalifikowano wnioski z 2796 obiektów mieszkalnych prywatnych oraz 159 obiektów użyteczności publicznej o dofinansowanie montażu ogniw fotowoltaicznych. Przy obecnych cenach OZE jest zbyt fotowoltaicznych nadal **czas zwrotu nakładów** (z oszczędności wydatków na energię) na OZE jest zbyt niedostatecznie motywujący. Zastosowanie nowoczesnych strategii dywersyfikacji źródeł energii z wykorzystaniem ogniw fotowoltaicznych na terenie ROF-u przyniesi w latach 2019-2035 do 1) spadku emisji CO<sub>2</sub> o 124 547,95 ton równoważnika CO<sub>2</sub>, 2) wzrostu produkcji energii elektrycznej z OZE o 156 619,76 MWh, 3) ograniczenia zużycia paliw kopalnych do produkcji energii elektrycznej poprzez zwiększenie jej produkcji z OZE.

**Bibliografia**

- Dokumentacja wewnętrzna udostępniona przez Stowarzyszenie ROF, www.rof.org.pl
- ocena
- Frydrychowicz-Istrebicka G., Janczak P., Instalacje fotowoltaiczne małej mocy, Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, No 81, 2015
- Istrebicka U., Energia ze źródeł odnawialnych i jej wykorzystanie, Wydawnictwo Grupa Media, Warszawa 2015
- Sarnaik M. T., Budownictwo i eksploatacja systemów fotowoltaicznych, Wydawnictwo energetyczne, Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, No 74, 2013
- Szczerbowski R., Analiza energetyczna i ekonomiczna możliwości wykorzystania fotowoltaiki w systemach energetycznych, Poznań University of Technology Academic Journals, Electrical Engineering, No 74, 2013
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2016 r. o zmianie ustawy - ustawa o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw, Dz.U. 2016 poz. 925
- Ustawa z dnia 9 listopada 2016 r. o zmianie ustawy o zmianie ustawy - ustawa o dochodach od osób fizycznych oraz ustawy o przyznawaniu 925 - Interwencyjny System Aktów Prawnych
- Ustawa z dnia 9 listopada 2016 r. o zmianie ustawy o zmianie ustawy - ustawa o dochodach od osób fizycznych oraz ustawy o przyznawaniu 925 - Interwencyjny System Aktów Prawnych
- Wywiad pogłębiony z Członkiem Zarządu Stowarzyszenia ROF - I Wiceprezsem

# Poster nr 33

Natalia Siorek, Norbert Drajek

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Strategia energetyczno-klimatyczna gminy Boguchwała”

# STRATEGIA ENERGETYCZNO-KLIMATYCZNA GMINY BOGUCHWAŁA

Natalia Siorek, Norbert Drajek  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza  
Wydział Zarządzania

MΣ

### WSTĘP

#### Efektowna strategia energetyczno-klimatyczna podstawowym zadaniem gminy

W szukaniu rozwiązań Międzynarodowe porozumie... Gminy mają możliwość plano-  
problemów energetycznych nie odnoszące się do pakietu wania i organizowania działań  
i klimatycznych istotną rolę klimatyczno-energetycznego w celu racjonalizacji zużycia  
odgrywają władze lokalne. implikują konieczność działań energii i promocję zachowań  
Warto zwrócić uwagę, że wg na poziomie krajowym [2], proekologicznych, co wynika  
badań GUS-u z 2018 r. [1] Samorząd terytorialny współ- z Ustawy o prawie  
w województwie podkarpackim pracując z szerokim gronem energetycznym [3]. Natomiast  
odnotowuje się jeden z naj- interesariuszy kreuje warunki w obowiązującej Ustawie  
większych w skali kraju do zmiany stylu życia o samorządzie gminnym [4]  
wskaźników zaufania do władz i podejmowania proekolo- zapisano, że: „w szczególności  
gicznych decyzji na poziomie zadania własne [gminy]  
lokalnych (dotyczy on blisko gicznych decyzji na poziomie [gminy]  
64% ludności). mikro- i mezoekonomicznym. obejmują sprawy [...] ochrony  
środowiska i przyrody”.

#### Gmina Boguchwała - dwukrotny zwycięzca Rankingu Samorządów

Gmina Boguchwała zarówno w 2017 r., jak i w 2018 r. zajęła  
pierwsze miejsce w Rankingu Samorządów. Pod uwagę  
wzięto m. in. wskaźniki związane ze strategią energetyczno-  
klimatyczną [5].

Ranking	Miejscowość	Suma pkt.	Trwałość i innowacyjność	Trwałość społeczna	Jakość zarządzania
1.	Boguchwała	36,42	6,23	14,99	10,09
2.	Podkowa Leśna	36,16	7,28	11,07	11,18
3.	Olszów Mazowiecki	34,53	7,25	10,74	9,85

W 2017 r. były to: dynamika wzrostu wydatków na ochronę  
środowiska oraz działania gminy w zakresie gospodarki  
niskoemisyjnej. Natomiast w 2018 r. rozszerzono kryteria  
oceny i w podkategorii trwałość środowiskowa wzięto pod  
uwagę między innymi: wartość per capita wydatków  
mających na ochronę środowiska, ochronę powietrza,  
zieleni miejskiej a także na wsparcie wyposażenia gospodarstw  
domowych w instalacje OZE.

