



Innowacje w odnawialnych źródłach energii

ORGANIZATORZY



PATRONATY HONOROWE



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej



MAŁOPOLSKA

Patronat Marszałka Województwa
Małopolskiego – Wiesława Kozłowskiego



Instytut Energetyki Odnawialnej



Patronat
Honorowy
Rektora AGH

AGH



Fundacja na rzecz
Efektywnego
Wykorzystania
Energii
od 1990

INNOWACJE W ODNAWIALNYCH ŹRÓDŁACH ENERGII

Praca zbiorowa pod redakcją
Przemysława Jury
Mariana Banasia

Kraków, czerwiec 2022 r.

Recenzenci

dr hab. inż. Andrzej Ożadowicz, prof. AGH
dr inż. Tomasz Fiszer

Redakcja naukowa

Przemysław Jura, Marian Banaś

Autorzy

Artur Kozłowski, Michał Chrobak, Przemysław Jura, Andrzej Habryń, Jarosław Smyła, Bartłomiej Doering, Tomasz Woźnica, Martyna Dudzicz, Jakub Szymiczek, Krzysztof Szczotka

Redakcja i formatowanie tekstu

Krzysztof Szczotka

ISBN: 978-83-65734-05-1

Wydawca
Katedra Systemów Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH
Al. Mickiewicza 30, 30-0595 Kraków

SPIS TREŚCI

Przedmowa	4
1. Bezpieczeństwo teleinformatyczne w systemach OZE	6
2. Efektywność stosowania innowacji w OZE w gospodarce odpadami ...	19
3. Inteligentna zrobotyzowana dekompozycja jako sposób na odpady	36
4. Rozwój systemów zarządzania budynkiem zintegrowanych z OZE	46
5. Ocena zgodności nowoczesnych rozwiązań technologicznych w OZE ..	59
6. Instrumenty wsparcia inwestycji polskich przedsiębiorstw w projekty OZE z wykorzystaniem funduszy europejskich	66
7. Analiza techniczna i ekonomiczna wykorzystania ciepła geotermalnego w MZEC Oława	103
8. Wpływ parametrów termodynamicznych na efektywność energetyczną sprężarkowej powietrznej pompy ciepła	126
9. Hybrydowe systemy magazynowania energii: integracja różnych technologii dla optymalizacji wydajności	151
10. Wpływ magazynowania energii na transformację systemów energetycznych w kierunku dekarbonizacji	158

Przedmowa

W świetle nadchodzących zmian klimatycznych i wzrastającej potrzeby transformacji energetycznej na bardziej zrównoważone źródła, niniejsza publikacja "Innowacje w Odnawialnych Źródłach Energii", prezentuje nie tylko najnowsze osiągnięcia w dziedzinie OZE, ale również kierunki, w jakich powinna rozwijać się przyszłość energetyki. Zawarte w niej prace, przygotowane przez zespół ekspertów z różnych dziedzin, ukazują szeroki wachlarz tematów - od bezpieczeństwa teleinformatycznego w systemach OZE, poprzez efektywność stosowania innowacji w gospodarce odpadami, aż po rozwój hybrydowych systemów magazynowania energii.

Pragniemy nie tylko wprowadzić czytelnika w świat możliwości, jakie niosą za sobą odnawialne źródła energii, ale również podkreślić ich znaczenie dla przyszłych pokoleń. Innowacje w OZE są kluczowe dla osiągnięcia celów klimatycznych, takich jak zredukowanie emisji CO₂ i zwiększenie udziału energii odnawialnej w miksie energetycznym. Publikacja odpowiada na wyzwania klimatyczne i mamy nadzieję, że również inspiracja dla rozwoju nowych technologii i zwiększanie bezpieczeństwa energetycznego.

Publikacja ta, dzięki wsparciu recenzentów dr hab. inż. Andrzeja Ożadowicza, prof. AGH, i dr inż. Tomasza Fiszera, jest zbiorem wiedzy, która ma inspirować, edukować i motywować do dalszych badań oraz działań na rzecz zrównoważonej transformacji energetycznej. Dzięki zaangażowaniu autorów i redakcji naukowej, przedstawione prace stanowią ważny wkład w debatę o przyszłości energetyki OZE i świadczą o wysokim poziomie merytorycznym oraz innowacyjności podejmowanych badań.

Mamy nadzieję, że monografia naukowa "Innowacje w Odnawialnych Źródłach Energii" będą stanowić cenne źródło wiedzy dla naukowców,

praktyków, a także decydentów, którzy poszukują efektywnych i nowatorskich rozwiązań w dziedzinie energetyki odnawialnej. Zapraszamy do lektury, która z pewnością rozszerzy horyzonty myślenia o energii i jej przyszłości w zrównoważonym świecie.

Przemysław Jura

Marian Banaś

1. Bezpieczeństwo teleinformatyczne w systemach OZE

Wprowadzenie

W 2021 r. Parlament Europejski uchwalił dokument „Fit for 55” aktualizujący wcześniejszy Europejski Zielony Ład (The European Green Deal) – zgodnie z nowym dokumentem, Unia Europejska już do 2030 roku ma osiągnąć redukcję emisji dwutlenku węgla aż o 55%.

Fit for 55 to, mówiąc ogólnie, pakiet unijnych aktów prawnych, które mają na celu zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o 55% względem roku 1990. Fit for 55 odnosi się do okresu przejściowego, prowadzącego docelowo do neutralności klimatycznej w 2050 roku w całej UE.

Bruksela wymagać ma zmian m.in. w:

- limitach emisji samochodów,
- sposobach ogrzewania domów,
- tanich lotach samolotowych,
- odnawialnych źródeł energii.

Na Fit for 55 składa się dokładnie 13 wniosków ustawodawczych, które stały się elementem nowego europejskiego porządku prawnego wraz z uchwaleniem przez UE Prawa Klimatycznego, które oficjalnie weszło w życie 29 lipca 2021.

Wojna w Ukrainie podnosi potrzebę szybkiej transformacji w kierunku czystej energii. Przyspieszenie przechodzenia na czystą energię może zmniejszyć zależność od importowanych paliw kopalnych i zapewnić ochronę przed gwałtownymi wzrostami cen. Rozwój OZE można przyspieszyć,

jednak wymaga to zmiany dotychczasowych polityk i zniesienia barier legislacyjnych.

Unia Europejska w 2020 roku osiągnęła 22,1 proc. udziału źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto, czyli o ponad 2 punkty procentowe powyżej ustalonego w pakiecie energetyczno-klimatycznym. Są to łączne dane z trzech sektorów: elektroenergetyki, ciepłownictwa i transportu. Państwa członkowskie w różnym stopniu zostały zobligowane do wypełnienia wspólnego celu, Polska do 2020 r. zobowiązała się osiągnąć 15 proc. udziału OZE i udało się spełnić ten obowiązek.

Najwięcej energii odnawialnej dostarcza biomasa, zarówno w Polsce jak i w Unii Europejskiej, ale w przypadku Polski stanowi ona ponad 70 proc. zielonej energii, podczas gdy średnia unijna to około 40 proc. W ciepłownictwie biomasa jest głównym źródłem OZE. Wykorzystanie biomasy w polskim sektorze ciepłowniczym wzrosło, a jednocześnie dynamicznie rośnie udział biogazu i odpadów komunalnych, w których do zielonej energii zalicza się tzw. frakcja organiczna. Energetyka wiatrowa i słoneczna są uzależnione od warunków pogodowych - nie zawsze wieje wiatr i świeci słońce.

Mówiąc o bezpieczeństwie i ochronie przeciwpożarowej systemów fotowoltaicznych (PV) mówimy o bezpieczeństwie w aspekcie jakości, znaczeniu profesjonalnego projektowania i instalacji systemu oraz roli złączy DC. Istotne jest również informowanie i szkoleniu strażaków w zakresie bezpiecznego użytkowania systemów PV oraz prawidłowego i bezpiecznego gaszenia pożaru w sytuacjach awaryjnych.

Dzisiaj szczególnego znaczenia dla systemu elektroenergetycznego nabiera znaczenie bezpieczeństwa teleinformatycznego związane z transmisją danych, układami sterowania, itp. Dobrze ilustrował to atak w 2015 na Ukrainie, gdzie cyberprzestępcy włamali się do centrów kontroli trzech firm dystrybuujących energię elektryczną i otworzyli wyłączniki w około 30 podstacjach dystrybucyjnych, w efekcie 200 000 konsumentów straciło energię elektryczną. Sam moment ataku nie był przypadkowy, gdyż był on przeprowadzony tuż przed świętami Bożego Narodzenia, co

z pewnością negatywnie odbiło się na szybką reakcję i minimalizację skutków ataku.

Wiele firm na rynku oferuje szkolenia i kursy internetowe, aby wspierać instalatorów w poszerzaniu wiedzy specjalistycznej, zarówno w kontekście usług montażu, serwisu ale również zapewnienia bezpieczeństwa.

Podjęcie do szeroko rozumianego bezpieczeństwa powinno obejmować swoim zakresem zagadnienia układów sterowania, montażu, utrzymania, transmisji danych i utrzymania w gotowości. Niezwykle ważny powinien być dobór komponentów ze względu na funkcjonalność, parametry, w tym również parametry bezpieczeństwa w przypadku kluczowych inwestycji oraz zaufanego dostawcę.

W artykule przedstawiono zagadnienie bezpieczeństwa teleinformatycznego w zakresie bezpieczeństwa urządzeń i systemów dedykowanych dla rozwiązań OZE. Opisano podejście do cyberbezpieczeństwa realizowane w działaniach operacyjnych przez instytut Łukasiewicz-EMAG. Zaprezentowano przykładowe rozwiązania pozwalające zwiększyć bezpieczeństwo.

Bezpieczeństwo systemów OZE

Cyberataki to najszybciej rozwijająca się dziedzina przestępczości. Zwiększa się ich ilość, zasięg i poziom zaawansowania. Przyczynia się do tego coraz powszechniejsza praca zdalna i wykorzystanie narzędzi cyfrowych, komplikacje środowisk IT i rozmycie perymetru sieci.

Zachowanie bezpieczeństwa staje się coraz większym wyzwaniem. Do efektywnej ochrony zasobów informatycznych nie wystarczą już klasyczne środki bezpieczeństwa jak zaporę sieciową i oprogramowanie antywirusowe. Coraz częściej, to one stają się naturalnym celem ataku przestępców.

Stawienie czoła narastającej fali ataków wymaga zaawansowanych narzędzi, procesów oraz zespołu, który przeanalizuje dane o zdarzeniach bezpieczeństwa i zareaguje na wykryte incydenty.

Podejście do bezpieczeństwa musi być kompleksowe. Zaczynając od specjalistycznych badań związanych z dyrektywami UE (branżowymi, np. EMC, MAD, RED, itp.) po specjalistyczne związane z bezpieczeństwem (np. standard Common Criteria) co pozwala w szerokim spektrum wymagań technicznych przeanalizować i zbadać elementy wyposażenia, czy też system. Kolejnym zagadnieniem jest ochrona użytkowników i infrastruktury, a ostatnim ustawiczne szkolenia.

Wraz z rozwojem Przemysłu 4.0, coraz częściej następuje rozmycie w podejściu do infrastruktury IT oraz OT, gdyż często się przenikają co wymusza traktowanie ich jako jeden duży system co do którego należy zastosować odpowiednie reguły bezpieczeństwa. Niestety praktyka pokazuje, że niejednokrotnie systemy OT nie nadążają za trendami bezpieczeństwa znajdującymi się w systemach IT i ze względu na swój charakter trudniej jest wdrażać stosowne zmiany w urządzeniach OT już na etapie producenta, a dalej na poziomie instalacji w danym środowisku. Stąd ochrona obszaru systemów przemysłowych jest szczególnie istotna i możliwa do zastosowania z praktyki wynikających z aktualnych środowisk IT.

W zakresie badań i testów Łukasiewicz-EMAG specjalizuje się w następujących badaniach:

- badania kompatybilności elektromagnetycznej (EMC), środowiskowe, elektryczne, IP, gazowe oraz jakości węgla,
- laboratorium ITSEF – ocena bezpieczeństwa urządzeń i systemów IT,
- opracowywanie opinii atestacyjnych i technicznych,
- wydawanie certyfikatów zgodności,
- przeprowadzanie ocen zgodności sprzętu elektrycznego,
- badania inżynierskie/konstruktorskie na etapie powstawania wyrobu/prototypu,

-
- badania wyrobów dla branży kolejowej, automotive, informatycznej, wojskowej, górniczej, energetycznej, medycznej oraz telekomunikacyjnej,
 - bezpieczeństwo transportu materiałów niebezpiecznych UN DOT 38.3 – badania baterii.

Ocena bezpieczeństwa

Laboratorium ITSEF (IT Security Evaluation Facility) wykonuje ocenę bezpieczeństwa produktów teleinformatycznych, zarówno oprogramowania, jak i komponentów sprzętowych i sprzętowo-programowych, w następujących obszarach zastosowań: teleinformatyka, energetyka i inteligentne sieci elektroenergetyczne, inteligentne opomiarowanie, przemysłowe systemy automatyki i sterowania, motoryzacja, Internet rzeczy (IoT), sieci telekomunikacyjne, administracja publiczna, elementy infrastruktury krytycznej.

Laboratorium ITSEF wykonuje oceny bezpieczeństwa produktów IT zgodnie z rodziną międzynarodowych norm do oceny bezpieczeństwa teleinformatycznego ISO/IEC 15408, powszechnie znanej jako Common Criteria. Badania bezpieczeństwa prowadzone są zgodnie z wymaganiami międzynarodowych porozumień CCRA (Common Criteria Recognition Arrangement) i SOG-IS MRA (Senior Officials Group – Information Systems Security Mutual Recognition Agreement of Information Technology Security Evaluation Certificates). Normy Common Criteria zawierają rygorystyczne kryteria oceny produktu pod względem projektowania, architektury zabezpieczeń, środowiska rozwojowego i cyklu życia produktu, testowania funkcjonalnego oraz analizy podatności.

Skuteczność zabezpieczeń stosowanych w produkcie IT weryfikowana jest w toku niezależnej oceny wykonywanej przez wykwalifikowany zespół ewaluatorów z użyciem wyspecjalizowanej aparatury i narzędzi. W trakcie oceny badana jest dokumentacja produktu, wykonywany jest audyt

środowiska rozwojowego produktu oraz wykonywane są testy funkcjonalne, analiza podatności i testy penetracyjne. Ocena realizowana jest ze szczególnością i rygoryzmem zdefiniowanym zgodnie z założonym poziomem uzasadnionego zaufania do oceny EAL (Evaluation Assurance Level), z wykorzystaniem metodyki oceny bezpieczeństwa teleinformatycznego ISO/IEC 18045 (CEM - Common Evaluation Methodology).

Systemy OZE są użytkowane przez osoby o różnym poziomie wiedzy i świadomości z zakresu cyberbezpieczeństwa, stąd element projektowania urządzeń z uwzględnieniem tego aspektu jest niezwykle istotny i podkreśla potrzebę stosowania reguł Privacy by default oraz Security by default. Dzięki tym zasadą użytkownik końcowy dostanie produkt, który może używać bez obaw o narażenie go na ataki cyberprzestępców lub wyciek danych. Praktyka pokazuje, że wielokrotnie systemy teleinformatyczne posiadają braki w kryptografii, narażając dane na kradzież, tudzież pozostawienie prostych, domyślnych danych uwierzytelniających, za pomocą których możliwe jest nawet zdalne, poprzez Internet modyfikowanie parametrów urządzenia. To m.in. te elementy, które są składowymi architektury bezpieczeństwa, są weryfikowane podczas certyfikacji na zgodność z normą Common Criteria, co finalnie przekłada się na większe zaufanie odbiorców do danego produktu, gdyż wiedza, że dostają urządzenie bezpieczne.

Aspekt architektury bezpieczeństwa jest rzeczą fundamentalną w produktach, które mają być bezpieczne. Jest to zaprojektowanie mechanizmów bezpieczeństwa oraz procesów wymiany danych i działania danego rozwiązania, które nakładają obostrzenia co do bezpieczeństwa, aby móc je zapewnić na właściwym poziomie. Zgodnie z obecną praktyką w kontekście projektowania systemów teleinformatycznych, błąd użytkownika, szczególnie przypadkowy, nie może doprowadzać do incydentów bezpieczeństwa – system powinien być gotowy na taką sytuację i odpowiednio zareagować, a takie działania są właśnie uwzględniane w architekturze bezpieczeństwa.

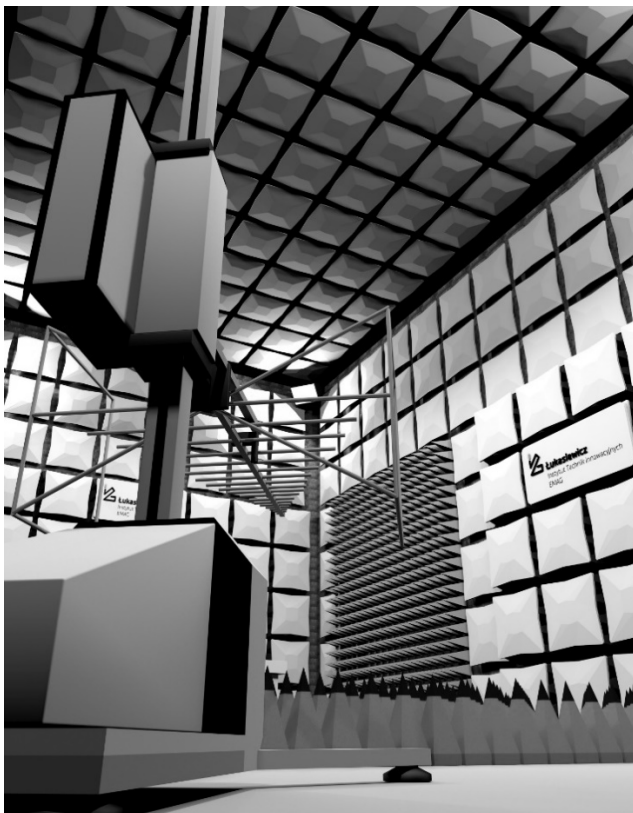
Aby wyjść naprzeciw potrzebom rynku, możliwe jest również przeprowadzenie uproszczonej certyfikacji produktu, aniżeli na zgodność z normą Common Criteria, nazywaną lekkim systemem oceny i certyfikacji cyberbezpieczeństwa. Certyfikację taką można przeprowadzić w dużo krótszym czasie, a zatem i niższym kosztem, zachowując jednak należyty poziom weryfikacji bezpieczeństwa, aby użytkownik końcowy mógł mieć większe zaufanie do danego rozwiązania. Łukasiewicz-EMAG w ramach prac badawczo-rozwojowych opracowuje i wdraża te lekkie programy certyfikacji, w szczególności dla systemów IoT, IIoT, Centrów Przetwarzania Danych oraz komponentów automatyki przemysłowej. Ideą jest, aby te lekkie systemy oceny i certyfikacji cyberbezpieczeństwa były kompatybilne z innymi lekkimi systemami, stosowanymi we Francji (CSPN), Niemczech (BSZ) czy Hiszpani (LINCE) i móc być stosowanym w ramach Europejskich Programów Certyfikacji.

Cyfrowe systemy łączności radiowej

W nowo utworzonym laboratorium łączności radiowej przeprowadzane będą badania w zakresie radiowym. Będzie ono mogło wykonywać testy umożliwiające potwierdzenie zgodności wyrobu z dyrektywą 2014/53/EU (RED - Radio Equipment Directive - dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich dotyczących udostępniania na rynku urządzeń radiowych). Będzie można również badać urządzenia telekomunikacyjne 2G, 3G, 5G. Stanowisko pomiarowe wyposażone będzie w komorę typu FAR (Fully Anechoic Room – komora w pełni bez odbiciowa, zgodna ze standardami CTIA OTA oraz ETSI TR102 273) umożliwiającą wykonywanie testów Over-The-Air (OTA) urządzeń telekomunikacyjnych wykorzystujących techniki komunikacji bezprzewodowej.



Laboratorium łączności radiowej EMAG
Źródło: opracowanie własne



Laboratorium łączności radiowej EMAG
Źródło: opracowanie własne

Security Operation Center (SOC)

SOC w głównej mierze to ludzie, analitycy SOC, posiadający wyspecjalizowane narzędzia oraz wiedzę o cyberbezpieczeństwie. Realizują oni monitoring w trybie ciągłym bezpieczeństwa w organizacji, w szczególności analizą anomalii i podejrzanych zdarzeń, które to elementy są z reguły nieskutecznie realizowane przez narzędzia zautomatyzowane. Wynika to z prostego faktu, że zbyt czułe rozwiązania automatyczne uniemożliwiłyby codzienną pracę, ze względu na blokowanie zdarzeń, które są normalną pracą, a nie zagrożeniami. Natomiast zbyt mało czułe rozwiązania,

przepuszczałyby incydenty bezpieczeństwa. W tym obszarze niejednoznaczności swoje miejsce ma SOC, w którym dokonuje się ręcznej analizy takich zdarzeń i podejmuje werdykt czy dane zdarzenie jest incydem bezpieczeństwa. Bardzo ważny jest tutaj kontekst, gdyż obecność np. programów do rozwiązywania problemów w ruchu sieciowym, które są stosowane bardzo powszechnie zarówno przez administratorów IT jak i cyberprzestępców podczas ataków mogą świadczyć o incydencie bezpieczeństwa w zależności od tego na komputerze jakiego pracownika się znajdują – dziale księgowym, potencjalnie zaatakowanego, czy dziale IT, w którym zapewne takich programów używa się na co dzień. Innym przykładem niejednoznaczności jest szyfrowanie plików w komputerze, które może być wywołane zarówno przez użytkownika który chce zabezpieczyć swoje dane jak i oprogramowanie ransomware, którego właściciele następnie będą żądać okupu za odszyfrowanie danych.

Kolejnym przykładem są pliki o nietypowej budowie, które mogą być zabezpieczone przed inżynierią wsteczną zarówno celem ochrony praw autorskich przez dostawców legalnego oprogramowania jak i ochrony przed wykryciem przez rozwiązania bezpieczeństwa przez cyberprzestępców. W CUBE tego typu niejednoznaczności są weryfikowane poprzez kontakt z użytkownikiem stacji roboczej, analizie zawartości i budowy pliku, uruchomienie go w izolowanym środowisku celem monitoringu dokładnego przebiegu jego uruchomienia i jakie niesło to ze sobą skutki oraz analizą zewnętrznych źródeł danych. Na tej podstawie, wraz z wiedzą i doświadczeniem analityk podejmuje werdykt co do ryzyka związanego z danym plikiem.

Praca SOC w Łukasiewicz-EMAG to nie tylko analiza zdarzeń bezpieczeństwa, ale również działania proaktywne, których celem jest poprawa bezpieczeństwa w organizacji, jak i działania reaktywne. Dla działań proaktywnych są to m.in. szkolenia pracowników organizacji, zarówno techniczne dla pracowników IT, aby przekazać im informację jak ataki są realizowane oraz w jaki sposób się przed nimi chronić, jak i szkolenia nietechnicznej, do podnoszenia świadomości z bezpieczeństwa dla pracowników. Do tego

dochodzi identyfikowanie podatności w organizacji oraz wsparcie w ich eliminowaniu lub minimalizacji. Dla działań reaktywnych to poza samą reakcją na incydent bezpieczeństwa jest również powstrzymanie zagrożenia w szerszym spojrzeniu oraz zebranie materiału dowodowego do późniejszej analizy przez służby lub kontrole.

Szkolenia

Niejednokrotnie najsłabszym ogniwem w bezpieczeństwie danej organizacji jest człowiek, który nieraz pomimo najlepszych chęci, to ze względu na brak wiedzy i świadomości przyczynia się do skutecznego ataku cyberprzestępców. Aby zaadresować ten problem, Łukasiewicz-EMAG przygotował szereg szkoleń z zakresu bezpieczeństwa dla dedykowanych grup odbiorców, jakimi są pracownicy, dla których przygotowano szkolenia z zakresu cyber security awareness, dla specjalistów IT, z ataków i metod ochrony przed cyberprzestępcami oraz kadry zarządzającej dla których wątki bezpieczeństwa są rozpatrywane z perspektywy biznesowej i skutków finansowo-prawnych. Dodatkowo możliwe są również szkolenia dziedzinowe, takie jak szkolenia z ochrony informacji czy ochrony danych osobowych. Forma realizowanych szkoleń może być realizowana w pełni online dla dowolnej ilości osób lub stacjonarnie.

Poza aspektami cyberbezpieczeństwa, na bezpieczeństwo wpływa również poprawna instalacja urządzeń, zatem Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Technik Innowacyjnych EMAG realizuje szkolenia, w wyniku którego możliwe jest zostanie certyfikowanym instalatorem kotłów CO i pieców na biomasę. Szkolenia są realizowane na podstawie akredytacji od Urzędu Dozoru Technicznego na prowadzenie szkoleń podstawowych i przypominających w zakresie kotłów i pieców na biomasę.

Kurs przeznaczony jest dla osób rozpoczynających pracę w charakterze instalatora kotłów centralnego ogrzewania oraz pieców na biomasę jak również dla tych, którzy chcą ugruntować swoją wiedzę w tym zakresie oraz osób interesujących się tematyką wykorzystania odnawialnych źródeł

energii w postaci biomasy i pragnących zdobyć wiedzę oraz umiejętności niezbędne do podjęcia pracy w zawodzie instalatora.

Tematyka szkolenia/kursu obejmuje następujące zagadnienia:

- Wiedza ogólna z zakresu możliwości stosowania kotłów na biomasę na podstawie dokumentów i przepisów prawnych.
- Proces spalania paliw z biomasy (techniki i technologie).
- Sposoby montażu kotłów na biomasę oraz magazynów opału.
- Instalacja kotłów na biomasę i systemy kominowe.
- Czynności związane z modernizacją i utrzymaniem kotłów i pieców na biomasę.

Podsumowanie

Coraz powszechniejsze wykorzystanie systemów odnawialnych źródeł energii powoduje konieczność postawienia pytania o bezpieczeństwo tych systemów. Od odporności na ogień systemów fotowoltaicznych po korozję w piecach na pelet aż po zagadnienia związane z cyberbezpieczeństwem tych urządzeń. To tylko podkreśla wagę skali zagadnienia oraz sposób podejścia. Działalność laboratorium ITSEF Łukasiewicz-EMAG w zakresie oceny poziomu zaufania do produktów i certyfikaty wydane w ramach akredytowanego, niezależnego i bez-stronnego procesu badania zgodności będą istotnym wsparciem własnej deklaracji producenta. Co więcej, przygotowanie do procesu oceny pomoże wytwórcom w projektowaniu bezpiecznych produktów, zakładających zgodność z wymaganiami już we wczesnej fazie specyfikacji założeń dla produktu. Szybkie programy oceny i certyfikacji umożliwią producentom produktów sprawne certyfikowanie rozwiązań, co pomoże zwiększyć zaufanie klientów do tych produktów. Szerokie możliwości zastosowania programów przez krajowych producentów przyczyni się do poprawy konkurencyjności polskich przedsiębiorców oraz zwiększenie poziomu bezpieczeństwa oferowanych produktów.

Literatura

- [1] REGULATION (EU) 2019/881 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 17 April 2019, on ENISA (the European Union Agency for Cybersecurity) and on information and communications technology cybersecurity certification and repealing Regulation (EU) No 526/2013 (Cybersecurity Act).
- [2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2016/1148 z dnia 6 lipca 2016 r w sprawie środków na rzecz wysokiego wspólnego poziomu bezpieczeństwa sieci i systemów informatycznych na terytorium Unii.
- [3] Justyna Balcewicz, Rafał Babraj, pod redakcją Magdaleny Wrzosek: Analiza. Akt o cyberbezpieczeństwie – nowy mandat ENISA i certyfikacja cyberbezpieczeństwa, maj 2019, www.cyberpolicy.nask.pl
- [4] Theron, P. And Lazari, A., The IACS Cybersecurity Certification Framework (ICCF). Lessons from the 2017 study of the state of the art., EUR 29237 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-85968-7, doi:10.2760/856808, JRC111611.
- [5] THERON, Paul; RUIZ GUALDA, Jose Francisco; BOSWELL, Tony; BRUN, Jean-Michel; CASCELLA, Roberto; F., Luis; FREEMAN, Matthew; GONZALEZDE, Sergio; GORSKI, Janusz; INZERILLI, Tiziano; JANSEN, Mar-tijn Michiel; JARDIM, Mario Roberto; KOBES, Pierre; KREUTZMANN, Helge; MENTING, Jos; PUC-CETTI, Armand; QUEMARD, Jean-Pierre; QUERREC, Emmanuel; SADMI, Franck; THEUERZEIT, Michael; VENTER, Razvan; WOLLENWEBER, Kai; WYBOU, Nathanael, Recommendations for the Implementation of the Industrial Automation & Control Systems Components Cybersecurity Certification Scheme (ICCS), European Commission, Ispra, 2020, JRC121520.
- [6] Cybersecurity certification. EUCC, a candidate cybersecurity certification scheme to serve as a successor to the existing SOG-IS, v1.1.1, May 2021, ENISA.
- [7] A. Kozłowski, M. Chrobak “Security Operations Center (SOC) – moda czy konieczność” Monografia „Innowacyjne rozwiązania IT w Przemysłe 4.0”
- [8] D. Rogowski “Lekkie programy oceny i certyfikacji cyberbezpieczeństwa dla Przemysłu 4.0” Monografia „Innowacyjne rozwiązania IT w Przemysłe 4.0”

PRZEMYSŁAW JURA

Fundacja Instytutu Nauk Ekonomicznych i Społecznych

2. Efektywność stosowania innowacji w OZE w gospodarce odpadami

Wstęp

Niniejszy artykuł stanowi próbę kompleksowego opracowania przedmiotu efektywności stosowania innowacji w odnawialnych źródłach energii w gospodarce odpadami. Badania towarzyszące niniejszej analizie oparto o praktyczne rozwiązania stosowane w zakładzie Spółka MASTER – Odpady i Energia Sp. z o.o. w Tychach. Główne założenia towarzyszące prezentowanej tematyce oparto o zasady funkcjonowania gospodarki obiegu zamkniętego. Jedną z nich jest zasada ekoefektywności. Pod tym pojęciem należy rozumieć jedno z głównych narzędzi promowania transformacji gospodarki w stronę zrównoważonego rozwoju. Duże znaczenie zyskuje redukcja nadmiernej konsumpcji zasobów, przy zwiększeniu efektywności procesów produkcyjnych i ponownego używania wytworzonych produktów. Nie dotyczy to tylko zwiększenia potencjału recyklingu, lecz także rozszerzenia wartości cyrkularnego obiegu w całym łańcuchu dostaw, przekładającego się zarówno na odnawianie i naprawianie przedmiotów, sprzedawanie usług zamiast produktów, eco desing, a także współdzielenie¹. Wprowadzanie założeń gospodarki obiegu zamkniętego wymaga takich działań jak: zmiana postrzegania mechanizmów funkcjonowania procesów produkcyjnych oraz zastosowanie innowacyjnych rozwiązań OZE w celu zwiększenia ich szeroko pojętej efektywności.

¹ Kuzior A., "Zrównoważone przedsiębiorstwo". In: Globalne konteksty poszanowania praw i wolności człowieka. Idee i rzeczywistość, Kuzior A. (ed.). Remar, Sosnowiec, pp. 15-30. 2013 r.

Założenia polityki energetycznej

Poddając analizie efektywność stosowania innowacji w odnawialnych źródłach energii (OZE), można uznać za bardzo ważną kwestię zdefiniowanie pojęcia polityki energetycznej. Wspomniana polityka, stanowi element polityki publicznej, którą realizują władze. W jej ramach określa się takie strategiczne kwestie jak m. in. wielkość i źródło produkcji energii, sposób jej dystrybucji oraz konsumpcja. Polityka energetyczna może obejmować takie elementy, jak przepisy krajowe, umowy międzynarodowe, zachęty do inwestycji, wytyczne dotyczące oszczędzania oraz efektywności energetycznej, podatki i inne instrumenty związane z polityką publiczną. Z kolei na poziomie lokalnym realizowana jest lokalna (np. miejska) polityka energetyczna, której celem jest zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego, poprzez podnoszenie efektywności energetycznej oraz rozwijanie infrastruktury energetyki odnawialnej. Działania te prowadzą do ograniczenia importu paliw i surowców energetycznych z innych regionów kraju i zagranicy. W tym kontekście pojawiają się także postulaty samowystarczalności energetycznej miast. Zgodnie z poglądem Wilfrida L. Kohla, polityka energetyczna jest podzbiorem polityki gospodarczej, polityki zagranicznej, krajowej oraz międzynarodowej polityki bezpieczeństwa. We wcześniejszych okresach, polityka energetyczna zmierzała do bezpieczeństwa dostaw, przystępności cenowej oraz ograniczonego wpływu na środowisko. W myśl "Krajowej Polityki Energetycznej" lansowanej przez administrację prezydenta Busha, energia powinna być "niezawodna, przystępna cenowo i przyjazna dla środowiska". Nie tak dawno temu polityka energetyczna była zdominowana przez politykę naftową, gdyż ropa naftowa była wiodącym paliwem w USA. Trafnym jest także wskazanie, że większości gospodarek przemysłowych, także podlegała zmienności cen i zawirowaniom światowego rynku ropy naftowej, na który duży wpływ ma OPEC, czyli kartel Organizacji Krajów Eksportujących Ropę Naftową².

² Wilfrid L. Kohl, w Encyklopedia Energii, 2004

Zgodnie z twierdzeniem Karena L. Higginsa, polityka i technologia energetyczna pojawiają się jako niezmiernie ważna kwestia w naszym modelu mentalnym. W celu uzupełnienia potrzeb energetycznych, podczas gdy intensywnie wykorzystujemy zasoby energetyczne, zakładamy, że nowe rozwiązania technologiczne przeniosą zależność społeczeństwa z zanieczyszczających środowisko naturalne nieodnawialnych źródeł na stronę źródeł odnawialnych. Pojawiają się zatem oczekiwania, że ochrona i wydajność przedłużą społeczny dostęp do zasobów opartych na węglu, do czasu pojawienia się nowych technologii. Z tego tytułu można optymistycznie założyć, iż ludzkość nigdy nie doczeka problemu niedoborów energii³.

Warto wskazać także politykę energetyczną w ujęciu społeczno-technicznym, w którym współdziałają ze sobą czynniki techniczne, gospodarcze, polityczne i społeczne. Analizując przedmiotową tematykę z perspektywy badawczej, badania nad przemianami energetycznymi muszą obejmować swym zakresem wpływ ludzkich zachowań na wybór technologii energetycznych i codzienne korzystanie z systemów energetycznych. Opisane integracyjne podejście obejmuje pięć kluczowych celów rozpisanych w poniższej tabeli⁴.

³ Karen L. Higgins, w *Wzrost gospodarczy i zrównoważony rozwój*, 2015 r.

⁴ Dunlap i in., 1994; Becker i in., 2001; Renn, 2014

Tabela nr 1: Cele integracyjnego podejścia do polityki energetycznej

Cele integracyjnego podejścia do polityki energetycznej

<i>Cel 1</i>	Uzyskanie systematycznego zrozumienia procesów kształtowania preferencji i stanowisk obywateli na temat technologii i polityk energetycznych
<i>Cel 2</i>	Zdobycie lepszej wiedzy na temat procesów i procedur, które kształtują lub oświecają dyskurs społeczny na temat właściwej równowagi między różnymi opcjami zaspokojenia zapotrzebowania na usługi energetyczne
<i>Cel 3</i>	Badanie procesów instytucjonalnych i struktur organizacyjnych, które przeglądają, rewidują i regulują indywidualne i zbiorowe decyzje związane z energią.
<i>Cel 4</i>	Identyfikacja procesów politycznych włączania konsumentów i obywateli w procesy decyzyjne dotyczące wspólnie wiążącej polityki energetycznej.
<i>Cel 5</i>	Zbadanie nie tylko przeszkód i barier, ale także możliwości i zachęt, które są związane z włączeniem zainteresowanych stron i obywateli nie tylko w fazę projektowania, ale także we wdrażanie polityki energetycznej.

Źródło: opracowanie własne

Polityka Energetyczna Polski

Wraz z początkiem 2021 roku, Rada Ministrów zatwierdziła „Politykę energetyczną Polski do 2040 r.” (PEP2040) – 2 lutego 2021 r. Można twierdzić, że to nowa ważna data dla polskiego sektora paliwowo-energetycznego. Nowy dokument zatwierdzono po 12 latach od przyjęcia poprzedniej polityki. Wspomniany dokument ma charakter strategiczny i wyznacza kierunki rozwoju sektora energetycznego⁵.

⁵ Polityka energetyczna Polski do 2040 r. - Ministerstwo Klimatu i Środowiska - Portal Gov.pl (www.gov.pl)

Najważniejszymi zadaniami polityki energetycznej Polski są: zagwarantowanie niezawodności dostaw paliwa i energii, wzrost konkurencyjności gospodarki, zwiększenie efektywności energetycznej oraz zminimalizowanie negatywnego oddziaływania sektora energetyki na środowisko naturalne. Jednym ze sposobów osiągnięcia tych celów jest zwiększenie eksploatacji energetyki odnawialnej. Rozwój sektora OZE w Polsce prowadzony jest w następujących obszarach: energia elektryczna, ciepło i chłód z zasobów odnawialnych, biokomponenty wykorzystywane w paliwach ciekłych i biopaliwach ciekłych.

Warto wskazać w tym miejscu wprowadzany dokument PEP2040. Stanowi on jasną wizję strategii Polski w zakresie transformacji energetycznej. Równocześnie tworzy oś dla programowania środków unijnych związanych z sektorem energii jak i realizacji potrzeb gospodarczych wynikających z osłabienia gospodarki pandemią COVID-19. W tym miejscu przedmiotowym staje się opisanie celów zawartych w ramach strategii na najbliższe lata. Przede wszystkim ustawowym celem polityki energetycznej państwa jest bezpieczeństwo energetyczne. Należy jednak pamiętać o równoczesnym zapewnieniu konkurencyjności gospodarki, efektywności energetycznej i zmniejszenia oddziaływania sektora energii na środowisko⁶. Należy jednak wskazać cele szczegółowe PEP2040. Swym zakresem obejmują cały łańcuch dostaw energii – począwszy od pozyskania surowców, przez wytwarzanie i dostawy energii (czyli przesył i rozdziel), po sposób jej wykorzystania i sprzedaży. Każdy ze wskazanych celów przyczynia się do realizacji elementów polityki energetycznej państwa i służy transformacji energetycznej Polski⁷. Pierwszym ze wskazanych w dokumencie celów szczegółowych jest optymalne wykorzystanie własnych zasobów energetycznych. Projekt strategiczny realizujący ten cel skupia się zatem na efektywnej transformacji regionów węglowych. Kolejnym celem jest rozbudowa infrastruktury wytwórczej i sieciowej energii elektrycznej. To założenie realizuje wdrożenie

⁶ Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne - Dz.U.2022.0.1385 t.j.

⁷ Polityka energetyczna Polski do 2040 r Streszczenie

inteligentnych sieci elektroenergetycznych. Wśród celów szczegółowych wskazano również dywersyfikację dostaw i rozbudowę infrastruktury sieciowej gazu ziemnego, ropy naftowej i paliw ciekłych. Powyższy cel realizują projekty w postaci budowy Baltic Pipe oraz budowy drugiej nitki Rurociągu Pomorskiego.

Kolejno wskazano rozwój rynków energii, realizowany poprzez wdrażanie planu działania mającego służyć zwiększeniu transgranicznych zdolności. Wskazano także istotne znaczenie rozwoju elektromobilności. Kolejnym celem szczegółowym jest wdrożenie energetyki jądrowej. Cel ten realizowany jest poprzez wprowadzanie założeń Polskiego Programu Energetyki Jądrowej. Następnym wskazanym celem szczegółowym jest rozwój odnawialnych źródeł energii. Realizuje się go na mocy projektu wdrożenie morskiej energii wiatrowej. Następnym celem szczegółowym jest rozwój ciepłownictwa i kogeneracji. Odpowiada mu projekt mający za zadanie rozwój ciepłownictwa przemysłowego. Ostatnim celem szczegółowym jest poprawa efektywności energetycznej. Realizuje go projekt mający na celu poprawę efektywności energetycznej⁸. Kolejną kwestią wartą omówienia w ramach niniejszego opracowania są kluczowe elementy wskazane w dokumencie PEP2040. Przedmiotowe zagadnienie dobrze obrazuje poniższa tabela stanowiąca podsumowanie tej tematyki.

