

2/2026

luty

ISSN 0137-3676

e-ISSN 2449-9900

tom 57 (2)

Cena: 18,50 zł
(w tym VAT 8%)

COW

CIEPŁOWNICTWO OGRZEWNICTWO WENTYLACJA



POLSKIE ZRZESZENIE
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW
SANITARNYCH

DISTRICT HEATING • HEATING • VENTILATION

Wydawane od 1969 roku

96%

UCZESTNIKÓW
WILO TOUR
POLECA
SZKOLENIE

wilo

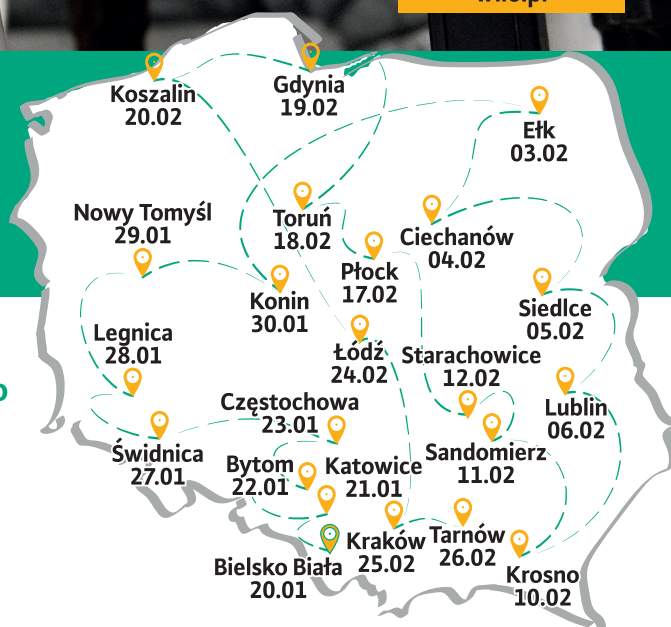


Zarejestruj się na
wilo.pl

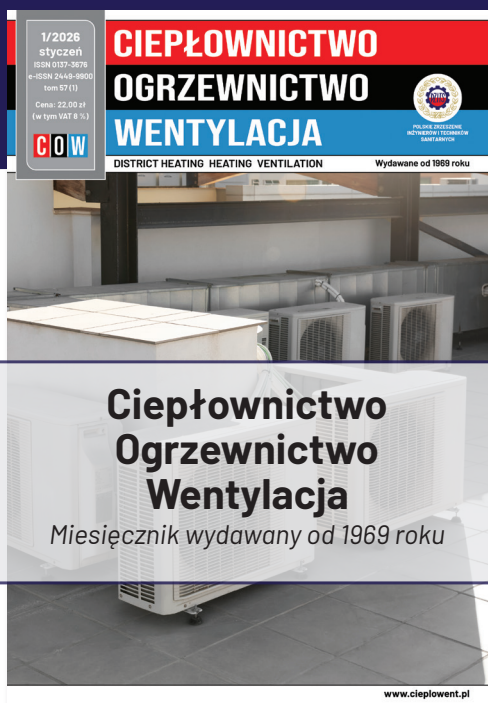
BEZPŁATNE SZKOLENIE WILO TOUR 2026 dla Pracowników PEC

**Od źródła do węzła – jak zyskać komfort,
niezawodność i oszczędność dzięki pompom Wilo**

- Modernizacja od źródła do węzła.
- Jakie pompy do jakich zadań?
- Efektywna sieć ciepłownicza.
- Warunki eksploatacyjne, które się opłacają.
- Gwarancja i serwis w praktyce.



Czasopisma Polskiego Zrzeszenia
Inżynierów i Techników Sanitarnych
w nowej odsłonie



Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja

Miesięcznik wydawany od 1969 roku



Gaz Woda i Technika Sanitarna

Gas Water & Sanitary Engineering

Gaz Woda i Technika Sanitarna

Miesięcznik wydawany od 1921 roku

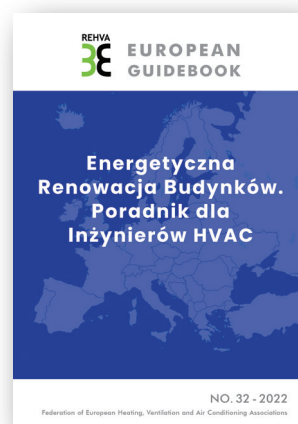
1

2026

www.gwits.pl

cena: 18,50 zł (w tym VAT 8%)

Zapisz się na **bezpłatną** prenumeratę
czasopism, a otrzymasz e-poradnik:
„REHVA GB.32: Energetyczna renowacja
budynków. Poradnik dla inżynierów HVAC”



Dołącz już dziś do grona specjalistów
i otrzymuj od stycznia bezpłatną
prenumeratę czasopism PZITS.



Więcej szczegółów na stronie:
www.pzits.pl/prenumerata



Szanowni Państwo,

Rosnące wyzwania w sektorze komunalnej energetyki ciepłej i budownictwa – w zakresie dekarbonizacji, poprawy efektywności energetycznej, zaostrzających się norm środowiskowych czy rosnących kosztów ciepła – wymuszają modernizację istniejących systemów ciepłowniczych do standardu efektywnych energetycznie oraz wdrożenie hybrydowych technologii systemów budowlano-instalacyjnych.

Na początek proponujemy prosty sposób obliczania niższych temperatur zasilania i powrotu w istniejących sieciach ciepłowniczych. Kluczem jest wykorzystanie rezerwy ciepłno-hydraulicznej systemu ciepłowniczego, która pojawia się po termomodernizacji budynków. Efekt, to niższe temperatury zasilania i powrotu oraz 19% poprawa sprawności przesyłu i regulacji systemu ciepłowniczego. Kolejną propozycją są hybrydowe węzły ciepłne. Wciąż nowa technologia, która umożliwia magazynowanie ciepła lub chłodu, integrację odnawialnych źródeł energii oraz niskotemperaturowych źródeł ciepła odpadowego z systemem ciepłowniczym. Artykuł wyjaśnia, czym naprawdę są te węzły i jak działają. W artykule „Odzysk i zagospodarowanie niskotemperaturowego ciepła odpadowego w przemysłowej uprawie kiełków warzywnych” opisujemy realny przykład z przemysłu: ciepło odpadowe z wzrostu kiełków fasoli Mung podgrzewa wodę do podlewania w trakcie jej wzrostu dzięki magazynowi ciepła i sprężarkowej pompie ciepła. Proste, a oszczędne rozwiązanie. Z kolei artykuł „Wpływ wykorzystania odnawialnych źródeł energii na środowisko na przykładzie lokalnego studium przypadku” zwraca uwagę na emisje zanieczyszczeń, których nie można pominąć przy analizie zastosowania odnawialnych źródeł energii. Pokazujemy, że instalacje z odnawialnymi nośnikami energii pierwotnej znacząco poprawiają jakość powietrza, szczególnie pod względem pyłu, sadzy, B(a)P, dwutlenku siarki i tlenu węgla, ale różnice między wariantami są



istotne – zwłaszcza w odniesieniu do dwutlenku węgla i tlenków azotu. Kontynuacją zagadnień zagospodarowania odpadów na cele energetyczne jest artykuł „Wytwarzanie paliwa alternatywnego oraz jego rola w nowoczesnej gospodarce odpadami – stan obecny i perspektywy”. Odpadowe paliwa alternatywne to klucz do gospodarki cyrkularnej i transformacji energetycznej. Omawiamy w nim m.in. ich wytwarzanie, aktualny stan rynku w Polsce oraz prognozy i kierunki dalszego rozwoju.

Liczę, że przedstawione propozycje zachęcą Państwa do aktywnego udziału w transformacji energetycznej – procesie przynoszącym wymierne korzyści dla społeczności lokalnych i środowiska, dzięki któremu żyjemy.

Zapraszam do lektury
Robert Sekret

Odwiedź nową stronę czasopisma ciepłownictwoogrzewnictwowentylacja.pl



oraz nowe media społecznościowe:

www.facebook.com/COW.PZITS
 www.linkedin.com/company/cow-ciepłownictwo-ogrzewnictwo-wentylacja

Zapraszamy na stronę internetową prowadzoną przez nowego wydawcę. Udostępniamy tam aktualne numery, materiały redakcyjne oraz bieżące informacje. Zachęcamy również do śledzenia naszych mediów społecznościowych.



Spis treści

Robert Sekret – Na pierwszy rzut oka 1

Nauka i Technika

Robert Sekret, Arkadiusz Lipiński – Algorytm szacowania zredukowanych temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej na potrzeby transformacji energetycznej / A method for calculating reduced supply and return temperatures in district heating networks for the purpose of energy transformation..... 3

Łukasz Trzeciński, Michał Turski – Hybrydowe węzły ciepłne / Hybrid district heating substations..... 9

Marcin Panowski – Odzysk i zagospodarowanie niskotemperaturowego ciepła odpadowego w przemysłowej uprawie kiełków warzywnych / Recovery and utilization of low-temperature waste heat in the industrial cultivation of vegetable sprouts..... 14

Agnieszka Jachura – Wpływ wykorzystania odnawialnych źródeł energii na środowisko na przykładzie lokalnego studium przypadku / Environmental effects of renewable energysources use on a local case study..... 20

Jurand Bień – Wytwarzanie paliwa alternatywnego oraz jego rola w nowoczesnej gospodarce odpadami – stan obecny i perspektywy / Production of alternative fuel and its role in modern waste management – current status and perspectives 26

Partnerzy w technologii

Szkolenia De Dietrich i Baxi dla branży HVAC – zyskaj nowe kompetencje w 2026 r..... 32

Prawo

Andrzej Falkowski – Kontrola okresowa przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych) ... 34

Wydarzenia

Konferencja INNOwacje w dekarbonizacji budownictwa i systemach energetycznych – INNOBuild2026 36

PZITS w działaniu

Główne Sekcje Branżowe Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych 37

Nadchodzące Wydarzenia..... 39

Informacje dla autorów znajdują się na stronie:
www.cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl/wspolpraca-z-autorami

**Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja,
Miesięcznik Polskiego Zrzeszenia Inżynierów
i Techników Sanitarnych,
Rok założenia: 1969**

Czasopismo recenzowane

Wersja pierwotna czasopisma: elektroniczna
ISSN 0137-3676, e-ISSN 2449-9900

KOLEGIUM REDAKCYJNE/Editorial Board**REDAKTOR NACZELNY/Editor in Chief**

dr hab. inż. Anna Bogdan, prof PW

REDAKTORZY TEMATYCZNI/Subject Editors
Ciepłownictwo

- mgr inż. Barbara Rubik
- prof. dr hab. inż. Robert Sekret
- dr hab. inż. Bożena Babiarz, prof. PRz
- mgr inż. Ewa Kręcielewska

Chłodnictwo i pompy ciepła

- dr inż. Marian Rubik
- dr inż. Piotr Ziętek
- mgr inż. Paweł Lachman

Jakość powietrza

- dr hab. inż. Robert Cichowicz, prof. PŁ

Wentylacja, klimatyzacja, ogrzewnictwo

- dr inż. Sylwia Szczęśniak
- dr inż. Andrzej Górka
- dr hab. inż. Joanna Ferdyn-Grygierek
- dr hab. inż. Ewa Zender-Świercz, prof. PŚk
- dr hab. inż. Tomasz Cholewa, prof. PL
- mgr inż. Wojciech Ratajczak

**WYDAWNICTWO POLSKIEGO ZRZESZENIA
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW SANITARNYCH**

ul. Czackiego 3/5, 00-043 Warszawa

tel: 22 826 28 94

e-mail: wydawnictwo@pzits.pl, www.pzits.pl

Szczegóły prenumeraty:

www.pzits.pl/prenumerata

ADRES REDAKCJI

ul. Czackiego 3/5 pokój 217

00-043 Warszawa

redakcja@cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl

www.cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl

SKŁAD I OPRACOWANIE GRAFICZNE

Agnieszka Chojnacka

Polskie Zrzeszenie Inżynierów

i Techników Sanitarnych

DRUK

Zakład Poligrafii i Kolportażu Wydawnictwo
SIGMA-NOT Sp. z o. o.

ul. Ks. J. Popiełuszki 19/21, 01-595 Warszawa

Miejsce i data wydania: Warszawa 02/2026

Nakład: 250 egzemplarzy

INFORMACJE DODATKOWE

Czasopismo znajduje się w wykazie czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Czasopismo jest indeksowane w: BazTech, Index Copernicus ICV 2024 = 75.74 oraz w Polskiej Bibliografii Naukowej (PBN), będącej częścią Zintegrowanego Systemu Informacji o Szkolnictwie Wyższym i Nauce POL-on. Artykuły są rejestrowane w bazie danych CrossRef. Każdy artykuł ma numer identyfikacyjny DOI.

Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za treść ogłoszeń.



Algorytm szacowania zredukowanych temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej na potrzeby transformacji energetycznej

A method for calculating reduced supply and return temperatures in district heating networks for the purpose of energy transformation



Prof. dr hab. inż. Robert Sekret

ORCID ID: 0000-0003-4694-2717
Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska
robert.sekret@pcz.pl



Mgr inż. Arkadiusz Lipiński

Specjalista z zakresu sieci
i węzłów ciepłowniczych

Słowa kluczowe: miejski system ciepłowniczy, poprawa efektywności energetycznej, obniżanie temperatury, termomodernizacja budynków, metoda oceny potencjału energetycznego

Streszczenie

Artykuł przedstawia algorytm obliczeniowy do wyznaczania zredukowanych nominalnych temperatur zasilania i powrotu systemu ciepłowniczego. W tym celu wykorzystano nadmiarowość ciepło-przepływową systemu ciepłowniczego oraz obniżenie zapotrzebowania na ciepło budynków w wyniku ich termomodernizacji. Badania zrealizowano na systemie ciepłowniczym o wyjściowej mocy cieplnej wynoszącej 327 MW. Badany system ciepłowniczy skutecznie zmniejszył temperaturę zasilania z 150°C do 118°C oraz temperaturę powrotu z 80°C do 60°C. Obniżenie temperatury pozwoliło na 19% poprawę sprawności przesyłu i regulacji sieci ciepłowniczej bez przekroczenia w niej nominalnego przepływu nośnika ciepła. Potwierdzono, że algorytm jest użytecznymi narzędziami do oceny potencjału gotowości danego systemu ciepłowniczego do wdrażania ciepłownictwa 4 generacji.

Keywords: district heating system, improving energy efficiency, lowering temperatures, thermal modernization of buildings

Abstract

This paper presents an algorithm for calculating the reduced nominal supply and return temperatures of a district heating system. To achieve this, the thermal and flow excess of the district heating system, as well as the reduction in heat demand resulting from the thermal modernization of buildings, were considered. The research was conducted on a district heating system with an initial heat output of 327 MW. This system effectively reduced the supply temperature from 150°C to 118°C and the return temperature from 80°C to 60°C. This reduction in temperature allowed for a 19% improvement in the efficiency of transmitting and regulating the district heating network, without exceeding the nominal heat carrier flow rate. The algorithm was confirmed to be a useful tool for assessing the readiness of a given district heating system to implement fourth-generation district heating.

Wykaz oznaczeń

A	pole powierzchni obiektów zasilanych z sieci ciepłowniczej (m^2)
C_p	ciepło właściwe nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej ($kJ\ kg^{-1}\ K^{-1}$)
EPE	wykładnik charakterystyki energetycznej systemu ciepłowniczego (-)
$\dot{m}$	strumień nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej (kg/s), ($m^3\ h^{-1}$)
$\dot{Q}_{sc}$	moc cieplna sieci ciepłowniczej (MW)
$\dot{Q}_{oc}$	moc cieplna odbiorców ciepła (MW)
S	straty ciepła w sieci ciepłowniczej
t	temperatura
U	zastępczy współczynnik przejmowania ciepła przez odbiorców ciepła ($W\ m^2\ K$)
Greek Symbols	
α	stopień regulacji ilościowej nośnika ciepła w SC (-)
Δ	przyrost
η	sprawność
Φ	współczynnik wykorzystania nominalnej mocy cieplnej (-)

Subscripts

B	warunki bazowe, wyjściowe – Test B systemu SC
SC	dot. sieci ciepłowniczej
e	powietrze zewnętrzne
g	grunt
OC	dot. odbiorców ciepła
RD	regulacja dostawy ciepła
PC	przesył ciepła
w	średnia temperatura powietrza wewnętrznego w budynkach
max	maksymalna/nominalna wartość
n	średnia temperatura w sieci ciepłowniczej
p	nośnik ciepła na powrocie sieci ciepłowniczej
z	nośnik ciepła na zasilaniu sieci ciepłowniczej
RT	stan pracy sieci ciepłowniczej po obniżeniu temperatur

Abbreviations

SC	sieć ciepłownicza
OC	odbiorcy ciepła

Wprowadzenie

Ciepłownictwo postrzegane jest jako efektywne kosztowo rozwiązanie zapewniające ogrzewanie budynków zlokalizowanych w gęstej zabudowie miejskiej. Efekt ten jest wynikiem między innymi konkurencyjnej ceny ciepła przy niskim szkodliwym wpływie na środowisko. W ramach transformacji energetycznej systemów ciepłowniczych realizuje się wiele prac zwiększających efektywność energetyczną i środowiskową. Źródła ciepła dostosowuje się do nowych norm emisyjnych, wykorzystuje się nowe paliwa (biomasę i odpady), czy zwiększa się udział skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. W zakresie przesyłu i dystrybucji ciepła prace te dotyczą m.in.: wymiany sieci kanałowych na sieci preizolowane, modernizacji lub wymiany węzłów cieplnych, czy poprawę szczelności sieci ciepłowniczych. Z kolei po stronie odbiorców ciepła realizuje się intensywne procesy termomodernizacyjne budynków, które prowadzą do obniżenia zapotrzebowania na ciepło a w tym również konieczności obniżenia temperatur zasilania i powrotu wewnętrznych instalacji grzewczych. Należy zaznaczyć, że prace są realizowane często jako działania nie powiązane ze sobą pomiędzy poszczególnymi częściami systemu ciepłowniczego (źródło ciepła, przesył i dystrybucja ciepła, odbiorcy ciepła), tj. bez efektu synergii. Dalsza transformacja energetyczna ciepłownictwa wymusza konieczność pracy przy niższych temperaturach zasilania i powrotu, niż dotychczasowe. Zastosowanie systemów niskotemperaturowych w ciepłownictwie pozwala na: obniżenie zużycia energii elektrycznej przez pompy ciepła, wzrost ilości ciepła odpadowego w systemie ciepłowniczym, wzrost udziału ciepła ze źródeł odnawialnych w systemie ciepłowniczym, wzrost odzysku ciepła w procesie kondensacji spalin w źródle ciepła, wzrost produkcji energii elektrycznej w elektrociepłowni, wyższą zdolność magazynowania ciepła, niższe straty przesyłu i dystrybucji ciepła, możliwość stosowania rur z tworzyw sztucznych zamiast rur stalowych, czy zwiększenie żywotności przewodów ciepłowniczych.

Główny problem rozwoju niskotemperaturowych systemów ciepłowniczych dotyczy układów, które zaprojektowano jako wysokotemperaturowe. Istniejące systemy ciepłownicze drugiej i trzeciej generacji pracują przy temperaturze zasilania powyżej 130°C. Bezkrtyczne obniżenie temperatury zasilania sieci ciepłowniczych (SC) prowadzić będzie do problemów eksploatacyjnych istniejącego systemu ciepłowniczego, zarówno w zakresie przesyłu i dystrybucji ciepła, węzłów ciepłowniczych, czy wewnętrznych instalacjach grzewczych w budynkach. Należy mieć świadomość, że system ciepłowniczy to rozległa infrastruktura podziemna i naziemna na terenie zurbanizowanym o dużej bezwładności cieplnej i wysokich kosztach inwestycyjnych (Millar et al., 2021, Lund et al., 2017). Szeroki przegląd strategii obniżenia temperatury zasilania w istniejących sieciach ciepłowniczych przedstawiono w badaniach (Lund et al., 2017, Averfalk et al., 2017, Agner et al., 2025). Stwierdzono w nich, że przyjęcie długoterminowego planowania i etapowego wdrażania jest niezbędne do pomyślnego osiągnięcia celów dekarbonizacji systemów ciepłowniczych. Praktyczne wytyczne dla wdrażania niskotemperaturowych systemów ciepłowniczych prezentują m.in. badania (Averfalk et al., 2025).

Przy transformacji sieci wysokotemperaturowych do niskotemperaturowych w sposób efektywny kosztowo konieczne jest pozyskanie na wstępie informacji o potencjale efektywnościowym danego systemu. Badania (Lund et al., 2017, Capone et al., 2023, Brange et al., 2019) wskazują, że na podstawie oceny tego potencjału można określić zakres koniecznych prac i ich koszty ekonomiczne. Z drugiej strony badania (Su et al., 2022) wskazują, że obecnie najczęściej planowany zakres prac modernizacyjnych bazuje na wiedzy eksperckiej specjalistów zajmujących się bezpośrednio eksploatacją danego systemu ciepłowniczego. Nadal brakuje narzędzi do szybkiej analizy tego typu systemów, które wykorzystują nie tylko wiedzę ekspercką, ale również szybkie metody obliczeniowe bazujące na historii pracy systemu ciepłowniczego.

Istotnym elementem procesu transformacji energetycznej systemu ciepłowniczego jest wiedza o możliwej najniższej temperaturze zasilania sieci ciepłowniczej, jaką możemy przyjąć wykorzystując istniejące przewymiarowanie systemu ciepłowniczego. Wiedza ta pozwala z jednej strony już na początku procesu transformacji na poprawę efektywności istniejącego systemu przy niskich kosztach i w krótkim czasie realizacji a z drugiej strony stanowi istotną informację o warunkach początkowych do wykonania modelowania cieplno-przepływowego całego systemu na potrzeby ustalenia zakresu prac wysokokosztowych i wdrażania zaawansowanych rozwiązań. Do wysokokosztowych rozwiązań należy zaliczyć: modernizację źródeł ciepła, budowę magazynów ciepła, prace zwiększające przepustowość sieci ciepłowniczych, wymianę węzłów cieplnych, czy regulację wewnętrznych instalacji grzewczych w budynkach.

W związku z tym, w artykule zaprezentowano zestaw podstawowych zależności do oceny potencjału obniżenia temperatury zasilania i powrotu dla istniejącego systemu ciepłowniczego. Metoda ta w swoim założeniu wykorzystuje nadmiarowość cieplno-przepływową systemu ciepłowniczego i redukcję zużycia ciepła budynków poddanych procesom termomodernizacji. Metoda ta, jako narzędzie do wstępnej oceny systemu ciepłowniczego, na podstawie rzeczywistych danych z pracy systemu ciepłowniczego, pozwoli na wskazanie zredukowanych nominalnych temperatur zasilania i powrotu SC możliwych do osiągnięcia w warunkach bezpiecznej eksploatacji.

Wyznaczenie nowych temperatur zasilania i powrotu systemu ciepłowniczego

Założenia do metody

Założono, że podstawą zaproponowanej metody określenia nowych nominalnych temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej będzie efekt zmniejszającej się mocy cieplnej systemu ciepłowniczego przy nieprzekraczaniu maksymalnego projektowego strumienia masy nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej. Wynika to z intensywnych procesów termomodernizacyjnych budynków, działań zwiększających efektywność energetyczną w zakresie wykorzystania ciepła (zarządzania energią), częstotliwości występowania minimalnych temperatur powietrza zewnętrznego, czy braku jednoczesności występowania zapotrzebowania na moc nominalną u odbiorców ciepła (OC). Czynniki te sprawiają, że rzeczywiste zapotrzebowa-

Tabela 1. Dane wejściowe i szukane w proponowanym algorytmie obliczeniowym, Źródło: opracowanie własne
Table 1. Input data and unknowns in the proposed computational algorithm, Source: authors' own study

Szukane	
$t_{z,RT,max}$	nowa nominalna temperatura zasilania (°C)
$t_{p,RT,max}$	nowa nominalna temperatura powrotu (°C)
$EPE_{RT,max}$	nowy wykładnik charakterystyki energetycznej SC
$\Delta\eta_{(PC+RD)}$	przyrost sprawności przesyłu i regulacji SC
Dane wejściowe – dane z SC w stanie przed obniżeniem temperatur	
t_w	temperatura wewnętrzna (°C)
$\dot{m}$	strumień masy nośnika ciepła (kg s ⁻¹)
A	pole powierzchni ogrzewanej odbiorców ciepła (m ²)
$EPE_{B,max}$	wykładnik charakterystyki energetycznej SC
α	stopień regulacji ilościowej
S_B	straty ciepła w sieci ciepłowniczej – pomiar
t_e	temperatura zewnętrzna (°C)
t_g	temperatura gruntu (°C)
$t_{z,B,max}$	bazowa temperatura zasilania (°C)
$t_{p,B,max}$	bazowa temperatura powrotu (°C)
$\dot{Q}_{OC,max}$	nominalna moc cieplna odbiorców ciepła OC (MW)
$\dot{Q}_{SC,max}$	nominalna moc cieplna sieci ciepłowniczej SC (MW)

nie na moc cieplną SC jest niższe niż wynikające z sumy projektowych obciążeń cieplnych poszczególnych odbiorców ciepła (Yang et al., 2023). Dopuszczalne jest lokalne doregulowanie ilościowe w wyniku zwiększenia przepustowości przyłączy do budynku poprzez zmniejszenie stopnia dławienia przepływu (usunięcie/korekta kryz lub zmiana nastaw zaworów stałego ciśnienia).

Algorytm wyznaczenia nowych temperatur zasilania i powrotu

Algorytm wyznaczania nowych temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej bazuje na 6 zależnościach opisanych wzorami (od 1 do 6):

$$t_{z,RT,max} = t_w + \frac{\dot{Q}_{SC,B,max}}{2 \cdot \dot{m}_{max} \cdot c_p} + \left(\frac{\dot{Q}_{SC,B,max}}{A} \right)^{\frac{1}{1+EPE_{RT,max}}} \quad (1)$$

$$t_{p,RT,max} = t_{z,RT,max} - \frac{Q_{SC,B}}{\dot{m}_{max} \cdot c_p} \quad (2)$$

$$EPE_{RT,max} = EPE_{B,max} \cdot e^{((1+EPE_{B,max}) \cdot \alpha \cdot \Delta\eta_{(PC+RD)})} \quad (3)$$

$$\Delta t_{(n-w),RT,max} = \frac{t_{z,RT,max} + t_{p,RT,max}}{2} - \frac{t_e + t_g}{2} \quad (4)$$

$$\Delta t_{(n-w),B,max} = \frac{t_{z,B,max} + t_{p,B,max}}{2} - \frac{t_e + t_g}{2} \quad (5)$$

$$\Delta\eta_{PC+RD} = \frac{\left(1 - S_B \cdot \frac{\Delta t_{(n-w),RT,max}}{\Delta t_{(n-w),B,max}} \right) \cdot 1 - (1 - S_B) \cdot \frac{\dot{Q}_{OC,max}}{\dot{Q}_{SC,max}}}{(1 - S_B) \cdot \frac{\dot{Q}_{OC,max}}{\dot{Q}_{SC,max}}} \quad (6)$$

W tab. 1 przedstawiono wymagane dane wejściowe charakteryzujące dany system ciepłowniczy celem rozwiązania zależności od (1) do (6).

Obiekt i metodyka badań

Obiekt badań

Jako obiekt badań wybrano miejski system ciepłowniczy o wyjściowej mocy cieplnej 327 MW zlokalizowany na powierzchni ok. 160 km² i zaopatrujący w ciepło ok. 120 000 mieszkańców. Zapotrzebowanie na moc cieplną na potrzeby budownictwa mieszkaniowego wynosi 254 MW, dla obiektów użyteczności publicznej 56 MW oraz dla przemysłu i usług komercyjnych 17 MW.