#### Program Ochrony Środowiska dla gminy Boguchwała

- zmniejszenie zużycia energii
- wdrożenie mechanizmów ograniczających negatywny wpływ transportu na jakość powietrza
- wspieranie inwestycji wykorzystujących technologie mające na celu efektywne wykorzystanie energii
- ograniczenie emisji z procesów spalania paliw
- prowadzenie programów edukacji ekologicznej

Misją programu (będącego pisemną deklaracją celów i zadań powiązanych także ze strategią energetyczno-klimatyczną gminy) jest szeroko pojęta potrzeba poprawy jakości życia człowieka. Adekwatność i komple-  
mentarność programu jest zapewniona poprzez spójność z dokumentami dot. ochrony środowiska na poziomie krajowym i regionalnym.

#### Finansowanie projektów

Wskaz 1. Finansowanie projektów związanych z polityką energetyczno-klimatyczną realizowaną w gminie Boguchwała w latach 2010-2019

29% (2,6 mln zł)	71% (18 mln zł)
■ DOFINANSOWANIE PROJEKTÓW	■ ŚRODKI GMINNE NA PROJEKTY

#### Redukcja emisji CO<sub>2</sub>

Szacowany wpływ inwestycji w latach 2017 - 2020, na ograniczenie emisji CO<sub>2</sub> na terenie Gminy

3918,92 Mg/rok

#### Dotacje na projekty dla gospodarstw domowych

Wskaz 1. Planowana wysokość dotacji (w zależności od miesięcznego dochodu) na termomodernizację domów jednorodzinnych, wymianę ich źródła ciepła (piece) oraz na kolektory słoneczne i przydomowe mikroinstalacje fotowoltaiczne w ramach projektu "Czyste Powietrze" realizowanego na terenie gminy Boguchwała od 2019 roku.

WYSOKOŚĆ DOCHODU NA JEDNĄ OSOBĘ W RODZINIE (zł)	WYSOKOŚĆ DOTACJI NA WYBÓR INWESTYCJE PROEKOLOGICZNE W GOSPODARSTWACH DOMOWYCH NA TERENIE GMINY (%)
>1600	30%
1401-1600	40%
1201-1400	50%
1001-1200	60%
801-1000	70%
601-800	80%
<601	90%

#### Zwrot inwestycji fotowoltaicznych dla gospodarstw domowych na terenie gminy

Stawiana stopa zwrotu za instalację paneli fotowoltaicznych o mocy 3kW	8% podatku VAT	23% podatku VAT
30% dotacji	12,31%	10,39%
60% dotacji	20,19%	15,63%

Stawiana stopa zwrotu za instalację paneli fotowoltaicznych o mocy 3kW	8% podatku VAT	23% podatku VAT
30% dotacji	8 lat 1 miesiąc	9 lat 8 miesięcy
60% dotacji	4 lata 11 miesięcy	6 lat 4 miesięcy

#### PODSUMOWANIE

- Jednym z kluczowych zadań każdej gminy jest wdrożenie skutecznej strategii energetyczno-klimatycznej działającej na rzecz ochrony środowiska.
- W Rankingu Samorządów uwzględniającym wskaźniki środowiskowe gmina Boguchwała w ostatnich dwóch edycjach zajęła pierwsze miejsce. Inne najbliższe położone gminy miejsko-wiejskie, z podobną do Boguchwały liczbą ludności, zajęły w tymże rankingu odległe pozycje. To pokazuje, że strategia gminy Boguchwała ukierunkowana także na realizację celów związanych z kwestiami energetyczno-klimatycznymi przyczynia się do prestiżu gminy.
- Według analiz prowadzonych przez Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie jakość powietrza na terenie powiatu rzeszowskiego, w tym także gminy Boguchwała jest niezadowolająca [7]. W celu poprawy tego stanu gmina bierze udział w finansowaniu projektów na rzecz polityki niskoemisyjnej. Działania te mają potencjał ekonomiczny i zmierzają ku wzrostowi jakości życia mieszkańców.
- Wspieranie przez gminę projektów związanych z energią i przyczyniających się do ochrony środowiska może być sposobem promocji gminy, a także prowadzić do rozwoju gospodarczego danej jednostki terytorialnej, gdyż innowacyjność odnawialnych źródeł energii pozytywnie wpływa na atrakcyjność gminy dla inwestorów.