Tabela nr 2: Kluczowe elementy PEP2040

Kluczowe elementy PEP2040

Transformacja energetyczna z uwzględnieniem samowystarczalności elektroenergetycznej
Wzrost udziału OZE we wszystkich sektorach i technologiach
Zmniejszenie udziału węgla kamiennego w gospodarce energetycznej
Zwiększenie energetyki wiatrowej na morzu

⁸ Polityka energetyczna Polski do 2040 r. - Ministerstwo Klimatu i Środowiska - Portal Gov.pl (www.gov.pl)

Zwiększenie mocy wytwarzanej przez instalacje fotowoltaiczne
Zapewnienie sprawiedliwej transformacji
Zmniejszenie zużycia energii pierwotnej
Uruchomienie pierwszego bloku elektrowni jądrowej
Zmierzanie do tego, aby wszystkie gospodarstwa domowe czerpały energię ze źródeł nisko- lub zero-emisyjnych
Zwiększenie udziału gazu ziemnego w gospodarce energetycznej
Zeroemisyjna komunikacja publiczna do 2030 roku
Działania zmierzające do poprawy jakości powietrza
Odejście od spalania węgla w gospodarstwach domowych
Redukcja zjawiska ubóstwa energetycznego
Rozwój technologii energetycznych i inwestycji w B+R

Źródło: opracowanie własne

PEP2040 został opracowany w oparciu o szczegółowe analizy prognostyczne oraz konsultacje i uzgodnienia z licznymi grupami interesariuszy. Niniejszy podlegał też konsultacjom publicznym w ramach strategicznej oceny oddziaływania na środowisko. Konsultacje międzyresortowe zostały zakończone 31 grudnia 2020 r. Wówczas projekt PEP2040 został pozytywnie zaopiniowany przez Komitet Koordynacyjny ds. Polityki Rozwoju, a także uzyskał pozytywną ocenę o zgodności ze średniookresową strategią rozwoju kraju, tj. Strategią na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju, wydaną przez Ministra Finansów, Funduszy i Polityki Regionalnej. W tym samym czasie projekt PEP2040 uzyskał także pozytywną opinię Centrum Analiz Strategicznych w KPRM⁹.

⁹ Polityka energetyczna Polski do 2040 r. - Ministerstwo Klimatu i Środowiska - Portal Gov.pl (www.gov.pl)

Istota gospodarki odpadami

Mianem gospodarki odpadami określa się zbieranie, transport, odzysk i unieszkodliwianie odpadów, w tym również nadzór nad takimi działaniami oraz nad miejscami unieszkodliwiania odpadów. Trafnym staje się wskazanie, że Zrównoważone praktyki gospodarowania odpadami stały się wyzwaniem ze względu na nasze zachowania konsumpcyjne i zmieniające się warunki społeczno-ekonomiczne. Można zatem twierdzić, że gospodarka odpadami jest wielowymiarowym problemem, który wymaga, aby technologia, ekonomia oraz działalność społeczno-kulturowa i polityczna szły w parze¹⁰. Znaczącym aspektem jest również fakt, iż gospodarka odpadami ma bardzo duże znaczenie dla obecnych i przyszłych pokoleń. Tak długo, jak istotny będzie zrównoważony rozwój w praktyce, racjonalna gospodarka odpadami będzie zawsze pożądana. Pewne wyzwanie będzie stanowił jednak wzrost liczby ludności, który wpłynie w bardziej niebezpieczny sposób. Doktryna przewiduje kilka strategii, planowania, uświadamiania, unikania nieodpowiedzialnych metod odrzutów, wdrażania przyjaznych dla środowiska procesów recyklingu, współpracy z sektorem prywatnym w celu zapobiegania niebezpiecznym skutkom spowodowanym odpadami oraz utrzymania zasobów naturalnych. Trafnym jest też wskazanie, że transformacja powinna rozpocząć się lokalnie i pomóc globalnemu wzrostowi w zaspokojeniu zrównoważonego rozwoju dla przyszłych potrzeb¹¹.

Zgodnie z ustawą z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, kto podejmuje działania powodujące lub mogące powodować powstawanie odpadów, powinien takie działania planować, projektować i prowadzić, tak aby: zapobiegać powstawaniu odpadów lub ograniczać ilość odpadów i ich negatywne oddziaływanie na środowisko przy wytwarzaniu produktów, podczas i po zakończeniu ich użytkowania, zapewniać zgodny z zasadami ochrony środowiska odzysk, jeżeli nie udało się zapobiec powstawaniu

¹⁰ Rajendran K, Murphy J., w Zrównoważony odzysk zasobów i podejście zero waste, 2019 r.

¹¹ Koraganji D.V., Kandra P., w Zaawansowana gospodarka odpadami organicznymi, 2022

odpadów, zapewniać zgodne z zasadami ochrony środowiska unieszkodliwianie odpadów, których powstaniu nie udało się zapobiec lub których nie udało się poddać odzyskowi¹². Jeśli chodzi o problemy logistyczne związane z gospodarką odpadami, to systemy transportowe są stosowane tylko w odniesieniu do fizycznego przepływu towarów wśród innych powiązanych działań. Działaniami takimi mogą być na przykład zapasy, magazynowanie oraz inne elementy zarządzania łańcuchem dostaw¹³.

Jeśli chodzi o realizację niniejszego zagadnienia na kanwie regulacji Unii Europejskiej, to w jej ramach gospodarka odpadami jest prawie całkowicie regulowana dyrektywami UE, stanowiącymi ramy dla przepisów krajowych. Głównym celem w kontekście zrównoważonego rozwoju jest zapobieganie bezpośredniemu unieszkodliwianiu reaktywnych odpadów na składowiskach. Narzędziami do przestrzegania tych zasad są recykling i odzysk materiałów, a także spalanie odpadów z odzyskiem energii¹⁴. W krajach członkowskich Unii Europejskiej można dostrzec znaczące różnice w zakresie wytwarzania odpadów komunalnych. Poziom produkcji odpadów w dużym stopniu zależał od stopnia rozwoju gospodarczego. Najskuteczniejszymi narzędziami rozwiązywania niniejszego problemu powinno być wzmocnienie zachowań związanych z ograniczaniem, ponownym wykorzystaniem i recyklingiem. Należy jednak zaznaczyć, że mimo licznych wysiłków i starań obserwuje się, że poziom zachowań związanych z redukcją i ponownym wykorzystaniem nieznacznie wpłynął na wytwarzanie odpadów. Dlatego kraje, chcące zmniejszyć wytwarzanie odpadów, powinny również przywiązywać sporą uwagę do kwestii promowania zrównoważonej konsumpcji i produkcji.

¹² Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz.U.2022.0.699 t.j.

¹³ MacArthur, E. Foundation "Towards the Circular Economy – Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition" 2013; Europejska Agencja Środowiska "Gospodarka o obiegu zamkniętym w Europie": Kopenhaga, Dania, 2016.

¹⁴ Barbalace K Historia odpadów. EnvironmentalChemistry.com, 2013 r.

Istota Gospodarki Obiegu Zamkniętego

W Polskim porządku prawnym definicję gospodarki obiegu zamkniętego (GOZ) uchwalono przez Radę Ministrów w Mapie drogowej transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamknięty. Stanowi ona koncepcję, w której ilość produktów, materiałów oraz surowców powinna pozostawać w obiegu maksymalnie długo, a wytwarzanie odpadów powinno być zminimalizowane, przy jednoczesnym stosowaniu metod ich zagospodarowywania zgodnie z hierarchią sposobów postępowania z odpadami¹⁵.

W ślad za przytoczoną definicją GOZ, warto wskazać jej istotę. Podstawą paradygmatu gospodarki o obiegu zamkniętym są różne opcje zarządzania wycofaniem z eksploatacji, które kaskadowo łączą kompletne produkty lub części i materiały w dodatkowe cykle życia. Celem jej jest organizacja, inżynieria i kontrola działań, umożliwiających zachowanie wartości ekonomicznej i ekologicznej niepożądanych lub nieodpowiednich oraz zdegradowanych lub nieeksploatacyjnych produktów¹⁶. Przykłady obejmują renowację lub regenerację produktów i części lub recykling materiałów, np. odpadów z tworzyw sztucznych lub akumulatorów litowo-jonowych¹⁷. Gospodarka o obiegu zamkniętym prowadzi do oddzielenia wzrostu gospodarczego od zużycia zasobów i wpływu na środowisko. Dla przedsiębiorstw jest źródłem zarówno potencjalnych korzyści, jak i poważnych wyzwań.

Ważnym jest fakt, iż GOZ stanowi odniesienie do tzw. Gospodarki przemysłowej. Z założenia jest ona odbudowująca i odzwierciedla naturę w aktywnym ulepszaniu i optymalizacji systemów, za pośrednictwem

¹⁵ Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym przyjęta przez polski rząd w 2019 roku. Załącznik do uchwały nr Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r

¹⁶ Steinhilper R., Weiland F. Odkrywanie nowych horyzontów w zakresie regeneracji aktualnego przeglądu branż, produktów i technologii. *Proced. CIRP*, 29 pp. 769-773, 2015 r.

¹⁷ Herrmann C. *Ganzheitliches Z zarządzanie cyklem życia*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2010 r.

których działa¹⁸. Podążając śladami ekologii przemysłowej, podstawową ideą koncepcji jest optymalizacja wykorzystania zasobów (energii i innych materiałów) oraz zminimalizowanie wytwarzania odpadów przez zamknięty obieg przepływu materiałów. Odnosi się do podejścia do projektowania przepływów zasobów o obiegu zamkniętym w całej gospodarce, które wydają się być bardziej zgodne z silnym poglądem na zrównoważony rozwój ekonomii ekologicznej. Rozwijając symbiozę przemysłową w celu zamknięcia pętli materiałowych i zrównoważonych ekosystemów, kilka pojawiających się koncepcji, takich jak rozwiązania oparte na przyrodzie i system produkt-usługa, zostało zidentyfikowanych jako praktyczne rozwiązania w celu promowania zrównoważonego zarządzania zasobami¹⁹. Warty poruszenia jest również fakt, iż zjawiska zanieczyszczenia środowiska spowodowane niewłaściwym odprowadzaniem ścieków i usuwaniem odpadów stałych, a także brak odpowiednich systemów zapewniających bezpieczną wodę pitną, są nadal powszechnym problemem w wielu obszarach świata. Jest niebezpieczne, gdyż nieoczyszczone ścieki lub porzucone odpady wpływają na jakość gleby i wód gruntowych. Możliwość dostania się zanieczyszczeń do układu pokarmowego²⁰.

Zastosowanie OZE w GOZ na przykładzie międzygminnego przedsiębiorstwa MASTER – Odpady i Energia Sp. z o.o. z Tychów.

Bardzo dobrym przykładem wprowadzenia instalacji OZE w gospodarce odpadami są instalacje wytwarzające energię z odnawialnych źródeł należące do przedsiębiorstwa gospodarki odpadami i energetyki odnawialnej MASTER – Odpady i Energia Sp. z o.o. w Tychach. Instalacja odgazowywania składowiska zajmuje się odzyskiwaniem biogazu ze składowiska, który następnie przetwarzany jest w agregacie kogeneracyjnym na odnawialną energię elektryczną oraz odnawialną energię cieplną, które później

¹⁸Munasinghe M., *Ekonomika środowiska i zrównoważony rozwój*, publikacje Banku Światowego 1993r.

¹⁹ Mousumi R., w *Strategie zrównoważonego rozwoju*, 2021r.

²⁰ Stefano Papirio, Francesco Pirozzi, w *Analiza kosztów i korzyści środowiskowych interwencji zdrowotnych*, 2020 r.

spółka dostarcza do sieci energetycznej Tauron oraz miejskiej sieci ciepłowniczej PEC. Szacunki roczne wskazują na produkcję 2 tys. MWh zielonej energii elektrycznej oraz 7 tys. GJ energii cieplnej.

Spółka MASTER – Odpady i Energia Sp. z o.o. w Tychach jest autorem kolejnej innowacji w przedmiocie niniejszego artykułu, mianowicie procesu wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej przy wykorzystaniu odpadów komunalnych. W wyniku fermentacji beztlenowej odpadów powstaje biogaz pozwalający osiągnąć efekt energetyczny. W ramach tego procesu, zostaje oczyszczony z siarkowodoru i związków krzemu, a następnie wykorzystany w dwóch agregatach kogeneracyjnych celem produkcji energii cieplnej. W efekcie powstaje około 4000 MWh/rok energii elektrycznej i energii cieplnej w ilości około 14000 GJ/rok. Wyprodukowana w ten sposób energia jest przeznaczana na potrzeby własne zakładu. Warto jednak wspomnieć, że jej nadwyżki są sprzedawane do operatorów sieci energetycznej i cieplnej. Trafnym jest wskazanie, że zagospodarowanie odpadów komunalnych z wykorzystaniem poziomej fermentacji metanowej prowadzi do uzyskania odnawialnej energii z odpadów, pozwalającej ograniczyć zużycie konwencjonalnej energii, którą produkują elektrownie węglowe.

Warto wskazać dane obrazujące działalność zakładu Spółka MASTER – Odpady i Energia Sp. z o.o. w Tychach. Przede wszystkim trzeba zaznaczyć, że produkowany biogaz pochodzi z dwóch źródeł. Biogaz z odgazowania składowiska produkuje agregat kogeneracyjny o mocy 300kWe i 340kWQ. Biogaz z mechaniczno-biologicznej instalacji przetwarzania odpadów (fermentacja) produkuje agregat kogeneracyjny o mocy 332kWe i 365kWQ oraz agregat kogeneracyjny o mocy 332kWe i 365kWQ. Zgodnie z danymi firmy, ilość biogazu zużytego przez agregaty wynosi 2 250 233 m³. Jak chodzi o ilość wyprodukowanej energii elektrycznej wynosi 4032,650 MWh. Zapotrzebowanie na energię elektryczną z kolei wynosi ilość energii dodanej do sieci wynosi 5441,112 MWh. Ilość energii oddanej do sieci wynosi 1338,773 MWh. Jeśli podda się analizie ilość

wyprodukowanej energii cieplnej, to wynosi ona 8 982 GJ. Ilość energii cieplnej sprzedanej do sieci wynosi z kolei 3 048 GJ²¹.

Opisywany zakład biologiczno–mechanicznego unieszkodliwiania odpadów zajmuje zaledwie 3,5 ha i składa się z części mechanicznej, biologicznej oraz obiektów towarzyszących, które są niezbędne dla funkcjonowania zakładu. Jest on w pełni zmechanizowany. Wybudowano nowoczesne ciągi technologiczne wraz z szeroką gamą separatorów balistycznych oraz optoelektronicznych. Warto wskazać w tym miejscu nowatorskie rozwiązanie, jakim jest instalacja do suchej fermentacji frakcji organicznej.

W jej ramach poprzez przefermentowanie stałych substratów takich jak: bioodpady, odpady ogrodowe, frakcje organiczne z sortowania odpadów, stały nawóz bydłocy i inne odpady organiczne, które można układać w pryzmy; osiągana jest wysoka i niezmienna produkcja biogazu. Ważnym jest, że przy niewielkim zapotrzebowaniu energetycznym osiągana jest przy tym maksymalna produkcja gazu o wysokiej zawartości metanu. Pozostałości z fermentacji poddawane są kompostowane i następnie zużywane w rolnictwie lub ogrodnictwie. Dzięki temu cykl obiegu substancji odżywczych jest zamknięty w przeciwieństwie do spalania lub magazynowania na składowiskach. Zalety niniejszego rozwiązania dobrze obrazuje załączona tabela.

Tabela nr 3: Zalety suchej fermentacji odpadów

Zalety suchej fermentacji odpadów

Wysoka produkcja biogazu
Suche odpady pofermentacyjne
Niewielkie zapotrzebowanie energetyczne
Maksymalna dyspozycyjność urządzeń
Wysoki poziom automatyzacji

²¹ <https://www.master.tychy.pl/opis-projektu-i289.pl.html>

Niewielkie koszty inwestycyjne
Krótki czas budowy

Źródło: opracowanie własne

Proces fermentacji oparty jest o poziome lub pionowe reaktory w konstrukcji żelbetowej i stalowej. Reaktory mogą działać w systemie automatycznym. Rozumie się przez to następujący proces technologiczny (opisany chronologicznie): załadunek, przemieszczanie substratu wewnątrz reaktora oraz wyprowadzanie materiału po procesie przy pomocy przenośników ślimakowych, lub w systemie opartym o załadunek i wyładunek komór ładowarkami kołowymi. Znaczącą zaletą opisywanego rozwiązania jest fakt, iż obecność w biomasie zanieczyszczeń tj. kamienie, piasek, folie, popiół, metale itp. w żaden sposób nie oddziałuje na poprawność całości procesu²².

Założeniem przy budowie zakładu było zamknięcie łańcucha gospodarowania odpadami: wytwarzanie, redukcja ilości wytworzonych odpadów, zawrócenie produktów gospodarowania odpadami do gospodarki i utylizacja odpadów resztkowych. Zakład spełnia już w chwili obecnej docelowe normy w zakresie poziomów odzysku odpadów, tzn. odzyskuje znacznie ponad 50% makulatury, tworzyw, szkła, metali, 70% materiałów budowlanych oraz redukuje tzw. frakcję biodegradowalną kierowaną do składowania o ponad 65%. Faktem jest, że zastosowane w zakładzie technologie pozwalają nie tylko wytwarzać jak w innych zakładach surowce recyklingowe, czy kompost z odpadów, ale również pozwalają na wytwarzanie paliwa alternatywnego w postaci biogazu, czyli odnawialnej energii elektrycznej i ciepłej, które wykorzystywane są na potrzeby zakładu. Jest to jeden z najnowocześniejszych tego typu zakładów w Polsce. Spośród wciąż niewielu projektów w obszarze gospodarki odpadami zdecydowanie wyróżnia się on kompleksowością, nowoczesnością i elastycznością zastosowanych rozwiązań²³.

²² <https://fostech.com.pl/service/instalacje/>

²³ <https://www.master.tychy.pl/opis-projektu-i289.pl.html>

Zakład należący do Spółki MASTER – Odpady i Energia Sp. z o.o. w Tychach doskonale spełnia przesłanki efektywności poprzez osiągnięcie wysokich wyników środowiskowych, mówiących o niskim wpływie działalności przedsiębiorstwa na środowisko naturalne. Jednostka osiąga wysoką ekowydajność między innymi dzięki takim działaniom jak: redukcji zużycia zasobów, redukcji emisji substancji zanieczyszczających środowisko, redukcji produkowanych odpadów. Stosowanie powyższych zasad niesie dla przedsiębiorstwa liczne korzyści takie jak: obniżenie rachunków (za wywóz odpadów, zużycie energii itp.) i zwiększenie dochodowości firmy, wzrost konkurencyjności firmy, a także poprawa wizerunku przedsiębiorstwa.

Podsumowanie

Podsumowując analizę niniejszego zagadnienia, należy wskazać, że w ciągu najbliższych 20 lat, ponad połowę mocy zainstalowanych będą stanowić źródła zeroemisyjne. Szczególną rolę odegra w tym procesie wdrożenie do polskiego systemu elektroenergetycznego morskiej energetyki wiatrowej i uruchomienie elektrowni jądrowej. Powstaną dwa strategiczne nowe obszary i gałęzie przemysłu, które zostaną zbudowane w Polsce. Jest to szansa na rozwój krajowego przemysłu, rozwój wyspecjalizowanych kompetencji kadrowych, nowe miejsca pracy i generowanie wartości dodanej dla krajowej gospodarki. Równoległe do wielkoskalowej energetyki, rozwojowi ulegnie energetyka rozproszona i obywatelska. Transformacja wymaga również zwiększenia wykorzystania technologii OZE w wytwarzaniu ciepła i zwiększenia wykorzystania paliw alternatywnych w transporcie, również poprzez rozwój elektromobilności i wodoromobilności.

Istotnym jest fakt, iż dotychczasowe regulacje prawne w odniesieniu do odpadów ulegających biodegradacji wskazywały na konieczność objęcia selektywnym zbieraniem i przetwarzaniem co najmniej odpadów zielonych, natomiast rozszerzenie zakresu selektywnego zbierania o odpady ulegające biodegradacji, w tym bioodpady, nie było obowiązkiem. Obecnie gminy są

zobowiązane do rozszerzania zakresu selektywnego zbierania, a tym samym stworzenia możliwości przetwarzania odpadów o bioodpady, do których zgodnie z interpretacjami MŚ zalicza się m.in. odpady spożywcze, kuchenne z gospodarstw domowych, jak również przeterminowaną żywność. Powyższe założenia doskonale realizuje oraz będzie realizowała firma MASTER Odpady i Energia Sp. z o.o. w Tychach. Gwarantuje ona najwyższą jakość świadczonych usług, optymalne terminy realizacji, rynkową cenę oraz profesjonalną obsługę Klienta. Odbiór surowców wykonywany jest własnym transportem na podstawie stosownych licencji i zezwoleń. Spółka posiada specjalistyczne zezwolenie na transport odpadów niebezpiecznych i innych niż niebezpieczne. Powyższe działania i dotychczasowy dorobek nauki stanowią dobry prognostyk na kolejne lata oraz znaczący czynnik wpływający na poprawę stanu środowiska naturalnego oraz życia ludzi.

Literatura

- [1] Wilfrid L. Kohl, w Encyklopedia Energii, 2004
- [2] Karen L. Higgins, w Wzrost gospodarczy i zrównoważony rozwój, 2015 r.
- [3] Dunlap I. in., 1994; Becker i in., 2001; Renn, 2014
- [4] Rajendran K., Jerry D., w Zrównoważony odzysk zasobów i podejście zero waste, 2019
- [5] Koraganji D., Kandra P., w Zaawansowana gospodarka odpadami organicznymi, 2022
- [6] MacArthur, Foundation E. "Towards the Circular Economy – Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition" 2013; Europejska Agencja Środowiska "Gospodarka o obiegu zamkniętym w Europie": Kopenhaga, Dania, 2016.
- [7] Barbalace K. Historia odpadów. EnvironmentalChemistry.com. <http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/environmental/wastehisory.html> (2003)
- [8] Mapa drogowa transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym przyjęta przez polski rząd w 2019 roku. Załącznik do uchwały nr Rady Ministrów z dnia 10 września 2019 r.
- [9] Steinhilper R., Weiland F. Odkrywanie nowych horyzontów w zakresie regeneracji aktualnego przeglądu branż, produktów i technologii *Proced. CIRP*, 29 (2015) pp. 769-773
- [10] Herrmann C. *Ganzheitliches Zarahandling* cyklem życia, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2010)
- [11] Munasinghe M., *Ekonomika środowiska i zrównoważony rozwój*, publikacje Banku Światowego (1993)
- [12] Mousumi R., w *Strategie zrównoważonego rozwoju*, 2021
- [13] Papirio S., Pirozzi F., w *Analiza kosztów i korzyści środowiskowych interwencji zdrowotnych*, 2020 r.
- [14] <https://fostech.com.pl/service/instalacje/>
- [15] <https://www.master.tychy.pl>

Wykaz aktów prawnych

- [1] Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne - Dz.U.2022.0.1385 t.j.
- [2] Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach, Dz.U.2022.0.699 t.j.
- [3] Polityka energetyczna Polski do 2040 r. – Streszczenie PL (PEP 2040 Streszczenie PL)
- [4] Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (PEP 2040 PL)

3. Inteligentna zrobotyzowana dekompozycja jako sposób na odpady

Obserwujemy obecnie w Europie rosnące potrzeby zwiększenia stopnia odzysku materiałowego i surowcowego stymulowane nie tylko przepisami unijnymi ale i wzrostem cen surowców i materiałów pierwotnych i fizycznym deficytem niektórych z nich na przykład metali ziem rzadkich, niklu, stali, drewna itd.). Rośnie znaczenie gospodarki obiegu zamkniętego i praktyczna realizacja zasad 5R – refuse, reduce, reuse, recycle, rot (czasem zastępowane przez recovery) lub w innym wydaniu : refuse, reduce, renewable, reuse, recycle.

Istnieje pokaźna grupa obiektów stanowiących po pewnym czasie odpad, które są złożonymi wielomateriałowymi strukturami. Do tej kategorii zalicza się : pojazdy, samoloty, łodzie, sprzęt gospodarstwa domowego, sprzęt elektroniczny, panele PV, wiatraki, meble itd.

Najlepszymi metodami zagospodarowania tych odpadów jest ponowne użycie po naprawie (renewable), jednak w większości przypadków naprawa jest nieopłacalna, odtworzony produkt nie spełnia wymogów ekologicznych (np. w zakresie energochłonności), bezpieczeństwa, wydajności itd.

Wzorcem zagospodarowania tej kategorii dóbr do niedawna były szroty samochodowe, gdzie z pojazdów ekstrahowane były (i nadal częściowo są) sprawne części zamienne (Zasada reuse w zastosowaniu do komponentów) a dopiero resztki nie znajdujące nabywców stanowią złom stalowy, czy odpady wielomateriałowe. Wiąże się to jednak z zaangażowaniem wykwalifikowanego personelu i dużymi nakładami robocizny, co w aktualnej sytuacji na rynku pracy powoduje brak możliwości zastosowania

tej metody szerzej w odniesieniu do samochodów a tym bardziej do innych obiektów tej kategorii.

Inną strategią stosowaną w działaniach na rzecz środowiska naturalnego jest upcykling, który polega na powtórnym przetworzeniu odpadów, którego wynikiem jest powstanie innych pełnowartościowych produktów. Nie jest przy tym konieczna dekompozycja odpadów jak w przypadku recyklingu. Zastosowanie upcyklingu pozwala zmniejszyć nie tylko ilość samych odpadów, ale i materiałów wykorzystywanych w produkcji pierwotnej nowo powstałych towarów. Taki sposób postępowania z łopatomy wirnika można zobaczyć w Danii, Holandii i Irlandii. Są one integrowane z tkankę miejską w postaci mostów (grupa badawcza RE-Wind stworzyła kładkę w irlandzkim hrabstwie Cork), przystanków autobusowych, ławek, wiat dla rowerów (projekt duńskiego inżyniera Briana D. Rasmussena), stolików czy infrastruktury dla dzieci (plac zabaw Wikado w Rotterdamie). Kolejnym przykładem takiego podejścia są produkty polskiej firmy Anmet, która demontuje wiatraki i przerabia je zarówno na przedmioty użytkowe, jak i elementy infrastruktury: kwietniki, stoliki, ławki, siedziska, leżaki, kładki czy wieże widokowe. Realizację firmy Anmet i Politechniki Rzeszowskiej w formie kładki można zobaczyć między innymi w Szprotawie (woj. lubuskie). Norweska firma Fred Olsen Renewable spracuje z kolei nad projektem dającym ponowne życie gondolom dużych turbin wiatrowych jako domki kempingowe [1].

Innym przykładem podobnego podejścia są odpady zużytego sprzętu elektronicznego i elektrycznego (ZSEE). Głównymi metodami przetwarzania odpadów ZSEE są ręczny demontaż oraz metody mechaniczne polegające na mieleniu i wielostopniowym rozdziale rozdrobnionych materiałów. Powyższe powszechnie stosowane podejścia do przetwarzania i recyklingu odpadów z grupy ZSEE mają swoje wady i zalety. Najbardziej elastyczną i pozwalającą na najwyższy odzysk surowców jest technologia ręcznego demontażu, umożliwiającą przetwarzanie zróżnicowanych odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Jest to jednak sposób pracochłonny i wymaga bezpośredniego kontaktu ludzi z odpadami ZSEE zawierającymi

substancje niebezpieczne. Ręczny demontaż polega na zdemontowaniu podzespołów urządzeń i ich segregacji na surowce, z których zostały wykonane, stosowane są również rozwiązania automatyzujące niektóre powtarzalne czynności. Ręczny demontaż stanowi często pierwszy etap przetwarzania odpadów ZSEE w technologii mechanicznej obróbki – mielenia – mający na celu wyodrębnienie substancji niebezpiecznych oraz części, które nie mogą być w ten sposób przetwarzane. Mechaniczna obróbka polega na rozdrobieniu odpadów w młynie w celu późniejszego ich rozdzielania. Sposób ten pozwala na przetwarzanie dużych ilości odpadów, lecz jego wadami są wysoki nakład energetyczny związany z mieleniem i separacją surowców, niższy poziom odzysku, a także zanieczyszczenie wydzielonych surowców.

W przypadku urządzeń zawierających substancje niebezpieczne, np. rtęci, duża partia surowca może ulec zanieczyszczeniu. Mechaniczne przetwarzanie pozwala na skuteczny odzysk surowców z odpadów przez wzgląd na nakłady niezbędne do pozyskania surowców z ich naturalnych złóż, lecz jednocześnie uwidacznia potrzebę opracowania nowej technologii umożliwiającej odzysk surowców o wysokiej czystości w sposób wysoce efektywny i niewymagający tak dużych nakładów energetycznych. W przypadku niektórych rodzajów odpadów możliwe jest zastosowanie metod stosowanych w masowej produkcji związanych z użyciem robotów do wykonywania powtarzalnych czynności. W wyniku, tego stanie się możliwe przetwarzanie dużych wolumenów odpadów w ekonomiczny i skuteczny sposób. Aktualnie na Świecie trwają prace nad robotyzacją procesów przetwarzania odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Przykładami są prace polegające na tworzeniu modeli linii do demontażu monitorów LCD, czy polegające na automatyzacji demontażu podzespołów z obudów komputerów stacjonarnych. Spotyka się również prototypową automatyzację i zastępowanie niektórych czynności w istniejących przedsiębiorstwach przetwarzających zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny, np. automatyczne rozkręcanie wymontowanych silników z pralek,

przenoszenie podzespołów przy wykorzystaniu manipulatorów wyposażonych w chwytaki i inne.

Zrobotyzowany demontaż jest podejściem alternatywnym do tradycyjnych technologii, mielenia i ręcznego przetwarzania. Zrobotyzowany demontaż łączy w sobie zalety ręcznego demontażu przez możliwości jego dostosowania do różnych odpadów, z dużymi możliwościami przerobowymi, którym i charakteryzuje się mechaniczne przetwarzanie odpadów. Jednocześnie pozwala na uzyskanie wysokiej czystości surowców z odpadów przy minimalnych nakładach energetycznych i pracy ludzkiej.

Dość powszechnie stosowana metoda polegająca na zmieleniu urządzenia i selektywne odzyskiwanie drobin z ich sortowaniem, bazując na różnicach gęstości, własnościach magnetycznych i innych fizycznych czy chemicznych różnicach. Taką technologię wykorzystuje się na przykład do elektrośmieci i odpadów elektronicznych. Metoda jest bardzo wysoko energochłonna, na wyjściu uzyskujemy surowce materiałowe o małej wartości i odpad wielomateriałowy trudny do dalszego przerobu.

Coraz szerzej stosuje się do sortowania odpadów zrobotyzowane kompleksy wykorzystujące sztuczną inteligencję (AI) do rozpoznawania i klasyfikacji odpadów. Takie stanowiska zastępują personel na trybunach sortowniczych, radykalnie zwiększając dokładność i wydajność sortowania.

Rozwój robotyki i systemów AI a także specjalizowanego osprzętu wykonawczego pozwala obecnie na syntezę systemów służących do precyzyjnego ekstrahowania podzespołów elementów, komponentów z wykorzystaniem zrobotyzowanych stanowisk, specjalizowanego osprzętu oraz oprogramowania z zastosowaniem AI.

Zastosowanie takich systemów skutkuje spadkiem energochłonności, kosztów robocizny a jako produkt uzyskujemy precyzyjnie wydzielone komponenty o wysokiej wartości, możliwe do zastosowania w produkcji

nowych produktów niekoniecznie identycznych z poddawanymi dekompozycji.

Nasza spółka w organizacji będzie realizować projekt polegający na zastosowaniu omawianej metody do przerobu użytkowych paneli fotowoltaicznych. W odróżnieniu od aktualnie dominujących technologii, które koncentrują się na odzyskiwaniu surowców, w ramach projektu planujemy opracować i przetestować technologię odzyskania integralnych podzespołów złożonych paneli fotowoltaicznych, takich jak: płyty szklane, ramki aluminiowe, krzemowe ogniwa, folie polimerowe, przewody, itd. w procesie inteligentnej dekompozycji realizowanej przez zrobotyzowany kompleks – stanowisko dekompozycji.

Geneza projektu jest pokłosiem doświadczeń zespołu projektowego w toku prowadzenia dotychczasowych prac naukowych. Zespół poszukiwał rozwiązań m.in. w odpowiedzi na konkursy na opracowanie przyjaznej dla środowiska, innowacyjnej oraz optymalnej ekonomicznie technologii dekompozycji paneli fotowoltaicznych, realizowane z inicjatywy m.in. EIT RawMaterials, Wspólnotę Innowacji w ramach Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT). Zespół projektowy dotychczas zidentyfikował kluczowe wyzwania i problemy branży recyklingu, szanse biznesowe, zdefiniował je i przygotował rozwiązanie, stworzył koncepcję technologiczną projektu i wyznaczył zakres i udział członków zespołu projektowego w jej realizacji, a także określił preferowane przez potencjalnych klientów rozwiązania do wdrożenia po przeprowadzeniu prac B+R.

Projekt powstał w odpowiedzi na przeżywany w Polsce boom rozwojowy branży energetyki odnawialnej (zwłaszcza energetyki solarnej). Zgodnie z danymi publikowanymi przez Instytut Energetyki Odnawialnej, w ciągu ostatnich pięciu lat (na koniec 2020 roku), Polska znajdowała się na pierwszym miejscu w Unii Europejskiej pod względem tempa wzrostu mocy fotowoltaiki, liczonej na podstawie skumulowanego rocznego tempa wzrostu – CAGR. Dla Polski skumulowana (łącznie) stopa wzrostu w latach

2016-2020 wyniosła 114%, przy średniej UE 10,3%. Według SolarPower Europe, grupy lobbingowej, Polska była czwartym najszybciej rozwijającym się rynkiem fotowoltaicznym w UE w 2020 roku za Niemcami, Holandią i Hiszpanią. Zgodnie z danymi Ministerstwa Klimatu i Środowiska szacuje się, że w Polsce na chwilę obecną jest zainstalowanych ok. 700 tys. krajowych instalacji fotowoltaicznych. Jednocześnie za rozwojem mocy wytwórczych nie rozwija się odpowiednia technologia wykorzystania użytkowego produktu. Większość produktów w postaci paneli fotowoltaicznych po demontażu trafia do zakładów recyklingowych, gdzie usuwa się cenne srebro i miedź z ogniw, a następnie poddaje recyklingowi różnymi metodami w tym recyklingowi surowcowo - energetycznemu szklaną i plastikową obudowę, spalając je w piecach cementowych. Stosowane są także technologie wypalania polimerowego spoiwa a odzyskane szkło i krzem w postaci piaskopodobnych granulatów stanowią surowiec wtórny niskiej jakości. W nadchodzącej przyszłości należy się jednak spodziewać, zaostreżenia przepisów w zakresie dotychczasowych metod recyklingu tych produktów. Oczywiście, co za tym idzie, konieczne będzie stworzenie odpowiedniej infrastruktury, aby zarządzać dużymi ilościami modułów fotowoltaicznych, które zostaną usunięte w najbliższej przyszłości. Jedną z tych inicjatyw jest niniejszy projekt.

Branża energetyczna mierzy się z obecnie z radykalnymi zmianami, a stopniowe przechodzenie na pozyskiwanie energii odnawialnej jest więcej niż oczywiste. Niemniej jednak, nie wszystko, co wygląda na zrównoważone, pozostaje takie po zakończeniu swojego cyklu życia - a przynajmniej jest to najczęstsza obawa dotycząca paneli fotowoltaicznych (PV). Panele stanowią trwałe źródło energii, zależne jedynie od promieniowania słonecznego, zdolne do dostarczania energii elektrycznej do naszych domów. Według badań oczekiwana długość życia paneli słonecznych przed ich likwidacją wynosi około 30 lat, jednak w okresie ich eksploatacji może wystąpić 20-procentowy spadek mocy. W okresie od pierwszych 10 do 12 lat maksymalny spadek sprawności wynosi 10%, a po 25 latach - 20%. Te liczby są gwarantowane przez większość producentów. Doświadczenie pokazuje, że

w rzeczywistości wydajność spada o zaledwie 6 do 8 procent po 25 latach. W związku z tym żywotność paneli słonecznych może być znacznie dłuższa niż oficjalnie podawano. Żywotność wysokiej jakości paneli fotowoltaicznych może sięgać nawet 30 do 40 lat, a później nadal funkcjonować, choć skuteczność spada.

Z prawnego punktu widzenia odpady z paneli fotowoltaicznych nadal podlegają ogólnej klasyfikacji odpadów. Jedyne wyjątki istnieją na poziomie UE, gdzie panele fotowoltaiczne są zdefiniowane jako e-odpady w dyrektywie w sprawie zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (WEEE). Gospodarka odpadami z paneli fotowoltaicznych jest zatem regulowana przez tę dyrektywę, dodatkowo do innych ram prawnych.

Producenci ogniw słonecznych są prawnie zobowiązani do spełnienia określonych wymagań prawnych i norm dotyczących recyklingu, aby mieć pewność, że panele słoneczne nie staną się obciążeniem dla środowiska. Stąd zaczęły pojawiać się technologie recyklingu paneli słonecznych. Producenci fotowoltaiki współpracowali z instytucjami rządowymi i opracowali kilka sposobów radzenia sobie z odpadami słonecznymi. Badania naukowe przeprowadzone na temat recyklingu paneli słonecznych zaowocowały licznymi technologiami. Niektóre z nich osiągają nawet 96% wydajność recyklingu, ale sprowadzają się one przede wszystkim do odzysku surowców w różnych postaciach. W literaturze patentowej odnotowano kilka tysięcy zgłoszeń patentowych opierających się o zastosowanie metod: mechanicznej, chemicznej, termicznej i kombinowanych.

Największym problemem w recyklingu paneli fotowoltaicznych jest ściągnięcia laminacji z modułów fotowoltaicznych i ten etap jest najbardziej kosztotwórczy ze względu na zużycie energii, materiałów oraz dobranie odpowiedniej technologii. Podstawowym materiałem do laminacji modułów fotowoltaicznych jest kopolimer polietylenu i polioktanu winylu (EVA). Najprostszym sposobem jest fizyczne usunięcie poprzez mielenie całych modułów (Müller i in. 2007; Held 2009) lub odcięcie warstwy laminatu. Wydajność tych metod jest niska ze względu na fakt, że folia EVA tylko

częściowo oddziela się od szkła i trudno jest odizolować półprzewodnik od resztek folii w następnym etapie. Inny stosowany sposób to po prostu podanie pirolizie kompletnego panelu, co skutkuje degradacją ścieżek i zanieczyszczeniem płytek krzemowych w wyniku dyfuzji materiałów ścieżek i oddziaływania termicznego.

Skąd wynika opłacalność przyjętej technologii/rozwiązania?

Po pierwsze recykling materiałowy mechaniczny, każdego panelu kosztuje 20-30 USD, podczas gdy każdy z nich może zawierać tylko 3-4 USD materiału wielokrotnego użytku i nadającego się do sprzedaży. Unia Europejska reguluje recykling paneli słonecznych i nakłada na producentów obowiązek zarządzania, wymagając 85% zbiórki i 80% recyklingu materiałów ogniwi. Biorąc to pod uwagę, opłacalność poddawania modułów standardowym technologią recyklingu materiałowego nie jest opłacalna.

Po drugie według Rystad, koszt modułów fotowoltaicznych wzrósł o prawie 50% z poniżej 0,20 USD za wat szczytowy (Wp) w 2020 r. do od 0,26 USD do 0,28 USD/Wp w drugiej połowie 2021 r. Część rosnących kosztów jest spowodowana wzrostem wartości polikrzemu, który jest kluczowym składnikiem układów słonecznych. Ceny materiału wzrosły o 300% od lipca 2020 r. IHS Markit szacuje nieco mniejszy wzrost, mówiąc, że ceny polikrzemu wzrosły o ponad 200% od października 2020 r. do dziś.

W Polsce obecnie aktywną działalność w zakresie recyklingu paneli PV prowadzi firma Thornmann Recycling z Torunia. W procesie recyklingu, po usunięciu ramy, kabli i skrzynki przyłączeniowej, panele fotowoltaiczne, wykonane z aluminium, szkła, plastiku, miedzi, srebra i krzemu, są cięte i zgniatane (lub tylko cięte). Przez separację grawitacyjną uzyskiwany jest złom szkła – surowiec wtórny. Natomiast pozostałe elementy poddaje się obróbce cieplnej w temperaturze 500°C. Powoduje to wypalenie tworzywa sztucznego (EVA). Po wysortowaniu płytek krzemowych, te z nich, które są mechanicznie nieuszkodzone są trawione przy użyciu kwasu dla usunięcia

resztek pirolizatu tworzywa sztucznego oraz. Pozostałe ogniwa krzemowe są mielone i sprzedawane w postaci proszku. Metale w postaci roztworu odpowiednich soli w kwasie (azotowy). Taki roztwór jest półfabrykatem (półproduktem) do odzyskania metali.

