

**V Ogólnopolskie Sympozjum Energia
„Energetyka na skalę XXI wieku –
współczesne rozwiązania i przyszłość
branży energetycznej”**

Abstrakty

**V Ogólnopolskie Sympozjum Energia
„Energetyka na skalę XXI wieku –
współczesne rozwiązania i przyszłość
branży energetycznej”**

Abstrakty

Redakcja:
Kamil Maciąg
Ewelina Chodźko

Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL
Lublin 2021

V Ogólnopolskie Sympozjum Energia
„Energetyka na skalę XXI wieku – współczesne rozwiązania
i przyszłość branży energetycznej”
21 maja 2021 r.
Abstrakty

Redakcja:
Kamil Maciąg
Ewelina Chodźko

Skład i łamanie:
Monika Maciąg

Projekt okładki:
Marcin Szklarczyk

© Copyright by Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL

ISBN 978-83-66861-34-3

Wydawca:
Fundacja na rzecz promocji nauki i rozwoju TYGIEL
ul. Głowackiego 35/348
20-060 Lublin
www.fundacja-tygiel.pl

Komitet Naukowy

- **prof. dr hab. Zbigniew Hanzelka**, Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Instytut Techniki Ciepłej im. Bohdana Stefanowskiego, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska
- **dr hab. inż. Alina Kowalczyk-Juśko**, Katedra Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji, Wydział Inżynierii Produkcji, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
- **dr hab. inż. Tomasz Kujawa**, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
- **prof. dr hab. inż. Janusz Lewandowski**, Zakład Maszyn i Urządzeń Energetycznych, Instytut Techniki Ciepłej im. Bohdana Stefanowskiego, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska
- **dr hab. Sylwia Pasieczna-Patkowska**, Katedra Technologii Chemicznej, Instytut Nauk Chemicznych, Wydział Chemii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
- **dr hab. Agata Zdyb, prof. PL**, Instytut Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska
- **dr inż. Małgorzata Łatka**, Katedra Energoelektroniki i Elektroenergetyki, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Politechnika Rzeszowska
- **dr Marta Oleszek**, Zakład Fizycznych Właściwości Materiałów Roślinnych, Instytut Agrofizyki Polskiej Akademii Nauk w Lublinie

Komitet Organizacyjny

- Beata Bujalska
- Ewelina Chodźko
- Alicja Danielewska
- Monika Iwaniuk
- Joanna Jędrzejewska
- Kinga Kalbarczyk
- Joanna Kozłowska
- Kamil Maciąg
- Monika Maciąg
- Izabela Mołdoch-Mendoń
- Emilia Osmólska
- Konrad Skrzątek
- Marcin Szklarczyk
- Paulina Szymczyk

Organizator



Fundacja
TYGIEL

Patroni Honorowi



Marszałek
Województwa Lubelskiego
Jarosław Stawiarski

**PATRONAT
HONOROWY**



PREZYDENT MIASTA LUBLIN
KRZYSZTOF ŻUK



Nowoczesne **Zarządzanie** Biznesem

Teoria · Praktyka · Sukces
www.nzb.pl



Wydawnictwo
TYGIEL

Patroni Medialni



TV
Student

Energetyka

wysokie  apiecie.pl


OPTIMALENERGY.pl

Spis treści

Wystąpienia Gości Honorowych

Współpraca odnawialnych źródeł energii z siecią zasilającą 11

Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w konwersji fotowoltaicznej 12

Wystąpienia ustne

Aspekty środowiskowe w zamówieniach publicznych
(Environmental aspects in public procurement)..... 15

Badania systemów Otworowych Wymienników Ciepła na terenie Akademii
Górniczno-Hutniczej w Krakowie (Research on borehole heat exchanger systems
at the AGH University of Science and Technology in Krakow) 17

Beztlenowy rozkład produktów ubocznych i odpadowych przemysłu cukrowniczego
jako źródło biopaliw gazowych (Anaerobic digestion of bio-waste and by-products
of the sugar industry as a source of gaseous biofuels) 19

Biogazownie rolnicze jako źródło bezpieczeństwa energetycznego obszarów wiejskich
(Agricultural biogas plants as a source of energy security in rural areas)..... 21

Czynniki prawno-polityczno-społeczne rozwoju OZE w Polsce
(Legal, political and social factors of RES development in Poland) 23

Maksymalizacja mocy otworów geotermalnych z wykorzystaniem innowacyjnych
receptur zaczynów uszczelniających (Maximizing the power of geothermal wells
using new formulations of sealing slurries) 25

Przetwarzanie niskokalorycznego biogazu w plazmie nierównowagowej
(Processing of low calorific biogas in non-equilibrium plasma) 27

Przyjazna dla środowiska turbina Aldena – analizy
(Eco-friendly Alden turbine system analysis) 29

Przyjazna dla środowiska turbina Archimedes – analizy
(Eco-friendly AHS turbine system analysis)..... 31

Wytwarzanie wodoru z mieszaniny wody i etanolu w wyładowaniu z barierą
dielektryczną (Production of hydrogen from a mixture of water and ethanol
in a dielectric barrier discharge)..... 33

Postery naukowe

Otrzymywanie wodoru z amoniaku jako magazynu energii w plazmie wyładowania ślizgowego (Obtaining hydrogen from ammonia as an Energy store in a gliding discharge plasma)	37
Projekt Tracer i dobre praktyki w rekultywacji po górnictwie węgla jako element transformacji energetycznej (Tracer project and best practices in reclamation of areas after coal mining as an element of energy transition)	39
Rozkład toluenu w układzie plazmowo-katalitycznym z zastosowaniem katalizatorów niklowych (Decomposition of toluene in plasma-catalytic system with the use of nickel catalysts)	41
Indeks autorów	43

Wystąpienia Gości Honorowych

Współpraca odnawialnych źródeł energii z siecią zasilającą

prof. dr hab. Zbigniew Hanzelka, Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Rosnąca liczba nieliniowych, niespokojnych, niekiedy także niesymetrycznych odbiorników energii elektrycznej oraz rozwój energetyki rozproszonej z odnawialnymi źródłami, stanowią główne czynniki degradacji jakości dostawy energii elektrycznej w sieciach zasilających. Znaczna liczba źródeł niespokojnych przyłączonych najczęściej do sieci o topologii promieniowej, w połączeniu ze zmiennym dobowym oraz tygodniowym poborem energii przez odbiorców końcowych niesie ze sobą ryzyko wystąpienia znaczących zaburzeń elektromagnetycznych, których główną przyczyną są niekontrolowane przepływy energii w systemie zasilającym. W przypadku tzw. odbiorów wrażliwych, niedotrzymanie parametrów jakościowych zasilania, w szczególności zaburzenie wartości skutecznej napięcia, lecz nie tylko, może powodować ich wadliwą pracę, uszkodzenia, a w przypadku sektora przemysłowego generować znaczne straty finansowe. Powyższe zagadnienia zostaną przedstawione na przykładzie współpracy instalacji PV z siecią zasilającą.

Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego w konwersji fotowoltaicznej

dr hab. Agata Zdyb, prof. PL, Instytut Inżynierii Odnawialnych Źródeł Energii, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska

Ze Słońca dociera do nas ogromna ilość energii, wynosząca ok. 10^4 razy więcej niż rocznie zużywa ludzkość na całej Ziemi. Słońce z obecnej perspektywy jest źródłem niewyczerpalnym, a energia którą dostarcza może być wykorzystana w sposób nieszkodliwy dla środowiska naturalnego. Takie użytkowanie energii promieniowania słonecznego zapewnia konwersja fotowoltaiczna zachodząca w ogniwach słonecznych.

Wieloletni rozwój fotowoltaiki doprowadził do znacznego zróżnicowania ogni słonecznych, które obecnie można podzielić na trzy generacje. Do pierwszej z nich zaliczane są tradycyjne ogniwa monokrystaliczne i polikrystaliczne wykonane z krzemu. Generację drugą stanowią ogniwa cienkowarstwowe z krzemu amorficznego lub różnego rodzaju związków półprzewodnikowych, a trzecią – mało rozpowszechnione ogniwa organiczne, perowskitowe i barwnikowe.

Obecnie obserwowany jest znaczny wzrost zainteresowania zastosowaniem ogni słonecznych w instalacjach dachowych, elektrowniach fotowoltaicznych oraz systemach zintegrowanych z architekturą.

Prezentowana praca będzie zawierać przegląd różnych typów ogni fotowoltaicznych oraz możliwości ich wykorzystania w różnych strefach klimatycznych, ze szczególnym uwzględnieniem krajów położonych na dużej szerokości geograficznej, jak Polska.

Wystąpienia ustne

Aspekty środowiskowe w zamówieniach publicznych

Piotr Sołowiej, *piotr.solowiej@interia.eu*, Wydział Ekonomiczny, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, *ekonomia@umcs.lublin.pl*

Na przestrzeni ostatnich lat, należy zaobserwować wśród instytucji zamawiających wzrastające zainteresowanie aspektami środowiskowymi, obejmującymi efektywność energetyczną oraz etykietowanie produktów związanych z energią przy udzielaniu zamówień publicznych. Ustawa Prawo zamówień publicznych, aby zwiększyć efektywność wydatków publicznych, precyzuje, w jaki sposób instytucje zamawiające mogą przyczynić się do ochrony środowiska i wspierania zrównoważonego rozwoju. W przypadku postępowania o udzielenia zamówienia publicznego, zamawiający publiczni poprzez instrumenty zawarte w przepisach Prawa zamówień publicznych, a w szczególności dotyczące opisu przedmiotu zamówienia, warunków udziału w postępowaniu mogą stosować aspekty środowiskowe nie tylko w celu ochrony środowiska naturalnego, ale również w celu uzyskania wymiernych korzyści finansowych, zwłaszcza w perspektywie długookresowej. Taki sposób podejścia do realizacji procesu udzielania zamówień jest również potwierdzeniem, że zasada efektywności ekonomicznej, która wyraża się w obowiązku udzielenia zamówienia w sposób zapewniający zarówno najlepszą jakość przedmiotu zamówienia w stosunku do środków, które zamawiający może przeznaczyć na jego realizację, jak i najlepszy stosunek nakładów do efektów, w tym również efektów środowiskowych.

Environmental aspects in public procurement

In recent years, there has been a growing interest among contracting authorities in environmental aspects, including energy efficiency and energy-related product labelling in public procurement. In order to increase the efficiency of public spending, the Public Procurement Law clarifies how contracting authorities can contribute to environmental protection and promote sustainable development. In the case of a public procurement procedure, public procurers, through instruments included in the provisions of the Public Procurement Law, and in particular those related to the description of the subject of the procurement and conditions for participation in the procedure, may apply environmental aspects not only to protect the environment, but also to obtain measurable financial benefits, especially in the long-term perspective. Such an approach to the implementation of the procurement process also confirms that the principle of economic efficiency, which is expressed in the obligation to award the contract in a way that ensures both the best quality of the subject matter of the contract in relation to the resources that the contracting authority can allocate to its implementation, as well as the best ratio of expenditures to effects, including environmental effects.

Badania systemów Otworowych Wymienników Ciepła na terenie Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie

Tomasz Śliwa, sliwa@agh.edu.pl, Laboratorium Geoenergetyki AGH, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, <https://wnig.agh.edu.pl>

Kamil Zdziebko, kzdziebko@agh.edu.pl, Laboratorium Geoenergetyki AGH, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, <https://wnig.agh.edu.pl>

Tomasz Kowalski, tkowal@agh.edu.pl, Laboratorium Geoenergetyki AGH, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, <https://wnig.agh.edu.pl>

W pracy autorzy skupiają się na działalności badawczej i rozwoju systemów geotermalnych należących do Laboratorium Geoenergetyki na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie. Scharakteryzowane zostały dwa istniejące już systemy geotermalne wykorzystywane w badaniach, a także służące do ogrzewania/chłodzenia obiektów uczelnianych za pomocą geotermalnych pomp ciepła.

Ponad dziesięć lat działalności i badań Zespołu badawczego Laboratorium Geoenergetyki w dziedzinie pozyskiwania energii geotermalnej pozwoliło na pozyskanie znaczącego doświadczenia i rozwoju technologii dla konstrukcji i zastosowań wymienników ciepła w dziedzinie odnawialnych źródeł energii, do których należy geotermia.