#### SZCZEGÓLNE PODZIĘKOWANIE DLA PANI DR. MARZINY HAJDUK-STELMACHOWICZ ZA UDZIELENIENIE WSPARCIE MERYTORYCZNE

#### BIBLIOGRAFIA

[1] GUS, „Regionalne zróżnicowanie jakości życia w 2018 r. Wyniki. Badania opinii...”  
[2] GUS, „Regionalne zróżnicowanie jakości życia w 2018 r. Wyniki. Wyniki badań...”  
[3] GUS, „Regionalne zróżnicowanie jakości życia w 2018 r. Wyniki. Wyniki badań...”  
[4] Ustawa z dnia 15 czerwca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2018 r. poz. 1510, z późn. zmianami)  
[5] Ranking Samorządów województwa podkarpackiego w 2017 r. i 2018 r. (Ranking Samorządów województwa podkarpackiego w 2017 r. i 2018 r.)  
[6] Ranking Samorządów województwa podkarpackiego w 2017 r. i 2018 r. (Ranking Samorządów województwa podkarpackiego w 2017 r. i 2018 r.)  
[7] Wywiad pogłębiony z przedstawicielem Urzędu Gminy Boguchwała

IV Konferencja Naukowa „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”  
Politechnika Rzeszowska, 1-2 kwietnia 2019 r.

# Poster nr 34

Karolina Rojek, mgr inż. Marek Stelmachowicz

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

## „Wybrane aspekty wykorzystania OZE w gminach Zarzeczce i Rokietnica”

# WYBRANE ASPEKTY OZE W GMINACH ZARZECZE I ROKIETNICA

Karolina Rojek, Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza w Rzeszowie  
mgr inż. Marek Stelmachowicz, Instytut Polityki Energetycznej im. I. Łukasiewicza w Rzeszowie

**Rys. 1.** Opracowanie własne na podstawie: Norwicz J., Musielak T., Boryczko B., Odnawialne źródła energii - polskie definicje i standardy, „Rynek Energii”, nr 1/2006, s. 2.

Działania mające na celu realizację założeń polityki klimatyczno-energetycznej Unii Europejskiej powinny być realizowane na poziomie mikro-, mezo- oraz makroekonomicznym. W urzędowym istnieniu koncepcji zrównoważonego rozwoju czynny udział wspólnie biorą gminy Zarzeczce i Rokietnica. Wskazane jednostki samorządu terytorialnego zrealizowały projekt Eko-Energia w gminach Zarzeczce i Rokietnica dofinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (EFRR), w ramach Programu Operacyjnego Województwa Podkarpackiego na lata 2014-2020.

### Szacowane koszty związane z instalacją OZE dla beneficjenta z uwzględnieniem podatku VAT (8% i 23%)

W przypadku montażu na lub w budynku mieszkalnym (VAT 8%)					
Nazwa OZE	cena netto [zł]	Podatek VAT 8% [zł]	Wkład własny beneficjenta [zł]		RAZEM
			15,00%	Podatek VAT 8%	
Instalacja solarne 3,26 kW	8 800,00	704,00	1 320,00	704,00	2 024,00
Instalacja solarne 4,98 kW	9 800,00	784,00	1 470,00	784,00	2 254,00
Instalacja fotowoltaiczna 3,24 kW	16 686,00	1 334,88	2 502,90	1 334,88	3 837,78
Instalacja fotowoltaiczna 4,32 kW	22 248,00	1 779,84	3 337,20	1 779,84	5 117,04
Piec pellet 20 kw	15 684,33	1 254,75	2 352,65	1 254,75	3 607,40

Tab. 1.

W przypadku montażu poza budynkiem mieszkalnym (VAT 23%)					
Nazwa OZE	cena netto [zł]	Podatek VAT 23% [zł]	Wkład własny beneficjenta [zł]		RAZEM
			15,00%	Podatek VAT 23%	
Instalacja solarne 3,26 kW	8800,00	2024,00	1320,00	2024,00	3344,00
Instalacja solarne 4,98 kW	9800,00	2254,00	1470,00	2254,00	3724,00
Instalacja fotowoltaiczna 3,24 kW	16686,00	3837,78	2502,90	3837,78	6340,68
Instalacja fotowoltaiczna 4,32 kW	22248,00	5117,04	3337,20	5117,04	8454,24
Piec pellet 20 kw	15684,33	3607,40	2352,65	3607,40	5960,05

Tab. 2.

**Rys. 1, 2.** Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej udostępnionej przez Urząd Gminy Zarzeczce na potrzeby badań.

### Szacowany czas zwrotu za wybrane instalacje OZE

instalacja fotowoltaiczna 3,24 kW (8% VAT)	instalacja fotowoltaiczna 4,32 kw (8% VAT)
2 lata 6 msc.	2 lata 6 msc.
instalacja fotowoltaiczna 3,24kw (23% VAT)	instalacja fotowoltaiczna 4,32 kw (23% VAT)
4 lata 3 msc.	4 lata 3 msc.

**Rys. 2.** Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej udostępnionej przez Urząd Gminy Zarzeczce na potrzeby badań.

### Zakres rzeczowy wykonanych instalacji OZE w gminach Zarzeczce i Rokietnica w latach 2017-2018

**Wyk. 1.** Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej udostępnionej przez Urząd Gminy Zarzeczce na potrzeby badań.