Polska firma 2loop Tech, we współpracy z AGH pracuje nad pilotażową linią służącą przetwarzaniu odpadów fotowoltaicznych. Zaproponowana technologia w swojej skuteczności zbliża jeszcze bardziej do 100% – dla przykładu odzyskany krzem ma czystość rzędu 99,99%.

W przypadku najnowszej technologii, proces rozpoczyna się od usunięcia aluminiowych ram oraz okablowania paneli. Rozebrany częściowo panel, bogaty w szkło, krzem, miedź i plastik, trafia do mielenia. Następnie, za pomocą przesiewaczy, stołów densytometrycznych oraz separatorów optycznych poszczególne surowce są od siebie oddzielane.

Wymienione stosowane lub wdrażane w Polsce technologie cechują się:

- wysokim zużyciem energii,
- emisją zanieczyszczeń gazowych i ścieków
- odzyskiem składowych paneli w postaci wsadu materiałowego

Metoda przewidziana PROJEKTEM w odróżnieniu od stosowanych obecnie w Polsce posiada ewidentne przewagi konkurencyjne:

- najmniejszy możliwy poziom degradacji składowych: płyty szklanej i krzemowych płytek ogniw;
- znacząco mniejsze zużycie energii;
- brak toksycznych emisji do atmosfery;
- brak ścieków (z płukania po trawieniu), toksycznych i żrących oparów,
- najwyższa wartość dodana surowców wtórnych uzyskanych w wyniku procesu

Eksperti spodziewają się nadciągającego lawinowo strumienia zużytych paneli PV, przy czym istniejące technologie recyklingu pozwalają na odzysk 95-99% surowców, ale o małych wartościach jednostkowych (max cena 1 t szkła w postaci stłuczki to 150,00- 200,00 PLN/Mg, 1 kg złomu krzemu – od 150,00 do 500 USD/Mg) Podczas , gdy szkło solarne w postaci tafli osiąga wartość około 2000 USD/ Mg a krzem monokrystaliczny w postaci wafli – około 5000 USD/ Mg . W związku z tym, mimo stosowania złożonych procesów przetwórczych, wartość odzyskanych surowców jest niewielka, a co za tym idzie opłacalność realizacji przedsięwzięcia również.

Problem, który zespół projektowy pragnie rozwiązać sprowadza się do odzyskania jak najmniej zdegradowanych komponentów, które można użyć wprost do produkcji nowych paneli PV lub innych produktów o wysokiej wartości dodanej. W tym celu konieczne będzie zbudowanie wysoce zautomatyzowanego i zrobotyzowanego kompleksu urządzeń z udziałem decyzji człowieka na początkowym etapie.

W perspektywie planujemy rozszerzenie zastosowania sprzętu i algorytmów do dekompozycji sprzętu elektronicznego, AGD, baterii itd.

Literatura

- [1] Remiśko: Życie po życiu, czyli recykling turbin wiatrowych BiznesAlert.pl - Portal informacyjny poświęcony energetyce, infrastrukturze i bezpieczeństwu.
- [2] Szałatkiewicz Jakub, Zrobotyzowany demontaż odpadów zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w celu odzysku surowców, Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Pomiar Automatyka Robotyka 2/201

4. Rozwój systemów zarządzania budynkiem zintegrowanych z OZE

Wstęp

Rozwój współczesnych systemów zarządzania budynkiem oferuje coraz to większy wachlarz możliwości. Komfort eksploatacji pomieszczeń wiąże się nie tylko z temperaturą, wilgotnością powietrza, ale także odpowiednią wentylacją wymuszoną i naturalną, oświetleniem pomieszczeń i innymi czynnikami. Chociaż zdrowie i komfort mieszkańców/użytkowników lokali są najważniejsze, nie można zapominać o zagadnieniach energetycznych. Optymalne wykorzystanie energii, zwłaszcza odnawialnej ułatwiają także dedykowane systemy zarządzania. Oprócz wytwarzania energii i ciepła istotnymi zagadnieniami są ich odpowiednie magazynowanie jak i odpowiednie wykorzystanie. W niniejszej publikacji skoncentrowano się na rozwiązaniach, które łączą w sobie te dwa cele za pomocą uniwersalnych narzędzi, o modułowej budowie.

System BMS

System zarządzania budynkiem – z ang. Building Management System) BMS ma za zadanie zintegrowanie wszelkich instalacji działających w budynku. Łączy on wszystkie systemy w jedną całość, kontroluje pracę i parametry poszczególnych urządzeń, ostrzega o ewentualnych problemach.

Automatyka budynkowa przyczynia się w dużej mierze do poprawy efektywności energetycznej budynków, a przez to osiągnięcia celów klimatycznych. Chociażby adaptacja oświetlenia pomieszczeń w budynku biurowym poprzez personalizację warunków oświetlenia wpływa na poprawę efektywności energetycznej, co szerzej opisano w rozprawie doktorskiej M.

Dechnik [1]. Jej zadaniem powinna też być troska o klimat panujący wewnątrz budynków. Zgodnie z nowelizacją dyrektywy (EPBD) integracja systemów ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC) w przypadku budynków biurowych o mocy powyżej 290kW będzie obligatoryjna od 2025 roku, co dotyczyć będzie budynków nowych i modernizowanych [2]. Jak wylicza jedna z firm specjalizujących się na rynku w tego typu rozwiązaniach, firma Intesis, dzięki sprzedaży na całym świecie 700 000 interfejsów AC – bramek do systemów klimatyzacji, zintegrowanych z BMS, możliwe było uzyskanie oszczędności energii na poziomie ok. 1,371 GWh, co w przekłada się na redukcję CO₂ o ok. 121 290 ton. Są to oczywiście dane szacunkowe, pełne założeń, niemniej mogą dać pewien pogląd jak istotną rolę pełnią systemy zarządzania budynkiem w ochronie środowiska. Podczas eksploatacji budynku oprócz energetycznych aspektów, bardzo istotny jest aspekt związany z komfortem przebywania w pomieszczeniach. Automatyczny dobór oświetlenia, temperatury, wymiany powietrza – to wszystko wpływa na samopoczucie i zdrowie użytkowników. Co również jest bardzo istotne – realizacja tych funkcji powinna odbywać się w sposób automatyczny, tak, by interwencję użytkownika w sterowanie budynkiem ograniczyć do minimum. Przez klimat w pomieszczeniach rozumie się odpowiednią: wilgotność, temperaturę powietrza, krotność wymiany powietrza, natężenie światła, natężenie hałasu, jakość powietrza (m.in. stężenie CO₂).

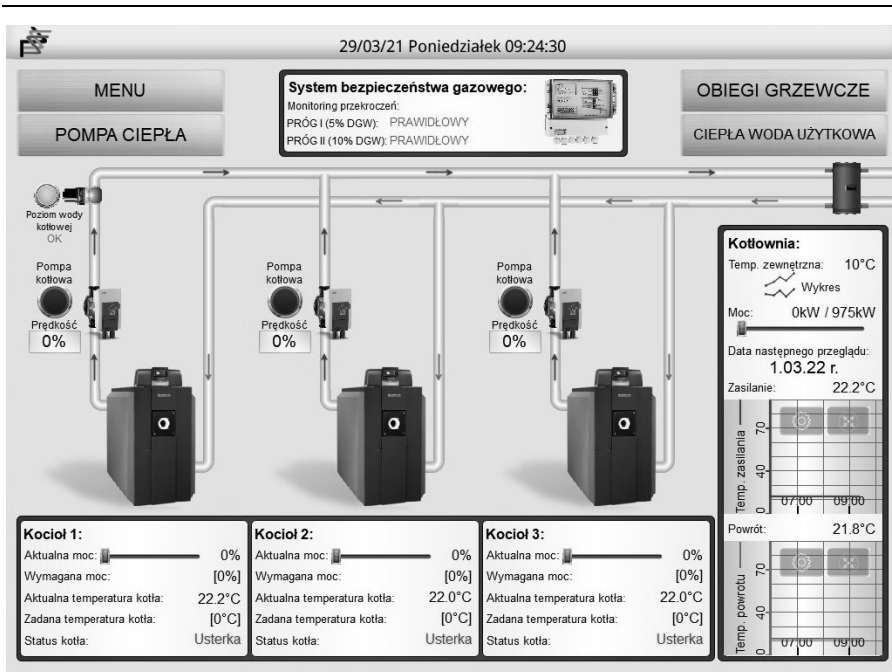
BMS pozwala także na kontrolowanie działania urządzeń poprzez graficzny interfejs w podsystemie zasilania i sterowania energią elektryczną oraz podsystemie komfortu (klimatyzacja, wentylacja np.). System ten sprawdza się przede wszystkim w takich budynkach jak biurowce, hotele, centra handlowe czy szpitale i pozwala sprawnie, a ponadto oszczędnie zarządzać całym obiektem z jednego miejsca.

Obecnie na rynku każdy liczący się producent systemów BMS ma w swojej ofercie indywidualne rozwiązania aplikacji komórkowych do pełnego zarządzania swoim systemem BMS. Dlatego też przy projektowaniu poszczególnych systemów bardzo istotny jest interfejs użytkownika,

czytelność i prostota obsługi. Należy jednak pamiętać o należywym zabezpieczeniu komunikacji, tak by przestrzec się przed cybernetycznym zagrożeniem. Wszystkie elementy systemu sterowania budynkiem muszą być dostępne wyłącznie dla upoważnionych osób. Nieuprawniony dostęp do BMS i jego danych może prowadzić do niewłaściwego wykorzystania informacji operacyjnych, a także przyczynić się do dewastacji instalacji. Koncepcja Internetu Rzeczy (IoT) poza licznymi udogodnieniami, niesie także zagrożenie ze strony hakerów, złodziei i innych niepowołanych osób. Każda technologia korzystająca z Internetu jest podatna na ataki i wymaga stosowania odpowiednich środków ochrony.

Systemy BMS mają obecnie bardzo szerokie możliwości i funkcjonalności. Poniżej wymieniono kilka przykładowych:

- Odczyt parametrów urządzeń HVAC (rekuperator i klimatyzacja).
- Założona komunikacja z urządzeniami poprzez protokół MODBUS.
- Odczyt liczników
 - o Energii elektrycznej
 - o Woda ciepła
 - o Woda zimna
 - o Zużycia ciepła (kalorymetr)
- Zarządzanie ściekami.
- Sterowanie oświetleniem w zależności od położenia Słońca.
- Rejestrację, archiwizację i eksport danych pomiarowych przez dowolny okres czasu.
- Funkcja monitorowania zwyczajów użytkowników i sugestią działań korekcyjnych wymagają dalszego doprecyzowania.
- Zdalne zadawanie parametrów temperatury w pomieszczeniach.
- Inteligentne systemy ruchu (redukcja fałszywych alarmów poprzez analizę wielkości postaci).
- Funkcja zdalnego włączenia i wyłączenia wybranych urządzeń.



Panel sterowania inteligentnego systemu zarządzania budynkiem

Źródło: <https://www.puchalka.com/inteligentny-system-zarzadzania-budynkiem,c,17> [4]

System EMS

W obiektach nazywanych popularnie inteligentnymi budynkami pakiet EMS (Energy Management System albo System Zarządzania Energią), żeby właściwie i optymalnie spełniać swoją rolę powinien być integralną częścią obiektowego systemu BMS.

System Zarządzania Energią (ang. Energy Management System – EMS) to układ urządzeń i oprogramowania, którego zadaniem jest:

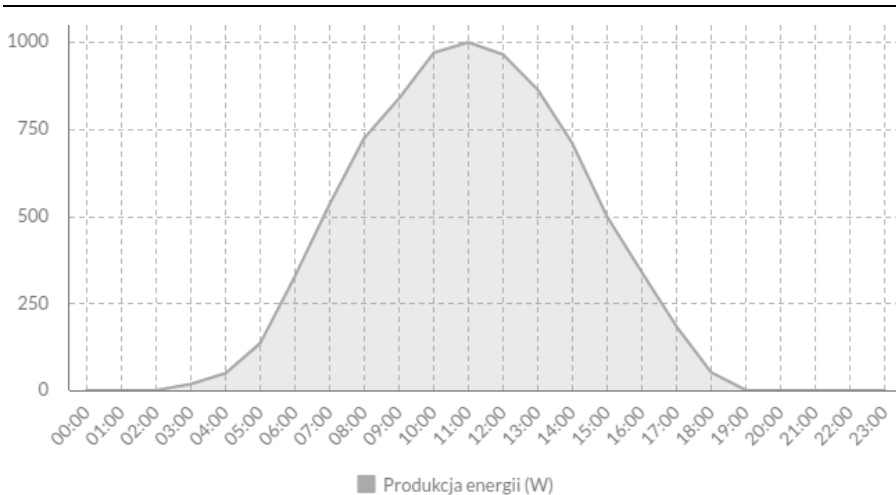
- monitoring i kontrola przepływu energii w obiekcie,
- zarządzanie jej dystrybucją,
- optymalizacja przepływów energii pod kątem kosztów oraz zapotrzebowania.

Innymi słowy, jest to system składający się ze specjalnie zaprogramowanych sprzętów, który będzie sterował energią tak, aby można było ją najefektywniej wykorzystać.

Zadania jakie są stawiane przed projektantami BMS/EMS są coraz bardziej złożone. Stosowane są bowiem hybrydowe instalacje wykorzystujące odnawialne źródła energii [3], a jednocześnie wymaga się zwiększania stopnia bezobsługowości i automatyzacji rozwiązań przy dążeniu do zapewnienia odpowiedniego komfortu z uwzględnieniem poprawy efektywności energetycznej.

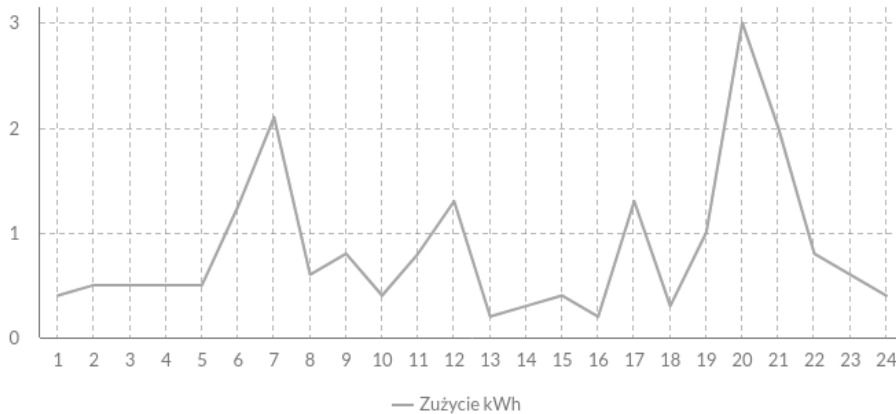
Sama koncepcja i zastosowanie systemów EMS nie jest nowa – już od lat były istotnym elementem budowania efektywności energetycznej. Stosowano je jednak głównie w wyspecjalizowanych podmiotach z sektora energetycznego lub w sektorze biznesowym. Tam, ich głównym celem było ograniczenie zużycia energii dostarczanej, a tym samym zmniejszenie kosztów oraz emisji gazów cieplarnianych.

Odnawialne źródła energii w większości są jednak niesterowalne. Produkcja z OZE w głównej mierze zależy od warunków pogodowych oraz pór roku. Przykładowo, największą produkcję prądu fotowoltaika osiąga wiosną i latem – w tych miesiącach podaż przewyższa popyt. Jednocześnie zimą, gdy ze względu na zapotrzebowanie na ciepło rośnie popyt na energię, fotowoltaika (z racji krótkich dni i małej ilości promieni) działa w ograniczonym zakresie. Okresy generacji energii z fotowoltaiki często nie pokrywają się także w pełni z dobowym zapotrzebowaniem. Poniżej wykres dziennej produkcji z fotowoltaiki oraz wykres dziennego zużycia w przykładowym gospodarstwie domowym.



Produkcja energii z fotowoltaiki
 Źródło: Opracowanie enerad.pl [5]

Profil zużycia energii w domu



Profil zużycia energii w domu jednorodzinym
 Źródło: Opracowanie enerad.pl

Ciężar niwelowania rozbieżności dotychczas w głównej mierze spoczywał na systemie energetycznym. Prosumenci w Polsce dotychczas korzystali z tzw. systemu opustów i energię wyprodukowaną za dnia, po odesłaniu

do sieci mogli odebrać np. nocą. Oczywiście w praktyce, nie była to dokładnie ta sama energia, którą wyprodukowali. Mogła pochodzić ona głównie ze spalania węgla. Taki układ nie zachęcał do optymalizacji wykorzystywania produkowanej energii. To znacznie ograniczało pozytywny wpływ fotowoltaiki na krajowy system energetyczny i utrudniało dążenie do celu, jakim jest jego dekarbonizacja.

EN 16001 - standard do zarządzania energią (EMS - Energy Management System), został po raz pierwszy wydany przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN) w lipcu 2009. Głównym celem jest wspieranie przedsiębiorstw w optymalizowaniu systemów i procesów w celu poprawy ich efektywności energetycznej. Systematyczne zarządzanie energią prowadzi do zmniejszenia kosztów energii i emisji gazów cieplarnianych. Zadaniem systemu EMS jest monitorowanie sytuacji energetycznej w organizacji, predefiniowanie polityki zarządzania energią, opartej na konkretnych danych, a także poprawa efektywności energetycznej. Ponadto czynniki, które wpływają na zużycie energii, muszą zostać zidentyfikowane, aby można było je stale monitorować.

Decydującym elementem skutecznego systemu EMS jest zamknięty cykl zarządzania energią (rys. 1).

Taki cykl składa się z 4 etapów: rejestrowanie danych, analiza energii, planowanie i optymalizacji, weryfikacja rezultatów i korekcja. Planowanie redukcji zużycia energii można natomiast podzielić na 4 grupy:

- planowanie - badanie zużycia energii, optymalizacja czasu pracy maszyn, wysoka efektywność, optymalizacja szczytowego obciążenia,
- środki organizacyjne - zmiany organizacji pracy, zmiany w zakresie zachowań pracowników, szkolenia i motywowanie załogi,
- działania techniczne - używanie silników o większej sprawności (więcej niż 95% kosztów eksploatacji silników elektrycznych to koszty energii), wykorzystywanie falowników, odzysk ciepła, redukcja nieszczelności instalacji wysokiego ciśnienia, optymalizacja

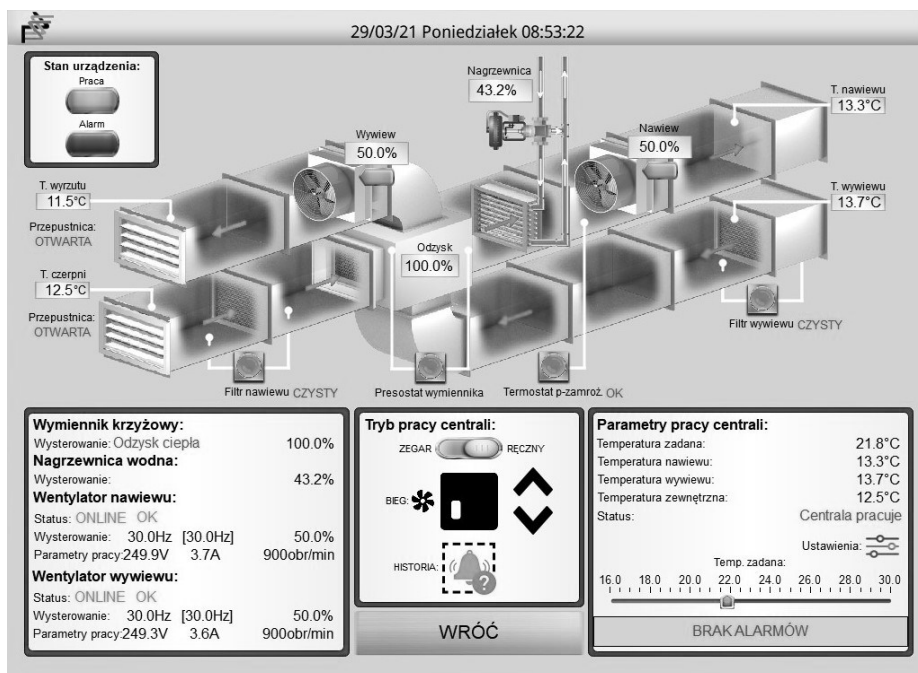
produkcji pary, optymalizacja obciążenia szczytowego (przechowywanie energii),

- zarządzanie obciążeniem - nie prowadzi ono do redukcji zużycia energii, ale pozwala zmienić profil obciążenia energii, co prowadzi do znacznych oszczędności w zależności od umowy z dostawcą energii.

Inteligenta i higieniczna wentylacja

Odnosząc się do klimatu w pomieszczeniach warto wspomnieć o możliwościach zamontowania central wentylacyjnych (w przypadku obiektów biurowych) oraz samej instalacji rurowej (wentylacja grawitacyjna w przypadku domów jednorodzinnych) wykonanej z wykorzystaniem nowoczesnych technologii. Szczególnie w czasach pandemicznych można przyjąć rozwiązanie polegające na pokrywaniu elementów wentylacyjnych farbami bakteriobójczymi. Przeprowadzone testy wykazały, że istotna jest technologia nanoszenia takich farb, a także ich grubość. Ważne jest równomierne nanoszenie powłoki. Na chwilę obecną z pomocą takich technologii uzyskano stopień bakteriobójczy 3log.

Elementy instalacji wentylacji mechanicznej mogą być podłączone do serwera BMS tak aby można było kontrolować ich parametry.



Wentylacja mechaniczna podłączona do serwera BMS

Źródło: <https://www.puchalka.com/inteligentny-system-zarzadzania-budynkiem,c,17>

Magazynowanie Energii

Zgodnie z wprowadzoną definicją do prawa polskiego, magazyny energii możemy określać według:

1. Ustawa o OZE - takie urządzenie jest rozumiane jako „wyodrębnione urządzenie lub zespół urządzeń służących do przechowywania energii w dowolnej postaci, niepowodujących emisji będących obciążeniem dla środowiska, w sposób pozwalający co najmniej na jej częściowe odzyskanie”.
2. Prawo energetyczne - definiuje magazyn energii jako „instalację służącą do przechowywania energii, przyłączoną do sieci, mającą zdolność do dostawy energii elektrycznej do sieci”.

-
3. Ustawa o rynku mocy - definiuje takie urządzenie jako „magazyn energii, o którym mowa w art. 2 pkt 17 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2018 r. poz. 2389, z późn. zm.2), posiadający zdolność do dostawy mocy elektrycznej do systemu”.

Najpopularniejsze są akumulatory litowo-jonowe (Li-ion), litowo-polimerowe (Li-Po), występują również kwasowo-ołowiowe, lecz te są już wypierane przez ekonomiczniejsze rozwiązania. Zastosowanie magazynów energii pozwala na pewną niezależność, a zarazem zapobiega gwałtownemu wzrostowi energii oddawanej do sieci. Jest to zagadnienie bardzo złożone, ponieważ nagły wzrost energii oddanej do krajowej sieci energetycznej (KSE) wymusza konieczność obniżania mocy klasycznych kotłów węglowych. Te ze względu na dużą bezwładność, nie mogą być gwałtownie wyłączane lub uruchamiane. Pozostaje obniżanie parametrów pracy bloków energetycznych. To natomiast prowadzi do sytuacji, że bloki „pracują” poniżej parametrów optymalnych (spada ich sprawność).

Działanie dla opisywanego systemu można sprowadzić do prostego opisu procesów które zachodzą np. w Gospodarstwie domowym jednakże na tym etapie musimy podzielić wszystkie instalacje na 2 grupy:

1. **Off – Grid** - Są to systemy które występują w obiektach których nie ma połączenia wewnętrznego systemu OZE z siecią zewnętrzną. W tym przypadku wyprodukowana energia trafia do magazynu energii i w odpowiednim momencie jest pobierana przez gospodarstwo domowe.
2. **On Grid** - Występuje w obiektach gdzie sieć wewnątrz OZE jest połączona z siecią zewnętrzną. Za pomocą automatyki prosument sam decyduje czy wytworzona energia jest oddawania do sieci czy ma być zmagazynowana. W przypadku systemu on-grid bez magazynu energii w przypadku awarii sieci energetycznej, nie jesteśmy w stanie energii oddawać do sieci lub pobierać jej. Jeżeli zastosujemy natomiast magazyn energii to awarie sieci nie mają wpływu na

zasilanie urządzeń w domu, jedynie nie oddajemy energii do sieci. Jedyny przypadek kiedy nie będziemy mieli zasilania elektrycznego w domu to taki kiedy awaria sieci nastąpi wtedy kiedy nasz magazyn energii jest pusty.

Dla jednej i drugiej opcji zastosowanie magazynu energii wiąże się z odpowiednimi peryferyjnymi zakupami. Więcej dodatków do zakupienia jest oczywiście przy systemach ON-Grid, jednakże ceny rozwiązania dla opcji numer 1 i 2 z roku na rok maleją. Dzieje się tak dzięki podstawowym procesom rynkowym. Do użytkowników trafia również argumentacja podania statystyki. Bezpośrednie zużycie na potrzeby własne prądu wytworzonego w instalacji PV wynosi zwykle ok. 30%, to wielu przekonuje.

W zależności od producenta wybór z gamy dostępnych produktów magazynów energii jest szeroki.

Do najważniejszych aspektów technicznych definiujących tzw.: Powerwalle są:

1. **Sprawność** – Stosunek mocy zmagazynowanej do oddanej. Tutaj raczej mówimy o wynikach powyżej 90 % wśród wszystkich producentów.
2. **Dostępne zakresy mocy** – Dostępnych jest wiele wariacji mocy. Dla przykładu akumulatory Mercedesa choć mają pojemność 2,5kW/h to mogą być łączone w zespół 8 unitowy. Na pewno każdy znajdzie rozwiązanie odpowiednie u każdego producentów. Możemy określić zakresy mocy na poziomie od 2,5 kW/h do najpopularniejszych 15 kW/h.
3. **Cena** – Niestety ceny dla Polskiego rynku są nadal wysokie, mimo iż, eksperci wskazują że produkt rok rocznie będzie posiadał niższą cenę. To oprócz zakupu samego magazynu trzeba doliczyć koszty falowników, inwerterów, instalacji PV oraz robocizny.

-
4. **Gwarancja** – Większość producentów zgodnie proponuje 10 lat gwarancji na produkty.

Spośród zalet magazynów energii warto uwzględnić:

1. Magazyny energii stanowią bardzo atrakcyjne rozwiązanie w szczególności dla osób, które nie zużywają dużo energii w ciągu dnia, chcą natomiast wykorzystywać ją na własne potrzeby, nie zaś oddawać do sieci.
2. Rynek systemów mieszkaniowego magazynowania przy zastosowaniu akumulatorów wykazał w ostatnich latach imponujący wzrost, jeśli weźmiemy pod uwagę wdrażanie systemów OZE.
3. Możliwość kupowania prądu w niższej cenie,
4. Ogromny potencjał do wzrostu na Polskim rynku,
5. Planowane wsparcie rządowe do programu magazynowania energii.

Podsumowanie

Systemy monitorowania i zarządzania budynkiem dają szereg możliwości. Cieszą się dużą popularnością, szczególnie w nowoczesnym budownictwie, chociaż w większości przypadków – istnieje możliwość ich adaptacji do budynków już istniejących. Wraz z rozwojem technik pomiarowych, jak i rozwojem systemów OZE, wzrasta także stopień ich skomplikowania. Mowa tutaj głównie o systemie zarządzania, które dążą do pełnej automatyzacji i podejmowania szeregu decyzji za użytkownika. Stwarza to duże pole do wykorzystania technik sztucznej inteligencji AI. Z wykorzystaniem odpowiednich algorytmów łatwiej o skuteczne oszczędzanie energii, przy jednoczesnym zapewnieniu komfortu i jakości klimatu w pomieszczeniach. Pamiętać jednak należy, że we wszystkich rozwiązaniach opartych o IoT, nie można zapominać o cyberbezpieczeństwie.

Literatura

- [1] Dechnik M. Analiza możliwości poprawy efektywności energetycznej, w kontekście adaptacji oświetlenia pomieszczeń w budynku biurowym poprzez personalizację warunków oświetlenia: rozprawa doktorska; Kraków : AGH, 2021.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej Dz.Urz. UE L 156/75
- [3] Chomiak A., Boroń W., Smyła J. Hybrydowa instalacja wykorzystująca OZE do poprawy efektywności energetycznej budynków zabytkowych, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja 2016 , T47, nr 4 | 146--151
- [4] <https://www.puchalka.com/inteligentny-system-zarządzania-budynkiem,c,17>, data edycji 01.06.2022 r.
- [5] <https://enerad.pl/oze/magazyn-energii/> data edycji 01.06.2022 r.

5. Ocena zgodności nowoczesnych rozwiązań technologicznych w OZE

Prawodawstwo obowiązujące w UE nakłada na producentów i dystrybutorów każdego urządzenia wprowadzanego do obrotu obowiązek dostosowania jego parametrów technicznych, zarówno funkcjonalno - użytkowych, jak i związanych z bezpieczeństwem użytkownika, bezpieczeństwem elektrycznym, kompatybilnością elektromagnetyczną, zawartością substancji szkodliwych czy wreszcie efektywnością energetyczną i wielu, wielu innych, do ogólnie przyjętych specyfikacji szczegółowych, norm zharmonizowanych lub dedykowanych aktów prawnych. Podobne rozwiązania prawne istnieją w różnych formach na całym świecie. Część tych wymagań jest możliwa do samodzielnego zaimplementowania już na etapie opracowywania prototypu i prac badawczo rozwojowych. Istnieje jednak cały szereg złożonych wymagań technicznych, których potwierdzenie pociąga za sobą konieczność wykonywania skomplikowanych badań laboratoryjnych, zastosowania zaawansowanej i kosztownej aparatury badawczej jak również rozbudowanych instalacji testowych, ściśle dostosowanych do specyfiki ocenianego wyrobu.

Zagadnienie to jest wspólne dla wszystkich urządzeń dostępnych na rynku, zarówno w oferowanych klientom indywidualnym w sprzedaży detalicznej, jak i znajdujących zastosowanie w przemyśle, a nawet będących jednostkowymi specjalistycznymi instalacjami, jednak dla nowych technologii i rozwiązań bywa szczególnie złożone. Na taką dodatkową złożoność i trudność zagadnienia ma wpływ przede wszystkim brak szczegółowych wytycznych dla nowo opracowanych technologii, brak norm szczegółowych lub branżowych, których opracowanie najzwyczajniej nie jest możliwe przed

upowszechnieniem się danej technologii. Powoduje to konieczność stosowania ogólniejszych wymagań i specyfikacji, których spełnienie może następczość dodatkowych trudności.

Z jednej strony producent czy konstruktor jest zmuszony niejako dopasowywać się do obowiązującego stanu normalizacyjno – prawnego, nie zawsze przystającego do opracowywanego rozwiązania, z drugiej laboratoria badawcze podejmujące się badań technicznych muszą adaptować akredytowane metody badawcze i aparaturę do nietypowego zastosowania, co rodzi ryzyko niedochowania wymagań akredytowanej metodyki. Technologie związane z OZE są tego sztyndardowym przykładem. Mimo systematycznego publikowania kolejnych wydań norm szczegółowych i norm metod badawczych, zawsze będzie występowało pewne opóźnienie na tym polu. Dla technologii OZE odrębne zagadnie stanowi także konieczność budowy złożonych instalacji testowych, które umożliwiłyby wykonywanie badań w warunkach laboratoryjnych z zachowaniem parametrów i trybów tzw. normalnego użytkowania.

Przykładem takiego problemu może być konieczność stosowania symulatora światła słonecznego podczas badań paneli i systemów fotowoltaicznych. Stanowiska takie są rzadkością w laboratoriach badawczych i często ich możliwości ograniczają się do pomiarów efektywności energetycznej panelu, a przecież cały szereg innych parametrów, np. związanych z odpornością na czynniki zewnętrzne, zarówno fizyczne, elektryczne, elektromagnetyczne czy klimatyczne nie może być poprawnie zweryfikowanych w trybie jałowym. Podobnie ma się rzecz z niewielkimi turbinami wiatrowymi czy wodnymi i z wieloma innymi systemami przetwarzającymi energię. Nieodłącznym elementem systemów OZE są magazyny energii i systemy konwersji napięcia stałego na przemiennie. Tym co łączy układy generujące energię elektryczną i służące do jej magazynowania i przetwarzania jest obecność linii zasilających o bardzo dużych wartościach prądów roboczych i często wysokich napięciach. Dla poprawnego wykonania jakichkolwiek testów laboratoryjnych niezbędne jest posiadanie przez laboratorium aparatury badawczej dostosowanej do takich prądów i napięć. Tu często okazuje się, że

o ile zasilenie w laboratorium urządzenia dużej mocy nie stanowi problemu, o tyle systemy odbierania energii elektrycznej, zwłaszcza prądu stałego przekracza możliwości większości laboratoriów badawczych, a efektywne oddawanie takiej energii wytwarzanej podczas badania do publicznej sieci energetycznej nie jest w ogóle możliwe.

Instytut Technik Innowacyjnych Łukasiewicz – EMAG zajmuje się badaniami technicznymi i oceną zgodności wyrobów od niemal ćwierćwiecza. Nieprzerwanie buduje, modernizuje i doskonali infrastrukturę laboratoryjną oraz podnosi kompetencje swojego personelu umożliwiające wykonywanie badań z wielu dziedzin nauki i techniki.

W będącym wydzieloną, dedykowaną do prowadzenia niezależnych, akredytowanych badań i ocen częścią instytutu Centrum Badań i Certyfikacji wykonywane są badania i oceny z zakresu:

- kompatybilności elektromagnetycznej,
- oceny cyberbezpieczeństwa produktów teleinformatycznych.
- inżynierii środowiska,
- wytrzymałości mechanicznej,
- właściwości fizycznych materiałów,
- prób ogniowych,
- wzorcowania przyrządów pomiarowych wielkości elektrycznych oraz aparatury do badań EMC,
- certyfikacji kabli i przewodów,

Centrum Badań i Certyfikacji Łukasiewicz - EMAG jest akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji w zakresie:

- Laboratorium Badawczego - akredytacja PCA nr AB 261
- Laboratorium Oceny Bezpieczeństwa Produktów Teleinformatycznych ITSEF - akredytacja PCA nr AB 1781
- Laboratorium Wzorującego - akredytacja PCA nr AP 051
- Jednostki Certyfikującej Wyroby - akredytacja PCA nr AC 053

Laboratoria kompatybilności elektromagnetycznej Centrum Badań i Certyfikacji Łukasiewicz – EMAG mieszczą się w dwóch lokalizacjach. Pierwsze, mieszczące się w głównej siedzibie instytutu w Katowicach dysponuje obecnie dwoma komorami semi-bezechowymi o wynoszącej 3 m odległości pomiarowej umożliwiającymi zarówno pomiary zaburzeń elektromagnetycznych, jak i badania odporności urządzeń na pola elektromagnetyczne o częstotliwościach radiowych. Pomiary są wykonywane w zakresie częstotliwości od 100 kHz do 18 GHz, a badania odporności w zakresie częstotliwości od 80 MHz do 6 GHz, przy czym możliwe jest osiągnięcie natężeń pól sięgających kilkuset V/m, co stanowi unikat w skali kraju.

Drugie laboratorium kompatybilności elektromagnetycznej Centrum Badań i Certyfikacji Łukasiewicz – EMAG mieści się w Białostockim Parku Naukowo – Technologicznym i posiada komorę semi - bezechową umożliwiającą pomiary i badania w analogicznych zakresach częstotliwości, posiada jednak stanowisko z wynoszącą 5 m odległością pomiarową umożliwiające pomiary zaburzeń elektromagnetycznych od większych urządzeń. Komory umożliwiają badania i pomiary urządzeń o masie do 1,5 tony.

Oba laboratoria dysponują także różnorodną aparaturą pomiarową i badawczą umożliwiającą wykonywanie badań emisji i odporności wg całego szeregu norm CISPR oraz CENELEC, w tym kilkunastu norm serii IEC 61000-4-x opisujących zagrożenia związane z propagacją różnego typu zaburzeń w sieciach kablowych. Możliwe są badania urządzeń posiadających różnego typu linie sygnałowe, komunikacyjne i zasilające, zmiennie i stałoprądowe o prądzie do kilkudziesięciu amperów.

Laboratoria systematycznie uzupełniają zestawy sieci sztucznych i sprzęgających dla coraz wyższych wartości prądów, napięć i pasm częstotliwości sygnałów telekomunikacyjnych, a także nowych typów, wymaganych przez najnowsze wydania norm przedmiotowych i norm metod badawczych. Laboratorium w Białymstoku dysponuje także symulatorem zasilnia laboratoryjnego umożliwiającym zasilanie obiektów badanych napięciem

stałym lub zmiennym o dowolnym kształcie do napięcia 400V i prądu wynoszącego 32A.

Laboratoria mogą także zapewnić odbiór energii dużej mocy dzięki zestawom obciążeń rezystancyjnych. W przypadku, gdy nie jest możliwe wykonanie pomiarów zaburzeń elektromagnetycznych w warunkach laboratoryjnych, np. ze względu na brak możliwości podziału systemu na mniejsze zespoły funkcjonalne, laboratoria mogą też wykonać pomiary całego systemu w miejscu docelowego zainstalowania (tzw. pomiary „in situ”).

Żadna współczesna gałąź przemysłu nie może obecnie funkcjonować w sposób optymalny i konkurencyjny bez szerokiego wykorzystania różnorodnych technologii informatycznych i telekomunikacyjnych. Informacja musi sprawnie przepływać nie tylko pomiędzy urządzeniem i jego użytkownikiem, ale docierać też do zewnętrznych podmiotów, np. firm wspomagających zarządzanie systemami energetycznymi, czy sprawujących nadzór dla administracji publicznej. Aby zapewnić sprawny przepływ informacji, konieczna jest integracja urzędów pracujących w systemach energetycznych zarówno dużych jak małych z różnego rodzaju technologii telekomunikacyjnych, w tym także radiowych. Niemal każde urządzenie posiada dziś możliwość zdalnego sterowania, zdalnego dostępu do danych diagnostycznych, zautomatyzowanego nadzoru.

Wykorzystywane są wszelkiego rodzaju kanały komunikacyjne od prostej transmisji szeregowej jak RS485 czy CAN, poprzez sieci LAN, bezprzewodowe łączy lokalne jak bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, po publiczne systemy telekomunikacyjne sieci telefonii 3G, 4G czy rozwijającej się sieci 5G. Wychodząc naprzeciw pływającemu z rynku zapotrzebowaniu na badania urzędów przemysłowych zintegrowanych z systemami telekomunikacyjnymi zarówno przewodowymi jak i radiowymi CBC Łukasiewicz – EMAG realizuje projekt budowy „Śląskiego Centrum Badań i Pomiarów dla cyfrowych systemów łączności radiowej”. Centrum to będzie posiadało możliwości pomiarów sygnałów radiowych w szerokim zakresie częstotliwości,

testowania całej gamy interfejsów radiowych, w tym pomiarów charakterystyk promieniowania nadajników i anten, a także prowadzenia badań funkcjonalnych i kompatybilności elektromagnetycznej w warunkach pełnej symulacji toru radiokomunikacji cyfrowej dla różnych standardów telekomunikacyjnych. Laboratorium jest już wyposażone w komorę typu FAR (Full Anechoic Room) stanowiącą w pełni bezoddbiciowe środowisko do zautomatyzowanych pomiarów rozkładu pól elektromagnetycznych wokół modułów nadawczo-odbiorczych dla zakresu częstotliwości od 600 MHz do 6 GHz zapewniającą separację od zewnętrznych pól elektromagnetycznych do częstotliwości 40 GHz.

Rozwój technologii informatycznych i telekomunikacyjnych niesie ze sobą także nowe zagrożenia. Coraz większa ilość danych będących tajemnicą przedsiębiorstwa, danych sterujących infrastrukturą przemysłową, w tym krytyczną jest transportowana w publicznych kanałach telekomunikacyjnych, co niesie ryzyko nie tylko błędów, przerw lub opóźnień, ale także celowej ingerencji osób trzecich w postaci ataków cybernetycznych.