Metoda badań

Z punktu widzenia analizy systemu ciepłowniczego jako obiektu badawczego nie ma konieczności wyznaczania bilansów i charakterystyk energetycznych kolejno dla wszystkich obiektów zasilanych z sieci ciepłowniczej. Bardzo często są to znaczące zbiorowości budynków. Założenie, że wszyscy odbiorcy ciepła to jeden odbiornik ciepła, dla którego należy wyznaczyć zastępczą charakterystykę cieplną i zbadać jej przebieg jest na tym etapie analiz wystarczające. Podstawową zależność na strumień ciepła przejmowanego przez odbiorców można zapisać jako iloczyn pola powierzchni ogrzewanych budynków, współczynnika przejmowania ciepła przez odbiorców ciepła oraz różnicy temperatur pomiędzy siecią ciepłowniczą a przestrzenią ogrzewanych:

$$\dot{Q}_{SC} = A \cdot U \cdot \Delta t_{n-w}, \quad (7)$$

gdzie obliczeniowa różnica temperatur pomiędzy siecią ciepłowniczą a odbiorcami ciepła jest opisana zależnością:

$$\Delta t_{n-w} = \frac{t_z + t_p}{2} - t_w \quad (8)$$

Wykorzystany w zależności (7) współczynnik U jest charakterystycznym parametrem danego systemu ciepłowniczego i rozumiany jest jako zastępczy współczynnik przejmowania ciepła odniesiony do całości odbiorców ciepła. Współczynnika U ujęto w funkcji średniej różnicy temperatur w postaci zależności:

$$U = (\Delta t_{n-w})^{EPE} \quad (9)$$

Wykładnik charakterystyki energetycznej EPE jest indywidualnym parametrem danego systemu ciepłowniczego. Wzrost wartości EPE jest tutaj rozumiany jako wzrost efektywności energetycznej odbioru ciepła przez układ grzewczy. W związku z tym uzyskano zależność na strumień ciepła przejmowany przez odbiorców w postaci zależności:

$$\dot{Q}_{SC} = A \cdot \left(\frac{t_z + t_p}{2} - t_w \right)^{1+EPE} \quad (10)$$

Kluczowym parametrem w określaniu nowych nominalnych temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej jest wykładnik EPE dla systemu ciepłowniczego przed obniżeniem temperatur zasilania i powrotu wody sieciowej, charakterystyczny dla danego systemu ciepłowniczego i jego stanu pracy. Przekształcenie zależności (10) względem EPE daje zależność:

$$EPE = \frac{\ln\left(\frac{\dot{Q}_{SC}}{A}\right)}{\ln(\Delta t_{n-w})} - 1 \quad (11)$$

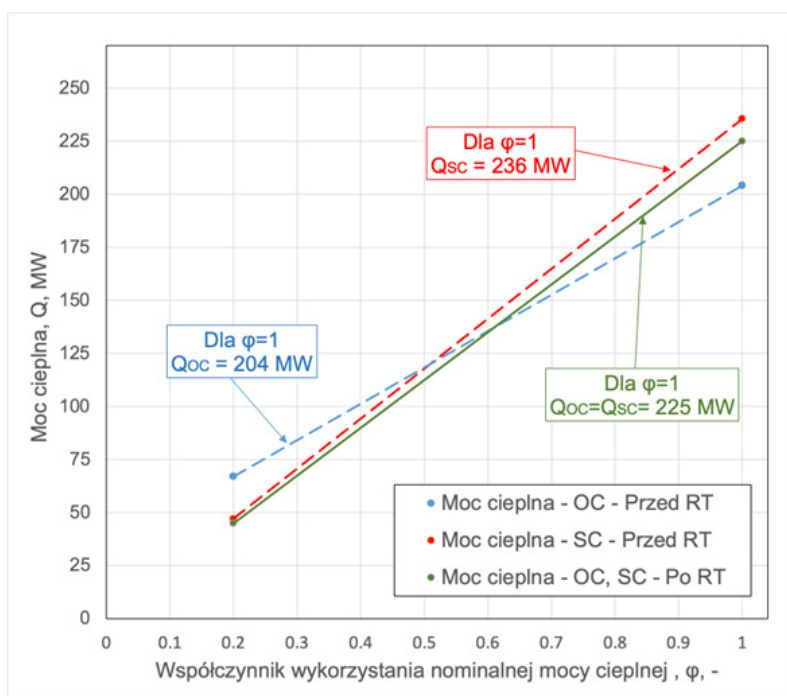
Wyznaczenie EPE wymaga znajomości rozkładu zarejestrowanych w godzinowym interwale czasowym parametrów pracy systemu ciepłowniczego dla wybranych sezonów grzewczych przed procesem obniżenia temperatury sieci ciepłowniczej, tj. temperatury zasilania, temperatury powrotu, strumienia masy nośnika ciepła, mocy cieplnej oraz temperatury powietrza zewnętrznego. Współczynnik wykorzystania nominalnej mocy cieplnej (obciążenia cieplnego) opisano zależnością:

$$\varphi = \frac{\dot{Q}_{SC}}{\dot{Q}_{SC,max}} \quad (12)$$

Wyniki badań in-situ

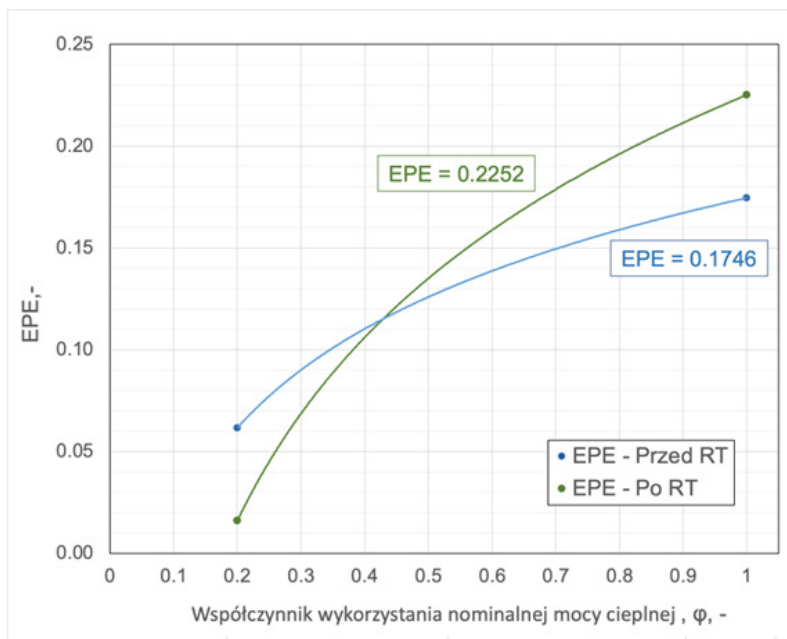
Na rys. 1 przedstawiono rozkłady mocy cieplnej w funkcji współczynnika przed i po obniżeniu temperatury SC. Uzyskane rozkłady współczynnika EPE w funkcji współczynnika przed i po obniżeniu temperatury SC przedstawiono na rys. 2. Jak wynika z rys. 1 dla uzyskanego rozkładu zapotrzebowania ma moc cieplną w warunkach eksploatacyjnych uzyskano moc cieplną odbieraną przez OC równą 204 MW. Moc cieplna sieci ciepłowniczej wyniosła 236 MW. Jak wynika z rys. 2, dla nominalnej mocy cieplnej EPE wyniosło 0,1746. Wartość projektowa współczynnika EPE badanego systemu ciepłowniczego wynosi 0,2. Istotna różnica pomiędzy wartością eksploatacyjną a projektową dla systemu pracującego przy temperaturach 150/80°C wskazuje na znaczne niższe ilości przejmowanego ciepła przez odbiorców w porównaniu do strumienia ciepła dostarczanego przez sieć ciepłowniczą. Ze względu na cieplejszy sezon grzewczy niż sezon standardowy nie osiągnięto nominalnego stanu pracy systemu ciepłowniczego. Na podstawie wiedzy eksperckiej zaproponowano nowe nominalne temperatury zasilania i powrotu ma poziomie 119°C i 59°C oraz oszacowano wzrost wykładnika charakterystyki energetycznej SC dla nowego stanu pracy obiektu badawczego do wartości 0,2164 oraz wzrost sprawności przesyłu i regulacji SC o 23,95%. Jak wynika z rys. 1, w wyniku obniżenia temperatury zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej uzyskano porównywalne rozkłady mocy cieplnej sieci ciepłowniczej i odbiorców ciepła w funkcji współczynnika (linia zielona).

W tab. 2 przedstawiono porównanie szacunków eksperckich, danych eksperymentalnych uzyskanych w ramach badań in-situ wybranego systemu ciepłowniczego z wynikami uzyskanymi z opracowanego algorytmu obliczeniowego. Wygenerowane parametry SC w oparciu o zaproponowany algorytm wyniosły: temperatura zasilania 119°C, temperatura powrotu 60°C, Rozbieżność z wartościami uzyskanymi w badaniach in-situ wynoszą od 0,2% do 5,3% i nie są istotne z punktu widzenia skali badanego systemu ciepłowniczego. Dla badanego systemu ciepłowniczego można zauważyć zbieżność przyrostu sprawności przesyłu i regulacji z poziomem zrealizowanych termomodernizacji u odbior-



Rys. 1. Rozkład mocy cieplnej dla pracy systemu ciepłowniczego przed i po obniżeniu temperatury SC, Źródło: Opracowanie własne

Fig. 1. Thermal power distribution for the operation of the district heating system before and after lowering the supply temperature, Source: authors' own study



Rys. 2. Rozkład współczynnika EPE dla systemu ciepłowniczego przed i po obniżeniu temperatury SC, Źródło: Opracowanie własne

Fig. 2. Distribution of the EPE coefficient for the district heating system before and after lowering the supply temperature, Source: authors' own study

ców ciepła. Stopień termomodernizacji, a co za tym idzie stopień obniżenia mocy cieplnej systemu ciepłowniczego, wyniósł 18%. Jak wskazały badania i wdrożenie parametrów pracy DHS 118/57°C poprawa sprawności przesyłu i regulacji wyniosła 19,18%.

Obniżanie temperatury nośnika ciepła w sieci ciepłowniczego uwzględniające rzeczywiste zapotrzebowania na ciepło odbiorców, jest istotnym elementem procesu zwiększenia dyspozycyjności i żywotności istniejących systemów ciepłowniczych oraz obniżania strat ciepła, czy

Tabela 2. Porównanie wyników badań, Źródło: opracowanie własne
Table 2. Comparison of research results, Source: authors' own study

Parametr	Przed obniżeniem, B	Wartość oszacowana – wiedza ekspercka	Wartość z badań in-situ, W	Wartość z algorytmu, A	Błąd W-A
temperatura zasilania (°C)	150	119	118	119	0,8%
temperatura powrotu (°C)	80	59	57	60	5,3%
EPE	0,1746	0,2164	0,2252	0,2174	3,5%
przyrost sprawności przesyłu i regulacji SC (%)		22,31	19,18	19,00	0,2%

łagodzenia tempa wzrostu cen ciepła. Kluczowy element, który wpływa na możliwość obniżania temperatury nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej, to zwiększenia tempa termomodernizacji istniejących budynków oraz konieczność weryfikacji regulacji hydraulicznej wewnętrznych instalacji grzewczych u OC w warunkach pracy przy zredukowanych temperaturach SC.

Ograniczeniem zaproponowanej metody jest wymiana przewodów magistralnych sieci ciepłowniczych na nowe o niższej średnicy. Zastosowanie niższych średnic wynika z uwzględnienia przy ich doborze niższego strumienia ciepła przesyłanego do odbiorców jako efekt termomodernizacji części budynków. Podstawowym założeniem zaproponowanej metody jest wykorzystanie przewymiarowania sieci ciepłowniczej w stosunku do obecnych potrzeb. Ograniczeniem zaproponowanej metody jest również udział i stopień rozproszenia budynków, które jeszcze nie zostały poddane procesom termomodernizacji a należy je dostosować do obniżonych temperatur pracy sieci ciepłowniczej. Nowe obniżone temperatury sieci ciepłowniczej są kompromisem pomiędzy oczekiwanymi niższymi temperaturami pracy sieci dla budynków docieplonych i nowych a istniejących niedocieplonych z możliwością pracy przy niższych temperaturach, niż by to wynikało z ich projektowego bilansu cieplnego.

Na potrzeby realizacji wdrożenia nowych temperatur, po ich wyznaczeniu należy dokonać sprawdzenia krytycznych odbiorców (najdalej odległych od źródła ciepła), zwłaszcza tych nie docieplonych. Weryfikacja ta może polegać m.in. na uzyskaniu informacji bezpośrednio o odbiorcy ciepła o zapewnieniu lub braku zapewnienia oczekiwanego komfortu cieplnego.

Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań i analiz uzyskanych wyników zaproponowano algorytm wyznaczenia nowych obniżonych nominalnych temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej. Algorytm zweryfikowano w oparciu o badania in-situ dla systemu ciepłowniczego o wyjściowej mocy cieplnej 327 MW. Jako efekt wdrożenia nowych narzędzi do oceny potencjału proefektywnościowego wybrany system ciepłowniczy z powodzeniem przesunął temperaturę pracy na zasilaniu z 150°C do 118°C, jak również temperaturę powrotu z poziomu 80°C na 57°C. W związku z tym potwierdzono wykonalność, z zachowaniem wszystkich procedur dostawy ciepła do odbiorców końcowych, obniżenia temperatury sieci ciepłowniczej. Należy zaznaczyć, że udział budynków nie przygotowanych na obniżone parametry nośnika ciepła w sieci ciepłowniczej był niski. Zaistniałe przypadki nie-

doregulowania dotyczyły głównie wydajności przyłącz ciepłowniczych lub konieczności regulacji wewnętrznej instalacji grzewczej w budynkach.

Jak wskazały wyniki badań, obniżanie temperatury nośnika ciepła w systemach ciepłowniczych poddawanych transformacji w kierunku systemów ciepłowniczych 4 generacji jest silnie uzależnione od intensywności procesów termomodernizacyjnych u odbiorców końcowych oraz wprowadzania systemów zarządzania energią. Zaproponowany algorytm bazuje na wykorzystaniu redukcji mocy cieplnej odbiorców ciepła. Uwzględniając znaczące zróżnicowanie charakterystyk energetycznych poszczególnych elementów składowych obecnych systemów ciepłowniczych, obniżenie temperatur wody sieciowej jest zadaniem indywidualnym dla każdej sieci ciepłowniczej. Przeprowadzone badania wskazały, że obniżenie temperatur pracy systemu ciepłowniczego spowodowało znaczne zmniejszenie liczby awarii na sieci ciepłowniczej i w węzłach ciepłowniczych, a co za tym idzie zwiększenia dyspozycyjności i żywotności systemów ciepłowniczych. Obniżenie temperatury przyniosło poprawę sprawności przesyłu i regulacji systemu ciepłowniczego. W badanym przypadku poprawa sprawności przesyłu i regulacji wyniosła 19,18%.

Opracowany algorytm powstał w oparciu zarówno o wiedzę ekspercką z zakresu eksploatacji sieci ciepłowniczej, jak i danych eksperymentalnych. Rezultatem jest interpretowalny i pozostający w zgodzie z ograniczeniami fizycznymi algorytm do szacowania możliwej redukcji temperatur zasilania i powrotu sieci ciepłowniczej. Szybka i niskokosztowa analiza wskazująca potencjał efektywnościowy danego systemu ciepłowniczego jest bardzo istotna dla właściwego określenia zakresu prac jego dalszej transformacji energetycznej.

Bibliografia

- Agner, F., Trabert, U., Rantzer, A., & Orozaliyev, J. (2025). A data-based comparison of methods for reducing the peak flow rate in a district heating system. *Smart Energy*, 17, 100168. <https://doi.org/10.1016/j.segy.2024.100168>
- Averfalk, H., Benakopoulos, T., Best, I., Dammel, F., Engel, C., Geyer, R., Gudmundsson, O., Lygnerud, K., Nord, N., Oltmanns, J., Ponweiser, K., Schmidt, D., Schrammel, H., Skaarup Østergaard, D., Svendsen, S., Tunzi, M., & Werner, S. (2021). Low-temperature district heating implementation guidebook: Final report of IEA DHC Annex TS2: Implementation of low-temperature district heating systems (K. Lygnerud & S. Werner, Eds.). Fraunhofer Verlag. https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_TS2/IEA_DHC_Annex_TS2_Transition_to_low_temperature_DH.pdf

Averfalk, H., Werner, S., Felsmann, C., Rühling, K., Wiltshire, R., Svendsen, S., Li, H., Faessler, J., Mermoud, F., & Quiquerez, L. (2017). Transformation roadmap: District heating and cooling systems (IEA-DHC Annex XI Final Report). International Energy Agency – District Heating and Cooling. https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_XI/IEA-DHC-Annex_XI_Transformation_Roadmap_Final_Report_April_30-2017.pdf

Brange, L., Sernhed, K., & Thern, M. (2019). Method for addressing bottleneck problems in district heating networks. International Journal of Sustainable Energy Planning and Management, 20. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2020.19.4>

Capone, M., Guelpa, E., & Verda, V. (2023). Potential for supply temperature reduction of existing district heating substations. Energy, 285, 128597. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.128597>

Lund, R. S., Østergaard, D. S., Yang, X., & Mathiesen, B. V. (2017). Comparison of low-temperature district heating concepts in a long-term energy system perspective. International journal of sustainable energy planning and management, 12, 5-18. <https://doi.org/10.5278/ijsepm.2017.12.2>

Millar, M. A., Yu, Z., Burnside, N., Jones, G., & Elrick, B. (2021). Identification of key performance indicators and complimentary load profiles for 5th generation district energy networks. Applied Energy, 291, 116672. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116672>

Su, L., Nie, T., Ho, C. O., Yang, Z., Calvez, P., Jain, R. K., & Schwegler, B. (2022). Optimizing pipe network design and central plant positioning of district heating and cooling System: A Graph-Based Multi-Objective genetic algorithm approach. Applied Energy, 325, 119844. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.119844>

Yang, J., Peng, M., Zhao, T., & Cui, M. (2023). Modeling and validation of a novel load model considering uncertain thermal disturbance in the district heating system. Energy and Buildings, 289, 113055. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113055>

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.



16–19 czerwca 2026

Artus Resort

ul. Wilcza 9

58-540 Karpacz



airandheat.pl



Konferencja

Air, Heat and Energy

XVII edycja międzynarodowej konferencji z cyklu **Air, Heat and Energy**

pamięci prof. dr. inż. Gerarda Jana Beslera

Organizatorzy



Politechnika Wrocławska

Wydział Inżynierii Środowiska



Partner wydarzenia



Patronat honorowy



Patronat medialny
i czasopisma



OGRZEWNICTWO | WENTYLACJA | CIEPŁOWNICTWO | KLIMATYZACJA | MIKROKLIMAT | MAGAZYN Y ENERGII
SIECI I INSTALACJE SANITARNE I GAZOWE | EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA | JAKOŚĆ POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO

Szczegóły na stronie: airandheat.pl



Hybrydowe węzły ciepłne

Hybrid district heating substations



Mgr inż. Łukasz Trzcinski

ORCID ID: [0000-0002-6064-2633](https://orcid.org/0000-0002-6064-2633)

Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska
lukasz.trzcinski@pcz.pl



Dr hab. inż. Michał Turski

ORCID ID: [0000-0002-4341-3062](https://orcid.org/0000-0002-4341-3062)

Wydział Infrastruktury i Środowiska,
Politechnika Częstochowska
michal.turski@pcz.pl

Słowa kluczowe: miejskie systemy ciepłownicze 4G, hybrydowe węzły ciepłne, efektywny energetycznie system ciepłowniczy i chłodniczy, transformacja energetyczna

Streszczenie

Integracja odnawialnych źródeł energii z sieciami ciepłowniczymi trzeciej generacji i starszymi stanowi istotne wyzwanie technologiczne z uwagi na ich wysokotemperaturowy i jednokierunkowy charakter przesyłu ciepła. Elementem nowoczesnych systemów ciepłowniczych, łączącym ich rozszerzone funkcje, są hybrydowe węzły ciepłne. Literatura wskazuje, że zastosowanie hybrydowych węzłów ciepłnych pozwala obniżyć zużycie ciepła o 35-65%. Definicje hybrydowych węzłów ciepłnych często są niejednoznaczne, z tej przyczyny w niniejszym artykule przeanalizowano definicje i funkcje hybrydowych węzłów ciepłnych, obejmujące integrację odnawialnych źródeł energii, magazynowanie ciepła, dwukierunkową wymianę ciepła, chłodzenie oraz inteligentne zarządzanie. Najczęściej stosowane funkcje to integracja źródeł i magazynowanie, natomiast chłodzenie i wymiana dwukierunkowa nie są jeszcze stosowane w praktycznych rozwiązaniach, z tej przyczyny zaproponowano kompleksowe uwzględnienie wszystkich funkcji jako równoważnych oraz rozszerzenie i ujednolicenie definicji hybrydowego węzła ciepłnego.

Keywords: 4G district heating systems, hybrid district heating substations, energy-efficient heating and cooling systems, energy transformation

Abstract

Integrating renewable energy sources with third-generation and older district heating networks causes a significant technological challenge due to their high-temperature and one-way heat transfer characteristics. Hybrid district heating substations are a component of modern district heating systems that combine their expanded functions. Literature indicates that the use of hybrid district heating substations can reduce heat consumption by 35-65%. Definitions of hybrid district heating substations are often ambiguous. Therefore, we analysed the definitions and functions of hybrid district heating substations, including the integration of renewable energy sources, heat storage, two-way heat exchange, cooling, and intelligent management. The most frequently developed functions are source integration and heat storage, while cooling and two-way heat exchange are not yet implemented in practical solutions. Therefore, a comprehensive consideration of all functions as equivalent and an expansion and unification of the definition of a hybrid district heating substation were proposed.

Wstęp

Integracja odnawialnych źródeł energii (OZE) z systemami ciepłowniczymi obecnej – trzeciej generacji (3G), stanowi szereg wyzwań technologicznych i organizacyjnych (Lund et al., 2021). Systemy te były projektowane w czasach, gdy głównym celem było dostarczanie ciepła w sposób scentralizowany, w strukturze hierarchicznej (Kreft, 2010, Simpson et al., 2024). Z tego powodu dostosowanie ich do współczesnych wymagań związanych z dekarbonizacją i efektywnością energetyczną jest niezwykle trudne (Baba et al., 2023). Problemy te dotyczą przede wszystkim wysokotemperaturowych parametrów pracy sieci ciepłowniczych, które nie są dostosowane do współpracy z rozproszonymi i niskotemperaturowymi źródłami ciepła (Østergaard et al., 2022). Innymi czynnikami hamu-

jącymi rozwój systemów ciepłowniczych są: jednokierunkowy przepływ ciepła (Østergaard et al., 2022, Stokowiec et al., 2023), duża skala systemów ciepłowniczych (David et al., 2017), problemy z regulacją temperatury powrotu (Henrik et al., 2021), brak magazynowania ciepła w starszych systemach (Turski, 2023).

Jednym ze sposobów na dostosowanie funkcjonalności systemów ciepłowniczych do osiągnięcia standardu nowszej generacji 4G (Henrik et al., 2021) lub standardu efektywnego energetycznie systemu ciepłowniczego lub chłodniczego (UE, 2023) jest wykorzystanie technologii hybrydowych węzłów ciepłnych (HWC).

Hybrydowe węzły ciepłne

HWC są coraz częściej analizowane w kontekście mo-

dernizacji systemów ciepłowniczych i poprawy efektywności energetycznej, a także dostosowania wykorzystania OZE do idei miast przyszłości oraz inteligentnego zarządzania ciepłem (Maier, 2016). Jednak autorzy publikacji naukowych oraz przedsiębiorstwa ciepłownicze definiują HWC w niejednolity sposób, dlatego uznaje się za celowe poszerzenie wiedzy w tym zakresie.

HWC w przedsiębiorstwach ciepłowniczych

HWC według Okręgowego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej sp. z o.o. (OPEC) to nowoczesny układ technologiczny łączący różne źródła ciepła. Połączenie dotyczy przede wszystkim miejskiej sieci ciepłowniczej z OZE oraz pomp ciepła, kolektorów słonecznych, paneli fotowoltaicznych (PV), czy kotłów elektrycznych. Jego podstawowym zadaniem jest zapewnienie efektywnego, bezpiecznego i elastycznego dostarczania ciepła przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia ciepła sieciowego oraz redukcji emisji CO₂. System taki wyposażony jest w zaawansowaną automatykę umożliwiającą dynamiczne przełączanie między źródłami ciepła w zależności od warunków pogodowych, zapotrzebowania użytkowników i efektywności pracy poszczególnych urządzeń. Integralnym elementem układu jest akumulator ciepła (bufor) umieszczony po stronie wtórnej instalacji, który może być ładowany zarówno z sieci ciepłowniczej, jak i z OZE, a rozładowywany na potrzeby centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej lub wentylacji. HWC powinien być kompatybilny z systemami zarządzania energią budynków (Building Energy Management Systems, BEMS), wyposażony w układy monitoringu i raportowania oraz dostosowany do pracy w różnych warunkach eksploatacyjnych. OPEC zaleca, by jego projektowanie obejmowało analizę cieplną obiektu, dobór źródeł ciepła, opracowanie systemu sterowania, zabezpieczeń i monitoringu oraz wykonanie analiz ekonomicznych i środowiskowych. Kluczowe założenia projektowe obejmują minimalną ingerencję w istniejący układ hydrauliczny, maksymalne wykorzystanie OZE, modularną budowę ułatwiającą prefabrykację i modernizację oraz elastyczność konfiguracji akumulatorów ciepła. W przypadku nowych budynków przewiduje się rezerwację miejsca na dachu lub na działce pod instalację OZE, zapewnienie odpowiednich tras kablowych i rurociągów, a także zaprojektowanie pomieszczenia węzła cieplnego o odpowiednich wymiarach i dostępności serwisowej. HWC w ujęciu OPEC stanowi więc zintegrowany, inteligentny system dystrybucji ciepła, który łączy niezawodność miejskiej sieci ciepłowniczej z efektywnością i ekologicznym potencjałem OZE (OPEC, 2025).

Veolia Energia Warszawa definiuje HWC nazywany „ciepłomatem” jako innowacyjny system zarządzania ciepłem, łącząc ciepło systemowe z lokalnymi odnawialnymi źródłami energii. Taki system podnosi budynek odbiorcy końcowego do rangi prosumenta, tym samym zapewniając redukcję kosztów eksploatacji budynku, komfort użytkowników oraz dostosowanie się do coraz bardziej restrykcyjnych wymagań środowiskowych. System ten umożliwia redukcję zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną o 32%, w porównaniu do tradycyjnych budynków. Według szacunków modernizowany biurowiec „Office House” zasili warszawską sieć ciepłowniczą taką ilością ciepła, jakiej rocznie potrzeba do ogrzania około

800 mieszkań (Veolia, 2025).

„PGE Energia Ciepła” zrealizowało dwie pilotażowe instalacje HWC w Toruniu i Zgierzu. W ujęciu PGE HWC to inteligentny, zintegrowany system umożliwiający sterowanie i bilansowanie ciepła pomiędzy centralnym źródłem ciepła a lokalnymi źródłami odnawialnymi, wspierający transformację w kierunku niskoemisyjnego i elastycznego systemu ciepłowniczego. Jego głównym zadaniem jest integracja tradycyjnego węzła cieplnego z rozproszonymi źródłami OZE oraz lokalnym magazynem ciepła, działającym w oparciu o inteligentny system automatycznego sterowania. System ten pozwala na inteligentne zarządzanie produkcją i dostawami ciepła do odbiorców końcowych, łączenie ciepła systemowego z lokalnymi źródłami, takimi jak pompy ciepła, instalacje fotowoltaiczne i magazyny ciepła, zwiększenie bezpieczeństwa i elastyczności dostaw, optymalizację efektywności energetycznej poprzez minimalizację strat w sieci, a także wykorzystanie lokalnych źródeł ciepła w celu redukcji zużycia energii pierwotnej i emisji CO₂, zgodnie z wymaganiami WT2021 i krajową polityką dekarbonizacji (PGE, 2025).

HWC w literaturze naukowej

W literaturze naukowej istnieje kilka podejść do definiowania HWC. Klimaczak, Kołek i in. określają HWC jako inteligentny system integrujący akumulator ciepła, współpracujący z różnymi źródłami energii, takimi jak system ciepłowniczy, kolektory słoneczne oraz pompy ciepła zasilane ogniwami fotowoltaicznymi (Klimczak et al., 2022). Petela oraz Szlek rozszerzają definicję, podkreślając dwukierunkową hybrydyzację, która łączy systemy grzewcze, chłodnicze i magazynowania ciepła, umożliwiając odzysk ciepła odpadowego (Petela et al., 2019). Hassine oraz Eicker postrzegają HWC jako elementy sieci ciepłowniczej zdolne do dostosowania potencjału energii słonecznej do zasilania systemów grzewczych i chłodniczych (Hassine et al., 2013). Andersen, Chen i in. podkreślają inteligentne zarządzanie ciepłem, wykorzystując różne źródła ciepła i technologie magazynowania w celu optymalizacji kosztów (Andersen et al., 2014). Z kolei Han, Sun i in. skupiają się na integracji systemów chłodniczych, w tym hybrydowych chłodziarek absorpcyjno-sprężarkowych (Han et al., 2013). Siddiqui, El-Shaarawi i in. wskazują na połączenie technologii magazynowania ciepła i chłodu, co prowadzi do zwiększenia efektywności cyklu chłodniczego (Siddiqui et al., 2014). Perez-Mora, Bava i in. traktują HWC jako funkcjonalny odpowiednik transformatorów w sieci elektroenergetycznej, realizujący w tym przypadku dwukierunkowy transfer ciepła (Perez-Mora et al., 2018). Yang, Li i in. podkreślają zastosowanie HWC w zdecentralizowanych systemach niskotemperaturowych (Yang et al., 2016), natomiast (Sdringola et al., 2023) opisują je jako podstację wymiany ciepła, wspierającą integrację lokalnych źródeł ciepła z siecią ciepłowniczą.

Możliwe jest zatem wyodrębnienie kilku kluczowych funkcji HWC: integracja ciepła sieciowego i OZE, magazynowanie ciepła, dwukierunkowa wymiana ciepła, chłodzenie i inteligentne zarządzanie.

Klimaczak i Kołek wdrożyli HWC w szkole, zastępując zasobnik c.w.u. 1000 litrów buforem ciepła o pojemności 2000 litrów. System o mocy 250 kW dla CO i 50 kW dla CWU ładowano z sieci ciepłowniczej oraz z kolektorów

słonecznych i pomp ciepła. Uzyskano oszczędności zakupu ciepła na poziomie 35–65%. Wdrożenie technologii Przemysł 4.0, obejmujących automatyzację, Internet rzeczy (Internet of things, IoT) i analizę danych w chmurze, umożliwiło redukcję kosztów eksploatacji ograniczenie szczytowego poboru mocy i poprawę stabilności sieci (Klimczak et al., 2022).