### Wielkość emisji zanieczyszczeń powietrza w województwie podkarpackim w 2017 r.

**Rys. 3.** Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Rzeszowie, Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w 2017 roku s. 7 dostępny na stronie <https://wios.rzeszow.pl/publikacje/publikacje-o-stanie-rodowiska/raporty-o-sta...>

### Szacowana produkcja energii w 2019 r. z nowo wybudowanych instalacji OZE w badanych gminach

**Wyk. 2.** Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej udostępnionej przez Urząd Gminy Zarzeczce na potrzeby badań.

### Koszty Projektu „Eko-Energia w gminach Zarzeczce i Rokietnica”

Wartość projektu ogółem	12 797 337,00 zł
Wydatki niekwalifikowane	1 034 837,00 zł
Wydatki kwalifikowane	11 762 500,00 zł
Dofinansowanie ze środków EFRR	9 996 948,75 zł

**Tab. 3.** Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej udostępnionej przez Urząd Gminy Zarzeczce na potrzeby badań.

### Szacowany spadek emisji dwutlenku węgla w gminach Zarzeczce i Rokietnica w 2019 r.

gmina Zarzeczce	gmina Rokietnica
1298,19	494,98
W tonach CO <sub>2</sub>	

**Rys. 4.** Opracowanie własne na podstawie dokumentacji wewnętrznej udostępnionej przez Urząd Gminy Zarzeczce na potrzeby badań.

### ŹRÓDŁA

- Dokumentacja wewnętrzna udostępniona przez Urząd Gminy Zarzeczce.
- Gradziuk P., Gradziuk B., Polityka klimatyczno-energetyczna Unii Europejskiej - wyzwania i szanse dla obszarów wiejskich Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu, 2017, T. 19, z. 4, s. 71-78.
- Masłoch G., Koszty rozwoju energetyki odnawialnej na poziomie lokalnym i regionalnym w Polsce (aspekt teoretyczny), Prace Komisji Geografii Przemysłu Polskiego Towarzystwa Geograficznego, 2015, vol. 29, nr 3, s. 26-38.
- Norwicz J., Musielak T., Boryczko B., Odnawialne źródła energii- polskie definicje i standardy, „Rynek Energii”, nr 1/2006, s. 2.
- Projekt nr RPPK.03.01.00-18-0009/17: „Eko-Energia w Gminach Zarzeczce i Rokietnica” dostępny na stronie [www.gminazarzeczce.pl](http://www.gminazarzeczce.pl)
- Wywiad pogłębiący z pracownikiem Urzędu Gminy Zarzeczce.

### PODSUMOWANIE

Energetyka odnawialna przyjmuje zwykle formę niewielkich jednostek wytvárczących zlokalizowanych w gospodarstwach domowych [2], [3]. Jej wykorzystanie pozwala na dywersyfikację wykorzystywanych źródeł energii wpływając na podniesienie poziomu lokalnego bezpieczeństwa energetycznego. Inwestowanie w OZE generuje wielowymiarowe korzyści. Na podstawie analizy wdrażania strategii energetyczno-klimatycznej w gminach Zarzeczce i Rokietnica ustalono, że zamontowanie 961 sztuk instalacji wykorzystujących odnawialne źródła energii powinno się przyczynić w długookresowej perspektywie do:

- zwiększenia wykorzystania OZE;
- zmniejszenia emisji CO<sub>2</sub> o 1796,95 tCO<sub>2</sub>/rok;
- zwiększenia produkcji energii cieplnej o 3538,10 MWh/rok;
- zwiększenia produkcji energii elektrycznej o 883,57 MWh/rok.

Realizacja projektu przełoży się na triadę realizacji efektów ekologicznych, ekonomicznych i społecznych.


# Poster nr 35

Agnieszka Puć, dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza


## „Realizacja strategii klimatyczno-energetycznej na terenie Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”

### Realizacja strategii klimatyczno-energetycznej na terenie Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego

Agnieszka Puć  
 dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz  
 Politechnika Rzeszowska  
 Im. I. Łukasiewicza w Rzeszowie



WYDZIAŁ ZARZĄDZANIA  
 POLITECHNIKI RZESZOWSKIEJ



POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
 im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

#### Cele polityki klimatyczno-energetycznej z terminem realizacji do 2030 r.

ograniczenie emisji gazów cieplarnianych

40%

w stosunku do poziomu z 1990 r.

zwiększenie udziału OZE w całkowitym zużyciu energii


27%

zwiększenie efektywności energetycznej

27%


Rys. 1  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie: G. Wojtkowska-Ludej, Globalne przywództwo technologiczne i innowacyjne Unii Europejskiej w dziedzinie energii i klimatu. Studia Ekonomiczne Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2018, nr 352, s. 269-277.