Łukasiewicz – EMAG zajmuje się tym zagadnieniem w kontekście oceny produktów informatycznych pod kątem zgodności z normą Common Criteria ISO15408 w akredytowanym laboratorium oceny bezpieczeństwa produktów informatycznych ITSEF będącym częścią krajowego schematu oceny i certyfikacji zgodnego z Common Criteria. W laboratorium ITSEF trwają obecnie prace nad wdrożeniem badań w oparciu o kolejne normy z zakresu cyberbezpieczeństwa, w tym w zakresie automatyki przemysłowej i IoT.

Dopełnieniem możliwości badawczych Centrum Badań i Certyfikacji Łukasiewicz – EMAG są laboratoria prowadzące badania klimatyczne, mechaniczne, bezpieczeństwa elektrycznego, właściwości fizycznych i ogniowe. CBC Łukasiewicz – EMAG dysponuje czterema komorami klimatycznymi, w tym także do badań w warunkach obniżonego ciśnienia oraz do wywoływania szoków termicznych. Badania wibracyjne i udary

mechaniczne na obiektach o masie do kilkuset kilogramów są wykonywane w dwóch osiach za pomocą wzbudnika ze stołem ślizgowym. Możliwa jest także jednoczesna stabilizacja warunków klimatycznych podczas wykonywania wibracji i uderów mechanicznych, w zakresie temperatury i wilgotności powietrza. Laboratorium wykonuje również badania korozyjne w komorze solnej oraz badania szczelności obudów pod względem wnikania ciał stałych, pyłu i wody.

Dodatkowym atutem Centrum Badań i Certyfikacji Łukasiewicz – EMAG zwłaszcza w kontekście badań urządzeń przetwarzających energię elektryczną jest niewątpliwie fakt posiadania własnej podstacji transformatorowej WN/SN.

Personel akredytowanych laboratoriów nie może bezpośrednio angażować się w proces projektowania urządzeń ze względu na wymogi dotyczące zachowania bezstronności wynikające z normy akredytacyjnej ISO 17025. Ma jednak bardzo duże doświadczenie w przygotowywaniu urządzeń do badań, zwłaszcza pod kątem zgodnego z wymogami norm ich konfigurowania, właściwego okablowania, sposobów symulacji otoczenia i wykorzystania urządzeń pomocniczych. Pozwala to, przy harmonijnej współpracy z konstruktorami na zmniejszenie do minimum niezbędnego czasu przygotowania do badania i efektywne wykorzystanie laboratorium. Ma to szczególne znaczenie tam, gdzie brak szczegółowych wytycznych w normach szczegółowych i wymagana jest szeroka wiedza i doświadczenie w metodyce pomiarów, której mogą nie posiadać konstruktorzy urządzeń.

6. Instrumenty wsparcia inwestycji polskich przedsiębiorstw w projekty OZE z wykorzystaniem funduszy europejskich

Wstęp

Innowacje ekologiczne stanowią obecnie integralną część polityki Unii Europejskiej, choć poza odnawialnymi źródłami energii nadal niewiele podmiotów je wprowadza. Bariery rozwoju innowacji ekologicznych to przede wszystkim przestarzałe metody zarządzania w przedsiębiorstwach, a także brak odniesienia w cenach wytworzonych wyrobów korzyści i poniesionych kosztów wynikających z ochrony środowiska. Dlatego obszar ten jest szczególnie narażony na stagnację i wymaga wsparcia ze środków publicznych.

Finansowanie projektów oraz inwestycji ekologicznych, w szczególności w obszarze odnawialnych źródeł energii stanowi ważny element prowadzonej polityki państwa nastawionej na model zrównoważonego rozwoju. Członkostwo Polski w Unii Europejskiej spowodowało konieczność dostosowania krajowej polityki energetycznej do wytycznych polityki unijnej. Akty UE regulują zakres wykorzystywania energii ze źródeł odnawialnych, ustalają ogólne i szczegółowe cele, jakie państwa członkowskie mają osiągać. Głównym celem państw członkowskich UE jest osiągnięcie w 2020 r. udziału energii ze źródeł odnawialnych w krajowym zużyciu energii brutto na poziomie co najmniej 20%, natomiast udział biopaliw w ogólnym zużyciu paliw miałyby kształtować się na poziomie 10%²⁴. Polska jako kraj, na który narzucono cel energetyczny do 2020 roku, zawarty w dokumencie Polityka

²⁴ M. Ignarska, Odnawialne źródła energii w Polsce, Poliarchia Nr1/2013, s. 59.

Energetyczna Polski do 2040 r. (m.in. 15% zwiększenia zużycia energii z odnawialnych źródeł energii), ma duże możliwości współfinansowania inwestycji dzięki środkom otrzymywanym z Unii. Zarówno w Polsce, jak i w wielu krajach Wspólnoty wykorzystywane są różnorodne instrumenty zachęcające do inwestycji w ochronę środowiska, w tym również w odnawialne źródła energii (OZE). W Polsce, w związku z narzuconymi przez Unię Europejską wytycznymi, przedsiębiorcy mogą liczyć na wsparcie w finansowaniu inwestycji ekologicznych w zakresie określonym przez ustawodawcę. Obecnie przedsiębiorcy w Polsce mogą skorzystać z bogatej palety narzędzi finansowych. Często mają one charakter finansowy, co najintensywniej oddziałuje na wzrost tych inwestycji. Są to: dotacje i subwencje, kredyty i pożyczki udzielane na preferencyjnych warunkach lub z niskim oprocentowaniem, gwarantowana cena zakupu energii ze źródeł odnawialnych, zielone certyfikaty, ulgi podatkowe i zwolnienia (zwolnienie z podatku akcyzowego, ekologicznego, niższa stawka podatku VAT). Wymienione środki mogą być przyznane w odpowiedniej formie i wysokości, w zależności od wielu czynników dotyczących formy działalności, rodzaju i skali inwestycji²⁵. Narzędzia te są finansowane bezpośrednio ze źródeł wewnętrznych (dochodów państwa), jak i ze źródeł zewnętrznych, szczególnie w przypadku projektów wymagających partnerów z zagranicy. Przedsiębiorcy mogą pozyskać finansowanie na projekty badawczo-rozwojowe w zakresie OZE jak i bezpośrednio inwestycje.

Finansowanie inwestycji ekologicznych może odbywać się za pomocą wielu instrumentów i instytucji. Źródła finansowania inwestycji OZE można podzielić wg pochodzenia środków na źródła zewnętrzne (międzynarodowe) oraz źródła wewnętrzne (krajowe). Wśród najważniejszych instrumentów finansowanych ze źródeł zewnętrznych są środki finansowe pochodzące z Unii Europejskiej w ramach nowego programu ramowego –

²⁵ D. Burzyńska, D. Hajdys: Determinanty i źródła finansowania ekoinnowacji w polskich przedsiębiorstwach, *Folia Oeconomica, Acta Universitatis Lodzianensis*, Nr 1(352)/2021, s. 78.

Horyzont Europa czy też rozmaite programy międzynarodowe, których dysponentem jest m.in. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Ważnym źródłem zasilania finansowego krajowego jest budżet państwa oraz takie instytucje jak: Bank Gospodarstwa Krajowego (BGK) i Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW).

Programy międzynarodowe – LIFE

Program LIFE jest jedynym instrumentem finansowym Unii Europejskiej poświęconym wyłącznie współfinansowaniu projektów z dziedziny ochrony środowiska, w tym przyrody oraz wpływu człowieka na klimat i dostosowania się do jego zmian. Jego głównym celem jest wspieranie procesu wdrażania wspólnotowego prawa ochrony środowiska, realizacja unijnej polityki w tym zakresie, a także identyfikacja i promocja nowych rozwiązań dla problemów dotyczących środowiska i klimatu.

Program LIFE funkcjonujący w UE nieprzerwanie od 1992 roku. Obecny Program LIFE – program działań na rzecz środowiska i klimatu, obejmujący perspektywę finansową 2021-2027, jest kontynuacją Programu LIFE funkcjonującego w latach 2014-2020. Założenia programu w obecnej perspektywie zostały określone w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) w dniu 29 kwietnia 2021 r.²⁶. Wdrażanie programu zostało podzielone na dwa okresy rozliczeniowe, w ramach których będą przyjmowane tzw. Wieloletnie Programy Prac, w ramach których KE definiuje ramy wdrażania LIFE w danym okresie.

W perspektywie finansowej na lata 2021-2027 Program LIFE podzielono dwa obszary, z których każdy obejmuje dwa podprogramy i są to:

²⁶ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/783 z dnia 29 kwietnia 2021 r. ustanawiające Program działań na rzecz środowiska i klimatu (LIFE) i uchylające rozporządzenie (UE) nr 1293/2013, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32021R0783>

- środowisko
 - Przyroda i bioróżnorodność biologiczna oraz
 - Gospodarka o obiegu zamkniętym i jakość życia
- działania na rzecz klimatu
 - Łagodzenie zmian klimatu
 - Przejście na czystą energię

Program LIFE 2021 - 2027



Obszar	Obszar	5,432 mld euro
ŚRODOWISKO	KLIMAT	
Podprogram: Przyroda i różnorodność biologiczna 2,143 mld euro	Podprogram: Łagodzenie zmiany klimatu i przystosowanie się do niej 0,947 mld euro	
Podprogram: Gospodarka o obiegu zamkniętym i jakość życia 1,345 mld euro	Podprogram: Przejście na czystą energię 0,997 mld euro	

Program LIFE 2021-2027

Źródło: <https://www.gov.pl/web/nfosigw/informacje-o-programie>

Program, w ramach dwóch wyodrębnionych podprogramów, umożliwia finansowanie projektów o zróżnicowanym zakresie i tematyce: W ramach podprogramu działań na rzecz środowiska możliwe jest uzyskanie dofinansowania na realizację następujących typów przedsięwzięć:

- innowacyjne projekty z zakresu ochrony środowiska mające na celu przetestowanie nowych rozwiązań mogących wymiernie przyczynić się do rozwiązania istotnego, zdefiniowanego problemu środowiskowego. Zakres tematyczny projektów dotyczyć może m.in. ochrony wód, gospodarki odpadami; efektywnego wykorzystywania zasobów, tj. gleb, lasów; zarządzania substancjami niebezpiecznymi oraz

ochrony przed hałasem, a także poprawy jakości powietrza, w tym na obszarach miejskich. Projekty takie mogą być realizowane w ramach obszaru priorytetowego 1.1. „Ochrona środowiska i efektywne gospodarowanie zasobami”,

- projekty z zakresu czynnej ochrony przyrody, z zastosowaniem najlepszych sprawdzonych merytorycznie i najbardziej efektywnych finansowo praktyk. W ramach tych projektów przewiduje się finansowanie działań służących doprowadzeniu przedmiotów ochrony do właściwego stanu ekologicznego, ze szczególnym uwzględnieniem obszarów NATURA 2000. Projekty takie mogą być finansowane w ramach obszaru priorytetowego 1.2. „Przyroda i różnorodność biologiczna”,
- duże projekty/kampanie informacyjne służące poprawie świadomości społeczeństwa oraz wspieraniu polityki w zakresie ochrony środowiska w obszarach wskazanych powyżej. Dla powyższych projektów dedykowano obszar 1.3. „Zarządzanie i informacja w zakresie środowiska”.

W ramach podprogramu działań na rzecz klimatu możliwe jest uzyskanie dofinansowania na realizację przede wszystkim następujących typów przedsięwzięć:

- projekty mające na celu wspieranie rozwoju i demonstracyjne wdrażanie innowacyjnych rozwiązań (technologii, systemów i metod) służących ograniczeniu zmian klimatu lub dostosowywaniu się do skutków zmian klimatu. Projekty takie mogą być finansowane w ramach obszarów priorytetowych 2.1. Ograniczenie wpływu człowieka na klimat oraz 2.2. Dostosowanie się do skutków zmian klimatu,
- duże projekty/kampanie informacyjne służące poprawie świadomości społeczeństwa oraz wspieraniu polityki w zakresie ograniczenia zmian klimatu oraz adaptacji do zmian klimatu.

Projekty takie mogą być finansowane w ramach obszaru priorytetowego 2.3. „Zarządzanie i informacja w zakresie klimatu”²⁷.

Program LIFE zarządzany jest przez Komisję Europejską, za pośrednictwem Agencji Wykonawczej CINEA, która raz w roku publikuje zaproszenie do składania wniosków. Beneficjentem Programu LIFE może być każdy podmiot (jednostki, podmioty i instytucje publiczne lub prywatne) zarejestrowany na terenie państwa należącego do UE. Całkowity budżet Programu LIFE na lata **2021-2027** wynosi **5,432 mld euro**, w tym na działania na rzecz środowiska – **3,488 mld euro** oraz na rzecz klimatu – **1,944 mld euro**.

W kontekście omawianej tematyki szczególnie interesujący jest podprogram Przejście na czystą energię. Wspiera on realizację polityk UE w dziedzinie zrównoważonej energii, w szczególności zaś Europejskiego Zielonego Ładu, unii energetycznej (cele w zakresie energii i klimatu 2030) oraz długoterminowej strategii dekarbonizacji Unii Europejskiej do roku 2050. Podprogram LIFE Transformacja na czystą energię dysponuje budżetem w wysokości prawie 1 mld EUR na lata 2021–2027 i ma na celu ułatwienie przejścia na energooszczędną, opartą na odnawialnych źródłach energii, neutralną dla klimatu i odporną gospodarkę poprzez koordynację finansowania oraz działania wspierające (inne dotacje na działania) w całej Europie. Są to działania o wysokiej wartości dodanej UE, które mają na celu przełamanie barier rynkowych utrudniających przejście społeczno-gospodarcze na zrównoważoną energię i zazwyczaj angażują wiele małych i średnich zainteresowanych stron, wiele podmiotów, w tym lokalne i regionalne władze publiczne oraz organizacje zysku, a także konsumenci.

²⁷ Przewodnik po dokumentach programowych LIFE, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, 2019, file:///C:/Users/mdudzicz/Downloads/przewodnik_aktualizacja_201909.pdf

W ramach podprogramu LIFE Transformacja na czystą energię projekty są współfinansowane w następujących pięciu obszarach interwencji:

- budowanie krajowych, regionalnych i lokalnych ram polityki wspierających przejście na czystą energię;
- przyspieszenie wdrażania technologii, cyfryzacji, nowych usług i modeli biznesowych oraz doskonalenia związanych z nimi umiejętności zawodowych na rynku;
- przyciąganie prywatnego finansowania na rzecz zrównoważonej energii;
- wspieranie rozwoju lokalnych i regionalnych projektów inwestycyjnych;
- zaangażowanie obywateli i wzmocnienie ich pozycji w przejściu na czystą energię²⁸.

Standardowe dofinansowanie projektu LIFE przez Komisję Europejską wynosi do 60% wartości kosztów kwalifikowanych, a w przypadku projektów przyrodniczych do 75% (w przypadku projektów służących gatunkom i siedliskom priorytetowym/zagrożonym). Polscy Wnioskodawcy mogą dodatkowo ubiegać się o współfinansowanie projektu ze środków krajowych NFOŚiGW uzupełniając montaż finansowy przedsięwzięcia nawet do 95% kosztów kwalifikowanych²⁹.

Fundusze europejskie, jako finansowe instrumenty wsparcia innowacji ekologicznych

Transformacja gospodarki w kierunku neutralności klimatycznej nie będzie możliwa bez wsparcia publicznego. Obok wcześniej omówionych form wsparcia ekoinnowacji w Polsce bardzo ważną rolę odgrywają instrumenty finansowe, a w szczególności fundusze europejskie. W nowej perspektywie finansowej UE na lata 2021 – 2027 Polska ma do wykorzystania

²⁸ https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life/clean-energy-transition_en

²⁹ Szerzej nt. współfinansowania programu LIFE: Program priorytetowy – Współfinansowanie Programu LIFE, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, <https://www.gov.pl/web/nfosigw/wspolfinansowanie-programu-life>

szereg instrumentów przeznaczonych na finansowanie inwestycji proekologicznych. Są to zarówno środki UE dystrybuowane na szczeblu krajowym, jak i środki UE dystrybuowane na szczeblu unijnym. W najbliższych latach wsparcie finansowe będzie dostępne dla niemalże każdego aspektu działalności przedsiębiorcy: od badań i rozwoju przez wdrożenie i inwestycje.

Podstawą finansowania nowych Programów Operacyjnych są Wieloletnie Ramy Finansowe. Zgodnie z zapisami traktatowymi WRF regulują wydatkowanie środków własnych UE w kolejnych okresach programowania. Układ i zakres wsparcia programów krajowych i regionalnych na lata 2021-2027 będzie zbliżony do tych, które znamy z poprzedniej perspektywy. Budżet dla poszczególnych krajów członkowskich został przyjęty na posiedzeniu Rady w dniu 21 lipca 2020 roku, a podstawę prawną stanowi Rozporządzenie Rady (UE, EURATOM) 2020/2093 z dnia 17 grudnia 2020 roku określające Wieloletnie Ramy Finansowe na lata 2021–2027³⁰. Łącznie WRF obejmują 1078 mld euro. Uchwalono także pakiet rozporządzeń na lata 2021-2027 opublikowanych 30 czerwca 2021 roku dotyczących poszczególnych obszarów. Są to rozporządzenie ogólne (ramowe) ustanawiające wspólne przepisy dla funduszy (2021/1060)³¹, rozporządzenie ustanawiające

³⁰ Rozporządzenie Rady (UE, EURATOM) 2020/2093 z dnia 17 grudnia 2020 r. Określające wieloletnie ramy finansowe na lata 2021 – 2027, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 433 I/11 z dnia 22.12.2020 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R2093&from=PL>

³¹ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury, a także przepisy finansowe na potrzeby tych funduszy oraz na potrzeby Funduszu Azylu, Migracji i Integracji, Funduszu Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Instrumentu Wsparcia Finansowego na rzecz Zarządzania Granicami i Polityki Wizowej, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 231/159, z dnia 10.06.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1060&from=IT>

EFS+ (2021/1057)³², w sprawie EFRR i FS (2021/1058)³³, w sprawie Europejskiej Współpracy Terytorialnej (2021/1059)³⁴. Głównymi celami polityki spójności UE na lata 2021-2027 pozostają w dalszym ciągu wsparcie spójności gospodarczej, społecznej i terytorialnej realizującej cele Europejskiego Zielonego Ładu oraz wdrażanie Europejskiego Filaru Praw Socjalnych. Zgodnie z Wieloletnimi Ramami Finansowymi UE na lata 2021-2027 wsparcie z funduszy europejskich należy skoncentrować na ograniczonej liczbie celów polityki spójności. W związku z tym, Komisja Europejska zredukowała liczbę celów polityki z 11 w perspektywie finansowej 2014-2020 do 6 w latach 2021-2027, koncentrując środki na Europie:

- bardziej konkurencyjnej i inteligentnej poprzez wsparcie innowacji, cyfryzacji, transformacji gospodarczej, wsparcie dla małych i średnich przedsiębiorstw oraz inwestycje w umiejętności,
- bardziej przyjaznej dla środowiska niskoemisyjnej i odpornej, inwestującej w transformację sektora energetycznego, w odnawialne źródła energii, gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz w walkę ze zmianami klimatu,
- lepiej połączonej,

³² Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1057 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Europejski Fundusz Społeczny Plus (EFS+) oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1296/2013, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L231/21, z dnia 30.06.2021 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1057&from=PL>

³³ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1058 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 231/60, z dnia 30.06.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1058&from=PL>

³⁴ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1059 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie przepisów szczegółowych dotyczących celu „Europejska współpraca terytorialna” (Interreg) wspieranego w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz instrumentów finansowania zewnętrznego, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 231/94, z dnia 30.06.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1059&from=PL>

-
- o silniejszym wymiarze społecznym, wdrażającej europejski filar praw socjalnych, inwestującej w wyższą jakość zatrudnienia, edukacji, umiejętności, integracji społecznej,
 - bliżej obywateli przez wspieranie strategii rozwoju i zrównoważonego rozwoju wszystkich typów obszarów oraz inicjatyw lokalnych,
 - przechodzącej proces transformacji energetycznej w sposób sprawiedliwy, łagodzącej ekonomiczne, społeczne i środowiskowe trudności związane z odchodzeniem od wykorzystania paliw kopalnych w gospodarce³⁵.

Podstawowym dokumentem określającym strategię interwencji funduszy europejskich w ramach polityk unijnych: polityki spójności i wspólnej polityki rybołówstwa w Polsce w latach 2021-2027 jest Umowa Partnerstwa (UP). Instrumentami realizacji UP są krajowe i regionalne programy, które wraz z UP tworzą spójny system dokumentów strategicznych i programowych, stanowiący podstawę do realizacji perspektywy 2021-2027 w Polsce. To uzgodniona z Komisją Europejską strategia wykorzystania Funduszy Europejskich w najbliższej dekadzie. Skierowana jest zarówno do urzędników, jak i beneficjentów, którzy realizują projekty. Określa cele i zakres interwencji, odpowiedzialne instytucje za zarządzanie funduszami, programy oraz ich finansowanie.

Umowa Partnerstwa na lata 2021-2027:

- określa kontekst strategiczny w wymiarze tematycznym i terytorialnym,
- wskazuje oczekiwane rezultaty,

³⁵ Szczegółowo na temat celów Polityki Spójności: Projekt Umowy Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021 – 2027 w Polsce, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa 2021, https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/105507/RM_2021_11_30_Umowa_Partnerstwa_na_lata_2021_2027_wersja_ostateczna.pdf

-
- wyznacza obowiązujące ramy finansowe i wdrożeniowe³⁶.

Instrumentami wdrażania zawartych w niej postanowień są programy krajowe (z których zostanie rozdysponowane ok. 57 proc. funduszy), a także regionalne i programy Interreg. Cały proces prac nad tymi dokumentami po stronie polskiej koordynuje Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej. Programy krajowe będą kontynuacją tych z poprzedniej perspektywy finansowej. W ślad za nowymi założeniami zmieniają się jednak ich nazwy i tak w najbliższej przyszłości zostaną uruchomione środki w ramach następujących programów:

- Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko (FENIKS),
- Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki (FENG),
- Fundusze Europejskie dla Rozwoju Społecznego (FERS),
- Fundusze Europejskie na Rozwój Cyfrowy (FERC),
- Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej (FEPW),
- Fundusze Europejskie Pomoc Żywnościowa (FEPŻ)
- Fundusze Europejskie dla Rybactwa (FER)
- programy Europejskiej Współpracy Terytorialnej (EWT)
- Fundusze Europejskie dla Sprawiedliwej Transformacji (pomoc w transformacji dla regionów górniczych: śląskiego, małopolskiego, dolnośląskiego, wielkopolskiego, łódzkiego i lubelskiego).

Polska otrzyma z budżetu Unii Europejskiej łącznie ok. 770 mld zł. Środki unijne w nowej perspektywie finansowej na lata 2021-2027 zostaną przeznaczone między innymi na badania, innowacje, przedsiębiorczość, infrastrukturę, klimat i ochronę środowiska, energetykę, cyfryzację, edukację i sprawy społeczne. Podobnie jak w latach 2014-2020 również w nowej perspektywie finansowej funduszy europejskich około 60% funduszy z polityki spójności trafi do programów realizowanych na poziomie krajowym.

³⁶ Więcej: Umowa Partnerstwa 2021 – 2027, https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/97650/umowa_partnerstwa_broszura_wersja_dostepna.pdf;

Pozostałe 40% otrzymają programy regionalne, zarządzane przez marszałków województw.

Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki

Program Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki jako jeden z 9 programów krajowych w okresie 2021-2027, koncentruje zakres wsparcia na działaniach w następujących obszarach:

- rozwój gospodarczy, innowacyjność oraz B+R;
- transfer technologii;
- wdrożenie Europejskiego Zielonego Ładu w Polsce oraz
- cyfryzacja, gospodarka 4.0.

Głównym celem Europejskiego Zielonego Ładu jest doprowadzenie do neutralności klimatycznej Europy do 2050 roku. Europejski Zielony Ład zawiera plan działań umożliwiających bardziej efektywne wykorzystanie zasobów dzięki przejściu na czystą gospodarkę o obiegu zamkniętym, powstrzymaniu zmiany klimatu, przeciwdziałaniu utracie różnorodności biologicznej i zmniejszeniu poziomu zanieczyszczeń. Zielona transformacja oznacza transformację w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), tj. zmniejszenie zasobochłonności, w tym energochłonności, oraz utrzymanie zasobów w gospodarce jak najdłużej, zgodnie z łańcuchem wartości.

Wsparcie w ramach FENG powinno skoncentrować się na obszarach tj.:

- zmniejszenie zużycia energii/ ograniczenie emisji CO₂ (efektywność energetyczna),
- gospodarka o obiegu zamkniętym,
- zmniejszanie eksploatacji zasobów.

W odpowiedzi na zidentyfikowane wyzwania, FENG w obszarze zielonej transformacji koncentruje się na wsparciu:

-
- tworzenia i upowszechniania nowych modeli biznesowych i ram funkcjonowania przedsiębiorstw;
 - wprowadzanie ekoinnowacji, poprawy efektywności wykorzystania zasobów w gospodarce;
 - podnoszenia poziomu świadomości przedsiębiorców w zakresie korzyści środowiskowych i ekonomicznych z wdrażania ekoinnowacji oraz wzrostu wykorzystania OZE;
 - opracowywania nowych produktów i usług w oparciu o ekoprojektowanie;
 - usługi doradcze świadczone związane z przeprowadzeniem oceny środowiskowej produktów i identyfikacją obszarów w działalności gospodarczej pod kątem ich zmiany na model GOZ, działania popularyzacyjne/ informacyjne o GOZ, etc.;
 - rozwiązania zmniejszające zużycie surowców pierwotnych, pozwalające na wykorzystanie surowców wtórnych, czy (nowe) technologie przetwarzania odpadów na surowce wtórne. W ramach wsparcia innowacji przewiduje się również sfinansowanie certyfikatu ETV, LCA/ PEF;
 - wsparcie dla projektów IPCEI w obszarze technologii i systemów wodorowych, baterii, a także nowych inicjatyw wysokotechnologicznych wspierających zieloną transformację;
 - projekty inwestycyjne dotyczące transformacji przedsiębiorstw w zakresie efektywności energetycznej polegające na modernizacji infrastruktury, a także wdrażanie nowych lub ulepszonych produktów, usług w powiązaniu ze zmianą procesów, umożliwiających znaczącą redukcję zużycia energii (np. elektrycznej, gazowej) w danym przedsiębiorstwie (procesy) lub u odbiorcy końcowego (produkty, usługi). Wsparcie to będzie realizowane za pomocą instrumentu mieszanego;
 - finansowanie dłużne inwestycji przedsiębiorstw zwiększających efektywność energetyczną, w tym m.in. w zakresie modernizacji

budynków, linii produkcyjnych, zakupu urządzeń ograniczających zużycie energii elektrycznej lub ciepłej, etc.;

- wykorzystywanie formuły zarówno zamówień innowacyjnych, jak i wielkich wyzwań dla zaadresowania nowych zadań i problemów w obszarze związanym ze zrównoważonym rozwojem, zazielenianiem przedsiębiorstw, gospodarką o obiegu zamkniętym, niskoemisyjnością i polityką energetyczną³⁷.

Ważnym elementem transformacji ekologicznej jest zasada DNSH (*Do No Significant Harm*)³⁸. Wszystkie instrumenty finansowane z funduszy UE muszą być zgodne z zasadą DNSH, która odnosi się do 6 celów środowiskowych tj.:

³⁷ Szerzej nt programu, jego strategicznych założeń: Program Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021 – 2027 (projekt), Załącznik do uchwały nr 165/2021 Rady Ministrów z dnia 6 grudnia 2021, https://www.poir.gov.pl/media/105865/projekt_FENG_06122021.pdf

³⁸ „Nie czyni poważnej szkody”, zasada ta została zdefiniowana w art.17 rozporządzenia 2020/85232 (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje, zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/2088) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>, a także ujęta w art. 9 ust. 4 oraz motywie 10 rozporządzenia 2021/106033 (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury, a także przepisy finansowe na potrzeby tych funduszy oraz na potrzeby Funduszu Azyłu, Migracji i Integracji, Funduszu Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Instrumentu Wsparcia Finansowego na rzecz Zarządzania Granicami i Polityki Wizowej) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32021R1060>, a także motywie 6 rozporządzenia 2021/105834 (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1058 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1058>.

-
- łagodzenie zmian klimatu,
 - adaptacja do zmian klimatu,
 - zrównoważone wykorzystywanie i ochrona zasobów wodnych i morskich,
 - gospodarka o obiegu zamkniętym, w tym zapobieganie powstawaniu odpadów i recykling,
 - zapobieganie zanieczyszczeniu i jego kontrola,
 - ochrona i odbudowa bioróżnorodności i ekosystemów.

Obszary, na których koncentruje się interwencja FENG tj. zmniejszenie zużycia energii/ ograniczenie emisji CO₂ (efektywność energetyczna), gospodarka o obiegu zamkniętym, zmniejszanie eksploatacji zasobów, wpisują się ww. 6 celów środowiskowych DNSH.

W Programie nie otrzymają wsparcie projekty, które nie będą zgodne z zasadą DNSH, a więc takie, które będą szkodziły środowisku. Dodatkowo, premiowane będą projekty dotyczące ekoinnowacji lub przedsięwzięcia przygotowane zgodnie z zasadami ekoprojektowania, tj. takie, w których wykazane będzie stosowanie materiałów o jak najmniejszym negatywnym wpływie na środowisko, ograniczenie ilości zużywanych zasobów (w szczególności zasobów nieodnawialnych), redukcja ilości zanieczyszczeń i odpadów na każdym etapie cyklu życia (w szczególności odpadów niepodlegających ponownemu wykorzystaniu lub recyklingowi), zmniejszenie wpływu dystrybucji produktów na środowisko, optymalizacja funkcji produktów i zapewnienie odpowiedniej trwałości eksploatacyjnej umożliwiającej wydłużone użytkowanie, wdrożenie rozwiązań ułatwiających naprawę lub ponowne wykorzystywanie produktu, jak również inne działania ukierunkowane na wdrożenie modelu gospodarki o obiegu zamkniętym.

W obszarze celów związanych z wdrażaniem założeń Europejskiego Zielonego Ładu program FENG obejmuje następujące cele szczegółowe:

-
- wspieranie efektywności energetycznej i redukcji emisji gazów cieplarnianych (cel szczegółowy 1, SO2.1). W ramach tego celu szczegółowego przewidziane jest finansowanie przedsięwzięć zwiększających efektywność energetyczną przedsiębiorstw w zakresie wynikającym z konkluzji przeprowadzonych audytów energetycznych bądź wykazujących efektywność energetyczną na podstawie analizy opcji realizacji inwestycji poprzez instrument finansowy uzupełniony dotacją oraz instrument mieszany. Planuje się udzielanie gwarancji dla kredytów inwestycyjnych i obrotowych zwiększających efektywność energetyczną przedsiębiorstw oraz uzupełnienie gwarancji niewielkim komponentem dotacyjnym, który zachęci przedsiębiorstwa do realizacji projektów. Planowane jest także finansowanie dopłat do kredytów, łączące finansowanie prywatne z publicznym (tzw. *blended financing*). Wsparcie w formie dotacji ma zwiększyć zdolność kredytową przedsiębiorstw, a tym samym zwiększyć możliwości pozyskania finansowania zewnętrznego na finansowanie inwestycji.
 - rozwój inteligentnych systemów i sieci energetycznych oraz systemów magazynowania energii poza transeuropejską siecią energetyczną (TEN-E) (cel szczegółowy 3, SO2.3). Przewidziane wsparcie obejmie element badawczy i pierwsze przemysłowe wdrożenie w projektach objętych pomocą publiczną w ramach inicjatywy *Important Projects of Common European Interest (IPCEI)*³⁹,

³⁹ Mechanizm IPCEI to jeden z najważniejszych instrumentów wspierających politykę gospodarczą oraz politykę konkurencji UE. Podstawą projektów IPCEI jest Traktat o Funkcjonowaniu Unii Europejskiej, który w art. 107 (3) (b) stanowi, że za zgodną z rynkiem wewnętrznym można uznać pomoc przeznaczoną na wspieranie realizacji ważnych projektów, stanowiących przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania lub mająca na celu zaradzenie poważnym zaburzeniom w gospodarce Państwa Członkowskiego. Urzeczywistnieniem IPCEI jest wydany w dniu 1 lipa 2014 roku przez Komisję Europejską Komunikat *Kryteria analizy zgodności z rynkiem wewnętrznym pomocy państwa na wspieranie realizacji ważnych projektów stanowiących przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania*,

w szczególności w obszarze technologii i systemów wodorowych. Finansowane projekty będą wpisywać się w łańcuchy wartości na poziomie całej UE, zwiększając poziom wykorzystania nowoczesnych technologii energetycznych, w szczególności bazujących na zastosowaniu wodoru⁴⁰.

Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko

Program Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko (inaczej FEnIKS) na lata 2021-2027 jest następcą dobrze znanego z perspektywy finansowej 2014-2020 unijnego Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (PO IiŚ). Budżet Programu wynosi ponad 25 miliardów euro (w formie dotacji, instrumentów finansowych i instrumentów łączących finansowanie zwrotne oraz dotacyjne) i będzie przeznaczony na kluczowe projekty środowiskowe, energetyczne oraz transportowe, a także na wsparcie w obszarze kultury i ochrony zdrowia.

Głównym celem Programu jest poprawa warunków rozwoju kraju poprzez budowę infrastruktury technicznej i społecznej zgodnie z założeniami rozwoju zrównoważonego, w tym poprzez:

- obniżenie emisyjności gospodarki transformację w kierunku gospodarki przyjaznej środowisku i o obiegu zamkniętym;
- budowę efektywnego i odpornego systemu transportowego o jak najniższym negatywnym wpływie na środowisko naturalne;
- dokończenie realizacji odcinków sieci bazowej TEN-T do roku 2030;
- poprawę bezpieczeństwa transportu;
- zapewnienie równego dostępu do opieki zdrowotnej oraz poprawę odporności systemu ochrony zdrowia;

[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620(01)&from=EN).

⁴⁰ Program Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021 – 2027 (projekt)..., s. 18- 20.

-
- wzmocnienie roli kultury w rozwoju społecznym i gospodarczym.

Według przyjętych założeń realizacja Programu FEnIKS 2021-2027 ma się przyczynić do:

- zwiększenia efektywności energetycznej mieszkalnictwa, budynków użyteczności publicznej i przedsiębiorstw oraz zwiększenia udziału zielonej energii z odnawialnych źródeł energii w końcowym zużyciu energii;
- poprawy jakości i bezpieczeństwa funkcjonowania sieci elektroenergetycznych oraz rozwoju inteligentnych sieci gazowych i wzrostu ich znaczenia w nowoczesnym, zielonym systemie energetycznym;
- zwiększenia odporności na zmiany klimatu (w tym na susze i powodzie) oraz ochrony dziedzictwa przyrodniczego (wzrost zdolności retencyjnych oraz poprawę systemów monitorowania i zarządzania kryzysowego);
- poprawy gospodarowania wodą pitną oraz ściekami komunalnymi, a także odpadami komunalnymi;
- wzmocnienia ochrony bioróżnorodności i naturalnych ekosystemów, a także rozwijania systemu monitorowania zasobów przyrodniczych, aby ułatwić ich ochronę;
- zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w transporcie;
- poprawy spójności komunikacyjnej i ograniczenia wykluczenia komunikacyjnego;
- wzrostu dostępności pacjentów do wysokiej jakości usług zdrowotnych wraz ze zwiększeniem ich skuteczności;
- wzmocnienie ochrony zabytków o krajowym i światowym znaczeniu, zarówno ruchomych, jak i nieruchomych⁴¹.

⁴¹ Szerzej nt. założeń programu, założeń strategicznych: Projekt Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027, Załącznik do uchwały Rady Ministrów z dnia 4 stycznia 2022, https://www.pois.gov.pl/media/106216/Program_FEnIKS_przyjety_przez_RM.pdf

Inwestycje środowiskowe, w tym w obszarze odnawialnych źródeł energii zostały ujęte w sektorze Energia i środowisko w Priorytetach: I – Wsparcie sektorów energetyka i środowisko z Funduszu Spójności oraz II – Wsparcie sektorów energetyka i środowisko z EFRR. W szczególności inwestycje w tym obszarze będą dofinansowane w obrębie celu szczegółowego – Wspieranie efektywności energetycznej i redukcji emisji gazów cieplarnianych.

W ramach Priorytetu I celu wsparciu w ramach programu będą podlegać działania w zakresie podniesienia efektywności energetycznej budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, obejmujące m.in. ocieplenie obiektu, wykorzystanie technologii odzysku ciepła, przyłączenie do sieci ciepłowniczej lub gazowej, instalację nowych niskoemisyjnych lub odnawialnych źródeł ciepła lub energii elektrycznej na potrzeby własne, w tym przydomowych magazynów energii wymiany oświetlenia na bardziej energooszczędne, urządzeń umożliwiających indywidualne rozliczenie kosztów dostarczonego ciepła lub chłodu wyposażonych w funkcje zdalnego odczytu oraz zastosowanie systemów zarządzania energią w budynku (BMS), a także modernizację systemów wentylacji i klimatyzacji. Wsparcie na wymianę systemów grzewczych zasilanych stałymi paliwami kopalnymi, tj. węglem kamiennym, torfem, węglem brunatnym, łupkami bitumicznymi, na systemy grzewcze zasilane gazem ziemnym będzie możliwe tylko do końca 2025 r. i tylko w połączeniu z inwestycjami w efektywność energetyczną (renowacją) budynków. Preferowane będą źródła ogrzewania oparte na OZE Jeżeli będzie to możliwe, mogą zostać uwzględnione rozwiązania mające na celu wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie. Dla sektora przemysłu i usług wsparcie skierowane będzie na modernizację energetyczną budynków zakładowych, podniesienie efektywności energetycznej procesów wytwórczych, zwiększenie efektywności energetycznej systemów obiegu mediów w zakładzie (np. systemu zimnej lub gorącej wody, systemu sprężonego powietrza lub systemu wentylacji), ciągów transportowych i zwiększanie efektywności energetycznej systemów pomocniczych, w tym np. kotłowni, układów odzysku ciepła z procesów przemysłowych lub

oświetlenia oraz instalację urządzeń OZE a także zastąpienie wodoru pochodzącego z paliw kopalnych wodorem odnawialnym i niskoemisyjnym (jeżeli będzie to możliwe).

Wsparcie w ramach Priorytetu II będzie ukierunkowane zaś na inwestycje związane z rozbudową i modernizacją systemów ciepłowniczych. W ramach sektora energetycznego interwencja powinna dotyczyć rozwoju skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła w procesie wysokosprawnej kogeneracji (w tym także energii elektrycznej, ciepła i chłodu w procesie trigeneracji) oraz rozwoju systemów ciepłowniczych i chłodniczych, w tym także magazynów energii. Dla tego drugiego rodzaju infrastruktury, głównymi źródłami ciepła powinno być ciepło ze źródeł kogeneracyjnych, źródeł odnawialnych (w tym z odpadów), ciepło odpadowe z procesów przemysłowych lub kombinacja wyżej wymienionych. W zakresie wysokosprawnej kogeneracji wsparcie powinno być dedykowane jednostkom wytwórczym OZE (np. wykorzystujących biomasę lub biogaz) a także pozostałym niskoemisyjnym jednostkom wytwórczym (wykorzystującym np. paliwa gazowe lub odpadowe), o ile nie przewidziano dla nich dofinansowania w innych priorytetach programu. Ponadto, wspierana będzie modernizacja już istniejącej sieci w kierunku poprawy efektywności energetycznej oraz realizacja projektów związanych z rozwojem systemów ciepłowniczych. Wsparcie dla magazynów energii będzie możliwe także jako samodzielnych inwestycji, choć preferowane będzie połączenie źródła i magazynu w jednym projekcie. Jeżeli będzie to możliwe, wspierane będzie wykorzystanie rozwiązań mających na celu wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie. W ramach programu wsparcie mogą otrzymać efektywne systemy ciepłownicze oraz systemy ciepłownicze nieposiadające tego statusu, na inwestycje których celem jest jego pozyskanie⁴².

