

Zamówienie stanowi część realizowanego przez NCBR projektu pozakonkursowego pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych i jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, zgodnie z umową o dofinansowanie z dnia 12 kwietnia 2017 r. nr POIR.04.01.03-00-0001/16

Rekomendacja Wykonawcy – dobre praktyki transformacji systemu elektrociepłowniczego w kierunku OZE

Raport wykonany w ramach przedsięwzięcia „Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym”, realizacja zamówienia przedkomercyjnego na podstawie umowy nr 88/21/PU/P63-03 z dnia 31.08.2021 r.

Innowacyjny zeroemisyjny system elektrociepłowni bazującej na odnawialnych źródłach energii i technologiach wodorowych

Wykonawca: Konsorcjum w składzie

Lider:

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
ul. Warszawska 24, Kraków
NIP: 675-000-62-57

Członkowie:

F.H.U. Urządzenia Chłodnicze Marek Czamara
ul. Ceglarskiej 27, Limanowa
NIP: 7371310715

Instytutem Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o.
ul. St. Noakowskiego 18/20, 00-668 Warszawa
NIP: 7010360620

Informacje i poglądy wyrażone w niniejszym raporcie są wynikiem prac jego autorów i nie muszą odpowiadać poglądom Narodowego Centrum Badań i Rozwoju. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w żadnym stopniu nie gwarantuje prawidłowości ani aktualności danych zawartych w raporcie. Raport ma charakter naukowo-popularyzatorski i wszystkie osoby korzystające z jego treści robią to na własną odpowiedzialność. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, ani żadna osoba działająca w jego imieniu nie mogą być pociągnięte do odpowiedzialności za wykorzystanie przez osobę trzecią jakichkolwiek informacji zawartych w tym raporcie. Podmiotem uprawnionym do wyrażania zgody na korzystanie z części lub całości raportu jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

WARSZAWA, 2022

   K1-Informacja Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.		Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym
 CZAMARA		Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
		Strona: 1/57

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 2/57

Dobre praktyki OZE
„Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym”

Zamawiający:

Narodowym Centrum Badań i Rozwoju
ul. Nowogrodzka 47a
00-695 Warszawie
NIP: 701-007-37-77

Wykonawcy:

Konsorcjum w składzie

Lider:

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki
ul. Warszawska 24, Kraków
NIP: 675-000-62-57

Członkowie:

F.H.U. Urządzenia Chłodnicze Marek Czamara
ul. Ceglarska 27, Limanowa
NIP: 7371310715

Instytutem Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o.
ul. St. Noakowskiego 18/20, 00-668 Warszawa
NIP: 7010360620

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 3/57

Spis treści

<i>Streszczenie</i>	<i>6</i>
<i>1. Wstęp.....</i>	<i>7</i>
<i>1.1. Opis problemu badawczego</i>	<i>7</i>
<i>1.2. Opis opracowanej Technologii Elektrociepłowni (PK)</i>	<i>9</i>
<i>2. Lokalizacja Demonstratora Technologii</i>	<i>9</i>
<i>3. Projektowanie Technologii Elektrociepłowni.....</i>	<i>14</i>
<i>3.1. Wnioski dotyczące modelowania numerycznego zrealizowanego w oprogramowaniu TRNSYS</i> <i>14</i>	
<i>3.2. Wnioski dotyczące osiągnięcia Wymagań Obligatoryjnych i Konkursowych</i>	<i>14</i>
<i>3.3. Kogeneracja.....</i>	<i>15</i>
<i>4. Analiza kosztów ciepła</i>	<i>15</i>
<i>4.1. Analiza LCOH</i>	<i>16</i>
<i>4.2. Analiza efektywności ekonomicznej Demonstratora Technologii</i>	<i>17</i>
<i>5. Uwarunkowania formalno-prawne dotyczące Technologii Elektrociepłowni</i>	<i>17</i>
<i>5.1. Zidentyfikowane bariery prawne ustalone na przykładzie Demonstratora</i>	<i>17</i>
<i>5.2. Wpływ polityki energetycznej Unii Europejskiej z uwzględnieniem taksonomii klimatycznej na</i> <i>wdrażanie Technologii Elektrociepłowni</i>	<i>18</i>
<i>Europejski Zielony Ład (EU Green Deal).....</i>	<i>20</i>

