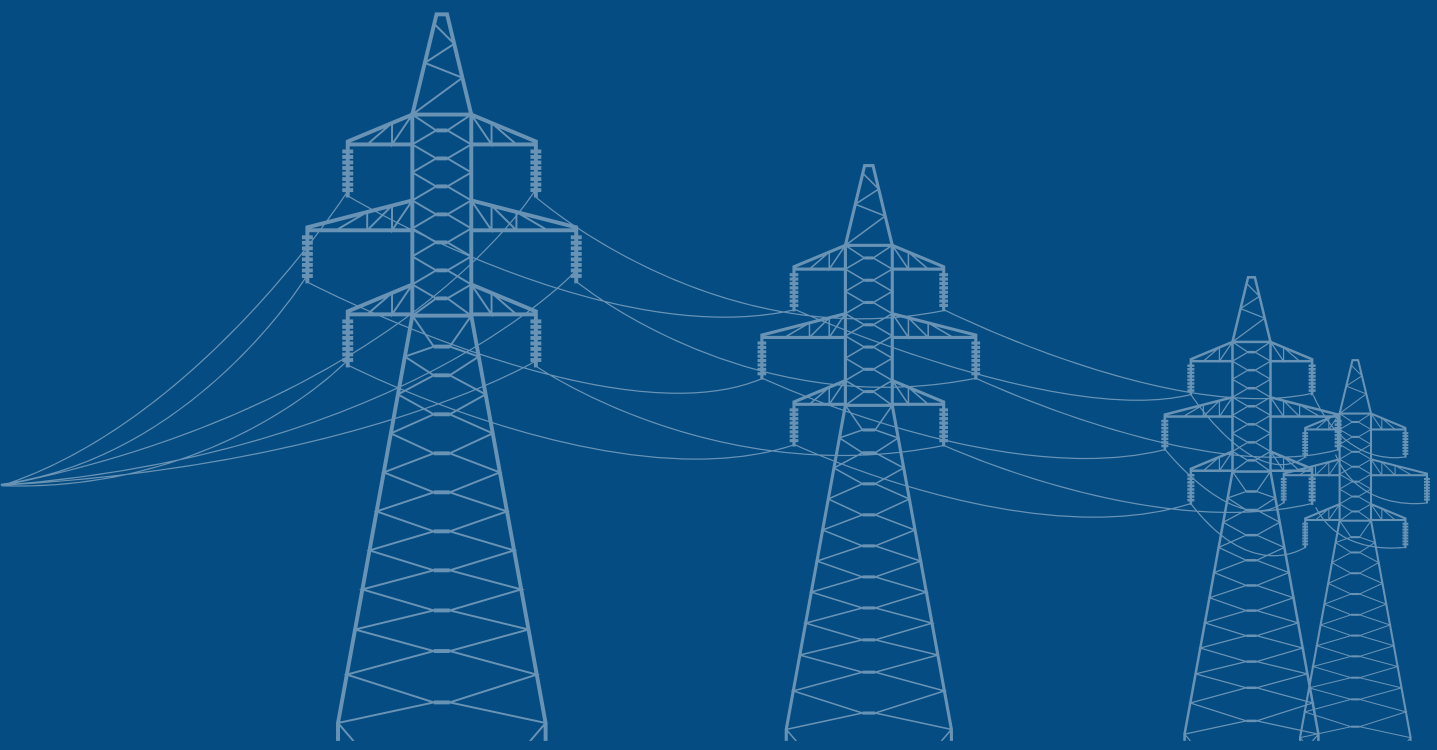
INSTYTUT POLITYKI ENERGETYCZNEJ
IM. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

# KSIĘGA POSTERÓW

VII Konferencji Naukowej „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”



Rzeszów, 12-13 września 2022 r.

Redakcja: dr hab. Paweł Borkowski, prof. UŁa, dr hab. inż Agnieszka Stec, prof. PRz, dr Hanna Sommer, Julia Dyląg, Paulina Bednarska, Wiktoria Podsiadła, Daria Pajdowska, Filip Ferenc

Uznanieautorstwa–Użycieniekomercyjne–Bezutworówzależnych4.0
CreativeCommonsAttribution–NonCommercial–NoDerivatives4.0
InternationalPublicLicense
(CCBY-NC-ND4.0):Authors

ISBN:978-83-958517-4-2

Wydawca:
InstytutPolitykiEnergetycznejim.IgnacegoŁukasiewicza
www.instytutpe.pl

Publisher:
IgnacyLukasiewiczEnergyPolicyInstitute
www.instytutpe.pl/en/epi

Rzeszów 2022

This conference is supported by
NATO's Public Diplomacy Division

Partner Strategiczny

SYSTEM

Partner Strategiczny

ORLEN

Partner Strategiczny

PGE

Polska Grupa Energetyczna

Partner Główny

PGNiG

Partner Główny

PERN

Partner Główny

PODKARPACKIE

## Partnerzy Srebrni

## Partnerzy Brązowi

## Sponsorzy Wspierający

## Partner Instytucjonalny

# Patronaty honorowe:

Honorowy patronat Prezesa Rady Ministrów Mateusza Morawieckiego

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Rzeczpospolita Polska Ministerstwo Spraw Zagranicznych

Ministerstwo Rozwoju i Technologii

MINISTERSTWO AKTYWÓW PAŃSTWOWYCH

Minister Edukacji i Nauki

BBN BIURO BEZPIECZEŃSTWA NARODOWEGO

RCB Rządowe Centrum Bezpieczeństwa

25 lat Urząd Regulacji Energetyki

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

E.DSO

GUS

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

NAPE NARODOWA AGENCJA POSZANOWANIA ENERGII S.A.

Przewodniczący Komisji Gospodarki i Rozwoju Sejmu RP

Komisja do Spraw Energii, Klimatu i Aktywów Państwowych Sejmu RP

Komisja Cyfryzacji, Innowacyjności i Nowoczesnych Technologii Sejmu RP

ZWIĄZEK MIAST I GMIN MORSKICH

WOJEWODA PODKARPACKI

MARSZAŁEK WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO

PREZYDENT MIASTA RZESZOWA

POLITECHNIKA RZESZOWSKA im. IGNACEGO ŁUKASIEWICZA

Oddajemy w Państwa ręce ***Księgę Posterów Konkursu na najlepszy Poster Naukowy*** **VII Konferencji Naukowej „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”**, która odbędzie się w dniach 12-13 września 2022 r. na Politechnice Rzeszowskiej im. Ignacego Łukasiewicza.

Zachęcamy do zadawania pytań do autorów posterów naukowych - poprzez ich przesyłanie drogą mailową **(w tytule wiadomości należy umieścić: tytuł posteru oraz imię i nazwisko autora/autorów) na adres: postery@instytutpe.pl do dnia 31 sierpnia 2022 r.**

W dniu 1 września 2022 r. o godz. 12:00, na platformie Zoom odbędzie się spotkanie z autorami posterów, do których skierowano pytania.

Oficjalne ogłoszenie laureatów Konkursu nastąpi po zakończeniu sesji posterowej podczas pierwszego dnia Konferencji tj. 12 września 2022 r. na posiedzeniu plenarnym z uczestnictwem laureatów w formie online.

**Konferencja odbywa się w formie tradycyjnej z elementami hybrydowymi, z kolei organizatorzy przewidują ogłoszenie wyników z udziałem laureatów w formie tradycyjnej i zdalnej – online.**

Poster nr 1 - *Dokładność procesorowych algorytmów predykcyjnego sterowania prądem wyjściowym przekształtnika matrycowego* - **Krzysztof Nowaszewski** (Politechnika Białostocka)

Poster nr 2 - *Geologiczne wielkoskalowe magazynowanie wodoru jako jeden z kluczowych determinantów rozwoju krajowej gospodarki wodorowej* - mgr inż. **Monika Piech**, mgr inż. **Rafał Biały**, dr hab. inż. **Adam Szurlej**, prof. AGH; (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Poster nr 3 - *Identyfikacja zmiennych objaśniających wpływających na zużycie gazu ziemnego przez odbiorców przemysłowych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej* - mgr inż. **Tomasz Chrulski** (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Poster nr 4 - *Kogeneracja dla przedsiębiorstw* - **Kamil Łuszcz, Adam Szablewski**; (Politechnika Krakowska)

Poster nr 5 - *Perspektywy produkcji zielonego wodoru z morskich elektrowni wiatrowych dla obszaru Morza Bałtyckiego na lata 2030-2050* - mgr inż. **Klaudia Ligęza** (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Poster nr 6 - *Proces hydrotermicznego upłynniania wytłoków przemysłowych jako perspektywiczne źródło produkcji biokomponentów zaawansowanych w Polsce* - mgr inż. **Marek Plata**, dr inż. **Mariusz Wądrzyk**, dr hab. inż. **Marek Lewandowski** prof. AGH; (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Poster nr 7 - *Prognozowanie zużycia gazu ze stacji LNG* - **Tomasz Cieślik** (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie); **Andrzej Żero**, **Piotr Narloch** (Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.); **Krzysztof Kogut** (Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie)

Poster nr 8 - *Projektowanie nowego magazynu energii* - mgr inż. **Aneta Kalbarczyk** (Politechnika Warszawska, Solid Energy Group Sp. z o.o.)

Poster nr 9 - *Spółdzielnie energetyczne na obszarach wiejskich jako element zwiększania bezpieczeństwa energetycznego* - **Marek Korendał** (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu), **Karolina Hnatów** (Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu), **Arkadiusz Dyjakon** (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)

Poster nr 10 - *Synergia barier technicznych biometanu zatłaczanego do sieci gazowej* - mgr inż. **Magda Podgórska**, mgr inż. **Piotr Narloch**; (Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.; Politechnika Gdańska)

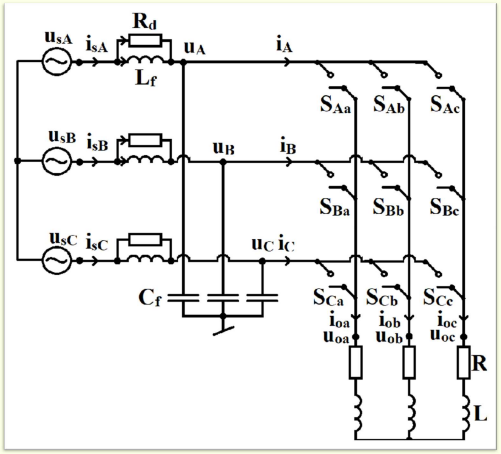
Poster nr 11 - *Wytłoki owocowe i warzywne jako perspektywiczne źródło pozyskania sacharydów stanowiących przyszłościowe platformy chemiczne* - mgr inż. **Łukasz Korzeniowski**, dr inż. **Mariusz Wądrzyk**, dr hab. inż. **Marek Lewandowski** prof. AGH; (Akademia Górniczo-Hutnicza Krakowie)

Poster nr 12 - *Wyzwania sektora gazowego związane z raportowaniem wielkości emisji metanu* - mgr inż. **Aneta Korda-Burza** (Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A., Akademia Górniczo-Hutnicza Krakowie); **mgr inż. Przemysław Wnęk** (Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o., Akademia Górniczo-Hutnicza Krakowie); **dr hab. inż. Adam Szurlej**, prof. AGH (Akademia Górniczo-Hutnicza Krakowie)

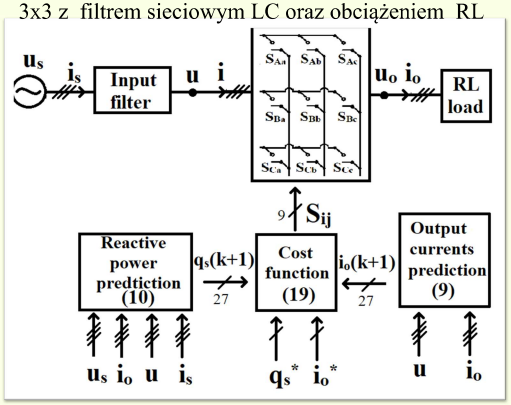
# Dokładność procesorowych algorytmów predykcyjnego sterowania prądem wyjściowym przekształtnika matrycowego

Autor: Krzysztof Nowaszewski
Katedra Elektrotechniki, Energoelektroniki i Elektroenergetyki
Politechnika Białostocka

**Streszczenie**: Poster przedstawia porównanie numerycznych metod rozwiązywania równania różniczkowego obwodu wyjściowego w przekształtniku matrycowym z predykcyjnym sterowaniem prądem odbiornika RL. Porównano trzy metody: bez wartości średniej napięcia wyjściowego, z wartością średnią napięcia wyjściowego oraz z wartością średnią napięcia na dławiku. Badania przeprowadzono w środowisku Matlab/Simulink.




**Rysunek 1** Schemat przekształtnika matrycowego 3x3 z filtrem sieciowym LC oraz obciążeniem RL




**Rysunek 2** Schemat układu sterowania predykcyjnego przekształtnika matrycowego 3x3

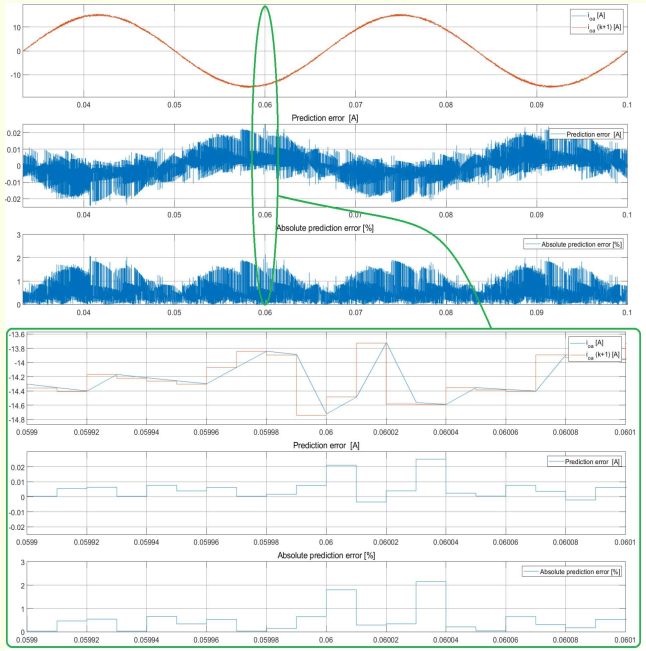
**Tabela 1** Parametry przekształtnika matrycowego 3x3

| Parametr | Symbol | Wartość |
|---|---|---|
| Dławik filtrujący | $L_f$ | 300 µH |
| Kondensator filtrujący | $C_f$ | 30 µF |
| Częstotliwość rezonansowa filtru ($L_fC_f$) | $f_r$ | 1,6 kHz |
| Rezystor tłumiący | $R_d$ | 9 Ω |
| Rezystor obciążający | $R$ | 5,6 Ω |
| Dławik obciążający | $L$ | 3,5 mH |
| Czas próbkowania | $T_p$ | 10 µs |
| Napięcie sieciowe | $U_s$ | 230 V |
| Częstotliwość napięcia sieciowego | $f_s$ | 50 Hz |

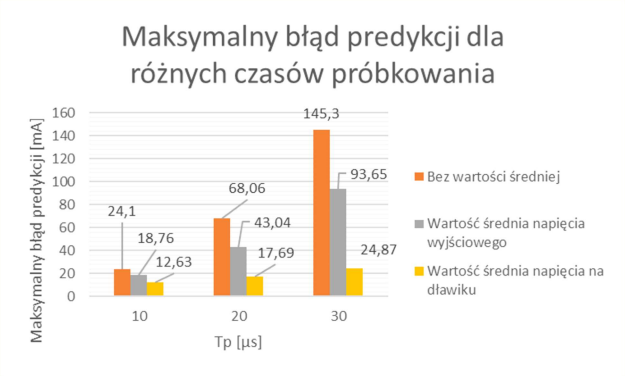
$$i_o(k+1) = \frac{T_p}{L} u_o(\mathrm{k}) + \left(1 - \frac{RT_p}{L}\right) i_o(k) \qquad (1)$$

$$i_o(k+1) = \frac{T_p}{L} \frac{u_o(\mathrm{k}) + u_o(\mathrm{k}+1)}{2} + \left(1 - \frac{RT_p}{L}\right) i_o(k) \qquad (2)$$

$$\mathrm{i}_o(\mathrm{k}+1) = \frac{2T_p}{2L + RT_p} \frac{u_o(k+1) + u_o(k)}{2} - \frac{2L - RT_p}{2L + RT_p} i_o(k) \qquad (3)$$




**Rysunek 3** Przykładowe przebiegi prądu wyjściowego fazy *a* $i_{oa}$ oraz przewidywanej wartości prądu $i_{oa}$ *(k+1)*, bezwzględny oraz względny błąd predykcji




**Rysunek 4** Porównanie maksymalnego błędu predykcji 3 badanych metod dla różnych czasów próbkowania

**Rysunek 5** Porównanie maksymalnego względnego błędu predykcji 3 badanych metod dla różnych czasów próbkowania

*Praca ta była wspierana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Polsce w ramach pracy nr MB/WE/2/2018, S/WE/1/2018 oraz WI/WE-IA/8/2020.*

**Bibliografia**:

[1] P. Szcześniak, Three-Phase AC–AC Power Converters Based on Matrix Converter Topology: Matrix-Reactance Frequency Converters Concept, Springer, 2013.
[2] J. Rodriguez, M. Rivera, J.W. Kolar, and P.W. Wheeler, "A Review of Control and Modulation Methods for Matrix Converters",IEEE Trans. Ind. Electron. 59 (1), 58–70 (2012).
[3] K. Nowszewski, A. Sikorski "Predictive current control of three-phase matrix converter with GaN HEMT bidirectional switches", Bulletin of the Polish Academy of Sciences - Technical Sciences, Vol. 68, No. 5 (2020) (1980).

| | |
|---|---|
| Autor: | *Krzysztof Nowaszewski*<br>*(Politechnika Białostocka)* |
| Tytuł: | *Dokładność procesorowych algorytmów predykcyjnego sterowania prądem wyjściowym przekształtnika matrycowego* |

Opis:

Przekształtnik matrycowy (rys. 1) jest to przekształtnik typu AC/AC, który przekształca bezpośrednio (bez obwodu pośredniczącego napięcia stałego) napięcie przemienne na napięcie przemienne o zmiennej amplitudzie i częstotliwości. Przekształtnik ten pozwala również na dwukierunkowy przesył energii elektrycznej z korekcją współczynnika mocy [1].