⁴² Szerzej nt. założeń programu, założeń strategicznych: Projekt Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027, Załącznik do uchwały Rady Ministrów z dnia 4 stycznia 2022, https://www.pois.gov.pl/media/106216/Program_FEnIKS_przyjety_przez_RM.pdf

W ramach Priorytetu II, w kontekście omawianej tematyki, na uwagę zasługuje także cel szczegółowy – Wspieranie energii odnawialnej. W tym obszarze planowane wsparcie będzie dotyczyło instalacji do produkcji energii elektrycznej, instalacji do produkcji ciepła oraz wytwarzania paliw alternatywnych z OZE wraz z magazynami energii działającymi na potrzeby danego źródła OZE oraz przyłączeniem do sieci. W ramach działań związanych z inwestycjami w odnawialne źródła energii planuje się skierować wsparcie także na realizację projektów inwestycyjnych dotyczących instalacji OZE do produkcji energii elektrycznej w budynkach jednorodzinnych wraz z infrastrukturą towarzyszącą (m.in. magazynów energii, przydomowych punktów ładowania dla samochodów elektrycznych oraz systemów zarządzania energią w domach). Realizacja projektów z zakresu produkcji ciepła przyczyni się do doprowadzenia systemów ciepłowniczych do uzyskania statusu systemów efektywnych. Wspierane będzie również wykorzystanie rozwiązań mających na celu wdrożenie technologii wodorowych w energetyce i ciepłownictwie, wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie, dekarbonizacji przemysłu, produkcji wodoru w nowych instalacjach, magazynowanie wodoru⁴³.

Horyzont Europa

Ramowy program Horyzont Europa, ustanowiony na lata 2021–2027, jest programem inwestycyjnym w zakresie badań naukowych i innowacji, ściśle związanym z urzeczywistnieniem głównych celów strategii Unii Europejskiej o nazwie Europejski Zielony Ład. Konstrukcja tego programu oparta jest na trzech filarach, odpowiadających kolejno: za stworzenie odpowiednich warunków dla naukowców do zdobycia wysokiego poziomu wiedzy i umiejętności (*FILAR I – Doskonała baza naukowa*), za wykorzystanie kapitału intelektualnego Europy (*FILAR III – Innowacyjna Europa*), za skoncentrowanie się na rozwoju kluczowych technologii i innowacyjnych

⁴³ Tamże.

rozwiązań w wybranych obszarach (*FILAR II – Globalne wyzwania i europejska konkurencyjność przemysłowa*)⁴⁴.

Dla przedsiębiorstw aktywnych w obszarze innowacji szczególnie interesujący jest filar II, którego celem jest wsparcie rozwoju innowacyjnych rozwiązań i ich absorpcji przez przemysł. Został on tematycznie podzielony na 6 klastrów, aby jak najbardziej zwiększyć elastyczność i efekt synergii, działania w zakresie badań naukowych i innowacji. Są to:

- Zdrowie
- Kultura, kreatywność i społeczeństwo integracyjne
- Bezpieczeństwo cywilne na rzecz społeczeństwa
- Technologie cyfrowe, przemysł i przestrzeń kosmiczna
- Klimat, energia i mobilność
- Żywność, biogospodarka, zasoby naturalne, rolnictwo i środowisko

Klastry mają indywidualnie i wspólnie tworzyć zachęty do współpracy interdyscyplinarnej, międzysektorowej i między obszarami polityki, a także transgranicznej i międzynarodowej. Każdy z klastrów przyczynia się do realizacji kilku celów zrównoważonego rozwoju, a wiele celów zrównoważonego rozwoju przyświeca więcej niż jednemu klastrowi.

W ramach II filaru programu (Globalne wyzwania i europejska konkurencyjność przemysłowa) można aplikować o projekty na różnych poziomach gotowości technologicznej. Budżety projektów obejmują dofinansowanie na poziomie od 1 do ponad 20 mln euro na projekt. W sumie na tę część programu Horyzont Europa, Komisja Europejska przeznaczyła ponad połowę łącznego budżetu – czyli ponad 50 mld euro.

⁴⁴ Więcej: Decyzja Rady Unii Europejskiej ustanawiająca program szczegółowy służący realizacji programu ramowego w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont Europa” z dnia 15 kwietnia 2019 2018/0225(COD).

Konkursy w programie Horyzont Europa to szansa dla przedsiębiorstw na otrzymanie dofinansowania na realizację przełomowych projektów, z którymi wiąże się duże ryzyko badawcze. Interdyscyplinarne projekty realizowane w gronie międzynarodowych liderów innowacji umożliwiają zdobycie unikalnego know-how zwiększającego potencjał rozwojowy przedsiębiorstwa. Dla przedsiębiorców zainteresowanych współpracą w obszarze ekoinnowacji interesujące mogą być nabory w ramach Klastra V.

Klaster V – Klimat, energia, transport

Główne cele działań klastra Klimat, energia, transport to walka ze zmianami klimatycznymi, poprawa konkurencyjności branży energetycznej i transportowej oraz jakości usług, które te sektory dostarczają społeczeństwu.

Strategiczna wizja Komisji Europejskiej „*Czysta planeta dla wszystkich*”⁴⁵ określa, że przejście do neutralności klimatycznej – wraz z szybszą cyfryzacją i przyspieszonymi zmianami gospodarczymi i społecznymi – przekształci sektory energii i mobilności w nadchodzących dziesięcioleciach, sprawiając, że będą one coraz bardziej ze sobą powiązane. Badania naukowe i innowacje będą miały duży wpływ na szybkość, z jaką te przemiany mogą się odbywać. Są one niezbędne do realizacji Porozumień Paryskich, koncepcji Europejskiego Zielonego Ładu czy realizacji Celów Zrównoważonego Rozwoju.

W ramach klastra finansowane będą badania i innowacje dotyczące w szczególności:

- Nauki o klimacie i adaptacjach do zmian klimatu,

⁴⁵ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów I Europejskiego Banku Inwestycyjnego: *Czysta planeta dla wszystkich Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki*, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=PL>

-
- Odnawialnych źródeł energii,
 - Systemów energetycznych, sieci i magazynowania energii,
 - Efektywności energetycznej i neutralności klimatycznej budynków,
 - Transformacji energetycznej przemysłu,
 - Bezemisijnego transportu lądowego, powietrznego i wodnego,
 - Bezpieczeństwa transportu, jego wpływu na zdrowie i środowisko,
 - Transportu autonomicznego,
 - Multimodalnych systemów transportu osób i towarów.

Natomiast w zgodzie z Planem Strategicznym na lata 2021-2024⁴⁶ Horyzontu Europa interwencje w zakresie badań i innowacji w ramach klastra Klimat, energia, transport będą ukierunkowane na następujące sześć wyzwań (*Destinations*):

- **Nauki o klimacie i odpowiedzi na rzecz transformacji w kierunku neutralności klimatycznej**

Przejście na neutralne pod względem klimatu i odporne społeczeństwo i gospodarkę dzięki zaawansowanej nauce o klimacie, ścieżki i reakcje na zmianę klimatu (łagodzenie zmiany klimatu i przystosowanie się do niej) oraz przemiany behawioralne. Tematyka konkursów będzie dotyczyła zagadnień takich jak nauka o systemie Ziemi, ścieżki neutralności klimatycznej, przystosowanie się do zmiany klimatu, w tym usługi w zakresie klimatu, nauka społeczna na rzecz działań w dziedzinie klimatu, interakcje klimatyczno-ekosystemowe.

- **Międzysektorowe działania na rzecz klimatu**

Czyste i zrównoważone przejście sektorów energii i transportu w kierunku neutralności klimatycznej, ułatwione dzięki innowacyjnym rozwiązaniom przekrojowym. Tematyka konkursów będzie dotyczyła

⁴⁶ Horizon Europe Strategic Plan (2021 – 2024), European Commission, Luxembourg 2021, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/documents/ec_rtd_horizon-europe-strategic-plan-2021-24.pdf

zagadnień takich jak: baterie, wodór, społeczności i miasta, przełomowe technologie na wczesnym etapie rozwoju oraz zaangażowanie obywateli.

- **Zrównoważona, bezpieczna i konkurencyjna dostawa energii**

Neutralna dla klimatu podaż energii, mniejsze koszty, większa niezawodność, działania zgodnie z zasadą „nie wyrządzaj szkody”, lepsza integracja różnych źródeł w systemach. Tematyka konkursów będzie dotyczyła zagadnień takich jak odnawialne źródła energii (OZE), systemy i sieci energetyczne, magazynowanie energii, wychwytywanie i składowanie CO₂.

- **Efektywne, zrównoważone i dostępne dla każdego wykorzystanie energii**

Działania ukierunkowane na popyt. Większa efektywność energetyczna to jeden z najlepszych sposobów na: neutralność klimatyczną, zmniejszenie zużycia surowców, obniżanie kosztów dla konsumentów, zmniejszenie zależności od importu. Tematyka konkursów będzie dotyczyła zagadnień takich jak zwiększona efektywność energetyczna budynków i przemysłu, renowacje, zmiany w procesach przemysłowych, inteligentne rozwiązania.

- **Czyste i konkurencyjne rozwiązania dla wszystkich rodzajów transportu**

Poprawa wpływu na klimat i środowisko, a także konkurencyjność różnych rodzajów transportu. Tematyka konkursów będzie dotyczyła zagadnień takich jak drogowy transport zeroemisyjny, lotnictwo, zeroemisyjny, transport wodny, infrastruktura ładowania, cyfrowe modelowanie, modernizacja.

- **Bezpieczny, odporny transport i usługi inteligentnej mobilności dla pasażerów i towarów**

Przekształcenie transportu opartego na podaży w bezpieczny, odporny i zrównoważony transport oraz oparte na popycie, inteligentne usługi w zakresie mobilności dla pasażerów i towarów. Tematyka konkursów będzie dotyczyła zagadnień takich jak mobilność połączona, współpracująca

i zautomatyzowana, multimodalny system transportowy, logistyka, infrastruktury, bezpieczeństwo transportu⁴⁷.

Innowacyjna Europa III Filar Horyzont Europa

Program Horyzont Europa stworzył bezprecedensową ofertę dla przedsiębiorstw ze wszystkich branż i na każdym etapie: od startupów, przez małe i średnie przedsiębiorstwa, po duże dojrzałe technologicznie firmy. W ramach III filaru „Innowacyjna Europa” przedsiębiorcy zyskali szansę współpracy z zagranicznymi partnerami oraz możliwość wejścia na rynki zagraniczne. Przedsiębiorcy mogą ubiegać się o granty, ale także korzystać z wielu z instrumentów wspierających rozwój ich firm czy wprowadzenie na rynek nowych produktów. Przedsiębiorcy mają też szansę na współpracę z najlepszymi zespołami profesjonalistów i naukowców świata (możliwe jest np. zaproszenie naukowca z zagranicy, jeśli firma potrzebuje takiego wsparcia przy opracowywaniu nowatorskiego rozwiązania) i pozyskanie znacznych funduszy na projekty badawczo-rozwojowe, których efektem będzie komercjalizacja innowacyjnych rozwiązań.

Do realizacji celów określonych w III Filarze Komisja Europejska powołała specjalną instytucję – Europejską Radę ds. Innowacji. Dotychczas Europejska Rada ds. Innowacji (EIC) działała w formule pilotażu w ramach programu HORYZONT 2020. W latach 2018-2021 wspierając ponad 5000 MŚP i startupów, a także ponad 330 projektów badawczych o budżecie 3,5 mld euro. Obecna edycja jest realizowana z programu Horyzont Europa i ma łączyć badania nad nowymi technologiami z dedykowanym funduszem kapitałowym, który pozwoli na zwiększenie skali działalności startupów czy małych i średnich firm.

⁴⁷ Kierunki oraz szczegóły konkretnych naborów zostały opisane w Programie Pracy: Horizon Europe Work Programme 2021 – 2022, 8. Climate, Energy and Mobility, European Commission Decision C(2022)2975 of 10 May 2022, https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2021-2022_en.pdf

Działania EIC obejmują:

- wsparcie na rzecz inwestycji mających przełomowe znaczenie i radykalny charakter oraz potencjał ekspansji, które są zbyt ryzykowne dla prywatnych inwestorów.
- pomoc innowatorom w tworzeniu przyszłościowych rynków, mobilizowaniu prywatnego finansowania, rozwoju ich przedsiębiorstw.
- sprawne i aktywne zarządzanie oraz prowadzenie działań następczych, skoncentrowane na innowacjach i oparte na podejmowaniu ryzyka.

Zadaniem EIC jest wypełnienie luki w finansowaniu innowacyjnych przedsiębiorstw typu startup i MŚP. Temu dedykowana jest strategia, w ramach której powołany został fundusz publiczno-prywatny specjalizujący się w pierwszych ofertach publicznych dla MŚP. Ta luka jest szczególnie dotkliwa w przypadku przełomowych innowacji, gdzie występuje wysokie ryzyko zarówno technologiczne, jak i rynkowe. EIC będzie uzupełniać wsparcie państw członkowskich na rzecz innowacji.

EIC zapewnia bezpośrednie wsparcie dla innowatorów poprzez następujące instrumenty finansowania:

- **Pathfinder** – dla wczesnych etapów prac B+R. EIC Pathfinder jest instrumentem skierowanym do multidyscyplinarnych zespołów badawczych, z budżetem w wysokości 300 mln euro, przeznaczonym na prowadzenie wizjonerskich badań, które mogą prowadzić do przełomowych rozwiązań technologicznych. Zespoły badawcze mogą ubiegać się o dotacje w wysokości do 4 mln euro na rozwój przyszłych technologii na wczesnym etapie (np. różne działania na niskich poziomach gotowości technologicznej 1-3), aż do weryfikacji koncepcji. Projekty Pathfinder mogą również otrzymać

dotatkowe fundusze na testowanie potencjału innowacyjnego ich wyników badawczych. Większość środków finansowych przydzielana będzie w drodze otwartych zaproszeń bez wcześniej określonych priorytetów tematycznych (*Pathfinder Open*), natomiast 132 mln euro przeznaczono na pięć wyzwań w ramach instrumentu *Pathfinder Challenges*: samoświadoma sztuczna inteligencja, narzędzia do pomiaru aktywności mózgu, terapia komórkowa i genowa, zielony wodór i materiały ELM⁴⁸.

- **Transition** – dla dalszego rozwijania technologii w oparciu o wyniki wcześniej realizowanego projektu (*Pathfinder* lub *ERC Proof of Concept*);
- **Accelerator** – dla etapu rozwoju oraz wprowadzania na rynek.

W ramach EIC jednym z trzech dostępnych instrumentów w 2021 r. jest **Akcelerator EIC** o wartości ponad 1 mld euro, który koncentruje się w szczególności na innowacjach opartych na odkryciach naukowych lub przełomach technologicznych „deep tech” oraz tam, gdzie potrzebne jest znaczne finansowanie przez długi czas, zanim będzie można wygenerować zwroty. Takie innowacje często mają trudności z przyciągnięciem finansowania, ponieważ związane z nimi ryzyko i czas są zbyt duże. Finansowanie i wsparcie ze strony Akceleratora EIC ma na celu umożliwienie takim innowatorom przyciągnięcia inwestycji potrzebnych do zwiększenia skali w krótszym czasie. na innowacjach, oparte na podejmowaniu ryzyka.

Głównym celem programu EIC Accelerator jest dofinansowanie przełomowych badań i innowacji. Budżet na lata 2021 – 2027 wyniesie aż 1 087,6 mln EUR. Dotacja została skierowana do mikro, małych i średnich przedsiębiorstw oraz „small mid-cap” zatrudniających do pięciuset osób. O dofinansowanie mogą ubiegać się firmy których produkt, technologia lub

⁴⁸ Szerz. European Innovation Council (EIC) Work Programme 2022, European Commission Decision C(2022) 701 of 7 February 2022.

usługa znajduje się przynajmniej na 5 lub 6 poziomie gotowości technologicznej, a mówiąc prościej – dokonano już demonstracji prototypu lub modelu systemu w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. W ramach programu można otrzymać dofinansowanie zarówno na innowacje technologiczne, jak i nietechnologiczne – społeczne czy usługowe, które wiążą się z tzw. innowacją przełomową oraz jednocześnie wykazują wysoki potencjał wdrożenia na rynku europejskim oraz globalnym.

EIC Accelerator zapewnia kilka form finansowania. Możliwe jest aplikowanie: o dotację, komponent inwestycyjny lub finansowanie mieszane (tzw. „*blended finance*”, czyli połączenie dotacji oraz komponentu inwestycyjnego).

Dotacja:

- maksymalnie 2,5 mln € dofinansowania
- poziom dofinansowania: 70%
- finansowane działania powinny zostać ukończone w ciągu 24 miesięcy
- firmy small mid-cap nie kwalifikują się do otrzymania dotacji (mogą wnioskować jedynie o komponent inwestycyjny)

Komponent inwestycyjny:

- od 0,5 mln do 15 mln €
- zwykle w formie kapitału lub quasi-kapitału
- w zamian za max. 25% udziałów spółki
- inwestycja dokonywana w formie “cierpliwego kapitału”, z długą średnią perspektywą zwrotu z inwestycji (7-10 lat)

Oprócz powyższego finansowania przedsiębiorstwa wspierane przez EIC Accelerator mają dostęp do mentoringu, coachingu biznesowego i współpracy z inwestorami, przedsiębiorstwami i podobnymi przedsiębiorcami. Beneficjentami finansowania tego instrumentu mogą być zarówno MŚP jak również Małe Spółki o Średniej Kapitalizacji tj. zatrudniający

mniej niż 500 pracowników w przeliczeniu na ekwiwalent pełnego czasu pracy, niebędący MŚP. Z miliarda euro dostępnego w ramach Akceleratora EIC kwotę 495 mln euro przeznaczono na przełomowe innowacje na rzecz Europejskiego Zielonego Ładu oraz na strategiczne technologie cyfrowe i medyczne⁴⁹.

Działalność Europejskiej Rady ds. Innowacji jest uzupełnieniem prac **Europejskiego Instytutu Innowacji i Technologii (EIT)**. Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT), z siedzibą główną w Budapeszcie na Węgrzech, to niezależna jednostka UE mająca za zadanie wzmacnianie innowacyjnego potencjału Europy poprzez wsparcie przedsiębiorców i innowatorów. Zrzesza ponad 1500 partnerów, jest największą europejską siecią innowacji i elementem skalającym.

Europejski Instytut Innowacji i Technologii jest organem UE utworzonym przez Unię Europejską w 2008 r. w celu wzmocnienia zdolności Europy do innowacji. EIT stanowi integralną część programu Horyzont Europa, programu ramowego UE w zakresie badań naukowych i innowacji. W ramach EIT funkcjonuje osiem tzw. **wspólnot wiedzy i innowacji** (z ang. KIC – *Knowledge and Innovation Center*), z których każda ma na celu znalezienie odpowiedzi na konkretne globalne wyzwanie. Wszystkie Wspólnoty Wiedzy i Innowacji mają na celu skrócenie średniego czasu wprowadzania innowacji na rynek. Oferują możliwości i działania dostosowane do każdego etapu pomysłu lub biznesu: Pre-seed, Seed, Scale-up i Series AB. W obszarze klimatu i energii działają dwie spośród nich: EIT Climate-KIC oraz EIT InnoEnergy.

⁴⁹ Szerz. European Innovation Council (EIC) Investment Guidelines (Horizon Europe Compartment), March 2022 European Commission, <https://eic.ec.europa.eu/system/files/2022-03/220301%20EIC%20Investment%20Guidelines%20-%20Horizon%20Europe%20March%202022%20FINAL.pdf> (02.06.2022).

EIT Climate-KIC

Jest Wspólnotą Wiedzy i Innowacji działającą na rzecz przyspieszenia przejścia na bezemisyjną gospodarkę. EIT Climate-KIC identyfikuje i wspiera innowacje, które pomagają społeczeństwu łagodzić zmiany klimatu i dostosowywać się do nich. Misją EIT Climate jest katalizowanie zmian systemowych poprzez innowacje w obszarach działalności człowieka, które mają krytyczny wpływ na emisje gazów cieplarnianych – miasta, użytkownikowie gruntów, materiały i finanse – oraz tworzenie społeczności odpornych na zmianę klimatu⁵⁰.

Działalność EIT Climate koncentrują się wokół wielostronnych i transformacyjnych programów:

- Climathon – program służący aktywizacji obywateli i tworzeniu pomysłów
- ClimateLaunchpad – inkubator wspierający innowatorów w przekształcaniu ich pomysłów w przedsiębiorstwa o pozytywnym wpływie na klimat;
- ClimAccelerator – zwiększający skalę i przyspieszający powstawanie nowych firm poprzez radykalną współpracę i dzielenie się zasobami⁵¹.

EIT Climate-KIC pomaga zespołom innowacyjnym zespołom innowacyjnym w identyfikacji i definiowaniu pomysłów, oferuje wsparcie w tworzeniu sieci partnerów i zapewnia finansowanie załączkowe, aby ruszyć z miejsca. EIT Climate-KIC jest w czołówce akceleratorów i inkubatorów

⁵⁰ Więcej na temat założeń strategicznych działalności EIT Climate KIC: EIT Climate KIC Strategic Agenda 2021 – 2027, European Institute of Innovation and Technology, 15.03.2021, <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2021/12/EIT-Climate-KIC-Strategic-Agenda-2021-2027-Final-Submission-150321.pdf>

⁵¹ Szerzej na temat programów EIT Climate-Kic: Catalogue of EIT KICS Business Creation Programmes – 2021-2022, European Institute of Innovation & Technology, 01.03.2022, https://eit.europa.eu/sites/default/files/eit_kics_bc_programme_catalogue.pdf, s. 4-6.

w Europie według Global Startup Ecosystem Raport Cleantech 2022 Edition przygotowany przez Startup Genome.

EIT InnoEnergy

EIT InnoEnergy inicjuje drogę do zdekarbonizowanej Europy do 2050 r. poprzez kierowanie trzema sojuszami przemysłowymi: Europejskim Sojuszem na rzecz Baterii (EBA) w zakresie przechowywania akumulatorów, Europejskim Centrum Akceleracji Zielonego Wodoru (EGHAC) w zakresie ekologicznego wodoru oraz Europejską Inicjatywą Słoneczną (ESI) w zakresie fotowoltaiki słonecznej.

EIT InnoEnergy kieruje i uczestniczy w wielu inicjatywach politycznych i badawczych, aby zapewnić doradztwo, ocenić potencjalny wpływ, zbadać rozwiązania problemów energetycznych Europy i nie tylko.

Misją EIT InnoEnergy jest wsparcie transformacji energetycznej w Europie. Realizując taką misję, EIT InnoEnergy jest obecnie wiodącym motorem innowacji w dziedzinie zrównoważonej energii, który kieruje się zasadami otwartej i wspólnej innowacji. Obejmuje ona cztery warstwy: ludzi, korporacje, łańcuchy wartości i ekosystem. Wzajemne powiązanie tych warstw sprawia, że dochodzi do synergii i innowacji.

Działalność EIT InnoEnergy obejmuje osiem kluczowych obszarów tematycznych:

- Magazynowanie energii
- Zrównoważone budynki i miasta
- Odnawialne energie
- Inteligentna sieć elektryczna
- Efektywność energetyczna
- Energia dla gospodarki o obiegu zamkniętym
- Energia dla transportu i mobilności

EIT InnoEnergy poszukuje firm, które dążą do uzyskania wpływu za pomocą skalowalnych modeli biznesowych i/lub przełomowych technologii przyczyniających się do:

-
- obniżenia kosztów w energetycznym łańcuchu wartości;
 - zmniejszenia emisji CO2
 - zapewnienia operacyjności systemu energetycznego
 - tworzenia zrównoważonego wzrostu
 - tworzenia miejsc pracy
 - zwiększenia konkurencyjności.

W ofercie EIT InnoEnergy dla startupów i innowatorów znajduje się szeroki katalog usług tj.:

- Dostęp do rynku
- Sprzedaż i wzrost
- Łańcuch dostaw i industrializacja
- Akceptacja społeczna i zaangażowanie obywateli
- Poprawa technologii
- Strategia zarządzania
- Regulacja
- Dostęp do kapitału ludzkiego
- Dostęp do finansów⁵²

W zależności od etapu rozwoju przedsiębiorcy mogą korzystać ze zróżnicowanych programów wsparcia:

- HIGHWAY – program skierowany dla startupów, mających pierwsze przychody, funkcjonujących na rynku nie dłużej niż 2 lata i posiadających prototypowe rozwiązanie lub *proof of concept* w sektorze energii. Jest programem akceleracyjnym mającym na celu wzmocnienie i podniesienie umiejętności biznesowych zespołu oraz pomoc w zakresie finansowania.

⁵² Szerzej nt. strategicznych założeń działalności EIT InnoEnergy: EIT InnoEnergy Strategic Agenda 2021-2027, European Institute of Innovation and Technology, 26.04.2021, <https://www.innoenergy.com/media/6400/eit-ie-strategic-agenda-2022-2024.pdf>.

-
- BOOSTWAY – dla startupów oraz MŚP działających od co najmniej 1,5 roku, mających roczne przychody powyżej 100 tys. EURO, pełnoetatowy zespół i portfel wielu klientów. Program ma pomóc firmom w wejściu na nowe rynki i efektywnym zarządzaniu łańcuchem dostaw⁵³.

Podsumowanie

Wytyczne wspólnotowe w zakresie polityki energetycznej obligują państwa członkowskie do zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego, ochrony klimatu oraz rozwoju rynku odnawialnych źródeł energii (OZE)¹. W związku z tym na szczycie europejskim w październiku 2014 roku przyjęto nowe ambitne cele strategiczne, które obligują do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 40% (do 2030 roku w stosunku do 1990 roku) oraz do 27-procentowego udziału OZE w końcowym zużyciu energii na poziomie Unii Europejskiej². Wymienione cele stanowią zatem wyzwania oraz priorytety dla wszystkich państw przy tworzeniu krajowych oraz regionalnych polityk rozwoju. Wypracowanie tych rozwiązań oraz ich sprawne wdrożenie umożliwiają środki europejskie. Warunki wykorzystania funduszy europejskich dla Polski na lata 2021–2027 określa umowa partnerska (UP). Zarówno programy krajowe, jak i unijne, stanowią szansę na realizację założeń polityki europejskiej, tj. bezpieczeństwa energetycznego, ochrony środowiska oraz wzrostu gospodarczego. Finansowanie działań w zakresie OZE pozwoli na realizację trzech podstawowych celów na poziomie Wspólnoty Europejskiej: ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, zmniejszenia zużycia energii oraz zwiększenia udziału energii odnawialnej.

Nie można określić, w jakim stopniu działania te pozwolą na zwiększenie się udziału energii odnawialnej – całkowite czy częściowe osiągnięcie wytyczonych ambitnych celów polityki europejskiej. Wiadomo natomiast, że pozwalają na podjęcie niezwykle kosztowych działań w zakresie poprawy

⁵³ Więcej na temat programów EIT InnoEnergy: Catalogue of EIT KICS Business Creation Programmes – 2021-2022...,s. 20-21.

efektywności energetycznej oraz wzrostu udziału energii ze źródeł odnawialnych w całkowitym bilansie wytworzonej energii. Dlatego tak ważnym aspektem jest upowszechnianie wiedzy o możliwości wsparcia finansowego przedsięwzięć z zakresu odnawialnych źródeł energii.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/783 z dnia 29 kwietnia 2021 r. ustanawiające Program działań na rzecz środowiska i klimatu (LIFE) i uchylające rozporządzenie (UE) nr 1293/2013, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32021R0783>
- [2] Rozporządzenie Rady (UE, EURATOM) 2020/2093 z dnia 17 grudnia 2020 r. Określające wieloletnie ramy finansowe na lata 2021 – 2027, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 433 I/11 z dnia 22.12.2020 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R2093&from=PL>
- [3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury, a także przepisy finansowe na potrzeby tych funduszy oraz na potrzeby Funduszu Azylu, Migracji i Integracji, Funduszu Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Instrumentu Wsparcia Finansowego na rzecz Zarządzania Granicami i Polityki Wizowej, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 231/159, z dnia 10.06.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1060&from=IT>
- [4] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1057 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające Europejski Fundusz Społeczny Plus (EFS+) oraz uchylające rozporządzenie (UE) nr 1296/2013, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L231/21, z dnia 30.06.2021 r., <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1057&from=PL>
- [5] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1058 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 231/60, z dnia 30.06.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1058&from=PL>
- [6] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1059 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie przepisów szczegółowych dotyczących celu „Europejska współpraca terytorialna” (Interreg) wspieranego w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego oraz instrumentów finansowania zewnętrznego, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 231/94, z dnia 30.06.2021, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1059&from=PL>

-
- [7] Projekt Umowy Partnerstwa dla realizacji Polityki Spójności 2021 – 2027 w Polsce, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej, Warszawa 2021, https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/105507/RM_2021_11_30_Umowa_Partnerstwa_na_lata_2021_2027_wersja_ostateczna.pdf
- [8] Umowa Partnerstwa 2021 – 2027, https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/97650/umowa_partnerstwa_broszura_wersja_dostepna.pdf;
- [9] Program Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021 – 2027 (projekt), Załącznik do uchwały nr 165/2021 Rady Ministrów z dnia 6 grudnia 2021, https://www.poir.gov.pl/media/105865/projekt_FENG_06122021.pdf
- [10] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje, zmieniające rozporządzenie (UE) 2019/2088) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0852>
- [11] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1060 z dnia 24 czerwca 2021 r. ustanawiające wspólne przepisy dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego Plus, Funduszu Spójności, Funduszu na rzecz Sprawiedliwej Transformacji i Europejskiego Funduszu Morskiego, Rybackiego i Akwakultury, a także przepisy finansowe na potrzeby tych funduszy oraz na potrzeby Funduszu Azylu, Migracji i Integracji, Funduszu Bezpieczeństwa Wewnętrznego i Instrumentu Wsparcia Finansowego na rzecz Zarządzania Granicami i Polityki Wizowej) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX:32021R1060>
- [12] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1058 z dnia 24 czerwca 2021 r. w sprawie Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności) <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32021R1058>.
- [13] Kryteria analizy zgodności z rynkiem wewnętrznym pomocy państwa na wspieranie realizacji ważnych projektów stanowiących przedmiot wspólnego europejskiego zainteresowania, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52014XC0620(01)&from=EN).
- [14] Projekt Programu Fundusze Europejskie na Infrastrukturę, Klimat, Środowisko 2021-2027, Załącznik do uchwały Rady Ministrów z dnia 4 stycznia 2022, https://www.pois.gov.pl/media/106216/Program_FENIKS_przyjety_przez_RM.pdf
- [15] Decyzja Rady Unii Europejskiej ustanawiająca program szczegółowy służący realizacji programu ramowego w zakresie badań naukowych i innowacji „Horyzont Europa” z dnia 15 kwietnia 2019 2018/0225(COD).
- [16] Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego: Czysta planeta dla wszystkich Europejska długoterminowa wizja strategiczna dobrze prosperującej, nowoczesnej, konkurencyjnej i neutralnej dla klimatu gospodarki, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0773&from=PL>
-

-
- [17] Horizon Europe Strategic Plan (2021 – 2024), European Commission, Luxembourg 2021, https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/research_and_innovation/funding/documents/ec_rtd_horizon-europe-strategic-plan-2021-24.pdf
- [18] Horizon Europe Work Programme 2021 – 2022, 8. Climate, Energy and Mobility, European Commission Decision C(2022)2975 of 10 May 2022, https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2021-2022/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2021-2022_en.pdf
- [19] European Innovation Council (EIC) Work Programme 2022, European Commission Decision C(2022) 701 of 7 February 2022.
- [20] European Innovation Council (EIC) Investment Guidelines (Horizon Europe Compartment), March 2022 European Commission, <https://eic.ec.europa.eu/system/files/2022-03/220301%20EIC%20Investment%20Guidelines%20-%20Horizon%20Europe%20March%202022%20FINAL.pdf> (02.06.2022).
- [21] EIT Climate KIC Strategic Agenda 2021 – 2027, European Institute of Innovation and Technology, 15.03.2021, <https://www.climate-kic.org/wp-content/uploads/2021/12/EIT-Climate-KIC-Strategic-Agenda-2021-2027-Final-Submission-150321.pdf>
- [22] Catalogue of EIT KICS Business Creation Programmes – 2021-2022, European Institute of Innovation&Technology, 01.03.2022, https://eit.europa.eu/sites/default/files/eit_kics_bc_programme_catalogue.pdf,
- [23] EIT InnoEnergy Strategic Agenda 2021-2027, European Institute of Innovation and Technology, 26.04.2021, <https://www.innoenergy.com/media/6400/eit-ie-strategic-agenda-2022-2024.pdf>.
- [24] Przewodnik po dokumentach programowych LIFE, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, 2019, file:///C:/Users/mdudzicz/Downloads/przewodnik_aktualizacja_201909.pdf
- [25] Burzyńska D., Hajdys D.: Determinanty i źródła finansowania ekoinnowacji w polskich przedsiębiorstwach, *Folia Oeconomica, Acta Universitatis Lodziensis*, Nr 1(352)/2021.
- [26] Ignarska M., *Odnawialne źródła energii w Polsce*, Poliarchia Nr1/2013.
- [27] Współfinansowanie Programu LIFE, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, <https://www.gov.pl/web/nfosigw/wspolfinansowanie-programu-life>

JAKUB SZYMICZEK

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska

7. Analiza techniczna i ekonomiczna wykorzystania ciepła geotermalnego w MZEC Oława

Wstęp

Jedynym stabilnym źródłem energii odnawialnej na Ziemi są zasoby wód geotermalnych. Źródłem ciepła geotermalnego jest rozpad pierwiastków promieniotwórczych w głębi Ziemi. Energii geotermalną pozyskuje się w formie ciepłych wód podziemnych lub gorących suchych skał.

Pierwszą ciepłownię geotermalną uruchomiono w 1850 roku we Włoszech w miejscowości Lardarello. Gorącą wodą ogrzewano pobliskie osiedla mieszkalne. Obecnie w tej miejscowości pracuje geoelektrownia o mocy elektrycznej ponad 400 MWe [1, 2].

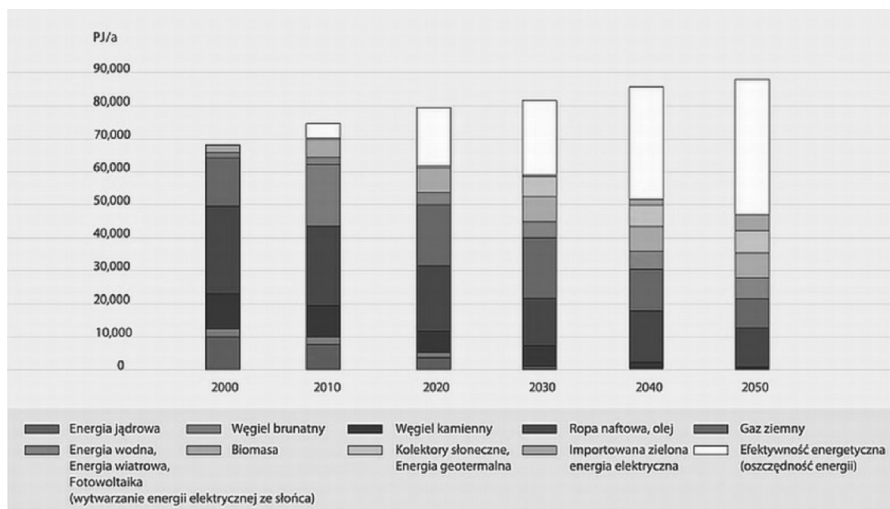
Nowo tworzona od końca XX wieku – po wielkich awariach energetycznych w USA i Europie – energetyka rozproszona, oparta jest głównie o lokalnie dostępne zasoby odnawialne. W połączeniu ze wzrostem efektywności wykorzystania energii, może ona dać, szczególnie dziś, pełne pokrycie rosnących potrzeb energetycznych ludzkości, mimo spadku zużycia pierwotnych nośników energii. Taka długoterminowa strategia rozwoju energetyki UE oraz prognoza na lata 2010-2050 została przedstawiona przez Eurostat dla Europy (Rys. 1).

Należy podkreślić, iż od kilku lat model ten jest rozwijany i coraz szerzej wdrażany w wielu krajach. Przykładem w Europie jest Norwegia

(100% energii z wody), Austria (60% energii z zasobów odnawialnych), Niemcy (całkowita likwidacja energetyki jądrowej do 2030 roku, 50% energii „zielonej” do 2030 roku), również w Polsce [3].

Strategia (Rys. 1) zakłada ciągłe odejście od paliw kopalnych na rzecz, przede wszystkim odnawialnych zasobów i źródeł energii oraz znaczące ograniczenie zużycia energii przez zwiększanie efektywności energetycznej w gospodarstwach domowych jak i w przemyśle. Warty zauważenia jest wzrost wytwarzania energii z dwóch źródeł – kolektorów słonecznych i energii geotermalnej. Są to źródła, które obecnie mają jedynie marginalne znaczenie w miksie energetycznym, jednak do roku 2050 mają one stanowić równorzędne źródło energii z biomasą, fotowoltaiką i energią wiatru.

Należy zauważyć, że energia elektryczna nie jest jedyną formą energii analizowaną w modelu dla Unii Europejskiej. Jest w nim również wzięta pod uwagę energia cieplna, jak i energia wymagana w transporcie.



Rys. 1. Strategia - Prognoza Rozwoju energetyki UE [3]

Lokalna ekoenergetyka rozproszona, jak na przykład wykorzystanie energii geotermalnej, ma szereg zalet: m.in. mniejsze jednorazowe nakłady finansowe, co jest istotne dla państw z dużym długiem zagranicznym. Wariantowość i różnorodność technologii energetycznych; możliwość stałego ich doskonalenia; tworzy nowe miejsca pracy poza miastami, koncentruje lokalny kapitał społeczny, więzi lokalne; uaktywnia lokalne grupy samorządowe i finansowe; obniża istotnie lokalnie i regionalnie poziom gazów cieplarnianych przez oszczędność energii i produkcję bez emisyjną; uniezależnia państwa od importu nośników energii i ryzykownych technologii jak energetyka jądrowa.

Energia geotermalna, będąca głównym tematem tego artykułu jest jednym z najczęściej omawianych odnawialnych źródeł energii. Jej największą zaletą w porównaniu z pozostałymi OZE jest stałość produkcji energii w czasie, nieosiągalna w przypadku energetyki wiatrowej czy słonecznej.

Na terenie Europy liczącej przeszło 10 mln km², znajduje się około 30 prowincji geotermalno-ropo-gazonośnych, na obszarze przeszło 5 mln km².

Na obszarze Polski przeszło 220 tys. km² pokryte jest basenami sedymentacyjnymi Prowincji Centralnoeuropejskiej, zawierającymi wody geotermalne w następujących zbiornikach (basenach): kambryjskim, dewońsko-karbońskim, dolnopermiski, cechsztyńskim, triasowym, jurajskim i kredowym [4,5]

W 1992 Zakład Geotermalny Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk kierowany przez prof. Juliana Sokołowskiego doprowadził ciepłą wodę termalną do pierwszych budynków we wsi Bańska Niżna, była to pierwsza instalacja tego typu w Europie Centralnej i Wschodniej; największa wówczas na świecie. [6]

We wszystkich wymienionych w tabeli 1 przykładach, ciepło geotermalne jest wykorzystywane do ogrzewania budynków i dostarczenia

cieplej wody użytkowej. Ten ekologiczny rodzaj ogrzewania ma zastąpić istniejące już źródła ciepła oparte na spalaniu lub być źródłem ciepła dla nowych systemów.

W roku 1995 oddano do użytku w Polsce pierwszą absorpcyjną ciepłownię geotermalną w Pyrzycach na potrzeby tego miasta i gminy, zrealizowaną przez firmę Geotermia Pyrzyce sp. z o.o. według projektu firmy Houe & Olsen z Danii (APCDM), [6].

Tab. 1 Aktualnie działające w Polsce Zakłady Geotermalne [7]

Miejscowość	Nazwa Zakładu	Rok uruchomienia	Chłodzenie / reinklekcja *	Zainstalowana moc geotermalna MWt	Moc całkowita zakładu MWt	Produkcja ciepła (GWh/rok)	Udział geotermii w całkowitej produkcji
Podhale Region	PEC Geotermia Podhalańska SA	1993	T/T	38.8	77.9	141.5	89%
Mszczonów	Geotermia Mazowiecka SA	2000	N/N	3.7	8.3	4.6	38%
Poddębice	Geotermia Poddębice Sp. z o.o.	2014	N/N	10	10	17.6	96.5%
Uniejów	Geotermia Uniejów Sp. z o.o.	2006	N/T	3.2	7.4	3.30	60%
Pyrzyce	Geotermia Pyrzyce Sp. z o.o.	1994	N/T	6	22	19.5	63%
Stargard	Geotermia Stargard Sp. z o.o.	2012 (ponowne otwarcie)	N/T	12.6	12.6	63.9	100%

Suma	74.6	138.2	250.4	
------	------	-------	-------	--

Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie modernizacji systemu grzewczego dla miasta Oława, z wykorzystaniem energii wód geotermalnych. Energia wód geotermalnych w mieście została oceniona i przeanalizowana we wcześniejszych pracach [8, 9]. Ze względu na niską temperaturę wód termalnych, konieczne jest jej zwiększenie przez przedstawiony w artykule system sprężarkowy lub absorpcyjny. Pozwoli to na prawie całkowite wyeliminowanie spalania węgla w ciepłowni [8].