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 4/57

<i>Dyrektywa RED II</i>	<i>21</i>
<i>Dyrektywa EED</i>	<i>22</i>
<i>System EU ETS, handlu uprawnieniami do emisji CO2</i>	<i>25</i>
<i>Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu</i>	<i>25</i>
<i>Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040.....</i>	<i>26</i>
<i>Taksonomia klimatyczna</i>	<i>26</i>
<i>Podsumowanie</i>	<i>27</i>
6. Harmonogram budowy instalacji Demonstratora Technologii	28
7. Skalowalność i replikowalność Technologii Elektrociepłowni	30
7.1. Skalowalność	30
7.2. Replikowalność	31
7.3. Potencjał dostosowania Demonstratora Technologii do zmian na rynku energii i ciepła... 34	
8. Obliczenia	36
<i>Wnioski dotyczące wyników symulacji.....</i>	<i>39</i>
9. Bezpieczeństwo	44
10. Dane Wykonawcy.....	45
10.1. Dane adresowe oraz rejestrowe.....	45
10.2. Opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie działalności badawczo-rozwojowej	46
10.3. Opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie branży ciepłowniczej.....	49

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 5/57

10.4.	Informacje o Zespole Projektowym	51
11.	Załączniki	57

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 6/57

Streszczenie

W niniejszym raporcie przedstawiono koncepcję innowacyjnego zeroemisyjnego systemu elektrociepłowni bazującego na odnawialnych źródłach energii i technologiach wodorowych. Podstawowym źródłem energii w systemie jest energia słoneczna pozyskiwana z ogniw fotowoltaicznych oraz niskotemperaturowa energia odpadowa. W okresie letnim energii elektryczne wytwarzana w ogniwach fotowoltaicznych przetwarzany jest w elektrolizerze na energię chemiczną w wodrze. W procesie elektrolizy powstaje ciepło, które będzie wykorzystywane w pierwszej kolejności do zasilania w ciepło odbiorców przyłączonych do sieci ciepłowniczej a nadmiary gromadzone w zasobniku. Ciepło z zasobnika będzie wykorzystywane, kiedy będą występowały niedobory ciepła do zasilania sieci ciepłowniczej (np. okresy nocne lub dni o dużym zachmurzeniu). W okresie poza sezonem letnim ciepło będzie wytwarzane w pompach ciepła zasilanych energią odpadową. W okresach wysokich cen energii elektrycznej będzie uruchamiany silnik tłokowy zasilany wodorem. Silnik będzie pracował jako układ kogeneracyjny tj. generując energię elektryczną i ciepło. Ciepło jakie będzie generowane w silniku, w tym głównie odzyskiwane ze spalin, pozwoli dogrzać wodę sieciową do temperatury 115°C.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 7/57

1. Wstęp

1.1. Opis problemu badawczego

Problemem badawczym podjętym przez wykonawcę było opracowanie technologii elektrociepłowni pozwalającej na:

- *stabilne dostarczanie do odbiorców ciepła produkowanego ze źródeł odnawialnych w udziale powyżej 80% w ciągu roku;*
- *wytwarzanie energii elektrycznej w układzie kogeneracyjnym zasilanym paliwem odnawialnym o mocy elektrycznej zainstalowanej powyżej 450 kW_e.*

Skojarzone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła jest rozwiązaniem dodatkowo podnoszącym efektywność pracy instalacji. Podnosi ona ogólną sprawność oraz elastyczność układu, który staje się w takiej sytuacji instalacją poligeneracyjną. Operator instalacji w zależności od lokalnych oraz chwilowych uwarunkowań może decydować o sposobie pracy instalacji w celu zaspokojenia bieżących potrzeb odbiorców jak również optymalizacji wyniku finansowego układu.

Opracowana technologia musiała być dostosowana do uwarunkowań (klimatycznych i technicznych) panujących w naszym kraju. Zgodnie z wymaganiami konkursu minimum 80%, energii zasilającej elektrociepłownię musi pochodzić ze źródeł odnawialnych, tj. ze słońca, wiatru, płytkiej geotermii, aerotermii, substratów pochodzenia rolniczego wykorzystywanych do produkcji biogazu lub z zakupionej energii elektrycznej, również pochodzącej z OZE.

Jak wiadomo warunki klimatyczne panujące w Polsce utrudniają łatwe i bezpośrednie korzystanie ze źródeł odnawialnych (w szczególności źródeł pogodowo zależnych) do zaspokajania potrzeb ciepłowniczych. Podstawowe źródła energii odnawialnej tj. energetyka słoneczna oraz wiatrowa wykazują się bowiem dużą dynamiką zmian obciążenia w ciągu roku. Dynamikę tę można obserwować zarówno w okresach krótkoterminowych tj. dobowych jak również w okresach sezonowych. Dodatkowo podaż energii ze źródeł odnawialnych przesunięta jest w czasie z jej popytem.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 8/57

Zapotrzebowanie na ciepło w warunkach Polskich występuje głównie w okresie miesięcy jesiennych i zimowych. Podaż ciepła np. ze słońca występuje głównie latem. Dodatkowo obecne systemy ciepłownicze projektowane były do współpracy z konwencjonalnymi źródłami ciepła tj. pozwalającymi na zasilanie ich ciepłem wysokotemperaturowym. Źródła odnawialne dla podwyższenia sprawności swojego działania raczej preferują współpracę z odbiornikami niskotemperaturowymi.