#### Rzeszowski Obszar Funkcjonalny



Rys. 2  
 Źródło: Stowarzyszenie Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego, (grafika dostępna na stronie <https://rof.org.pl>)

#### Wielkość emisji zanieczyszczeń w województwie podkarpackim w 2017 roku w podziale na powiaty



Rys. 3  
 Źródło: Wieloletni Inwestycyjny Oczyszczalnia Ścieków w Rzeszowie. Raport o stanie środowiska w województwie podkarpackim w 2017 roku. Biuletyn Monitoringu Środowiska, Katowice 2018, s. 7 (dostępny na stronie <https://mks.rzeszow.pl>)

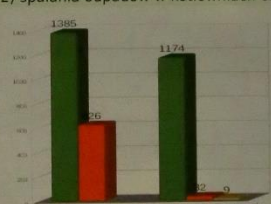
#### Działania zmniejszające emisję gazów cieplarnianych

- Likwidacja 1128 pieców (w latach 2006-2018)\*.
- Przystąpienie do Projektu Parasolowego.
- Wykonanie 18 km nowych sieci i 101 węzłów miejskiej sieci ciepłowniczej w 2018 r.
- Termomodernizacja obiektów użyteczności publicznej:
  - 5 gminnych budynków mieszkalnych\*.
  - 19 budynków użyteczności publicznej\*
- Modernizacja i przebudowa układu komunikacyjnego Rzeszowa, w tym budowa dróg wyprowadzających ruch tranzytowy poza miasto (do autostrady A-4 i drogi S-19).
- Inicjacja wypożyczalni rowerów i skuterów elektrycznych.
- Uruchomienie stacji monitoringu dla badania zanieczyszczeń pochodzących z transportu: przy ul. Piłsudskiego, (od stycznia 2019 roku).

\*Dane dotyczą gminy: Miasto Rzeszów

#### Kontrolę przeprowadzone w 2018 roku pod kątem:

- 1) spełniania dopuszczalnych norm emisji spalin
- 2) spalania odpadów w kotłowniach osób fizycznych



Wyk. 1  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie analizy dokumentacji wewnętrznej Wydziału Ochrony Środowiska i Rolnictwa Urzędu Miasta Rzeszowa udostępnionej na potrzeby badań.


#### Edukacja ekologiczna

Prowadzenie kampanii informacyjnych i edukacyjnych z zakresu ochrony środowiska:

- w placówkach oświatowych poprzez m. in.:
  - liczne konkursy;
  - akcje promocyjne (takie jak "Kochaś dzieci nie pal śmieci!");
  - eventy podnoszące świadomość z elementami edukacji o pszczołach i ich ochronie;
- dystrybucję ulotek dotyczących ochrony powietrza;
- artykuły w gazetach;
- warsztaty edukacyjne prowadzone na 4 rzeszowskich osiedlach (w ramach których prezentowane było mobilne laboratorium wyposażone m. in. w analityzator spalin, analityzator jakości powietrza i pyłomierz).


#### Modernizacja taboru Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Rzeszowie

EEV




2013-2016

Euro 6




2018

Elektryczne




2019

Planowane




Przystanki z panelami fotowoltaicznymi

136



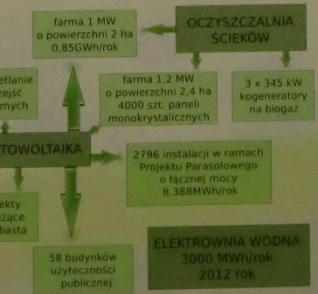
2017-2018

80



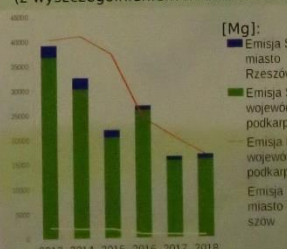
do 2021

#### Zwiększenie udziału OZE w całkowitym zużyciu energii



ELEKTROWNIA WODNA 3000 MWh/rok 2012 rok

#### Zmiana emisji dwutlenku siarki (SO<sub>2</sub>) oraz zanieczyszczeń pyłowych do 10 µm (PM<sub>10</sub>) na terenie województwa podkarpackiego (z wyszczególnieniem miasta Rzeszów)

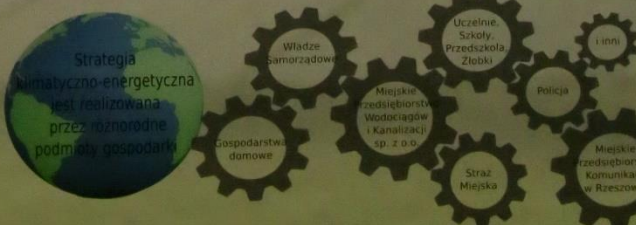


Wyk. 2  
 Źródło: Opracowanie własne na podstawie dokumentacji Regionalnego Wydziału Monitoringu Środowiska w Rzeszowie udostępnionej na potrzeby badań.

#### Ograniczenie emisji pyłów

- Wyposażenie 37 żłobków w oczyszczacze powietrza, planowane także przedszkoli.
- Systematyczne prowadzenie sprzątanii ulic z zastosowaniem technik zwilżania w celu ograniczenia pylenia.
- Wykorzystanie zieleni izolacyjnej, jako bariery wiatro-chłonnej oraz ograniczającej emisję wtórna pyłów (w latach 2004-2018 zasadzono ponad 250 000 drzew i krzewów).