Te doświadczenia obejmują obszary badań, demonstracji, pilotażu, rozwoju i nauczania. Powstało wiele prac w oparciu o dane zarówno z instalacji opisanych w niniejszej pracy, jak i innych badanych na terenie Polski. W Krakowie na Wydziale Wiertnictwa, Nafty i Gazu istnieje również program studiów podyplomowych pt. *Geoenergetyka i Geoinżynieria*.

Dzięki pozyskanemu długoletniemu doświadczeniu oraz chęci dalszego rozwoju, Laboratorium Geoenergetyki uczestniczy w wielu projektach, do których można zaliczyć takie tematyki jak: rozwój i efektywne wykorzystanie głębokich wymienników ciepła, badania i rozwój w zakresie posiadanej aparatury dla testów głębokich konstrukcji, a także projekt międzynarodowy mający m.in. na celu utworzeniu trzeciego zespołu otworowych wymienników

ciepła składającego się z minimalnie 32 konstrukcji służących do ogrzania i chłodzenia Zespołu Pałacowo-Parkowego w Młoszowej. W pracy przedstawiono wyniki pomiarów efektywności energetycznej otworowych wymienników ciepła o różnych konstrukcjach.

Research on borehole heat exchanger systems at the AGH University of Science and Technology in Krakow

In this material, the authors focus on the research and development of geothermal systems belonging to the Geoenergy Laboratory at the AGH University of Science and Technology in Krakow. The two existing geothermal systems characterized in the article have been used in many studies, as well as they also have been used for heating/cooling university facilities with the use of geothermal heat pumps.

Over ten years of activity and research of the Research Team of the Geoenergy Laboratory in the field of geothermal energy acquisition allowed for gaining significant experience and technology development for the construction and application of heat exchangers in the field of renewable energy sources.

These experiences cover the areas of research, demonstration, pilotage, development and teaching. A lot of works have been created based on data from both the installations described in this article and other tested installations in Poland. In Krakow, at the Faculty of Drilling, Oil and Gas, there is also a postgraduate program in Geoenergy and Geoengineering.

Thanks to the many years of experience gained and the willingness to further develop, the Geoenergetics Laboratory participates in many projects, which include such issues as: development and effective use of deep heat exchangers, research and development in the field of equipment for deep construction testing, as well as an international project aimed at creating a third borehole heat exchangers system consisting of a minimum of 32 structures for heating and cooling the palace and park complex in Młoszowa. The paper presents the results of measurements of energy efficiency of borehole heat exchangers of various designs.

Beztlenowy rozkład produktów ubocznych i odpadowych przemysłu cukrowniczego jako źródło biopaliw gazowych

Anna Sikora, annaw@ibb.waw.pl, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, www.ibb.edu.pl

Anna Detman, annadetman@ibb.waw.pl, Instytut Biochemii i Biofizyki PAN, www.ibb.edu.pl

Jan Piotrowski, jan.piotrowski@polski-cukier.pl, Krajowa Spółka Cukrowa S.A. Polski Cukier, www.polski-cukier.pl

Produkty odpadowe i uboczne przemysłu cukrowniczego stanowią atrakcyjne substraty dla mikroorganizmów fermentacyjnych w warunkach beztlenowych. Są one rozkładane do CH_4 i CO_2 , czyli biogazu – cennego źródła zielonej energii. Beztlenowy rozkład składa się z czterech etapów: hydrolizy, kwasogenezy, octanogenezy i metanogenezy. Dwa ostatnie są ze sobą ściśle związane i można je oddzielić od kwasogenezy. Dzięki temu zwiększa się wydajność produkcji CH_4 a dodatkowo można odzyskać bio- H_2 produkowany w procesie kwasogenezy. W ramach projektu BIOSTRATEG2/297310/13/NCBiR/2016 Narodowego Centrum Badań i Rozwoju prowadzimy prace wdrożeniowe i badawczo-rozwojowe. Wdrożenie obejmuje modernizację oczyszczalni ścieków Cukrowni KSC SA o/Dobrzelin, do której trafiają głównie wody spławiające z transportu buraków w czasie kampanii cukrowniczej. CH_4 produkowany w części beztlenowej oczyszczalni ścieków jest wykorzystywany do produkcji energii cieplnej i elektrycznej w układzie kogeneracji ograniczając emisję gazów cieplarnianych do atmosfery. Część badawczo-rozwojowa projektu obejmuje demonstrację dwuetapowej instalacji produkującej bio- H_2 w wyniku fermentacji kwaśnej melasy lub hydrolizatu wysłodków buraczanych (I etap) i biogaz w wyniku metagenizacji niegazowych produktów kwasogenezy (II etap). Prace te wskazały problemy natury biologicznej ograniczającej produkcję bio- H_2 , a nie mające wpływu na produkcję bio- CH_4 . Proponowane są metody oczyszczania i magazynowania bio- H_2 oraz jego zastosowanie.

Anaerobic digestion of bio-waste and by-products of the sugar industry as a source of gaseous biofuels

Bio-wastes and by-products of the sugar industry are attractive substrates for anaerobic fermentation microorganisms. They are digested to biogas (CH_4 i CO_2) – a valuable source of green energy. Anaerobic digestion involves four stages: hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methanogenesis. The two latter are tightly connected and can be separated from acidogenesis. This increases the efficiency of CH_4 production and, in addition, bio- H_2 produced during acidogenesis can be recovered. The research project BIOSTRATEG2/297310/13/NCBiR/2016 supported by the National Research and Development Center includes implementation phase as well as R&D phase. The implementation phase involves modernization of the sugar factory's waste-water treatment plant that operates during the sugar campaign and processes spent beet transport water. The biogas generated in the anaerobic part of the waste-water treatment plant is used in a cogeneration system for heat and electricity production, reducing the emission of greenhouse gases into the atmosphere. The R&D phase includes demonstration of a two-step installation producing bio- H_2 as a result of molasses or beet pulp hydrolysate fermentation (I step) and biogas as a result of methanization of non-gaseous products of acidogenesis (II step). These studies identified biological problems limiting bio- H_2 production but not affecting bio- CH_4 production. Methods for purification and storage of bio- H_2 and its application are proposed.