W aspekcie wytwarzania energii elektrycznej w układzie kogeneracyjnym ze źródeł OZE wymogi konkursu narzuciły wykorzystanie jednego z dwóch paliw tj. wodoru „zielonego” lub biogazu. Kogeneracja rozproszona pracująca na potrzeby lokalnych systemów ciepłowniczych, w szczególności związana z wykorzystaniem przywołanych paliw nie jest w dotychczasowej praktyce wykorzystywana. Istniejące biogazownie budowane były raczej na terenach niezurbanizowanych, ze względu na konieczność dostarczania dużych ilości substratu oraz związanych z ich funkcjonowaniem potencjalną uciążliwość dla najbliższego otoczenia. Powyższe powoduje, że brak jest tradycji wykorzystywania biogazowni do pracy w systemach ciepłowniczych.

Układy polegające na produkcji, magazynowaniu oraz wykorzystywaniu wodoru w instalacjach kogeneracyjnych również stanowią nowość a ich wykorzystanie wymaga rozwiązania szeregu problemów badawczych związanych m.in. długoterminowym magazynowaniem wodoru oraz doбором rozwiązań pozwalających na efektywną pracę układu kogeneracyjnego.

Powyższe okoliczności tworzą wyzwania technologiczne, z którymi wykonawcy projektu musieli się mierzyć. Do wyzwań tych można zatem zaliczyć:

- niedopasowanie czasowe podaży energii ze źródeł OZE z popytem na tą energię do produkcji ciepła;*
- preferowaną wysokotemperaturowość obecnych systemów ciepłowniczych;*
- ograniczoną podaż terenu pod zabudowę źródeł OZE w warunkach infrastruktury miejskiej;*
- konieczność długoterminowego magazynowania energii (głównie w postaci wodoru);*
- zapewnienie rozwiązań technicznych w obrębie węzła kogeneracji pozwalających na efektywną i długotrwałą pracę jego komponentów.*

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 9/57

W celu odpowiedzi na sformułowane wyzwania technologiczne oraz w celu rozwiązania postawionego problemu badawczego wykonawcy zrealizowali szereg prac badawczych o charakterze koncepcyjnym i obliczeniowym. Prac były realizowane dla zmiennych:

- konfiguracji szczegółowych instalacji tworzącej opracowaną technologię;
- parametrów konstrukcyjnych i operacyjnych elementów wchodzących w skład opracowanej technologii (m.in. panele PV, pompy ciepła, elektrolizer, układ kogeneracyjny na wodór).

W ich wyników zaproponowana została ostateczna konfiguracja opracowanej technologii oraz zdefiniowane zostały komponenty wchodzące w jej skład. Dodatkowo opracowano sposób sterowania instalacją w reakcji na bieżące, zmienne warunki klimatyczne oraz stan zapotrzebowania na ciepło odbiorcy.