W [2] przedstawiono obszerny przegląd metod sterowania przekształtnikiem matrycowym m.in.: metody skalarne [3], PWM/SVM, DTC i sterowanie predykcyjne. Metody predykcyjne stosowane są do sterowania momentem obrotowym oraz prądu. Funkcja kosztu w sterowaniu predykcyjnym może zawierać wiele parametrów, które mają wpływ na kształt prądów m.in. chwilowa moc bierna, uchyb prądu lub napięcia common-mode. Ze względu na możliwość szerokiego wyboru parametrów w funkcji kosztów, wzrost mocy obliczeniowej procesorów oraz implementacji sterowania predykcyjnego w układach FPGA zainteresowanie metodami sterowania predykcyjnego znacznie wzrosło. Dodatkowo zastosowanie GaN HEMT jako dwukierunkowego łącznika w przekształtniku matrycowym umożliwia zwiększenie częstotliwości łączeń i wzrost gęstości mocy zachowując wysoką sprawność energetyczną układu [4].

Na rysunku 2. przedstawiono uproszczony schemat sterowania predykcyjnego przekształtnikiem matrycowym 3x3. Sterowanie to umożliwia kształtowanie prądów wyjściowych oraz wejściowych zapewniając jednocześnie kompensację mocy biernej oraz korekcję współczynnika mocy. Predykcja realizowana jest m.in. poprzez numeryczne rozwiązanie równań różniczkowych, które można wykonać na różne sposoby np. dla predykcji prądu wyjściowego: bez wartości średniej (1), z wartością średnią napięcia wyjściowego (2) lub z wartością średnią napięcia na dławiku (3). Każda z tych metod charakteryzuje się różną dokładnością predykcji. W celu zweryfikowania, która z nich jest dokładniejsza wykonane zostały badania symulacyjne w środowisku Matlab/Simulink. Parametry badanego układu przedstawiono w tabeli 1. Jako kryterium oceny przyjęto maksymalny błąd predykcji oraz maksymalny względny błąd predykcji, który istotnie wpływa na jakość kształtowanych prądów. Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe przebiegi prądu wyjściowego przekształtnika, błędu predykcji oraz względnego błędu predykcji. Badania powtórzono dla pozostałych metod dla różnych czasów próbkowania układu.

Wyniki tych badań zestawiono na rysunku 4 oraz 5. Wynika z nich, że najdokładniejszą metodą jest metoda z wartością średnią napięcia na dławiku, ponieważ ma najmniejszy maksymalny błąd predykcji prądu, a dodatkowo wpływ czasu próbkowania jest mniej znaczący w porównaniu do pozostałych metod.

*Praca ta była wspierana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w Polsce w ramach pracy nr MB/WE/2/2018, S/WE/1/2018 oraz WI/WE-IA/8/2020.*

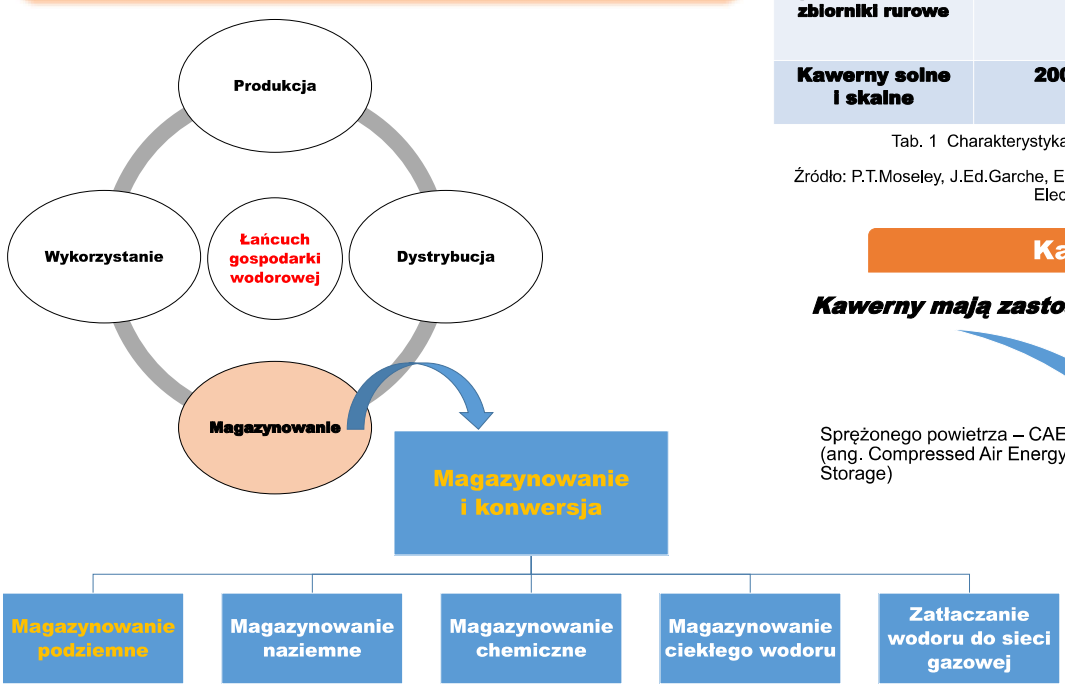
VII Konferencja Naukowa
„Bezpieczeństwo energetyczne filary i perspektywy rozwoju”
12-13.09.2022 r.

# Geologiczne wielkoskalowe magazynowanie wodoru jako jeden z kluczowych determinantów rozwoju gospodarki wodorowej

mgr inż. Monika Piech, AGH w Krakowie
mgr. inż. Rafał Biały, AGH w Krakowie
dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. uczelni, AGH w Krakowie

## Wprowadzenie

Perspektywa **wzrostu znaczenia OZE w bilansie energetycznym kraju** znacznie zmieni model całego systemu elektroenergetycznego oraz jego funkcjonowanie. Dalszy rozwój produkcji energii elektrycznej z OZE, w szczególności **bliska perspektywa budowy farm wiatrowych off-shore na Morzu Bałtyckim, liczne plany budowy farm on-shore oraz PV** będzie wymagała zapewnienia **systemu wielkoskalowego magazynowania energii** pełniącego rolę bufora dla przyszłej sieci wodorowej umożliwiającej odbiór i przesył wodoru z obiektów wytwórczych z północy Polski do zlokalizowanych w pozostałych częściach kraju odbiorców.




Rys. 1 Magazynowanie i konwersja wodoru na podstawie dokumentu pn.: „Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040 r.”

## Przechowywanie wodoru w postaci gazowej

| Rodzaj zbiornika | Ciśnienie (bar) | Gęstość energii (k Wh/m³) | Pojemność/ energia termiczna (MWh) |
|---|---|---|---|
| Zbiorniki niskociśnieniowe | 20 | 30 | 150 |
| Wysokociśnieniowe zbiorniki rurowe | 80 | 120 | 4300 |
| Kawerny solne i skalne | 200 | 300 | 240 000 |

Tab. 1 Charakterystyka wybranych magazynów sprężonego wodoru.

Źródło: P.T.Moseley, J.Ed.Garche, Energy Storage for Renewable Sources and Grid Balancing, Electrochemical, Elsevier 2015

## Kawerny solne

***Kawerny mają zastosowanie do przechowywania:***

Gazu, ropy naftowej

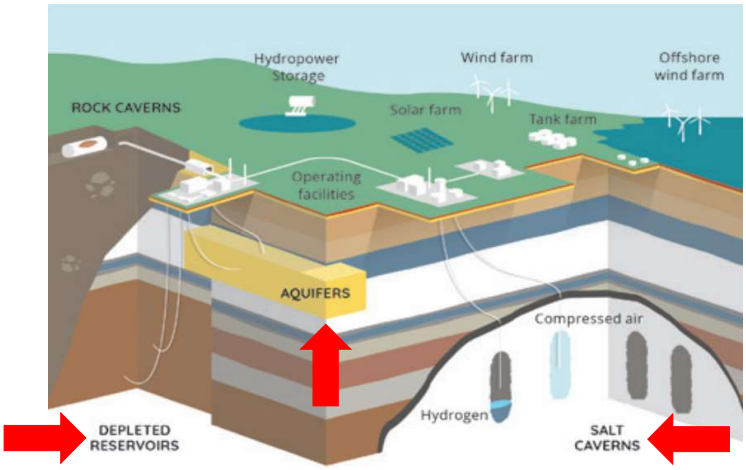
Sprężonego powietrza – CAES (ang. Compressed Air Energy Storage)

Obecnie na świecie eksploatowanych jest sześć kawern solnych wypełnionych wodorem – w Wielkiej Brytanii oraz USA

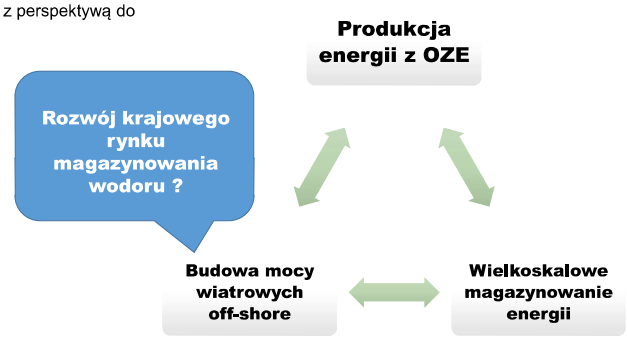
**Wodoru**

**Kluczowe parametry związane z wyborem sposobu przechowywania wodoru:**

- **Gęstość magazynowania**
- **Koszty**
- **Bezpieczeństwo**
- **Własności fizyczne**




Rys. 2 Wielkoskalowe magazyny wodoru: **kawerny solne, wyeksploatowane złoża, warstwy wodonośne**, Źródło: van Wijk, van der Roest, & Boere, 2017




## Wnioski

- **Rozwój łańcucha wartości** sektora wodoru z OZE będzie wymagał **magazynów energii.**
- Długoterminowe magazynowanie oparte o wielkie pojemności – wykorzystywane zgodnie z sezonowym cyklem pracy sektora.
- **Najbardziej efektywne i najtańsze** jest magazynowanie podziemne.
- **Polska posiada dogodną strukturę geologiczną** dla kolejnych magazynów kawernowych.
- Magazynowanie wodoru w kawernach nie różni się znacząco od magazynowania gazu ziemnego.
- **Kawerny solne** charakteryzują się bardzo dużą elastycznością pracy, mają możliwość wykonywania wielu cykli zatłaczania i odbioru w ciągu roku, a także zapewniają wysokie bezpieczeństwo techniczne i środowiskowe z uwagi na własności fizyko-chemiczne skał solnych.

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Monika Piech, mgr inż. Rafał Biały, dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH; (Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie)* |
| Tytuł: | *Geologiczne wielkoskalowe magazynowanie wodoru jako jeden z kluczowych determinantów rozwoju krajowej gospodarki wodorowej* |

Opis:

W systemie elektroenergetycznym Polski systematycznie rośnie udział energii wytworzonej w oparciu o Odnawialne Źródła Energii (OZE). Biorąc pod uwagę unijną politykę klimatyczną przewidzianą w projektach aktów prawnych opublikowanych w ramach pakietów Fit for 55 oraz RePowerEU znaczenie OZE będzie gwałtownie wzrastać. Przyczynią się do tego przede wszystkim zmiany w dyrektywach RED II oraz ETS promujące elektrolityczną produkcję wodoru oraz paliw RFNBO.

Perspektywa wzrostu znaczenia OZE w bilansie energetycznym kraju znacznie zmieni model całego systemu elektroenergetycznego oraz jego funkcjonowanie. Dalszy rozwój produkcji energii elektrycznej z OZE, w szczególności bliska perspektywa budowy farm wiatrowych off-shore na Morzu Bałtyckim, liczne plany budowy farm on-shore oraz PV będzie wymagała zapewnienia systemu wielkoskalowego magazynowania energii pełniącego rolę bufora dla przyszłej sieci wodorowej umożliwiającej odbiór i przesył wodoru z obiektów wytwórczych z północy Polski do zlokalizowanych w pozostałych częściach kraju odbiorców (głównie przemysłowych z tzw. trudnych do zdekarbonizowania sektorów) wrażliwych na zmiany dostaw spowodowanych zmieniającymi się warunkami atmosferycznymi.

Magazynowanie energii w postaci sprężonego wodoru wytwarzanego w procesach elektrolitycznych w odpowiednich strukturach geologicznych może w przyszłości istotnie pomóc w rozwiązaniu problemu bilansowania systemu energetycznego, z uwagi na możliwości wprowadzania znaczącego wolumenu energii wytworzonej w źródłach cechujących się zmienną wydajnością oraz wspomoże działanie w zakresie dekarbonizacji wysoko emisyjnych sektorów gospodarki głównie: przemysłu nawozowego (produkcji amoniaku), transportu, ciepłownictwa i hutnictwa.

Podziemne magazynowanie nośników energii w strukturach geologicznych jest praktykowane na dużą skalę od dziesięcioleci, Polska w tym obszarze posiada bogate doświadczenia. Jest to ekonomicznie i technicznie dojrzałe rozwiązanie. Obecnie uruchamiane są liczne projekty koncentrujące się na wielkoskalowym podziemnym magazynowaniu energii w strukturach geologicznych w postaci wodoru i sprężonego powietrza. Podziemną przestrzenią wykorzystywaną do procesu magazynowania substancji jest naturalna przestrzeń porowa lub sztucznie utworzone pustki. Substancje magazynuje się w przestrzeni porowej wyeksploatowanych złóż gazu ziemnego lub ropy naftowej, w strukturach wodonośnych (tzw. aquiferach) oraz w sztucznie utworzonych w procesach górniczych, wyrobiskach pokopalnianych, grotach skalnych, a przede wszystkim w kawernach solnych.

W Polsce występują bardzo dogodne warunki geologiczno-górnicze oraz techniczne do budowy magazynów kawernowych w wysadach solnych. Magazynowanie energii ma kluczowe znaczenie dla uwolnienia pełnego potencjału wodoru i jest niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego Polski.

Praca ma charakter przeglądowo-badawczy. Jej celem jest analiza możliwości wielkoskalowego magazynowania wodoru w strukturach geologicznych, ze szczególnym uwzględnieniem kawern w wysadach solnych w kontekście prognozowanego wzrostu znaczenia OZE w miksie energetycznym. Takie rozwiązanie istotnie przyczyni się do rozwiązania poważnego problemu jakim są wahania sezonowe i niestabilności produkcji energii elektrycznej w instalacjach wykorzystujących OZE w stosunku do zapotrzebowania. Reasumując, wraz ze wzrostem udziału w miksie energetycznym OZE rośnie zapotrzebowanie na rozwój technologii magazynowania energii umożliwiającej skuteczne bilansowanie systemu elektroenergetycznego.

TOMASZ CHRULSKI

[a]**AGH Akademia Górniczo-Hutnicza**

## *Identyfikacja zmiennych objaśniających wpływających na zużycie gazu ziemnego przez odbiorców przemysłowych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej (2020)*

Zależności zostały opisane za pomocą analizy regresji i współczynnika determinacji. Wyniki przedstawiają na różną siłę wpływu czynników makroekonomicznych w zależności od danego kraju.

### *Opracowane wyniki*

**Tabela 1.** Siła wpływu zmiennych – grupa 1.

| Zmienna | Belgia | Bułgaria | Chorwacja | Niemcy | Francja | Grecja | Włochy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| stopniodni chłodzenia | | 0,0948* | 0,0298** | | | | |
| stopniodni grzania | 0,0003*** | | 0,0520* | <0,0001*** | | 0,0581* | <0,0001*** |
| emisja gazów cieplarnianych | 0,0140** | | 0,0005*** | 0,0087*** | 0,0002*** | 0,0012*** | 0,0335** |
| produkcja paliw kopalnych | | 0,0858* | 0,0116** | 0,0047*** | 0,0149** | 0,0059*** | |
| produkt krajowy brutto | | | | | | | 0,0853* |
| dostawy produktów naftowych | | 0,0544* | | | 0,0030*** | 0,0091*** | 0,0853* |
| ceny ogółem w przemyśle | 0,0006*** | | 0,0443** | | | | 0,0032*** |
| dostępność energii elektrycznej | | | 0,0384** | | | | |
| produkcja w budownictwie | | | | | 0,0071*** | 0,0628* | |
| indeks wielkości przemysłu | <0,0001*** | 0,0640* | | 0,0009*** | | | 0,0002*** |
| zużycie OZE | 0,0023*** | | 0,0202** | | | | |
| budownictwo mieszkaniowe | | | | | | | 0,0067*** |
| F-test | 1,91e-07 | 0,078159 | 0,003014 | 0,000079 | 2,30e-08 | 0,014511 | 5,79e-07 |
| Współczynnik determinacji | 0,926256 | 0,43028 | 0,834561 | 0,801894 | 0,950674 | 0,655542 | 0,971922 |

**Tabela 2.** Siła wpływu zmiennych – grupa 2.

| Zmienna | Luxembourg | Holandia | Polska | Portugalia | Rumunia | Hiszpania | Anglia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| stopniodni chłodzenia | | | 0,0195** | | 0,0184*** | | |
| stopniodni grzania | 0,0093 | <0,0001*** | 0,0010*** | | 0,0035** | | |
| emisja gazów cieplarnianych | <0,0001*** | | | 0,0001*** | | <0,0001*** | 0,0904* |
| produkcja paliw kopalnych | 0,0013*** | <0,0001*** | 0,0113** | 0,0053*** | | <0,0001*** | 0,0033*** |
| produkt krajowy brutto | 0,0525* | | | 0,0014*** | | | |
| dostawy produktów naftowych | <0,0001*** | | | 0,0091*** | | | |
| ceny ogółem w przemyśle | | 0,0338** | 0,0604* | 0,0152** | 0,0258*** | 0,0034*** | |
| dostępność energii elektrycznej | 0,0231** | | | 0,0037*** | 0,0015** | | 0,0003*** |
| produkcja w budownictwie | 0,0081*** | | 0,0654* | | | | |
| indeks wielkości przemysłu | | 0,0112** | 0,0001*** | | | 0,0165** | |
| zużycie OZE | | | 0,0055*** | | 0,0007*** | | |
| budownictwo mieszkaniowe | 0,0673* | | 0,0700* | | 0,0007*** | | |
| F-test | 1,90e-07 | 3,93e-06 | 0,003248 | 0,000196 | 0,000202 | 0,000017 | 0,000590 |
| Współczynnik determinacji | 0,986108 | 0,872316 | 0,845694 | 0,876645 | 0,854717 | 0,862127 | 0,675542 |

Wyniki badań pokazują, że zaproponowane wskaźniki makroekonomiczne posiadają największą siłę wpływu na Włochy, Portugalię oraz Polskę (współczynnik determinacji). Co więcej wyniki wykazują, iż każdy z badanych krajów posiada własny zestaw zmiennych o różnym stopniu wpływu na zużycie gazu ziemnego przez przemysł.