Biogazownie rolnicze jako źródło bezpieczeństwa energetycznego obszarów wiejskich

Grzegorz Augustyn, gaugusty@zarz.agh.edu.pl, AGH Wydział Zarządzania

Jerzy Mikulik, jmikulik@zarz.agh.edu.pl, AGH Wydział Zarządzania

Rafał Rumin, rrumin@zarz.agh.edu.pl, AGH Wydział Zarządzania

Marta Szyba, mszyba@zarz.agh.edu.pl, AGH Wydział Zarządzania

W opracowanej przez Ministerstwo Energii „Polityce energetycznej Polski do 2040 roku”, sformułowano trzy cele. Są to: bezpieczeństwo energetyczne, konkurencyjność i efektywność energetyczna oraz ograniczony wpływ energetyki na środowisko. Ostatni cel jest ściśle związany z rozwojem odnawialnych źródeł energii. Zakłada się, że w 2040 roku powinny one stanowić około 28,5% udziału w rynku energii z odnawialnych źródeł energii (OZE) w zużyciu końcowym brutto i 39,7% w elektroenergetyce. Źródłami OZE w elektroenergetyce mają być: energia słońca, wiatru, wody oraz biomasy i biogazu. Ze względu na ograniczone zasoby hydroenergii oraz trudności w sterowaniu podażą energii wiatru i słońca, wykorzystanie biogazu będzie szczególnie użyteczne w skojarzonym wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła. Atutem jest też możliwość magazynowania energii w biogazie, który może być wykorzystany w celach regulacyjnych. W ujęciu ogólnogospodarczym wykorzystania biogaz stanowi dodatkową wartość dodaną, gdyż umożliwia zagospodarowanie szczególnie uciążliwych odpadów (np. zwierzęcych, gazów wysypiskowych). Największe zasoby biomasy występują w rolnictwie i przetwórstwie rolno-spożywczym. Zasobami tymi są: odpady hodowlane (gnojowica świńska i bydłęca, pomiot drobiowy), poubojowe, z przetwórstwa owocowo-warzywnego i gorzelniane. W pracy pokazano, że biogazownie na terenach wiejskich mogą stanowić istotny czynnik bezpieczeństwa energetycznego oraz bezpieczeństwa środowiskowego.

Agricultural biogas plants as a source of energy security in rural areas

In the "Polish Energy Policy until 2040" developed by the Ministry of Energy, three goals were formulated. These are: energy security, competitiveness and energy efficiency as well as the limited impact of energy on the environment. The last goal is closely related to the development of renewable energy sources. It is assumed that in 2040 they should account for approximately 28.5% of the market share of energy from renewable energy sources (RES) in gross final consumption and 39.7% in the power sector. The sources of renewable energy in the power industry are to be: solar, wind, water, biomass and biogas energy. Due to the limited resources of hydropower and difficulties in controlling the supply of wind and solar energy, the use of biogas will be particularly useful in the combined production of electricity and heat. Another advantage is the possibility of storing energy in biogas, which can be used for regulatory purposes. In terms of general economic use, biogas is an additional added value, as it enables the management of particularly troublesome waste (e.g. animal waste, landfill gases). The largest resources of biomass are found in agriculture and agri-food processing. These resources are: farm waste (pig and cattle slurry, poultry manure), post-slaughter waste, fruit and vegetable processing and distillery waste. The paper shows that biogas plants in rural areas can be an important factor of energy security and environmental security.

Czynniki prawno-polityczno-społeczne rozwoju OZE w Polsce

Joanna Korzeniowska, joanna.korzeniowska@up.krakow.pl, Instytut Geografii, Uniwersytet Pedagogiczny im. KEN w Krakowie

Aktualnie, w Polsce, następuje rozwój OZE. Jest on podyktowany odpowiednimi uwarunkowaniami przyrodniczymi, ekonomicznymi, politycznymi i społecznymi. Polska jako kraj rozwija się i za tym idzie również rozwój energetyczny. Odchodzi się od energetyki tradycyjnej na korzyść energetyki odnawialnej. Kolejne przedsiębiorstwa i władze lokalne inspirują do włączenia się w inwestycje na rzecz pozyskiwania czystej energii. Energetyka odnawialna, od ostatnich kilkunastu lat, ciągle rozwija się i dzięki coraz większej świadomości polskiego społeczeństwa wzrasta zastosowanie indywidualnych zastosowań OZE. Jeśli chodzi o rozwój OZE w najbliższych latach, to prognozy są optymistyczne i mówią o coraz większym rozwoju każdego rodzaju energii odnawialnej, a w szczególności wiatrowej na morzu, słonecznej i geotermalnej. Wykonano analizę SWOT dla rozwoju OZE w Polsce. Ukazała ona liczne szanse i pozytywne strony dla rozwoju tego rodzaju energetyki. Ponadto do zidentyfikowania czynników społecznych rozwoju OZE w Polsce wykorzystano analizę PEST.

Legal, political and social factors of RES development in Poland

Currently, renewable energy is developing in Poland. It is dictated by appropriate natural, economic, political and social conditions. Poland as a country is developing and thus also energy development. Traditional energy is being abandoned in favor of renewable energy. Successive enterprises and local authorities inspire to engage in investments aimed at obtaining clean energy. Renewable energy has been constantly developing for the last dozen or so years and thanks to the growing awareness of Polish society, the use of individual renewable energy applications is growing. When it comes to the development of renewable energy sources in the coming years, the forecasts are optimistic and speak of an increasing development of all types of renewable energy, especially offshore wind, solar and geothermal. A SWOT analysis was performed for the development of renewable energy sources in Poland. It showed numerous opportunities and positive sides for the development of this type of energy. Moreover, the PEST analysis was used to identify the social factors of RES development in Poland.