#### Strategia klimatyczno-energetyczna jest realizowana przez różnorodne podmioty gospodarki




#### Źródła:

Dokumentacja udostępniona na potrzeby badań przez Wydział Ochrony Środowiska i Rolnictwa Urzędu Miasta Rzeszowa oraz Regionalny Wydział Monitoringu Środowiska w Rzeszowie.  
 Projekty (zrealizowane oraz w trakcie realizacji) dostępne na stronie <http://www.rzeszow.pl/miasto>.  
 Wojtkowska-Ludej G. Globalne przywództwo technologiczne i innowacyjne Unii Europejskiej w dziedzinie energii i klimatu. Studia Ekonomiczne Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach, Katowice 2018, nr 352, s. 269-277.  
 Wspieranie rozwoju OZE na terenie ROF - projekt parasolowy Projekt nr RPKW.03.04.00-18-0001/17, dostępny na stronie <http://www.rzeszow.pl/miasto>.  
 Wywiad pogłębienny z zainicjatora Wydziału Ochrony Środowiska i Rolnictwa Urzędu Miasta Rzeszowa oraz naczelnik Regionalnego Wydziału Monitoringu Środowiska w Rzeszowie.

# Poster nr 36

Wojciech Sajdak, Maciej Ozimek, dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz  
 Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza


## „Strategia dywersyfikacji taboru autobusowego jako odpowiedź na wyzwania klimatyczno-energetyczne - przypadek Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji w Rzeszowie”



**POLITECHNIKA RZESZOWSKA**  
im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

### Strategia dywersyfikacji taboru autobusowego jako odpowiedź na wyzwania klimatyczno-energetyczne

dr Marzena Hajduk-Stelmachowicz, Maciej Ozimek, Wojciech Sajdak  
 Politechnika Rzeszowska, Wydział Zarządzania



---

**Wprowadzenie** 1

Celem pracy jest pokazanie strategii dywersyfikacji taboru autobusowego w przypadku Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacji (MPK) w Rzeszowie, odpowiadającej na wyzwania klimatyczno-energetyczne. Wykorzystano metodę wywiadu pogłębionego, badanie typu case study oraz desk research. **Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2018 poz. 317)** narzuca Przedsiębiorstwu Komunikacji Miejskiej uzupełnienie floty autobusowej o autobusy elektryczne tak, aby do dnia **1 stycznia 2028 r.** ich udział wyniósł 30% całego taboru.

**Autobusy zeroemisyjne jako wyzwanie dla jednostek samorządu** 2

**Liczba mieszkańców miasta Rzeszów** na dzień 14.02.2019 r. [7] wynosi **193 631**. Dlatego miasto obejmuje **artykuł 36** Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317). Artykuł ten stanowi, że: "Jednostka samorządu terytorialnego, [...] świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej [...] podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów wynosi co najmniej 30%." Przepis ten wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

**Problemy związane z dywersyfikacją taboru** 3

Dywersyfikacja floty autobusowej niesie za sobą szereg korzyści ekonomicznych. Strategia zarządzania ryzykiem wymaga podjęcia działań w celu zabezpieczenia przed wzrostem cen paliw konwencjonalnych, w szczególności oleju napędowego. Dywersyfikacja taboru jest kluczowym elementem realizacji celów ekonomicznych, ekologicznych i społecznych w ramach "Corporate Social Responsibility". Autobusy elektryczne - mimo wyższej ceny zakupu - są znacznie tańsze w użytkowaniu, niż te zasilane paliwami konwencjonalnymi. Dodatkowo, ze względu na ich bezemisyjność, nie wydzielają tyłu zanieczyszczeń podczas jazdy, co oznacza czystsze powietrze w miejscach użytkowania.

**Porównanie kosztów przejazdu dla wybranych rodzajów napędów autobusowych**

Typ paliwa	Średnie zużycie paliwa/energii elektrycznej <sup>1</sup> na 100km	Cena danego paliwa i energii przyjęta na grudzień 2018 r.	Średni koszt przejazdu 100km
Sprężony gaz ziemny	CNG - 62,06 m <sup>3</sup>	2,47 zł/m <sup>3</sup>	153,29 zł
Olej napędowy	ON - 40 dm <sup>3</sup>	3,55 zł/dm <sup>3</sup>	142,00 zł
Hybrydowy	ON - 34 dm <sup>3</sup>	3,55 zł/dm <sup>3</sup>	120,70 zł
Elektryczny	Prąd - 150 kWh <sup>2</sup>	0,33 zł/kWh <sup>2</sup>	49,50 zł

<sup>1</sup>Wzrost 1. Opcjonalnie zależny od rodzaju silnika i rodzaju napędu i wykorzystaniem przy założeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym (dla miasta Rzeszowa) (Kozłowski, 2019: 11)