Hassine i Eicker opracowali model sieci ciepłowniczej i chłodniczej do symulacji hydrauliczno-termicznej z wykorzystaniem teorii grafów i algorytmu Newtona. Walidację przeprowadzono w Scharnhauser Park w Niemczech dla systemu zasilanego w 66% biomasą. Uzyskano współczynnik Primary Energy Factor (PEF) na poziomie 0,4 oraz straty ciepła na poziomie 13%. Optymalizacja rozmieszczenia odbiorców ciepła miała niewielki wpływ na zużycie energii pierwotnej i emisję CO₂. Przyjęto strategię polegającą na dostarczaniu ciepła z kolektorów słonecznych do rury powrotnej blisko źródła ciepła, zwiększono uzysk ciepła z kolektorów, jednak konieczność zastosowania dodatkowych pomp obiegowych zwiększyła koszty operacyjne (Hassine et al., 2013).

Perez-Mora i Bava przeanalizowali system SDH w Braedstrup w Danii z kolektorami słonecznymi o powierzchni 18 600 m² i sezonowym magazynem 19 000 m³, pokrywający 15% rocznej produkcji ciepła (435 kWh/m²a). Zastosowanie pompy ciepła o mocy 1,2 MW zwiększyło efektywność wykorzystania energii słonecznej, a optymalna konfiguracja magazynów i integracja pomp ograniczyły zużycie paliw kopalnych i poprawiły bilans ekonomiczny systemu. Autorzy wykazali, że optymalna konfiguracja magazynów oraz integracja pomp ciepła pozwalają na dalszą redukcję zużycia paliw kopalnych i poprawę bilansu ekonomicznego systemu ciepłowniczego (Perez-Mora et al., 2018).

Carpaneto, Lazzeroni i in. opracowali optymalizację zarządzania magazynem ciepła w systemach hybrydowych, obejmujących kogenerację (CHP), kocioł gazowy, kolektory słoneczne i magazyn ciepła. Model matematyczny uwzględniał 15 795 zmiennych, w tym 504 binarne oraz 11 092 ograniczenia, a optymalizacja była przeprowadzana w skali tygodniowej z podziałem godzinowym. Wyniki wykazały, że roczny udział energii słonecznej w systemie wyniósł 6,33%, podczas gdy bez magazynu realnie wykorzystano jedynie 2,63%, co potwierdza kluczową rolę magazynowania w pełnym zagospodarowaniu dostępnej energii odnawialnej. Analiza kosztowa wskazała, że energia słoneczna bez magazynu obniżyła koszty operacyjne o 4,8%, natomiast zastosowanie magazynu zwiększyło oszczędności do 12,5%, podkreślając jego znaczenie dla optymalizacji kosztowej i efektywności energetycznej (Carpaneto et al., 2015).

W odrębnym badaniu, Szczęśniak, Bujalski i in. zintegrowali adsorpcyjną pompę ciepła SORTECH eCoo 2.0 z magazynem ciepła opartym na materiałach zmiennofazowych (PCM), co umożliwiło trzykrotne zwiększenie dostępności chłodu. Analiza przeprowadzona dla warunków klimatycznych Poznania wykazała, że system pozwalał na zwiększenie zużycia ciepła latem bez konieczności modernizacji infrastruktury sieciowej, co znacząco poprawiło efektywność ekonomiczną. Kluczowym wyzwaniem była niska temperatura w sieci latem (~60°C), którą skutecznie kompensowały instalacje fotowoltaiczne oraz magazyny

PCM, co sugeruje możliwość zastosowania tej technologii w modernizacji istniejących systemów ciepłowniczych w celu poprawy ich efektywności i stabilności pracy (Szczęśniak et al., 2021).

Yang, Li i in. badali zdecentralizowane podstacje w systemach niskotemperaturowego ciepłownictwa (LTDH, 55°C), gdzie redukcja strat ciepła o 30% rocznie była możliwa dzięki eliminacji cyrkulacji c.w.u., a zastosowanie wężła bezpośredniego (in-line) i pompy ciepła zmniejszyło straty o 12%. Dodatkowo, koszty operacyjne systemu spadły o 18%, co potwierdziło skuteczność zdecentralizowanych węzłów w poprawie efektywności energetycznej (Yang et al., 2016).

Sdringola, Ricci i in. badali modelowanie dwukierunkowej podstacji wymiany ciepła dla sieci ciepłowniczych, umożliwiającej integrację prosumentów termicznych. Ich celem było opracowanie dynamicznego modelu podstacji wykorzystującego język Modelica i oprogramowanie Dymola, a następnie jego walidacja na podstawie eksperymentalnych danych. Przeprowadzili symulacje pracy podstacji w różnych warunkach, analizując m.in. zmienną efektywność wymienników ciepła, regulację temperatur i przepływów oraz zdolność systemu do odprowadzania nadmiaru ciepła do sieci. Wyniki badań wykazały wysoką zgodność modelu numerycznego z rzeczywistą pracą systemu, co potwierdziło jego przydatność do dalszych analiz, szczególnie w kontekście modernizacji sieci ciepłowniczych i integracji rozproszonych źródeł energii odnawialnej (Sdringola et al., 2023).

Petela i Szlek przeprowadzili modelowanie systemów chłodniczych zintegrowanych z OZE w TRNSYS, obejmujących kolektory słoneczne, chłodziarkę absorpcyjną LiBr-H₂O (20 kW), hybrydową chłodziarkę adsorpcyjno-sprężarkową (50 kW) oraz magazyny ciepła (70–90°C, ~8°C, ~36°C), wykazując, że dynamiczna regulacja przepływów ciepła znacząco zwiększa efektywność chłodzenia i redukuje zapotrzebowanie na energię pomocniczą, przy poprawie COP chłodziarki absorpcyjnej z 0,8 do 0,87 i osiągnięciu 0,826 dla chłodziarki adsorpcyjnej (Petela et al., 2019).

Han, Sun i in. opracowali hybrydowy system chłodniczy absorpcyjno-sprężarkowy (NH₃-H₂O) wykorzystujący kaskadowo ciepło jawne spalin. Ciepło wysokotemperaturowe (350–204,8°C) służy do wytwarzania pary NH₃-H₂O i produkcji energii elektrycznej, a ciepło niskotemperaturowe (204,8–118°C) do wytwarzania chłodu. W porównaniu z konwencjonalnym układem NH₃-H₂O ARS, różnica temperatur w wymiennikach spalin zmniejszyła się o 110°C, co zwiększyło sprawność systemu. Współczynnik COP wynosi 0,71, czyli o 41,9% więcej niż w systemie tradycyjnym. COP wzrasta z 0,67 do 0,71 przy wzroście temperatury spalin z 300°C do 350°C oraz z 0,71 do 1,04 przy spadku temperatury wody chłodzącej z 30°C do 10°C. Nie stwierdzono istotnych przeszkód technologicznych we wdrożeniu systemu (Han et al., 2013).

Siddiqui, El-Shaarawi i in. przeprowadzili analizę egzergoeconomiczną hybrydowego cyklu magazynowania chłodu (HSAR), stanowiącego zintegrowany układ akumulacji i odzysku energii chłodniczej, w którym procesy magazynowania ciepła, absorpcji i generacji są połączone w jeden cykl termodynamiczny. Autorzy skoncentrowali się na stratach egzergii, sprawności egzergetycznej kom-

ponentów i całego systemu oraz wpływie kluczowych parametrów operacyjnych, takich jak temperatura skraplacza/absorbera ($28^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), temperatura parownika (5°C) i temperatura generatora (120°C), wykazując, że optymalizacja temperatur skraplacza i generatora poprawia efektywność systemu, a największe straty egzergii występują w wymiennikach ciepła, co przełożyło się na wzrost sprawności egzergetycznej o 12% oraz zwiększenie efektywności energetycznej dzięki lepszemu zarządzaniu energią w cyklu chłodzenia (Siddiqui et al., 2014).

Skagestad i Mildenstein opracowali koncepcję inteligentnych algorytmów sterowania które optymalizują zużycie energii. Obejmują one automatyczną regulację zużycia energii w zależności od aktualnych cen energii elektrycznej, umożliwiając działanie w okresach tańszej taryfy w celu minimalizacji kosztów. Predyktoryjne sterowanie opiera się na prognozach produkcji ciepła z kolektorów słonecznych oraz przewidywanym zapotrzebowaniu na ciepło, co pozwala na dynamiczne dostosowanie parametrów pracy systemu. Integracja technologii IoT, czujników i algorytmów analitycznych umożliwia bieżące monitorowanie i zarządzanie systemem grzewczym w sposób zautomatyzowany i zoptymalizowany (Skagestad et al., 2022). Natomiast Andersen, Chen i in. potwierdzili, że inteligentne sterowanie w systemach ogrzewania słonecznego, obejmujących kolektory 9 m^2 i zbiorniki 750 litrów, obniża koszty produkcji ciepła o 25% poprzez dostosowanie zużycia do zmiennej taryfy cen energii elektrycznej, zwiększając efektywność wykorzystania energii odnawialnej (Andersen et al., 2014).

Podsumowanie i wnioski

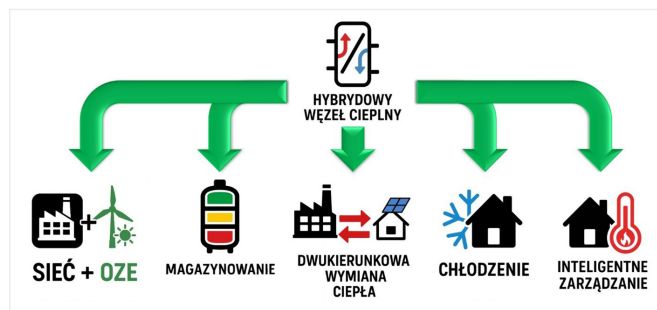
Obecne interpretacje oraz realizacje HWC wskazują je jako kluczowy element integracji odnawialnych źródeł energii z systemem ciepłowniczym, a tym samym stanowią podstawę transformacji systemów ciepłowniczych w kierunku zwiększenia efektywności energetycznej oraz wdrażania koncepcji systemów ciepłowniczych nowej generacji. HWC umożliwiają efektywne dostarczanie, odbiór i magazynowanie ciepła, co stabilizuje pracę całego systemu i zwiększa jego elastyczność operacyjną. Dostosowanie systemów ciepłowniczych do współpracy z HWC umożliwia redukcję strat przesyłowych, zwiększenie sprawności źródeł oraz efektywne wykorzystanie pomp ciepła, kolektorów słonecznych i odzysku ciepła odpadowego.

Pomimo dostrzegania kluczowej roli HWC, zarówno przez przedsiębiorstwa ciepłownicze, jak również środowisko naukowe, dochodzi do marginalizowania ich funkcji. Spośród dostępnych rozwiązań koncepcyjnych i pilotaży można wyróżnić wiodące funkcje HWC, do których zalicza się: integrację ciepła sieciowego i OZE, magazynowanie ciepła, dwukierunkową wymianę ciepła, chłodzenie oraz inteligentne zarządzanie. Do najczęściej stosowanych rozwiązań należą funkcje integracji ciepła sieciowego i OZE, krótkoterminowego magazynowania ciepła oraz lokalnej automatyzacji w ograniczonym zakresie. Brak koordynacji i komunikacji między węzłami ciepłnymi ogranicza efektywność całego systemu. Funkcje pełnej dwukierunkowej wymiany ciepła z siecią oraz chłodzenia wciąż są rzadko stosowane, co ogranicza praktyczne wykorzystanie potencjału technologicznego HWC. Ponadto wprowadzenie

zaawansowanej automatyki predykcyjnej i komunikacji pomiędzy węzłami jest kluczowe dla umożliwienia dynamicznej, dwukierunkowej wymiany ciepła oraz optymalnego wykorzystania nadwyżek energii cieplnej.

W naszej opinii najistotniejsze jest jednak kompleksowe uwzględnienie wszystkich funkcji HWC jako równoważnych. Aby usystematyzować informacje na temat HWC dostępne w literaturze proponujemy rozszerzenie i ujednolicenie ich definicji, co zostało zobrazowane na rys. 1.

Hybrydowy węzeł ciepłny należy definiować jako zintegrowany układ technologiczny, w którego skład wchodzi pompy, wymienniki ciepła, aparatura kontrolno-pomiarowa oraz system automatyki umożliwiający inteligentne zarządzanie pracą węzła, z dwukierunkową wymianą ciepła jako priorytetem. Węzeł ten powinien realizować wszystkie kluczowe funkcje nowoczesnych systemów ciepłowniczych, obejmujące: integrację ciepła sieciowego i odnawialnych źródeł energii, magazynowanie ciepła, dwukierunkową wymianę ciepła pomiędzy siecią a odbiorcą, chłodzenie oraz inteligentne zarządzanie oparte na automatyce predykcyjnej i komunikacji z innymi węzłami.



Rys. 1. Wiodące funkcje hybrydowego węzła ciepłnego Źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Key functions of a hybrid heating substation Source: authors' own study

Źródło finansowania

Badania naukowe zostały sfinansowane z subwencji statutowej Wydziału Infrastruktury i Środowiska, Politechniki Częstochowskiej.

Bibliografia

- Andersen, E., Chen, Z., Fan, J., Furbo, S., & Perers, B. (2014). Investigations of intelligent solar heating systems for single family house. *Energy Procedia*, 48, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.002>
- Baba, F. M., Ge, H., Zmeureanu, R., & Wang, L. L. (2023). Optimizing overheating, lighting, and heating energy performances in Canadian school for climate change adaptation: Sensitivity analysis and multi-objective optimization methodology. *Building and Environment*, 237, 110336. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110336>
- Carpaneto, E., Lazzeroni, P., & Repetto, M. (2015). Optimal integration of solar energy in a district heating network. *Renewable Energy*, 75, 714-721. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.055>
- David, A., Mathiesen, B. V., Averfalk, H., Werner, S., & Lund, H. (2017). Heat roadmap Europe: large-scale electric heat pumps in district heating systems. *Energies*, 10(4), 578. <https://doi.org/10.3390/en10040578>

- European Parliament and Council. (2023). Directive (EU) 2023/1791 of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast). *Official Journal of the European Union*, L 231, 1–111. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:32023L1791> (Dostęp z 17.10.2025)
- Han, W., Sun, L., Zheng, D., Jin, H., Ma, S., & Jing, X. (2013). New hybrid absorption-compression refrigeration system based on cascade use of mid-temperature waste heat. *Applied energy*, 106, 383–390. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.067>
- Hassine, I. B., & Eicker, U. (2013). Impact of load structure variation and solar thermal energy integration on an existing district heating network. *Applied thermal engineering*, 50(2), 1437–1446. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.12.037>
- Klimczak, M., Kołek, K., & Wierzbiński, M. (2022). Hybrydowy węzeł ciepłny z systemem IT wspomagającym zarządzanie zużyciem energii w budynkach. *Nowa Energia*, nr 4(85)/2022. <https://www.cire.pl/filemanager/Materia%C5%82y%20Problemove%20%28Wies%C5%82aw%20Drozdowski%29%20/9d36c7b8f911e11df934cb69a1677956a6819e13dc049dc061bd7a3079e579d8.pdf> (Dostęp z 17.10.2025)
- Kreft, W. (2010). Hierarchiczne i rozproszone sterowanie dystrybucją energii cieplnej. *Pomiary Automatyka Robotyka*, 14, 61–67.
- Lund, H., Østergaard, P. A., Nielsen, T. B., Werner, S., Thorsen, J. E., Gudmundsson, O., Arabkoohsar, A. & Mathiesen, B. V. (2021). Perspectives on fourth and fifth generation district heating. *Energy*, 227, 120520. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120520>
- Maier, S. (2016). Smart energy systems for smart city districts: case study Reininghaus District. *Energy, Sustainability and Society*, 6(1), 23. <https://doi.org/10.1186/s13705-016-0085-9>
- OPEC Spółka z o.o. (2025). Wytyczne do projektowania i budowy węzłów hybrydowych (Wydanie 1.1, obowiązuje od 01.03.2025). https://opecgdy.com.pl/dokumenty/pdf/2025/wytyczne-do-projektowania-i-budowy-wezlow-hybrydowych_wydanie-1.1.pdf (Dostęp z 17.10.2025)
- Østergaard, D. S., Smith, K. M., Tunzi, M., & Svendsen, S. (2022). Low-temperature operation of heating systems to enable 4th generation district heating: A review. *Energy*, 248, 123529. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123529>
- Perez-Mora, N., Bava, F., Andersen, M., Bales, C., Lennermo, G., Nielsen, C., Furbo, S., & Martínez-Moll, V. (2018). Solar district heating and cooling: A review. *International Journal of Energy Research*, 42(4), 1419–1441. <https://doi.org/10.1002/er.3888>
- Petela, K., & Szlek, A. (2019). Control algorithm for an advanced hybrid heating and cooling node—Analysis of its potential. *Energy Conversion and Management*, 201, 112087. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112087>
- PGE Energia Ciepła S.A. (2023, 22 listopada). PGE Energia Ciepła uruchomiła innowacyjną instalację Hybrydowego Węzła Ciepła. <https://pgeenergaciepla.pl/aktualnosci/pge-energia-ciepła-uruchomiła-innowacyjna-instalacje-hybrydowego-wezła-ciepła> (Dostęp z 17.10.2025)
- Sdringola, P., Ricci, M., Ancona, M. A., Gianaroli, F., Capodaglio, C., & Melino, F. (2023). Modelling a prototype of bidirectional substation for district heating with thermal prosumers. *Sustainability*, 15(6), 4938. <https://doi.org/10.3390/su15064938>
- Siddiqui, F. R., El-Shaarawi, M. A. I., & Said, S. A. M. (2014). Exergo-economic analysis of a solar driven hybrid storage absorption refrigeration cycle. *Energy Conversion and Management*, 80, 165–172. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.029>
- Simpson, J. G., Long, N., & Zhu, G. (2024). Decarbonized district energy systems: Past review and future projections. *Energy Conversion and Management: X*, 24, 100726. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2024.100726>
- Skagestad, B., & Mildenstein, P. (2002). District heating and cooling connection handbook. NOVEM, Netherlands Agency for Energy and the Environment. https://www.iea-dhc.org/fileadmin/documents/Annex_VI/DHC_Connection_Handbook.pdf (Dostęp z 17.10.2025)
- Stokowiec, K., Wciślik, S., & Kotrys-Działak, D. (2023). Innovative modernization of building heating systems: the economy and ecology of a hybrid district-heating substation. *Inventions*, 8(1), 43. <https://doi.org/10.3390/inventions8010043>
- Szcześniak, A., Bujalski, W., Grzebielec, A., Futyma, K., Karwacki, J., & Rolka, P. (2021). A hybrid district heating substation with an adsorption chiller and PCM storage units: a concept and preliminary study. In E3S Web of Conferences (Vol. 321, p. 02009). *EDP Sciences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132102009>
- Turski, M. (2023). Magazynowanie ciepła w miejskich systemach ciepłowniczych. *Instal*, (10), 4–8. DOI: 10.36119/15.2023.10.1.
- Veolia Energia Warszawa S.A. (2025, 8 września). Veolia Energia Warszawa wdraża innowacyjne rozwiązanie Ciepłomat w Office House na Towarowej 22. Energia dla Warszawy. <https://www.energiadlwarszawy.pl/veolia-energia-warszawa-wdraza-innowacyjne-rozwiazanie-cieplommat-w-office-house-na-towarowej22/> (Dostęp z 17.10.2025)
- Yang, X., Li, H., & Svendsen, S. (2016). Decentralized substations for low-temperature district heating with no Legionella risk, and low return temperatures. *Energy*, 110, 65–74. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.073>

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*



Odzysk i zagospodarowanie niskotemperaturowego ciepła odpadowego w przemysłowej uprawie kiełków warzywnych

Recovery and utilization of low-temperature waste heat in the industrial cultivation of vegetable sprouts



**Dr hab. inż. Marcin Panowski,
prof. PCz.**

ORCID ID: 0000-0002-5773-9733

Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska
marcin.panowski@pcz.pl

Słowa kluczowe: ciepło odpadowe, pompa ciepła, ciepło z procesów wzrostu kiełków

Streszczenie

Wszystkim procesom technologicznym towarzyszy energia odpadowa, która najczęściej występuje w postaci ciepła, w szczególności ciepła niskotemperaturowego. W przypadku przemysłowej uprawy kiełków fasoli Mung, ciepło odpadowe pochodzi nie tylko z procesów technologicznych, ale także z procesów biologicznych. Podczas kiełkowania i wzrostu kiełków fasoli Mung wydzielane są znaczne ilości ciepła, które wraz z wodą schładzającą je podczas podlewania może być zmagazynowane i wykorzystane np. do podgrzania wody zużywanej podczas podlewania kiełków w trakcie uprawy. W pracy zaprezentowano koncepcję i wyniki implementacji systemu dwustopniowego odzysku i zagospodarowania niskotemperaturowego ciepła odpadowego z procesu uprawy kiełków fasoli Mung. Wykazano, że dzięki implementacji płytowego wymiennika ciepła oraz sprężarkowej pompy ciepła istnieje możliwość odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego generowanego przez wzrastające kiełki w ilości ok. 4,95 GJ na pojedynczą partię produkcyjną, co przekłada się na ok. 198 GJ/rok.

Keywords: waste heat, heat pump, heat from sprout growth processes

Abstract

All technological processes are accompanied by waste energy, which most often occurs in the form of heat, particularly low-temperature heat. In the case of industrial cultivation of mung bean sprouts, waste heat comes not only from technological processes but also from biological ones. During the germination and growth of mung bean sprouts, significant amounts of heat are released, which, together with the water used to cool them during irrigation, can be stored and utilized, for example, to heat the water used for irrigating the sprouts during cultivation. This paper presents the concept and results of implementing a two-stage system for the recovery and utilization of low-temperature waste heat from the mung bean sprout cultivation process. It has been shown that by implementing a plate heat exchanger and a compressor heat pump, it is possible to recover and utilize the waste heat generated by the growing sprouts in the amount of approximately 4.95 GJ per production batch, which leads to about 198 GJ per year.

Wstęp

Nieustannie rosnąca presja konkurencyjności firm produkcyjnych oraz coraz to bardziej restrykcyjne wymagania w zakresie oddziaływania ich działalności na środowisko wymuszają konieczność ciągłego dążenia do poprawy efektywności we wszystkich obszarach działalności. Zwykle uwaga skupia się na obszarach związanych z minimalizacją nakładów finansowych na realizację produkcji, a w tym na ograniczanie zużycia zasobów tj. w szczególności zużycia energii. Z jednej strony przekłada się to bezpośrednio na zwiększenie korzyści ekonomicznych, a z drugiej, przyczynia się do zmniejszenia negatywnego oddziaływania na środowisko naturalne. Rzadko jednak w tym kontekście rozważa się kwestie związane z odzyskiem i zagospodarowaniem ciepła odpadowego, szczególnie ciepła niskotemperaturowego, pomimo że każdemu procesowi technologicznemu towarzyszy emisja takiego ciepła do otoczenia.

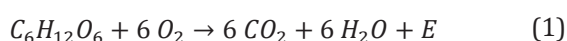
Panuje bowiem powszechne przekonanie, że ciepło odpadowe pochodzące z procesów technologicznych jest czymś naturalnym i skoro jest odpadowym, to nie ma ono żadnej wartości. W konsekwencji takiego podejścia, źródła ciepła odpadowego nie są identyfikowane, ewidencjonowane i analizowane pod kątem potencjału ich wykorzystania. Na zmianę takiego podejścia nie wpływa nawet fakt, że technologie odzysku ciepła (szczególnie niskotemperaturowego) są obecnie powszechne dostępne i wykorzystywane. Dobrym przykładem jest tutaj rynek pomp ciepła, które coraz częściej wykorzystywane są w ogrzewnictwie indywidualnym do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz ogrzewania budynków. Urządzenia te wykorzystują dostępne ciepło niskotemperaturowe powietrza czy gruntu i poprzez podniesienie potencjału energetycznego ciepła niskotemperaturowego pozwalają na jego skuteczne zagospodarowanie. Co prawda ciepła, które niesie ze sobą powietrze lub jest zmagazynowane w gruncie nie traktuje

się jako ciepło odpadowe, jednak nie zmienia to faktu, że technologie te są dostępne, powszechnie stosowane i mogą być wykorzystane także w celu odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego w procesach przemysłowych.

Znaczenie wykorzystania energii odpadowej zostało zaznaczone przez Unię Europejską w dyrektywie 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej, gdzie za „efektywny system ciepłowniczy i chłodniczy” uważa się taki, „w którym do produkcji ciepła lub chłodu wykorzystuje się co najmniej 50% ciepła odpadowego” (European Parliament and Council, 2018). Odzysk ciepła odpadowego cieszy się coraz większym zainteresowaniem, o czym świadczy ilość prac opublikowanych na ten temat w ostatnich latach. Obszar techniczny wykorzystania ciepła odpadowego jest bardzo szeroki, i obejmuje m.in. odzysk ciepła odpadowego w układach ORC (ORC – Organic rankine cycle) (Nematollahi et al., 2019, Uusitalo et al., 2017), w turbinie Tesli (Ji et al., 2019), silnikach Diesel (Baidya et al., 2019, Bombarda et al., 2010) czy też np. w przemyśle ceramicznym (Peris et al., 2017). Szereg badań dotyczy także odzysku ciepła w układach gazowo-parowych (Zhang et al. 2019), elektrowniach (Xu et al., 2018) czy elektrociepłowniach (Zarzycki et al., 2017, Zhang et al., 2019). Tymczasem podczas wielu tych procesów, w tym w szczególności w trakcie produkcji kiełków warzywnych powstają znaczne ilości ciepła, które mogłoby być wykorzystane np. do przygotowywania świeżej wody niezbędnej do podlewania kiełkujących nasion i wzrastających siewek. Odzysk ciepła odpadowego w produkcji kiełków warzywnych jest tym bardziej istotnym zagadnieniem, że w produkcji tej wykorzystuje się znaczne ilości ciepłej wody, a ponadto konieczne jest zapewnienie odpowiedniego środowiska termicznego do prawidłowego wzrostu kiełków. Wykorzystanie w tego rodzaju obiektach ciepła odpadowego może przyczynić się do uzyskania większej sprawności procesu, a co za tym idzie do ograniczenia wykorzystania konwencjonalnych źródeł energii w przedsiębiorstwie, zmniejszając koszty produkcji oraz przyczyniając się do ochrony środowiska naturalnego.

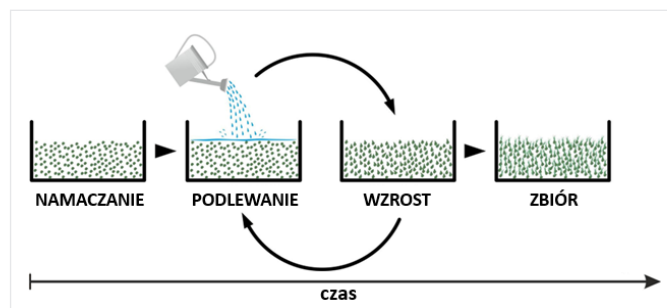
Przemysłowa uprawa kiełków fasoli Mung

Kluczowymi procesami w uprawie kiełków warzywnych na cele spożywcze są kiełkowanie i wzrost siewek. Kiełkowanie zachodzi wewnątrz nasion powodując ożywienie zarodka, a następnie jego wzrost i rozpoczyna się od pobierania wody przez nasiono, a kończy pojawieniem się korzenia (Bewley et al., 2013). W kiełkujących nasionach znajdują się nagromadzone substancje zapasowe, które łącząc się z tlenem powodują powstawanie dwutlenku węgla CO_2 , wody H_2O oraz uwolnienie energii E . Reakcję chemiczną zachodzącą podczas procesu oddychania wewnątrzkomórkowego można opisać sumarycznie równaniem (1) (Bewley, 1997, Bewley et al., 2013).



Według (Solomon et al., 1993) wydajność tego procesu wynosi około 38% w odniesieniu do całkowitej energii zmagazynowanej w nasionach. A zatem, ponad 60% energii E wiązań chemicznych zawartych w glukozie jest tracona pod postacią ciepła. Utworzone podczas utleniania glukozy ATP może dalej ulegać hydrolizie, podczas której rozrywa-

ne są wiązania chemiczne pomiędzy grupami fosforanowymi i uzyskiwana jest w ten sposób energia do tworzenia nowych wiązań. Również podczas tej reakcji część energii jest uwalniana do otoczenia w postaci ciepła (Solomon et al., 1993).