Maksymalizacja mocy otworów geotermalnych z wykorzystaniem innowacyjnych receptur zaczynów uszczelniających

Tomasz Śliwa, śliwa@agh.edu.pl, Laboratorium Geoenergetyki AGH, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, <https://wnig.agh.edu.pl/>

Martyna Ciepielowska, ciepielowska@agh.edu.pl, Laboratorium Geoenergetyki AGH, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, <https://wnig.agh.edu.pl/>

Piotr Buliński, bulinski@agh.edu.pl, Laboratorium Geoenergetyki AGH, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, <https://wnig.agh.edu.pl/>

Zakres tematyczny pracy dotyczy roli zaczynów uszczelniających w kontekście wierceń geotermalnych. Celem pracy było przedstawienie sposobu na maksymalizację mocy otworów geotermalnych przy użyciu nowych receptur zaczynów uszczelniających. W pracy opisano znaczenie zaczynów uszczelniających w procesie wiercenia oraz przedstawiono klasyfikację cementów, które stanowią spoiwo dla tych zaczynów. Opisano także rodzaje oraz właściwości dodatków do zaczynów uszczelniających, które stosuje się w celu zwiększenia efektywności otworów wydobywających wody geotermalne. Przedstawiono również wyniki badań, przeprowadzonych na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, dotyczących zastosowania dodatku obniżającego przewodność cieplną, czyli mikrosfer szklanych. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz przeglądu literatury światowej stwierdzono, że przez zmianę receptury zaczynu uszczelniającego można zwiększyć moc otworu geotermalnego oraz że materiały stosowane w budownictwie mogą znaleźć swoje zastosowanie w wierceniach geotermalnych jako dodatki do zaczynów uszczelniających.

Maximizing the power of geothermal wells using new formulations of sealing slurries

The thematic scope of the work concerns the role of sealing slurries in the context of geothermal drilling. The work aimed to present a method of maximizing the power of geothermal wells using new formulations of sealing slurries. The paper describes the importance of sealing slurries in the drilling process and presents the cement classification, which serve as a binder for slurries. The types and properties of sealing slurry additives, which are used to increase the efficiency of boreholes exploiting geothermal water, are also described. The results of research carried out at the AGH University of Science and Technology in Krakow concerning the use of glass microspheres as an additive reducing the thermal conductivity are also presented. Based on the conducted research and a literature review, it was found that changing the sealing slurry formula can increase the power of the geothermal borehole, and that the materials used in the construction industry can find their application in geothermal drilling as additives to the sealing slurries.

Przetwarzanie niskokalorycznego biogazu w plazmie nierównowagowej

Michał Młotek, mmlotek@ch.pw.edu.pl, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny

Michalina Perron, michalina.perron@gmail.com, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny

Krzysztof Krawczyk, kraw@ch.pw.edu.pl, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny

Biogaz jest wytwarzany w wyniku fermentacji biomasy, a jego głównymi składnikami są dwutlenek węgla i metan. Może być on bezpośrednio stosowany do wytwarzania energii, jednak duże stężenie CO₂ zmniejsza wartość opałową gazu i uniemożliwia wykorzystanie go w silnikach spalinowych. Z tego powodu poszukuje się nowych metod modyfikacji składu biogazu, które pozwolą na zastosowanie go do produkcji ciepła, energii elektrycznej lub jako paliwa silnikowego.

Jedną z metod stosowanych do przetwarzania substancji i prowadzenia reakcji chemicznych jest plazma nierównowagowa wyładowań elektrycznych. Wytwarzane w tych warunkach wysokoenergetyczne elektrony, w stosunkowo niskiej temperaturze, mogą aktywować nawet trwałe molekuly. W celu poprawy wydajności i selektywności tych procesów stosuje się odpowiednie katalizatory.

Celem przeprowadzonych badań było zwiększenie stężenia gazów palnych, w tym wodoru, co pozwoli na wykorzystanie powstałego gazu jako paliwa do silników spalinowych. Zaobserwowano wpływ mocy wyładowania i czasu przebywania reagentów w strefie wyładowania na zawartość wodoru i tlenu węgla w gazie poreakcyjnym. W układzie z katalizatorem kobaltowym uzyskano najwyższą wartość ułamka molowego wodoru w gazie wylotowym, która wynosiła 0,15, a stężenie gazów palnych wzrosło o ponad 10%. Biogaz zawierający w swoim składzie 15% wodoru może być zastosowany jako paliwo, które spala się bardziej stabilnie i powoduje niższą emisję CO i NO_x.

Processing of low calorific biogas in non-equilibrium plasma

The fermentation of biomass produces biogas, and its main components are carbon dioxide and methane. It may be used for power generation. However, the high CO₂ concentration reduces the calorific value of the gas and makes it impossible to use with internal combustion engines. For this reason, new methods for biogas conversion are investigated, which will allow it to be used for the production of electricity or engine fuel.

One of the methods used to process substances and carry out chemical reactions is a non-equilibrium plasma of electrical discharges. The high-energy electrons produced under these conditions, at relatively low temperatures, can activate even stable molecules. To improve the efficiency and selectivity of these processes, suitable catalysts are used.

The aim of the study was to increase the concentration of flammable gases, including hydrogen, which would allow the use of the obtained gas as a fuel for combustion engines. The effect of discharge power and residence time of the reactants in the discharge zone on hydrogen and carbon monoxide content in the post-reaction gas was observed.

The cobalt catalyst system achieved the highest value of hydrogen mole fraction in the exhaust gas, which was 0.15, and the concentration of combustible gases increased by more than 10%. Biogas containing 15% hydrogen in its composition can be used as a fuel that burns more stably and causes lower CO and NO_x emissions.