Oprócz przedstawienia wariantów, została wykonana analiza porównawcza możliwych technologii energetycznych (BAT) dla MZEC Oława z podaniem kosztów wytwarzania ciepła (zł/GJ) obliczonych na podstawie historycznej, rocznej produkcji ciepła i cen paliw oraz kosztów emisji opartych na rynkowych cenach zakupu paliw (stan na maj 2022). Została również przeprowadzona analiza LCoH dla całej planowanej inwestycji z uwzględnieniem kosztów inwestycyjnych dla odpowiednich technologii.

Analizowane były następujące warianty:

1. Wariant W-0 Stan aktualny, kotły węglowe i warunki produkcji na stan roku 2020.
2. Wariant W-1 koszt wytwarzania dla rynkowych kosztów paliwa i emisji, stan na maj 2022.
3. Wariant W-2 budowa infrastruktury i produkcja ciepła z kotłów gazowych.
4. Wariant W-3 wykorzystanie ciepła geotermalnego wspomaganego absorpcyjną pompą ciepła zasilaną gazem ziemnym.
5. Wariant W-4 wykorzystanie ciepła geotermalnego wspomaganego sprężarkową pompą ciepła.

-
6. Wariant W-5 wykorzystanie ciepła geotermalnego wspomaganego sprężarkową pompą ciepła z założeniem finansowania zewnętrznego projektu na poziomie 64%.

Dane miasta Oława

Miasto Oława jest położone w województwie Dolnośląskim, w aglomeracji wrocławskiej. Jest siedzibą powiatu Oławskiego oraz gminy wiejskiej Oława.

Miasto leży nad rzekami: Oławą (potocznie zwaną Oławką) i Odram, 27 km na południowy wschód od Wrocławia. Według danych z 2020 roku liczyła 33 108 mieszkańców i powierzchnię 27,36 km² [10].

Pod względem geograficznym Oława położona jest w większej części w Pradolinie Wrocławskiej, jedynie południowo-zachodni fragment sięga Równiny Wrocławskiej.

Pod względem administracyjnym miasto położone jest w północno-wschodniej części Województwa Dolnośląskiego, w środkowej części powiatu Oławskiego. Graniczy z gminą Oława oraz z gminą Jelcz-Laskowice.

Opis istniejącego systemu grzewczego dla miasta Oława

Produkcję ciepła dla potrzeb miejskiej sieci ciepłowniczej w Oławie, zapewnia Miejski Zakład Energetyki Ciepłej (MZEC) Oława.

Obecnie Zakład jest zasilany trzema kotłami węglowymi typu WR o mocy: 11,63 MWt, 11,63 MWt oraz 4,5 MWt. Łączna moc ciepłowni wynosi: 27,76 MWt.

Parametry technologiczne ciepłowni w roku 2020 kształtowały się następująco:

- roczne zapotrzebowanie na paliwo (miał węglowy): 9 564 ton,
- roczna sprzedaż ciepła: 176 631 GJ,
- moc zamówiona przez odbiorców ciepła: 25,8 MWt,
- moc maksymalna zarejestrowana w sezonie grzewczym: 17,6 MWt.

-
- koszt jednostkowy netto, wytwarzania ciepła w roku 2020 (według danych udostępnionych przez MZEC Oława 03.2021, stan aktualny, Wariant W-0) wynoszą:
 - koszt – wytwarzanie (W-0): 60,13 zł/GJ,
 - koszt - przesył: 17,21 zł/GJ,
 - koszt – Suma netto: 77,34 zł/GJ.

Aktualnie działający system ciepłowniczy jest oparty na spalaniu węgla, w związku z koniecznością spełnienia wymagań programów Unii Europejskiej – Fit for 55 [11-13] oraz wymagań krajowych – Polityka Energetyczna Państwa 2040 [14, 15] konieczne jest wprowadzenie odnawialnych źródeł energii w produkcji ciepła.

Charakterystyka i założenia „Ciepłowni Geotermalnej – Oława”

Planowana modernizacja zakładu energetyki ciepłej zakłada wykorzystanie ciepła wód geotermalnych znajdujących się pod miastem Oława, z wykorzystaniem pomp ciepła. W tym celu projekt zakłada użycie najnowszej generacji sprężarkowych pomp ciepła dużej mocy (SPCDM) - w celu osiągnięcia wymaganej temperatury zasilania sieci ciepłowniczej MZEC, przy najwyższej efektywności energetycznej projektu [8, 16, 17].

Główne założenia projektowe:

- projekt ma uwzględniać współczesne tendencje rozwojowe energetyki geotermalnej w świecie, w zakresie technologii, techniki i ekologii,
- rozwiązanie ma zapewnić minimalizację kosztów inwestycji i eksploatacji systemu grzewczego ciepłowni geotermalnej,
- woda geotermalna w obiegu zamkniętym. Ciepło wód termalnych będzie eksploatowane w dublecie – przy użyciu dwóch otworów geotermalnych. Pozwoli to na zapewnienie odnowienia wydajności poziomu wodonośnego,
- projekt ma być maksymalnie czysty ekologicznie (minimalizacja spalania w procesie technologicznym dogrzewania szczytowego),

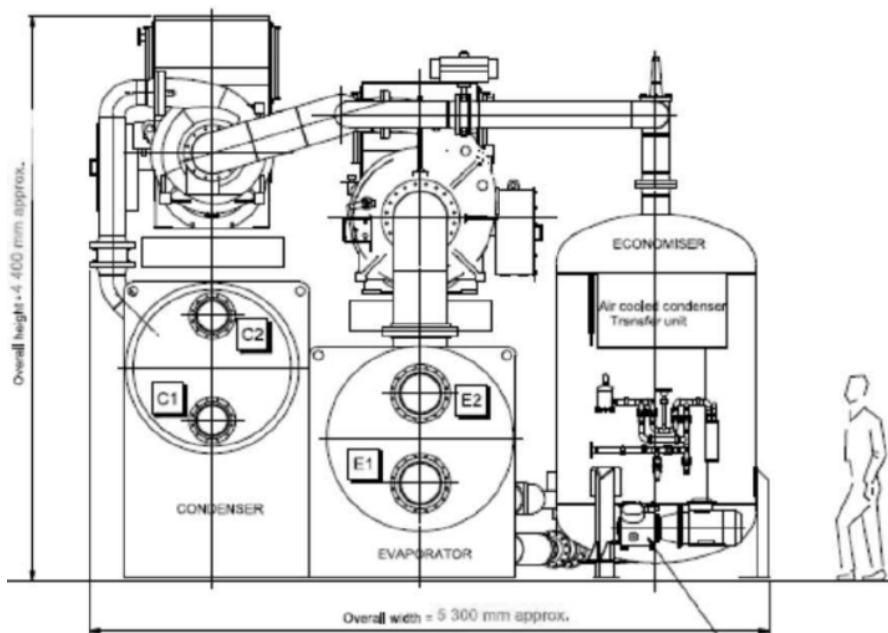
-
- koszt jednostkowy uzyskanego ciepła geotermalnego ma być niższy od kosztów aktualnych oraz kosztów alternatywnych rozwiązań (kotły gazowe, absorpcyjna pompa ciepła),
 - zostanie wykorzystana technologia spełniająca standard najlepszej dostępnej technologii BAT (Best Available Technology),

W ramach realizowanego odwiertu pobór ciepła z wody geotermalnej w projektowanym otworze Oława GT-1 będzie wykonany zgodnie z Projektem Robót Geologicznych [17], który został pozytywnie zaopiniowany przez Marszałka Województwa Dolnośląskiego oraz Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w kwestii dofinansowania wykonania pierwszego odwiertu geotermalnego.

Parametry odwiertu:

- głębokość otworu: 1 130 m p.p.t.,
- temperatura wody termalnej na wypływie 31°C,
- wydajność odwiertu: 60 m³/h w warunkach normalnych (grawitacja), 500 m³/h po zabiegach intensyfikacji (kwasowanie, szczelinowanie) [17,18],
- możliwe schłodzenie wody termalnej z 31°C do 10°C ($\Delta T = 21^\circ\text{C}$),
- mineralizacja wody termalnej: maksymalnie 30 g/dm³.

Podstawowe źródło ciepła dla ciepłowni Oława będzie stanowić dublet geotermalny wyposażony w dwie sprężarkowe pompy ciepła dużej mocy (SPCDM), pracujące równolegle, o sumarycznej mocy 12,2 MWt [20]. System pomp ciepła pozwoli na podgrzew wody w miejskiej sieci ciepłej przy jej maksymalnym przepływie bez załączenia kotła WR-10 do temperatury zewnętrznej ok -2°C [21-23]. W przypadku osiągnięcia niższej temperatury i zwiększonego zapotrzebowania na ciepło w sieci uruchomione zostanie szczytowe źródło ciepła - istniejący system dopuszczonych do eksploatacji kotłów węglowych.



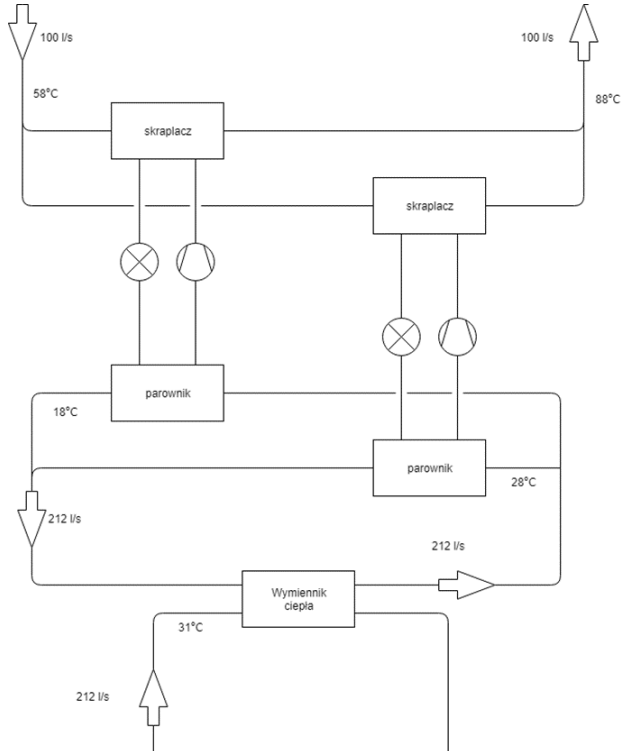
Rys. 2. Widok sprężarkowej pompy ciepła dużej mocy (SPCDM) wybranej do Projektu [20]

W okresie niskich wydajności sieci ciepłej, przy warunkach obniżonych wymagań temperaturowych, możliwa jest praca z wykorzystaniem tylko jednej pompy ciepła. Pozwala to na pracę jednego urządzenia w okresach remontowych i wymaganych serwisów.

Parametry pojedynczej pompy ciepła [8, 20]:

- Moc cieplna: 6 122 kW,
- Zapotrzebowanie na moc elektryczną: 1 839 kW,
- Współczynnik COP: min 3,33 – 4,05. W zależności od obciążenia urządzenia

- Temperatura przed/za parownikiem: 28/18 °C,
- Temperatura przed/za skraplaczem: 88/58 °C,
- Ośrodek chłodniczy: R1234ze.



Rys. 3. Schemat układu grzewczego, dwóch równoległych sprężarkowych pomp ciepła [20]

Wskaźniki techniczno-ekonomiczne proponowanego Projektu:

- Podstawowa moc grzewcza zapewniona przez system dwóch sprężarkowych pomp ciepła dużej mocy (Rys. 2, 3): 12,2 MWt.
- Szczytowe źródło ciepła: istniejący system kotłów o mocy 20,0 MWt;

- Dolne źródło ciepła – dublet odwiertów geotermalnych, wydajność: 60 m³/h w warunkach normalnych (grawitacja); 500 m³/h po zabiegach intensyfikacji [18, 19].
- Układ technologiczny zgodny z patentem PL229331 z roku 2018 – „Układ skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, zasilany z odnawialnych źródeł energii (OZE)”[24, 25].

Analiza ekonomiczna

Dla oceny zasadności zastosowania przedstawionego w rozdziale 5. rozwiązania, zostały przeprowadzone dwa rodzaje analiz ekonomicznych.

Pierwsza to obliczenia kosztów wytwarzania ciepła oceniające jedynie ten parametr, bez uwzględnienia kosztu inwestycji. Ma na celu pokazanie jedynie różnic pomiędzy kosztami wytwarzania w zależności od sposobu produkcji ciepła. Została wykonana przy założeniu produkcji ciepła z analizowanych alternatywnych źródeł.

Druga to analiza kosztów LCoH (Levelized Cost of Heat, uśredniony koszt ciepła). Została ona wykonana według wzoru powszechnie stosowanego [26]:

$$LCoH = \frac{INV - SUB + \sum_t MAI \times (1+R)^{-t}}{\sum_t HEAT \times (1+R)^{-t}} \quad (1)$$

Powyższy wzór (1) zastosowano do obliczenia LCoH dla 6 wariantów zasilania ciepłowni. Pozwala on na analizę biorącą pod uwagę koszty inwestycji w analizowanych technologiach. Ma to duże znaczenie przy wykorzystaniu zasobów geotermalnych, ze względu na wysoki koszt inwestycji.

Metoda LCoH pozwala również na uwzględnienie dodatkowych współczynników przy analizie projektu przez okres kilkudziesięciu lat. Pierwszym z nich jest R – stopa dyskonta, jest to współczynnik który ma za zadanie zmniejszyć znaczenie kosztów i zysków osiągniętych w przyszłości

względem tych ponoszonych aktualnie. W przypadku analizowanego projektu został on założony na poziomie 2%.

Drugim z analizowanych współczynników jest roczny wzrost cen paliw. W przypadku wykonanych obliczeń wynosił on 2%. Należy jednak zauważyć, że działa on w formie procenta składanego, co powoduje wzrost ceny na przestrzeni 30 lat analizy życia ciepłowni wynosi 80%.

Wyniki ekonomiczne

Wyniki analizy ekonomicznej zostały podzielone pomiędzy koszt wytwarzania ciepła oraz analizę LCoH.

Analiza została wykonana dla wszystkich założonych wariantów (Tab.2.), jej wyniki zostały zaprezentowane na wykresach (Rys. 4 i 5).

Tab. 2. Koszt wytwarzania ciepła dla analizowanych wariantów

Analizowane warianty:	Opis wariantów:	Koszt wytwarzania ciepła: [zł/GJ netto]
W-0	Stan aktualny – miał węglowy (na koniec 2020 r.)	60,13
W-1	Koszt wytwarzania GJ z węgla wg kosztów rynkowych (cena paliwa i koszt emisji CO ₂)	86,14
W-2	Koszt wytwarzania GJ z ciepłowni gazowej	150,40
W-3	Koszt wytwarzania GJ z geotermalnej APC z wykorzystaniem gazu ziemnego	101,68

W-4	Koszt wytwarzania GJ z geotermalnej SPC	88,29
W-5	Koszt wytwarzania GJ z geotermalnej SPC z dotacją 64% (warunki NFOŚiGW)	88,29

Tabelaryczne przedstawienie wariantów (Tab. 2.), zostało uzupełnione o obliczony koszt wytwarzania ciepła dla każdego z nich. Wykonano obliczenia LCoH dla trzech horyzontów czasowych: 10, 20 i 30 lat. Dane dotyczące kosztów inwestycji geotermalnej zostały określone na podstawie ofert (wierceń, wyposażenia, montażu ciepłowni geotermalnej) – wykorzystanych i szeroko opisanych w poprzedniej publikacji [8].

Dane wykorzystane do obliczeń przedstawione dla każdego z wariantów:

Wariant W-0

Jest to wariant opisujący aktualne ceny w ciepłowni Oława. Dane dla tego wariantu zostały udostępnione przez MZEC Oława i wynikają z obliczeń taryfy ciepła na rok 2020. Wariant ten jest przedstawiony jako punkt odniesienia dla pozostałych wariantów. W przypadku analizy LCoH (Tab. 3) koszt wytwarzania jest rosnący wraz z horyzontem czasowym, wynika to z założenia wzrastających cen paliw na poziomie 2%, który został przyjęty dla wszystkich wariantów. Powoduje to znaczne zmiany w obliczonym koszcie. W horyzoncie 30 letnim sumaryczny wzrost kosztów paliwa wynosi przeszło 80%. Skutkiem tego jest rozwiązania pozwalające na poprawę efektywności energetycznej są dodatkowo wzmacniane i uzyskują lepsze wyniki.

Wariant W-1

Drugi z analizowanych wariantów zakłada wykorzystanie istniejącej ciepłowni, z założeniem produkcji i zakupu paliwa oraz kosztów emisji CO₂ zgodny z cenami rynkowymi. [27 - 28]. Wskaźniki emisyjności wszystkich

paliw zostały ocenione zgodnie z zaleceniami KOBiZE [29] Wariant ten zostaje przedstawiony by porównać rzeczywiste, aktualne koszty istniejącego systemu produkcji ciepła. Rzeczywisty koszt ciepłowni jest niższy od kosztów rynkowych, wynika to z „bezwładności” zmiany kosztów. Ciepłownia korzysta z nadmiaru zakupionych praw do emisji, które zostały wykupione w bardzo korzystnej cenie, również paliwo wykorzystywane do produkcji ciepła, było zakupione w cenie niedostępnej aktualnie na rynku. Powoduje to znaczny, oczekiwany wzrost kosztów produkcji ciepła w najbliższym okresie, jest również podstawą dla rzetelnego porównania opłacalności wariantów produkcji ciepła. W przypadku analizy LCoH, koszt jest również zwiększony o założenie wzrastających cen paliwa.

Wariant W-2

Jest to pierwszy z analizowanych wariantów zakładający wprowadzenie alternatywnego źródła ciepła. W tym przypadku istniejąca kotłownia węglowa zostaje zastąpiona kotłem gazowym, zasilanym gazem ziemnym. Produkcja ciepła w tym wariantcie odbywa się w 100% poprzez spalanie gazu.

W przypadku analizy samego kosztu wytwarzania ciepła, wariant ten odznacza się najwyższą wartością. Wynika to przede wszystkim z bardzo wysokiej, aktualnej ceny gazu. Wartość kosztu zakupu gazu przyjęta do analizy została zaczerpnięta z aktualnych informacji PGNiG [30]. Koszt inwestycji został oszacowany na podstawie oferty i wynosi 20 300 tys. zł [20].

Mimo stosunkowo niskiego kosztu, w porównaniu z inwestycją geotermalną, w przypadku LCoH wariant ten nadal pozostaje najdroższym. Założenie wzrastających cen powoduje, iż wariant ten, wraz z wydłużeniem horyzontu czasowego, staje się coraz droższy.

Wariant W-3

Kolejny z wariantów jest pierwszym, który zakłada wykorzystanie energii geotermalnej, zgodnie założeniami dotyczącymi odwiertu

przedstawionymi w rozdziale oraz poprzednim opracowaniu [8] Podstawową różnicą w tym przypadku, jest wykorzystanie absorpcyjnej pompy ciepła, urządzenia umożliwiającego zwiększenie temperatury ciepła pozyskiwanego z geotermii. W przypadku urządzenia absorpcyjnego źródłem energii, pozwalającym na transport ciepła w sposób pozornie łamiący drugą zasadę termodynamiki jest spalanie gazu.

W tym przypadku, koszt wytwarzania ciepła wynosi 101,68 zł/GJ. Ta cena wynika z wysokiej ceny gazu oraz niższego, niż w przypadku urządzeń sprężarkowych, współczynnika efektywności COP.

Ze względu na technologie działania urządzenia, współczynnik efektywności jest niższy niż w rozwiązaniach sprężarkowych. W tym przypadku został on oceniony na podstawie symulacji obiegu termodynamicznego przy wykorzystaniu oprogramowania Epsilon. Dla urządzenia absorpcyjnego została dokonana analogiczna analiza jak w przypadku poprzedniej publikacji [8]. Pozwoliło to na uzyskanie spodziewanego współczynnika COP i ocenę ekonomiczną wariantu.

Całkowity koszt inwestycji składa się głównie z dwóch elementów:

Kosztu wykonania instalacji geotermalnej, która została oceniona na podstawie kosztorysu [20] i wynosi: 20 200 tys. zł.

Koszt zakupu oraz instalacji systemu pomp ciepła został oszacowany na podstawie danych ofertowych [20] i wynosi 20 000 tys. zł.

W przypadku obliczeń LCoH, ponownie wariant ten okazał się droższy w porównaniu z wariantem sprężarkowej pompy ciepła i kosztów rynkowych. Wysoka cena paliwa gazowego jest głównym powodem takiego wyniku.

Wariant W-4

Jest to modernizacja ciepłowni, zgodna z założeniami projektowymi przedstawionymi w rozdziale 4. oraz w opracowaniu. Główną różnicą w porównaniu z poprzednią analizą jest wprowadzenie uaktualnionych cen energii elektrycznej. Aktualnie, opublikowana średnia kwartalna cena energii

elektrycznej wynosi 466,60 zł/MWh [34]. Dobowa średnia cena energii elektrycznej wynosi 473,96 zł/MWh [35]. Ceny inwestycji w sprężarkowy system zostały oszacowane na podstawie kosztorysu projektu [20] i wynoszą 16 800 tys. zł.

W przypadku kosztów wytwarzania wariant ten jest identyczny z wariantem W-5. Wynika to z braku uwzględnienia kosztów inwestycji, będących różnicą pomiędzy wariantami.

Współczynnik efektywności energetycznej sprężarkowej pomp ciepła został obliczony na podstawie symulacji i rzeczywistego, historycznego zapotrzebowania na ciepło.

Oba warianty: W-3 i W-4 zakładają pracę systemu sprężarkowych pomp ciepła do maksymalnej mocy 12,2 MWt. W przypadku przekroczenia tej wartości, szczytowym źródłem ciepła jest istniejąca, węglowa ciepłownia. W analizowanym przypadku produkcja szczytowa z ciepłowni węglowej, stanowi jedynie 6% całkowitej rocznej produkcji ciepła i została uwzględniona w obliczeniach dla obu wariantów.

Wariant W-5

Ostatni z przedstawionych wariantów zakłada zastosowanie systemu identycznego jak w poprzednim W-4. Różnicą jest wprowadzenie dodatkowego dofinansowania kosztów inwestycji projektu. Poziom dofinansowania wynosi 64% i wynika on z złożenia oferty dwóch programów realizowanych przez NFOŚiGW. Są to programy: „Udostępnianie wód termalnych w Polsce” oraz „Ciepłownictwo powiatowe” [32, 33]. Pozwalają one na uzyskanie dofinansowania na każdym etapie realizacji projektu.

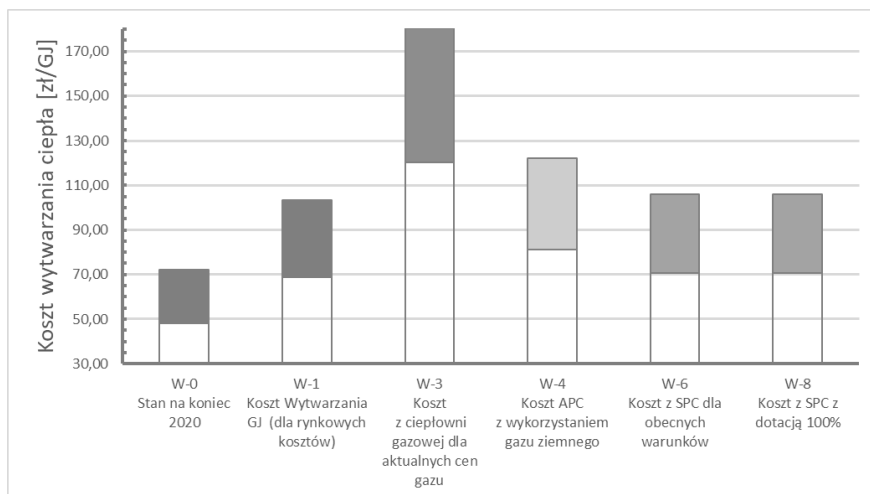
Wyniki LCoH dla tego wariantu są obniżone ze względu na udział dofinansowania. Należy jednak zauważyć, iż są one zbliżone do wyników uzyskanych w przypadku analizy wariantu W-5. Powodem tego ponownie jest zwiększający się wraz z horyzontem czasowym koszt paliwa, założony na poziomie 2%.

Wyniki przedstawione w tabelach 2 i 3 oraz pokazane graficznie na wykresach 4, 5 pozwalają na wyciągnięcie wniosków dotyczących analizy

ekonomicznej proponowanych przedsięwzięć. Koszty wytwarzania (Rys. 4) zostały zaznaczone z 20% przedziałem ufności, który został wprowadzony ze względu na zmienność cen paliw oraz możliwe różnice wynikające z negocjacji inwestora z dostawcą. Najwyższą wartość osiągają dla wariantu W-3, zakładającego wykorzystanie kotłów gazowych, przyczyną tego stanu rzeczy jest wysoki koszt paliwa – gazu ziemnego, dodatkowo koszt jest zwiększony przez wysokie ceny emisji CO₂. Ma to zwiększone znaczenie w przypadku wariantu W-1, gdzie koszt wytwarzania ciepła zwiększa się o prawie 50%. W przypadku wysokiej emisyjności węgla, różnica ta jest tym bardziej widoczna. W przypadku wariantów wykorzystania ciepła geotermalnego, wartości są porównywalne z kosztami wytwarzania w obecnych realiach. Należy jednak podkreślić, że w przypadku tej analizy koszty inwestycji nie są brane pod uwagę, analizowany jest jedynie bieżący koszt wytwarzania.

Tab. 3. wyniki analizy LCoH dla analizowanych wariantów.

Horyzont czasowy	Aktualny koszt – koniec 2020 (W0)	Koszty rynkowe (W1)	Ciepłownia gazowa (W2)	Geotermia z APC (W3)	Geotermia z SPC (W5)	Geotermia z SPC z dotacją 64% (W5)
[lata]	[PLN/GJ]					
10	66,52	95,29	167,64	124,03	94,86	79,53
20	73,83	105,76	185,47	131,73	93,82	84,03
30	82,20	117,76	206,28	144,36	100,00	91,91



Rys. 4. Wyniki obliczonych kosztów wytwarzania ciepła dla analizowanych wariantów.

Źródło: opracowanie własne

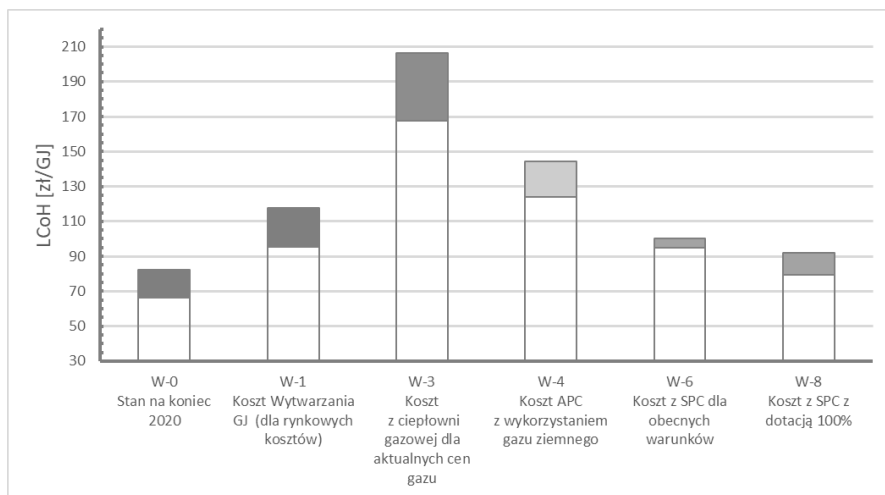
W przypadku zastosowania wspomaganą absorpcyjną pompą ciepła koszt wynika z konieczności zasilenia pompy w paliwo gazowe. Zdecydowanym minusem takiego rozwiązania jest wykorzystanie spalania paliwa gazowego, co powoduje, że znaczna część energii powstaje ze źródeł nieodnawialnych.

Zastosowanie sprężarkowej pompy ciepła zdecydowanie zmniejsza zużycie energii nieodnawialnej. Wynika to z znacznie większej efektywności energetycznej urządzenia. Dodatkowym atutem jest stopniowy wzrost wykorzystanie OZE wraz z postępującym czasem. Ze względu na wykorzystanie energii elektrycznej, która będzie w coraz większym stopniu pozyskiwana ze źródeł odnawialnych, stopień wykorzystania OZE w systemie ciepłowniczym opartym na takim rozwiązaniu również ulegnie zwiększeniu.

W wariantcie wykorzystującym dofinansowanie inwestycji, koszt wytwarzania jest równy z wariantem niewykorzystującym finansowania.

Wynika to z braku uwzględnienia kosztów inwestycji w obliczeniach. Koszt ten jest wzięty pod uwagę w obliczeniach LCoH.

Analiza LCoH (Tab. 3, Rys. 5), przedstawia wyniki odmienne od wyników kosztu wytwarzania. Uzyskane wartości zostały obliczone dla trzech wariantów horyzontu czasowego projektu: 10, 20 i 30 lat. Biorąc pod uwagę spodziewany okres życia urządzeń planowanych w projekcie horyzonty te są możliwe do osiągnięcia.



Rys. 5. Wyniki obliczonego LCoH dla analizowanych wariantów

Źródło: opracowanie własne

W przypadku analizy LCoH przedziały zostały zaznaczone jako zakres pomiędzy analizowanymi horyzontami czasowymi. Minimalna wartość jest wartością dla najmniejszego horyzontu czasowego, analogicznie wartość maksymalna została wyznaczona dla największego horyzontu czasowego.

Podobnie jak w poprzedniej analizie, najwyższy koszt wytwarzania energii został oceniony dla ciepłowni gazowej. Należy zauważyć że różnica pomiędzy wariantem 3-cim a pozostałymi jest większa niż w przypadku

analizy samego kosztu wytwarzania. Mimo niższego kosztu inwestycji w przypadku tego wariantu, założenie rosnących kosztów energii powoduje że jest to wariant zdecydowanie droższy. W przypadku obliczeń LCoH można zauważyć większą różnicę w przypadku kosztów wariantów geotermalnych.

Zastosowanie systemu absorpcyjnego daje większą różnicę kosztów względem sprężarki. Po raz kolejny wynika to z wyższej ceny paliwa i porównywalnych kosztów inwestycji.

W przypadku wariantu sprężarkowego zauważalna jest nieduża różnica w wynikach dla różnych horyzontach czasowych. Jest to spowodowane obniżeniem wpływu zwiększenia kosztów w krótkich horyzontach czasowych, przez wzrost cen paliw postępujący z czasem w modelu. Wariant z dofinansowaniem pozwala na dodatkowe obniżenie kosztów, a nawet na zbliżenie się do wariantu zerowego – kosztów produkcji energii z roku 2020, będącego odniesieniem do analizy.

Podsumowanie

Analiza porównawcza przedstawionych rozwiązań techniczno-technologicznych pięciu wariantów, w tym sprężarkowych i absorpcyjnych pomp ciepła dużej mocy, ich czystości ekologicznej, kosztów uzyskania jednostkowego ciepła oraz kosztów inwestycyjnych - zdecydowanie przemawia na korzyść proponowanych rozwiązań geotermalnych wg wariantów 3 i 4 w szczególności z zastosowaniem SPCDM.

Proponowany, przyjęty do wdrożenia w Oławie jest wariant nr 4, wraz z możliwością uzyskania dofinansowania jak w wariantcie 5. Pozwala on na ponad 20% obniżenie kosztów produkcji ciepła (Tab. 3) i wprowadzenie znacznego wykorzystania odnawialnych źródeł energii w zakładzie energetyki cieplej w Oławie, efektywnym energetycznie po wprowadzeniu modernizacji przewidzianej w projekcie.

Literatura

- [1] Di Pippo R., *Geothermal Power Plants – Principles, Applications, case Studies and Environmental Impact* (4th Edition), Elsevier, 2016, ISBN 978-0-08-100879-9.
- [2] Zimny J., Struś. M., Lech P., Bielik S., 2014. Wytwarzanie energii elektrycznej z zasobów geotermicznych Polski. Akademia Górniczo-Hutnicza – Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Politechnika Wrocławska – Wydział Mechaniczno-Energetyczny; Szkoła Ochrony i Inżynierii Środowiska AGH; Polska Geotermalna Asocjacja, 2014. s. 232. ISBN 978-83-63318-03-1.
- [3] Zimny J., Struś. M., Lech P., Bielik S., 2010. Odnawialne źródła energii w budownictwie niskoenergetycznym. Akademia Górniczo-Hutnicza – Polska Geotermalna Asocjacja; Szkoła Ochrony i Inżynierii Środowiska AGH; 2010. s. 368. ISBN 978-83-7490-378-3.
- [4] Sokołowski J. i inni, 1995 „Prowincje i baseny geotermalne Polski”, Polska Akademia Nauk, Centrum Podstawowych Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Kraków;
- [5] Zimny J., 1996: „Propozycje systemu grzewczego miasta Mszczonów z wykorzystaniem energii wód geotermalnych i pomp ciepła”. Seminarium Naukowe n.t. „Plany realizacji geotermalnych w województwie skierniewickim”. Materiały Konferencji” Sympozja i Konferencje, Nr 22, Kraków, Centrum Podstaw. Problemów Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, PAN, Kraków.;
- [6] Kępińska B., 2019. Geothermal Energy Use – Country Update for Poland, 2016-2018, European Geothermal Congress 2019, Proceedings, Den Haag;
- [7] Zimny J., i inni. 2021. Propozycja wykorzystania energii geotermalnej na dolnym śląsku – modernizacja systemu ciepłowniczego Miasta Oława. Rynek Energii. Tom 155 (4/2021), str. 39-51.
- [8] Zimny J., i inni. 2021. Możliwości wykorzystania energii geotermalnej w Wielkopolsce – modernizacja systemu ciepłowniczego Nowego Tomyśla. Rynek Energii. Tom 152 (1/2021), str. 26-37.
- [9] Urząd Statystyczny we Wrocławiu. 2020. Statystyczne Vademecum Samorządowca - Oława. [Online] 2020. <https://stat.gov.pl/>. [dostęp: 27-05-2022].
- [10] Komisja Europejska. 2018. A Clean Planet for all - A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. s.l. : Communication from the Commission, 2018. COM (2018) 773 final.
- [11] Komisja Europejska. 2019. Europejski Zielony Ład. Komunikat Komisji Europejskiej, 2019. COM(2019) 640 final.
- [12] Komisja Europejska. 2021. Revision of the Renewable Energy Directive: Fit for 55 package, 2021, COM(2021) 557.

-
- [13] Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 2 marca 2021 r. w sprawie polityki energetycznej państwa do 2040 r., Monitor Polski 2021 r. poz. 264;
- [14] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 16 kwietnia 2021, poz 722. Na podstawie art. 77 ust. 3 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r.
- [15] Zimny J., Krawczyk J., i inni. Ocena zasobów energetycznych wód geotermalnych wraz z możliwością ich energetycznego w gminie Oława, miasto Oława (...) [niepublikowane, zastrzeżone]. Kraków: Polska Geotermalna Asocjacja. 2018. s. 311.
- [16] Zimny, J. Krawczyk, J, i inni. Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu badawczo-eksploatacyjnego Oława GT-1 dla ujęcia wód geotermalnych w Oławie dla celów energetycznych [niepublikowane, zastrzeżone]. Kraków: Polska Geotermalna Asocjacja. 2018. s. 80. (Zatwierdzony przez Dolnośląski Urząd Marszałkowski, 2018, Koncesja)
- [17] Kasza P. 2007. Rozwój metod stymulacji złóż węglowodorów. Wiertnictwo, Nafta, Gaz. 2007, Tom 24 (2), str. 779-790.
- [18] Knez D., Śliwa T., 2011. Technologiczne aspekty szczelinowania złóż gazu łupkowego. Wiertnictwo, Nafta, Gaz. 2011, Tom 28 (4), str. 705-709.
- [19] Zimny, J. i inni, 2019 Innowacyjny projekt ekoenergetyczny: „Samowystarczalna energetycznie Ciepłownia Geotermalna – Oława 12,2 MWt” Analiza prawna, techniczna, ekonomiczna i finansowa przedsięwzięcia; do realizacji w latach 2020 – 2023; ze środków UE i krajowych / Wstępny biznesplan – studium wykonalności /na zlecenie Miejskiego Zakładu Energetyki Ciepłej Oława Sp. z O.O. [nie publikowane]
- [20] Szczotka K., i inni, 2021. Badania parametrów termodynamicznych sprężarkowej powietrznej pompy ciepła w celu poprawy efektywności energetycznej. Rynek Energii. Tom 153 (2/2021), str. 54-64
- [21] Szyciczek J. 2020. Air Density Measuring Device - Innovative Design, Calibration and Exemplary Results. Instrumentation Measure Métrologie. Tom 19, Nr 6, 2020, str. 413-419.
- [22] Zimny J., Michalak P., Szczotka K., 2015. Polish heat pump market between 2000 and 2013: European background, current state and development prospects. Elsevier, Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015, Tom 48, str. 791-812.
- [23] Zimny J., Kalukiewicz A., Struś M., Bielik S.; Patent PL229331 „Układ skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i podgrzewania wody, zasilany z odnawialnych źródeł energii”; udzielony 08.02.2016 ogłoszony BUP 17/2017
- [24] Zimny J., Patent PL186747 „Układ podgrzewania wody w instalacji centralnego ogrzewania z wykorzystaniem energii wód geotermalnych”; udzielony 27.02.2004 WUP 02/04
- [25] ICAP Allowance Price Explorer, European Union Emissions Trading System (EU ETS) <https://icapcarbonaction.com/en/ets-prices> [dostęp: 27-05-2022].
- [26] KOBiZE, 2021. Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO2 (WE) w roku 202 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2022.

-
- Warszawa [Online] <https://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/28/wskazniki-emisyjnosci> [dostęp: 27.05.2022].
- [27] Cennik Standardowy w zakresie dostarczania paliwa gazowego – PGNiG <https://pgnig.pl/duze-firmy-i-hurt/strefa-klienta/cennik> [dostęp: 27.05.2022].
- [28] NFOŚiGW, Program: Udostępnianie wód termalnych w Polsce, <https://www.gov.pl/web/nfosigw/udostepnianie-wod-termalnych-w-polsce> [dostęp: 27.05.2022].
- [29] NFOŚiGW, Program: Udostępnianie wód termalnych w Polsce, <https://www.gov.pl/web/nfosigw/udostepnianie-wod-termalnych-w-polsce> [dostęp: 27.05.2022].
- [30] Urząd Regulacji Energetyki, średnia kwartalna cena energii elektrycznej..., <https://www.ure.gov.pl/pl/energia-elektryczna/ceny-wskazniki/7851>, [dostęp: 27.05.2022]
- [31] Polskie Sieci Energetyczne, Rynkowa cena energii elektrycznej (RCE), <https://www.pse.pl/dane-systemowe/funkcjonowanie-rb/>, [dostęp: 27.05.2022]

KRZYSZTOF SZCZOTKA

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki

Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska

8. Wpływ parametrów termodynamicznych na efektywność energetyczną sprężarkowej powietrznej pompy ciepła

Wstęp

Obecnie by sprostać wymaganiom ludzkości całego świata, której przybywa w tempie ok 76 mln rocznie, większość energii pozyskuje się z paliw pochodzenia organicznego. Złoża te są ograniczone i szybko się wyczerpują [4,11,22].

Obecnie najwięcej energii produkowanej w Polsce pochodzi z paliw konwencjonalnych jak węgiel kamienny, brunatny, gaz ziemny czy ropa naftowa. Zasoby węgla są znaczne, lecz 85% pokładów zlokalizowanych jest tak głęboko, że ich wydobywanie jest nieopłacalne i niebezpieczne. Odnawialne źródła energii stanowią ważny element zrównoważonego rozwoju, przynoszącym wymierne efekty ekonomiczno-ekologiczne [22,23].