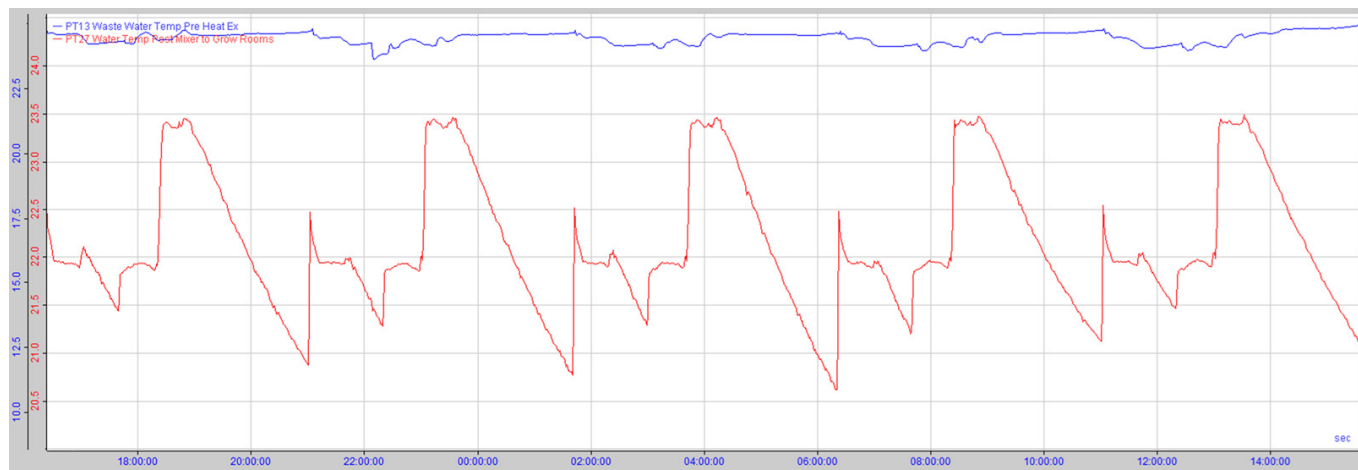


Rys. 1. Uproszczony schemat cyklu uprawy kiełków, Źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Simplified diagram of the sprout cultivation cycle, Source: authors' own study

Na rys. 1. przedstawiono uproszczony schemat procesu przemysłowej uprawy kiełków warzywnych, który rozpoczyna się od namoczenia suchych nasion pobranych z magazynu, po którym następują cyklicznie etapy podlewania i wzrostu kiełków. Ponieważ kiełki zarówno podczas kiełkowania jak i późniejszego wzrostu wydzielają ciepło i na skutek tego ulegają podgrzaniu, dla prawidłowego ich rozwoju i nie dopuszczenia do przegrzania kiełków konieczna jest wysoka intensywność podlewania nasion i wzrastających kiełków oraz odpowiednia temperatura wody do tego celu wykorzystywanej. Nie powinna ona być zbyt niska, aby nie doprowadzić do zbyt szybkiego przechłodzenia wzrastających kiełków i jednocześnie nie narażać ich na tzw. szok termiczny. Ponadto, temperatura wody nie powinna być zbyt wysoka, ponieważ powodowałoby to konieczność częstszego podlewania i większe koszty produkcji. W zależności od rodzaju kiełków, woda do podlewania powinna mieć temperaturę w zakresie od ok. 18 do 28°C. Ponieważ woda pobierana z sieci wodno-kanalizacyjnej ma temperaturę ok. 14–15°C, a ze studni głębinowej około 8–9°C, niezbędne jest więc odpowiednie przygotowanie wody poprzez jej podgrzanie. Do tego celu w procesie technologicznym produkcji kiełków wykorzystywane jest zazwyczaj ciepło pochodzące ze spalania paliw konwencjonalnych, tj. gazu czy węgla, co jest kosztowne i negatywnie oddziałuje na środowisko naturalne. Ponieważ jednak ilość ciepła generowanego na skutek procesów biologicznych zachodzących podczas wzrostu kiełków jest znaczna i zazwyczaj energia ta tracona jest do otoczenia wraz z wodą odpadową z procesu podlewania, wykorzystanie jej w celu podgrzania wody zużywanej m.in. do podlewania wydaje się być uzasadnione ekonomicznie.

Z punktu widzenia potencjału odzysku generowanego przez wzrastające kiełki ciepła ważna jest jednak nie tylko ilość tego ciepła i jego rozkład w czasie, ale także poziom temperaturowy nośnika tego ciepła, którym jest woda odbierająca ciepło od kiełków w trakcie ich podlewania. W prezentowanym przypadku uprawy kiełków fasoli Mung, ze względu na praktycznie stałą wielkość strumienia masy zużywanej wody, temperatura wody podgrzanej od kiełków podczas podlewania kształtuje się na stabilnym poziomie ok. 24–25°C i z tego punktu widzenia, jest to



Rys. 2. Wyniki testów stabilności temperatury wody w zbiorniku ciepła odpadowego, Źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Results of water temperature stability tests in the waste heat storage tank, Source: authors' own study

ciepło odpadowe o bardzo niskim potencjale energetycznym. Niemniej jednak, ponieważ woda świeża używana do podlewania czerpana jest ze studni głębinowej i charakteryzuje się stabilną temperaturą ok. 8–9°C, potencjał energetyczny ciepła odpadowego pochodzącego od wzrastających kiełków jest wystarczający do wykorzystania do podgrzania wody świeżej.

Koncepcja odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego

Kluczowymi parametrami dla określenia koncepcji odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego w uprawie kiełków fasoli Mung są temperatury wykorzystywanej w uprawie wody, a w szczególności wody świeżej czerpanej ze studni oraz wody odpadowej, stanowiącej magazyn ciepła odpadowego. Na rys. 2 przedstawiono wyniki wstępnych testów stabilności temperatury wody w zbiorniku ciepła odpadowego w czasie.

Testy stabilności przeprowadzono w zaprogramowanym eksperymencie badawczym, polegającym na pomiarze temperatury wody w magazynie ciepła odpadowego w zależności od temperatury wody wykorzystywanej do podlewania kiełków. Na rys. 2 przedstawiono wybrane rezultaty pomiarów temperatury wody w zbiorniku ciepła odpadowego oraz odpowiadający mu przykładowy przebieg temperatury wody używanej do podlewania kiełków w wybranej komorze wzrostowej. Z przeprowadzonych pomiarów i analiz wynika, że temperatura w zbiorniku ciepła odpadowego jest praktycznie stała i nie zależy ona od aktualnej temperatury wody jaką podlewane są wzrastające kiełki. To z kolei wynika z faktu, że ze względu na skalę produkcji kiełków, uprawa realizowana jest jednocześnie w sześciu komorach wzrostowych, które pracują z przesunięciem czasowym. Oznacza to, że cykl uprawy w każdej z komór rozpoczyna się z przesunięciem czasowym, a także kolejne cykle podlewania w komorach realizowane są w różnym czasie. Jeżeli zatem w jednej z komór kiełki znajdują się na początkowym etapie wzrostu i wykorzystywana jest w podlewaniu woda o wyższej temperaturze, to w krótkim czasie kolejne podlewanie realizowane jest w komorze wzrostowej, w której kiełki znajdują się na etapie końcowym wzrostu, w którym wykorzystuje się do podlewania wodę o temperaturze niższej. To powoduje naturalne uśrednienie temperatury wody w zbiorniku ciepła odpadowego, a ponieważ charakteryzuje się on dużą pojemnością (duża objętość i tym samym pojemność

cieplna), to wahania temperatury w zbiorniku ciepła odpadowego są niewielkie.

Ponieważ ilość generowanego przez wzrastające kiełki ciepła zmienia się istotnie w ciągu cyklu uprawy, konieczne jest zapewnienie dostaw używanej do podlewania wody o różnej temperaturze, na różnych etapach cyklu. Zakres zmienności jest tutaj dość duży i kształtuje się na poziomie ok. 10°C, w granicach 18–28°C. Ze względu na konieczną regulacyjność temperatury wody wprowadzanej podczas podlewania do komory wzrostowej, woda powinna być dostępna na dwóch poziomach temperatur (woda ciepła i woda chłodna). Zmieszanie w odpowiednich proporcjach wody o różnych temperaturach pozwala na dowolne kształtowanie ostatecznej temperatury wody wprowadzanej do komory wzrostowej.

Ostatecznie parametry temperaturowe wody wykorzystywanej w uprawie kiełków fasoli Mung zestawiono w tabeli 1.

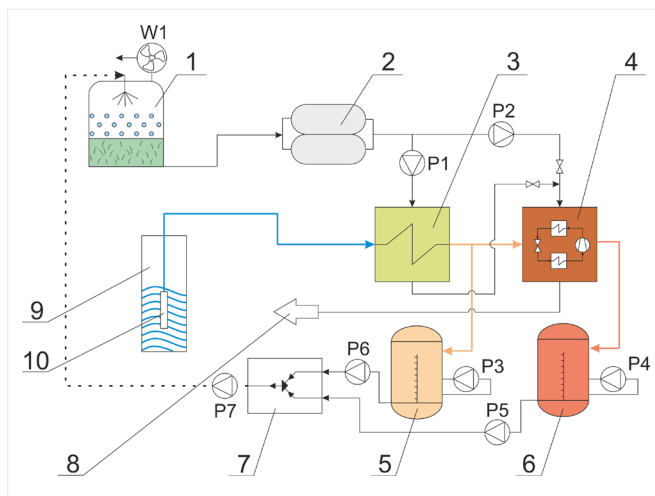
Tabela 1. Temperatury wody świeżej i brudnej (ciepła odpadowego) w uprawie kiełków fasoli Mung, Źródło: opracowanie własne

Table 1. Fresh water and wastewater (waste heat) temperatures in mung bean sprout cultivation, Source: authors' own study

Rodzaj wykorzystywanej wody	Temperatura (°C)
Woda świeża (ze studni głębinowej)	8–9
Woda brudna (ciepło odpadowe)	24–25
Woda chłodna (do mieszania)	18–21
Woda ciepła (do mieszania)	25–28

Zamieszczone w tabeli. 1 zakresy temperatury wody wskazują na istnienie technicznego potencjału odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego z procesów biologicznych zachodzących podczas kiełkowania nasion i wzrostu kiełków fasoli Mung. W konsekwencji występującej temperatury wody dostępnej i używanej w uprawie, a także konieczności zapewnienia niezbędnej regulacyjności temperatury wody wprowadzanej do komory wzrostowej, sformułowano schemat układu odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego w uprawie kiełków fasoli Mung, który zaprezentowano na rys. 3.

Zgodnie z zaprezentowaną koncepcją, woda wprowadzana do komór wzrostowych w trakcie podlewania wzrastających kiełków podgrzewa się, odbierając ciepło generowane na skutek procesów biologicznych zachodzą-



Rys. 3. Konceptcja układu odzysku i zagospodarowania ciepła odpadowego w uprawie kiełków fasoli Mung (Stanek et al., 2021) (1 – komory wzrostowe; 2 – zbiorniki wody brudnej/ ciepła odpadowego; 3 – wymiennik ciepła – pierwszy stopień podgrzewu; 4 – sprężarkowa pompa ciepła – drugi stopień podgrzewu; 5 – zbiornik wody chłodnej; 6 – zbiornik wody ciepłej; 7 – mikser; 8 – odprowadzenie do ścieków; 9 – studnia głębinowa; 10 – pompa głębinowa; P1–P7 – pompy wody; W1 – wentylator wyciągowy powietrza)

Fig. 3. Concept of a waste heat recovery and utilization system in mung bean sprout cultivation (Stanek et al., 2021) (1 – growth chambers; 2 – wastewater/waste heat storage tanks; 3 – heat exchanger – first-stage heating; 4 – compression heat pump – second-stage heating; 5 – cold water tank; 6 – hot water tank; 7 – mixer; 8 – discharge to sewer; 9 – deep well; 10 – deep-well pump; P1–P7 – water pumps; W1 – exhaust air fan)

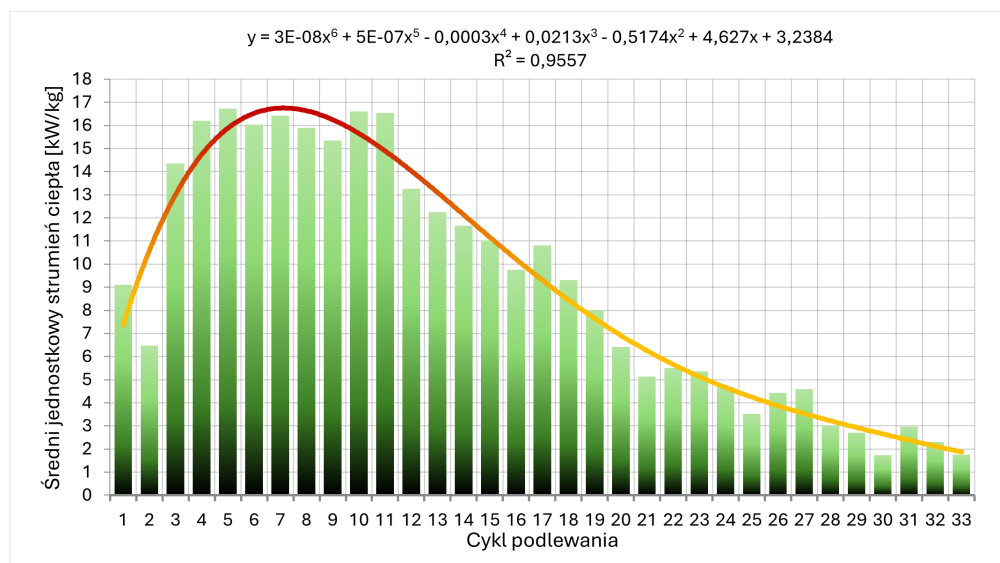
cych w kiełkach podczas ich wzrostu. Podgrzana woda (woda brudna – odpadowa) jest gromadzona w zbiorniku wody brudnej, będącym jednocześnie akumulatorem ciepła odpadowego. Ciepło odpadowe odzyskiwane jest w dwustopniowym procesie podgrzewu wody świeżej, w którym w pierwszej kolejności woda świeża czerpana ze studni podgrzewana jest w płytowym powierzchniowym wymienniku ciepła. Zastosowanie wymiennika płytowego pozwala na podgrzanie wody świeżej do poziomu 18–21°C i zmagazynowanie części wody w zbiorniku wody chłodnej. Pozostała (nie zmagazynowana w zbiorniku wody chłodnej) część wody kierowana jest na drugi stopień podgrzewu, gdzie dzięki zastosowaniu sprężarkowej pompy ciepła podnoszony jest jej potencjał energetyczny, a woda osiąga temperaturę w zakresie 25–28°C. Zastosowanie pompy ciepła jest niezbędne dla osiągnięcia odpowiedniej regulacyjności temperatury wody używanej do podlewania, ponieważ temperatura wody w magazynie energii jest zbyt niska do zastosowania wyłącznie wymiennika ciepła.

Przy tej okazji należy zwrócić uwagę na istotny fakt odróżniający eksploatację sprę-

żarkowych pomp ciepła w warunkach przemysłowych (tj. głównie powietrznych pomp ciepła) od ich eksploatacji w ciepłownictwie indywidualnym do ogrzewania i przygotowania CWU w budynkach jednorodzinnych. W warunkach przemysłowych bowiem, ciepło odpadowe zwykle charakteryzuje się dużą stabilnością temperaturową nośnika, co jest niezwykle korzystne dla efektywnej eksploatacji pomp ciepła. Dzięki stabilności temperatury nośnika ciepła odpadowego, pompy ciepła mogą pracować w trybie ciągłym z praktycznie stałym współczynnikiem COP, a ponadto pompy ciepła zaprojektowane dla takich warunków charakteryzują się znacznie wyższym współczynnikiem COP. W prezentowanym układzie odzysku ciepła z procesów biologicznych zachodzących podczas wzrostu kiełków fasoli Mung, zaimplementowana i zoptymalizowana pod kątem odzysku ciepła pompa charakteryzuje się wartością $COP \approx 7,5$, podczas gdy nawet dla pomp ciepła z wymiennikiem gruntowym, COP kształtuje się na poziomie $COP \approx 5\text{--}5,5$. Uzyskanie tak wysokiego współczynnika wydajności cieplnej COP było także możliwe dzięki zastosowaniu glikolowego bufora cieplnego o stałej temperaturze. Pozwoliło to w jeszcze większym stopniu ustabilizować warunki pracy pompy ciepła, choć wymagało zabudowania dodatkowego wymiennika ciepła glikol-woda, umożliwiającego przekazanie ciepła, generowanego przez pompę ciepła, wodzie wykorzystywanej w uprawie.

Odzysk i zagospodarowanie ciepła odpadowego w warunkach rzeczywistych

W celu określenia dostępnej ilości ciepła odpadowego pochodzącego z procesów biologicznych zachodzących podczas wzrostu kiełków przeprowadzono pomiary eksperymentalne na rzeczywistej instalacji. Pomiary zrealizowano dla pojedynczej komory wzrostowej, a wyznaczone na ich podstawie wartości średniego jednostkowego strumienia ciepła generowanego przez wzrastające kiełki fasoli Mung podczas pełnego cyklu uprawy, odniesiono do 1 kg suchych nasion i zaprezentowano na rys. 4.



Rys. 4. Średni jednostkowy strumień ciepła odbieranego przez wodę od masy biologicznej, Źródło: opracowanie własne

Fig. 4. Average specific heat flux absorbed by water from the biological mass, Source: authors' own study

Rozkład ciepła generowanego przez kiełki w trakcie całego cyklu produkcyjnego nie jest jednorodny. Na początku uprawy ilość generowanego ciepła intensywnie wzrasta, a po osiągnięciu maksimum w okolicy ¼ cyklu produkcyjnego zaczyna stopniowo spadać. Taki charakter przebiegu jest konsekwencją sposobu realizacji procesu uprawy, który prowadzony jest w całkowitej ciemności, a w jej trakcie wzrost masy biologicznej odbywa się wyłącznie dzięki substancjom odżywczym zmagazynowanym w nasionach. Na początku cyklu produkcyjnego gęstość energii odniesiona do masy nasion jest duża, a procesy wzrostowe dynamiczne, co przekłada się na wzrost nie tylko ilości masy kiełków, ale także generowanego ciepła. W dalszych etapach cyklu produkcyjnego procesy wzrostowe są mniej dynamiczne, większość energii zużywanej przez kiełki zostaje przekształcona w masę kiełków, a nie w ciepło i konsekwentnie gęstość energii maleje. Należy mieć na uwadze, że zmienna w czasie ilość generowanego ciepła nie wpływa na stabilność temperatury w zbiorniku wody brudnej, tj. magazynie ciepła odpadowego, ze względu na zmienną temperaturę wody zużywanej do podlewania oraz pracę komór wzrostowych z przesunięciem czasowym.

Odzysk i zagospodarowanie ciepła odpadowego z procesów biologicznych w warunkach rzeczywistych został zrealizowany zgodnie z zaprezentowaną koncepcją. Pierwszy stopień podgrzewu świeżej wody ze studni głębinowej realizowany jest przez przeciwprądowy wymiennik ciepła (HE1), a uzyskiwany na nim przyrost temperatury wody świeżej kształtuje się na średnim poziomie ok. 10–11°C. Wymiennik HE1 osiąga maksymalną moc na poziomie 583 kW, co stanowi 58,3% jego nominalnej mocy. To „przewymiarowanie” wymiennika HE1 wynika z wyników przeprowadzonych wcześniej symulacji numerycznych, w których analizowano różne scenariusze produkcyjne, m.in. skutkujące większym zapotrzebowaniem na ciepło odpadowe (scenariusze z większym zapotrzebowaniem na wodę do podlewania).

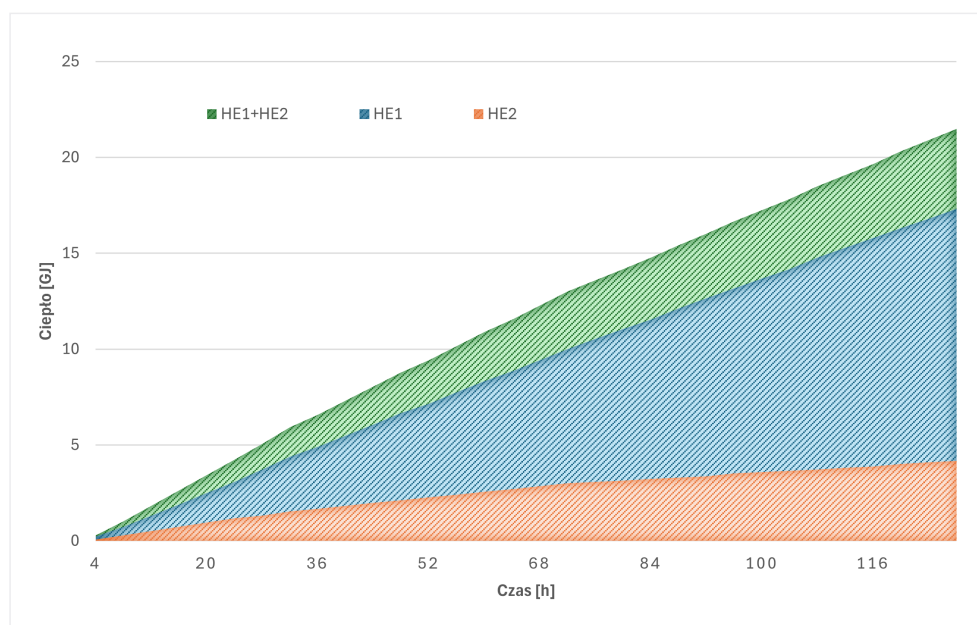
Drugi stopień podgrzewu wody realizowany jest przez

sprężarkową pompę ciepła zintegrowaną z glikolowym magazynem ciepła oraz wymiennikiem ciepła HE2 typu glikol-woda. Do tego układu kierowana jest część wody świeżej z wymiennika HE1, gdzie za pośrednictwem wymiennika HE2 podgrzewana jest ona do założonego poziomu. Średni przyrost temperatury wody świeżej w wymienniku HE2 kształtuje się na poziomie ok. 7,5°C, a pompa ciepła stabilnie zasila bufor glikolowy, w którym temperatura kształtuje się na praktycznie niezmiennym poziomie 50°C. Wymiennik ciepła HE2 osiąga maksymalną moc na poziomie 227,5 kW i jego średnia moc jest o ponad połowę mniejsza od mocy wymiennika HE1. Wynika to bezpośrednio z faktu znacznie mniejszego natężenia przepływu wody świeżej przez tę część instalacji, a także mniejszego poziomu jej podgrzania.

Podsumowanie

Przedstawione rezultaty implementacji systemu odzysku i zagospodarowania niskotemperaturowego ciepła odpadowego, pochodzącego z procesów biologicznych zachodzących podczas kiełkowania i wzrostu kiełków fasoli Mung wskazują, że nawet niskotemperaturowe ciepło odpadowe może być z powodzeniem odzyskiwane i zagospodarowywane. W zaprezentowanym przykładzie, całkowita ilość energii odpadowej odzyskanej i zagospodarowanej w pełnym cyklu uprawy kiełków fasoli Mung wyniosła ok. 22,18 GJ. Skumulowany wykres odzyskanego i zagospodarowanego ciepła odpadowego zaprezentowano na rys. 5.

Całkowita ilość energii odzwierciedla pełne zapotrzebowanie partii produkcyjnej (jednej komory wzrostowej) na ciepło niezbędne dla podgrzania wody zużywanej do podlewania kiełków w trakcie pełnego cyklu produkcyjnego. Na pierwszym stopniu podgrzewu odzyskiwane jest ok. 17,87 GJ, a na drugim – ok. 4,31 GJ. Ciepło odzyskane na pierwszym stopniu podgrzewu stanowi więc ok. 80,6% wartości całkowitej. Jak wynika z rys. 5, przebieg zmiany ilości ciepła odzyskiwanego przez wymiennik HE2 ulega spłaszczeniu w drugiej części cyklu produkcyjnego, co związane jest z niższą temperaturą wody wymaganej do podlewania roślin. Biorąc pod uwagę ilość energii potrzebnej do podgrzania wody świeżej do wymaganej temperatury (22,18 GJ) oraz rzeczywistą ilość energii generowanej z procesów wzrostowych możliwą do odzyskania z kiełków (ok. 4,95 GJ z pojedynczego cyklu uprawy, tj. ok. 198 GJ/rok (Słomczyńska et al., 2023)) wyraźnie widać, że nie ma możliwości przygotowania wody do podlewania roślin tylko przy wykorzystaniu ciepła odpadowego z produkcji kiełków i konieczne jest wykorzystanie innych źródeł ciepła. W zaprezentowanym przykładzie ciepło odpadowe pochodzi z 6 pracujących komór wzro-



Rys. 5. Skumulowana ilość energii odzyskanej i zagospodarowanej w pełnym cyklu uprawy, Źródło: opracowanie własne

Fig. 5. Cumulative amount of energy recovered and utilized over the full cultivation cycle, Source: authors' own study

stowych, a zatem całkowita ilość odzyskanego ze wszystkich komór ciepła (z procesów biologicznych) wynosi ok. 29,7 GJ. Stąd bezpośrednio wynika, że ciepło odzyskane z 5 komór wzrostowych pozwala pokryć zapotrzebowanie na ciepło jednej komory wzrostowej.

Bibliografia

Baidya, D., de Brito, M. A. R., Sasmito, A. P., Scoble, M., & Ghoreishi-Madiseh, S. A. (2019). Recovering waste heat from diesel generator exhaust; an opportunity for combined heat and power generation in remote Canadian mines. *Journal of Cleaner Production*, 225, 785-805. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.340>

Bewley, J. D. (1997). Seed germination and dormancy. *The plant cell*, 9(7), 1055. <https://doi.org/10.1105/tpc.9.7.1055>

Bewley, J. D., Bradford, K. J., Hilhorst, H. W. M., & Nonogaki, H. (2013). Seeds: Physiology of Development, Germination and Dormancy (3rd ed.). *Springer New York*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4> (Dostęp z dnia 15.01.2026)

Bombarda, P., Invernizzi, C. M., & Pietra, C. (2010). Heat recovery from Diesel engines: A thermodynamic comparison between Kalina and ORC cycles. *Applied thermal engineering*, 30(2-3), 212-219. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2009.08.006>

European Parliament and Council. (2018). Directive (EU) 2018/2002 of 11 December 2018 amending Directive 2012/27/EU on energy efficiency (Official Journal of the European Union, L 328, pp. 210–230). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:32018L2002> (Dostęp z dnia 15.01.2026)

Ji, F., Bao, Y., Zhou, Y., Du, F., Zhu, H., Zhao, S., ... & Ding, S. (2019). Investigation on performance and implementation of Tesla turbine in engine waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 179, 326-338. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.10.071>

Nematollahi, O., Hajabdollahi, Z., Hoghooghi, H., & Kim, K. C. (2019). An evaluation of wind turbine waste heat recovery using organic Rankine cycle. *Journal of Cleaner Production*, 214, 705-716. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.009>

Peris, B., Navarro-Esbrí, J., Molés, F., & Mota-Babiloni, A. (2015). Experimental study of an ORC (organic Rankine cycle) for low grade waste heat recovery in a ceramic industry. *Energy*, 85, 534-542. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.03.065>

Słomczyńska, K., Mirek, P., & Panowski, M. (2023). Analysis of the Potential for Reducing the Energy Consumption of a Vegetable Sprouts Production Using Flownex Simulation Software. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 17(5). <https://doi.org/10.12913/22998624/170944>

Solomon, E. P., Villee, C. A., Berg, L., & Martin, D. W. (1993). Biology (3rd ed.). *Saunders College Pub.* <https://archive.org/details/biology00solo> (Dostęp z dnia 15.01.2026)

Stanek, M., & Panowski, M. (2021). Sposób przygotowania świeżej wody na potrzeby podlewania w uprawie kiełków warzywnych, w szczególności kiełków fasoli Mung (Patent RP nr 243296). *Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej*.

Uusitalo, A., Honkatukia, J., & Turunen-Saaresti, T. (2017). Evaluation of a small-scale waste heat recovery organic Rankine cycle. *Applied Energy*, 192, 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.088>

Xu, Z. Y., Mao, H. C., Liu, D. S., & Wang, R. Z. (2018). Waste heat recovery of power plant with large scale serial absorption heat pumps. *Energy*, 165, 1097-1105. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.052>

Zarzycki, R., & Panowski, M. (2017). Wykorzystanie ciepła odpadowego w procesie skojarzonego wytwarzania energii. *Mechanik*, 03/2017. <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.3.45>

Zhang HongSheng, Z. H., Zhao HongBin, Z. H., & Li ZhenLin, L. Z. (2019). Waste heat recovery and water-saving modification for a water-cooled gas-steam combined cycle cogeneration system with absorption heat pump. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.11.051>

Zhang, Q., Gao, J., Wang, Y., Wang, L., Yu, Z., & Song, D. (2019). Exergy-based analysis combined with LCA for waste heat recovery in coal-fired CHP plants. *Energy*, 169, 247-262. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.017>

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0*.

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license*.



POLSKIE ZRZESZENIE
INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW
SANITARNYCH

Certyfikacja kwalifikacji zawodowych PZITS

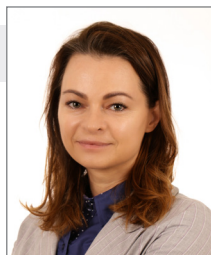
PZITS prowadzi proces **certyfikacji serwisantów małych oczyszczalni ścieków**, obejmujący weryfikację wiedzy i umiejętności przed komisją. Pozytywna ocena skutkuje wpisem na oficjalną listę certyfikowanych specjalistów.

Szczegóły: www.pzits.pl/mos



Wpływ wykorzystania odnawialnych źródeł energii na środowisko na przykładzie lokalnego studium przypadku

Environmental effects of renewable energy sources use on a local case study



Dr inż. Agnieszka Jachura

ORCID ID: 0000-0002-2116-3816

Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska
agnieszka.jachura@pcz.pl

Słowa kluczowe: OZE, analiza ekologiczna, systemy techniczne budynku, emisje zanieczyszczeń

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki oceny ekologicznej trzech wariantów wykorzystujących odnawialne źródła energii (OZE) w budynku jednorodinnym. W celu oceny wpływu produkcji ciepła i energii elektrycznej na środowisko, określono ilość emitowanych do powietrza głównych substancji zanieczyszczających. Aby móc porównać różne źródła energii oraz ocenić całkowity wpływ na środowisko, wyznaczono emisję równoważną oraz redukcję emisji zanieczyszczeń. Uzyskano najmniejsze obciążenie na środowisko w wariantcie OZE3, który wykazał najwyższą redukcję dla wszystkich badanych zanieczyszczeń. Największe rozbieżności redukcji emisji zanieczyszczeń, w poszczególnych wariantach, uzyskano dla dwutlenku węgla (CO_2) i tlenków azotu (NO_x). Benzo-(a)-piren (B-a-P) wykazywał najwyższą toksycznością z pośród wszystkich badanych zanieczyszczeń. Zredukowanie jego emisji o ponad 99% znacząco wpłynie na zdrowie ludzkie. Uzyskana w wariantcie OZE1 najniższa efektywność w redukcji emisji NO_x oraz CO_2 , sugeruje ograniczoną skuteczność technologii zastosowanych w tym rozwiązaniu. Wykazano, że wszystkie warianty OZE znacząco poprawiają jakość powietrza, szczególnie w odniesieniu do pyłu, sadzy, B-a-P, dwutlenku siarki i tlenku węgla. Ich redukcja przekracza lub jest zbliżona do poziomu 90%.