<sup>2</sup>Wzrost 2. Zależny od rodzaju silnika i rodzaju napędu i wykorzystaniem przy założeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym (dla miasta Rzeszowa) (Kozłowski, 2019: 11)

**Porównanie poziomu emisji lokalnej związków szkodliwych ze spalania paliw konwencjonalnych do energii elektrycznej w ruchu miejskim**

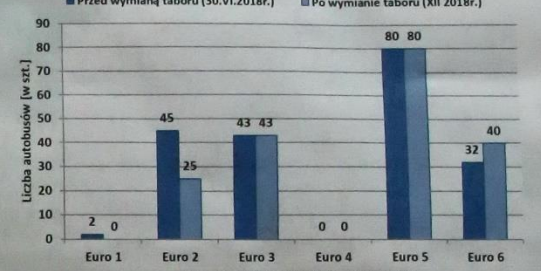
Związek szkodliwy	Napęd elektryczny	Napęd CNG	Napęd hybrydowy	Napęd ON
PM (w mg/kWh)	0,09	8,11	6,93	12,68
Nox (w g/kWh)	0,49	3,04	0,18	6,42
HC (w g/kWh)	0,14	1,28	0,18	0,18
CO (w g/kWh)	0	9,11	2,93	4,97

<sup>1</sup>Wzrost 1. Opcjonalnie zależny od rodzaju silnika i rodzaju napędu i wykorzystaniem przy założeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym (dla miasta Rzeszowa) (Kozłowski, 2019: 11)

**Tabor MPK w Rzeszowie** 4

**Porównanie taboru autobusowego w Rzeszowie wg spełnianych kryteriów Dyrektywy Europejskich w zakresie czystości spalin**

■ Przed wymianą taboru (30.VI.2018r.) ■ Po wymianie taboru (XII 2018r.)




Typ europejskiego standardu emisji spalin	Przed wymianą taboru (30.VI.2018r.)	Po wymianie taboru (XII 2018r.)
Euro 1	2	0
Euro 2	45	25
Euro 3	43	43
Euro 4	0	0
Euro 5	80	80
Euro 6	32	40

Wzrost 4. Opcjonalnie zależny od rodzaju silnika i rodzaju napędu i wykorzystaniem przy założeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym (dla miasta Rzeszowa) (Kozłowski, 2019: 11)




Mankamenty taboru przed modernizacją:  
 - Starsze, wysokopodłogowe autobusy nie były przystosowane do osób niepełnosprawnych, dzieci i kobiet w ciąży.  
 - Najstarsze autobusy były w gorszym stanie technicznym.  
 - Przystarzałe autobusy spełniały tylko najniższe europejskie normy czystości spalin oraz były nie ekonomiczne.  
 - Jazda takimi autobusami nie była już komfortowa dla pasażerów jak i kierowców.

**Źródła dofinansowań projektów** 5

■ "Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie" na lata 2017-2018  
 ■ "Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie" na lata 2018-2020  
 ■ "Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie" na lata 2018-2019



Wzrost 5. Opcjonalnie zależny od rodzaju silnika i rodzaju napędu i wykorzystaniem przy założeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym (dla miasta Rzeszowa) (Kozłowski, 2019: 11)

Źródło: <http://zsm.mazowiec.pl/2018/02/>

**Wnioski** 6

- Autobusy elektryczne są bezemisyjne oraz tańsze niż konwencjonalne w użytkowaniu (do 310%), więc należy rozważyć tego typu inwestycję;
- Do tej pory przez ZTM Rzeszów zostało zakupione: 10 sztuk autobusów elektrycznych, 10 sztuk pojazdów dwunastometrowych na olej napędowy oraz 30 sztuk autobusów osiemnastometrowych na ON;
- Nowozakupione autobusy spełniają najwyższe europejskie normy czystości spalin (Euro 6);
- Do końca tego roku 2019 planowany jest zakup 40 autobusów na CNG, a jeżeli wynegocjowana cena będzie korzystna, to miasto zakupi kolejne 20 sztuk;
- W związku z ciągłymi zmianami na rynku motoryzacyjnym zaleca się dalszą diagnozę w kontekście uaktualniania analizy kosztów i korzyści oraz systematyczną modernizację taboru.

**Specjalne podziękowania za wsparcie merytoryczne dla:**  
 Pana dr inż. Pawła Wojewody z Katedry Silników Spalinowych i Transportu Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej,  
 ZTM w Rzeszowie, a w szczególności:  
 Pani Dyrektora Zarządu Transportu Miejskiego  
 oraz  
 Pana Dyrektora Działu Przygotowania i Wdrażania Projektów



IV Konferencja Naukowa  
**Bezpieczeństwo energetyczne**  
 filary i perspektywa rozwoju



**Aspekty wykorzystania ciepła odpadowego w systemach chłodzenia**

mgr inż. Ewelina Dec

Politechnika Rzeszowska, Zakład Ciepłownictwa i Klimatyzacji  
 Aleja Powstańców Warszawy 6, 35-959 Rzeszów  
 e-mail: d313@stud.prz.edu.pl