Odchodzenie od paliw kopalnych na rzecz OZE, stało się już globalnym trendem. Polska ma ogromny potencjał w rozwijaniu OZE. Wykorzystanie alternatywnych źródeł energii zamiast paliw kopalnych jest najbardziej efektywnym sposobem na ograniczenie emisji szkodliwych gazów cieplarnianych do atmosfery.

Energia pozyskiwana ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2021 r. pochodzi w przeważającym stopniu z biopaliw stałych (69,26%), energii wiatru (12,40%) i z biopaliw ciekłych (10,20%). Łączna wartość

energetyczna pozyskanej energii pierwotnej ze źródeł odnawialnych w Polsce w 2021 r. wyniosła 371 588 TJ. Krajowe zużycie energii ogółem ze źródeł odnawialnych w latach 2014-2021 wzrosło o 4,38%, tj. z 361 654 TJ w 2014 r. do 378 017 TJ w 2018 r. W tym samym okresie końcowe zużycie energii brutto ze źródeł odnawialnych zwiększyło się o 14,63%, tj. z 309 100 TJ w 2014 r. do 354 331 TJ w 2021 r. [5,16,26].

Rynek pomp ciepła w Polsce

Zasoby energii geotermalnej, rozumiane jako ciepło zgromadzone w skałach, wodach podziemnych i gruncie może zostać wykorzystywane do celów praktycznych, wśród których najczęściej wymienia się leczenie, rekreację oraz ciepłownictwo i produkcję energii elektrycznej (geotermia głęboka).

W ogólności zasoby dzieli się na wysokotemperaturowe ($>150^{\circ}\text{C}$), średnio- (od 100°C do 150°C) oraz nisko- ($<100^{\circ}\text{C}$). Rozwój technologii pomp ciepła w ciągu ostatnich dwudziestu lat spowodował wydzielenie zasobów o bardzo niskich temperaturach ($<20^{\circ}\text{C}$). Są one nazywane geotermią płytką. Zasoby o niskich temperaturach mają w Polsce dobre perspektywy wykorzystania w oparciu o nową generację sprężarkowych pomp ciepła [27-32].

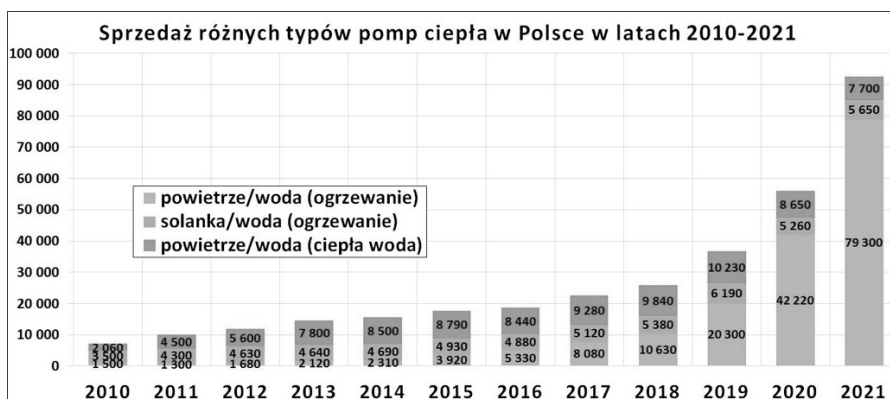
Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 wyznacza następujące cele klimatyczno-energetyczne do 2030 r. [1-8]:

- -7% redukcji emisji gazów cieplarnianych w sektorach nieobjętych systemem ETS w porównaniu do poziomu w roku 2005,
- 21-23% udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto (cel 23% będzie możliwy do osiągnięcia w sytuacji przyznania Polsce dodatkowych środków unijnych, w tym przeznaczonych na sprawiedliwą transformację),
- 14% udziału OZE w transporcie,
- roczny wzrost udziału OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie o 1,1 pkt. proc. średniorocznie. wzrost efektywności energetycznej o 23%

w porównaniu z prognozami PRIMES2007, redukcję rządu do 60% udziału węgla w produkcji energii elektrycznej (Nowy Ład UE).

Jesteśmy w punkcie zwrotnym, jeśli chodzi o strategię rozwoju sektora ogrzewania w polskim budownictwie [32-39].

Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC) prowadzi od 2011 roku regularne badania rynku pomp ciepła w Polsce. W tym okresie rynek ten stale wzrastał, przy czym w ostatnich latach zmienił się w nim udział poszczególnych technologii w ogólnej sprzedaży [16].



Rys. 1. Wzrost rynku pomp ciepła w Polsce w latach 2010-2021 r. w zakresie sprzedaży poszczególnych typów pomp ciepła (w sztukach).

Źródło: PORT PC [16].

Sprzedaż pomp ciepła w 2021 r. w Unii Europejskiej przekroczyła liczbę 2 mln sztuk i jak zapowiada europejskie stowarzyszenie EHPA w ciągu kolejnych trzech lat przewidywane jest podwojenie udziału pomp ciepła, do poziomu ponad 50%, w rynku urządzeń grzewczych w Europie. W Polsce największe wzrosty sprzedaży pomp ciepła w 2021 r. osiągnięto w segmencie pomp ciepła typu powietrze/woda, gdzie sprzedano 79 tys. sztuk, co stanowi wzrost o 88% w stosunku do wyniku sprzedaży z 2020 r. Warto podkreślić, że w 2021 r. sprzedano w Polsce ponad dziesięciokrotnie

więcej pomp ciepła typu powietrze/woda niż w 2017 r., a w stosunku do danych z 2011 roku było to nawet 50-krotnie więcej. W 2021 r. liczba sprzedanych pomp ciepła służących do centralnego ogrzewania wzrosła o 80% w stosunku do 2020 r., a cały rynek pomp ciepła o 66%. W roku 2021 sprzedano blisko 93 tys. pomp ciepła łącznie z powietrznymi pompami ciepła do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Jednocześnie zanotowano niewielki wzrost w segmencie gruntowych pomp ciepła. W przypadku pomp ciepła typu solanka/woda nastąpił wzrost sprzedanej liczby urządzeń z 5260 do 5650 sztuk czyli o około 7% więcej w porównaniu do danych za 2020 r. Natomiast w segmencie pomp ciepła typu powietrze/woda służących tylko do przygotowania ciepłej wody użytkowej odnotowano spadek liczby sprzedanych urządzeń z 8650 do 7700 sztuk. w porównaniu do 2020 r. czyli około 11% [16].

Podobnie jak w 2020 r., głównym czynnikiem, wpływającym na tak istotne wzrosty sprzedaży pomp ciepła typu powietrze/woda jest większa atrakcyjność rozwiązań oraz atrakcyjne koszty ogrzewania, a także rosnące zaufanie do tej technologii, zarówno wśród użytkowników jak i instalatorów. Na popyt istotnie wpływa także zainteresowanie inwestorów bezemisyjnymi systemami grzewczymi, również z powodu komfortu obsługi i wzrostu świadomości ekologicznej. Pompa ciepła zamontowana w budynku nie powoduje żadnej tzw. emisji zanieczyszczeń powietrza. Na wyraźny wzrost zainteresowania pompami ciepła przełożyła się większa intensywność finansowego wsparcia pomp ciepła w programie „Czyste Powietrze” od maja 2020 r. oraz ulga termomodernizacyjna. Trzeba podkreślić, że udział urządzeń z programu „Czyste Powietrze” osiągnął blisko 30% liczby sprzedanych pomp ciepła w Polsce w 2021 r.

Ważną przyczyną wzrostu było rosnące zainteresowanie produkcją energii elektrycznej na własne potrzeby w ramach dynamicznie rozwijającej się energetyki prosumenckiej np. poprzez montaż systemów fotowoltaicznych na dachach budynków i rozliczanie w ramach systemu opustu oraz

program priorytetowy „Mój Prąd” promujący rozwój prosumenckich instalacji fotowoltaicznych.

Pompy ciepła zostały uznane za kluczowe rozwiązania dekarbonizacyjne w ogrzewaniu w głównych strategiach Europejskiego Zielonego Ładu, czyli w strategii dotyczącej integracji sektora energetycznego i sektorowej strategii budynkowej Komisji Europejskiej tzw. Fali Renowacji. Obydwie strategie w spójny sposób przedstawiają, jaki będzie model transformacji energetycznej w Unii. Polega on na produkcji energii elektrycznej z OZE i łączeniu sektorów, czyli przede wszystkim elektryfikacji transportu, a także ogrzewnictwa i ciepłownictwa systemowego. Zwiększoną produkcję energii elektrycznej mają zapewnić odnawialne źródła energii, których udział w miksie elektroenergetycznym w 2030 r. ulegnie podwojeniu, osiągając poziom 55-60% natomiast w 2050 r. ma wzrosnąć do poziomu 84% [16].

Zakres przeprowadzonych badań sprężarkowej powietrznej pompy ciepła (SPPC)

Proces termodynamiczny zachodzący w sprężarkowych pompach ciepła typu powietrze-woda, opisany za pomocą szczegółowo doprecyzowanych i określonych zmiennych (informacje o parametrach termodynamicznych i fizycznych procesu tj.: temperatury, różnice temperatur, entalpie, gęstości, ciśnienia, natężenia przepływu i inne istotnie wpływających na efektywność energetyczną urządzenia), można poddać procesowi optymalizacji, względem ściśle określonych kryteriów (maksymalizacja współczynników efektywności energetycznej: COP, SCOP).

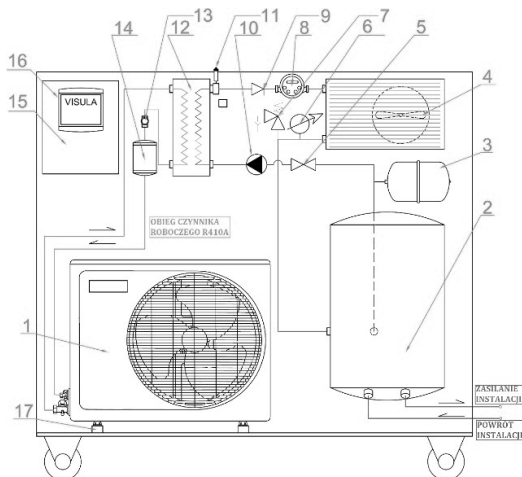
Problemem naukowym jest nadal poznanie i opis matematyczno – fizyczny wpływu istotnych parametrów cieplnych i przepływowych zachodzących w sprężarkowych pompach ciepła typu powietrze-woda (SPC P/W) na ich efektywność energetyczną (COP) [22,23].

Stanowisko badawcze

Badania sprężarkowej pompy ciepła typu powietrze-woda przeprowadzono na prototypowym, dostosowanym do badań z wykorzystaniem teorii eksperymentu, stanowisku do badań energetycznych, przepływowych i eksploatacyjnych o mocy grzewczej/chłodniczej 15 kW, opracowanym w Katedrze Systemów Energetycznych i Urzędzeń Ochrony Środowiska WIMiR AGH w Krakowie - zgodnie z aktualnymi wytycznymi, normami UE i PL.

Stanowisko odzwierciedla instalację grzewczą/chłodniczą domu jednorodzinnego o powierzchni 150 m². Umożliwia tworzenie charakterystyk przepływowych, termodynamicznych, energetycznych oraz pozwala na obliczenie podstawowych parametrów charakteryzujących pompy ciepła. Stanowisko umożliwia badanie poszczególnych urządzeń wchodzących w skład instalacji jak np. sprężarki, wymienniki, pompy obiegowe i innych.

Informacje dotyczące szczegółowej budowy wraz z urządzeniami wchodzącymi w skład stanowiska badawczego SPC-P/W-14 znajdują się na rys. 2.



Rys.2. Schemat stanowiska badawczego SPC-P/W-14:

Źródło: opracowanie własne

-
1. Jednostka zewnętrzna w której skład wchodzi: sprężarka spiralna ZP38K3E firmy Copeland, parownik: wymiennik płytowy-lutowany LB47-30, firmy Secespol, zawór 4-drogowy, presostat nastawny ciśnienia wysokiego, presostat nastawny ciśnienia niskiego, przetwornik wysokiego ciśnienia firmy CAREL SPKT 0031D0, przetwornik niskiego ciśnienia firmy CAREL SPKT 0031C0, zawór rozprężny.
 2. Zbiornik akumulacyjny Ariston PRO 80 l.
 3. Naczynie przeponowe zbiornika ERE 8/1,5 firmy CIMM.
 4. Wymiennik pośredni z wentylatorem.
 5. Zawór odcinający.
 6. Manometr 2,5 bar.
 7. Zawór bezpieczeństwa 1,5 bar.
 8. Przepływomierz GSD5R firmy METERS.
 9. Zawór zwrotny.
 10. Pompa obiegowa OMNI gena OMI 25-60/1BG.
 11. Zawór odpowietrzający.
 12. Skraplacz: wymiennik płytowy-lutowany LB47-30 firmy Secespol.
 13. Wziernik cieczy z indykatorem wilgotności 42 bar 90°.
 14. Filtr dwukierunkowy odwadniacz DMB 163 firmy Danfoss.
 15. Szafa elektryczna
 16. Panel dotykowy VISULA firmy Inveo.
 17. System „noise control”

Czynnikiem roboczym w sprężarkowej pompie ciepła jest R410A. Jest to blisko-azeotropowa bezchlorowa mieszanina czynników: R32 (difluorometan, CH_2F_2 , 50%) i R125 (pentafluoroetan, C_2HF_5 , 50%). Istotną jego cechą jest wyższa o prawie 50% w porównaniu z R22 (chlorodifluorometan, freon-22, CHClF_2 , wycofany z użytku) wydajność chłodnicza. Do zalet R410A należy zaliczyć wysokie współczynniki przejmowania ciepła w parownikach i skraplaczach. Dolnym źródłem sprężarkowej pompy ciepła jest powietrze atmosferyczne, natomiast górnym źródłem jest zbiornik akumulacyjny wypełniony mieszaniną wody i glikolu (etano-1,2-diol, $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$, zastosowany jako czynnik niezamarzający) o pojemności 80 litrów (0,08 m³),

odzwierciedlający pojemność cieplną ogrzewania niskotemperaturowego w budynkach mieszkalnego o powierzchni 150 m².

Po analizie literaturowej, kierunków rozwoju i prac badawczych prowadzonych w zakresie sprężarkowych pomp ciepła typu powietrze-woda, przyjęto następujące parametry, których wpływ na efektywność energetyczną w/w SPC został przebadany.

Wielkości mierzone podzielono na dwie grupy ze względu na program badań.

Symbolem X_i oznaczono wielkości wejściowe (zmienne, mierzone w instalacji):

X_1 - temperatura czynnika roboczego na wlocie do skraplacza t_{pps} [°C]

zakres zmienności: 35 °C ÷ 55 °C

pomiar: czujniki temperatury z półprzewodnikowym elementem pomiarowym KTY81-210, firma NXP

zakres pracy: - 40 °C ÷ 150 °C

X_2 - temperatura czynnika roboczego na wlocie do parownika t_{ppt} [°C]

zakres zmienności: -10 °C ÷ 10 °C

pomiar: czujniki temperatury z półprzewodnikowym elementem pomiarowym KTY81-210, firma NXP

zakres pracy: - 40 °C ÷ 150 °C

X_3 – ciśnienie skraplania czynnika roboczego p_s [bar]

zakres zmienności: 8 bar ÷ 30 bar

pomiar: elektroniczny przetwornik ciśnienia SPKT0031C0, wyj. sygnał analog. 4 ÷ 20 mA, firma Carel

zakres pracy: 0 bar ÷ 30 bar, max 90 bar

X_4 - ciśnienie parowania czynnika roboczego p_p [bar]

zakres zmienności: 3 bar ÷ 10 bar

pomiar: elektroniczny przetwornik ciśnienia
SPKT0031D0, wyj. sygnał analog. 4 ÷ 20
mA, firma Carel

zakres pracy: 0 bar ÷ 30 bar, max 90 bar

X_5 - objęściowy strumień przepływu powietrza w parowniku \dot{V}_{pp} [m³/h]

zakres zmienności: 3500 m³/h ÷ 5500 m³/h

Symbolem Y_i oznaczono wielkości wyjściowe jest ich 20 (mierzone w instalacji, obliczane, optymalizowane) natomiast do niniejszej publikacji wybrano jeden odpowiadający za efektywność energetyczną urządzenia:

Y_{15} – współczynnik efektywności energetycznej COP [-]

Model matematyczny procesu, metodyka badań, metoda planowania doświadczeń

Model matematyczny badań rozpoznawczych (model I°):

$$Y_k = b_0 + b_i X_i + b_{ij} X_i X_j \quad (1)$$

gdzie:

Y_k - parametry wyjściowe (mierzone)

b_0, b_i, b_{ij} - współczynniki regresji, określające wpływ badanych czynników

X_i, X_j - czynniki badane, parametry wejściowe

Na podstawie badań wstępnych, po przeprowadzeniu szczegółowej analizy czynnikowej, wraz z oceną istotności wpływu poszczególnych czynników badanych na parametry wyjściowe – określono parametry niezależne, najistotniejsze oraz ich zakresy zmienności, jako dane wejściowe do przeprowadzenia badań szczegółowych (model II°):

X_1 - temperatura czynnika roboczego na wlocie do skraplacza t_{pps} [°C]

zakres zmienności: 35 °C ÷ 55 °C

X_2 - temperatura czynnika roboczego na wlocie do parownika t_{ppt} [°C]

zakres zmienności: $-10\text{ °C} \div 10\text{ °C}$

X_3 - ciśnienie skraplania czynnika roboczego p_s [bar]

zakres zmienności: $8\text{ bar} \div 30\text{ bar}$

X_4 - ciśnienie parowania czynnika roboczego p_p [bar]

zakres zmienności: $3\text{ bar} \div 10\text{ bar}$

X_5 - objętościowy strumień przepływu powietrza w parowniku \dot{V}_{pp} [m³/h]

zakres zmienności: $3500\text{ m}^3/\text{h} \div 5500\text{ m}^3/\text{h}$

W matematycznym planowaniu doświadczeń, proces badany optymalizowany przedstawia się jako w/w „czarną skrzynkę”, gdzie wielkościami wejściowymi są czynniki badane, parametry zmienne, natomiast wyjściowymi – parametry optymalizacji (mierzone).

Model matematyczny badanego procesu można zapisać ogólnie w postaci równania:

$$Y_k = f(X_1, X_2, X_3, X_4, \dots X_n) \quad (2)$$

Układ współrzędnych o osiach $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots X_n$ określa przestrzeń czynnikową, w której zawarta jest „powierzchnia odpowiedzi”, tj. geometryczny obraz procesu badanego z wszystkimi punktami charakterystycznymi (maksimum, minimum). Celem procedury optymalizacyjnej jest określenie punktów ekstremalnych.

Plany badawcze drugiego rzędu są szczególnie interesujące z uwagi na obecność w nim punktów ekstremalnych. Opisane są one równaniem regresji drugiego stopnia z interakcjami.

Zastosowanie matematycznych metod teorii eksperymentu II^o zmienia strategię realizacji badań, które można scharakteryzować następującymi cechami:

- ✓ randomizacja doświadczeń – celowe wprowadzenie do badań koncepcji przypadku, przez szczegółowo określony program realizacji badań, doświadczeń (macierz eksperymentu),

-
- ✓ jednoczesna zmiana wszystkich badanych czynników (w macierzy planowania doświadczeń).

Matematyczno-statystyczna analiza otrzymanych wyników możliwa jest tylko z wykorzystaniem technik komputerowych z uwagi na złożoność obliczeń oraz konieczność przeprowadzenia alternatywnych rozwiązań funkcji wielu zmiennych.

Statystyczne metody planowania doświadczeń pozwalają (w tym konkretnym przypadku) zmniejszyć liczbę doświadczeń przeszło 100 razy, bowiem wynosi ona 31 doświadczeń.

Istota omawianej metody polega na tym, że nieznaną funkcją odpowiedzi:

$$Y_k = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (3)$$

jest aproksymowaną sumą wielomianów drugiego stopnia, określaną następującym równaniem (rozwiązanie równań różniczkowych w szeregi potęgowe):

$$Y_k = b_0 + b_i \cdot X_i + b_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + b_{ii} \cdot X_i^2 \quad (4)$$

W równaniu tym:

- b_0 – oznacza wyraz wolny, określający parametr wyjściowy przy $X_i = 0$ (poziom zerowy),
- b_i – współczynniki określające wpływ liniowych zależności poszczególnych parametrów badanych X_n na parametr wyjściowy Y_k ,
- b_{ij} - współczynniki określające wpływ liniowych współzależności, interakcji pomiędzy czynnikami badanymi parametrów zmiennych $X_i X_j$, na parametr wyjściowy Y_k ,
- b_{ii} - współczynniki określające wpływ kwadratowych zależności poszczególnych czynników badanych X_n na parametr wyjściowy Y_k ,

W tabeli 1. przedstawiono czynniki, których wpływ badano, oraz ich wartości liczbowe określone na 5 poziomach, zakres których określono według badań rozpoznawczych.

Tabela 1. Wartości liczbowe czynników badanych x_i

Zmienne kodowane	Czynniki badane (zmienne fizyczne x_i)				
	$x_1(t_{pps})$ [°C]	$x_2(t_{ppt})$ [°C]	$x_3(p_s)$ [bar]	$x_4(p_p)$ [bar]	$x_5(\dot{V}_{pp})$ [m ³ /h]
-2	35	-10	8	3	3500
-1	40	-5	13,5	4,75	4000
0	45	0	19	6,5	4500
+1	50	5	24,5	8,25	5000
+2	55	+10	30	10	5500

Statystyczne planowanie eksperymentów drugiego stopnia, plan rotacyjno-uniformalny: PS/DS-P: λ (2.000/5x5), plan D- optymalny Kiefera [15,25].

Wpływ wybranych parametrów pracy sprężarkowej powietrznej pompy ciepła na współczynnik efektywności energetycznej COP (Y1)

W przyjętym modelu statystyczno-doświadczalnym zrealizowano postulat opisanie funkcji odpowiedzi $Y_1 = f(COP)$, równaniem wiążącym jednocześnie wszystkie czynniki badane X_i :

$$(COP) = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \quad (5)$$

W rezultacie przeprowadzonych badań otrzymano wyniki (tabela 2.), które po matematycznym opracowaniu, umożliwiły określenie współczynników równań przedstawionych tabelarycznie w postaci zakodowanej i fizycznej (tabela 3.) – adekwatnego z wynikami doświadczeń na poziomie ufności $\alpha = 0,05$ (maksymalne dopuszczalne prawdopodobieństwo popełnienia błędu I. rodzaju).

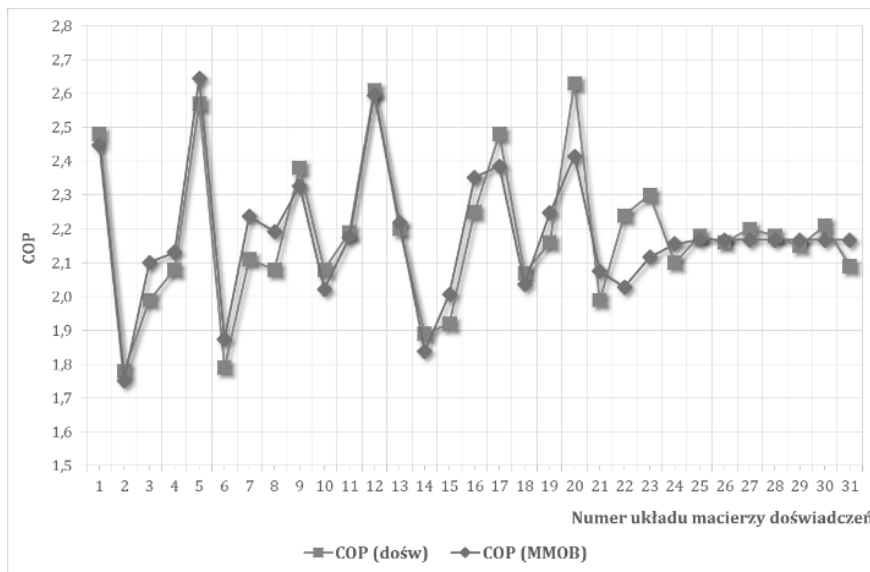
Tabela 2. Macierz doświadczeń oraz wyniki badań $Y_1 = COP$

Nr dośw.	Czynniki badane X_i :					Wyniki Y_k : $Y_1 = COP$		Błąd %
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	$COP_{(dośw)}$	$COP_{(MMOB)}$	
L. p.	t_{pps}	t_{ppt}	p_s	p_p	\dot{V}_{pp}	$COP_{(dośw)}$	$COP_{(MMOB)}$	
1	40	-5	13,5	4,75	5000	2,48	2,45	1,35

2	50	-5	13,5	4,75	4000	1,78	1,75	1,59
3	40	5	13,5	4,75	4000	1,99	2,10	5,26
4	50	5	13,5	4,75	5000	2,08	2,13	2,37
5	40	-5	24,5	4,75	4000	2,57	2,64	2,79
6	50	-5	24,5	4,75	5000	1,79	1,87	4,47
7	40	5	24,5	4,75	5000	2,11	2,24	5,68
8	50	5	24,5	4,75	4000	2,08	2,19	5,11
9	40	-5	13,5	8,25	4000	2,38	2,33	2,27
10	50	-5	13,5	8,25	5000	2,08	2,02	2,86
11	40	5	13,5	8,25	5000	2,19	2,18	0,67
12	50	5	13,5	8,25	4000	2,61	2,60	0,56
13	40	-5	24,5	8,25	5000	2,20	2,22	0,85
14	50	-5	24,5	8,25	4000	1,89	1,84	2,79
15	40	5	24,5	8,25	4000	1,92	2,01	4,34
16	50	5	24,5	8,25	5000	2,25	2,35	4,34
17	35	0	19	6,5	4500	2,48	2,39	3,95
18	55	0	19	6,5	4500	2,07	2,04	1,68
19	45	-10	19	6,5	4500	2,16	2,25	3,89
20	45	10	19	6,5	4500	2,63	2,41	8,94
21	45	0	8	6,5	4500	1,99	2,07	4,06
22	45	0	30	6,5	4500	2,24	2,03	10,48
23	45	0	19	3	4500	2,30	2,12	8,70
24	45	0	19	10	4500	2,10	2,16	2,59
25	45	0	19	6,5	3500	2,18	2,17	0,59
26	45	0	19	6,5	5500	2,16	2,17	0,33
27	45	0	19	6,5	4500	2,20	2,17	1,52
28	45	0	19	6,5	4500	2,18	2,17	0,59
29	45	0	19	6,5	4500	2,15	2,17	0,79
30	45	0	19	6,5	4500	2,21	2,17	1,98
31	45	0	19	6,5	4500	2,09	2,17	3,56
Średnia błędu:								3,26

Na rysunku 3. przedstawiono porównanie w punktach macierzy wartości współczynnika efektywności energetycznej pompy ciepła (COP) uzyskanego w wyniku przeprowadzonych pomiarów i doświadczeń

z wartościami z obliczeń statystycznego modelu matematycznego obiektu badań MMOB (tabela 2.).



Rys. 3. Porównanie wartości COP: doświadczalnych z modelem matematycznym

Źródło: opracowanie własne

Z przeprowadzonej analizy porównawczej wyników badań doświadczalnych i modelowych (COP) wynika, iż uzyskane zależności matematyczne adekwatnie weryfikują dane doświadczalne. Średni błąd procentowy porównania wartości doświadczalnych z modelowymi wynosi 3,26%.

Tabela 3. Matematyczne współczynniki równania regresji

L. p.	Współczynniki równania regresji	Postać równania	
		zakodowana	fizyczna
1.	b_0	2,167	5,085
2.	b_1	- 0,088	- 0,116

3.	b_2	0,042	- 0,344
4.	b_3	- 0,012	0,117
5.	b_4	0,010	- 0,312
6.	b_5	0,002	0,001
7.	b_{11}	0,011	0,000
8.	b_{12}	0,181	0,007
9.	b_{13}	- 0,019	- 0,001
10.	b_{14}	0,098	0,011
11.	b_{15}	0,001	0,000
12.	b_{22}	0,041	0,002
13.	b_{23}	- 0,015	- 0,001
14.	b_{24}	0,049	0,006
15.	b_{25}	0,001	0,000
16.	b_{33}	- 0,029	- 0,001
17.	b_{34}	- 0,076	- 0,008
18.	b_{35}	0,001	0,000
19.	b_{44}	- 0,008	- 0,003
20.	b_{45}	0,002	0,000
21.	b_{55}	0,002	0,000

Poszukiwane równanie regresji: $Y_l = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ po analizie matematycznej ma postać w wersji zakodowanej:

$$\begin{aligned}
 Y_1 = & 2,167 - 0,088X_1 + 0,042X_2 - 0,012X_3 + 0,010X_4 + \\
 & 0,002X_5 + 0,011X_1^2 + 0,181X_1X_2 - 0,019X_1X_3 + 0,098X_1X_4 + \\
 & 0,001X_1X_5 + 0,041X_2^2 - 0,015X_2X_3 + 0,049X_2X_4 + \\
 & 0,001X_2X_5 - 0,029X_3^2 - 0,076X_3X_4 + 0,001X_3X_5 - 0,008X_4^2 + \\
 & 0,002X_4X_5 + 0,002X_5^2
 \end{aligned} \quad (6)$$

Poszukiwane równanie regresji:

$COP = f(t_{pps}, t_{ppb}, p_s, p_p, \check{V}_{pp})$ po analizie matematycznej ma postać fizyczną:

$$\begin{aligned}
COP = & 5,085 - 0,116t_{pps} - 0,344t_{ppt} + 0,117p_s - 0,312p_p + \\
& 0,001\dot{V}_{pp} + 0,007t_{pps}t_{ppt} - 0,001t_{pps}p_s + 0,011t_{pps}p_p + \\
& 0,002t_{ppt}^2 - 0,001t_{ppt}p_s + 0,006t_{ppt}p_p - 0,001p_s^2 - \\
& 0,008p_s p_p - 0,003p_p^2
\end{aligned} \tag{7}$$

Współczynnik korelacji

$$R = 0,9058$$

Współczynnik korelacji wielokrotnej

$$R_2 = 0,8204$$

Pierwiastek błędu średniokwadratowego

$$RMSE = 0,0895$$

Na podstawie przedstawionej powyżej zależności, można uporządkować czynniki badane X_i według istotności ich wpływu liniowych na parametr optymalizowany Y_1 (COP) (tabela 4.)

Tabela 4. Uszeregowanie czynników badanych X_i według istotności ich wpływów liniowych na Y_1

Kolejność istotności wpływu	Czynnik badany	Wartości kodowane współczynników równania regresji	Udział procentowy czynników badanych
1.	X_1	- 0,088	57,89 %
2.	X_2	+ 0,042	27,63 %
3.	X_3	- 0,012	7,44 %
4.	X_4	+ 0,010	6,58 %
5.	X_5	+ 0,002	0,46 %

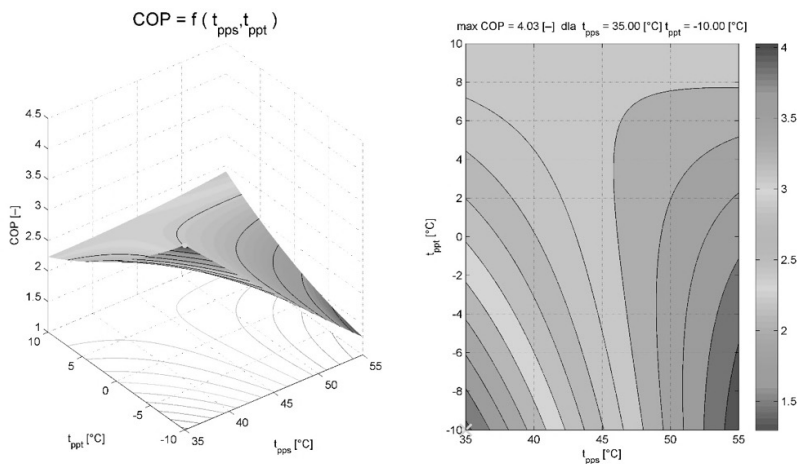
Znak „+” przy współczynnikach liniowych zmiennych X_2 , X_4 oznacza dodatni kierunek oddziaływania czynnika badanego na parametr wyjściowy optymalizowany Y_1 ($X_2 = +0,042$, $X_4 = +0,010$, $X_5 = +0,002$), natomiast znak „-” oznacza ujemny kierunek oddziaływania czynnika badanego na parametr optymalizowany Y_1 ($X_1 = - 0,088$, $X_3 = -0,012$).

Z powyższej analizy wynika (tabela 4.), że decydujący wpływ (57,89%) na wartość efektywności energetycznej pompy ciepła COP ma parametr X_1 - temperatura czynnika roboczego na wlocie do skraplacza t_{pps} . Natomiast wpływ parametru X_5 - objętościowy strumień przepływu powietrza w parowniku \dot{V}_{pp} jest znikomy, dlatego też nie został uwzględniony w dalszych analizach.

Opis matematyczny badanego procesu w postaci zależności liniowej, można przedstawić odrzucając wyrazy wyższych rzędów niż pierwszy:

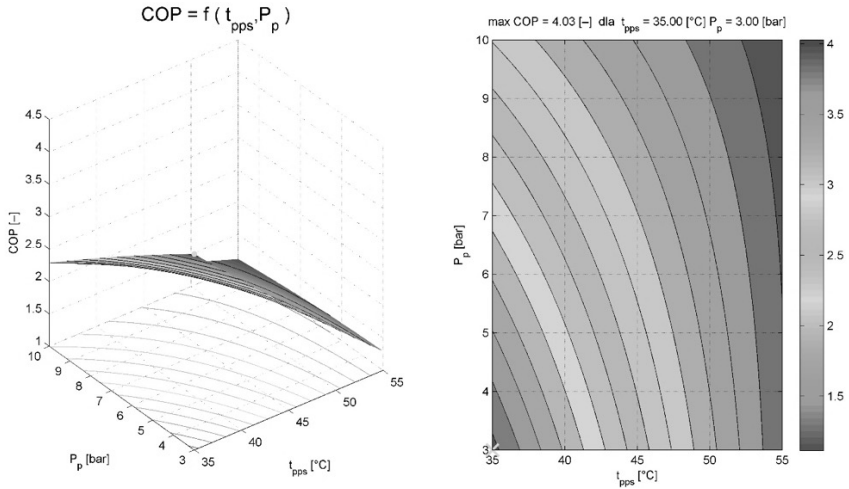
$$Y_1 = 2,167 - 0,088X_1 + 0,042X_2 - 0,012X_3 + 0,010X_4 + 0,002X_5 \quad (8)$$

Na kolejnych rysunkach zestawiono graficzny obraz badanego procesu, przedstawiający wpływ czynników badanych X_i na COP w układzie 3 zmiennych (grafika 3D, „powierzchnie odpowiedzi”).

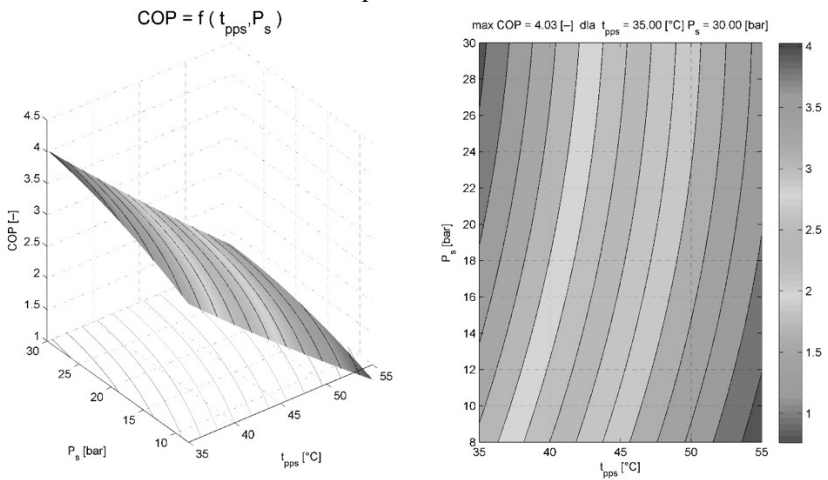


Rys.4. Zależność współczynnika efektywności energetycznej COP (Y_1) od t_{pps} (X_1) i od t_{ppt} (X_2)

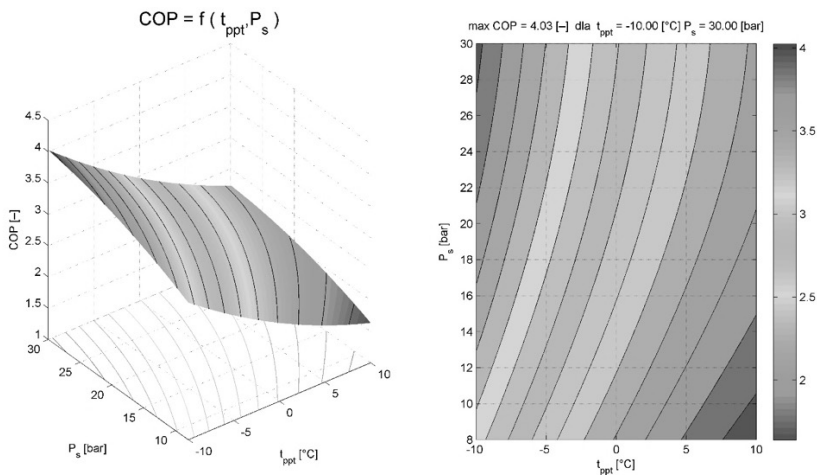
Źródło: opracowanie własne



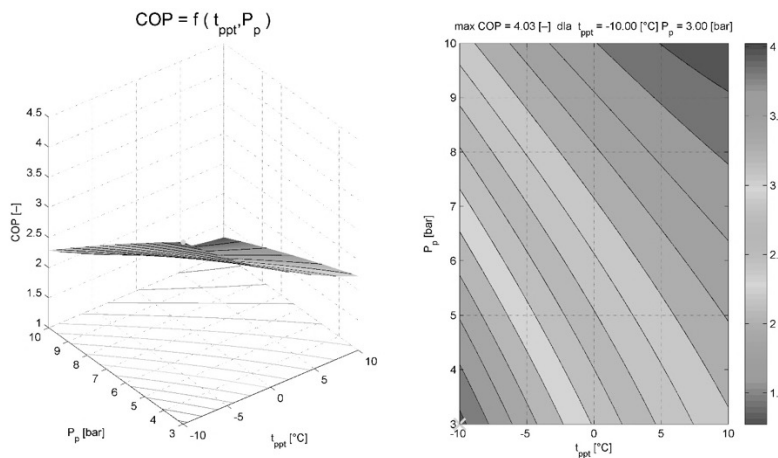
Rys.5. Zależność współczynnika efektywności energetycznej COP (Y_1) od t_{pps} (X_1) i od p_p (X_4)
 Źródło: opracowanie własne



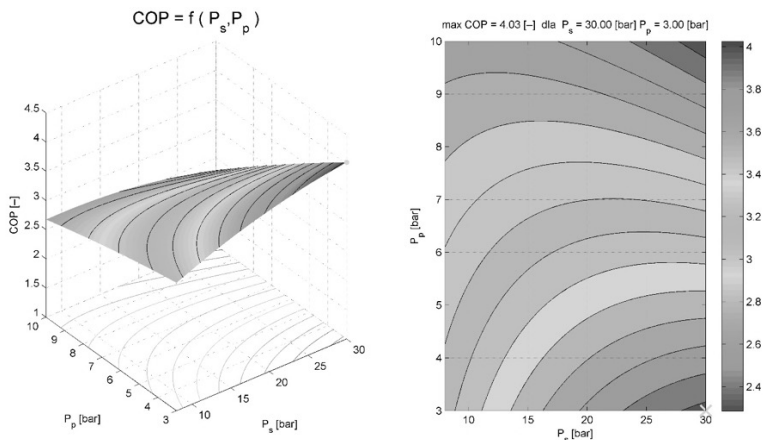
Rys.6. Zależność współczynnika efektywności energetycznej COP (Y_1) od t_{pps} (X_1) i od p_s (X_3)
 Źródło: opracowanie własne



Rys.7. Zależność współczynnika efektywności energetycznej COP (Y_1) od t_{ppt} (X_2) i od p_s (X_3)
 Źródło: opracowanie własne



Rys.8. Zależność współczynnika efektywności energetycznej COP (Y_1) od t_{ppt} (X_2) i od p_p (X_4)
 Źródło: opracowanie własne



Rys.9. Zależność współczynnika efektywności energetycznej COP (Y_1) od p_s (X_3) i od p_p (X_4)
 Źródło: opracowanie własne

Przeprowadzono optymalizację (metodą systematycznego poszukiwania, metody losowe) – w celu określenia najlepszych parametrów pracy i procesu:

$$Y_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \quad (9)$$

✓ Optymalizacja jednokryterialna:

$$Y_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5) \rightarrow \max \quad (10)$$

Dla tak sformułowanego zadania optymalizacyjnego – maksymalizacja wartości współczynnika efektywności energetycznej sprężarkowej powietrznej pompy ciepła – wyniki podano w tabeli 5. poniżej.