Keywords: waste heat, heat pump, heat from sprout growth processes

Abstract

The article presents the results of the ecological assessment of three variants using renewable energy sources (RES) in a single-family building. To assess the environmental impact of heat and electricity production, the amount of major air pollutants emitted was calculated. In order to compare different energy sources and assess the overall environmental impact, equivalent emissions and pollutant emission reductions were determined. The lowest environmental impact was achieved in RES3, which demonstrated the highest reduction for all pollutants tested. The greatest differences in pollutant emission reductions across the individual options were observed for carbon dioxide (CO_2) and nitrogen oxides (NO_x). Benzo-(a)-pyrene (B-a-P) demonstrated the highest toxicity of all pollutants tested. Reducing its emissions by over 99% would significantly impact human health. The lowest NO_x and CO_2 emission reduction efficiency achieved in RES1 suggests the limited effectiveness of the technologies used in this solution. All RES options were shown to significantly improve air quality, particularly with respect to dust, soot, B-a-P, sulfur dioxide, and carbon monoxide. Their reductions exceed or approach 90%.

Wprowadzenie

W sytuacji, gdy świat stoi w obliczu znacznego wzrostu zapotrzebowania i cen energii oraz zmniejszania się zapasów paliw kopalnych, potrzeba bezpieczeństwa energetycznego i ochrony środowiska nigdy nie była tak istotna. Według Międzynarodowej Agencji Energetycznej największymi konsumentami energii w Europie są budynki (Maduta et al., 2022). Sektor budowlany odpowiada za około 40% zużycia energii w Unii Europejskiej i znaczny odsetek globalnej emisji gazów cieplarnianych (około 36%) (Maduta et al., 2022, Szymańska et al., 2022), co czyni go kluczowym obszarem działań na rzecz klimatu. Zapewnienie ogrzewania, chłodzenia i wymaganej energii elektrycznej

to główne sektory zużycia energii w budynkach (Szczotka et al., 2022). W tym kontekście obiekty budowlane muszą stawić czoła wyzwaniu, jakim jest zarządzanie energią, które umożliwi im przyczynianie się do wzrostu gospodarczego, dobrobytu społecznego i zrównoważonego rozwoju, przy jednoczesnej ochronie zasobów nieodnawialnych i środowiska naturalnego. Ponadto mają możliwość przyjęcia środków mających na celu oszczędzanie energii, zmniejszenie jej zapotrzebowania i poprawę wydajności swoich systemów (Tomczuk et al., 2025, Sowa, 2018). Wynika to z dużej zależności od paliw kopalnych gospodarstw domowych, w celu pokrycia zapotrzebowania na ogrzewanie (CO), ciepłą wodę użytkową (CWU), a także w mniejszym stopniu i pośrednio na chłodzenie, oświetlenie i urządzenia

elektryczne (EE) (Szymańska et al., 2022). Rozwiązaniem pozwalającym na ograniczenie emisji gazów cieplarnianych z budynków mieszkalnych, może być wykorzystanie systemów energii odnawialnej. Odnawialne źródła energii (OZE) odgrywają istotną rolę w wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła w domach jednorodzinnych, niezależniacząc je od zewnętrznych dostawców energii (Chwieduk et al., 2018). Szacuje się, że aby zapewnić zrównoważony i możliwy do poprawy standard życia do roku 2050, wymagana jest dodatkowa produkcja energii niskoemisyjnej o mocy 25000 GW (Maduta et al., 2022). Badania wykazały, że biorąc pod uwagę szkodliwe skutki dla środowiska produkcji energii w oparciu o paliwa kopalne, wykorzystanie OZE, takich jak systemy fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe, magazyny energii czy elektrownie słoneczne, mogłoby znacząco przyczynić się do rozwoju niskoemisyjnego, zrównoważonego środowiska (Maduta et al., 2022, Szymańska et al., 2022, Kaczor et al., 2022). Zastosowanie technologii OZE w budynkach mieszkalnych ma na celu zwiększenie efektywności energetycznej, zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych oraz ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne (Sowa, 2018). Wprowadzenie rozwiązań opartych na OZE umożliwia również osiągnięcie większej niezależności energetycznej, co w kontekście niestabilnych cen energii i sytuacji geopolitycznej staje się istotnym czynnikiem bezpieczeństwa energetycznego gospodarstw domowych. W aspekcie ekologicznym, korzyści wynikające z wykorzystania OZE obejmują przede wszystkim redukcję emisji gazów cieplarnianych, ograniczenie zanieczyszczeń powietrza oraz zmniejszenie zapotrzebowania na surowce kopalne (Chwieduk et al., 2018, Kaczor et al., 2022).

Celem niniejszej pracy jest ocena ekologiczna zastosowania OZE w budynku mieszkalnym na podstawie konkretnego studium przypadku. Analiza obejmuje porównanie tradycyjnych rozwiązań energetycznych z wariantami opartymi na OZE, w kontekście ich wpływu na środowisko. Wyniki przeprowadzonych obliczeń mają na celu wskazanie, w jakim stopniu wdrożenie OZE może przyczynić się do poprawy bilansu energetycznego i środowiskowego budynków mieszkalnych, w polskich warunkach klimatycznych.

Założenia i warianty przyjęte do analiz

W niniejszej pracy analizy zostały przeprowadzone dla istniejącego budynku mieszkalnego, jednorodzinnego. Jest to obiekt dwukondygnacyjny, całkowicie podpiwniczony, zamieszkały jest przez czteroosobową rodzinę. Przedmiotowy budynek zlokalizowany jest w województwie śląskim, w miejscowości Wiśla. Odpowiada to trzeciej strefie klimatycznej naszego kraju. Dla tego regionu Polski, projektowana temperatura zewnętrzna wynosi -20°C . Przedmiotowy budynek w 2024 roku przeszedł gruntowną termomodernizację przegród budowlanych. Dzięki wykonanym ulepszeniom budynek spełnia wymagania WT2021 w zakresie izolacyjności przegród oraz efektywności energetycznej. Rozważono trzy warianty systemu zasilania przedmiotowego budynku w ciepło i energię elektryczną, których zestawienie zaprezentowano w tabeli 1. Do celów porównawczych, jako wariant odniesienia (bazowy) zastosowano aktualnie wykorzystywane w budynku źródła

Tabela 1. Warianty odnawialnych źródeł energii przyjęte do analiz, Źródło: opracowanie własne

Table 1. Variants of renewable energy sources adopted for the analyses, Source: authors' own study

Oznaczenie wariantu	Rodzaj źródła energii
W0	Kocioł węglowy, sieć elektroenergetyczna
OZE1	Kocioł na biomasę, panele fotowoltaiczne
OZE2	Kocioł na biomasę, kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, przydomowa elektrownia wiatrowa
OZE3	Kocioł na biomasę, kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne, przydomowa elektrownia wiatrowa, pompa ciepła

energii.

Wariant odniesienia (W0) to kocioł węglowy, o sprawności całkowitej wynoszącej 0,64. Stanowi on źródło zasilania budynku w ciepło, zarówno na potrzeby ogrzewania, jak i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Natomiast przedmiotowy budynek w energię elektryczną zaopatruje sieć elektroenergetyczna systemowa.

I wariant (OZE1) poddany analizie to zmiana kotła węglowego na kocioł na biomasę. Kocioł na biomasę ma za zadanie zapewnić ciepło oraz przygotować ciepłą wodę użytkową dla rozważanego budynku. W przypadku zasilania budynku w energię elektryczną, zaproponowano zastąpienie sieci elektroenergetycznej alternatywnym źródłem energii czyli panelami fotowoltaicznymi.

II wariant (OZE2) poddany analizie to wszystkie zmiany zaproponowane w wariantcie I oraz dodatkowo zastosowanie kolektorów słonecznych, które mają pokryć połowę zapotrzebowania na przygotowanie ciepłej wody użytkowej oraz przydomowej elektrowni wiatrowej, wspierającej produkcję energii elektrycznej.

III wariant (OZE3) poddany analizie to wszystkie zmiany zaproponowane w wariantcie II oraz dodatkowo zastosowanie pompy ciepła, która ma za zadanie zapewnić ogrzewanie domu w około 70% i pokryć około 30% zapotrzebowania do przygotowania ciepłej wody użytkowej.

Dane oraz założenia uwzględnione w obliczeniach: kocioł węglowy dostarcza ciepło na potrzeby grzewcze w wysokości 7540,19 kWh/rok (27,1425 GJ/rok), w tym na CO w ilości 4283,32 kWh/rok (15,42 GJ/rok) i CWU w ilości 3256,87 kWh/rok (11,72 GJ/rok); przyjęto stałe zużycie energii elektrycznej w przedmiotowym budynku jako 3500 kWh w ciągu roku.

Dla każdego wariantu przeprowadzono ocenę środowiskową, bazującą na emisji głównych zanieczyszczeń generowanych do atmosfery, tj.: dwutlenek siarki (SO_2), tlenki azotu (NO_x), tlenek węgla (CO), dwutlenek węgla (CO_2), pył, sadza, benzo(a)piren (B-a-P).

Metodyka analiz

W celu oceny wpływu produkcji ciepła i energii elektrycznej na środowisko, dla każdego z analizowanych wariantów obliczona została ilość emitowanych do powietrza głównych substancji zanieczyszczających (NO_x , SO_2 , CO_2 , CO, pył, sadza, B-a-P). Oznaczenie wielkości emisji

(rzeczywistej) poszczególnych gazów i pyłu przeprowadzono w oparciu o metodę wskaźnikową, na podstawie wartości opałowej paliwa, zapotrzebowania na energię, ilości zużytego paliwa oraz wskaźnika emisji. Do obliczeń wykorzystano zależność (1):

$$E_T = \frac{I_{Sp} \cdot W_o \cdot W_T}{1000} = C \cdot W_T, \frac{kg}{rok} \quad (1)$$

gdzie:

- E_T – emisja rzeczywista zanieczyszczenia o indeksie T [kg/rok]
- W_T – wskaźnik emisji zanieczyszczenia o indeksie T [kg/GJ] lub [kg/kWh]
- I_{Sp} – ilość spalanego paliwa [kg/rok]
- W_o – wartość opałowa paliwa [MJ/kg]
- 1000 – przelicznik z MJ na GJ
- C – roczne zapotrzebowanie na dany nośnik energii [GJ/rok] lub [kWh/rok]

Wartość opałową paliwa określono na podstawie danych udostępnionych przez dostawcę. Wartości wskaźników emisji przyjęto zgodnie z danymi udostępnianymi przez Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (2025a, 2025b).

Następnie wyznaczono emisję równoważną, aby porównać różne zanieczyszczenia pod względem ich toksyczności i oddziaływania na środowisko. Emisja równoważna bazuje na tzw. współczynnikach wagowych, przypisanych do danych substancji. To wielkość ogólna wydzielających się zanieczyszczeń pochodzących z określonego źródła, przeliczona na emisję dwutlenku siarki. Emisję równoważną obliczono poprzez zsumowanie iloczynu rzeczywistych emisji poszczególnych zanieczyszczeń pochodzących z ocenianego źródła i ich współczynników toksyczności, według poniższego wzoru:

$$E_R = \sum_{T=1}^n E_T \cdot K_T = \sum_{T=1}^n E_T \cdot \frac{D_{SO_2}}{D_T} \quad (2)$$

gdzie:

- E_R – emisja równoważna źródła emisji zanieczyszczeń [kg/rok]
- E_T – emisja rzeczywista zanieczyszczenia o indeksie T [kg/rok]
- K_T – współczynnik toksyczności zanieczyszczenia o indeksie T [-]

Współczynnik toksyczności, wskazany we wzorze 2, określono jako iloraz dopuszczalnej średniorocznej wartości stężenia dwutlenku siarki D_{SO_2} do dopuszczalnej średniorocznej wartości stężenia danego zanieczyszczenia D_T . Jego wartości określono na podstawie danych z rozporządzenia (Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska, 2021).

W celu identyfikacji oddziaływania poszczególnych wariantów na środowisko oraz ich porównania, określono redukcję emisji zanieczyszczeń (efekt ekologiczny) jako różnicę pomiędzy wielkością emisji ze spalania węgla (wariant bazowy) i biomasy wraz z OZE (w zależności od przyjętego wariantu), zgodnie z zależnością (3).

$$EE_{ROZEn} = E_{R,W0} - E_{R,OZEn} \left[\frac{kg}{rok} \right] \text{ lub } \quad (3)$$

$$EE_{ROZEn} = \frac{E_{R(W0-OZEn)} \cdot 100}{E_{R,W0}}, \%$$

gdzie:

- EE_{Rn} – efekt ekologiczny, redukcja emisji zanieczyszczeń [kg/rok] lub [%]
- $E_{R,W0}$ – całkowita emisja równoważna dla wariantu bazowego [kg/rok]
- $E_{R,OZEn}$ – całkowita emisja równoważna dla analizowanego wariantu z OZE [kg/rok]
- n – numer wariantu z OZE [-]
- $E_{R(W0-OZEn)}$ – różnica pomiędzy całkowitą emisją równoważną w wariantie bazowym i w analizowanym wariantie z OZE [kg/rok]

Wyniki analizy środowiskowej

W tabelach od 2 do 5 zestawiono uzyskane wyniki dotyczące przeprowadzonej analizy środowiskowej. Wszystkie obliczenia wykonano zgodnie z metodyką przedstawioną w punkcie 3. Tabela 2 zawiera zestawienie wskaźników emisji dla każdego analizowanego zanieczyszczenia, z podziałem na rodzaj zastosowanego nośnika energii w budynku.

Dane zaprezentowane w tabeli 2 pokazują, że w przypadku zastosowania paliwa z OZE, takich jak słońce czy wiatr, dla każdego z rozpatrywanych zanieczyszczeń, wartości wskaźnika WT wyniosły 0. W przypadku paliw kopalnych oraz biomasy, najwyższymi wartościami wskaźnika emisji zanieczyszczeń charakteryzuje się węgiel kamienny. Tylko w przypadku CO_2 produkcja energii elektrycznej wykazuje wyższe wartości w porównaniu do biomasy o ponad 30%, a w odniesieniu do węgla kamiennego o prawie 42%. Najbardziej zbliżonymi wartościami emisji, dla tych trzech rodzajów paliwa, charakteryzowały się tlenki azotu. W odniesieniu do węgla kamiennego biomasa generowała o 33% niższe emisje NO_x , a energia elektryczna o 22%. Dla pozostałych zanieczyszczeń różnice wyniosły średnio 93% na korzyść biomasy i energii elektrycznej. Wartości wskaźników WT zamieszczone w tabeli 2, wyraźnie pokazują, jak rodzaj przyjętego nośnika energii, wpływa na późniejsze ilości generowanych do środowiska zanieczyszczeń.

W tabeli 3 zestawiono rzeczywiste emisje zanieczyszczeń ET dla analizowanych wariantów. Wartości określono oddzielnie dla każdego systemu zasilania budynku w energię z rozbiorem na poszczególne rodzaje zanieczyszczeń oraz łącznie dla budynku.

Jak pokazują dane zamieszczone w tabeli 3, największą emisją całkowitą charakteryzuje się wariant bazowy W0, generując znaczne ilości CO_2 , CO i pyłów. Produkcja ciepła z biomasy wiąże się z emisją CO_2 na poziomie 3121,3875 kg/rok i 2447,269 kg/rok odpowiednio dla wariantów OZE1 i OZE2. Spalanie równoważnej energetycznie ilości węgla kamiennego powoduje emisję na zbliżonym poziomie, wyższym tylko o ok. 6% w porównaniu z biomasą w OZE2. Natomiast węgiel generuje niższe emisje o około 16% w odniesieniu do biomasy w OZE1. Dopiero wariant OZE3 charakteryzował się wyraźnie zmniejszoną emisją CO_2 z biomasy, o ponad 73%, w porównaniu z wariantem W0. Wynikało to przede wszystkim ze znacznego udziału

Tabela 2. Wskaźniki emisji poszczególnych zanieczyszczeń (WT) w zależności od rodzaju zastosowanego paliwa, Źródło: opracowanie własne
Table 2. Emission factors of individual pollutants (WT) depending on the type of fuel used, Source: authors' own study

Rodzaj paliwa	Jednostka	Rodzaj zanieczyszczenia						
		SO ₂	NO _x	CO	CO ₂	Pył	Sadza	B-a-P
Węgiel kamienny	kg/GJ	0,56	0,17	5,04	96,37	0,48	8·10 ⁻³	2,8·10 ⁻⁴
Energia elektryczna	kg/kWh / kg/GJ	4,4·10 ⁻⁴ 0,122	4,8·10 ⁻⁴ 0,133	2,7·10 ⁻⁴ 0,075	0,597 165,835	1,4·10 ⁻⁵ 3,9·10 ⁻³	3·10 ⁻⁶ 8,3·10 ⁻⁴	0,000 0,000
Biomasa	kg/GJ	0,007	0,113	0,537	115,0	0,048	3·10 ⁻⁴	2,5·10 ⁻⁵
Słońce	kg/GJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Wiatr	kg/GJ	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 3. Zestawienie emisji zanieczyszczeń ET poszczególnych systemów oraz całkowitej w budynku dla analizowanych wariantów, Źródło: opracowanie własne
Table 3. Summary of pollutant emissions ET of individual systems and the total emissions for the building for the analysed variants, Source: authors' own study

Wariant	System	Rodzaj zanieczyszczenia							Σ _{Zaniecz}
		SO ₂	NO _x	CO	CO ₂	pył	sadza	B-a-P	
		kg/rok							
W0	CO	8,6345	2,6212	77,7102	1485,9001	7,4010	0,1233	0,0043	1582
	CWU	6,5653	1,9930	59,0880	1129,8226	5,6274	0,0938	0,0076	1203
	EE	1,5575	1,6835	0,9555	2089,5000	0,0490	0,0105	0,0000	2094
	Σ _{Sys.}	16,7573	6,2977	137,7537	4705,2227	13,0774	0,2276	0,0119	4879
OZE1	CO	0,1079	1,7423	8,2798	1773,1505	0,7401	0,0046	0,0004	1784
	CWU	0,0821	1,3248	6,2957	1348,2370	0,5627	0,0035	0,0003	1357
	EE	0,7788	0,8418	0,4778	1044,7500	0,0245	0,0053	0,0000	1047
	Σ _{Sys.}	0,9687	3,9089	15,0533	4166,1375	1,3273	0,0134	0,0007	4187
OZE2	CO	0,1079	1,7423	8,2798	1773,1505	0,7401	0,0046	0,0004	1784
	CWU	0,0410	0,6624	3,1478	674,1185	0,2814	0,0176	0,0001	679
	EE	0,3894	0,4209	0,2389	522,3750	0,0123	0,0026	0,0000	523
	Σ _{Sys.}	0,5383	2,8256	11,6666	2969,6440	1,0337	0,0248	0,0005	2986
OZE3	CO	0,0677	0,4515	1,5804	456,515	0,2258	0,0000	0,0001	459
	CWU	0,0352	0,2345	0,8207	237,0551	0,1172	0,0000	0,0000	238
	EE	0,3894	0,4209	0,2389	522,3750	0,0123	0,0026	0,0000	523
	Σ _{Sys.}	0,4923	1,1069	2,6400	1215,9451	0,3553	0,0026	0,0001	1221

Σ_{Sys.} – łączna emisja danego zanieczyszczenia ze wszystkich systemów zasilania budynku w energię (CO, CWU, EE); Σ_{zaniecz} – suma wszystkich zanieczyszczeń generowanych z danego systemu

Σ_{Sys.} – total emissions of a given pollutant from all building energy supply systems (CO - space heating, CWU - domestic hot water, EE - electricity);

Σ_{Pollutants} – sum of all pollutants generated by a given system

pompy ciepła do ogrzewania i przygotowywania ciepłej wody użytkowej. Mimo, iż rzeczywista emisja CO₂ podczas spalania biomasy jest dość wysoka, nie jest ona wliczana do bilansu gazów cieplarnianych ze względu na fakt, że rośliny w trakcie wegetacji wiążą ten gaz z atmosfery. Zamyka to obieg dwutlenku węgla w środowisku, nie przyczyniając się do wzrostu jego zawartości w atmosferze. Powoduje to korzystniejszy efekt środowiskowy przy zastosowaniu biomasy do produkcji ciepła niż paliwa konwencjonalnego.

Porównując poszczególne systemy zasilania w energię to w wariantcie bazowym największy udział w emisji CO₂ miała produkcja energii elektrycznej. W odniesieniu do systemu dostarczającego ciepło do ogrzewania emisja CO₂ była mniejsza o niecałe 30% (604 kg/rok) a dla systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej o 46% (960 kg/rok), w porównaniu z energią elektryczną. Podobną zależność zaobserwowano w wariantcie OZE3, choć na

znacznie niższych poziomach zanieczyszczeń. Tu również emisja CO₂ była mniejsza w odniesieniu do emisji z produkcji EE, dla systemu CO o około 16% (66 kg/rok), a dla systemu CWU o prawie 55% (285 kg/rok). W przypadku pozostałych zanieczyszczeń, emisja z produkcji energii elektrycznej w W0, były na zdecydowanie niższym poziomie niż w pozostałych dwóch systemach. W przypadku wariantów OZE1 i OZE2, emisja CO₂ z systemu EE była najmniejsza, a dla systemu CO miała największy udział. Emisja CO₂ była mniejsza o: 1251 kg/rok (71%) i 1099 kg/rok (62%) dla EE i 728 kg/rok (41%) i 425 kg/rok (24%) dla CWU, odpowiednio dla OZE2 i OZE1 w porównaniu do systemu ogrzewania w tych wariantach. W przypadku wszystkich analizowanych wariantów, w w odniesieniu do emisji NO_x, uzyskano najbardziej zbliżone wartości, z tendencją malejącą w kierunku wariantu OZE3.

Każdy kolejny z wariantów OZE powoduje zredukowanie poszczególnych, jak i całkowitej emisji zanieczyszczeń,

Tabela 4. Dopuszczalne stężenia, współczynniki toksyczności oraz emisja równoważna dla poszczególnych zanieczyszczeń dla każdego z rozpatrywanych wariantów, Źródło: opracowanie własne

Table 4. Permissible concentrations, toxicity factors, and equivalent emissions for individual pollutants for each of the analysed variants, Source: authors' own study

Wielkość	Jednostka	Rodzaj zanieczyszczenia					Łączna emisja
		SO ₂	NO _x	Pył	Sadza	B-a-P	
DSO ₂	μg/m ³	20					
DT		20	40	40	8	1·10 ⁻³	
K		1	0,5	0,5	2,5	2·10 ⁻⁴	
ER,W0	kg/rok	16,7573	3,1489	6,5387	0,5691	238,6087	265,6227
ER,OZE1		0,9687	1,9544	0,6637	0,0335	13,5713	17,1916
ER,OZE2		0,5383	1,4128	0,5169	0,0621	10,6403	13,1704
ER,OZE3		0,4923	0,5534	0,1776	0,0066	2,0000	3,2299

Tabela 5. Bezpośredni efekt ekologiczny w poszczególnych wariantach OZE, Źródło: opracowanie własne

Table 5. Direct ecological effect in individual renewable energy variants, Source: authors' own study

Emisja	EE _{R,OZE1}		EE _{R,OZE2}		EE _{R,OZE3}	
	kg/rok	%	kg/rok	%	kg/rok	%
SO ₂	15,7886	94,22	16,2190	96,79	16,26503	97,06
NO _x	2,3889	37,93	3,472142	55,13	5,19085	82,42
CO	122,7004	89,07	126,0871	91,53	135,1137	98,08
CO ₂	539,0852	11,46	1735,579	36,89	3489,278	74,16
Pył	11,7501	89,85	12,04368	92,10	12,72215	97,28
Sadza	0,2142	94,12	0,202804	89,09	0,225015	98,85
B-a-P	0,011252	94,31	0,011398	95,54	0,01183	99,16

w odniesieniu do W0. Wariant OZE1 ogranicza w sposób umiarkowany ilość zanieczyszczeń, charakteryzując się wciąż wysokim poziomem emisji CO₂ pochodzącym ze spalania biomasy. W wariantcie tym ograniczono całkowitą emisję o 692 kg/rok, co stanowiło około 14%. Wariant OZE2 spowodował dalsze zmniejszenie ilości zanieczyszczeń o 1893 kg/rok, czyli o 39%. Zmniejszenie to osiągnięto dzięki ograniczeniu produkcji energii elektrycznej z sieci systemowej, którą dodatkowo wspomogła energia pochodząca z wiatru oraz zredukowaniu zapotrzebowania na ciepło do przygotowania ciepłej wody użytkowej z biomasy na korzyść kolektorów słonecznych. Wariant OZE3 wykazał największą redukcję emisji zanieczyszczeń, która spadła do poziomu 1221 kg/rok, osiągając 75% zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko. Użytkano to głównie poprzez zastosowanie pompy ciepła do wspomagania ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz pełnej integracji OZE.

Tabela 4 zawiera emisje równoważne oraz dane dotyczące stężeń i toksyczności analizowanych zanieczyszczeń dla każdego wariantu. Emisja równoważna jest pewnego rodzaju wskaźnikiem, łączącym różne zanieczyszczenia w jedną wartość porównawczą, z zastosowaniem tzw. współczynników szkodliwości, dzięki czemu możliwe jest porównanie różnych źródeł energii oraz ocena całkowitego wpływu instalacji na środowisko. W ostatniej tabeli 5 zaprezentowano efekt ekologiczny, jaki uzyskano w poszczególnych wariantach wykorzystujących OZE oraz stopień redukcji poszczególnych zanieczyszczeń. Analiza danych przedstawionych w tabeli 4 i 5 obejmuje

je ocenę bezpośredniego efektu ekologicznego, określonego na podstawie emisji równoważnej zastosowania trzech wariantów wykorzystujących OZE. Porównaniu poddano redukcję emisji siedmiu kluczowych zanieczyszczeń: SO₂, NO_x, CO, CO₂, pyłu, sadzy oraz B-a-P. Wyniki zaprezentowano zarówno w jednostkach masy (kg/rok), jak również w procentach, co pozwala określić względną efektywność poszczególnych rozwiązań. W każdym wariantcie OZE uzyskano bardzo wysoką redukcję emisji SO₂. Średnio zredukowano ją o 96%, co stanowi niemal całkowite ograniczenie oddziaływania tego zanieczyszczenia na środowisko. Największym zróżnicowaniem wartości redukcji emisji, pośród analizowanych wariantów OZE, charakteryzują się NO_x. Najwyższą skuteczność zmniejszenia ich negatywnego oddziaływania uzyskano w wariantcie OZE3, na poziomie ponad 82%. Natomiast warianty OZE1 i OZE2 zmniejszają bezpośredni efekt ekologiczny odpowiednio o 38% i 55%. Zróżnicowanie wartości emisji NO_x wynika z różnic technologicznych oraz

z zastosowanych rozwiązań w zakresie spalania w danym wariantcie. Efektywność redukcji CO₂ jest również zróżnicowana, jednak znacznie niższa niż w przypadku pozostałych zanieczyszczeń. Podobnie jak w przypadku pozostałych zanieczyszczeń wariant OZE3 wykazał najwyższą redukcję CO₂ (74%). Wariant OZE1 zmniejszył tylko o około 11% bezpośredni efekt ekologiczny, co stanowiło najniższy wynik spośród wszystkich zanieczyszczeń w każdym z analizowanych wariantów. Pośredni efekt uzyskano w wariantcie OZE2, na poziomie 37%. Różnice te wynikały przede wszystkim z różnego udziału OZE w całkowitym bilansie energii oraz ograniczenia spalania paliw kopalnych. Redukcja emisji CO jest wysoka we wszystkich wariantach. Średnie zmniejszenie bezpośredniego oddziaływania na środowisko kształtowało się na poziomie 93%, co świadczy o znacznym ograniczeniu niecałkowitego spalania paliw. W przypadku pyłu zawieszonego i sadzy uzyskano bardzo wysoki efekt redukcji emisji, który rośnie wraz z udziałem OZE. Ograniczenie negatywnego wpływu tych substancji na środowisko zredukowano średnio o około 94%. Tak znaczące ograniczenie emisji cząstek stałych, szczególnie pyłu PM_{2,5}, powinno pozytywnie wpłynąć na układ oddechowy ludzi. Wszystkie warianty OZE uzyskały bardzo wysokie efekty redukcji w odniesieniu do najbardziej toksycznego związku, jakim jest benzo(a)piren. W przypadku wariantu OZE3 udało się niemal całkowicie wyeliminować emisję tej substancji do środowiska, osiągając ponad 99% skuteczność. Warianty OZE1 i OZE2 zapewniają średnio około 95% redukcji emisji B-a-P, co również jest wynikiem korzystnym ekologicznie.