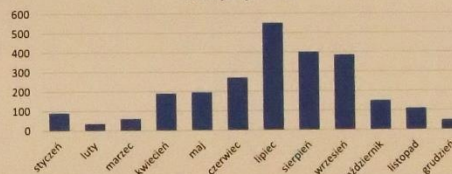
**Wprowadzenie**

W ostatnich latach widoczny jest ciągły wzrost cen surowców naturalnych oraz energii. Ze względu na ograniczone zasoby oraz z powodów politycznych i ekonomicznych, można się spodziewać utrzymania, a nawet przyspieszenia tego trendu. Niekorzystne prognozy na przyszłość wymuszają opracowanie zrównoważonej strategii energetycznej, która powinna uwzględnić wykorzystanie alternatywnych źródeł energii oraz ograniczenie strat, przez zagospodarowanie również energii odpadowej. Ciepło odpadowe powstające w prawie każdym rodzaju procesu produkcyjnego, można wykorzystać do poprawy wydajności systemów, z których korzystamy każdego dnia.

**Zapotrzebowanie na chłód**

Obserwowane przez meteorologów zmiany klimatyczne, charakteryzujące się wzrostem temperatur, powodują zwiększenie zapotrzebowania na chłód w okresie letnim. Z każdym rokiem rośnie wielkość powierzchni klimatyzowanych. Obok globalnego ocieplenia jest to wynik większej ilości urządzeń elektrycznych, które generują ciepło oraz rodzaju techniki budowlanej. Rosnące ciągle wymagania związane z komfortem cieplnym, wymuszają zapewnienie odpowiednich warunków nie tylko w pomieszczeniach, ale również w strefach zewnętrznych przebywania ludzi.

Zapotrzebowanie na chłód dla budynku biurowego w warunkach klimatycznych Polski



**Ciepło odpadowe**

Ochładzanie powietrza w strefach zewnętrznych przy pomocy standardowych systemów klimatyzacyjnych, opartych na sprężarkowych agregatach chłodniczych (SAC), może okazać się nieoptymalne, ze względu na duże zapotrzebowanie na energię elektryczną. Interesującym rozwiązaniem może być wykorzystanie do tego celu energii odpadowej.

Ciepło odpadowe to energia w postaci ciepła, powstająca przy okazji innych procesów, która nie jest odbierana i wykorzystywana, a najczęściej rozpraszana.

- Ciepło z serwerowni
- Ciepło odpadowe z zakładów przemysłowych
- Ciepło odpadowe z oczyszczalni ścieków
- Ciepło odpadowe z miejskiej sieci ciepłej w okresie letnim

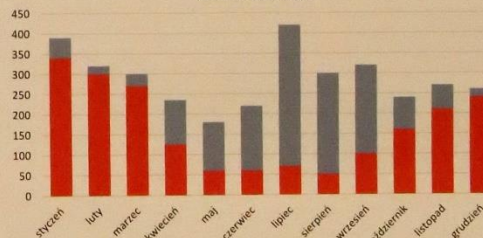
**Produkcja chłodu z ciepła sieciowego**

Energia cieplna, pochodząca na przykład z miejskiej sieci ciepłowniczej może być głównym źródłem zasilania dla adsorpcyjnych (ABS) lub adsorpcyjnych agregatów chłodniczych (ADS). Systemy te w odróżnieniu od SAC wykazują zapotrzebowanie ciepło o parametrze od 65 - 75 °C w przypadku ADS do 85 - 135 °C dla ABS.

Przy zastosowaniu adsorpcyjnych lub adsorpcyjnych agregatów chłodniczych ciepło sieciowe jest głównym źródłem energii budynku:

- centralnego ogrzewania i ciepłej wody użytkowej zimą,
- ciepłej wody użytkowej i chłodu użytkowego latem.

Zapotrzebowanie na ciepło dla budynku biurowego w warunkach klimatycznych Polski



Przykładowy schemat węzła ciepłno-chłodniczego zlokalizowanego u odbiorcy



**Podsumowanie**

Ciepło odpadowe to energia, która może być z powodzeniem odzyskiwana i wykorzystywana w procesach chłodniczych. Jej przetworzenie wiąże się z szeregiem korzyści, które pozytywnie wpływają nie tylko na kondycję przedsiębiorstwa, ale również na środowisko. Zastosowanie urządzeń sorpcyjnych do produkcji chłodu przy wykorzystaniu ciepła z miejskiej sieci ciepłej, pozwoli ograniczyć straty przesyłu oraz poprawi efektywność. Może to być również dodatkowe źródło przychodu dla przedsiębiorstw ciepłowniczych w deficytowym okresie letnim.

## Poster nr 38

dr inż. Anna Manowska

Politechnika Śląska

„Odnawialne źródła energii w krajowym miksie energetycznym”

---

## Poster nr 40

Magdalena Kulig, Weronika Hejda

Politechnika Rzeszowska im. I. Łukasiewicza

„Monitorowanie temperatury transformatorów wysokoenergetycznych czujnikiem światłowodowym”

---