Przyjazna dla środowiska turbina Aldena – analizy

Bernard Twaróg, btwarog@pk.edu.pl, Politechnika Krakowska, www.pk.edu.pl

Niniejsza praca prezentuje wieloaspektową charakterystykę pracy instalacji Aldena wskazując obszary negatywnie wpływające na populację ryb. Uwagę skupiono na przypadku pracy turbiny Aldena, spirali dolotowej oraz rury ssącej w postaci krzywaka. Dla celów symulacji CFD (*Computer Fluid Dynamics*) został opracowany model 3D instalacji. Modelowanie zostało wykonane w oprogramowaniu Flow3D firmy Flow Science z wykorzystaniem równań Naviera Stokes’a z modyfikacją Reynoldsa. W pracy przeanalizowano najbardziej dotkliwe problemy pracy instalacji hydroenergetycznych: kawitację, wirowość, obciążenia hydrodynamiczne i pulsację ciśnień. Wykonano analizę spektralną pozwalającą wskazać dominujące częstotliwości pulsacji ciśnień. Dla wybranych elementów instalacji: spirali wlotowej oraz rury ssącej przedstawiono rozkłady naprężeń oraz obraz zdeformowanych elementów. W tym celu wykorzystano model Fluid Structure Interaction z zastosowaniem teorii wyężeniowej von Miseses’a. Ze względu na największą szkodliwość instalacji hydroenergetycznych dla populacji ryb, dla zdefiniowanych wymogów środowiskowych zaprezentowano identyfikację obszarów niekorzystnych, w których wartości graniczne kryteriów są przekroczone. Dla opracowanego modelu ryby wykonano analizy biomechaniczne przy zastosowaniu teorii FSI. Pokazano wartości naprężeń w ciele ryby oraz opisano związek regresyjny pomiędzy naprężeniami oraz ciśnieniem. W ostatniej części pracy przedstawiono pulsacje ciśnienia oraz prędkości jakie występują w obszarach przepływu ryby od spirali wlotowej przez turbinę, kończąc na rurze ssącej.

Eco-friendly Alden turbine system analysis

This study discusses multiple aspects of operating characteristics of an Alden system, indicating its properties and parameters that adversely affect fish populations. Attention is focused on operation of the Alden turbine, the scroll inlet, and the bent draft tube. A 3D model of the system was developed for a CFD (Computer Fluid Dynamics) simulation. Modelling was conducted using the Flow3D software offered by Flow Science, using Reynolds-averaged Navier-Stokes equations. The study contains an analysis of the most acute problems in the operation of a hydroelectric system: cavitation, vorticity, hydrodynamic loads and pressure fluctuation. A spectral analysis was performed to indicate the prevailing frequencies of pressure fluctuation. Considering the disastrous adverse effect of hydroelectric systems on fish populations, unfavourable locations were identified in which limit values set in environmental protection requirements are exceeded. A fish model was constructed to perform biomechanical analyses using FSI theory. The study gives values of stresses in the fish body and describes the regression relationship between stress and pressure. The last section of the study deals with pressure and velocity fluctuations taking place in fish swimming areas, beginning with the scroll inlet, the turbine, and ending with the draft tube.

Przyjazna dla środowiska turbina Archimedesa – analizy

Bernard Twaróg, *btwarog@pk.edu.pl, Politechnika Krakowska, www.pk.edu.pl*

W ostatniej dekadzie nastąpił znaczny wzrost zastosowań turbin Archimedesa (AHS). Głównie zalety tej turbiny skupiają się wokół znacznie niższych kosztów wdrożenia przy porównywalnej sprawności do turbiny Kaplana. Równocześnie możliwość zastosowań AHS przy niskich spadach < 10 m, w potokach i kanałach derywacyjnych czyni tę turbinę bardzo polecaną. Jej wzrost popularności może spowodować wzmocnienie i rozwój polityki rozproszonych źródeł energii. W pracy wykonano analizę pracy turbiny AHS. Całość analizy została wykonana z zastosowaniem CFD w oprogramowaniu Flow3D z wykorzystaniem równań Reynoldsa. Dla turbiny o najlepszej geometrii wykonano analizy biomechaniczne modelu ryby przy zastosowaniu teorii FSI przy różnych jej położeniach w obszarze pracy turbiny. Pokazano wartości naprężeń w ciele ryby oraz opisano związek regresyjny pomiędzy naprężeniami oraz ciśnieniem. W ostatniej części pracy przedstawiono pulsacje ciśnienia oraz prędkości jakie występują w obszarach przepływu ryby przez AHS.

Eco-friendly AHS turbine system analysis

The last decade has seen a growing number of applications of the Archimedean turbine (AHS). The principal advantages of this turbine include significantly lower costs of implementation than in the case of Kaplan turbine at a comparable efficiency. The AHS is also highly recommendable because it may be installed under low-head conditions (< 10 m), in creeks and flumes – artificial channels of hydroelectric plants. Its growing popularity may strengthen the policy of distributed generation and contribute to a growth in the number of small plants. The study contains an analysis of the AHS turbine. The analysis was fully performed using CFD in the Flow3D software and Reynolds equations. Biomechanical analyses of a fish model placed in various locations of the turbine operation area were made for the best turbine geometry, using FSI theory. The study gives values of stresses in the fish body and describes the regression relationship between stress and pressure. The last section of the study deals with pressure and velocity fluctuations taking place in various areas when fish swim through the AHS.

Wytwarzanie wodoru z mieszaniny wody i etanolu w wyładowaniu z barierą dielektryczną

Bogdan Ulejczyk, *bulejczyk@ch.pw.edu.pl*, Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, *www.ch.pw.edu.pl*

Michał Młotek, *michał.mlotek@pw.edu.pl*, Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, *www.ch.pw.edu.pl*

Krzysztof Krawczyk, *kraw@ch.pw.edu.pl*, Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, *www.ch.pw.edu.pl*

Rozwój gospodarczy wymaga wzrostu produkcji energii. Obecnie większość energii produkowana jest z paliw kopalnych. Jednakże ich zasoby są ograniczone i ich eksploatacja jest szkodliwa dla środowiska. Dlatego rozwijane są metody pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych np. biomasy, słońca, wiatru itd. Spalanie biomasy jest mało efektywne. Lepszym rozwiązaniem jest przetworzenie jej w etanol, a następnie wytworzenie wodoru z etanolu. Następnie z wodoru można uzyskać energię elektryczną w ogniach paliwowych. Obecnie poszukiwane są metody wytworzenia wodoru z etanolu.

W tej pracy zastosowano reaktor plazmowy do wytwarzania wodoru z mieszaniny wody i etanolu. Do reaktora wprowadzano ciekłe substraty. W reaktorze substraty były ogrzewane, przechodziły do fazy gazowej i reagowały ze sobą.

W czasie badań zmieniano moc wyładowania, czas przebywania reagentów w reaktorze i skład mieszaniny wprowadzanej do reaktora. Te parametry procesowe wpływały na skład gazów, całkowity stopień przemiany etanolu oraz wydajność energetyczną produkcji wodoru.

Stężenie wodoru w gazie po procesie wynosiło od 48 do 56%. Największy stopień przemiany etanolu wynosił 71%. Najwyższa wydajność energetyczna wytwarzania wodoru wynosiła 12 g/kWh.