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Tomasz Chrulski*<br>*(Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie)* |
| Tytuł: | *Identyfikacja zmiennych objaśniających wpływających na zużycie gazu ziemnego przez odbiorców przemysłowych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej* |

Opis:

**Cel badawczy**: dokonać analizę siły wpływu czynników zewnętrznych na zużycie gazu ziemnego przez rodzime gospodarki w wybranych krajach Unii Europejskiej.

Zależności zostały opisane za pomocą analizy regresji i współczynnika determinacji. Wyniki przedstawiają na różną siłę wpływu czynników makroekonomicznych w zależności od danego kraju.

### *Wprowadzenie*

Celem pracy była wstępna identyfikacja i siła wpływu wskaźników makroekonomicznych na zużycie gazu ziemnego przez odbiorców przemysłowych w poszczególnych krajach Unii Europejskiej. W badaniu zostały wybrane potencjalne wskaźniki[1)]: stopniodni chłodzenia wg. EUROSTAT, stopniodni grzania wg. EUROSTAT, emisja gazów cieplarnianych, produkcja paliw kopalnych, produkt krajowy brutto, dostawy produktów naftowych, ceny ogółem w przemyśle, dostępność energii elektrycznej dla odbiorcy końcowego, produkcja w budownictwie, indeks wielkości przemysłu, zużycie odnawialnych źródeł energii, budownictwo mieszkaniowe. Wybór potencjalnych czynników podyktowany był ogólną wiedzą autora na temat znajomości rynku gazu ziemnego oraz przeglądem literatury badanego zagadnienia: stopniodni chłodzenia wg. EUROSTAT, stopniodni grzania wg. EUROSTAT, emisja gazów cieplarnianych, produkcja paliw kopalnych, produkt krajowy brutto, dostawy produktów naftowych, ceny ogółem w przemyśle, dostępność energii elektrycznej dla odbiorcy końcowego, produkcja w budownictwie, indeks wielkości przemysłu, zużycie odnawialnych źródeł energii, budownictwo mieszkaniowe.

### *Metodologia*

Badanie przeprowadzono na podstawie miesięcznych wskaźników makroekonomicznych publikowanych przez EUROSTAT za rok 2020. Dane dotyczące ilości gazu ziemnego dostarczonego do odbiorców przemysłowych zostały pobrane z Europejskiego Stowarzyszenia Operatorów Systemów Przesyłowych gazu ziemnego. Skupiono się na następujących krajach: Belgia, Bułgaria, Chorwacja, Niemcy, Francja, Grecja, Włochy (Tab.2) oraz Luxemburg, Holandia, Polska, Portugalia, Rumunia, Hiszpania, Anglia (Tab. 3). Do określenia zależności pomiędzy potencjalnym predyktorem a zużyciem gazu ziemnego wykorzystano analizę regresji[2)]. Badanie przeprowadzono także przy użyciu współczynnika determinacji[3)], informującego o sile czynników zewnętrznych wpływających na zmienną objaśnianą. W większości uzyskano $R^2>0,9$, co stanowią dobre wyniki[4)]. Co więcej do analizy sumarycznego wpływu wskaźników, wykorzystano statystykę tzw. F-test[5)].

### *Wnioski*

Wyniki badań pokazują, że zaproponowane wskaźniki makroekonomiczne posiadają największą siłę wpływu na Włochy, Portugalię oraz Polskę (współczynnik determinacji). Co więcej wyniki wykazują, iż każdy z badanych krajów posiada własny zestaw zmiennych o różnym stopniu wpływu na zużycie gazu ziemnego przez przemysł. W dalszej perspektywie badań, zmienne objaśniające mogą zostać wykorzystane do budowy modelu ekonometrycznego dla danego kraju, co może być inspiracją do dalszych badań. Wyniki mogą być także wskazówką w aspekcie sprawiedliwej transformacji energetycznej, ponieważ obrazują, różnorakość wpływu czynników makroekonomicznych na zużycie gazu ziemnego.

**Autorzy**
Kamil Łuszcz student Politechniki Krakowskiej
Adam Szablewski student Politechniki Krakowskiej

**Dane kontakowe**
kamil.luszcz198@gmail.com
adam.szablewski@wp.pl

# Kogeneracja dla przedsiębiorstw

## Cel

Zdefiniowanie kluczowych aspektów kogeneracji gazowej jako tej o największym potencjale biznesowym

## Czym są układy kogeneracyjne

Kogeneracja jest wytwarzaniem ciepła i energii elektrycznej w jednym procesie technologicznym. Uzyskujemy tak znacznie większy stopień wykorzystania energii pierwotnej zawartej w paliwie do produkcji energii elektrycznej i ciepła.

## Metoda badawcza

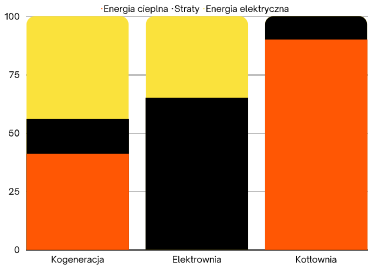
Na podstawie źrodeł wiedzy nizej zamieszonych i doświadczenia zawowodego zebraliśmy najbardziej kluczowe informacje na temat mniejszych układów kogeneracji

## Rodzaje kogeneracji

**Mała kogeneracja gazowa –** instalacje kogeneracyjne o mocy do 1 MWe
**Średnia kogeneracja gazowa –** instalacje kogeneracyjne o mocy 1 – 50 MWe
**Duża kogeneracja gazowa –** instalacje kogeneracyjne o mocy powyżej 50 MWe

## Kogeneracja to oszczędność energii w paliwie

Głównym powodem, dla którego firmy inwestują w kogeneracje jest oszczędność na kosztach energii, szczególnie energii elektrycznej.



## Kogeneracja – najważniejszy aspekt pracy

Jednostki kogeneracyjne oparte o paliwo gazowe utrzymują parametry optymalnej sprawności do **50% obciążenia** poborem mocy elektrycznej. Eksploatacja silnika poniżej 50 % obciążenia przypomina jazdę samochodem z prędkością **10 km/h na 4 biegu**.

## Wnioski

Z perspektywy przedsiębiorstw, doradców energetycznych, projektantów, energetyków, inwestycja w układ kogeneracyjny powinna się opłacać, a aby układ kogeneracyjny się opłacał musi pracować w ciągu roku minimum **6 000 h**. Im więcej tym lepiej. Należy znaleźć **użytkowe** zastosowanie zarówno dla ciepła jak i dla energii elektrycznej. Jeśli ktoś ma poświęcić kilka milionów złotych na taki układ, musi mieć perspektywę zwrotu inwestycji. Dobrze zaprojektowana i zaplanowana kogeneracja to skuteczna metoda aby osiągnąć profit z inwestycji, a także sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

## Zalety

**Realizacja celów ograniczenia emisji gazów cieplarnianych.**

**Oszczędność na kosztach energii**, szczególnie energii elektrycznej.

**Bezpieczeństwo energetyczne –** posiadanie własnego źródła zasilania **uniezależnia.**

## Wady

Układ kogeneracyjny jest technologią wymagającą cyklicznych i kosztownych działań serwisowych oraz jest to długoterminowa i bardzo kosztowna inwestycja.

**POWIĄZANA LITERATURA**
Tomasz Stankowski – PEG zajęcia II
http://www.energa-kogeneracja.pl/

| | |
|---|---|
| Autor: | *Kamil Łuszcz, Adam Szablewski;*<br>*(Politechnika Krakowska)* |
| Tytuł: | *Kogeneracja dla przedsiębiorstw* |

Opis:

Celem badawczym jest zdefiniowanie kluczowych aspektów kogeneracji gazowej jako tej o największym potencjale biznesowym.

Z perspektywy przedsiębiorstw, doradców energetycznych, projektantów, energetyków, inwestycja w układ kogeneracyjny powinna się opłacać, a aby układ kogeneracyjny się opłacał musi pracować w ciągu roku minimum 6 000 h. Im więcej tym lepiej. Należy znaleźć użytkowe zastosowanie zarówno dla ciepła jak i dla energii elektrycznej. Jeśli ktoś ma poświęcić kilka milionów złotych na taki układ, musi mieć perspektywę zwrotu inwestycji. Dobrze zaprojektowana i zaplanowana kogeneracja to skuteczna metoda aby osiągnąć profit z inwestycji, a także sposób na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych.

# Perspektywy produkcji zielonego wodoru z morskich elektrowni wiatrowych dla obszaru Morza Bałtyckiego na lata 2030-2050.

mgr inż. Klaudia Ligęza, Akademia Górniczo – Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, e-mail: kligeza@agh.edu.pl

Źródło: shutterstock.com

## Wprowadzenie

Morska energetyka wiatrowa, z uwagi na charakterystykę produkcji jest efektywną i optymalną technologią dla produkcji wodoru odnawialnego, natomiast elektroliza wody, przy wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych, nie generuje bezpośrednio $CO_2$ oraz pozwala na sterowanie wielkością produkcji wodoru, w zależności od bieżących potrzeb i możliwości magazynowania. Popyt na zielony wodór w Polsce będzie rósł w tempie umiarkowanym do 2030 roku, a do 2050 r. roczne zapotrzebowanie może przekroczyć 130 TWh. Aby pokryć to zapotrzebowanie konieczne jest wydzielenie części potencjału OZE o największym wskaźniku wykorzystania mocy zainstalowanej do bezpośredniej produkcji wodoru, bez uwzględniania potrzeb bilansowych systemu elektroenergetycznego. Przewiduje się, że elektrolizery zintegrowane z farmami morskimi na morzu będą odgrywać istotną rolę w rozwoju gospodarki wodorowej.

Rys. 1. Lokalizacja obszarów Morza Bałtyckiego przeznaczonych pod budowę morskich farm wiatrowych. Źródło [2].

## Cel i metodyka

Celem pracy jest przedstawienie możliwości produkcji zielonego wodoru w oparciu o energię morskich farm wiatrowych w latach 2030-2050 oraz przedstawienie koncepcji budowy i działania morskich hubów wodorowych zintegrowanych z elektrowniami wiatrowymi na Morzu Bałtyckim.

Na podstawie danych literaturowych przyjęto założenia:

- średnia prędkość wiatru na Bałtyku – 7m/s;
- moc rzeczywistą MFW, moc przeznaczoną na elektrolizę oraz zapotrzebowanie na wodór dla lat 2030-2050;
- czas pracy elektrowni i elektrolizerów - 20h/dobę;
- ilość dni pracy MFW - 347dni/rok;
- parametry elektrolizera typu PEM – Siemens Sylizer 300;
- źródło wody do elektrolizy – odsalana i oczyszczona woda morska;
- źródło energii do pracy urządzeń hubu wodorowego – ogniwo paliwowe PEMFC;

## Morskie farmy wiatrowe i elektrolizery

Obliczono przewidywaną moc morskich farm wiatrowych w wymiarze godzinowym, dziennym oraz rocznym, przewidywane pokrycie zapotrzebowania na wodór oraz produkcję wodoru w dedykowanych morskich hubach wodorowych przy wykorzystaniu elektrolizerów typy PEM w latach 2030-2050. Liczbę modułów elektrolizerów dobrano dla kryterium maksymalnego wykorzystania przewidywanej mocy przeznaczonej na elektrolizę.

| Wielkość | Jednostka | 2030 | 2040 | 2050 |
|---|---|---|---|---|
| Średnia roczna prędkośc wiatru | m/s | 7 | 7 | 7 |
| Roczna dostępność farmy | % | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Moc rzeczywista | GW | 8 | 20 | 28 |
| Moc godzinowa | GWh | 8 | 20 | 28 |
| Moc dzienna | GWh | 160 | 400 | 560 |
| Moc roczna | GWh | 55520 | 138800 | 194320 |
| Zapotrzebowanie na H2 | GWh | 46000 | 89000 | 112000 |
| Moc przeznaczona na elektrolizę | GW/rok | 13880 | 41640 | 69400 |
| Pokrycie zapotrzebowania na H2 | % | 30 | 47 | 62 |

Tab. 1. Charakterystyka pracy MFW oraz zapotrzebowania na wodór.

Tab. 2. Charakterystyka elektrolizera typu PEM

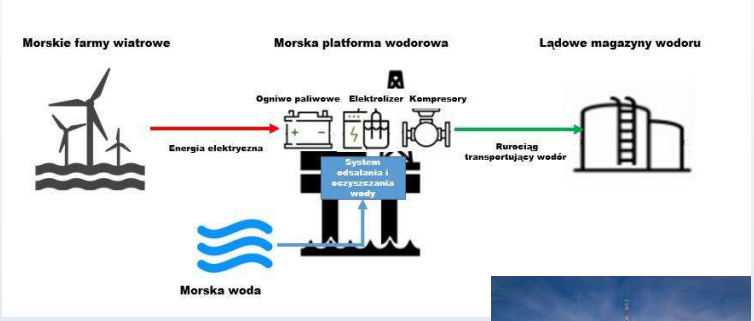
| Wielkość | Jednotska | PEM - Siemens Sylizer 300 |
|---|---|---|
| Ilość modułów elektrolizera | sztuk | 1 |
| Moc znamionowa | MW | 17,5 |
| Sprawność | % | 76 |
| Czas pracy urządzenia | h | 20 |
| Czystość wodoru | % | 99,999 |
| Produkcja wodoru | kg/h | 330 |

## Produkcja wodoru

Rys. 2. Przewidywana roczna produkcja wodoru w latach 2030-2050.

## Morski hub wodorowy na Bałtyku

Poniższy rysunek przedstawia ideowy schemat morskiego systemu produkcji wodoru na dedykowanych platformach wodorowych zintegrowanych z MFW. Energia elektryczna oraz odsolona i oczyszczona woda dostarczane są do systemu elektrolizerów, a wytworzony wodór transportowany rurociągiem do lądowych magazynów.




Rys. 3. Schemat ideowy produkcji w morskich hubach wodorowych.

Rys. 4. Wizualizacja morskiej platformy wodorowej. Źródło: shutterstock.com

## Podsumowanie

Morska energetyka wiatrowa jest efektywną i optymalną technologią dla produkcji wodoru odnawialnego. Wykorzystanie dedykowanych morskich farm wiatrowych do produkcji wodoru w procesie elektrolizy pozwala na znaczne pokrycie prognozowanego rosnącego zapotrzebowania na wodór w polskiej gospodarce. Budowa morskich systemów do produkcji wodoru, wykorzystujących systemy elektrolizy typu PEM pozwala na optymalne wykorzystanie energii elektrycznej przy jednoczesnym zminimalizowaniu strat.

## Bibliografia

[1] Dinh V. N., Leahy P., McKeogh E., Murphy J., Cummins V., Development of a viability assessment model for hydrogen production from dedicated offshore wind farms, International Journal of Hydrogen Energy, 2021

[2] Flaszyński P., Mitraszewski K., Markowska-Cerić J., Energetyka wiatrowa na Bałtyku. Czyli o energetyce i przyszłości polskich morskich farm wiatrowych na morzu., Magazyn PAN, 1/65/2021;

[3] Peters R., Vaessen J., Van der Meer R., Offshore Hydrogen Production in the North Sea Enables Far Offshore Wind Development, Offshore Technology Conference, Houston, TX, USA, 05. 2020;

[4] Pierozzi N., De Bacco P., Tascino C., Arcangeletti G., Tucceri F., De Simone G., Piazzi L., Agogliati P., Emerging Solution in Offshore Green Hydrogen Production and Storage, Offshore Technology Conference in Houston, TX, USA, 05. 2022;

[5] Scolaro M., Kittner N., Optimizing hybrid offshore wind farms for costs-competitive hydrogen production in Germany, International Journal of Hydrogen Energy 47 (2022), 6478-6493;

[6] Singlitico A., Østergaard J., Chatzivasileiadis S., Onshore, offshore or in-turbine electrolysis? Techno-economic overview of alternative integration designs for green hydrogen production into Offshore Wind Power Hubs, Renewable and Sustainable Energy, 2021

[7] https://www.heattofuel.eu/wp-content/uploads/2021/03/6_Ilona-Dickschas.pdf

[8] http://pscw.pl/wp-content/uploads/2021/12/Raport-Zielony-Wodor-z-OZE-77MB.pdf

[9] http://pscw.pl/wp-content/uploads/2022/06/skompresowany-raport-22Polska-energetyka-wiatrowa-4.022-2022-.pdf

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Klaudia Ligęza*<br>*(Akademia Górniczo - Hutnicza w Krakowie)* |
| Tytuł: | *Perspektywy produkcji zielonego wodoru z morskich elektrowni wiatrowych dla obszaru Morza Bałtyckiego na lata 2030-2050* |

Opis:

Produkcja wodoru w Polsce powinna być realizowana w ramach trzech ścieżek, tj.: wykorzystanie nadwyżek OZE, pracę wydzielonej części generacji OZE w systemie off-grid zintegrowanej z dedykowanymi elektrolizerami oraz produkcję rozproszoną na potrzeby lokalne. Morska energetyka wiatrowa, z uwagi na charakterystykę produkcji jest efektywną i optymalną technologią dla produkcji „zielonego" wodoru, natomiast elektroliza wody, przy wykorzystaniu energii ze źródeł odnawialnych, nie generuje bezpośrednio $CO_2$ oraz pozwala na sterowanie wielkością produkcji wodoru, w zależności od bieżących potrzeb i możliwości magazynowania. Popyt na zielony wodór w Polsce będzie rósł w tempie umiarkowanym do 2030 roku, a do 2050 r. roczne zapotrzebowanie może przekroczyć 130 TWh. Aby pokryć to zapotrzebowanie konieczne jest wydzielenie części potencjału OZE o największym wskaźniku wykorzystania mocy zainstalowanej do bezpośredniej produkcji wodoru, bez uwzględniania potrzeb bilansowych systemu elektroenergetycznego. Przewiduje się, że elektrolizery zintegrowane z farmami morskimi na morzu będą odgrywać istotną rolę w rozwoju gospodarki wodorowej.

**Cel badawczy:**

Celem pracy jest przedstawienie możliwości produkcji zielonego wodoru w oparciu o energię morskich farm wiatrowych w latach 2030-2050 oraz przedstawienie koncepcji budowy i działania morskich hubów wodorowych zintegrowanych z elektrowniami wiatrowymi na Morzu Bałtyckim.