Wnioski

Przeprowadzone w pracy analizy wykazały, że zastosowanie odnawialnych źródeł energii w wariantach OZE1-OZE3 prowadzi do znaczącej redukcji emisji zanieczyszczeń w porównaniu do wariantu bazowego W0. Największe korzyści środowiskowe osiągnięto w wariantcie OZE3, w którym kombinacja biomasy, kolektorów słonecznych, paneli fotowoltaicznych, energii wiatrowej oraz pompy ciepła pozwoliła na obniżenie całkowitych emisji z 4879 kg/rok do jedynie 1221 kg/rok. Wariant ten cechuje się szczególnie niską emisją CO₂, pyłów, sadzy oraz benzo(a)pirenu, co czyni go najbardziej przyjaznym dla środowiska oraz zdrowia człowieka. Wykazał on największą redukcję emisji CO₂, o 74%, co odpowiadało ilości prawie 3,5 tysiąca kg tego gazu w ciągu roku, który nie został wyemitowany do atmosfery. Charakteryzował się również najniższymi emisjami wszystkich pozostałych zanieczyszczeń. Wprowadzenie technologii OZE skutecznie poprawia jakość powietrza i zmniejsza emisję gazów cieplarnianych. Jednak największą różnicę przynosi zastosowanie pompy ciepła w wariantcie OZE3, która eliminuje spalanie paliw stałych (znacznie minimalizuje potrzebę spalania biomasy i w pełni zastępuje paliwa kopalne). Dzięki temu dobrze wpisują się w zrównoważony rozwój oraz w znacznym stopniu przybliżają cały system budowlano-instalacyjny do standardów zeroemisyjnych. Warianty OZE1 i OZE2 można określić jako tzw. warianty przejściowe. Wykazują one znaczną poprawę względem wariantu bazowego, redukując emisje SO₂, pyłów i substancji rakotwórczych nawet o 90%, jednak wciąż charakteryzują się znacznymi emisjami CO₂ i CO ze spalania biomasy, nie osiągając niskoemisyjności na poziomie rozwiązań zaproponowanych w wariantcie OZE3. Najbardziej emisyjnym wariantem jest wariant bazowy W0. Charakteryzuje się wysokimi emisjami cząstkowymi CO₂, pyłów, sadzy i B(a)P, jak i całkowitą emisją zanieczyszczeń. Przekłada się to na największy wpływ na środowisko, zdrowie ludzkie czy jakość ekosystemu. Inwestycja w pompę ciepła w połączeniu z OZE daje największy efekt redukcji emisji zanieczyszczeń. Przy pewnych ograniczeniach ekonomicznych lub technicznych, warto również rozważyć pozostałe warianty OZE, jednak należy pamiętać, że ich potencjał redukujący ilość emitowanych zanieczyszczeń jest znacznie niższy. Aby w pełni świadomie wybrać najlepsze rozwiązanie dla danego budynku, należałoby również uwzględnić analizę ekonomiczną, która wskaże możliwości finansowe danego przedsięwzięcia, w całym cyklu jego istnienia, uwzględniając zarówno koszty inwestycyjne oraz późniejsze koszty eksploatacyjne.

Źródło finansowania

Badania naukowe sfinansowano z subwencji statutowej Wydziału Infrastruktury i Środowiska Politechniki Częstochowskiej.

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*

Bibliografia

- Maduta, C., Melica, G., D'Agostino, D., & Bertoldi, P. (2022). Towards a decarbonised building stock by 2050: The meaning and the role of zero emission buildings (ZEBs) in Europe. *Energy Strategy Reviews*, 44, 101009. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101009>
- Szymańska, E. J., Kubacka, M., Woźniak, J., & Polaszczyk, J. (2022). Analysis of residential buildings in Poland for potential energy renovation toward zero-emission construction. *Energies*, 15(24), 9327. <https://doi.org/10.3390/en15249327>
- Szczotka, K., Szymiczek, J., & Michalak, P. (2022). Analiza wpływu zastosowania odnawialnych źródeł energii na charakterystykę energetyczną budynku jednorodzinnego. *Rynek Energii*.
- Tomczuk, K., & Rosiak, M. (2025). Analiza strat ciepła budynku mieszkalnego w kontekście termomodernizacji – studium przypadku. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 1(7–8), 26–30. <https://doi.org/10.15199/9.2025.7-8.5>
- Sowa, S. (2018). Odnawialne źródła energii jako czynnik wpływający na poprawę efektywności energetycznej. *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN*. 105: 187-195. <https://doi.org/10.24425/124381>
- Chwieduk, D., & Jaworski, M. (Eds.). (2018). *Energetyka odnawialna w budownictwie: magazynowanie energii*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Kaczor, J., & Machowska, M. (2022). Analiza możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii na potrzeby schroniska górskiego. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 53. <https://doi.org/10.15199/9.2022.6.5>
- Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. (2025a). Wskaźniki emisyjności CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2024 rok. https://www.kobize.pl/uploads/materialy/materialy_do_pobrania/aktualnosci/2025/142_Wskazniki_emisyjnosci_2025.pdf (Dostęp z 17.01.2026)
- Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami. (2025b). Wskaźniki emisji zanieczyszczeń ze spalania paliw dla źródeł o nominalnej mocy cieplnej do 5 MW, zastosowane do automatycznego wyliczenia emisji w raportach do Krajowej bazy za lata 2022-2024. https://krajowabaza.kobize.pl/docs/MATERIAL_wskazniki_male_zrodla_spalania_paliw_2022-2024.pdf (Dostęp z 17.01.2026)
- Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 12 kwietnia 2021 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie poziomów niektórych substancji w powietrzu, Dz.U. 2021 poz. 845. (2021). Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej.



Wytwarzanie paliwa alternatywnego oraz jego rola w nowoczesnej gospodarce odpadami – stan obecny i perspektywy

Production of alternative fuel and its role in modern waste management – current status and perspectives



Dr hab. inż. Jurand Bień, prof. PCz.

ORCID ID: 0000-0002-8544-7463

Wydział Infrastruktury i Środowiska
Politechnika Częstochowska
jurand.bien@pcz.pl

Słowa kluczowe: paliwo alternatywne, RDF, odpady komunalne, odzysk energii, gospodarka o obiegu zamkniętym

Streszczenie

Odpadowe paliwa alternatywne stanowią istotny element nowoczesnej gospodarki odpadami, wpisując się w cele transformacji energetycznej oraz gospodarki cyrkularnej. Artykuł przedstawia definicje i charakterystykę paliw alternatywnych, obejmujących m.in. kod odpadu 19 12 10 zgodnie z katalogiem odpadów. Omówiono skład surowcowy tych paliw oraz procesy przetwarzania odpadów prowadzące do ich wytworzenia. Zaprezentowano aktualny stan rynku paliw alternatywnych w Polsce – wielkość produkcji, stopień wykorzystania energetycznego oraz rozmieszczenie geograficzne zarówno podmiotów wytwarzających, jak i zużywających te paliwa. Przeanalizowano bariery rozwoju rynku (np. nadwyżka produkcji nad krajowym zużyciem, uwarunkowania prawne) oraz czynniki sprzyjające (rosnące moce przerobowe, zainteresowanie inwestycjami w spalarnie, korzyści klimatyczne). Wskazano prognozy i kierunki dalszego rozwoju, uwzględniając krajowe potrzeby ograniczenia składowania odpadów i unijne cele gospodarki o obiegu zamkniętym.

Keywords: alternative fuel, RDF, municipal waste, energy recovery, circular economy

Abstract

Alternative fuels are an important component of modern waste management, aligning with the goals of energy transition and circular economy. This paper presents definitions and characteristics of alternative fuels, including the waste code 19 12 10 according to the waste catalog. The material composition of these fuels and the waste processing methods leading to their production are discussed. The current status of the alternative fuel market in Poland is presented – the volume of production, degree of energy recovery, and geographical distribution of both producing and consuming entities. The analysis covers market development barriers (e.g. surplus production over domestic usage, legal conditions) and driving factors (increasing processing capacities, investment interest in incineration, climate benefits). Forecasts and development directions are indicated, taking into account national needs to reduce landfilling and EU circular economy targets.

Wprowadzenie

Transformacja energetyczna oraz koncepcja gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) stawiają przed gospodarką odpadami nowe wyzwania. Tradycyjny model liniowy „weź – wyprodukuj – zużyj – wyrzuć” jest nie do utrzymania wobec ograniczonej zasobów i przestrzeni składowisk. W modelu GOZ dąży się do zachowania wartości zasobów jak najdłużej, m.in. poprzez ponowne wykorzystanie produktów i recykling materiałowy lub organiczny odpadów. Niemniej nawet przy intensyfikacji recyklingu pozostaje strumień odpadów, które nie nadają się do ponownego przetworzenia materiałowego. Właśnie dla takiej frakcji odpadów kluczowe staje się paliwo alternatywne, produkt pośredni umożliwiający odzysk energetyczny i domknięcie cyklu gospodarki odpadami (Bień, 2021).

Paliwa alternatywne wpisują się również w cele transformacji energetycznej. Zastępując paliwa kopalne w pro-

cesach przemysłowych (np. w piecach cementowych) czy w wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła, pozwalają ograniczyć zużycie pierwotnych surowców energetycznych oraz wykorzystać energię zawartą w odpadach. Co więcej, udział biogennych komponentów w paliwie z odpadów (papier, drewno, bioodpady) oznacza, że część uzyskanej energii ma charakter odnawialny. Dodatkową korzyścią są potencjalne oszczędności emisji CO₂, termiczne przekształcenie odpadów w miejsce węgla redukuje emisję z paliw kopalnych i może przynosić efekty ekonomiczne w związku z regulacjami emisyjnymi. Nic zatem dziwnego, że produkcja i wykorzystanie paliw z odpadów budzi duże zainteresowanie jako ważny element wdrażania planu gospodarki cyrkularnej w UE (Bień, 2021).

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie obecnego stanu wiedzy i rynku paliw alternatywnych w Polsce, ich cech charakterystycznych, skali wytwarzania i wykorzystania, a także barier oraz perspektyw rozwoju.

Charakterystyka paliw alternatywnych

Pojęcie paliwa alternatywnego nie zostało jednoznacznie zdefiniowane w polskim prawie. Termin ten pojawia się jedynie w rozporządzeniu Ministra Klimatu z 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów, gdzie pod kodem 19 12 10 wymieniono odpady palne (paliwo alternatywne) (Rozporządzenie Ministra Klimatu, 2020a). Ma to istotne konsekwencje: paliwo alternatywne formalnie traktowane jest jako odpad, a nie produkt handlowy (Bień, 2021). Oznacza to, że mimo posiadania cech paliwa (zdolności do wydzielania znacznych ilości ciepła przy spalaniu), nie może być ono swobodnie wprowadzane na rynek jak węgiel, gaz czy olej opałowy. Jego wykorzystanie następuje w ramach procesu odzysku odpadów, a instalacje spalające muszą spełniać wymagania przewidziane dla termicznego przekształcania odpadów (Rozporządzenie Ministra Rozwoju, 2016). Zgodnie z regulacjami, paliwo alternatywne to odpad palny, rozdrobniony i odpowiednio skomponowany, tak aby podczas jego spalania nie dochodziło do przekroczenia obowiązujących standardów emisyjnych (Rozporządzenie Ministra Klimatu, 2020b).

Paliwo alternatywne powstaje najczęściej z wysokokalorycznych frakcji odpadów komunalnych i przemysłowych, które nie nadają się do recyklingu materiałowego. Zasadniczymi komponentami RDF są więc materiały o wysokiej wartości opałowej i relatywnie niskiej toksyczności: tworzywa sztuczne, gumy, papier, tekstylia, drewno, odpady kompozytowe itp. W praktyce w Polsce paliwo alternatywne wytwarzane jest głównie z tzw. frakcji kalorycznej odpadów komunalnych wyodrębnianej w instalacjach mechaniczno-biologicznego przetwarzania (MBP). Odpady poddaje się rozdrobnieniu oraz separacji (np. usunięcie metali), a następnie miesza tak, by uzyskać jednorodne paliwo o pożądanych parametrach (wartości opałowej, zawartości popiołu, wilgoci, chloru itp.) akceptowanych przez odbiorców. Paliwo takie ma zazwyczaj postać sypką (zrębki, fluff) ułatwiającą transport i podawanie do palenisk.

W literaturze i praktyce funkcjonują zbliżone pojęcia RDF (*Refuse Derived Fuel*) oraz SRF (*Solid Recovered Fuel*). RDF to ogólne określenie paliwa z odpadów. Komisja Europejska w 2003 r. zdefiniowała RDF jako paliwo powstające z przetworzonych odpadów, przy czym do RDF można zaliczyć bardzo szeroki zakres surowców, w tym wybrane frakcje komunalne, odpady przemysłowe, osady ściekowe, a nawet odpady niebezpieczne (Rozporządzenie Ministra Klimatu, 2020b). Tak szeroka definicja utrudniała jednak ustanowienie jednolitych standardów jakościowych. Dlatego w następstwie podjęto działania mające wyodrębnić w ramach RDF paliwa o ściślejszych wymaganiach – tak powstała kategoria SRF, odnosząca się do stałych paliw wtórnych produkowanych wyłącznie z odpadów niebezpiecznych. Dla paliw SRF ustanowiono normy europejskie (m.in. PN-EN 15359, obecnie PN-EN ISO 21640:2021-10), definiujące klasy jakości na podstawie kluczowych parametrów, takich jak wartość opałowa, zawartość chloru i zawartość rtęci (PKN, 2021). Paliwa spełniające te normy charakteryzują się przewidywalnymi właściwościami energetycznymi i emisyjnymi, co ułatwia ich wykorzystanie w instalacjach przemysłowych. Warto dodać, że zarówno paliwa typu RDF, jak i SRF miesz-

czą się w kategorii odpadu 19 12 10. Rozróżnienie ma znaczenie głównie techniczne i handlowe.

Rynek paliw alternatywnych w Polsce – stan obecny

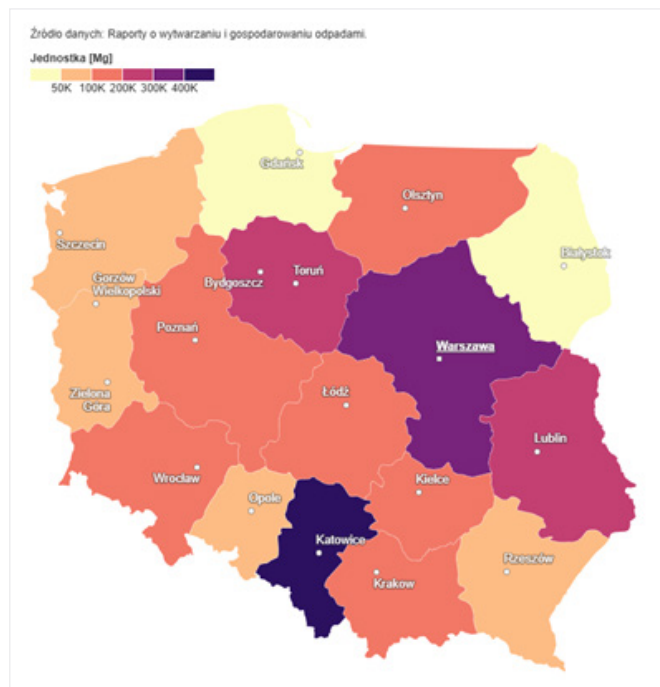
Wielkość produkcji i podaży

W Polsce rynek paliw alternatywnych rozwinał się wraz z upowszechnieniem instalacji MBP i zaostrzeniem przepisów ograniczających składowanie odpadów wysokoenergetycznych. Według danych z raportów wojewódzkich, łączna ilość wytwarzanych paliw alternatywnych (kod 19 12 10) już w latach 2016–2018 przekraczała 2,5 mln ton rocznie (Bień, 2021). W 2016 r. odnotowano ok. 2,61 mln Mg, a w 2018 r. już 2,71 mln Mg paliwa (bez uwzględnienia procesu R12). Jeśli doliczyć paliwo powstające w procesach R12 (dodatkowe doskonalenie jakości poprzez domieszanie kolejnych odpadów wysokokalorycznych), całkowita podaż wynosiła w tych latach około 3,2 mln ton rocznie. W kolejnych latach tempo wytwarzania nadal rosło. Rok 2021 zamknął się produkcją około 2,54 mln Mg (ponad 3,0 mln Mg z R12), zaś 2022 przyniósł kolejny wzrost do 2,76 mln Mg (lub 3,08 mln Mg z uwzględnieniem R12), co oznacza przyrost o blisko 9% rok do roku (Bień, 2024).

Warto zauważyć, że zmiana systemu sprawozdawczości od 2020 r. (przejście z raportów papierowych na elektroniczną bazę BDO) początkowo spowodowała pewne zaburzenia danych. Na przełomie 2018 i 2019 r. oficjalnie raportowana ilość paliwa spadła o ok. 350 tys. ton, częściowo wskutek odmiennej klasyfikacji u niektórych wytwórców (Bień, 2021). Tendencja wzrostowa jednak szybko powróciła, co potwierdzają dane z lat 2020–2022. Ogólny obraz rynku wskazuje na utrzymującą się nadwyżkę podaży nad krajowym zapotrzebowaniem.

Wytwarzanie paliw alternatywnych koncentruje się w regionach o rozwiniętej infrastrukturze przetwarzania odpadów. Historycznie liderem było województwo mazowieckie, gdzie w latach 2016–2018 powstawało ponad 700 tys. ton RDF rocznie (Bień, 2021). Po 2019 r. nastąpił jednak istotny spadek raportowanej produkcji na Mazowszu, prawdopodobnie w związku z reorganizacją systemu gospodarki odpadami w Warszawie. Obecnie najwyższe ilości paliwa alternatywnego wytwarzane są w województwie śląskim, które w 2021 r. wyprodukowało ponad 470 tys. ton, a w 2022 r. osiągnęło kolejne historyczne maksimum, blisko 550 tys. ton (Bień, 2024). Do czołowych regionów należą także woj. mazowieckie, wielkopolskie, dolnośląskie czy kujawsko-pomorskie, choć w 2022 r. w dwóch ostatnich odnotowano akurat spadki produkcji względem roku poprzedniego. Zauważalny jest trend wzrostowy w Polsce wschodniej gdzie np. w woj. kujawsko-pomorskim produkcja wzrosła o ponad 107 tys. ton w 2022 r., podczas gdy w części zachodniej kraju (Dolny Śląsk, Wielkopolska) produkcja nieco się zmniejszyła. Najmniejsze ilości RDF wytwarza się tradycyjnie w regionach mniej zaludnionych i słabiej uprzemysłowionych. Dla przykładu woj. podlaskie raportowało poniżej 20 tys. ton rocznie (Bień, 2024).

Strukturę branży wytwarzania paliw alternatywnych cechuje stosunkowo duża liczba podmiotów, z przewagą małych producentów. W 2017 r. RDF produkowało w Pol-



Rys. 1. Ilość wytworzonego paliwa alternatywnego (kod odpadu 19 12 10) w poszczególnych województwach Polski w latach 2020–2022 (wartości w tysiącach ton). Woj. śląskie i mazowieckie należą do głównych producentów RDF. Wersja interaktywna (Bień, 2024)

Fig. 1. Amount of alternative fuel produced (waste code 19 12 10) in individual Polish voivodeships in the years 2020–2022 (values in thousand tonnes). The Silesian and Masovian voivodeships are among the main producers of RDF. Interactive version (Bień, 2024)

sce około 200 podmiotów, natomiast w 2021 r. liczba ta spadła do 175 (Bień, 2021, 2024). Świadczyć to może o pewnej konsolidacji rynku lub zaprzestaniu działalności przez najmniejszych wytwórców. Większość stanowią przedsiębiorstwa komunalne lub firmy specjalizujące się w gospodarowaniu odpadami. Część cementowni również prowadzi własne linie do produkcji paliwa z przyjmowanych odpadów (np. Lafarge w Kujawsko-Pomorskiem) (Bień, 2020, 2021, 2024). Mimo licznej grupy drobnych wytwórców (produkujących <5 tys. ton rocznie), trzon podaży pochodzi od kilkudziesięciu największych zakładów. Stabilna pozostaje liczba producentów wytwarzających >10 tys. ton rocznie. W ostatnich latach to ok. 60–70 podmiotów (Bień, 2020), co wskazuje na utrzymującą się bazę większych instalacji MBP i zakładów paliw alternatywnych.

Wykorzystanie energetyczne paliw alternatywnych

Alternatywne paliwa z odpadów znajdują zastosowanie głównie jako substytut paliw kopalnych w instalacjach przemysłowych o wysokich wymaganiach energetycznych. W Polsce odzysk energetyczny RDF odbywa się formalnie w procesie R1 (wykorzystanie jako paliwo do wytwarzania energii) lub procesie R12 (przetworzenie, przygotowanie do dalszego odzysku). Ponieważ R12 jest etapem pośrednim to faktyczne zużycie paliw alternatywnych dotyczy procesu R1, czyli finalnego spalania z odzyskiem energii.

Krajowe wykorzystanie paliw alternatywnych systematycznie rośnie, choć wciąż nie nadąża za rosnącą produkcją. W latach 2016–2018 ilość paliw poddawanych

odzyskowi R1 wzrosła z 1,22 mln ton do 1,54 mln ton. Do 2021 r. nastąpił dalszy wzrost zużycia do poziomu ok. 1,73 mln ton. Dane za 2022 r. wskazują na kolejny istotny skok. W procesie R1 zagospodarowano około 2,08 mln ton paliwa alternatywnego. Mimo to konsumpcja pozostaje wyraźnie niższa niż ilość wytwarzanego paliwa (2,76 mln ton w 2022 bez R12), co oznacza, że znaczna część RDF nadal nie znajduje bieżącego zagospodarowania na rynku krajowym (Bień, 2020, 2021, 2024).

Od lat przemysł cementowy pozostaje dominującym odbiorcą paliw alternatywnych w Polsce. Piece cementowe są technologicznie przystosowane do współspalania odpadów i dysponują dużym potencjałem absorpcji RDF. Szacuje się, że krajowe cementownie mogą przyjąć maksymalnie ok. 1,8–1,9 mln ton paliwa alternatywnego rocznie. W 2018 r. przemysł cementowy wykorzystał 1,46 mln ton RDF, co stanowiło aż 94,7 % całego zużycia R1 w kraju (Bień, 2021). W kolejnych latach udział cementowni nieznacznie spada wraz z rozwojem innych form odzysku, lecz nadal wynosi ponad 90 %. Dla przykładu w 2021 r. na 1,81 mln ton spalonego paliwa ok. 1,65 mln ton przypadło na cementownie (udział 90,8 %) (Bień, 2024). Największym pojedynczym konsumentem RDF jest od lat Cementownia Góraždze, a w ścisłej czołówce są także Cementownia Chełm (CEMEX) oraz Cementownia Ożarów. W tabeli 1 zestawiono dziesięć czołowych instalacji wykorzystujących paliwo 19 12 10 w procesie R1 (dane za 2022 r.) (Bień, 2024). Jak widać, listę tę zdominowały zakłady cementowe. Oprócz nich w pierwszej dziesiątce pojawiają się jedynie ciepłownia wielopaliwowa Fortum w Zabrze oraz zakładowa elektrownia papierni Stora Enso (Ostrołęka).

Tabela 1. Najwięksi odbiorcy paliwa alternatywnego 19 12 10 w procesie R1 w Polsce (w 2022)

Table 1. Largest recipients of alternative fuel 19 12 10 in the R1 process in Poland (in 2022)

Lp.	Zakład (lokalizacja)	Zużycie paliwa [tys. Mg]
1.	Cementownia Góraždze	482,0
2.	Cementownia Ożarów	328,9
3.	Cemex Polska (Cementownia Chełm, lubelskie)	284,7
4.	Lafarge Cement (Kujawy, kujawsko-pomorskie)	200,2
5.	Cementownia Warta	160,3
6.	Lafarge Cement (Małogoszcz, świętokrzyskie)	138,2
7.	Fortum Power and Heat (EC Zabrze, śląskie)	130,0
8.	Dyckerhoff Polska (Cementownia Nowiny)	121,4
9.	Stora Enso Power (Ostrołęka, mazowieckie)	82,1
10.	Cemex Polska (Rudniki, śląskie)	76,3

Jak pokazuje powyższe zestawienie, cementownie pozostają głównym konsumentem paliwa z odpadów. W ostatnich latach pojawiają się jednak nowe instalacje termicznego przekształcania odpadów poza sektorem cementowym, które zaczynają odgrywać istotną rolę. Należą do nich przede wszystkim instalacje termicznego przekształcania odpadów komunalnych (ITPOK) oraz wielopa-

liwowe elektrociepłownie. Przykładem jest nowoczesna EC Zabrze uruchomiona w 2018 r., która może spalać do 50% RDF razem z węglem lub biomasą. Już w 2021 r. zakład ten zużył ok. 156 tys. ton paliwa alternatywnego, co stanowiło 68% całkowitego zużycia RDF w woj. Śląskim (Bień, 2024). Również spalarnie odpadów komunalnych w Szczecinie, Białymstoku, Warszawie czy Koninie wykorzystują w swoim wsadzie pewien udział balastowej frakcji kalorycznej. Średnio ok. 30% masy spalanych odpadów w tych instalacjach stanowiło paliwo przygotowane uprzednio jako RDF. Wyjątkiem jest spalarnia w Poznaniu działająca w ramach partnerstwa publiczno-prywatnego, która kontraktowo nie przyjmuje zewnętrznego RDF poza lokalnymi odpadami (Bień, 2020).

Konsumpcja paliw alternatywnych w procesie R1 koncentruje się tam, gdzie zlokalizowane są duże instalacje przemysłowe zdolne do ich termicznego przekształcania. W 2018 r. aż 90% RDF wykorzystano na terenie zaledwie 4 województw: opolskiego, świętokrzyskiego, lubelskiego i kujawsko-pomorskiego, czyli tam, gdzie działają największe cementownie (odpowiednio: Góraźdże, Małogoszcz, Chełm, Kujawy). W 2021 r. te regiony nadal dominowały, choć dołączyło do nich woj. śląskie, w którym dzięki uruchomieniu EC Zabrze spalono ok. 156 tys. ton RDF (Bień, 2024). Na Mazowszu natomiast udział wykorzystania RDF pozostaje mniejszy, mimo dużej produkcji tego paliwa w regionie. Jedynym znaczącym odbiorcą jest tu wspomniana elektrociepłownia zakładów papierniczych Stora Enso (Ostrołęka) oraz spalarnia warszawska, których łączny wkład jest jednak nieporównywalny z cementowniami. Ogólnie można stwierdzić, że pod względem geograficznym mapa zużycia RDF pokrywa się z mapą rozmieszczenia przemysłu cementowego i nowoczesnych instalacji termicznego przekształcania odpadów.

Bariery i szanse rozwoju rynku paliw alternatywnych

Bariery i wyzwania

Najpoważniejszym problemem rynku paliw alternatywnych w Polsce jest utrzymująca się nadwyżka wytwarzanego paliwa nad możliwościami jego krajowego zagospodarowania. Mimo sukcesywnego wzrostu zużycia RDF, luka między ilością produkowaną a spalaną pozostaje znaczna. W 2018 r. brakowało zagospodarowania ok. 1,67 mln ton (tyle paliwa nie znalazło odbiorcy w procesie R1) (Bień, 2021). W kolejnych latach sytuacja nieco się poprawiła dzięki nowym instalacjom, ale nadal w 2021 r. różnica wynosiła ok. 1,2 mln ton (Bień, 2024). Nadmiar ten musi być magazynowany lub poddawany innym formom obchodzenia się z odpadem. Długotrwałe składowanie RDF jest kosztowne i ryzykowne (groźba samozapłonu czy celowych podpaleń hałd odpadów), a zgodnie z prawem powinno mieć charakter tymczasowy. Problem „góry” paliwa alternatywnego piętrzącej się bez odbiorcy był szczególnie dotkliwy w latach 2018–2019, kiedy to dochodziło do głośnych przypadków pożarów składowisk odpadów wysokoenergetycznych. Obecnie nadzieję na zmniejszenie tej nadwyżki daje rozwój nowych mocy przerobowych, jednak w perspektywie najbliższych kilku lat całkowita równowaga wciąż wydaje się trudna do osiągnięcia.

Fakt, że paliwo alternatywne jest prawnie odpadem,

niesie dalsze konsekwencje utrudniające rozwój rynku. Instalacje zainteresowane wykorzystaniem RDF (np. ciepłownie, elektrownie) muszą posiadać stosowne pozwolenia na spalanie odpadów i sprostać rygorystycznym normom emisyjnym obowiązującym dla spalarni. To podnosi koszty inwestycyjne i eksploatacyjne takich projektów. Brak statusu produktu oznacza też ograniczenia w handlu. Transgraniczne przemieszczanie RDF wymaga procedur notyfikacyjnych dla odpadów, a potencjalni zagraniczni odbiorcy muszą mieć zgodę na import odpadu. W niektórych krajach (np. Niemcy, Szwecja) istnieją deficyty paliwa z odpadów i chętnie przyjąłby one polski RDF, lecz procedury administracyjne i koszty transportu stanowią istotną barierę. Co prawda w ostatnich latach pojawiły się pierwsze przypadki eksportu polskiego RDF, np. pod koniec 2020 r. wysłano próbny ładunek 3 tys. ton do Szwecji (Bień, 2020, 2024), jednak na razie to zjawisko na niewielką skalę. Według szacunków w 2021 r. wyeksportowano ok. 200 tys. ton paliwa (czyli około 8% produkcji) (Bień, 2024). Eksport może pomóc doraźnie w zmniejszeniu krajowej nadwyżki, ale nie rozwiąże problemu u źródła.