Tabela 5. Wynik optymalizacji jednokryterialnej

L. p.	Czynnik badany X_i	Wartości kodowana	Wartości rzeczywista	Jednostka
-------	----------------------	-------------------	----------------------	-----------

1.	t_{pps}	- 2	35	[°C]
2.	t_{ppt}	- 2	- 10	[°C]
3.	p_s	+ 2	30	[bar]
4.	p_p	- 2	3	[bar]
5.	\dot{V}_{pp}	+2	5500	[m ³ /h]
	COP_(max)	-	4,03	[-]

Wniosek: maksymalną wartość współczynnika efektywności energetycznej powietrznej pompy ciepła $COP = 4,03$ można uzyskać dla skrajnych wartości przyjętych czynników badanych X_i w określonych obszarach zmienności ($X_1, X_2, X_4 = -2$; $X_3, X_5 = +2$).

Wnioski praktyczne i podsumowanie

- Analizując uzyskane wyniki badań wynika, że wraz ze wzrostem temperatury t_{pps} ($35^\circ\text{C} \div 55^\circ\text{C}$) współczynnik efektywności energetycznej COP maleje w badanym przedziale zmienności, niezależnie od zmian pozostałych czynników badanych. Wyjątkiem jest wzrost efektywności energetycznej dla wartości temperatury na wlocie do parownika $t_{ppt} = 10^\circ\text{C}$. Ekstrema osiąga na granicach przedziału zmienności.
- Wraz ze wzrostem temperatury na wlocie do parownika (t_{ppt}) w zakresie zmian wartości temperatury na wlocie do skraplacza (t_{pps}) w przedziale $35^\circ\text{C} \div 45^\circ\text{C}$, niezależnie od pozostałych czynników badanych współczynnik efektywności energetycznej pompy ciepła (COP) maleje, natomiast w przedziale zmienności $45^\circ\text{C} \div 55^\circ\text{C}$ współczynnik COP rośnie.
- Zasadne zatem wydaje się utrzymywanie temperatury na wlocie do parownika w górnej granicy zakresu zmienności, ponieważ ma to pozytywny wpływ na wyższą wartość współczynnika efektywności energetycznej urządzenia (COP). Ekstrema osiąga na granicach przedziału zmienności. Jednoznacznie można potwierdzić to, iż czynniki badane X_1 (57,89%) oraz X_2 (27,63%) mają istotny wpływ na zmiany parametru badanego Y_1 jakim jest COP.

- Wraz ze wzrostem ciśnienia skraplania rośnie wartość COP niezależnie od wartości pozostałych parametrów badanych. Ekstrema wartości COP osiągane są na granicach przedziału zmienności parametrów X_1 oraz X_2 , jak również przy malejących wartościach czynnika X_4 . Z analizy istotności wpływu czynników badanych na parametr wyjściowy $Y_1 = \text{COP}$ wynika, że jest to parametr najmniej istotny (6,58%), stąd też można określić zalecaną wartość na poziomie $p_s = 30$ bar.
- Wzrost ciśnienia parowania czynnika $X_4 = p_p$ przy jednoczesnym wzroście pozostałych czynników badanych powoduje obniżenie wartości współczynnika efektywności energetycznej sprężarkowej pompy ciepła $Y_1 = \text{COP}$. Natomiast według tabeli 6. istotność wpływu tego czynnika jest bardzo niska na poziomie 7,89%. Ekstrema osiąga na granicach przedziału zmienności.

Opracowany i określony algorytm obliczeniowy pozwolił stwierdzić, iż najlepszą efektywność energetyczną uzyskuje się przy skojarzeniu czynników badanych znajdujących się granicach badanego obszaru zmienności.

Tabela 6. wartości współczynnika efektywności energetycznej urządzenia (COP)

	COP [-]	
	4,03	
t_{pps} [°C]	35	- 2
t_{ppt} [°C]	- 10	- 2
p_s [bar]	30	+ 2
p_p [bar]	3	- 2
\dot{V}_{pp} [m ³ /h]	5500	+ 2

Przeprowadzone badania nad zagadnieniem poprawy wskaźników efektywności energetycznej sprężarkowych powietrznych pomp ciepła z uwzględnieniem elementów funkcjonalnych i składowych (wymyenniki

ciepła, zawory rozprężne, sprężarki itp.) jak również analiza stosowanych czynników chłodniczych – ze względu na zwiększenie wydajności procesu oraz automatyzację pracy pompy ciepła – pozwala w znaczący sposób zwiększyć jej efektywność energetyczną. Odpowiednie doprojektowanie systemu odbioru ciepła oraz elementów składowych niskotemperaturowej instalacji górnego źródła ciepła pozwoli na zautomatyzowaną i efektywną energetycznie pracę całego systemu.

Literatura

- [1] American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE) - Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Ogrzewnictwa, Chłodnictwa i Klimatyzacji - www.ashrae.org
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią zwana Dyrektywą ErP (Energy related Products).
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- [4] EurObserv'ER – www.eurobserv-er.org
- [5] European Environment Agency (EEA) – www.eea.europa.eu
- [6] European Geothermal Energy Council (EGEC) - www.egec.org
- [7] European Heat Pump Association (EHPA) – www.ehpa.org
- [8] European Renewable Energy Council (EREC) – www.erec.org
- [9] Górecka R. – Teoria i technika eksperymentu. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 1996.
- [10] Kukielka L.- Podstawy badań inżynierskich. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2002.
- [11] Lewandowski W. M., Klugmann – Radziemska E. – Proekologiczne odnawialne źródła energii: kompendium. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2017, str. 488, ISBN-9788301190675
- [12] Ochęduszek S.- Teoria maszyn cieplnych, PWT, Warszawa, 1961
- [13] PN EN 14825 - Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym, do grzania i ziębienia -- Badanie i ocena w warunkach niepełnego obciążenia oraz obliczanie wydajności sezonowej, 2014 r.
- [14] PN-EN 14511 cz. 1-4 - Klimatyzatory, ziębiarki cieczy i pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym wykorzystywane do ogrzewania i oziębienia.
- [15] Polański Z.- Metodyka badań doświadczalnych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, 1984.

-
- [16] Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła – www.portpc.pl
- [17] Rubik M. - Pompy ciepła – poradnik, Ośrodek Informacji Technika instalacyjna w budownictwie, Warszawa, 2006.
- [18] Rubik M. - Pompy ciepła w systemach geotermii niskotemperaturowej, MULTICO, Warszawa, 2011.
- [19] Sami S. M., Tulej P. J. - A new design for an air-source heat pump using a ternary mixture for cold climates. Heat Recover) Systems & CHP Vol. 15, No. 6, pp. 521-529. 1995. (University of Moncton – Canada)
- [20] Staniszewski B.- Termodynamika, PWN, Warszawa, 1986
- [21] Szargut J.- Termodynamika techniczna, PWN, Warszawa, 2010
- [22] Szczotka K. - Analysis of the energy efficiency heating system with a heat pump. Energetyka i ochrona środowiska. AGH, Kraków, nr. 31, monografia Problemy Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, 2013.
- [23] Szczotka K. - Badania efektywności energetycznej sprężarkowych pomp ciepła typu powietrze-woda. Wybrane problemy energetyki zasobów odnawialnych. Materiały naukowe XXII ogólnopolskiego forum zasobów, źródeł i technologii energetycznych „Ekoenergetyka 2015 – Kraków”- monografia naukowa. ISBN- 978-83-63318-04-8 - S. 131–147.
- [24] Zalewski W.- Pompy ciepła- podstawy teoretyczne i przykłady zastosowań, Politechnika Krakowska, Kraków, 1995
- [25] Zieliński R.- Wybrane zagadnienia optymalizacji statystycznej. PWN, Warszawa, 1974.
- [26] Zimny J. - Odnawialne źródła energii w budownictwie niskoenergetycznym, AGH, PGA, WNT, Kraków-Warszawa, 2010, ISBN 978-83-7490-378-3. Seria wydawnicza: Problemy ekoenergetyki i inżynierii środowiska. Tom 1.
- [27] Zimny J. – Laserowa obróbka mikrootworów, AGH, PGA, WNT, Kraków-Warszawa, 2011, ISBN 978-83-63318-00-0. Seria wydawnicza: Problemy ekoenergetyki i inżynierii środowiska. Tom 2.
- [28] Zimny J., Myjak P. – Mikrospawanie laserowe w mechatronice. AGH, PGA, Kraków, 2012, ISBN 978-83-63318-01-7. Seria wydawnicza: Problemy ekoenergetyki i inżynierii środowiska. Tom 3.
- [29] Zimny J., Brzegowy R., Bielik S. - Kolektory słoneczne - podstawy teoretyczne, budowa, badania. AGH, WIMIR, SOIIS, PGA, Kraków, 2013 r. ISBN 978-83-63318-02-4. Seria wydawnicza: Problemy ekoenergetyki i inżynierii środowiska. Tom 4.
- [30] Zimny J., Struś M., Lech P., Bielik S. - Wytwarzanie energii elektrycznej z zasobów geotermicznych Polski. AGH, WIMIR, PWr, WME, SOIIS AGH, PGA, Kraków – Wrocław, 2014 r. ISBN: 978-83-63318-03-1. Problemy Inżynierii Mechanicznej, Ekoenergetyki i Inżynierii Środowiska, Tom 5.
- [31] Zimny J., Struś M., Bielik S. - Wybrane problemy energetyki zasobów odnawialnych: problematyka: „Czy Polska może być samowystarczalna energetycznie do 2030 roku z własnych zasobów odnawialnych – elektrownie jądrowe czy geotermalne? -
-

-
- monografia naukowa. AGH, WIMIR, PWr, WME, SOIŚ AGH, PGA, Kraków - Wrocław 2015 r., ISBN: 978-83-63318-04-8, Problemy Inżynierii Mechanicznej, Ekoenergetyki i Inżynierii Środowiska, Tom 6.
- [32] Zimny J., Michalak P., Szczotka K. - Demand for domestic hot water in a school building - comparison of the calculation assumptions and actual consumption. *Rynek Instalacyjny* ; ISSN 1230-9540, 2010 R. 18 nr 11, s. 42–43
- [33] Zimny J., Michalak P., Szczotka K.- Ecological school building heating using a hybrid heating system - heat pump and gas boiler. The concept, implementation, operation. *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 20 no. 4A, 2011.
- [34] Zimny J., Michalak P., Szczotka K.- Polish heat pump market between 2000 and 2013- European background, current state and development prospects; *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 48 (2015 r.) str. 791–812; ISSN- 1364-0321
- [35] Zimny J., Michalak P., Szczotka K. - Ecological heating system of a school building hybrid heating system with a heat pump- a case study. *Rynek Energii*, nr 5, 2012.
- [36] Zimny J., Michalak P., Szczotka K. - Energy, ecological and economic evaluation of thermo-modernising project with RETScreen® package. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. ISSN 0137-3676. — 2009 R. 40
- [37] Zimny J., Michalak P., Szczotka K.- Heating installation with heating pump and gas boiler- energy assessment of the system by using RETScreen® package. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja* ; ISSN 0137-3676. — 2010 t. 41 nr 4.
- [38] Zimny J., Szczotka K.- Ecological heating system of a school building- design, implementation and operation. *Environment Protection Engineering*, Vol. 38 no. 2, 2012.
- [39] Zimny J.; Michalak P.; Bielik S.; Szczotka K. - Directions in development of hydropower in the world, in Europe and Poland in the period 1995–2011. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*; ISSN 1364-0321; 2013 vol. 21.

9. Hybrydowe systemy magazynowania energii: integracja różnych technologii dla optymalizacji wydajności

Wstęp

W obliczu rosnącego globalnego zapotrzebowania na energię i konieczności redukcji emisji gazów cieplarnianych, odnawialne źródła energii (OZE) zyskują na znaczeniu jako kluczowe elementy zrównoważonego rozwoju. Jednakże, przerywana natura wielu OZE, takich jak energia słoneczna i wiatrowa, stwarza wyzwania dla stabilności i niezawodności sieci energetycznych. W tym kontekście, hybrydowe systemy magazynowania energii (HSE) wyłaniają się jako obiecujące rozwiązanie, umożliwiające zwiększenie efektywności i elastyczności systemów energetycznych poprzez integrację różnych technologii magazynowania energii⁵⁴.

Hybrydowe systemy magazynowania energii: Podstawy

HSE łączą w sobie różne technologie magazynowania, takie jak baterie litowo-jonowe, magazyny energii kinetycznej, superkondensatory, i magazyny ciepłe, aby wykorzystać ich komplementarne właściwości. Na przykład, baterie mogą oferować dużą pojemność magazynowania, ale mają ograniczoną żywotność i szybkość ładowania/rozładowania w porównaniu do superkondensatorów, które mogą szybko uwalniać energię, ale mają ograniczoną pojemność. Integracja tych technologii w ramach jednego systemu

⁵⁴ „Magazynowanie energii a polski rynek mocy – wyzwania i szanse” autorstwa K. Suchocka, opublikowany w „Elektro Info” nr 5 ,2022

pozwała na wykorzystanie zalet każdej z nich, minimalizując jednocześnie ich wady⁵⁵.

Hybrydowe systemy magazynowania energii (HSE) reprezentują innowacyjne podejście do przechowywania energii, integrując różnorodne technologie w celu optymalizacji wydajności, niezawodności i kosztów systemów energetycznych. Kluczowym założeniem HSE jest połączenie komplementarnych właściwości różnych metod magazynowania, co pozwala na stworzenie systemu o zwiększonej funkcjonalności w porównaniu do pojedynczych technologii stosowanych osobno.

Technologie w HSE

Baterie litowo-jonowe: Są to obecnie jedne z najpopularniejszych rozwiązań magazynowania energii, oferujące wysoką gęstość energii i dobre właściwości ładowania/rozładowania. Ich wadą jest jednak ograniczona żywotność i wydajność w ekstremalnych temperaturach.

Magazyny energii kinetycznej: Wykorzystują ruch obrotowy mas do przechowywania energii w formie kinetycznej, którą można szybko przekształcić z powrotem na energię elektryczną. Charakteryzują się bardzo szybkim czasem reakcji i długą żywotnością, ale mają niższą gęstość energii niż baterie.

Superkondensatory: Mają zdolność do bardzo szybkiego ładowania i rozładowania, czyniąc je idealnymi do aplikacji wymagających szybkiej reakcji, takich jak stabilizacja jakości energii. Ich ograniczeniem jest jednak mniejsza pojemność magazynowania energii w porównaniu do baterii.

Magazyny ciepłe: Pozwalają na przechowywanie nadmiaru energii w formie ciepła, który może być później wykorzystany do ogrzewania lub wytwarzania energii elektrycznej. Oferują potencjalnie wysoką pojemność

⁵⁵ „Hybrydowy system magazynowania energii fotowoltaicznej” autorstwa M. Harasimczuk opublikowany w „Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering”, nr. 87, 2016

magazynowania i niskie koszty, ale są ograniczone do specyficznych zastosowań.

Integracja technologii w HSE

Kluczem do efektywności HSE jest integracja tych technologii w sposób, który pozwala na wykorzystanie ich zalet, przy jednoczesnym minimalizowaniu wad. Na przykład:

Połączenie baterii litowo-jonowych i superkondensatorów: Może oferować system o wysokiej gęstości energii z możliwością szybkiego reagowania na zmiany w zapotrzebowaniu lub produkcji energii. Baterie zapewniają długotrwałe magazynowanie, podczas gdy superkondensatory mogą szybko uwalniać energię w krótkich szczytach zapotrzebowania.

Integracja magazynów energii kinetycznej z magazynami cieplnymi: Może umożliwić wykorzystanie nadmiaru energii do celów grzewczych lub chłodniczych, zwiększając efektywność energetyczną budynków lub procesów przemysłowych⁵⁶.

Zarządzanie HSE

Złożoność HSE wymaga zaawansowanych systemów zarządzania energią, które mogą optymalnie sterować procesami ładowania i rozładowania różnych technologii w zależności od bieżących warunków i potrzeb sieci energetycznej. Inteligentne algorytmy mogą przewidywać zapotrzebowanie na energię i optymalizować wykorzystanie magazynów, zwiększając efektywność całego systemu⁵⁷.

Zarządzanie Hybrydowymi Systemami Magazynowania Energii (HSE) to kluczowy element, który determinuje ich efektywność i skuteczność w integracji z siecią energetyczną. Zaawansowane systemy

⁵⁶ „Hybrydowy system magazynowania energii podwójnego zastosowania” autorstwa S. Małeczka, M. Szczepaniaka, W. Malickiego opublikowany w „Napędy i Sterowanie” R. 21, nr 10, 2019

⁵⁷ „Hybrydowe zasobniki energii elektrycznej” autorstwa E. Łowicza, opublikowany w „Inżynieria Elektryczna” nr 3, 2020

zarządzania energią (Energy Management Systems, EMS) wykorzystują inteligentne algorytmy i technologie informatyczne do optymalizacji pracy HSE, co pozwala na maksymalne wykorzystanie ich potencjału. Kluczowe aspekty zarządzania HSE obejmują:

1. Monitorowanie i analiza danych

Systemy zarządzania HSE ciągle monitorują różne parametry pracy magazynów energii, takie jak stan naładowania (SoC), moc wyjściowa, temperatura, oraz inne krytyczne wskaźniki. Dane te są analizowane w czasie rzeczywistym, co pozwala na szybką reakcję na zmiany w sieci energetycznej oraz optymalizację pracy systemu.

2. Optymalizacja ładowania i rozładowania

Zaawansowane algorytmy zarządzające decydują o tym, kiedy i w jakim stopniu aktywować poszczególne komponenty HSE, aby zbilansować popyt i podaż energii. Optymalizacja ta uwzględnia bieżące i przewidywane zapotrzebowanie na energię, stan magazynów, ceny energii, oraz inne czynniki, takie jak prognozy pogody w przypadku OZE.

3. Predykcja i planowanie

Inteligentne systemy zarządzania energią wykorzystują algorytmy predykcyjne do przewidywania zapotrzebowania na energię oraz produkcji z OZE. Pozwala to na proaktywne planowanie procesów ładowania i rozładowania HSE, zapewniając optymalne wykorzystanie dostępnej energii i minimalizację kosztów.

4. Integracja z OZE i siecią energetyczną

Zarządzanie HSE musi być ściśle zintegrowane z systemami OZE oraz z szerszą siecią energetyczną. To wymaga komunikacji w czasie rzeczywistym z innymi elementami systemu energetycznego, takimi jak elektrownie, stacje przesyłowe i odbiorcy końcowi, aby synchronizować działania HSE z bieżącymi potrzebami sieci.

5. Zapewnienie niezawodności i bezpieczeństwa

Systemy zarządzania muszą również zapewniać niezawodność działania HSE i bezpieczeństwo użytkownika. Obejmuje to zarządzanie ryzykiem awarii poszczególnych komponentów, ochronę przed nadmiernym

ładowaniem lub rozładowaniem, a także zabezpieczenie przed cyberatakami i innymi zagrożeniami dla systemów informatycznych.

6. Optymalizacja ekonomiczna

Oprócz aspektów technicznych, zarządzanie HSE obejmuje również optymalizację ekonomiczną. Systemy muszą podejmować decyzje, które minimalizują koszty operacyjne i maksymalizują korzyści ekonomiczne z wykorzystania magazynów, np. poprzez wykorzystanie taryf dynamicznych czy uczestnictwo w rynkach energii.

Efektywne zarządzanie HSE wymaga złożonej interakcji między zaawansowanymi technologiami informatycznymi, algorytmami optymalizacyjnymi i dogłębną znajomością dynamiki sieci energetycznej. Rozwój inteligentnych systemów zarządzania, które potrafią skutecznie integrować i wykorzystywać różnorodne technologie magazynowania energii, jest kluczowy dla osiągnięcia pełni potencjału HSE w kontekście transformacji energetycznej i budowy zrównoważonych systemów energetycznych przyszłości⁵⁸.

Zalety hybrydowych systemów magazynowania energii

Zwiększona niezawodność i stabilność sieci: Poprzez szybką reakcję na fluktuacje w podaży i popycie na energię, HSE mogą znacznie poprawić stabilność sieci energetycznej.

Optymalizacja wykorzystania OZE: HSE umożliwiają lepsze wykorzystanie energii odnawialnej poprzez magazynowanie nadwyżek produkcji w okresach obfitości i uwalnianie jej w czasie potrzeby.

Zwiększenie efektywności energetycznej: Poprzez redukcję strat energii i optymalizację procesów ładowania i rozładowania, HSE mogą zwiększyć ogólną efektywność systemów energetycznych.

⁵⁸ „Założenia wstępne dla Systemu Zarządzania hybrydowymi instalacjami OZE dla krajowych przedsiębiorstw z sektora MŚP” autorstwa B. Borkowski, T. Mączka, P. Szulc, opublikowany w „Energetyka” nr 12, 2021

Elastyczność w planowaniu i eksploatacji sieci: Możliwość magazynowania i szybkiego uwalniania energii z różnych źródeł pozwala na bardziej elastyczne planowanie i zarządzanie siecią energetyczną.

Wybrane technologie i ich integracja

Baterie litowo-jonowe i superkondensatory: Integracja tych technologii pozwala na stworzenie systemu, który łączy wysoką pojemność magazynowania z szybką możliwością uwalniania energii, idealnego dla aplikacji wymagających szybkiego reagowania na zmiany w sieci.

Magazyny energii kinetycznej i magazyny ciepłe: Połączenie tych technologii umożliwi długoterminowe magazynowanie energii, co jest szczególnie przydatne w systemach energetycznych opartych na OZE, gdzie długotrwałe okresy bez wiatru lub słońca mogą wpływać na dostępność energii.

Wyzwania i przyszły rozwój

Analiza kilku realizacji HSE na świecie, które demonstrują ich potencjał w różnych kontekstach – od małych instalacji off-grid po duże projekty sieciowe. Te studia przypadków mogą obejmować zarówno techniczne aspekty systemów, jak i analizę kosztów, korzyści i wyzwań związanych z ich wdrożeniem.

Rozwój HSE napotyka na wyzwania, takie jak wysokie koszty inwestycyjne, konieczność zaawansowanego zarządzania systemem i integracji z istniejącą infrastrukturą energetyczną. Przyszły postęp zależeć będzie od innowacji technologicznych, obniżenia kosztów poszczególnych technologii oraz rozwoju inteligentnych systemów zarządzania energią, które umożliwią jeszcze lepszą integrację i wykorzystanie HSE⁵⁹.

Podsumowanie

Hybrydowe systemy magazynowania energii reprezentują przyszłość technologii magazynowania, oferując rozwiązania, które mogą

⁵⁹ „Hybrydowe obiektowe magazyny energii” autorstwa P. Hylla, A. Figiel, P. Deja, M. Skóra, wydanym przez Instytut Techniki Górniczej KOMAG, 2021

zrewolucjonizować sposób, w jaki przechowujemy i wykorzystujemy energię. Poprzez integrację różnych technologii, HSE otwierają drogę do bardziej zrównoważonych i efektywnych systemów energetycznych, które są w stanie sprostać wyzwaniom związanym z integracją odnawialnych źródeł energii i zwiększającym się globalnym zapotrzebowaniem na energię.

Hybrydowe systemy magazynowania energii stanowią obiecującą ścieżkę do optymalizacji wydajności systemów odnawialnych, oferując niezawodność, stabilność i efektywność energetyczną. Poprzez połączenie różnych technologii magazynowania, HSE mogą znacząco przyczynić się do transformacji energetycznej, umożliwiając pełniejsze wykorzystanie potencjału energii odnawialnej i wspierając globalne wysiłki na rzecz zrównoważonego rozwoju.

10. Wpływ magazynowania energii na transformację systemów energetycznych w kierunku dekarbonizacji

Wstęp

Dekarbonizacja systemów energetycznych jest kluczowym elementem globalnych działań na rzecz zwalczania zmian klimatycznych⁶⁰. Odgrywa centralną rolę w osiągnięciu założeń Porozumienia Paryskiego i globalnych celów zrównoważonego rozwoju. W tym kontekście, odnawialne źródła energii (OZE) takie jak energia słoneczna i wiatrowa, stają się fundamentem nowego, zrównoważonego systemu energetycznego. Jednakże, przerywana natura tych źródeł wymaga innowacyjnych rozwiązań, które umożliwiają ich integrację z istniejącą infrastrukturą energetyczną. Magazynowanie energii wyłania się jako kluczowy element umożliwiający tę transformację, oferując sposób na równoważenie podaży i popytu na energię, zwiększając tym samym udział OZE w miksie energetycznym i przyspieszając proces dekarbonizacji.

Podstawy magazynowania energii

Literatura naukowa jednoznacznie wskazuje na rosnące zainteresowanie technologiami magazynowania energii jako narzędziem wspierającym integrację OZE. Badania koncentrują się na różnych aspektach

⁶⁰ „Strategia dekarbonizacji jako skuteczne narzędzie walki o klimat”, autorstwa Irena Pichola opublikowany w raporcie „Odpowiedzialny biznes w Polsce 2021. Dobre praktyki”, sierpień 2022

magazynowania energii, od technologii, przez modele ekonomiczne, po wpływ na systemy energetyczne i środowisko. Jednakże, wciąż istnieją luki, szczególnie w kontekście skali sieciowej, regulacji i modeli biznesowych wspierających szeroką implementację.

Technologie magazynowania energii, takie jak baterie litowo-jonowe, magazynowanie energii w pompach hydroelektrycznych (PSP) i magazynowanie energii cieplnej, oferują różnorodne możliwości dla systemów energetycznych. Każda z technologii ma swoje specyficzne zalety i zastosowania, od krótkoterminowego balansowania sieci po długoterminowe magazynowanie energii. Kluczowym aspektem jest zdolność do przechowywania nadwyżek energii produkowanej przez OZE i uwalniania jej w momencie wzmożonego zapotrzebowania.

Wpływ magazynowania energii na transformację energetyczną

Magazynowanie energii może znacząco przyczynić się do stabilizacji sieci energetycznych poprzez zapewnienie elastyczności i zwiększenie niezawodności dostaw energii. Przez umożliwienie przechowywania energii wyprodukowanej w okresach niskiego zapotrzebowania i wykorzystania jej w szczytach konsumpcji, magazynowanie energii zmniejsza potrzebę polegania na tradycyjnych, emisyjnych źródłach energii. W rezultacie, systemy energetyczne stają się bardziej zielone, efektywne i zrównoważone.

Magazynowanie energii odgrywa kluczową rolę w transformacji systemów energetycznych, zmierzając ku bardziej zrównoważonej i niskoemisyjnej przyszłości. Jego wpływ na stabilizację sieci energetycznych, zwiększanie elastyczności i niezawodności dostaw energii jest znaczący i wielowymiarowy.

Stabilizacja sieci energetycznych

Magazynowanie energii umożliwia równoważenie podaży i popytu na energię elektryczną w czasie rzeczywistym, co jest kluczowe dla stabilności sieci energetycznych. W systemach energetycznych, gdzie udział energii odnawialnej jest wysoki, produkcja energii może być nieprzewidywalna

i zmieniać się dynamicznie w zależności od warunków atmosferycznych. Technologie magazynowania energii, takie jak baterie litowo-jonowe, magazyny ciepłe czy systemy pomp hydroelektrycznych, pozwalają na gromadzenie nadwyżek energii w okresach jej obfitości i wykorzystywanie jej, gdy produkcja z OZE jest niższa, np. w bezwietrzne dni lub po zachodzie słońca w przypadku energii słonecznej.

Zwiększenie elastyczności i niezawodności dostaw

Elastyczność systemu energetycznego to jego zdolność do radzenia sobie ze zmianami w popycie i podaży energii. Magazynowanie energii zwiększa tę elastyczność, umożliwiając szybką reakcję na fluktuacje popytu oraz zapobiegając przeciążeniom i przerwom w dostawach energii. Dzięki temu, systemy energetyczne stają się bardziej niezawodne, co jest szczególnie ważne w kontekście rosnących obciążeń sieci i ekstremalnych warunków pogodowych, które mogą zakłócać dostawy.

Zmniejszenie zależności od źródeł emisyjnych

Tradycyjne systemy energetyczne często polegają na paliwach kopalnych, takich jak węgiel, gaz ziemny i ropa naftowa, zwłaszcza podczas szczytów konsumpcyjnych, gdy zapotrzebowanie na energię jest wysokie. Magazynowanie energii zmniejsza tę zależność, umożliwiając większe wykorzystanie energii odnawialnej. Poprzez przechowywanie nadwyżek energii odnawialnej i dostarczanie jej do sieci w czasie potrzeby, można zmniejszyć konieczność uruchamiania szybkich, ale emisyjnych jednostek wytwórczych, co przyczynia się do redukcji emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń.

Promowanie zielonej, efektywnej i zrównoważonej przyszłości energetycznej

Wdrażanie technologii magazynowania energii jest kluczowe dla promowania zielonej i zrównoważonej przyszłości energetycznej. Poprzez zwiększenie udziału energii odnawialnej w miksie energetycznym i zmniejszenie zależności od paliw kopalnych, magazynowanie energii wspiera

globalne wysiłki na rzecz walki ze zmianami klimatycznymi. Ponadto, poprawa efektywności i niezawodności systemów energetycznych przyczynia się do lepszego wykorzystania zasobów, co jest kluczowe w kontekście rosnących potrzeb energetycznych i ograniczonych zasobów naturalnych.

Magazynowanie energii ma kluczowe znaczenie dla transformacji energetycznej. Poprzez stabilizację sieci, zwiększanie elastyczności i niezawodności dostaw oraz umożliwienie większego wykorzystania zielonej energii, technologie magazynowania energii przyczyniają się do tworzenia bardziej zrównoważonych, efektywnych i niskoemisyjnych systemów energetycznych. Jako taki, rozwój i wdrażanie technologii magazynowania energii jest niezbędne dla osiągnięcia globalnych celów klimatycznych i zapewnienia zrównoważonej przyszłości dla kolejnych pokoleń.

Przykłady zastosowań

Przykłady z całego świata demonstrują potencjał magazynowania energii w transformacji energetycznej. Na przykład, projekt magazynowania energii w Kalifornii⁶¹, wykorzystujący baterie litowo-jonowe do stabilizacji sieci i integracji energii słonecznej, pokazuje, jak technologie te mogą wspierać dekarbonizację. Podobnie, w Australii, projekt "Big Battery" w Południowej Australii⁶², korzystający z największego na świecie systemu magazynowania energii litowo-jonowej, udowadnia, że magazynowanie energii może znacząco zwiększyć niezawodność sieci i wspierać integrację z odnawialnymi źródłami energii, redukując jednocześnie koszty operacyjne systemu energetycznego.

Wyzwania i perspektywy

Mimo obiecujących rezultatów, wdrożenie technologii magazynowania energii na szeroką skalę napotyka na różnorodne wyzwania. Do głównych należą wysokie koszty początkowe, ograniczenia technologiczne

⁶¹ „Energy Storage Procurement Study” autorstwa Mariko Geronimo Aydin i Cevat Onur Aydin na zlecenie California Public Utilities Commission, 2023

⁶² „Community Information Booklet” autorstwa Inès Béchameil, victorianbigbattery.com.au, 2021

dotyczące pojemności i żywotności systemów magazynujących, oraz potrzeba dalszego rozwoju regulacji prawnych i rynkowych, które wspierają integrację tych technologii.

Przyszły rozwój magazynowania energii zależy od postępów w badaniach i rozwoju, zmniejszania kosztów, poprawy wydajności i trwałości technologii, a także od tworzenia korzystnych ram prawnych i rynkowych. Warto również zwrócić uwagę na rozwój technologii magazynowania energii opartych na zasadach zrównoważonego rozwoju, które minimalizują negatywny wpływ na środowisko.

Wyzwania

Wysokie koszty początkowe: Jednym z głównych wyzwań dla szerszego wdrożenia technologii magazynowania energii są wysokie koszty inwestycyjne. Rozwiązania magazynujące energię, takie jak baterie litowo-jonowe, wymagają znaczących nakładów początkowych, co może stanowić barierę dla wielu podmiotów, szczególnie w krajach rozwijających się.

Ograniczenia technologiczne: Ograniczenia dotyczące pojemności, żywotności i efektywności systemów magazynujących energię wciąż stanowią wyzwanie. Poprawa trwałości baterii i zwiększenie ich pojemności magazynowej przy jednoczesnym ograniczeniu degradacji w czasie jest kluczowa dla przyszłego rozwoju.

Potrzeba dalszego rozwoju regulacji: Brak odpowiednich ram prawnych i rynkowych często hamuje rozwój i integrację technologii magazynowania energii. Potrzebne są przepisy, które ułatwią integrację z siecią, umożliwią sprawiedliwe taryfikowanie usług magazynowania oraz wspierają innowacje i inwestycje w sektorze.

Zrównoważony rozwój: Istnieje konieczność rozwijania technologii magazynowania energii w sposób zrównoważony, z minimalnym wpływem na środowisko. Problemy takie jak wydobywanie surowców, recykling zużytych baterii i ogólny ślad węglowy technologii wymagają uwagi.

Perspektywy

Postępy w badaniach i rozwoju: Bieżące i przyszłe badania mają kluczowe znaczenie dla przezwyciężenia technologicznych i ekonomicznych wyzwań. Innowacje, takie jak nowe materiały do produkcji baterii, technologie magazynowania ciepła, czy magazynowanie energii przy użyciu wodoru, obiecują znaczące postępy.

Zmniejszanie kosztów: Skala i doświadczenie w produkcji przyczyniają się do stopniowego obniżania kosztów technologii magazynowania energii. W miarę rozwoju rynku i poprawy efektywności produkcji, można oczekiwać, że technologie te staną się bardziej dostępne.

Tworzenie korzystnych ram prawnych i rynkowych: Rozwój i wdrażanie przepisów wspierających magazynowanie energii, takich jak mechanizmy rekompensat dla usług systemowych czy ułatwienia w integracji z siecią, będą miały kluczowe znaczenie dla przyspieszenia adopcji tych technologii.

Zrównoważony rozwój i minimalizacja wpływu na środowisko: Koncentracja na innowacjach zwiększających zrównoważony rozwój, takich jak lepsze metody recyklingu baterii, zastosowanie ekologicznych materiałów i minimalizacja śladu węglowego, jest niezbędna dla przyszłości magazynowania energii.

Współpraca międzynarodowa i partnerstwa: Współpraca na poziomie globalnym, międzysektorowe partnerstwa i wymiana wiedzy są kluczowe dla przyspieszenia rozwoju i implementacji technologii magazynowania energii. Międzynarodowe inicjatywy i programy mogą wspierać transfer technologii i najlepszych praktyk.

Magazynowanie energii stoi przed szeregiem wyzwań, ale równocześnie oferuje obiecujące perspektywy dla przyszłości energetyki. Przezwyciężenie barier technologicznych, ekonomicznych i regulacyjnych wymaga skoordynowanego działania na wielu poziomach, od lokalnego po globalny. Inwestycje w badania, rozwój technologiczny oraz tworzenie sprzyjających ram prawnych i rynkowych będą kluczowe dla pełnego wykorzystania potencjału magazynowania energii w transformacji energetycznej i dążeniu do zrównoważonej przyszłości.

Wnioski i zalecenia

Magazynowanie energii odgrywa kluczową rolę w transformacji systemów energetycznych w kierunku dekarbonizacji. Poprzez umożliwienie większej integracji odnawialnych źródeł energii, zapewnienie stabilności i niezawodności sieci oraz zmniejszenie zależności od paliw kopalnych, magazynowanie energii przyspiesza proces dekarbonizacji i wspiera globalne starania o ograniczenie zmian klimatycznych⁶³. Dalsze badania i inwestycje w technologie magazynowania energii są kluczowe dla zrównoważonego rozwoju i przyszłości energetyki.

Dla decydentów i sektora energetycznego kluczowe będzie wspieranie rozwoju i integracji technologii magazynowania energii poprzez:

Tworzenie korzystnych ram prawnych i finansowych, które wspierają inwestycje w magazynowanie energii.

Inwestowanie w badania i rozwój nowych technologii magazynowania, by zwiększyć ich efektywność, trwałość i zredukować koszty.

Promowanie współpracy międzysektorowej, aby zintegrować magazynowanie energii z systemami energetycznymi i rynkami.

Edukowanie i informowanie społeczeństwa o korzyściach płynących z magazynowania energii i roli, jaką pełni w dekarbonizacji.

Magazynowanie energii jest niezbędne dla przyszłości zrównoważonych i niskoemisyjnych systemów energetycznych. Jego rozwój i integracja z siecią energetyczną będą miały zasadnicze znaczenie dla osiągnięcia globalnych celów klimatycznych i zrównoważonego rozwoju.

Zakończenie

W zakończeniu, magazynowanie energii stanowi jeden z kluczowych elementów w dążeniu do zrównoważonej przyszłości energetycznej.

⁶³ „Energy storage integration towards achieving grid decarbonization: A bibliometric analysis and future directions” autorstwa M.S. Reza, Musfika Mannan i Safat Bin Wali opublikowany w czasopiśmie „Journal of Energy Storage”, wrzesień 2021

Jego rola w transformacji systemów energetycznych jest nieoceniona, zwłaszcza w kontekście rosnącej penetracji odnawialnych źródeł energii i globalnego imperatywu dekarbonizacji. Technologie magazynowania energii nie tylko umożliwiają pokonanie wyzwań związanych z przerywaną naturą OZE, ale również oferują nowe możliwości w zakresie zarządzania popytem, zwiększenia niezawodności sieci oraz optymalizacji wykorzystania zasobów energetycznych.

W miarę jak świat zmierza ku ambitnym celom klimatycznym, inwestycje w rozwój, wdrażanie i integrację technologii magazynowania energii muszą być priorytetem. Współpraca między rządami, sektorem prywatnym, instytucjami badawczymi i społeczeństwem będzie kluczowa w przezwyciężaniu barier technologicznych, ekonomicznych i regulacyjnych.

Jednocześnie, ważne jest, aby rozważyć i minimalizować potencjalny negatywny wpływ technologii magazynowania energii na środowisko. Rozwój zrównoważonych metod produkcji, eksploatacji i recyklingu systemów magazynowania energii będzie miał kluczowe znaczenie dla zapewnienia, że przynioszą one korzyści zarówno dla klimatu, jak i dla społeczeństwa.

Ostatecznie, magazynowanie energii nie jest jedynie technologicznym uzupełnieniem systemów energetycznych, ale fundamentalnym składnikiem przyszłych zrównoważonych, niskoemisyjnych i niezawodnych sieci energetycznych. Jego rola w kształtowaniu przyszłości energetycznej jest nie do przecenienia, a dalsze badania, innowacje i współpraca będą kluczowe dla pełnego wykorzystania jego potencjału. W miarę postępów w dziedzinie magazynowania energii, możemy być świadkami nie tylko transformacji energetycznej, ale również kroku w stronę osiągnięcia zrównoważonego i prosperującego świata dla przyszłych pokoleń.

PATRONATY MEDIALNE



świat oze

PRZEGLĄD
Komunalny
GOSPODARKA KOMUNALNA I OCHRONA ŚRODOWISKA

PORTAL
Komunalny.pl

**ENERGIA
RECYKLING**
GOSPODARKA OBIEGU ZAMKNIĘTEGO

Energetyka

**TERAZ
ŚRODOWISKO**.pl
Aktualności i praca w ochronie środowiska

BIZNES ALERT

 **Planergia**

 **GRAMWZIELONE.PL**

MAGAZYN
BIOMASA

SPPU OZE

ŚRODOWISKO

ekologia, gospodarka, finanse, samorządy, edukacja

**Ri RYNEK
INSTALACYJNY**

Ekologia

AURA
OCHRONA ŚRODOWISKA



**CZYSTSZA
LEANER
PRODUKCJA
RODUCTION
& EKO-ZARZĄDZANIE
ECO-MANAGEMENT**



Organizator:

Polska Izba Ekologii
40-009 Katowice
ul. Warszawska 3



Partner:

Wydział IMiR
Akademii Górniczo - Hutniczej
im. Stanisława Staszica
w Krakowie

www.innowacjeoze.com

**Konferencja finansowana jest
ze środków
Ministerstwa Edukacji i Nauki**



**Ministerstwo
Edukacji i Nauki**