**Wnioski:**

Morska elektrownie wiatrowe są efektywnym i optymalnym źródłem energii dla produkcji wodoru odnawialnego. Wykorzystanie dedykowanych morskich farm wiatrowych do produkcji wodoru w procesie elektrolizy pozwala na znaczne pokrycie prognozowanego rosnącego zapotrzebowania na wodór w polskiej gospodarce. Budowa morskich systemów do produkcji wodoru, wykorzystujących systemy elektrolizy typu PEM pozwala na optymalne wykorzystanie energii elektrycznej przy jednoczesnym zminimalizowaniu strat.

# Proces hydrotermicznego upłynniania wytłoków przemysłowych jako perspektywiczne źródło produkcji biokomponentów zaawansowanych w Polsce


**Marek Plata[a], Mariusz Wądrzyk[b]**
**Marek Lewandowski[c]**

*Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica*
*Wydział Energetyki i Paliw*
*[a]mplata@agh.edu.pl [b]wadrzyk@agh.edu.pl [c]lewandowski@agh.edu.pl*

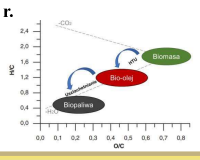

VII Konferencja Naukowa Bezpieczeństwo energetyczne filary i perspektywa rozwoju 12-13.09.2022

WYDZIAŁ ENERGETYKI I PALIW AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

AGH

## Wprowadzenie

- Polska jako jeden z głównych producentów i liderów branży przetwórstwa warzyw i owoców w UE posiada ogromną ilość odpadowej materii organicznej, o wysokim potencjale aplikacyjnym, która obecnie nie jest efektywnie zarządzana oraz zagospodarowana.
- W Polsce powstaje rocznie **ok. 260 tys. ton** wytłoków owocowych i ok. **100 tys. ton** warzywnych
- Biodegradowalne odpady pochodzące z przemysłu spożywczego najczęściej wykorzystywane są jako nawozy i pasze dla zwierząt, bądź energetycznie do spalania czy produkcji biogazu. Jednakże większa część kierowana jest na wysypiska, gdzie mogą ulegać niekorzystnym przemianom biochemicznym ze szkodą dla środowiska i gospodarki.
- Biomasa pochodząca z wytłoków z czarnej porzeczki może być postrzegana jako cenny surowiec umożliwiającym produkcję wartościowych bioproduktów. Szczególnie perspektywiczna jest produkcja bio-oleju będącego wysokoenergetycznym półproduktem komponowania zaawansowanych biopaliw, która w świetle **dyrektywy RED II** może pozwolić na osiągnięcie celu **udziału 3,5%** biopaliw wytwarzanych z odpadów oraz produktów ubocznych rolnictwa i leśnictwa **do 2030 r.**



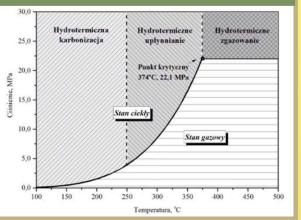
Źródło: FAOSTAT

## Cel badawczy

- Wytworzenie ciekłego surowca – bio-oleju w procesie hydrotermicznego upłynniania wytłoków przemysłowych z czarnej porzeczki
- Badanie możliwości uszlachetnienia bio-oleju na drodze procesu hydrodeoksygenacji dla uzyskania potencjalnych biokomponentów paliwowych

## Hydrotermiczne upłynnianie

- Obiecująca technologia konwersji biomasy realizowana w warunkach okołokrytycznych wody (*250–374°C, 4 do 22 MPa*), wraz z dodatkiem rozpuszczalników organicznych oraz katalizatorów
- Wykorzystuje *specyficzne właściwości* wody w warunkach okołokrytycznych oraz *nie wymaga wstępnego suszenia surowca*




## Metodologia

Rozpuszczalnik: **Woda 1:1 Propan-2-ol**

**20% mas.** Wytłoków z czarnej porzeczki

**Hydrotermiczne upłynnianie**

**275°C**
**150 obr/min**
**30 minut**

Separacja

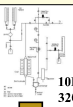
**Karbonizat** – Stała pozostałość

**Faza wodna** – Zawiera związki rozpuszczalne w wodzie: alkohole, kwasy

**Faza gazowa** – $CO_2$, CO, $H_2$, $CH_4$ i inne lekkie węglowodory

**Surowy Bio-olej**

**Hydrodeoksygenacja (HDO)**



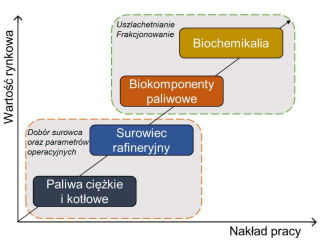
**10Ni-SBA-15**
**320°C 60 bar**
**60ml/min $H_2$**

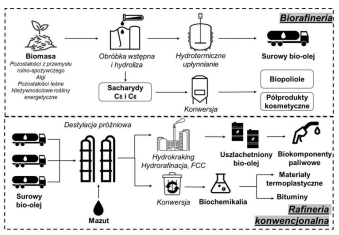
**Uszlachetniony Bio-olej**

*1) Wytłoki użyte w badaniach są pozostałością po przemysłowym procesie produkcji soków. Surowiec został dostarczony przez **Tymbark – MSW, Polska***

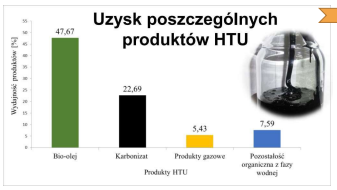
*2) Analizę jakościową oraz produktów przeprowadzono za pomocą chromatografu gazowego Agilent 7890B sprzężonego ze spektrometrem masowym MSD-5977A wyposażonym w kolumnę kapilarną Agilent DB-17 (30 m × 250 µm ID × 0,25*

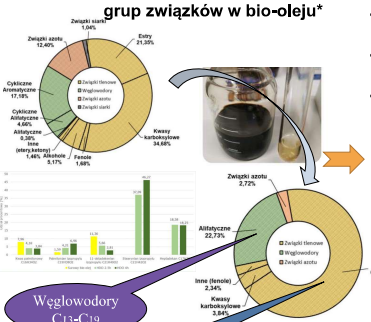
## Bio-olej jako platforma chemiczna



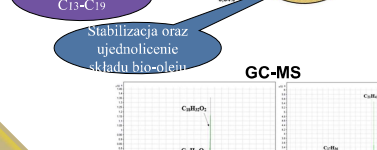




## Wyniki






Węglowodory $C_{13}$-$C_{19}$

Stabilizacja oraz ujednolicenie składu bio-oleju

### Bio-olej

- Ciemna, lepka ciecz o charakterystycznym ostrym zapachu
- Wieloskładnikowa mieszanina ponad 300 związków organicznych
- Obecność struktur o charakterze polarnym jak i niepolarnym

Właściwości:

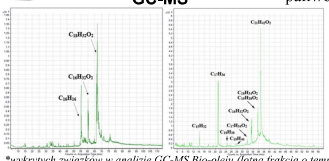
HHV:32,8 MJ/kg

- wysoka zawartość tlenu,
- wysoka kwasowość (niskie pH),
- wysoka lepkość oraz gęstość (zwłaszcza w niskich temperaturach),
- wysoka reaktywność i termochemiczna niestabilność (niska odporność na utlenianie),
- wysoka heterogeniczność i wynikające z tego trudności związane np. ze znalezieniem odpowiedniego rozpuszczalnika.

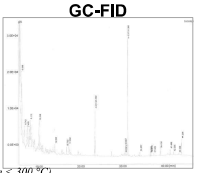
### Uszlachetnianie

- Poprawa jakości i stabilności bio-oleju w wyniku redukcji relatywnie wysokiej zawartości niepożądanych składników bio-oleju, zawierających heteroatomy: tlenu, azotu i siarki, powodujących jego niekorzystne właściwości,
- Ulepszenie do bardziej homogenicznego i stabilniejszego produktu pozwalającego na łatwiejsze transportowanie oraz przystosowanie do obecnej infrastruktury paliwowej

GC-MS




GC-FID



**wykrytych związków w analizie GC-MS Bio-oleju (lotna frakcja o temp. wrzenia < 300 °C)*

## Wnioski i podsumowanie

Przeprowadzone badania dotyczące konwersji wytłoków przemysłowych z czarnej porzeczki pokazują, że proces hydrotermicznego upłynniania, a w dalszej kolejności uszlachetniania bio-oleju stwarzają możliwość waloryzacji biomasy do wartościowych biokomponentów. Przetwarzanie bio-oleju poprzez różnego rodzaju procesy down-streamowe stwarza możliwość konwersji grup związków zawartych w pierwotnym produkcie do stabilniejszych oraz bardziej pożądanych związków, które mogą stanowić biokomponenty paliwowe, chemikalia czy związki platformowe o wartości dodanej.

- Uzyskano **~48%mas.** bio-oleju zawierającego ogromną ilość związków z licznymi grupami funkcyjnymi.
- Bio-olej z wytłoków z czarnej porzeczki charakteryzuje się niską zawartością wody i popiołu oraz relatywnie wysokim ciepłem spalania (**32,81 MJ/kg**), stanowiącym wartość wyższą o **~41%** w porównaniu do pierwotnego surowca.
- Hydroodtlenienie bio-oleju prowadziło do otrzymania **27,85%** węglowodorów z grupy $C_{15}$-$C_{19}$. Nastąpiło ujednolicenie składu bio-oleju, w którym dominowały estry i węglowodory alifatyczne, stanowiące sumarycznie **około 90%** udziału spośród wszystkich analizowanych związków, co można wytłumaczyć przewagą reakcji stabilizacji bio-oleju nad reakcjami hydrodeoksygenacji w przeprowadzonym procesie HDO.


Podziękowania

Realizacja badań możliwa dzięki finansowaniu Narodowemu Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu LIDER/58/0241/L-11/19/NCBR/2020. Autorzy dziękują firmie MWS Tymbark za udostępnienie surowców do badań oraz współpracę.

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Marek Plata, dr inż. Mariusz Wądrzyk, dr hab. inż. Marek Lewandowski prof. AGH; (Akademia Górniczo - Hutnicza w Krakowie)* |
| Tytuł: | *Proces hydrotermicznego upłynniania wytłoków przemysłowych jako perspektywiczne źródło produkcji biokomponentów zaawansowanych w Polsce* |

Opis: Polska ze względu na obecną politykę klimatyczną Unii Europejskiej w zakresie ograniczenia emisji $CO_2$ oraz osiągnięcia neutralności emisyjnej do 2050 roku zobowiązana jest do realizacji przyjętych celów na rzecz promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Postanowienia najnowszej dyrektywy RED II w zakresie energii odnawialnej na lata 2021-2030, wymuszają na państwach członkowskich UE (w tym Polsce) ograniczanie do 7% zużycia na cele transportowe biopaliw I generacji, wytwarzanych z surowców rolnych (spożywczych) na rzecz biopaliw zaawanasowanych produkowanych m.in. z surowców niespożywczych, odpadów z sektorów rolnictwa oraz leśnictwa. Polska jako jeden z głównych producentów i liderów branży przetwórstwa warzyw i owoców w UE posiada ogromną ilość odpadowej materii organicznej, o wysokim potencjale aplikacyjnym, która obecnie nie jest optymalnie zagospodarowywana. Rozwijane od kilkunastu lat technologie termochemiczne, uznaje się za najbardziej innowacyjne podejście w kwestii konwersji biomasy do wartościowych bioproduktów. Bio-olej będący jednym z głównych produktów rozkładu termochemicznego stanowi perspektywiczny wysokoenergetyczny półprodukt dla pozyskania związków platformowych oraz komponowania zaawansowanych biopaliw świetnie wpisujący się w zapisy wspomnianej dyrektywy RED II. Mimo wielu zalet stosowania bio-oleju jako prekursora paliw transportowych, posiada on ograniczenia, które redukują kierunki potencjalnych aplikacji. Jednymi z głównych wyzwań ograniczającymi implementację bio-oleju są wysoka zawartość tlenu, kwasowość oraz niska stabilność termiczna i chemiczna. Zastosowanie odpowiednich metod uszlachetniania oraz stabilizacji bio-oleju jest konieczne dla umożliwienia jego wdrożenia na skalę przemysłową.

W prezentowanej pracy podjęto się tematu opracowania innowacyjnego sposobu waloryzacji strumienia odpadów z przemysłu spożywczego poprzez proces hydrotermicznego upłynniania w kierunku pozyskania wartościowych bioproduktów, w tym szczególnie ciekłego bio-oleju. Oceniono również możliwości podniesienia potencjału wykorzystania pozyskanego bio-oleju poprzez następcze przetwarzanie do komponentów o wysokim potencjale aplikacyjnym. W tym celu wytworzono w procesie hydrotermicznego upłynniania wytłoków przemysłowych z czarnej porzeczki ciekły surowiec – bio-olej oraz następnie zbadano możliwości jego uszlachetnienia na drodze procesu hydrodeoksygenacji dla uzyskania potencjalnych biokomponentów paliwowych. W wyniku konwersji hydrotermicznej wytłoków z czarnej porzeczki otrzymano ok. 48% mas. wysoce heterogenicznego bio-oleju zawierającego ogromną ilość związków z licznymi grupami funkcyjnymi. Proces hydrodeoksygenacji wobec 10Ni/SBA-15 wykazał wysoki potencjał konwersji związków tlenowych zawartych w bio-oleju do wyższych węglowodorów alifatycznych. Hydroodtlenienie bio-oleju prowadziło do otrzymania 27,85% węglowodorów z grupy $C_{15}$-$C_{19}$. W produkcie uzyskanym po procesie HDO odnotowano także znaczne ujednolicenie składu bio-oleju, w którym dominowały związki tlenowe (estry kwasów tłuszczowych - 68%) oraz węglowodory alifatyczne. Związki te stanowiły sumarycznie około 90% udziału spośród wszystkich analizowanych związków. Bio-olej z wytłoków z czarnej porzeczki charakteryzuje się niską zawartością wody i popiołu oraz relatywnie wysokim ciepłem spalania (32,81 MJ/kg), stanowiącym wartość wyższą o ~41% w porównaniu do pierwotnego surowca. Otrzymane w procesie uszlachetniania węglowodory alifatyczne, będące odpowiednikiem frakcji oleju napędowego oraz estry kwasów tłuszczowych mogą być prekursorem do produkcji biokomponentów oraz biopaliw. Przeprowadzone badania dotyczące hydrotermicznego upłynniania wytłoków przemysłowych pokazują, że wykorzystane odpady mogą być postrzegane jako cenny surowiec, stwarzając możliwość konwersji zawartych w nich składników do stabilniejszych oraz bardziej pożądanych związków platformowych o wartości dodanej, które mogą stanowić znaczącą alternatywę dla konwencjonalnych źródeł ich pozyskania m.in. z ropy naftowej.

# PROGNOZOWANIE ZUŻYCIA GAZU ZE STACJI LNG

Tomasz Cieślik[1,2], Andrzej Żero[3], Piotr Narloch[3,4], Krzysztof Kogut[5]

[1]AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Zrównoważonego Rozwoju Energetycznego

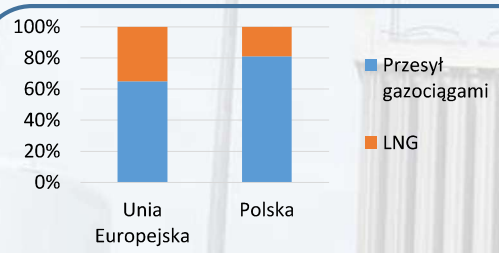
[2]Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk

[3] Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.

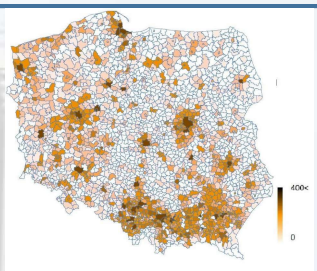
[4]AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu, Katedra Inżynierii Gazowniczej

[5]AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw, Katedra Technologii Paliw

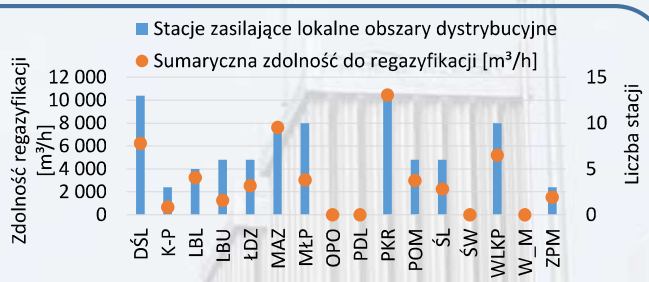
***Streszczenie***: W ciągu ostatnich lat proces gazyfikacji przebiegał bardzo intensywnie w zakresie zwiększenia liczby odbiorców gazu oraz rozwoju infrastruktury sieciowej. W Polce są obszary, które nie posiadają sieci gazowej, jej budowa jako inwestycji liniowej jest nieopłacalna lub nie ma odpowiedniej przepustowości w istniejącej i relatywnie blisko danego obszaru położonej sieci gazowej. W takiej sytuacji pojawia się możliwość wykorzystania stacji regazyfikacji LNG, które zasilają wyspowe obszary w paliwo gazowe. Jednym z warunków prawidłowego zarządzania pracą ww. sieci wyspowej zasilanej z stacji regazyfikacji LNG jest planowanie dostaw opartych o prognozy zużycia. Na podstawie zgromadzonych danych atmosferycznych oraz zużycia gazu z wybranej stacji na przestrzeni dwóch lat określono wpływ czynników atmosferycznych na konsumpcję gazu ziemnego za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Wyznaczono wpływ miesiąca oraz dnia (parametr sztuczny) na konsumpcję gazu. Wyznaczono model sieci neuronowych dający najlepsze dopasowanie za pomocą współczynnika korelacji.



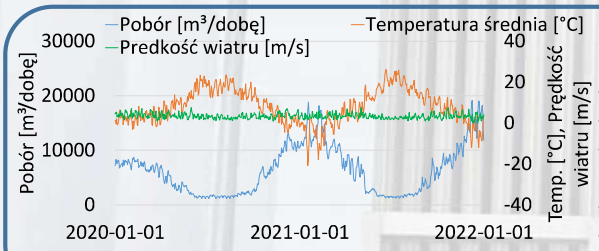

***Rys. 1 Udział LNG w importowanym gazie w roku 2021 UE i Polska***



***Ry2. Sieć rozdzielcza-2020 r.***




***Rys. 3 Stacje LNG- stan na 22. 04.2022 ( jednego z operatorów)***




***Rys. 4 Charakterystyka zużycia gazu w zależności od warunków atmosferycznych ze stacji LNG***

### *Założenia do obliczeń SSN*

- Perceptor wielowarstwowy typ: MLP;
- Liczba neuronów w warstwie ukrytej od 2 do 64;
- Funkcje aktywacji: Liniowa, Logistyczna, Tanh, Wykładnicza, Sinus;
- Redukcja wag: min - 0,00002, max – 0,001;
- Proces uczenia sieci z wykorzystaniem algorytmu BFGS (Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno ).