Production of hydrogen from a mixture of water and ethanol in a dielectric barrier discharge

Economic development requires an increase in energy production. Currently, most of the energy is produced from fossil fuels. However, these resources are limited and their exploitation causes great damage to the environment. Therefore, methods of energy generation from renewable sources, e.g. biomass, sun, wind, etc., are continuously developed. Biomass combustion is ineffective. A better solution is to convert biomass into ethanol and then make hydrogen from ethanol. From hydrogen, it is possible to generate electricity in fuel cells. Currently, methods for producing hydrogen from ethanol are being sought.

In this work, a plasma reactor was used to generate hydrogen from a mixture of water and ethanol. Liquid substrates were introduced into the reactor. In the reactor, the substrates were heated, evaporated, and reacted.

During the studies, the discharge power, the residence time of the reactants in the reactor, and the composition of the mixture introduced into the reactor were changed. These process parameters the composition of gases, the ethanol conversion, and the energy yield of hydrogen production.

The hydrogen concentration was 48 to 56%. The highest conversion of ethanol was 71%. The highest energy efficiency of hydrogen production was 12 g/kWh.

Postery naukowe

Otrzymywanie wodoru z amoniaku jako magazynu energii w plazmie wyładowania ślizgowego

Michał Młotek, mmlotek@ch.pw.edu.pl, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny

Michalina Perron, michalina.perron@gmail.com, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny

Krzysztof Krawczyk, kraw@ch.pw.edu.pl, Politechnika Warszawska, Wydział Chemiczny

Negatywny wpływ na środowisko oraz ograniczony zasób paliw konwencjonalnych wymaga znalezienia alternatywnego źródła energii. Jest to możliwe, jeżeli zastąpimy paliwa kopalne wodorem. Zapotrzebowanie na wodór w sektorach paliwowych oraz technologii chemicznej stale rośnie. Jednakże pomimo zalet takich jak zerowa emisja CO₂ w produktach spalania i wysoka wartość opałowa jego transport oraz magazynowanie stanowią poważny problem. Możliwe jest przechowywanie wodoru sprężonego, ciekłego lub związanego chemicznie na przykład w wodorki metali Li, Na lub Mg. Wadą pierwszych dwóch metod jest wysoki koszt sprężania a trzeciej stosowanie łatwopalnych związków i ograniczona zdolność magazynowania H₂, która nie przekracza 15%_{wag}. Jako magazyn wodoru można zastosować amoniak. Podczas jego rozkładu nie powstają stałe lub niebezpieczne produkty, a zawartość wodoru w NH₃ wynosi 17,8%_{wag}.

Amoniak można łatwo skroplić co ułatwia jego magazynowanie oraz transport, jednak, aby go wykorzystać konieczne jest opracowanie skutecznej metody jego rozkładu.

Celem badań było określenie wpływu parametrów wyładowania ślizgowego na proces rozkładu amoniaku. W zakresie mocy wyładowania 230-270 W i stężenia początkowego amoniaku 5-100%, najniższą wartość zużycia energii na wytworzenie wodoru uzyskano stosując nierozcieńczony amoniak. Wynosiła ona 3,6 kWh/m³. W przypadku elektrolizy wody i reformingu parowego metanu są to wartości odpowiednio 4,5-5 kWh/m³ i 1,7-2,5 kWh/m³.

Obtaining hydrogen from ammonia as an Energy store in a gliding discharge plasma

The negative impact on the environment and the limited resources of conventional fuels require finding an alternative energy source. This is possible if we replace fossil fuels with hydrogen. The demand for hydrogen in the fuel and chemical technology sectors is growing steadily. However, despite the advantages of zero CO₂ emissions in combustion products and high calorific value, its transport and storage are a serious technological problem. It is possible to store hydrogen compressed, liquid, or chemically bonded, for example, into metal hydrates of Li, Na, or Mg. The disadvantage of the first two methods is the high compression cost, and the third one, the use of flammable compounds and the limited H₂ storage capacity, which does not exceed 15%_{wt.}

Ammonia can be used as hydrogen storage. No solid or hazardous products are formed during its decomposition, and the hydrogen content in NH₃ is 17,8%_{wt.} Ammonia can be easily liquefied, which makes it easier to store and transport. However, to use it, it is necessary to develop an effective method of its decomposition.

The aim of this study was to investigate the effect of gliding discharge plasma on the ammonia decomposition process. In the range of discharge power 230-270 W and the initial ammonia concentration of 5-100%, the lowest value of energy consumption for hydrogen production was obtained using undiluted ammonia. It was 3,6 kWh/m³. For water electrolysis and methane steam reforming, the values are 4,5-5 kWh/m³ and 1,7-2,5 kWh/m³, respectively.

Projekt Tracer i dobre praktyki w rekultywacji po górnictwie węgla jako element transformacji energetycznej

Bartłomiej Woś, *b.wos@ur.krakow.pl*, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii i Hodowli Lasu

Marek Pająk, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii i Hodowli Lasu

Marcin Chodak, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Katedra Kształtowania i Ochrony Środowiska

Justyna Likus-Cieślik, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii i Hodowli Lasu

Marcin Pietrzykowski, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Ekologii i Hodowli Lasu

Węgiel jest obecnie wydobywany w 41 regionach dwunastu krajów UE, co czyni go wciąż ważnym paliwem kopalnym, a górnictwo znaczącą gałęzią gospodarki w wielu krajach. Projekt Tracer wspiera dziewięć europejskich regionów, w których węgiel jest głównym źródłem energii. Celem projektu jest wypracowanie strategii badań i rozwoju regionów węglowych w celu ułatwienia transformacji w kierunku zrównoważonego systemu energetycznego. Jednym z wyzwań transformacji energetycznej jest właściwe zagospodarowanie i rekultywacja terenów zdegradowanych i zdewastowanych działalnością górniczą. Na terenach tych najczęściej stosowanym rodzajem rekultywacji jest rekultywacja leśna. W pracy przedstawiono przykłady rozwiązań i dobrych praktyk w zakresie rekultywacji leśnej terenów po górnictwie węgla kamiennego i brunatnego. Pokreślono korzyści płynące z wykorzystania tzw. gatunków fitomelioracyjnych do zalesień, przyczyniających się do odtwarzania stabilnych gleb i zrównoważonych ekosystemów leśnych.