Nadpodaż paliwa alternatywnego sprawia, że w warunkach polskich to wytwórcy muszą dopłacać do jego zagospodarowania. Koszt przekazania 1 tony przetworzonego paliwa do cementowni czy spalarni odpadów kształtuje się przeciętnie w przedziale 350–420 zł/Mg (Bień, 2020) (Bień, 2020, 2024). Cena ta obejmuje odbiór paliwa o określonych parametrach (np. rozdrobnionego <40 mm i o wartości opałowej 14–20 MJ/kg). W praktyce oznacza to, że paliwo alternatywne nie jest towarem, za który płaci odbiorca, a przeciwnie, to „producent” RDF ponosi koszt pozbycia się go. Sytuacja ta wynika z przewagi podaży nad popytem i dopóki się ona utrzymuje, trudno liczyć na odwrócenie trendu. Warto jednak odnotować, że rosnące ceny energii oraz koszty uprawnień do emisji dwutlenku węgla mogą w przyszłości poprawić ekonomikę RDF. Jeżeli np. ciepło z odpadów będzie tańsze od ciepła z węgla (co w 2022 r. stało się faktem w wielu systemach ciepłowniczych), to potencjalni odbiorcy mogą być skłonni przyjąć RDF na korzystniejszych warunkach.

Rozwój rynku paliw alternatywnych napotyka też typowe wyzwania związane z inwestycjami w gospodarce odpadami i energetykę. Budowa nowych spalarni czy instalacji współspalających odpady bywa blokowana przez protesty społeczne obawiające się o wpływ na środowisko i zdrowie. Choć nowoczesne instalacje spełniają surowe normy (a emisje z cementowni korzystających z RDF często nie odbiegają od spalania węgla), przekonanie lokalnej społeczności pozostaje trudne. Ponadto, rozmieszczenie zakładów produkujących RDF i potencjalnych odbiorców nie zawsze pokrywa się, a transport paliwa na duże odległości (np. z północy Polski do cementowni na południu) generuje koszty i emisje, co może ograniczać opłacalność i sens środowiskowy takiego rozwiązania.

Czynniki sprzyjające i szanse rozwoju

Pomimo wymienionych barier, istnieje szereg przesłanek wskazujących na duży potencjał rozwoju rynku paliw alternatywnych w najbliższych latach. W odpowiedzi na problem nadwyżki, podejmowane są działania inwestycyjne zwiększające krajową zdolność do energetycznego wykorzystania odpadów. Świadczy o tym znaczna licza-

ba projektów zgłoszonych do dofinansowania w ramach programów takich jak NFOŚiGW „Racjonalna gospodarka odpadami”. Planowane są kolejne ITPOK-i – m.in. w dużych aglomeracjach, które dotąd nie miały własnych spalarni. Równolegle modernizowane lub rozbudowywane są instalacje cementowe, aby zwiększyć udział paliw alternatywnych w miksie energetycznym pieców (niektóre cementownie w Europie Zachodniej osiągają już >80% zastąpienia paliw kopalnych przez RDF (Bień, 2021). Pojawiają się także pomysły budowy dedykowanych elektrociepłowni na RDF lub współspalania go w istniejących elektrowniach i ciepłowniach węglowych (np. poprzez dostosowanie kotłów fluidalnych do paliw z odpadów). Te inicjatywy, jeśli zostaną zrealizowane, mogą stopniowo zmniejszać dysproporcję między wytwarzaniem a zużyciem paliw alternatywnych. Prognozuje się, że do 2030 r. moce przerobowe w procesie R1 wzrosną na tyle, że zagospodarowanie całego krajowego strumienia RDF stanie się realne. Jednakże, jak zauważają analitycy, nawet uruchomienie wszystkich planowanych instalacji może nie zlikwidować luki całkowicie. Stąd równolegle kluczowe jest ograniczanie samego strumienia odpadów oraz maksymalizacja recyklingu (Bień, 2020).

Europejskie przepisy wymuszają zmiany korzystne pośrednio dla rynku paliw alternatywnych. Zgodnie z dyrektywą 2018/850, do 2035 r. Polska (jak i inne kraje UE) musi ograniczyć składowanie odpadów komunalnych do maks. 10% ich wytwarzania. Osiągnięcie takiego poziomu będzie wymagało nie tylko skokowego zwiększenia recyklingu, ale też przekierowania frakcji nienadających się do recyklingu właśnie do odzysku energetycznego. Tym samym można oczekiwać sprzyjających warunków prawnych i finansowych dla inwestycji w spalarnie oraz instalacje współspalania RDF. Już teraz obowiązuje w Polsce zakaz składowania odpadów o kaloryczności powyżej 6 MJ/kg (Rozporządzenie Ministra Gospodarki, 2015, European Parliament & Council of the European Union, 2018), co de facto wymusza kierowanie frakcji energetycznej do innych form zagospodarowania. Na szczeblu unijnym paliwa alternatywne postrzegane są jako element gospodarki o obiegu zamkniętym, choć zaznaczyć należy, że priorytetem pozostaje recykling. Jednak wykorzystanie odpadów jako paliwa jest uznawane za lepsze od składowania (European Commission, 2020). W dokumentach strategicznych UE (np. *Plan Działań dla Gospodarki Cyklicznej*) podkreśla się rolę zagospodarowania odpadów resztkowych w procesach odzysku energii, szczególnie w kontekście dekarbonizacji sektorów trudnych do elektryfikowania, takich jak przemysł cementowy. Można się spodziewać, że kształtowane będą zachęty do bezpiecznego wykorzystania paliw z odpadów (np. poprzez ustanawianie standardów jakości). Niewykluczone też, że w przyszłości pojawią się przepisy ułatwiające transgraniczny obrót wysokiej jakości paliwem alternatywnym lub nawet uznające je za produkt (tzw. end-of-waste dla SRF), takie dyskusje toczą się już w niektórych państwach UE, a Czechy dopuszczają utratę statusu odpadu.

Rozwój rynku paliw alternatywnych może przynieść wymierne korzyści nie tylko w gospodarce odpadami, ale i w ochronie klimatu. Wykorzystanie RDF przekłada się na redukcję zużycia węgla i innych paliw kopalnych. Znacząca część energii z odpadów pochodzi z komponentów

biogenego pochodzenia, co oznacza niższy ślad węglowy takiej energii w porównaniu z czysto kopalną. Cementownie korzystające z paliw alternatywnych notują obniżenie emisji CO₂ na jednostkę produktu dzięki zastępowaniu części paliwa węglowego biomasą odpadową (Bień, 2021). Z punktu widzenia krajowych celów OZE, każda kilowatogodzina energii wytworzona z frakcji biodegradowalnej odpadów może być zaliczona do udziału zielonej energii. Ponadto spalanie odpadów w kontrolowanych warunkach z odzyskiem energii jest znacznie lepszym rozwiązaniem środowiskowym niż ich nielegalne składowanie czy, tym bardziej, otwarte spalanie (emisje dioksyn, furanów i innych toksyn są w nowoczesnych instalacjach minimalizowane przez zaawansowane systemy oczyszczania spalin). Te argumenty sprawiają, że paliwa alternatywne coraz częściej postrzegane są jako ważny element zrównoważonej gospodarki odpadami oraz niskoemisyjnej gospodarki energią.

Szczególną szansę dla rynku RDF stanowi rosnąca potrzeba transformacji sektora ciepłownictwa. W polskich systemach ciepłowniczych dominują wciąż źródła węglowe, które w obliczu polityki klimatycznej UE muszą zostać zmodernizowane lub zastąpione do lat 2030–2040. Jednym z kierunków jest budowa wydajnych ciepłowni opalanych paliwem alternatywnym. Takie instalacje mogłyby jednocześnie rozwiązać problem lokalnego zagospodarowania odpadów resztkowych i zapewnić ciepło sieciowe dla miast, redukując emisje CO₂ (dzięki części biogennej paliwa) oraz emisje zanieczyszczeń (w porównaniu z rozproszonym spalaniem węgla). Przykład elektrociepłowni Zabrze pokazuje, że współspalanie RDF z węglem w nowoczesnym źródle ciepła jest wykonalne i efektywne. W przyszłości można wyobrazić sobie więcej takich jednostek, być może z jeszcze większym udziałem paliw z odpadów. Programy wsparcia transformacji ciepłownictwa (np. fundusze NFOŚiGW czy środki unijne) coraz przychylniej patrzą na projekty z obszaru WtE (waste-to-energy), dostrzegając ich podwójną korzyść: dla sektora odpadowego i energetycznego jednocześnie.

Podsumowanie

Paliwa alternatywne stały się ważnym komponentem polskiej gospodarki odpadami i energetyki. Ich wytwarzanie i zużycie w Polsce osiąga już kilka milionów ton rocznie, przyczyniając się do redukcji składowania odpadów i zastępowania części paliw kopalnych. Analiza obecnego stanu rynku pokazała, że największym wyzwaniem pozostaje zrównoważenie nadprodukcji RDF poprzez rozwój nowych instalacji odzysku energii. Jednocześnie dostrzegalne są pozytywne trendy, takie jak: rosnąca liczba inwestycji w spalarnie, stopniowe zwiększanie wykorzystania paliw alternatywnych poza przemysłem cementowym, a także coraz lepsze zrozumienie roli RDF w gospodarce cyklicznej.

Można oczekiwać, że w nadchodzących latach paliwa alternatywne będą odgrywać rosnącą rolę w bilansie energetycznym kraju, zwłaszcza w ciepłownictwie i przemyśle. Ich rozwój wpisuje się w transformację zarówno sektora odpadowego, jak i energetycznego. Ostateczny sukces zależy będzie od wdrożenia spójnych rozwiązań: inwestycji infrastrukturalnych, odpowiednich regulacji prawnych

oraz akceptacji społecznej. Doświadczenia ostatniej dekady dowodzą, że Polska poczyniła duży postęp na drodze do nowoczesnej gospodarki odpadami, w której paliwo z odpadów pełni istotną funkcję. Kontynuacja tych działań, poparta wiedzą i kompetencjami specjalistów, pozwoli w pełni wykorzystać potencjał paliw alternatywnych z korzyścią dla środowiska i bezpieczeństwa energetycznego.

Osoby zainteresowane pogłębieniem wiedzy na temat transformacji sektora ciepłowniczego i roli paliw alternatywnych w energetyce, zachęcamy do rozważenia udziału w **studiach podyplomowych „Transformacja energetyczna w ciepłownictwie”**, gdzie zagadnienia te są szerzej omawiane w kontekście praktycznym. Informacje o studiach dostępne na stronie internetowej: <https://wis.pcz.pl/absolwent/studia-podyplomowe/transformacja-energetyczna-w-ciepłownictwie>

Bibliografia

Bień, J. (2021). Production and use of waste-derived fuels in Poland: current status and perspectives. *Production Engineering Archives*, 27(1), 36-41. <https://doi.org/10.30657/pea.2021.27.5>

Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 2 stycznia 2020 r. w sprawie katalogu odpadów. (2020). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20200000010>

Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu. (2016). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20160000108>

Rozporządzenie Ministra Klimatu z dnia 24 września 2020 r. w sprawie standardów emisyjnych dla niektórych rodzajów instalacji, źródeł spalania paliw oraz urządzeń spalania lub współspalania odpadów. (2020). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20200001860>

Gendebien, A., Leavens, A., Blackmore, K., Godley, A., Lewin, K., Whiting, K. J., Davis, R., Giegrich, J., Fehrenbach, H., Gromke, U., del Bufalo, N., & Hogg, D. (2003). *Refuse derived fuel, current practice and perspectives: Final report* (Report No. CO 5087-4). European Commission, Directorate-General Environment. <https://ec.europa.eu/environment/pdf/waste/studies/rdf.pdf> (Dostęp z 12.12.2025)

Polski Komitet Normalizacyjny. (2021). PN-EN ISO 21640:2021-10. Stałe paliwa wtórne - Specyfikacje i klasy

Bień, J. (2024). Rynek paliwa alternatywnego (191210) – aktualizacja 2022. *EKOlogicznie, Racjonalnie, DOświadczalnie*. <https://ekordo.pl/rynek-paliwa-alternatywnego-191210-aktualizacja-2022/> (Dostęp z 12.12.2025)

Bień, J. (2020). Wytwarzanie i zagospodarowanie paliw alternatywnych: stan obecny i perspektywy (cz. I-III). *EKOlogicznie, Racjonalnie, DOświadczalnie*. <https://ekordo.pl/wytwarzanie-i-zagospodarowanie-paliw-alternatywnych-stan-obecny-i-perspektywy-cz-i/> (Dostęp z 12.12.2025)

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach. (2015). <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20150001277> (Dostęp z 12.12.2025)

European Parliament & Council of the European Union. (2018). Directive (EU) 2018/850 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 1999/31/EC on the landfill of waste (OJ L 150, 14.6.2018, pp. 100–108). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:32018L0850>

European Commission. (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A new Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe (COM(2020) 98 final). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0098>

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*



**Zostań członkiem
Polskiego Zrzeszenia
Inżynierów i Techników
Sanitarnych**

Kim jesteśmy?

PZITS to ogólnopolska organizacja skupiająca ok. 3 200 techników, inżynierów i naukowców działających w obszarze inżynierii sanitarnej i środowiska.

Misją PZITS jest działalność na rzecz społeczeństwa poprzez rozwój rozwiązań technicznych służących ochronie zdrowia i środowiska naturalnego.

PZITS jest jedynym polskim członkiem REHVA oraz International Gas Union, co umożliwia aktywną współpracę międzynarodową.

Więcej szczegółów:

www.pzits.pl/czlonkostwo

Szkolenia De Dietrich i Baxi dla branży HVAC – zyskaj nowe kompetencje w 2026 r.



BDR THERMEA GROUP

Rozwijający się rynek urządzeń grzewczych sprawia, że branża HVAC potrzebuje dziś więcej wykwalifikowanych instalatorów, niż kiedykolwiek wcześniej. BDR Thermea – dystrybutor marek De Dietrich i Baxi – jako jeden z liderów nowoczesnych technologii grzewczych, od lat rozwija kompleksowy system szkoleń dla instalatorów, łączący teorię, praktykę i realne wsparcie w rozwoju zawodowym.

Szkolenia dla instalatorów HVAC – teoria online i praktyka „na żywo”

Szkolenia De Dietrich i Baxi zaprojektowane są w modelu hybrydowym. Instalatorzy zaczynają od bezpłatnych kursów teoretycznych na [platformie szkoleniowej](#), a następnie przechodzą do zajęć praktycznych w nowoczesnych laboratoriach we **Wrocławiu** lub **Grodzisku Mazowieckim**.

W trakcie szkolenia uczestnicy pracują na rzeczywistych urządzeniach – pompach ciepła, kotłach kondensacyjnych i systemach hybrydowych – wykonując diagnostykę, pierwsze uruchomienia i ćwiczenia serwisowe.

Szkolenia obejmują zarówno **Technikę Domową** (kotły i pompy ciepła do 50 kW), jak i **Technikę Komercyjną** (urządzenia powyżej 50 kW), a po ich ukończeniu, instalator uzyskuje **autoryzację De Dietrich, dającą prawo do montażu, uruchomień i przeglądów urządzeń producenta**.



Szkolenia praktyczne są płatne i odbywają się w kameralnych, maksymalnie 8-osobowych grupach, co gwarantuje indywidualne podejście do każdego uczestnika, możliwość zadawania pytań i dokładnego przećwiczenia wszystkich czynności pod okiem doświadczonego trenera. – **Dzięki temu instalatorzy wynoszą ze szkolenia nie tylko wiedzę teoretyczną, ale przede wszystkim praktyczne umiejętności, które od razu mogą wykorzystać w pracy z klientem** – wyjaśnia Tomasz Popiel, Marketing Manager w BDR Thermea Poland Sp. z o.o.

Autoryzacja, która otwiera drzwi do nowych zleceń

Certyfikat autoryzacyjny De Dietrich, to nie tylko dokument – to przepustka do stabilnej pracy i większych zarobków. Instalatorzy, którzy zarejestrują w **Systemie Kart Gwarancyjnych** (SKG) 10 uruchomień urządzeń w ciągu 3 lat, uzyskują autoryzację bezterminową. Po dokonaniu pierwszego wpisu w SKG, trafiają również [do dedykowanej wyszukiwarki autoryzowanych instalatorów BDR Thermea](#), co poprawia ich widoczność wśród klientów i może wpłynąć na zwiększenie ilości zleceń.

Szkolenia F-gazowe i programy lojalnościowe

BDR Thermea, dystrybutor marek De Dietrich i Baxi, współpracuje z **Fundacją PROZON**, oferując szkolenia F-gazowe z akredytacją UDT – obowiązkowe dla instalatorów montujących pompy ciepła typu split. Uczestnicy zdobywają certyfikaty w kategoriach I – IV, które potwierdzają pełne kwalifikacje do pracy z czynnikami chłodniczymi.

Firma dba również o to, by rozwój kompetencji szedł w parze z dodatkowymi korzyściami. [Dzięki Klubowi Złotego Instalatora \(KZI\)](#), uczestnicy otrzymują punkty, które można wymienić na nagrody rzeczowe, wyjazdy szkoleniowe lub przelewy na **Kartę Instalatora**.

Kompetencje, które zwiększają zaufanie i zysk

BDR Thermea stawia na praktyczną edukację i partnerskie relacje z instalatorami. Każdy uczestnik szkoleń może liczyć na wsparcie ekspertów technicznych, dostęp do nowoczesnych materiałów edukacyjnych i asystę przy pierwszym uruchomieniu pompy ciepła.

To kompletne wsparcie, które pomaga instalatorom rozwijać się zawodowo i osiągać wymierne efekty finansowe. – ***Dobre szkolenie, to nie tylko teoria – to początek długofalowej współpracy, która daje instalatorom stabilność, prestiż i nowe możliwości zarobkowe*** – podsumowuje Tomasz Popiel z BDR Thermea Poland Sp. z o.o.

Teraz jest najlepszy moment, by zainwestować w rozwój i podnieść swoje kompetencje w branży HVAC. Sprawdź ofertę szkoleń De Dietrich i Baxi, zdobądź autoryzację producenta i otwórz sobie drogę do nowych możliwości zawodowych.



Kontrola okresowa przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych)



Andrzej Falkowski

Przewodniczący Głównej Komisji Legislacyjnej
Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych

W ramach dzisiejszego wydania odpowiemy na pytania, które przesłał jeden z inżynierów budownictwa.

1. *Jaką specjalność uprawnień budowlanych musi posiadać osoba uprawniona do przeprowadzania kontroli okresowych przewodów dymowych oraz grawitacyjnych przewodów spalinowych i wentylacyjnych, a także do kontroli kominów przemysłowych, kominów wolno stojących oraz kominów lub przewodów kominowych, w których ciąg kominowy jest wymuszony pracą urządzeń?*

Zgodnie z art. 62 ust. 6 pkt 2 ustawy - Prawo budowlane (Dz. U. z 2025 poz. 418) kontrolę stanu technicznego przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych) powinny przeprowadzać osoby posiadające uprawnienia budowlane w odpowiedniej specjalności – w odniesieniu do przewodów dymowych oraz grawitacyjnych przewodów spalinowych i wentylacyjnych (pkt 1) oraz do kominów przemysłowych, kominów wolnostojących oraz kominów lub przewodów kominowych, w których ciąg kominowy jest wymuszony pracą urządzeń mechanicznych (pkt 2).

Uprawnieniami budowlanymi odpowiednimi do kontroli tych przewodów są uprawnienia budowlane w specjalności instalacyjnej w zakresie sieci, instalacji i urządzeń cieplnych, wentylacyjnych, gazowych, wodociągowych i kanalizacyjnych do projektowania lub kierowania robotami budowlanymi w zakresie odpowiednim do parametrów kontrolowanego obiektu.

Ponadto stosownie do art. 62 ust. 6 pkt 1 ww. ustawy kontrole stanu technicznego przewodów kominowych mogą przeprowadzać także osoby posiadające kwalifikacje mistrza w rzemiośle kominiarskim – **lecz wyłącznie w odniesieniu do przewodów dymowych oraz grawitacyjnych przewodów spalinowych i wentylacyjnych.**

Zawartość protokołu kontroli określa art. 62 a ustawy – Prawo budowlane. Jednym z jego elementów (art. 62a ust. 1 pkt 2) jest imię i nazwisko numer uprawnień budowlanych wraz ze specjalnością osoby przeprowadzającej kontrolę oraz jej podpis. Ponadto do protokołu należy zgodnie z art. 62a ust. 4 załączyć kopię decyzji o nadaniu uprawnień oraz zaświadczenia o przynależności do Izby (dokumenty te nie są wymagane jeżeli osoba jest wpisana do centralnego rejestru osób posiadających uprawnienia budowlane)

lub innych opisanych powyżej kwalifikacji.

2. *W jaki sposób obowiązek o którym mowa w art. 70 ust. 1 Prawa budowlanego (tj. usunięcia uszkodzeń, które mogłyby spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia bądź środowiska) powinien być potwierdzony w protokole z kontroli obiektu? Czy w protokole z kontroli obiektu powinny występować informacje o tym czy ewentualnie stwierdzone nieprawidłowości zostały usunięte w trakcie trwania kontroli lub informacje o zalecanym terminie ich usunięcia (w przypadku gdy nie zostały one usunięte w trakcie trwania kontroli)?*
3. *Czy w przypadku, gdy podczas przeprowadzania kontroli (o której mowa w art. 70 ust. 1) nie zostaną stwierdzone żadne nieprawidłowości bądź zostaną stwierdzone niewielkie nieprawidłowości, które w ocenie osoby przeprowadzającej kontrolę nie powinny powodować zagrożenia życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia bądź środowiska, konieczne jest przesłanie kopii protokołu z kontroli do organu nadzoru budowlanego? Czy też obowiązek ten występuje jedynie w przypadku stwierdzenia poważnych nieprawidłowości, które w ocenie osoby przeprowadzającej kontrolę mogą skutkować występowaniem sytuacji o których wspomniano w poprzednim pytaniu (np. zagrożenia życia lub zdrowia ludzi)?*

Odpowiadając łącznie na oba pytania należy wskazać, że stosownie do art. 62 a ust. 1 ww. ustawy – Prawo budowlane protokół kontroli powinien zawierać:

- ustalenia dokonane w zakresie kontroli, w tym wskazanie nieprawidłowości,
- zalecenia, jeżeli zostały stwierdzone nieprawidłowości, w tym także czynności mające na celu usunięcie stwierdzonych nieprawidłowości oraz termin ich wykonania.
- zakres niewykonanych zaleceń określonych w protokołach z poprzednich kontroli.

Czyli odpowiadając na pytanie – tak, w protokole z kontroli obiektu powinny występować informacje o tym czy ewentualnie stwierdzone nieprawidłowości zostały usunięte w trakcie trwania kontroli, a także informacje o zalecanym terminie ich usunięcia (w przypadku gdy nie zostały one usunięte w trakcie trwania kontroli).

Od dnia 18 września 2023 r. protokół z kontroli okresowych przewodów kominowych (dymowych, spalinowych i wentylacyjnych), powinien być sporządzany wyłącznie w formie dokumentu elektronicznego, z wykorzystaniem systemu teleinformatycznego obsługującego centralną ewidencję emisyjności budynków (CEEB). Przedsiębiorcy – osoby posiadające uprawnienia budowlane (lub kominarze), uprawnione do sporządzania tych protokołów, muszą w pierwszej kolejności zapisać się do wykazu osób uprawnionych w systemie ZONE. System jest dostępny na stronie: <https://zone.gunb.gov.pl/>.

Stosownie do art. 70 ust. 1 ustawy – Prawo budowlane właściciel, zarządca lub użytkownik obiektu budowlanego, na których spoczywają obowiązki w zakresie napraw (określone w przepisach odrębnych lub umowach), **ma obowiązek w czasie lub bezpośrednio po przeprowadzonej kontroli obiektu budowlanego usunąć stwierdzone uszkodzenia oraz uzupełnić braki, które mogłyby spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia lub środowiska**, a w szczegól-

ności: katastrofę budowlaną, pożar, wybuch, porażenie prądem elektrycznym, zatrucie gazem.

Powyższy obowiązek powinien być potwierdzony w protokole z kontroli obiektu budowlanego. Osoba dokonująca kontroli:

- ma obowiązek bezzwłocznie przesłać kopię tego protokołu do organu nadzoru budowlanego,
- organ nadzoru budowlanego – po otrzymaniu protokołu – ma obowiązek niezwłocznie przeprowadzić kontrolę w celu sprawdzenia usunięcia uszkodzeń i uzupełnienia braków.

Mając na uwadze powyższe należy przyjąć, że do organu nadzoru budowlanego przesyła się kopię protokołu kontroli jedynie **w przypadku powyższych szczególnych sytuacji**.

W protokole kontroli powinny być stwierdzone zarówno zauważone nieprawidłowości, jak i w przypadku nieprawidłowości o opisanym powyżej szczególnym charakterze - wykonanie obowiązku ich napraw.

Międzywydziałowy Projekt Interdyscyplinarny mpiBIM – Politechnika Warszawska

W dniu 29 stycznia br. na Wydziale Inżynierii Środowiska odbyły się prezentacje finałowe kolejnej edycji **Międzywydziałowego Projektu Interdyscyplinarnego mpiBIM**.

Projekt jest realizowany od **2017 roku**, dlatego tegoroczna odsłona była już **dziwiątą edycją**. Jego celem jest współpraca studentów wybranych wydziałów Politechniki Warszawskiej przy opracowaniu koncepcji zadanego obiektu budowlanego. W tegorocznej edycji był to projekt budynku Międzywydziałowego Centrum Badań Interdyscyplinarnych (MCBI) zlokalizowanego na terenie kampusu Politechniki Warszawskiej, pomiędzy istniejącymi gmachami Wydziału Elektroniki i Technik Informacyjnych a budynkiem Wydziału Inżynierii Lądowej.

W tegorocznej edycji projektu wzięli udział studenci Politechniki Warszawskiej z Wydziałów: Architektury, Inżynierii Lądowej, Inżynierii Środowiska i Zarządzania.

Każdy z zespołów studenckich przygotował własną, autorską koncepcję budynku MCBI, wykorzystując swoją wiedzę oraz narzędzia programistyczne do współpracy pomiędzy branżami takie jak Revit, ArchiCAD, Dalux i inne. Ideą przewodnią, która wspomaga pracę studentów w poszczególnych zespołach to konieczność realizacji projektu w technologii BIM, w której kładzie się duży nacisk na współpracę poszczególnych branż budowlanych w tym samym czasie realizacji projektu.

Na spotkaniu obecni byli zaproszeni Goście, władze uczelniane i wydziałowe a także przedstawiciele czasopism branżowych oraz współpracujących firm projektowych:

- Prof. dr hab. inż. arch. Jan Słyk, Prorektor ds. Studiów,
- Prof. dr hab. inż. Andrzej Garbacz, Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej,
- Dr hab. inż. arch. Krzysztof Koszewski, prof. Uczelni, Dziekan Wydziału Architektury,
- Dr hab. inż. Janusz Walo, prof. Uczelni, Dziekan Wydziału Geodezji i Kartografii,

- Waldemar Joniec, Redaktor Naczelny czasopisma Rynek Instalacyjny,
- Przedstawiciele firmy Buro Happold,
- Przedstawiciele firmy Arup,
- Przedstawiciele Biura Projektowego APA Wojciechowski sp. z o.o.

Ostatni z wymienionych Gości to doświadczeni projektanci i praktycy branży związani z firmami, które od lat współpracują z Politechniką Warszawską oraz uczestniczą w roboczych konsultacjach prac studenckich w trakcie projektu mpiBIM. Dzięki temu studenci mają bezpośredni kontakt z ekspertami z praktyką zawodową oraz potencjalnymi przyszłymi pracodawcami, a także poszerzają swoją wiedzę i umiejętności o zagadnienia wykraczające poza bieżące zajęcia dydaktyczne.

W trakcie spotkania zaprezentowano sześć koncepcji projektowych budynku Międzywydziałowego Centrum Badań Interdyscyplinarnych. Po każdej prezentacji odbyła się krótka dyskusja z udziałem obecnych na sali gości.

Wszystkim studentom biorącym udział w projekcie mpiBIM serdecznie gratulujemy, a przedstawicielom firm zewnętrznych wspomagających zespoły studenckie serdecznie dziękujemy za ich wkład w efekt końcowy projektu!

Zespół koordynatorów projektu mpiBIM z Politechniki Warszawskiej:

Wydział Architektury:

mgr inż. arch. Dariusz Hyc
dr inż. arch. Paweł Przybyłowicz

Wydział Inżynierii Lądowej:

dr inż. Ireneusz Czmocho

Wydział Inżynierii Środowiska:

dr inż. Piotr Bartkiewicz, prof. PW
dr inż. Jarosław Chudziński, prof. PW
dr hab. inż. Marta Chludzińska

Wydział Zarządzania:

dr inż. Olga Sobolewska



INNOBuild2026

CONFERENCE

20-22 maja 2026 r., Białystok, Polska



WAŻNE TERMINY

Wczesna rejestracja: **30 stycznia 2026 r.**
Rejestracja „early bird”: **28 lutego 2026 r.** (opłata obniżona – 250 EUR*)
Rejestracja standardowa: **30 marca 2026 r.**

* Opłata obejmuje udział we wszystkich sesjach konferencyjnych, przerwy kawowe, 3 obiady konferencyjne, 2 kolacje konferencyjne oraz wycieczki z przewodnikiem.