### *Dane*

- Pobór gazu średniodobowy z ciągu 2 lat;
- Temperatura średniodobowa;
- Prędkość wiatru [m/s];
- Wilgotność [%];
- Nasłonecznienie [h];
- Dane sztuczne (miesiąc, dzień tygodnia);
- Prognoza – styczeń 2022.

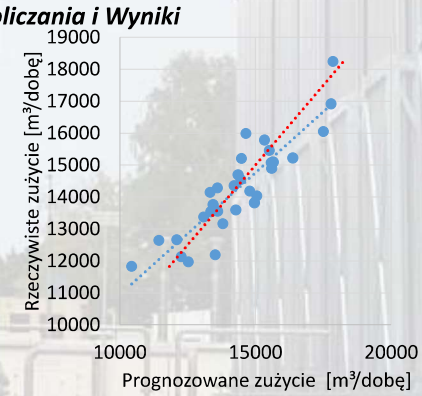
## *Obliczania i Wyniki*

***Tab.1 Konfiguracja***

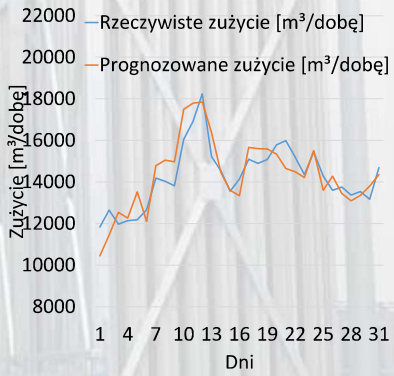
| Nr. modelu | Temp. | P. wiatru | Wilg. | Nasłonecz. | Nr. modelu | Temp. | P. wiatru | Wilg. | Nasłonecz. | sztuczne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | x | | | | 9 | x | | | | x |
| 2 | x | x | | | 10 | x | x | | | x |
| 3 | x | | x | | 11 | x | | x | | x |
| 4 | x | x | x | | 12 | x | x | x | | x |
| 5 | x | | | x | 13 | x | | | x | x |
| 6 | x | x | | x | 14 | x | x | | x | x |
| 7 | x | | x | x | 15 | x | | x | x | x |
| 8 | x | x | x | x | 16 | x | x | x | x | x |

***Tab. 2 Wyniki***

| Nr. modelu | Wsp. korelacji | Nr. modelu | Wsp. korelacji |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,732 | 9 | 0,811 |
| 2 | 0,8 | 10 | **0,891** |
| 3 | 0,706 | 11 | 0,786 |
| 4 | 0,778 | 12 | 0,839 |
| 5 | 0,752 | 13 | 0,812 |
| 6 | 0,786 | 14 | 0,835 |
| 7 | 0,724 | 15 | 0,792 |
| 8 | 0,794 | 16 | 0,835 |

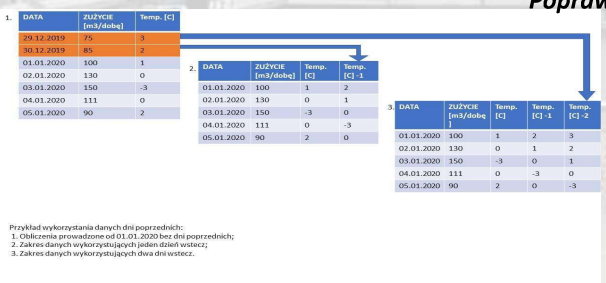



***Rys. 5 Dopasowania najlepszego modelu : MLP 40-19-1 ( funkcja logistyczna, wykładnicza)***




***Rys. 6 Rzeczywiste i prognozowane przez najlepszy model (nr. 10) zużycie gazu w czasie***

## *Poprawa modelu danymi wstecz*



1.

| DATA | ZUŻYCIE [m3/dobę] | Temp. [C] |
|---|---|---|
| 29.12.2019 | 75 | 3 |
| 30.12.2019 | 85 | 2 |
| 01.01.2020 | 100 | 1 |
| 02.01.2020 | 130 | 0 |
| 03.01.2020 | 150 | -3 |
| 04.01.2020 | 111 | 0 |
| 05.01.2020 | 90 | 2 |

2.

| DATA | ZUŻYCIE [m3/dobę] | Temp. [C] | Temp. [C] -1 |
|---|---|---|---|
| 01.01.2020 | 100 | 1 | 2 |
| 02.01.2020 | 130 | 0 | 1 |
| 03.01.2020 | 150 | -3 | 0 |
| 04.01.2020 | 111 | 0 | -3 |
| 05.01.2020 | 90 | 2 | 0 |

3.

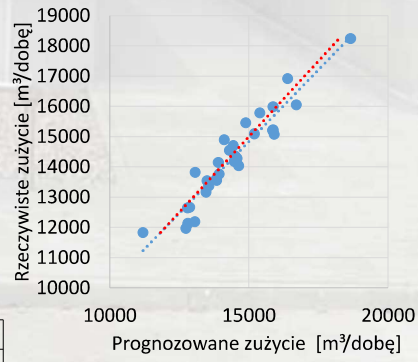
| DATA | ZUŻYCIE [m3/dobę] | Temp. [C] | Temp. [C] -1 | Temp. [C] -2 |
|---|---|---|---|---|
| 01.01.2020 | 100 | 1 | 2 | 3 |
| 02.01.2020 | 130 | 0 | 1 | 2 |
| 03.01.2020 | 150 | -3 | 0 | 1 |
| 04.01.2020 | 111 | 0 | -3 | 0 |
| 05.01.2020 | 90 | 2 | 0 | -3 |

Przykład wykorzystania danych dni poprzednich:
1. Obliczenia prowadzone od 01.01.2020 bez dni poprzednich;
2. Zakres danych wykorzystujących jeden dzień wstecz;
3. Zakres danych wykorzystujących dwa dni wstecz.

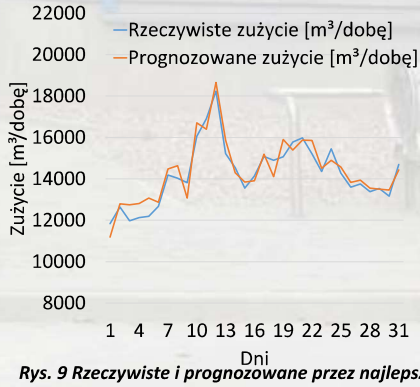
***Rys. 7 Przykład wykorzystania danych wstecz***

***Tab.3 Wyniki modelu z danymi wstecz***

| Liczba dni wstecz | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bez danych sztucznych | 0,875 | 0,889 | 0,883 | 0,886 | 0,888 | 0,901 |
| Z danymi sztucznymi | 0,892 | **0,948** | 0,907 | 0,889 | 0,894 | 0,874 |




***Rys. 8 Dopasowania modelu : MLP 44-25-1 ( funkcja Than, liniowa)***




***Rys. 9 Rzeczywiste i prognozowane przez najlepszy model (2 dni wstecz) zużycie gazu w czasie***

## *Wnioski*

Można zauważyć ze dodanie danych sztucznych znacząco poprawiło dopasowanie modelu. Również zadawalający wynik uzyskano w przypadku wykorzystania danych wstecz. Dokładne prognozy zużycia gazu w stacjach LNG są niezmiernie istotne w procesie planowania dostaw oraz prawidłowej pracy satelitarnej sieci gazowej.

Wzór plakatu naukowego © 2015
www.PosterPresentations.com

***Źródła:*** *opracowania własne na podstawie danych: GUS, IGU, Meteomodel, https://www.psgaz.pl*

*Foto: Andrzej Żero*

| | |
|---|---|
| Autor: | *Tomasz Cieślik (Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie); Andrzej Żero, Piotr Narloch (Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.); Krzysztof Kogut (Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie)* |
| Tytuł: | *Prognozowanie zużycia gazu ze stacji LNG* |

Opis:

Dzięki uruchomieniu terminalu LNG (*ang : Liquefied Natural Gas)* w Świnoujściu, pojawiła się możliwość wykorzystania skroplonego gazu ziemnego do zasilania satelitarnych (wyspowych) sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego. W roku 2021 LNG stanowił 20% importowanego gazu ziemnego do kraju (rys. 1).

Sieć dystrybucji gazu jest dobrze rozwinięta w województwach południowych (małopolskie, podkarpackie, śląskie) oraz mazowieckim jak również na obszarach aglomeracyjnych dużych miast (rys. 2). Duży poziom rozwoju sieci gazowej pociąga za sobą wzrost poziomu gazyfikacji: np. województwo podkarpackie ~70% korzystających z instalacji gazowej. Województwa podlaskie, warmińsko-mazurskie i dolnośląskie nie posiadają tak rozwiniętej sieci gazowej a co za tym idzie charakteryzują się niskim poziomem odbiorców korzystających z sieci gazowej ~30%.

W przypadku gdy nie ma możliwości podłączenia danej miejscowości do krajowego systemu dystrybucji gazu ziemnego to należy rozważyć wykorzystanie stacji regazyfikacji LNG. Na koniec kwietnia 2022 roku stacje LNG (jednego z operatorów dystrybucji gazu ziemnego) znajdowały się w 88 lokalizacjach w całym kraju i ich wydajność wynosiła 46 tys. $m^3/h$ (rys. 3).

Analizie poddano zużycie gazu z wybranych stacji LNG w okresie od stycznia 2020 r. do grudnia 2021 r. a prognozę wykonano dla stycznia 2022 r. Można zauważyć iż zużycie gazu jest silnie skorelowane z temperaturą atmosferyczną, przy jej wzroście ma miejsce spadek zużycia gazu, w przypadku spadku temperatury (ochłodzeniu) zapotrzebowanie na gaz rośnie.

Podczas prowadzenia obliczeń, których celem było znalezienie najlepszego modelu sztucznych sieci neuronowej, użyto dla warstwy wejściowej funkcji aktywacji: liniowej, logistycznej, tangensoidalnej oraz wykładniczej. Te same funkcje zastosowano w przypadku neuronów warstwy wyjściowej. Do obliczeń wykorzystano algorytm BFGS (*ang. Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno*).

Parametrami niezależnymi prowadzonych obliczeń były następujące wielkości: temperatura średniodobowa, prędkość wiatru, wilgotność oraz poziom nasłonecznienia.

Utworzono 8 modeli o różnych konfiguracjach danych wejściowych bez danych sztucznych (dzień i miesiąc) oraz 8 modeli z danymi sztucznymi (tab. 1). W przypadku najlepiej dopasowanego modelu osiągnięto zgodność na poziomie 0,891 współczynnika korelacji Pearsona, a parametrami niezależnymi były: temperatura średnia, prędkość wiatru oraz dane sztuczne (tab. 2, rys. 5-6).

W celu poprawy dopasowanie modeli nr 2 i nr 10 poddano je modyfikacji poprzez dołożenie dodatkowych informacji o temperaturze oraz prędkości wiatru z dni wcześniejszych (rys. 7). Na podstawie tych danych nowa sieć neuronowa była uczona w celu znalezienia najlepszego modelu. Najlepsze dopasowanie uzyskano dla modelu wykorzystującego dwa dni wstecz: 0,948 współczynnika korelacji Pearsona (tab. 3, rys. 8-9).

Można zauważyć ze dodanie danych sztucznych znacząco poprawiło dopasowanie modelu. Również zadawalający wynik uzyskano w przypadku wykorzystania danych historycznych. Dokładne prognozy zużycia gazu w stacjach LNG są niezmiernie istotne w procesie planowania dostaw oraz prawidłowej pracy satelitarnej sieci gazowej.

**AUTOR** mgr inż. Aneta Kalbarczyk

**AFILIACJE** Politechnika Warszawska, Solid Enenrgy Group Sp. z o.o.

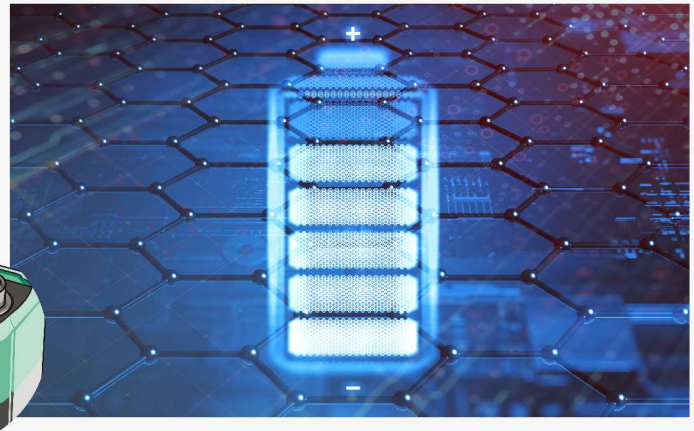
Politechnika Warszawska

SOLID ENERGY GROUP

# Projektowanie nowego magazynu energii

Jedne z kluczowych problemów i wyzwań współczesnej cywilizacji są efekt cieplarniany oraz bezpieczeństwo energetyczne (strategia Unii Europejskiej), konkurencyjność gospodarki polskiej i europejskiej oraz ograniczeniu zanieczyszczenia powietrza w miastach. Opracowanie nowoczesnych baterii jonowo-litowych oraz poprawa zdolności akumulatorów do magazynowania energii ma strategiczne znaczenie dla Europy

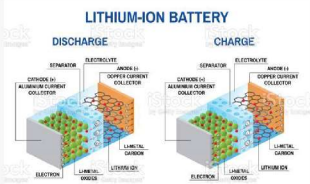
## 1.



## 2.

### WPROWADZENIE

ZALETAMI BATERII LITOWO-JONOWYCH JEST ICH:
- DUŻA ŻYWOTNOŚĆ CYKLICZNA
- BRAK EFEKTU PAMIĘCI
- DUŻA GĘSTOŚĆ ENERGII
- WYSOKIE NAPIĘCIE PRACY



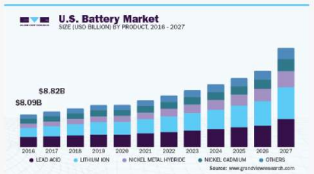

https://www.istockphoto.com/pl/wektor/schemat-akumulatora-litowo-jonowego-gm825367806-133778177

OGNIWA LI-ION SKŁADAJĄ SIĘ Z 4 GŁÓWNYCH ELEMENTÓW:
- ELEKTRODY UJEMNEJ (ANODY ) ZBUDOWANEJ Z POROWATEGO WĘGLA
- ELEKTRODY DODATNIEJ (KATODY) ZBUDOWANEJ ZE ZWIĄZKÓW LITU
- SEPARATORA – POROWATA FOLIA (MEMBRANA POLIOLEFINOWA)
- ELEKTROLITU – NAJCZĘŚCIEJ MIESZANINA ORGANICZNYCH ROZPUSZCZALNIKÓW, W KTÓREJ ROZPUSZCZONE SĄ ZŁOŻONE CHEMICZNIE SOLE LITOWE

## 3.

### ROZWÓJ RYNKU

KONIECZNOŚĆ MAGAZYNOWANIA ENERGII ELEKTRYCZNEJ ORAZ UPOWSZECHNIENIE SAMOCHODÓW ELEKTRYCZNYCH PRZYCZYNIŁO SIĘ DO SKOKOWEGO WZROSTU PRODUKCJI BATERII:




## 4.

### WYZWANIA

Kluczowe dla rozwoju rynku magazynowania energii jest opracowanie rozwiązań z zakresu nowoczesnych elektrochemicznych metod magazynowania energii ze szczególnym naciskiem na:
- Wydajność
- Przyjazność dla środowiska
- Koszt
- Bezpieczeństwo

### ZNACZENIE ROZWOJU RYNKU MAGAZYNÓW ENERGII:

Transformacji energetyki w kierunku zeroemisyjnym
·Modernizacja sieci energetycznych zwiększając odporność na zakłócenia pogodowe
·Poprawa jakości sieci
·Wdrażanie inteligentnych technologii umożliwiającymi cyfrową kontrolę nad sieciami
·Regulacja częstotliwości sieci energetycznych
·Zapewnienie mocy rezerwowej
·Z setki tys. małych magazynów można stworzyć wirtualną elektrownię
·Większe bezpieczeństwo energetyczne

## 5.

### CEL

Celem badań jest zaprojektowanie nowego magazynu energii połączonego z instalacją PV do domu o zapotrzebowaniu energetycznym 10 kW o_ulepszonych parametrach pracy:
Zwiększonym bezpieczeństwie
Zwiększonej wydajności baterii
Zwiększonej pojemności baterii
Mniejszym rozmiarze akumulatora

## 6.

### ANALIZA I WYBÓR OBSZARÓW BADAWCZYCH

Na podstawie analizy strategii projektowania nowego magazynu energii oraz wyzwań przed jakim stoją inżynierowie wybrano 3 obszary badawcze w celu zaprojektowania magazynu o podwyższonej sprawności:
Zastosowanie katody z LiFePO4 z pokryciem
Zastosowanie nowoczesnego elektrolitu z cieczy jonowej
Zastosowanie nowoczesnego systemu BMS zwiększającego bezpieczeństwo baterii

### METODOLOGIA

Badanie elektrolitów - przygotowanie elektrolitów o zadanych parametrach, przeprowadzenie charakterystyk elektrochemicznych obejmujących technologię spektroskopii impendancyjnej, technikę woltamperometrii cyklicznej
Badania elektrochemiczne baterii - złożenie baterii w celu przeprowadzenia testów w skali laboratoryjnej w cyklach ładowania i rozładowania
Badania BMS - testy bezpieczeństwa magazynu oraz szczelności

### PODSUMOWANIE

Zaprojektowanie efektywnego magazynu energii jest złożonym zagadnieniem konstrukcyjnym, ekonomicznym oraz prawnym. Przed przystąpieniem do projektowania należy rozpoznać skalę oraz przeznaczenie magazynu i do tego wybrać technologię. W celu poprawy parametrów pracy magazynu energii warto wybrać przynajmniej jedną ze strategii projektowania magazynu energii przedstawioną na niniejszym posterze

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Aneta Kalbarczyk (Politechnika Warszawska, Solid Energy Group Sp. z o.o.)* |
| Tytuł: | *Projektowanie nowego magazynu energii* |

Opis:

Celem badań jest zaprojektowanie nowego magazynu energii połączonego z instalacją PV do domu o zapotrzebowaniu energetycznym 10 kW o ulepszonych parametrach pracy:

**Zwiększonym bezpieczeństwie**

**Zwiększonej wydajności baterii**

**Zwiększonej pojemności baterii**

**Mniejszym rozmiarze akumulatora**

Na podstawie analizy strategii projektowania nowego magazynu energii oraz wyzwań przed jakim stoją inżynierowie wybrano 3 obszary badawcze w celu zaprojektowania magazynu o podwyższonej sprawności:

**Zastosowanie katody z LiFePO4 z pokryciem**

**Zastosowanie nowoczesnego elektrolitu z cieczy jonowej**

**Zastosowanie nowoczesnego systemu BMS zwiększającego bezpieczeństwo baterii**

Badanie elektrolitów - przygotowanie elektrolitów o zadanych parametrach, przeprowadzenie charakterystyk elektrochemicznych obejmujących **technologię spektroskopii impendancyjnej, technikę woltamperometrii cyklicznej**

Badania elektrochemiczne baterii - złożenie baterii w celu przeprowadzenia **testów w skali laboratoryjnej w cyklach ładowania i rozładowania**

Badania BMS - **testy bezpieczeństwa magazynu oraz szczelności**

**Podsumowanie**

Zaprojektowanie efektywnego magazynu energii jest złożonym zagadnieniem **konstrukcyjnym, ekonomicznym oraz prawnym**. Przed przystąpieniem do projektowania należy należy rozpoznać **skalę oraz przeznaczenie magazynu i do tego wybrać technologię.** W celu poprawy parametrów pracy magazynu energii warto wybrać **przynajmniej jedną ze strategii projektowania magazynu energii przedstawioną na niniejszym posterze**

VII Konferencja Naukowa „Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju”
Rzeszów, 12-13 września 2022 r.