Praca finansowana w ramach projektu TRACER ze środków Unii Europejskiej w ramach programu badań i innowacji „Horyzont 2020”, w ramach umowy, grantu nr 836819 (TRACER – H2020-LC-SC3-2018-2019-2020).

Tracer project and best practices in reclamation of areas after coal mining as an element of energy transition

Coal is currently mined in 41 regions across 12 EU countries, making it the most abundant fossil fuel in the EU and a significant source of economic activity. TRACER supports nine coal-intensive regions around Europe to design (or redesign) their Research and Innovation (R&I) strategies to facilitate their transition towards a sustainable energy system. One of the challenges of the energy transition is the proper management and reclamation of areas after energy resources mining. One of the most frequently used types of reclamation is reclamation to forestry. The paper presents examples of solutions and good practices in the field of reclamation of areas after hard coal and lignite mining. The benefits of using the so-called phytomelioration species for afforestation, contributing to the restoration of stable soils and sustainable forest ecosystems.

This work was supported by project founded from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 836819 (TRACER — H2020-LC-SC3-2018-2019-2020).

Rozkład toluenu w układzie plazmowo-katalitycznym z zastosowaniem katalizatorów niklowych

Joanna Woroszył-Wojno, joanna.woroszyl.dokt@pw.edu.pl, Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, www.ch.pw.edu.pl

Michał Młotek, mmlotek@ch.pw.edu.pl, Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, www.ch.pw.edu.pl

Karolina Kawka, Katedra Technologii Chemicznej, Wydział Chemiczny, Politechnika Warszawska, www.ch.pw.edu.pl

Zgazowaniu biomasy towarzyszy powstawanie smół składających się z mieszaniny mono i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych, których zawartość może osiągać nawet do 100 g/Nm³. Ich obecność może prowadzić do uszkodzenia elementów silników spalinowych i turbin, dlatego powstający gaz wymaga oczyszczenia. Połączenie plazmy wyładowania barierowego i katalizatorów niklowych, o zawartości 10% fazy aktywnej w skojarzonym układzie plazmowo-katalitycznym, umożliwia obniżenie temperatury prowadzenia procesu oraz otrzymanie wysokich stopni przemiany toluenu, jako substancji modelowej – do 51%. Są to wartości wyższe, niż stosując układ katalityczny i plazmowy osobno. Badania prowadzono w gazie o stałym natężeniu przepływu, wynoszącym 10 NI/h i składającym się z H₂ (0,28), N₂ (0,48), CO (0,12), CO₂ (0,12). Moc wyładowania barierowego wynosiła 10W a napięcie na elektrodzie 10 kV. Stosowanie katalizatory zachowywały stabilność w warunkach prowadzenia procesu podczas długotrwałych badań. Wysoka temperatura procesu, powyżej 200°C sprzyjała tworzeniu się wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych.

Decomposition of toluene in plasma-catalytic system with the use of nickel catalysts

Gasification of biomass is accompanied by the formation of tars, consisting mono and polycyclic aromatic hydrocarbons, the content of which can reach up to 100 g/Nm³. Their presence may damage the components of engines and turbines, therefore the gas requires cleaning before use. The combination of barrier discharge plasma and nickel catalysts, containing 10% of the active phase in the coupled plasma-catalytic system, allows to lower the process temperature and obtain high conversion rates of toluene as a model substance – up to 51%. These values are higher than while using the catalyst and plasma separately. The tests were carried out in a gas with a constant flow rate of 10 Nl/h containing H₂ (0.28), N₂ (0.48), CO (0.12), CO₂ (0.12). The barrier discharge power was 10W and the voltage on the electrode was 10 kV. Used catalysts was stable under the process conditions during long-term tests. The high temperature of the process, above 200°C, caused formation of polycyclic aromatic hydrocarbons.

Indeks autorów

Augustyn G.	21
Buliński P.	25
Chodak M.	39
Ciepielowska M.	25
Detman A.	19
Hanzelka Z.	11
Kawka K.	41
Korzeniowska J.	23
Kowalski T.	17
Krawczyk K.	27, 33, 37
Likus-Cieślik J.	39
Mikulik J.	21
Młotek M.	27, 33, 37, 41
Pająk M.	39
Perron M.	27, 37
Pietrzykowski M.	39
Piotrowski J.	19
Rumin R.	21
Sikora A.	19
Sołowiej P.	15
Szyba M.	21
Śliwa T.	17, 25
Twaróg B.	29, 31
Ulejczyk B.	33
Woroszył-Wojno J.	41
Woś B.	39
Zdyb A.	12
Zdziebko K.	17



Wydawnictwo
TYGIEL

Zapraszamy do zapoznania się z aktualną ofertą
Wydawnictwa Naukowego TYGIEL

kontakt@wydawnictwo-tygiel.pl

www.wydawnictwo-tygiel.pl



© BZMAŁAŁNOŚĆ

Wydawnictwo

Wydawnictwo Naukowe TYGIEL to podmiot zrodzony z doświadczenia oraz zaangażowania zespołu osób w pełni poświęconych promocji nauki i szeroko rozumianego rozwoju. Publikowane przez nas prace są odzwierciedleniem trendów badawczych oraz zainteresowań naukowych środowiska akademickiego.



© BZMAŁAŁNOŚĆ

Biblioteka Cyfrowa

Biblioteka Cyfrowa należąca do Wydawnictwa Naukowego TYGIEL zawiera wszystkie publikacje wydawane przez Wydawnictwo. Dodatkowo została przyłączona do Federacji Bibliotek Cyfrowych, dzięki czemu mogą Państwo przeglądać zbiory udostępniane na całym świecie.



© BZMAŁAŁNOŚĆ

Czasopisma naukowe

Wydawnictwo Naukowe TYGIEL rozpoczęło prace nad kilkoma tytułami czasopism naukowych. Więcej szczegółów wraz z aktualnym stanem prac dostępne jest w zakładce „Czasopisma naukowe”. Osoby zainteresowane współpracą prosimy o kontakt.