REJESTRACJA

Rejestracja jest dostępna pod poniższym linkiem:
<https://pb.edu.pl/innobuild2026/for-authors/registration-and-fees/>

KONTAKT

innobuild@pb.edu.pl
pb.edu.pl/innobuild2026/



Przewodnicząca Konferencji – dr hab. inż. Dorota Anna Krawczyk, prof. PB
Wiceprzewodnicząca (ds. Naukowych) – prof. Eugenia Rossi di Schio
Wiceprzewodnicząca (ds. Organizacyjnych) – mgr inż. Agata Dziekońska
Sekretarz – dr inż. Anna Werner-Juszczuk

MIEJSCE

Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku
Politechnika Białostocka
ul. Wiejska 45E, 15-351 Białystok, Polska



Konferencja INNOwacje w dekarbonizacji budownictwa i systemach energetycznych – INNOBuild2026

organizowana przez **Politechnikę Białostocką**

O KONFERENCJI

INNOBUILD 2026 zgromadzi naukowców, praktyków oraz ekspertów branżowych w celu pogłębionej analizy innowacyjnych rozwiązań wspierających transformację w budownictwie i inżynierii środowiska. Zakres tematyczny konferencji obejmie m.in. systemy energetyczne, technologie termomodernizacyjne oraz zintegrowane strategie projektowe promujące zrównoważony rozwój, komfort użytkowników i zdrowie. Konferencja stanowić będzie interdyscyplinarną platformę wymiany wiedzy, prezentacji dobrych praktyk oraz nawiązywania współpracy pomiędzy przedstawicielami architektury, inżynierii środowiska, energetyki i budownictwa. Z niecierpliwością oczekujemy Państwa udziału w konferencji **INNOBUILD 2026**. Zapraszamy do zaprezentowania wyników prowadzonych badań oraz dołączenia do dynamicznie rozwijającej się społeczności, której celem jest tworzenie budynków nie tylko energooszczędnych, lecz także zapewniających komfortowe i zdrowe warunki do życia i pracy.

GŁÓWNE TEMATY

- Systemy HVAC, komfort cieplny i jakość powietrza wewnętrznego
- Charakterystyka energetyczna budynków
- Integracja odnawialnych źródeł energii i systemy inteligentne (Smart Systems)
- Strategie termomodernizacji i dekarbonizacji
- Zrównoważona architektura i zielona infrastruktura
- Materiały zrównoważone i gospodarka o obiegu zamkniętym
- Polityka, standardy i perspektywy społeczne

PUBLIKACJA

- ABSTRAKT**
Jednostronicowy abstrakt, po jego akceptacji, zostanie opublikowany w wersji elektronicznej w materiałach konferencyjnych.

PEŁNE ARTYKUŁY

MONOGRAFIA
Zaakceptowane pełne artykuły zostaną opublikowane w MONOGRAFII (z nadanymi numerami ISBN oraz DOI) przez Wydawnictwo Politechniki Białostockiej i będą dostępne w trybie otwartego dostępu.

CZASOPISMO NAUKOWE

Alternatywnie, artykuły mogą zostać opublikowane – po przejściu dodatkowej procedury recenzji – w następujących punktowanych czasopismach (w niektórych przypadkach wymagana będzie dodatkowa opłata):

- Environment and Economics, IF (2023): 1.0
- Energies, IF (2024): 3.2
- Sustainability, IF (2024): 3.3
- Modern Engineering, Safety & Defense
- Polskie czasopisma krajowe: COW, INSTAL, Rynek Instalacyjny i inne.



Organized by



Wydział Budownictwa
i Nauk o Środowisku
POLITECHNIKA BIAŁOSTOCKA

Patronaty Honorowe



HONOROWY PATRONAT
MARSZAŁKA WOJEWÓDZTWA PODLASKIEGO

PATRONAT REKTOR
POLITECHNIKI
BIAŁOSTOCKIEJ



INNOBUILD2026 jest organizowany w ramach
Europejskiego Uniwersytetu ACROSS



EUROPEAN
CROSS-BORDER
UNIVERSITY

Sponsorzy



Patroni medialni



Fundusze Europejskie
dla Rozwoju Społecznego



Rzeczpospolita
Polska

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Stowarzyszenie Polskich Architektów Krajoznawczych

Główne Sekcje Branżowe Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych

Główne Sekcje Branżowe od dekad stanowią merytoryczny fundament działalności Zrzeszenia. W ramach ich działalności koncentruje się ekspercka wiedza, praktyczne doświadczenie oraz inicjatywy odpowiadające na realne potrzeby poszczególnych sektorów inżynierii środowiska. Działając na styku nauki, praktyki projektowej i eksploatacyjnej, Sekcje pełnią rolę opiniotwórczą, edukacyjną i integrującą środowisko zawodowe.

W ostatnich latach rola sekcji branżowych wyraźnie się umocniła. W obliczu dynamicznych zmian technologicznych, transformacji energetycznej, rosnących wymagań środowiskowych oraz coraz bardziej złożonych regulacji prawnych, sekcje PZITS stały się przestrzenią rzeczowej debaty, wymiany doświadczeń i formułowania stanowisk eksperckich. Organizowane przez nie seminaria, konferencje, webinaria i spotkania techniczne nie tylko podnoszą kwalifikacje zawodowe członków, lecz także realnie wpływają na kierunki rozwoju poszczególnych branż.

Zapraszamy Państwa do zapoznania się z zakresem działalności poszczególnych Sekcji, a w przypadku pojawienia się pomysłów na nowe inicjatywy lub pytań o charakterze technicznym – do bezpośredniego kontaktu z Przewodniczącymi właściwych sekcji.



Główna Sekcja Gazownictwa

Główna Sekcja Gazownictwa skupia specjalistów zajmujących się projektowaniem, budową i eksploatacją sieci oraz instalacji gazowych, a także zagadnieniami bezpieczeństwa i niezawodności systemów gazowniczych. W ostatnich latach działalność sekcji koncentrowała się na aktualnych wyzwaniach sektora gazowego, wynikających zarówno z transformacji energetycznej, jak i zmian w otoczeniu regulacyjnym oraz technologicznym.

Sekcja była inicjatorem i współorganizatorem spotkań eksperckich, seminariów oraz webinariów poświęconych m.in. nowym paliwom gazowym, perspektywom wykorzystania wodoru w sieciach gazowych oraz problematyce bezpieczeństwa eksploatacji. Ważnym elementem jej aktywności są również spotkania integracyjne i wyjazdy techniczne, które sprzyjają wymianie doświadczeń pomiędzy projektantami, operatorami i przedstawicielami świata nauki. Działania sekcji mają charakter praktyczny i opiniotwórczy, a ich celem jest wspieranie środowiska branżowego w okresie dynamicznych zmian zachodzących w gazownictwie.

Istotnym obszarem działalności Głównej Sekcji Gazownictwa jest również nadzór i koordynacja współpracy międzynarodowej PZITS z International Gas Union (IGU). IGU jest światową organizacją zrzeszającą instytucje i stowarzyszenia branżowe związane z sektorem gazowym, której celem jest wspieranie zrównoważonego, bezpiecznego i efektywnego rozwoju gazownictwa na poziomie globalnym. Dzięki zaangażowaniu sekcji, polskie środowisko inżynierskie ma dostęp do międzynarodowych analiz, raportów i dobrych praktyk, a także możliwość uczestnictwa w dyskusjach dotyczących przyszłości gazu, w tym jego roli w transformacji energetycznej i rozwoju nowych paliw gazowych.

Przewodniczącym Sekcji jest kol. Paweł Stańczak



Główna Sekcja Wodociągów i Kanalizacji

Główna Sekcja Wodociągów i Kanalizacji pełni rolę w kształtowaniu standardów technicznych i eksploatacyjnych w obszarze gospodarki wodno-ściekowej. Jej działalność obejmuje zagadnienia związane z projektowaniem, modernizacją i eksploatacją systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, ochroną zasobów wodnych oraz zapewnieniem bezpieczeństwa i jakości dostaw wody.

W ostatnim okresie sekcja aktywnie podejmowała tematykę ograniczania strat wody, modernizacji infrastruktury technicznej, niezawodności systemów oraz adaptacji sieci do zmieniających się warunków klimatycznych. Organizowane spotkania stanowiły forum wymiany doświadczeń pomiędzy przedstawicielami przedsiębiorstw wodociągowo-kanalizacyjnych, projektantami i środowiskiem naukowym.

Przewodniczącą Sekcji jest kol. Agnieszka Malesińska



Główna Sekcja Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa, Wentylacji i Inżynierii Atmosfery

Sekcja Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa, Wentylacji i Inżynierii Atmosfery obejmuje szerokie spektrum zagadnień związanych z wytwarzaniem i dystrybucją ciepła, systemami ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, a także jakością powietrza i efektywnością energetyczną. Jest to jedna z najbardziej interdyscyplinarnych sekcji, łącząca problematykę techniczną z aspektami środowiskowymi i zdrowotnymi.

W ostatnich latach sekcja była aktywnie zaangażowana w organizację i współorganizację konferencji branżowych, seminariów oraz debat technicznych poświęconych transformacji systemów ciepłowniczych, dekarbonizacji, modernizacji instalacji HVAC oraz nowym wymaganiom prawnym. Istotnym obszarem działalności jest również popularyzacja wiedzy poprzez publikacje techniczne i współpracę z wydawnictwami branżowymi. Sekcja stanowi ważne forum dyskusji nad kierunkami rozwoju instalacji sanitarnych w kontekście komfortu użytkowników, efektywności energetycznej i ochrony środowiska.

Ważnym elementem aktywności sekcji jest także współpraca międzynarodowa PZITS z REHVA – Europejską Federacją Stowarzyszeń Ogrzewnictwa, Wentylacji i Klimatyzacji. REHVA zrzesza narodowe organizacje branżowe z krajów europejskich i odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu wytycznych, rekomendacji oraz stanowisk eksperckich dotyczących systemów HVAC, jakości środowiska wewnętrznego i efektywności energetycznej budynków. Dzięki zaangażowaniu sekcji w tę współpracę, doświadczenia i dorobek polskich inżynierów są włączane w europejską debatę techniczną, a krajowe środowisko ma dostęp do aktualnych wytycznych i trendów kształtujących rozwój instalacji sanitarnych w Europie.

Przewodniczącym Sekcji jest kol. Wojciech Ratajczak



Główna Sekcja Gospodarki Odpadami

Główna Sekcja Gospodarki Odpadami koncentruje swoją działalność na problematyce technicznej i organizacyjnej związanej z gospodarowaniem odpadami komunalnymi i przemysłowymi, oczyszczaniem miast oraz ochroną środowiska. Zakres jej zainteresowań obejmuje zarówno technologie przetwarzania i unieszkodliwiania odpadów, jak i zagadnienia systemowe związane z funkcjonowaniem gospodarki obiegu zamkniętego.

W ostatnich latach sekcja podejmowała tematykę nowoczesnych metod segregacji i recyklingu, odzysku surowców oraz dostosowania instalacji do zmieniających się wymagań prawnych. Organizowane warsztaty miały charakter ekspercki i praktyczny, umożliwiając wymianę doświadczeń pomiędzy przedstawicielami branży, samorządów i środowiska naukowego. Działalność sekcji wpisuje się w aktualne wyzwania związane ze zrównoważonym rozwojem i odpowiedzialnym gospodarowaniem zasobami.

Przewodniczącym Sekcji jest kol. Piotr Manczarski



Główna Sekcja Techniki Instalacyjnej w Szpitalnictwie i Balneotechniki

Główna Sekcja Techniki Instalacyjnej w Szpitalnictwie i Balneotechniki skupia się na zagadnieniach projektowania, realizacji i eksploatacji instalacji sanitarnych w obiektach ochrony zdrowia oraz w obiektach uzdrowiskowych i balneologicznych. Jest to obszar wymagający szczególnej wiedzy i doświadczenia, ze względu na wysokie wymagania higieniczne, bezpieczeństwo użytkowników oraz specyfikę procesów medycznych i rehabilitacyjnych, a także stosowane zaawansowane rozwiązania światowej techniki.

W ostatnich latach działalność sekcji koncentrowała się na analizie rozwiązań technicznych stosowanych w szpitalach i sanatoriach, w tym systemów C-0, wentylacji, klimatyzacji, instalacji wodno-kanalizacyjnych oraz instalacji specjalnych np. gazów medycznych. Sekcja podejmowała również tematykę modernizacji istniejących obiektów oraz dostosowania ich do aktualnych standardów technicznych i sanitarnych. Jej działania mają istotne znaczenie dla podnoszenia jakości projektowania i eksploatacji obiektów o szczególnym znaczeniu społecznym.

Przewodniczącym Sekcji jest kol. Krzysztof Stelągowski

Nadchodzące Wydarzenia

Poniżej przedstawiono zestawienie nadchodzących wydarzeń związanych z działalnością Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych. Obejmują one konferencje, szkolenia, seminaria oraz inne inicjatywy branżowe organizowane przez PZITS, jego struktury terenowe, a także wydarzenia realizowane pod patronatem Zrzeszenia. Wydarzenia te stanowią istotny element wymiany wiedzy, doświadczeń i dobrych praktyk w obszarze ciepłownictwa, ogrzewnictwa, wentylacji oraz techniki sanitarnej.

Konferencja Stormwater Poland 2026

Stormwater Poland 2026 to jubileuszowa edycja ogólnopolskiej konferencji poświęconej zagadnieniom gospodarowania wodami opadowymi, retencji oraz roli wody w kształtowaniu nowoczesnych i odpornych miast. Program wydarzenia oparto na czterech blokach tematycznych, których zakres odzwierciedla kluczowe zmiany zachodzące w polskiej hydrologii i inżynierii miejskiej w latach 2016–2026.

Pierwsza sesja poświęcona będzie bilansowi minionej dekady, w której wody opadowe z zagadnienia marginalnego stały się istotnym elementem polityki miejskiej. Przedstawione zostaną doświadczenia miast, operatorów systemów odwodnienia, projektantów oraz instytucji publicznych, obejmujące zarówno osiągnięcia, jak i wyzwania wymagające dalszych korekt kierunków działań.

Drugi blok tematyczny skoncentruje się na współwystępowaniu dwóch skrajnych zjawisk – długotrwałych okresów suszy oraz gwałtownych opadów prowadzących do lokalnych podtopień. Podkreślone zostanie znaczenie zintegrowanego podejścia do zatrzymywania i odprowadzania wody jako podstawy budowania odporności miast, a dyskusję uzupełni perspektywa regulacyjna i organizacyjna.

Trzecia sesja poświęcona będzie nowym technologiom zmieniającym praktykę inżynierską, w tym wykorzystaniu narzędzi cyfrowych, sztucznej inteligencji, cyfrowych bliźniaków systemów odwodnienia oraz rozwiązań wpisujących się w model gospodarki o obiegu zamkniętym, w których wody opadowe traktowane są jako lokalny zasób.

Ostatni blok tematyczny skupi się na roli wody w kształtowaniu przestrzeni miejskiej, ze szczególnym uwzględnieniem urbanistyki, architektury krajobrazu i planowania przestrzennego. Zaprezentowane zostaną przykłady rozwiązań, w których woda staje się elementem poprawiającym jakość życia, sprzyjającym tworzeniu funkcjonalnych i odpornych struktur miejskich.

Termin: 3–4 marca 2026 r.

Miejsce: Poznań, Sala Ziemi, Międzynarodowe Targi Poznańskie

Szczegóły: stormwaterpoland.com



Szkolenie: Zagadnienia projektowe i eksploatacyjne kanalizacji ciśnieniowej. Zarządzanie siecią

Szkolenie organizowane przez Oddział Katowice Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych, poświęcone zagadnieniom projektowania, eksploatacji oraz zarządzania systemami kanalizacji ciśnieniowej. Program obejmuje warunki stosowania kanalizacji ciśnieniowej, rozwiązania techniczne w zakresie przydomowych, pośrednich i sieciowych przepompowni ścieków z pompami zatapialnymi, a także pompowni z wstępną separacją części stałych. Omówione zostaną zasady projektowania rurociągów tłocznych, zabezpieczeń pomp, instalacji do napowietrzania i płukania rurociągów oraz studzienek rozprężnych, jak również wybrane problemy eksploatacyjne, w tym zagadnienia związane z powstawaniem siarkowodoru i metodami czyszczenia rurociągów.

Termin: 5 marca 2026 r., godz. 11:00–14:00

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne

Szkolenie: Wentylacja obiektów obrony cywilnej

Szkolenie seminaryjne online poświęcone wymaganiom technicznym dla systemów wentylacji w obiektach obrony cywilnej, obejmujące zagadnienia stref wentylacji, doboru urządzeń oraz przykłady rozwiązań projektowych, w tym dla Miejsc Doraźnego Schronienia (MDS).

Termin: 9 marca 2026 r., godz. 11:00–14:00

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne

V Konferencja Naukowo-Techniczna „Nowe wyzwania: kierunki gospodarki osadowej – od problemu do zasobu

Konferencja naukowo-techniczna poświęcona aktualnym wyzwaniom oraz kierunkom rozwoju gospodarki osadowej, ze szczególnym uwzględnieniem nowoczesnych rozwiązań technologicznych zgodnych z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym. Program wydarzenia obejmuje zagadnienia związane z zagospodarowaniem osadów ściekowych, ograniczaniem uciążliwości odorowych, stabilizacją i higienizacją osadów, odzyskiem biogazu oraz przekształcaniem termicznym osadów, a także aspekty technologiczne, prawne i ekonomiczne funkcjonowania instalacji. Wydarzenie objęte jest patronatem honorowym Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych.



Termin: 3–4 marca 2026 r.

Miejsce: Białystok

Szczegóły: 2ktechnologie.pl/iv-konferencja-nowe-wyzwania-kierunki-gospodarki-osadowej-od-problemu-do-zasobu/

Szkolenie: Zaawansowane metody podczyszczania wody opadowej – usuwanie zawiesiny trudnopadającej

Szkolenie poświęcone zagadnieniom projektowania urządzeń do retencji wód opadowych oraz metodom podczyszczania wody deszczowej, ze szczególnym uwzględnieniem usuwania zawiesiny trudnopadającej. Program obejmuje zagadnienia koagulacji i filtracji zanieczyszczeń, charakterystykę zanieczyszczeń zawieszonych i koloidalnych, a także rozwiązania techniczne z zakresu separatorów, filtrów oraz wielofunkcyjnych osadników i stawów retencyjnych.

Termin: 16 marca 2026 r., godz. 11:00–14:00

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne

Szkolenie: Wpływ pandemii COVID-19 na zużycie wody w miejscowościach o różnym charakterze (Kraków, Słomniki, Ostróda)

Oddział Krakowski Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych zaprasza na webinarium poświęcone analizie zmian zużycia wody w okresie pandemii COVID-19 w miastach o zróżnicowanym charakterze funkcjonalnym.

Podczas spotkania omówione zostaną wyniki badań dotyczące wpływu ograniczeń społecznych i zmian stylu życia na gospodarkę wodną oraz eksploatację systemów wodociągowych w wybranych miejscowościach: Krakowie, Słomnikach i Ostródzie.

Termin: 18 marca 2026 r., godz. 12:00–14:15

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.krakow.pl, zapisy: biuro@pzits.krakow.pl

Szkolenie: Zarządzanie wodami opadowymi w obszarach zurbanizowanych

Oddział Krakowski Polskiego Zrzeszenia Inżynierów i Techników Sanitarnych zaprasza na webinarium poświęcone problematyce zarządzania wodami opadowymi w miastach i terenach zurbanizowanych.

Tematyka spotkania obejmować będzie współczesne wyzwania związane z intensywną urbanizacją, zmianami klimatycznymi oraz koniecznością wdrażania rozwiązań z zakresu małej retencji, systemów odwodnienia i zrównoważonego gospodarowania wodami opadowymi.

Termin: 24 marca 2026 r., godz. 12:00–14:15

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.krakow.pl, zapisy: biuro@pzits.krakow.pl

Szkolenie: Optymalizacja pracy sieci ciepłowniczej z wykorzystaniem modeli cieplno-hydraulicznych

Szkolenie poświęcone zastosowaniu cyfrowych modeli cieplno-hydraulicznych w analizie i optymalizacji pracy systemów ciepłowniczych. Program obejmuje zagadnienia związane z transformacją sektora ciepłowniczego, optymalizacją offline i online oraz studia przypadków dotyczące m.in. budowy nowych źródeł, obniżania parametrów regulacyjnych sieci i wykorzystania akumulatorów ciepła, a także omówienie korzyści i ryzyk wynikających ze stosowania modeli obliczeniowych w praktyce eksploatacyjnej.

Termin: 24 marca 2026 r., godz. 11:00–14:00

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne

VI Konferencja Naukowo-Techniczna „Klimatyzacja obiektów szpitalnych”

VI edycja Konferencji Naukowo-Technicznej „Klimatyzacja obiektów szpitalnych”, poświęcona zagadnieniom projektowania, eksploatacji i oceny systemów HVAC w obiektach ochrony zdrowia, ze szczególnym uwzględnieniem bloków operacyjnych, diagnostyki obrazowej, medycyny nuklearnej oraz przeszerzenia hospitalizacji specjalistycznej.

Program konferencji obejmuje wystąpienia eksperckie dotyczące mikrośrodowiska sal operacyjnych, kontroli bioaerozolu, komfortu cieplnego użytkowników, walidacji pomieszczeń o podwyższonych wymaganiach higienicznych oraz wpływu parametrów powietrza na poziom bezpieczeństwa klinicznego.

W gronie prelegentów VI Konferencji Naukowo-Technicznej „Klimatyzacja obiektów szpitalnych” znajdą się przedstawiciele środowiska klinicznego, epidemiologicznego, akademickiego oraz inżynierskiego, reprezentujący wiodące uczelnie techniczne, ośrodki medyczne i podmioty branżowe. Program tworzą wystąpienia ekspertów zajmujących się bezpieczeństwem mikrobiologicznym, projektowaniem i eksploatacją systemów HVAC w ochronie zdrowia, jakością środowiska wewnętrznego oraz rozwiązaniami technicznymi dla obiektów szpitalnych. Konferencję współtworzą specjaliści z uczelni krajowych i zagranicznych, organizacji branżowych oraz praktyki klinicznej i przemysłowej: **dr n. med. Anna Szczypka** (Bonifraterskie Centrum Medyczne sp. z o.o., Oddział III w Krakowie; Wydział Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Andrzeja Frycza Modrzewskiego w Krakowie; Konsultant Krajowy w dziedzinie pielęgniarstwa epidemiologicznego), **dr Łukasz Schumann** (TU Berlin), **prof. dr hab. inż. Iwona Skoczko** (Politechnika Białostocka), **dr inż. Sylwia Szczeniak** i **mgr inż. Radosław Niedzielski** (Politechnika Wrocławska), **dr inż. Amelia Staszowska** (Politechnika Lubelska) oraz **dr inż. Anna Rolewicz-Kalińska**, **mgr inż. Dominika Kwiecińska**, **mgr inż. Marcin Michalski**, **mgr inż. Vasco de Vasconcelos** i **dr hab. inż. Anna Bogdan**, prof. PW (Politechnika Warszawska). Tak dobrany skład prelegentów zapewni połączenie wiedzy naukowej, doświadczeń projektowych, perspektywy użytkowników obiektów medycznych oraz praktyki wdrożeniowej.



Zakres tematyczny konferencji obejmuje m.in.:

- Źródła niepowodzeń w walce z zakażeniami w bloku operacyjnym
- The surgical microenvironment: what impacts its safety level?
- Temperatura projektowa w przestrzeniach hospitalizacji pediatrycznej – uwarunkowania kliniczne i implikacje projektowe
- Uwarunkowania projektowania instalacji HVAC w pracowniach diagnostyki obrazowej i medycyny nuklearnej
- Skuteczność naściennego elektrostatycznego oczyszczacza powietrza w zakresie usuwania bioaerozolu
- Rola temperatury w kształtowaniu ryzyka mikrobiologicznego w miejscach gromadzenia odpadów i w pomieszczeniach gospodarczych
- Nawilżanie powietrza w szpitalach – jakość wody jako klucz do jakości powietrza
- Izolacyjność cieplna obłożeń medycznych
- Walidacja sal operacyjnych – spojrzenie z innej strony
- Komfort cieplny użytkowników sal operacyjnych – wpływ systemu wentylacji.

Termin: 27 marca 2026 r.

Miejsce: wydarzenie online

Szczegóły: <https://pzits.pl/> lub <https://klimatyzacja.wszpitalach.pl/>

Pompownie ścieków – oszczędzanie energii oraz zapobieganie awariom – monitorowanie pracy pompowni ścieków

Szkolenie poświęcone zasadom projektowania, doboru i eksploatacji pompowni oraz tłoczni ścieków, ze szczególnym uwzględnieniem efektywności energetycznej i niezawodności pracy systemów. Program obejmuje zagadnienia funkcjonowania kanalizacji ciśnieniowej, doboru pomp ściekowych, porównania rozwiązań tradycyjnych z tłoczniami, zabezpieczeń przed uderzeniem hydraulicznym oraz metod monitorowania i oceny pracy przepompowni w celu zapobiegania awariom.

Termin: 30 marca 2026 r., godz. 10:00–15:00

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne

Szkolenie: Ogólne zasady i przepisy regulujące projektowanie sieci gazowych. Propozycje zmian w przepisach regulujących projektowanie i eksploatację sieci gazowych

Seminarium online poświęcone obowiązującym zasadom prawnym oraz proponowanym zmianom w przepisach regulujących projektowanie i eksploatację sieci gazowych. W trakcie szkolenia omówione zostaną aktualne wymagania formalno-prawne, kierunki planowanych modyfikacji przepisów oraz ich znaczenie dla praktyki projektowej i eksploatacyjnej.

Termin: 8 kwietnia 2026 r., godz. 11:00–14:00

Miejsce: szkolenie online

Szczegóły: pzits.com.pl/index.php/szkolenia-seminaryjne



Branżowe Centrum Umiejętności
w dziedzinie: instalacje sanitarne, grzewcze i gazowe
przy Zespole Szkół Budowlano-Drzewnych
im. Armii Krajowej w Żywcu

Zapraszamy na **Spotkania Hybrydowe w BCU nr 2 w Żywcu:**

🕒 10:00-12:00

📅 12 marca

Ogrzewanie i chłodzenie płaszczyznowe - rozwiązania na przykładzie systemów KAN-Therm

Prezentacja działalności firmy KAN – polskiego producenta systemów instalacyjnych – oraz omówienie podstaw teoretycznych ogrzewania i chłodzenia płaszczyznowego (wydajność, parametry pracy, punkt rosy).

Przegląd metod wykonania instalacji (systemy mokre i suche), elementów konstrukcyjnych oraz zasad doboru komponentów. Przedstawienie zastosowań specjalnych, m.in. ogrzewania powierzchni zewnętrznych, a także zasad wykonania wylewek i posadzek. Uzupełnieniem będzie krótka charakterystyka programów wspomagających projektowanie instalacji płaszczyznowych.

🕒 11:00-13:00

📅 19 marca

Ogrzewanie domu - mądre wybory- promocja nowoczesnych i efektywnych rozwiązań w branży OZE.

CZĘŚĆ OGÓLNA – J. Starościk (SPIUG)

Jak ogrzewać dom w kierunku samowystarczalności energetycznej? Omówienie ograniczania strat ciepła, roli OZE, zasad doboru źródła ciepła oraz współpracy elementów instalacji. Wprowadzenie do koncepcji smart home oraz wskazanie cech wiarygodnego producenta urządzeń grzewczych.

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA – eksperci firm: GALMET, TECH Sterowniki, CALEFFI

Praktyczne rozwiązania dla nowoczesnych instalacji grzewczych: odzysk ciepła z wentylacji (rekuperacja) i integracja różnych źródeł ciepła (GALMET), automatyka i sterowanie systemami hybrydowymi (TECH Sterowniki) oraz kluczowe elementy instalacji CO z pompą ciepła – separacja zanieczyszczeń i powietrza, zabezpieczenia antyzamarzaniowe i zawory przełączające (CALEFFI).

🕒 10:00-12:00

📅 26 marca

Systemy oszczędzania, odzysku i recyklingu wody - w domu lub instytucji

Możliwości i sposoby rozwiązania odzysku wód opadowych i wody ze ścieków szarych
Dr inż. Florian PIECHURSKI

Przegląd zużycia wody w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej oraz omówienie systemów odzysku wody deszczowej i szarej. Charakterystyka zanieczyszczeń, zbiorników, metod oczyszczania oraz warunków projektowania instalacji dualnych. Prezentacja praktycznych przykładów zastosowań – w obiekcie biurowym, krytej pływalni oraz domu studentkim.

Formuła spotkań: zajęcia prowadzone w trybie hybrydowym (udział stacjonarny lub online).

Rejestracja oraz Szczegóły: przez stronę internetową lub telefonicznie:

BRANŻOWE CENTRUM UMIEJĘTNOŚCI

przy Zespole Szkół Budowlano-Drzewnych im. Armii Krajowej

📍 ul. Szkolna 2, 34-300 Żywiec

☎ 33 861 21 75

✉ bcu@zsb.edu.pl



www.bcu.zsb.edu.pl

Projekt współfinansowany z Krajowego Planu Odbudowy i Zwiększania Odporności (KPO), Komponent A: Odporność i konkurencyjność gospodarki, Cel szczegółowy A3. Doskonalenie systemu edukacji, mechanizmów uczenia się przez całe życie w kierunku lepszego dopasowania do potrzeb nowoczesnej gospodarki, wzrostu innowacyjności, zwiększania transferu nowych technologii oraz zielonej transformacji, Inwestycja A.3.1.1. Wsparcie rozwoju nowoczesnego kształcenia zawodowego, szkolnictwa wyższego oraz uczenia się przez całe życie.



Rzeczpospolita
Polska

Sfinansowane przez
Unię Europejską
NextGenerationEU