# Spółdzielnie energetyczne na obszarach wiejskich jako element zwiększania bezpieczeństwa energetycznego

Marek Korendał[1], Karolina Hnatów[2], Arkadiusz Dyjakon[3]

1. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wydział Przyrodniczo - Technologiczny
2. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wydział Nauk Ekonomicznych
3. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Biogospodarki Stosowanej

## WPROWADZENIE

Polityka energetyczna Polski do 2040 roku (PEP 2040) jest podstawowym dokumentem strategicznym, wyznaczającym kierunki transformacji polskiego sektora energetycznego, który ma opierać się na czterech głównych filarach [1]:

### FILARY PEP 2040

1. sprawiedliwa transformacja,
2. zeroemisyjny system energetyczny,
3. dobra jakość powietrza,
4. suwerenność energetyczna.

Czwarty z filarów został dodany do dokumentu w kwietniu tego roku, w związku z zaistniałym kryzysem energetycznym z początku 2022 roku. Powstała potrzeba silnego uzależnienia krajowej gospodarki od importowanych kopalnych. Zgodnie z przewidywaniami PEP 2040 zwiększy się rola energetyki rozproszonej i obywatelskiej. Jedną z możliwości wykorzystywania lokalnego potencjału jest idea spółdzielni energetycznych.

## CZYM SĄ SPÓŁDZIELNIE ENERGETYCZNE?

Celem spółdzielni energetycznej jest stworzenie systemu energetycznego, działającego w obszarze lokalnej społeczności, w którym kluczową rolę odgrywają użytkownicy końcowi (konsumenci energii). Do zadań członków należących do spółdzielni energetycznych należy nie tylko wytwarzanie energii, ale również takie aspekty jak magazynowanie energii, dystrybucja, dostawa, agregacja, a także współdzielenie jej pomiędzy członkami spółdzielni. Nadrzędnym celem spółdzielni energetycznych jest obniżenie kosztów pozyskiwania energii (ciepła, chłodu, energii elektrycznej). Tym samym przyczyniają się jednocześnie do ograniczenia skutków problemu ubóstwa energetycznego w Polsce, który dotyka ok. 30% gospodarstw domowych (szczególnie na obszarach wiejskich) [2].

## PROJEKT BECOOP - OBORNIKI ŚLĄSKIE

BECoop to projekt finansowany w ramach Europejskiego programu Horyzont 2020, którego celem jest wsparcie upowszechnienia technologii bioenergetycznych w Europie. W ramach realizacji projektu planowane jest utworzenie spółdzielni bioenergetycznych w 4 obszarach pilotażowych zlokalizowanych na terenie: Grecji, Włoch, Hiszpanii i Polski. Polską część projektu reprezentuje gmina Oborniki Śląskie zlokalizowana w północnej-zachodniej części województwa dolnośląskiego. Obecnie 70% gospodarstw w gminie wykorzystuje paliwa kopalne do celów grzewczych.

Tab. 1. Szacunkowy potencjał energetyczny gminy Oborniki Śląskie

| Parametr | Zasoby leśne | Zasoby rolne |
|---|---|---|
| Powierzchnia, ha | 5 400 | 8 500 |
| Przewidywalna dostępność | Raczej sezonowa | Sezonowa (głównie sierpień, wrzesień) |
| Właściciel | Nadleśnictwo | Prywatne gospodarstwa |
| Potencjał energetyczny, $MWh \cdot rok^{-1}$ | 17 940 | 66 110 |

## PROBLEMY ZWIĄZANE Z TWORZENIEM SPÓŁDZIELNI ENERGETYCZNYCH

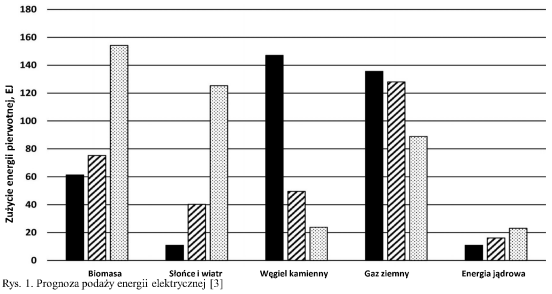
| |
|---|
| Niekorzystne regulacje prawne w zakresie zasad funkcjonowania spółdzielni energetycznych |
| Brak doświadczenia w zakresie funkcjonowania spółdzielni energetycznych |
| Niskie zaangażowanie społeczne w zakresie wspólnego wytwarzania ciepła |
| Małe zaangażowanie społeczności w ochronę środowiska |
| Złe doświadczenia związane z ideą funkcjonowania spółdzielni (efekt postkomunistyczny) |
| Niestabilność rynku energetycznego na skutek powstałego kryzysu |
| Nieufność współpracy mieszkańców z władzami lokalnymi |

## KORZYŚCI BIOMASOWYCH SPÓŁDZIELNI ENERGETYCZNYCH

| |
|---|
| Wzrost bezpieczeństwa energetycznego regionu (lokalna produkcja ciepła oparta głównie o paliwa kopalne) |
| Zmniejszenie kosztów ogrzewania budynków |
| Neutralność paliw biomasowych pod względem emisji dwutlenku węgla |
| Aktywizacja lokalnego rolnictwa, wzrost dochodów rolników |
| Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa |
| Powstawanie nowych miejsc pracy |
| Zmniejszenie poziomu ubóstwa energetycznego |
| Intensyfikacja współpracy pomiędzy mieszkańcami, przedsiębiorcami oraz lokalnymi władzami |
| Wzrost dochodów oraz rozwój gminy |

## ROLA BIOMASY

Według prognoz największy wzrost podaży energii pierwotnej nastąpi w przypadku źródeł odnawialnych. Szacuje się, że do 2030 roku potencjał bioenergetyczny wzrośnie o 30%, a do 2050 o ponad 150%. W Polsce według PEP 2040 przewiduje się, że biomasa będzie głównym źródłem odnawialnym pochodzenia lokalnego wykorzystywanym do celów grzewczych, zwłaszcza na obszarach wiejskich.




Rys. 1. Prognoza podaży energii elektrycznej [3]

## PODSUMOWANIE

Spółdzielnie energetyczne są interesującym rozwiązaniem, mającym duży potencjał aplikacyjny na obszarach wiejskich. Umożliwiają walkę z ubóstwem energetycznym i zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego, jednak w Polsce idea ta jest dopiero we wczesnej fazie rozwoju. Należy podkreślić, że wymaga ona przede wszystkim aktywnego udziału lokalnej społeczności.

Bibliografia:

[1] - Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (PEP2040) – Wzmocnienie bezpieczeństwa i niezależności energetycznej, przedłożone przez Ministra Klimatu i Środowiska
[2] - Jan Frankowski, Jakub Sokołowski, 2021. *Jak poprawić jakość życia osób ubogich energetycznie?* IBS Policy Paper
[3] - Reid, WV, Ali, MK, Field, CB. *The future of bioenergy.* Glob Change Biol. 2020; 26: 274– 286. https://doi.org/10.1111/gcb.14883

Projekt finansowany ze środków Programu Ramowego Unii Europejskiej w Zakresie Badań Naukowych i Innowacji „Horyzont 2020” na podstawie umowy o udzielenie dotacji nr 952930

| | |
|---|---|
| Autor: | *Marek Korendał (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu), Karolina Hnatów (Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu), Arkadiusz Dyjakon (Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu)* |
| Tytuł: | *Spółdzielnie energetyczne na obszarach wiejskich jako element zwiększania bezpieczeństwa energetycznego* |

Opis:

Polityka energetyczna Polski do 2040 roku (PEP 2040) jest podstawowym dokumentem strategicznym, wyznaczającym kierunki transformacji polskiego sektora energetycznego, który ma opierać się na czterech głównych filarach. Zgodnie z przewidywaniami PEP 2040 zwiększy się rola energetyki rozproszonej i obywatelskiej. Jedną z możliwości wykorzystania lokalnego potencjału jest idea spółdzielni energetycznych. W pracy opisano na czym opiera się idea spółdzielni energetycznych. Poruszono kwestię roli biomasy w ujęciu energetycznym. Opisano korzyści jakie niesie za sobą stworzenie spółdzielni energetycznej opartej o biomasę. W Polsce idea spółdzielni energetycznych jest we wczesnej fazie rozwoju. Gmina Oborniki Śląskie (woj. dolnośląskie) bierze udział w innowacyjnym projekcie BECoop finansowanym w ramach europejskiego programu Horyzont 2020 , którego celem jest wsparcie upowszechnienia technologii bioenergetycznych w Europie. Stworzenie spółdzielni na obszarze gminy pozwoli na obniżenie kosztów ogrzewania, zwiększy świadomość ekologiczną lokalnej społeczności, ale przede wszystkim pozwoli na wykorzystanie lokalnego potencjału, który przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego obszaru. Oszacowano, że gminny potencjał z zasobów leśnych i rolnych, wyniesie kolejno 17 940 MWh·rok-1 i 66 110 MWh·rok-1, pozwoli to na zmianę aktualnie panującej hierarchii nośników energetycznych wykorzystywanych do celów grzewczych na terenie gminy (70% paliw kopalnych). W pracy zwrócono również uwagę na problemy związane z tworzeniem spółdzielni energetycznych. Spółdzielnie energetyczne są interesującym rozwiązaniem, mającym duży potencjał aplikacyjny na obszarach wiejskich. Umożliwiają walkę z ubóstwem energetycznym i zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego, jednak wymagają one przede wszystkim aktywnego udziału lokalnej społeczności.

*"Bezpieczeństwo energetyczne – filary i perspektywa rozwoju„*
*VII konferencja Naukowa Rzeszów 12-13 września 2022*

# Synergia barier technicznych zatłaczania biometanu do sieci gazowej.

***mgr inż. Magda Podgórska, mgr inż. Piotr Narloch***
***Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o. / Politechnika Gdańska, Akademia Górniczo - Hutnicza***

## ZALEŻNOŚĆ WZAJEMNA - SYNERGIA

Obecnie w kraju nie funkcjonuje system lokalnych sieci dystrybucyjnych dla biometanu. Jest to m.in. związane z parametrami zatłaczanego paliwa, które byłoby inne niż w przypadku paliwa gazowego.

| Wielkość charakteryzująca jakość gazu | | Jednostka | Wymagane wartości gazu (przy wprowadzeniu do sieci, którą transportowany jest dany gaz) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Ls | Lw | E |
| ciepło spalania | | $MJ/m^3$ | >26 | >30 | >34 |
| zawartość siarkowodoru | | $mg/m^3$ | <7,0 | <7,0 | <7,0 |
| zawartość siarki merkaptanowej | | $mg/m^3$ | <16,0 | <16,0 | <16,0 |
| zawartość sierki całkowitej | | $mg/m^3$ | <40,0 | <40,0 | <40,0 |
| zawartość par rtęci | | $\mu g/m^3$ | <30,0 | <30,0 | <30,0 |
| temperatura punktu rosy wody przy ciśnieniu 5,5 MPa | 1.IV - 30.IX | °C | <3,7 | <3,7 | <3,7 |
| | 1.X - 31.III | | <-5 | <-5 | <-5 |

*Tab.1. Wybrane wymagania jakie musi spełnić paliwo gazowe zatłaczane do sieci - Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 24 sierpnia 2011 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku potwierdzania danych dotyczących wytwarzanego biogazu rolniczego wprowadzanego do sieci dystrybucyjnej gazowej (Dz.U. 2011 nr 187 poz. 1117)*

Techniczne aspekty zatłaczania biometanu do sieci przesyłowych czy dystrybucyjnych opierają się na dwóch filarach, które są od siebie zależne – to operator biometanowni i operator sieci gazowej. Kluczowym elementem w procesie zasilania gazu sieciowego paliwem pochodzącym ze źródeł odnawialnych jest przede wszystkim wspólne zrozumienie barier technicznych, dostosowanie istniejącej infrastruktury przesyłowej, dystrybucyjnej, jak i wymagania jakościowe jakie stawiane są Operatorom Systemów Dystrybucyjnych: Gazowego (OSD) oraz Przesyłowego (OSP), co w praktyce w parze nie stoi.

Trzema głównymi technicznymi aspektami, które są ważne z punktu widzenia operatora to: chłonność, nawanianie biometanu oraz zachowanie jego parametrów jakościowych na poziomie gazu ziemnego.

## CHŁONNOŚĆ SIECI GAZOWEJ

Jest to ilość paliwa gazowego jaka może być odebrana przez OSD w ciągu jednej godziny na terenie strefy dystrybucyjnej, a odpowiadająca minimalnej godzinowej wielkości poboru paliwa gazowego możliwej do odebrania przez wszystkich odbiorców końcowych zasilanych z tej strefy dystrybucyjnej (minimalny sumaryczny przepływ zarejestrowany na stacjach zasilających wydzielony hydraulicznie obszar sieci gazowej). Możliwości wtłoczenia/zatłoczenia biometanu do sieci gazowej przesyłowej lub dystrybucyjnej należy technicznie uwarunkować od typu czy rodzaju sieci do jakiej biogazownia może być przyłączona.

## NAWONIENIE

Wymogi jego nawaniania występują tylko i wyłącznie w przypadku, bezpośredniej dystrybucji do odbiorców końcowych, którzy wymagają gazu nawonionego lub w przypadku, gdy do sieci gazowej, do której przyłączona jest biometanownia, dystrybuowany jest gaz nawoniony.

## JAKOŚĆ OCZYSZCZONEGO BIOMETANU

- Te wartości ustandaryzowane są w dokumencie normatywnym PN-EN 16723-2:2017-10, która opisuje wymagania i metody badań dla gazu ziemnego, biometanu i mieszanin obu gazów w punkcie wykorzystania jako paliwa do pojazdów.

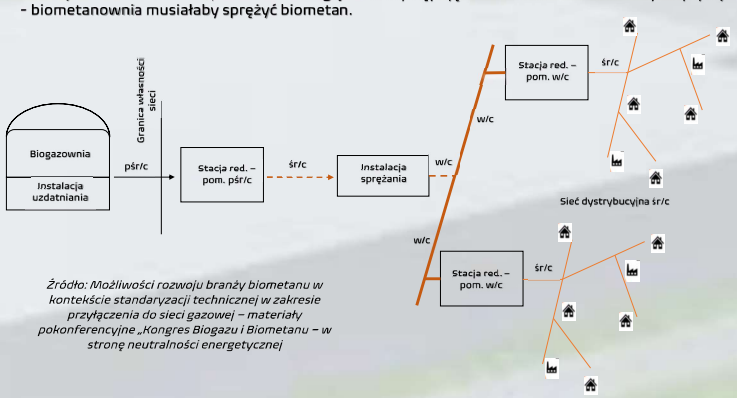
- Kolejnym standardem opisującym wymagania jakościowe i techniczne dla biometanu wprowadzonego do sieci jest Standard Techniczny ST-IGG-3501:2019

| L.p. | Nazwa parametru | Dopuszczalne warości parametru w przypadku wtłaczania go do sieci dystrybucyjnej | |
|---|---|---|---|
| | | Grupa E | Źródło wymagania |
| 1 | Ciepło spalania | ≥34 $MJ/m^3$ | Dz.U.2018 poz 1158 |
| 2 | Liczba Wobbego | ≥45-56,9 $MJ/m^3$ | Dz.U.2018 poz 1158 |
| 3 | Siarkowodór | ≤7 $mg/m^3$ | Dz.U.2018 poz 1158 |
| 4 | Siarka merkaptanowa | ≤16 $mg/m^3$ | Dz.U.2018 poz 1158 |
| 5 | Siarka całkowita | ≤40 $mg/m^3$ | Dz.U.2018 poz 1158 |
| 6 | temp. pkt rosy przy ciśnieniu 5,5 MPa | 1.IV - 30.IX <+3,7°C<br>1.X - 31.III <-5,0°C | Dz.U.2018 poz 1158<br>Dz.U.2018 poz 1158 |
| 7 | Rtęć | ≤7 $\mu g/m^3$ | Dz.U.2018 poz 1158 |
| 8 | Tlen | ≤5% mol/mol | - |
| 9 | Ditlenek węgla | ≤3% mol/mol | PN - C- 04753:2011; |
| 10 | Zawartość pyłu >5µg | ≤1 $mg/m^3$ | PN - C- 04753:2011; PN EN 16726+A1:2018 - 11 |
| 11 | Siloksany | ≤3 $mg/m^3$ | - |
| 12 | Gęstość względna | 0,555 - 0,7 | - |
| 13 | Wodór | ≤2% mol/mol | - |
| 14 | Tlenek węgla | ≤0,1% mol/mol | - |
| 15 | Związki chloru | ≤1 $mg/m^3$ | - |
| 16 | Związki fluoru | ≤10 $mg/m^3$ | - |
| 17 | Amoniak | ≤10 $mg/m^3$ | - |
| 18 | Inne zanieczyszczenia | gaz nie posiada ich w trakcie transportu siecią dystrybucyjną | - |

*Tab.2. Wymagania jakościowe biometanu wprowadzonego do sieci gazowej – ST IGG 3501:2019*

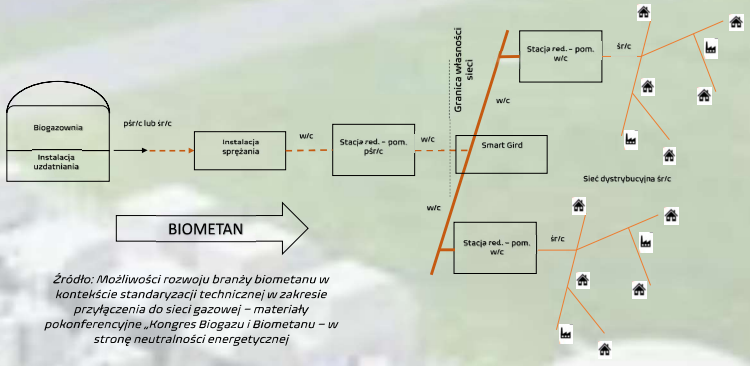
## BARIERY PRZYŁĄCZENIOWE

1. Na wysokim i podwyższonym średnim ciśnieniu – barier dla operatora nie ma, lecz występują bariery dla biometanowni, ponieważ ze względu na występujące ciśnienie robocze i duże przepływy - biometanownia musiałaby sprężyć biometan.



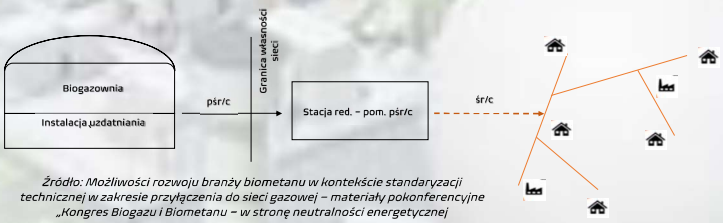

*Źródło: Możliwości rozwoju branży biometanu w kontekście standaryzacji technicznej w zakresie przyłączenia do sieci gazowej – materiały pokonferencyjne „Kongres Biogazu i Biometanu – w stronę neutralności energetycznej*

2. Wariat podłączenia biometanowni do sieci gazowej o podwyższonym średnim ciśnieniu



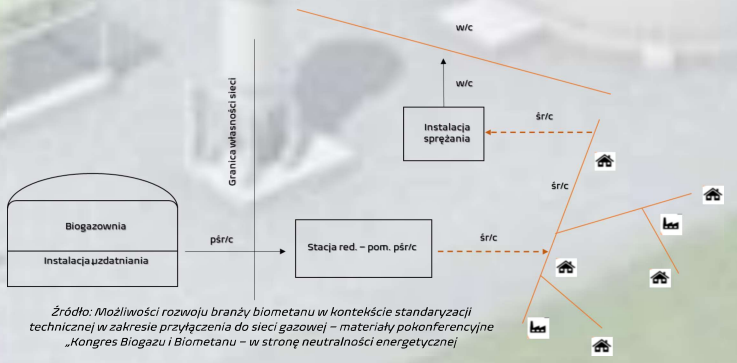

*Źródło: Możliwości rozwoju branży biometanu w kontekście standaryzacji technicznej w zakresie przyłączenia do sieci gazowej – materiały pokonferencyjne „Kongres Biogazu i Biometanu – w stronę neutralności energetycznej*

3. Wariat podłączenia biometanowni do sieci gazowej o średnim ciśnieniu.




*Źródło: Możliwości rozwoju branży biometanu w kontekście standaryzacji technicznej w zakresie przyłączenia do sieci gazowej – materiały pokonferencyjne „Kongres Biogazu i Biometanu – w stronę neutralności energetycznej*

4. Wariat podłączenia biometanowni do sieci gazowej o średnim ciśnieniu z rewersem do wysokiego ciśnienia.




*Źródło: Możliwości rozwoju branży biometanu w kontekście standaryzacji technicznej w zakresie przyłączenia do sieci gazowej – materiały pokonferencyjne „Kongres Biogazu i Biometanu – w stronę neutralności energetycznej*

## PODSUMOWANIE

Wiele państw europejskich od lat zajmuje się tematyką zatłaczania biogazu do sieci i z powodzeniem wykorzystuje to źródło energii. Państwa te wprowadziły własne normy i standardy techniczne zatłaczania biogazu do sieci. Na mocy Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 24 sierpnia 2011r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku potwierdzania danych dotyczących wytwarzanego biogazu rolniczego wprowadzanego do sieci dystrybucyjnej gazowej została wprowadzona w Polsce możliwość zatłaczania biogazu pochodzącego z biogazowni rolniczych do sieci dystrybucyjnej gazu ziemnego, ednak nie ma żadnych informacji na temat zanieczyszczeń, które w biogazie występują. Należy pamiętać, że skład biogazu jest ściśle związany z rodzajem materii organicznej, z którego powstaje oraz warunkami, w których przeprowadzany jest proces fermentacji beztlenowej i w zależności od źródła jego pochodzenia, może on mieć inną zawartość składników głównych, oraz zanieczyszczeń.

*BIOBLIOGRAFIA*

1. *Możliwości rozwoju branży biometanu w kontekście standaryzacji technicznej w zakresie przyłączenia do sieci gazowej – materiały pokonferencyjne „Kongres Biogazu i Biometanu – w stronę neutralności energetycznej Rawa 13-14 grudnia 2021*
2. *„Wymagania jakościowe i techniczne dla biometanu wprowadzonego do sieci gazowej. Cz. 1 Wymagania jakościowe – ST IGG 3501:2019*
3. „Raport Biogaz w Polsce" – magazyn biomasa 2022
4. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 24 sierpnia 2011 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązku potwierdzania danych dotyczących wytwarzanego biogazu rolniczego wprowadzanego do sieci dystrybucyjnej gazowej (Dz.U. 2011 nr 187 poz. 1117)
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 2 lipca 2010 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu gazowego (Dz.U. z 2010 r. Nr 133, poz.891)

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Magda Podgórska, mgr inż. Piotr Narloch; (Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o.; Politechnika Gdańska)* |
| Tytuł: | *Synergia barier technicznych biometanu zatłaczanego do sieci gazowej* |

Opis:

Widmo wyczerpywania światowych zasobów energetycznych, takich jak ropa naftowa czy gaz ziemny spowodowało, iż obecnie intensywnie poszukuje się nowych źródeł energii, które ze względu na popularną dziś politykę ekologiczną, nie miałyby niekorzystnego wypływu na otaczające nas środowisko naturalne. Ze względu na konieczność ograniczenia zużycia paliw kopalnych, coraz bardziej popularne jest wykorzystywanie biopaliw oraz paliw będących produktami ubocznymi procesów technologicznych.

Wiele państw europejskich od lat zajmuje się tematyką zatłaczania biogazu do sieci i z powodzeniem wykorzystuje to źródło energii. Państwa te wprowadziły własne normy i standardy techniczne zatłaczania biogazu do sieci. W Polsce istnieją możliwości zatłaczania biogazu pochodzącego z biogazowni rolniczych do sieci dystrybucyjnych gazu ziemnego. Należy jednak pamiętać, że skład biogazu jest ściśle związany z rodzajem materii organicznej i w zależności od źródła jego pochodzenia, może mieć różny skład oraz zanieczyszczenia.

Techniczne aspekty zatłaczania biometanu do sieci przesyłowych czy dystrybucyjnych opierają się na dwóch filarach, które są od siebie zależne – to operator biometanowni i operator sieci gazowej. Kluczowym elementem w procesie zasilania gazu sieciowego paliwem pochodzącym ze źródeł odnawialnych jest przede wszystkim wspólne zrozumienie barier technicznych, dostosowanie istniejącej infrastruktury gazowej, jak i wymagania jakościowe stawiane operatorom systemów dystrybucyjnych i przesyłowych.

# Wytłoki owocowe i warzywne jako perspektywiczne źródło pozyskania sacharydów stanowiących przyszłościowe platformy chemiczne

**Łukasz Korzeniowski,[a] Mariusz Wądrzyk, Marek Lewandowski**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie,
Wydział Energetyki i Paliw
lukkor@agh.edu.pl[a]


## Wprowadzenie

Rolnictwo oraz sektor przetwarzania żywności generuje znaczące ilości odpadów. Przykładowo, przetwarzanie jabłek na soki oraz inne produkty spożywcze generuje odpady w postaci stałej pozostałości stanowiącej ok. 25 – 30 % suchej masy surowca. Według danych Eurostat, w 2016 r. z przetwórstwa i produkcji żywności w UE-27 wytworzono 36,1 mln ton odpadów. Stała pozostałość (wytłoki) po przetwórstwie owoców i warzyw stanowi wysoce heterogeniczną mieszaninę składającą się głównie ze skórek owoców, liści, gałęzi oraz pestek, która nie nadaje się do bezpośredniego spożycia przez człowieka. Ponadto wysoka zawartość wilgoci we wspomnianych odpadach powoduje, że stanowią one środowisko sprzyjające rozwojowi mikroorganizmów, w tym patogennych. Obecnie jedynie około 20% odpadów z przemysłu spożywczego jest zagospodarowywana, np. poprzez przetwarzanie na paszę dla zwierząt. Reszta zostaje najczęściej kompostowana, spalana bądź składowana. Niejadalne części owoców i warzyw oprócz zawartości cukrów wolnych bogate są również w hemicelulozę i celulozę, które można rozkładać na cukry proste na drodze chemicznej oraz biochemicznej konwersji. Wytłoki owocowe i warzywne wydają się perspektywicznym surowcem do pozyskania monosacharydów, które poprzez dalsze przetwarzanie mogą być wykorzystywane do produkcji wielu związków chemicznych dla przemysłu spożywczego, paliwowego, kosmetycznego i farmaceutycznego.

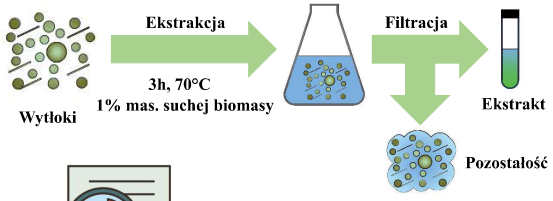
**Według statystyk FOASTAT w 2020 roku Polska była największym producentem jabłek w Europie (3,55 mln ton)**

## Cel badawczy

- Ekstrakcja **cukrów prostych** z wytłoków owocowych i warzywnych, jako odpadów przemysłowych, wraz z analizą potencjału ich wykorzystania w układach **biorafineryjnych**

## Metodologia

Wytłoki owocowe oraz warzywne użyte w badaniach są pozostałością po przemysłowym procesie produkcji soków. Surowiec został udostępniony dzięki uprzejmości firmy Tymbark – MSW, Polska.

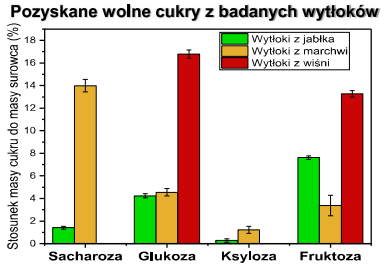


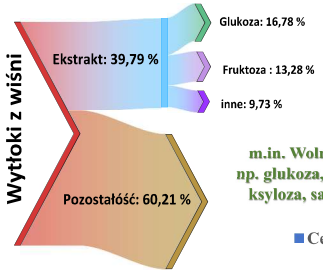
Analizę jakościową i ilościową ekstraktów realizowano z wykorzystaniem aparatu Agilent 1260 Infinity II wyposażonego w detektor RID oraz kolumnę Hi Plex Ca (duo) 300 x 6,5 mm.

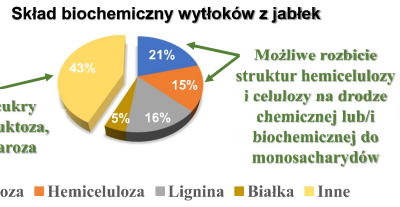
## Wyniki

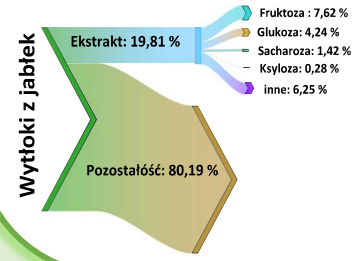
Procesy przetwarzania owoców i warzyw na soki powodują wstępną degradację struktur biomasy.

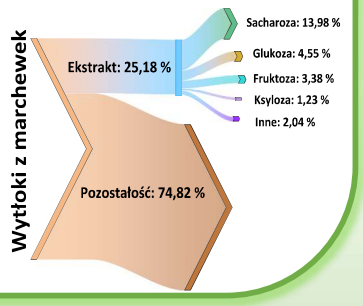
W procesach ekstrakcji wodą wybranych wytłoków owocowych i warzywnych pozyskano ekstrakty o znacznej zawartości cukrów prostych. Ekstrahowane monosacharydy to głównie fruktoza oraz glukoza.



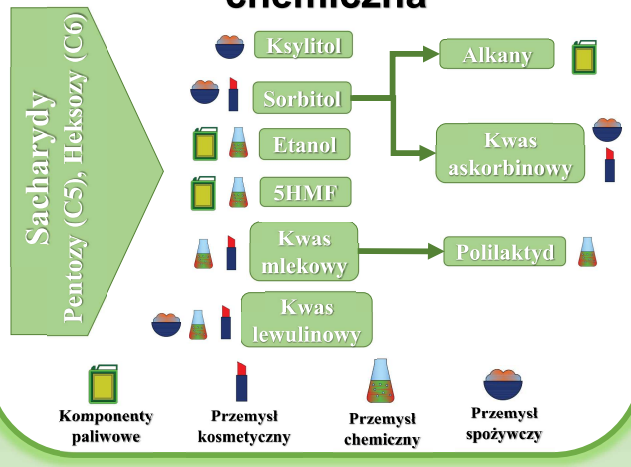




## Sacharydy jako platforma chemiczna




## Wnioski i podsumowanie

Odpady z przetwórstwa spożywczego, takie jak wytłoki owocowe i warzywne, stanowią potencjalny surowiec do pozyskania cukrów prostych. W badanych wytłokach poprzez ekstrakcję wodą pozyskano cukry wolne m.in. fruktozę i glukozę. Badania biochemiczne pokazują, że w wytłokach znajdują się również polisacharydy, które można rozłożyć do cukrów prostych na drodze procesów chemicznych oraz biochemicznych. Ze względu na znaczną produkcję owoców i warzyw w Polsce zasadne wydaje się opracowanie technologii odzysku sacharydów z wytłoków, a następnie ich konwersję w inne biochemikalia.


**Badania zrealizowane w ramach projektu "Opracowanie sposobu zrównoważonej transformacji odpadów z przetwórstwa spożywczego do bio-polioli jako nowej platformy chemicznej " zakwalifikowanego w konkursie LIDER XI (LIDER/58/0241/L-11/19/NCBR/2020) Autorzy dziękują firmie MWS Tymbark za udostępnienie surowców do badań oraz współpracę**

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Łukasz Korzeniowski, dr inż. Mariusz Wądrzyk, dr hab. inż. Marek Lewandowski prof. AGH; (Akademia Górniczo-Hutnicza Krakowie)* |
| Tytuł: | *Wytłoki owocowe i warzywne jako perspektywiczne źródło pozyskania sacharydów stanowiących przyszłościowe platformy chemiczne* |

Opis:

Polska jest jednym z największych producentów owoców i warzyw w Europie oraz jednym z liderów ich dalszego przetwarzania. Znaczna część owoców produkowanych w kraju trafia do zakładów produkujących soki oraz nektary. W ramach przemysłowych procesów produkcji żywności oraz napojów generowane są znaczące ilości odpadów charakteryzujące się wysoką zawartością wilgoci (wytłoki, wysłody, różnego rodzaju osady). Obecnie jedynie niewielka ich część jest przetwarzana w zrównoważony sposób, np. do produkcji pasz dla zwierząt. Pozostała część jest najczęściej kompostowana, spalana bądź składowana. Wytłoki owocowe i warzywne składają się z biopolimerów takich jak celuloza, hemicelulozy, lignina, błonnik pokarmowy, ale również wolnych cukrów, barwników i przeciwutleniaczy. Pod kątem produkcji biokomponentów i biochemikaliów szczególnie wartościowymi składnikami wydają się być monosacharydy, z których na drodze chemicznej i/lub biochemicznej można wyprodukować szeroki wachlarz użytecznych związków chemicznych np. bioetanol, sorbitol, ksylitol, kwas mlekowy, 5HMF, kwas lewulinowy. A zatem, wolno dostępne cukry proste, jak również polisacharydy (takie jak hemiceluloza oraz celuloza), z których można je pozyskać na drodze hydrolizy stanowią perspektywiczne substraty. Pozostałości lignocelulozowe z przemysłu rolniczego i spożywczego cechuje wysoka dostępność oraz niska cena. Ponadto ich niespożywczy charakter czyni je potencjalną alternatywą dla roślin jadalnych wykorzystywanych obecnie do produkcji biopaliw I generacji oraz biochemikaliów (np. etanolu).

Celem prezentowanej pracy było określenie potencjału wykorzystania różnego rodzaju odpadów przemysłowych w formie wytłoków owocowo-warzywnych dla pozyskania cukrów prostych. W tym celu określono skład ilościowy i jakościowy uzyskiwanych ekstraktów pozyskanych z wytłoków pozostałych po przemysłowej produkcji soków. Surowcami wytypowanymi do badań były wytłoki z jabłek, wiśni i marchewek. Proces ekstrakcji wszystkich surowców realizowano w stałych ustalonych warunkach tj. 3 godziny, 70°C, 1% koncentracji suchej biomasy. Na podstawie zrealizowanych badań określono, że poprzez proces ekstrakcji można pozyskać od 13 do 30 % mas. mono- i disacharydów względem suchej biomasy. W ekstraktach z wiśni oraz jabłek dominują monosacharydy tj. fruktoza oraz glukoza, zaś w ekstrakcie z marchwi sacharoza jako disacharyd. Mechaniczne procesy przetwórstwa owoców i warzyw powodują wstępne rozbicie ich struktury, co skutkuje znaczącą zawartością rozpuszczalnych w wodzie cukrów prostych w generowanych wytłokach. Ponadto w procesie ekstrakcji możliwa jest hydroliza uwolnionych oligosacharydów w środowisku wydzielanych kwasów organicznych z wytłoków np. kwasu jabłkowego. Badania biochemiczne wykazały, że wytłoki owocowe poza wolnymi cukrami w swoich strukturach posiadają włókna zbudowane w znaczącej ilość z polisacharydów złożonych tj. hemiceluozy oraz celulozy. Ich hydroliza może znacząco zwiększyć uzysk cukrów prostych. W badanych wytłokach sumaryczna zawartość hemicelulozy i celulozy zawierała się w przedziale 25 – 40% masowych. Ze względu na wysoką dostępność wytłoków owocowych i warzywnych w Polsce oraz znaczącą ilość cukrów prostych i złożonych polisacharydów w ich strukturze zasadne wydaje się opracowanie metody odzysku cukrów, a następnie jej przetworzenie na inne biochemikalia.

***Podziękowania:*** *Realizacja badań możliwa dzięki finansowaniu Narodowemu Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu LIDER/58/0241/L-11/19/NCBR/2020. Autorzy dziękują firmie MWS Tymbark za udostępnienie surowców do badań oraz współpracę.*

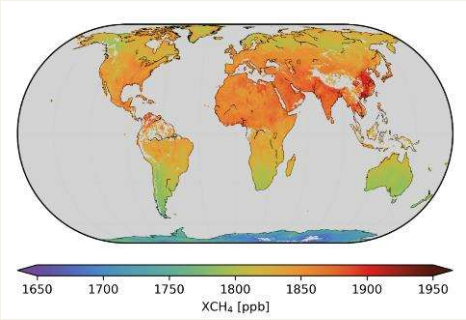
# Wyzwania sektora gazowego związane z raportowaniem wielkości emisji metanu


Aneta Korda-Burza [1,2], Przemysław Wnęk[1,3], Adam Szurlej[1]

1. AGH w Krakowie,
2. Operator Gazociągów Przesyłowych Gaz – System S.A.
3. Polska Spółka Gazownictwa sp. z o.o., Oddział Zakład Gazowniczy w Krakowie


## Wprowadzenie

Metan jest drugim co do wielkości czynnikiem globalnego ocieplenia. Metan ma dużo lepsze zdolności akumulacyjne, jego potencjał cieplarniany wielokrotnie przewyższa $CO_2$ – IPCC przyjmuje, że jedna tona metanu jest równoważna 30 tonom $CO_2$ (inne źródła zakładają nawet ponad 70-krotnie większy potencjał w porównaniu z dwutlenkiem węgla). Dwutlenek węgla dłużej utrzymuje się w atmosferze oraz cywilizacyjnie produkujemy go znacznie więcej, stąd jest on głównym gazem cieplarnianym. W 2017 r. globalne emisje metanu – zarówno ze źródeł naturalnych, jak i z działalności człowieka – sięgnęły 600 mln ton. Ocenia się, że od początku lat dwutysięcznych roczne emisje rosły w tempie 9% rocznie. To oznacza, że z każdym rokiem do atmosfery trafiało o 50 mln ton metanu więcej.

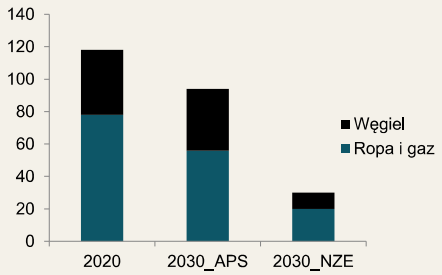



Rys.1. Global methane [1] – Sentinel 5P

Działająca przy ONZ Światowa Organizacja Meteorologiczna opublikowała raport, w którym donosi, że w 2020 roku, mimo blokad wywołanych pandemią koronawirusa, stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze osiągnęło rekordowy poziom. Wszystko to skutkuje faktem, że ponad 100 krajów dołącza do *Global Methane Pledge*, czyli paktu na rzecz redukcji emisji metanu o 30% do 2030 roku w stosunku do poziomu z 2020 roku. Jest to zdarzenie bez precedensu w skali dotychczasowych przemian gospodarczych, społecznych i środowiskowych. W kontekście tej inicjatywy warto podkreślić, że w latach 1990-2019 globalna emisja metanu zwiększyła się o 129% [7].

## Emisja metanu

Międzynarodowa Agencja Energii przewiduje, że różnica pomiędzy emisją metanu w zależności od założonego scenariusza: Scenariusz Ogłoszonych Zobowiązań (APS – ang. *Announced Pledges Scenario*) i Scenariusz Zerowych Emisji Netto do 2050 (NZE - *Net Zero Emissions*) w 2030 roku będzie znacząca (rys. 2). Ta różnica w dużej mierze wynika z faktu, że tylko około 40% emisji metanu z paliw kopalnych przypada na kraje, które zobowiązały się do przestrzegania zasady "zero netto". Z drugiej strony należy dodać, że dwa kraje: Chiny i Rosja, które łącznie odpowiadają za znacznie ponad jedną trzecią emisji metanu, nie zobowiązały się do bezwzględnej redukcji emisji metanu przed 2030 r. [4].



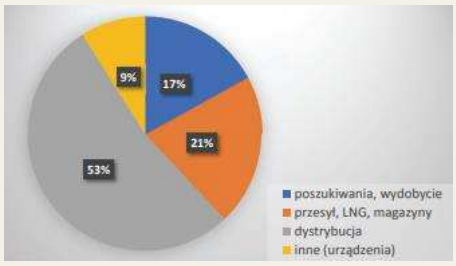

Rys. 2. Emisje metanu z sektora paliw kopalnych do 2030 r. w zależności od scenariusza, Mt [4]

Analizując strukturę emisji metanu z łańcucha dostaw gazu ziemnego, widać wyraźnie, że największy udział przypada na dystrybucje gazu (rys. 3). Do tej pory wszystkie procedury operacyjne w zakresie przesyłu i dystrybucji gazu, były podyktowane bezpieczeństwem, nowe regulacje uwzględniają aspekty środowiskowe i zrównoważonego rozwoju.

Emisje metanu na sieciach przesyłowych i dystrybucyjnych, mają trzy zasadnicze źródła:

- emisje wewnętrzne - wycieki z powodu korozji i przenikania,
- emisje incydentalne - wypadki, które zdarzają się np. podczas prac budowlanych,
- emisje operacyjne (wentylowanie, oczyszczanie i likwidacja gazociągów).

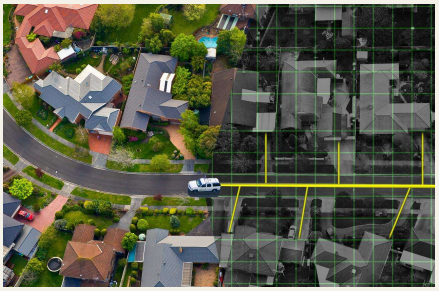
Kluczowym w przypadku analizy emisji metanu będzie ustalenie tzw. współczynników emisji dla poszczególnych typów emisji.




Rys.3. Emisja metanu w Europie z łańcucha dostaw gazu ziemnego [2]

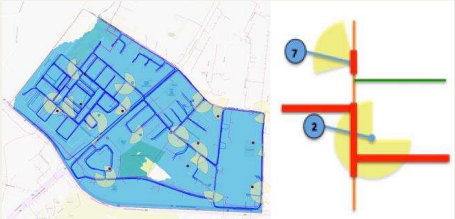
## Metody wyznaczenia wielkości emisji metanu

Wyznaczenie emisji metanu w systemie gazowniczym jest olbrzymim wyzwaniem dla spółek zarówno przesyłowych, jak i dystrybucyjnych. Wpływ na to ma przede wszystkim stopień skomplikowania sieci oraz jej długość.
Przykładowo Polska Spółka Gazownictwa eksploatuje około 200 tys. km sieci dystrybucyjnej, co z góry narzuca zastosowanie olbrzymiej ilości środków materialnych i finansowych. Zastosowanie w tym przypadku tradycyjnych metod kwantyfikacji emisji, może prowadzić do znacznych błędów i niepewności wyników, dlatego wydaje się, że w tym przypadku najlepszym rozwiązaniem będzie objęcie całej infrastruktury wydajnym systemem monitoringu terenowego.



Rys4. Przykład użycia pomiarów terenowych do wyznaczenia emisji metanu z sieci dystrybucyjnej. [3]

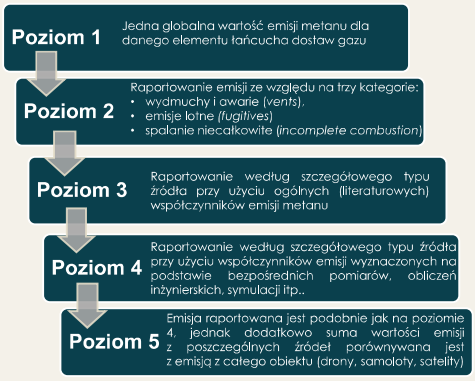
Monitoring wycieków musi być zintegrowany z podkładami mapowymi sieci gazowej GIS, jest to niezbędne do dokładnej lokalizacji nieszczelności lub awarii i późniejszej naprawy/wymiany uszkodzonego odcinka gazociągu.




Rys.5. Przykład użycia pomiarów terenowych do wyznaczenia emisji metanu z sieci dystrybucyjnej. [3]

## Partnerstwo w zakresie Metanu w Sektorze Ropy Naftowej i Gazu (OGMP – ang. *Oil and Gas Methane Partnership*)

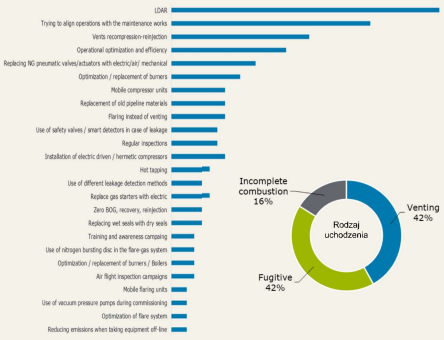
Inicjatywa zrzeszająca organizacje z sektora naftowo-gazowniczego. Została ona wskazana przez Komisję Europejską jako jeden z kluczowych standardów inwentaryzacji emisji metanu. Podstawową rolą OGMP jest ustanowienie transparentnych wytycznych w zakresie raportowania wielkości emitowanej do atmosfery ilości metanu na różnych poziomach szczegółowości (rys.6). Ma to na celu lepsze zrozumienie jej charakteru i ułatwienie znalezienia sposobu jej ograniczenia. Zadaniem organizacji tworzących OGMP jest określenie celu redukcji emisji oraz osiągnięcie Złotego Standardu, czyli inwentaryzacji emisji metanu co najmniej na poziomie czwartym. [5]




Rys.6. Poziomy raportowania według OGMP. Poziom 4 i 5 to tzw. „Złoty Standard"

Znajomość wartości emisji metanu z infrastruktury gazowniczej umożliwia określenie i przyjęcie celu redukcji emisji metanu. Jego przedstawienie jest wymagane poprzez OGMP i dlatego powstały wytyczne, które mogą pomóc przedsiębiorstwom w jego określeniu. Cel może zostać wyznaczony w wartościach bezwzględnych lub względnych (np. względem ilości przesłanego gazu ziemnego). Branża gazownicza jako całość aspiruje do redukcji bezwzględnej emisji metanu o 45% do 2025 r. i o 60-75% do 2030 r. w stosunku do poziomów z 2015 r. Cele te wpisują się w europejską strategię na rzecz ograniczania emisji metanu. Natomiast żeby je osiągnąć Komisja Europejska rekomenduje w najnowszym projekcie tzw. „rozporządzenia metanowego" powszechne wprowadzenie programu wykrywania nieszczelności i naprawy (*Leak Detection and Repair – LDAR*) [6].

## Najlepsze dostępne techniki ograniczania emisji (BAT -*ang. Best Available Technology, BAT*)




Rys. 7. Stosowane techniki BAT [8]

## Charakterystyka typowego programu LDAR

Typowy program LDAR składa się z czterech etapów obejmujących: przygotowanie (pierwszą fazę procesu), inspekcje wykonywane na obiektach, ewentualną naprawę wycieku oraz raportowanie i analizę danych (rys. 8).

Rys. 8. Schemat procesu typowego programu LDAR [9]

Przedsiębiorstwa, które decydują się na wdrożenie LDAR, stoją zazwyczaj przed trudnym wyborem najlepszego dla nich kształtu programu, starając się wyważyć koszty początkowe i operacyjne oraz efektywność programu LDAR (wyznaczony cel redukcji emisji). Programy LDAR mogą służyć do sprawnego i ilościowego określenia emisji metanu z różnych elementów sieci. Wykorzystanie programów LDAR może być kluczowe w celu zidentyfikowania najbardziej emisyjnych elementów sieci oraz takiego zaplanowania prac eksploatacyjnych i remontowych, które będzie miało wpływ na spełnienie celów klimatycznych. Z tego powodu tak ważne jest systematyczne zapisywanie, przechowywanie oraz ciągła analiza danych LDAR. Im więcej informacji o emisji i jego źródle jest przechowywanych, tym bardziej dokładna analiza wycieków może być przeprowadzona. Istotność, kompletność, spójność i przejrzystość danych to kluczowe zasady analizowania i raportowania emisji w celu efektywnego wykorzystania programu LDAR [9].

## Wnioski

Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) w swoim raporcie WEO-2021 wskazuje dążenie do szybkiej redukcji emisji metanu w sektorze energetycznym, a szczególnie w działalności związanej z ropą naftową i gazem, jako kluczowe narzędzie do ograniczenia globalnego ocieplenia. Rozwiązanie to jest oceniane ponadto jako najbardziej efektywne kosztowo [4].
Dostosowanie branży gazowniczej do wymogów rozporządzenia metanowego, będzie wymagało dodatkowych, dedykowanych inwestycji na potrzeby efektywnego monitorowania i raportowania emisji metanu. Rzetelne monitorowanie bardzo dużych odcinków sieci jest bardzo trudne i kluczową kwestią jest wypracowanie na poziomie Unii Europejskiej, spójnej metodologii, tak aby nie budziło wątpliwości jej dokładność oraz wiarygodność. Szanse na ograniczenie emisji metanu należy wiązać m.in. z procesem modernizacji i rozbudowy sieci gazowych, co wydatnie zwiększy także poziom bezpieczeństwa i przełoży się na odzysk gazu ziemnego, a tym samym ograniczenie strat, co jest także wskazane, mając na uwadze rekordowe wysokie ceny gazu ziemnego na rynku europejskim – około 300 euro/MWh (sierpień 2022 r.).

## LITERATURA


[1] The European Space Agency - *Methane and ozone data products from Copernicus Sentinel-5P* https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Methane_and_ozone_data_products_from_Copernicus_Sentinel-5P
[2] E. Dyakowska, A. Przybył: *Metody wykrywania i pomiaru wielkości niezorganizowanej emisji metanu z elementów infrastruktury przesyłowej – wyniki projektu GERG Detection and Measurement of Fugitive Emissions of Natural Gas from the Transmission Systems.* Nafta-Gaz 2021, nr 2, s. 118–126.
[3] P. Narloch: *Nowe metody detekcji metanu w dystrybucyjnej sieci gazowej*. Przegląd Gazowniczy, 2021, nr 3, (71)
[4] International Energy Agency (IEA): *World Energy Outlook*, 2021, Paris.
[5] A. Korda-Burza, J. Holewa-Rataj: *Pomiary emisji metanu oraz wyznaczanie współczynników emisji dla stacji pomiarowych*. Streszczenie referatów, 13 Polski Kongres Naftowców i Gazowników, Bóbrka, 2-3 czerwca 2022 r.
[6] A.Korda-Burza, M.Figiel, J.Holewa-Rataj: *Przygotowania Gaz-System do raportowania emisji metanu zgodnie z wytycznymi OGMP*. Konferencja FORGAZ 2022, Zakopane, 6-8 czerwca.
[7] IPCC, 2021; https://www.ipcc.ch/
[8] https://www.oecd.org/
[9] R. Kowalski: *Obniżanie emisji metanu z sieci gazowych z wykorzystaniem programu LDAR.* Konferencja FORGAZ 2022, Zakopane, 6-8 czerwca.


www.meteoconferences.org

| | |
|---|---|
| Autor: | *mgr inż. Aneta Korda-Burza (Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A., AGH w Krakowie); mgr inż. Przemysław Wnęk (Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o., AGH w Krakowie); dr hab. inż. Adam Szurlej, prof. AGH (AGH w Krakowie)* |
| Tytuł: | *Wyzwania sektora gazowego związane z raportowaniem wielkości emisji metanu* |

Opis:

Zagadnienia związane z redukcją emisji metanu stały się w ostatnim czasie przedmiotem wielu analiz w przedsiębiorstwach całego sektora energetycznego. Ma to związek z opublikowanym przez Komisję Europejską w październiku 2020 r. dokumentem – Strategia UE w zakresie redukcji emisji metanu, do której z kolei w grudniu 2021 został przygotowany projekt Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady. Głównym celem wymienionych dokumentów jest zapewnienie stosowania precyzyjnych metod pomiaru i raportowania wielkości emisji metanu. Zgodnie z zapisami, przedsiębiorstwa powinny zwrócić szczególną uwagę na sposób wyznaczania współczynników emisji metanu dla poszczególnych źródeł emisji, przy czym zgodnie z założeniami OGMP (*Oil and Gas Methane Partnership*) powinny być one wyznaczane na podstawie pomiarów bezpośrednich.

Operatorzy branży gazowniczej zostali postawieni przed bardzo odpowiedzialnym zadaniem, związanym przede wszystkim z restrykcyjną kontrolą stanu technicznego zarządzanej infrastruktury w szczególności w kontekście wykrywania wycieków. Zaleceniem KE jest, aby przedsiębiorstwa zastosowały programy wykrywania i naprawy wycieków LDAR (*leak detection and repair*), które mają zapewnić redukcję emisji metanu w UE. Dla przedsiębiorstw eksploatujących infrastrukturę, LDAR oznacza określenie i ustandaryzowanie sposobu wykonywania pewnych czynności oraz wskazanie odpowiedniego wyposażenia, za pomocą którego nieszczelne elementy są identyfikowalne, priorytetyzowane a następnie naprawiane.

W niniejszej pracy przedstawiono wyzwania sektora energetycznego związane z opublikowanym projektem rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie redukcji emisji metanu, która wzywa przedsiębiorstwa do wdrożenia programów LDAR. Przybliżono również wytyczne opracowane przez Partnerstwo w zakresie Metanu w Sektorze Ropy Naftowej i Gazu (OGMP) dotyczące pomiaru i raportowania wielkości emisji metanu.

ISBN 978-83-958517-4-2