1.2. Opis opracowanej Technologii Elektrociepłowni

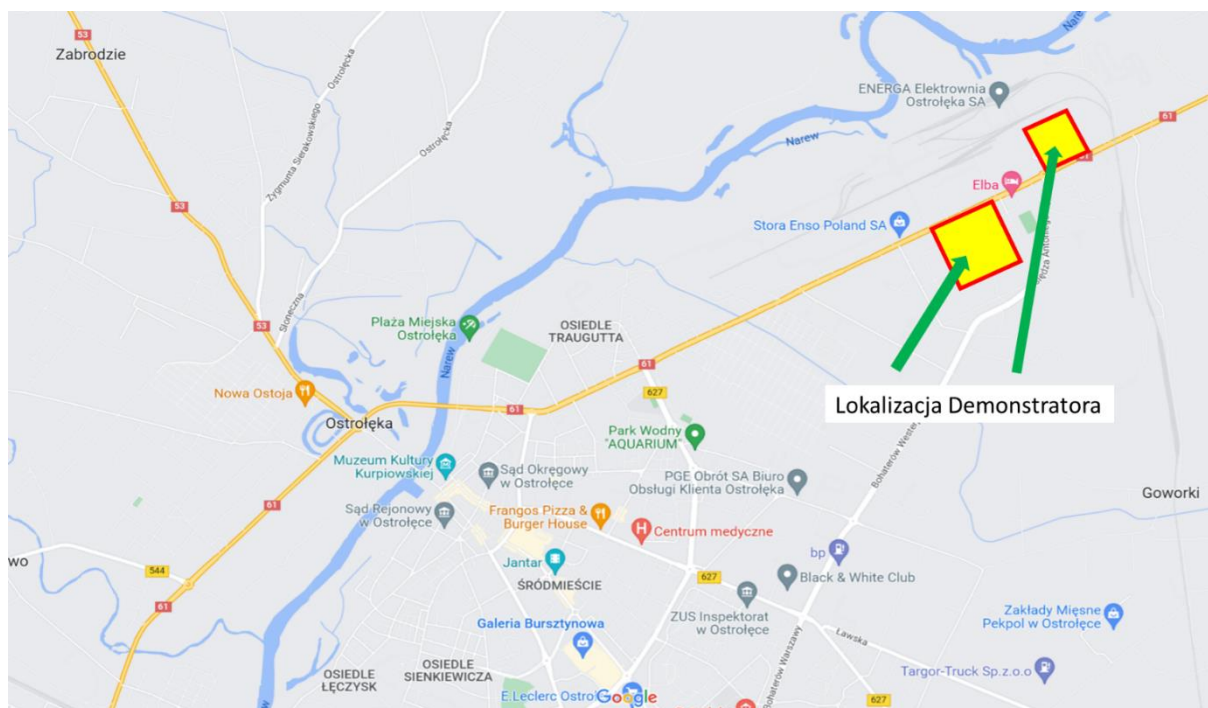
Należy przedstawić skrócony opis opracowanej Technologii uwzględniając:

- nazwa opracowanej technologii
- opis koncepcji
- zastosowane urządzenia techniczne i rozwiązania
- wykorzystywane substraty i nośniki energii
- przemiany energii następujące w systemie: sprawności procesów, zagospodarowanie ciepła odpadowego z procesów własnych systemu
- istotne parametry i ograniczenia – oczekiwany, faktyczny i teoretycznie możliwy do uzyskania udział OZE przy wykorzystaniu Technologii, warunki które musi spełniać lokalizacja, itp.
- zmiany organizacyjne i wpływ na zatrudnienie spowodowane zastosowaniem Technologii

2. Lokalizacja Demonstratora Technologii

Demonstrator technologii zostanie zlokalizowany w mieście Ostrołęka. Poglądowo lokalizację demonstratora przedstawiono na mapie na rysunku 2.1. Jednym kwadratem zaznaczona jest lokalizacja budynków, a drugim posadowienie urządzeń technicznych.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA	 Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Strona: 10/57



Rysunek 2.1 Poglądowa mapa z zaznaczeniem lokalizacji Demonstratora (źródło: <https://www.google.pl/maps>)

Liczba ludności miasta Ostrołęka wg GUS wynosi w roku 2020 52055 osób. Jest to zgodne z Załącznikiem nr 2 do Regulaminu Konkursu, który określa, że System Demonstracyjny musi być zlokalizowany na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej (w rozumieniu odbiorców ciepła), w miejscowości o liczbie mieszkańców nie mniejszej niż 7 tys. i nie większej niż 300 tys. osób (wg GUS "Rocznik Demograficzny 2020").

W ramach Demonstratora technologii zasilone zostaną budynki zlokalizowane w obrębie ulic: Środkowej, Pięknej, Broniewskiego, Jasnej oraz Partyzantów. Ich powierzchnie przedstawiono w tabeli 2.1.

Tabela 2.1 Wykaz powierzchni budynków wchodzących w skład technologii Demonstratora

Ulica	Nr domu	Powierzchnia mieszkalna, m ²	Powierzchnia całkowita, m ²
Partryzantów	2	1 540,95	1 540,95
Partryzantów	4	936,12	936,12
Partryzantów	6	883,08	883,08
Partryzantów	8	1 150,83	1 150,83
Partryzantów	10	1 151,01	1 151,01
Partryzantów	12	1 171,08	1 171,08
Partryzantów	14	756,00	756,00
Partryzantów	16	1 288,28	1 288,28
Środkowa	Razem	1 628,07	1 628,07
Piękna	Razem	691,36	1 389,36
Broniewskiego	Razem	1 519,33	1 519,33
Jasna	Razem	1 665,42	1 665,42
Suma		14 381,53	15 079,53

Taka sama powierzchnia dotyczy zarówno lokali ogrzewanych ciepłem z systemu elektrociepłowniczego Demonstratora Technologii jak również dostarczania ciepłej wody użytkowej.

Istniejąca infrastruktura energetyczna to jednostki wytwórcze oraz sieci przesyłowe:

- źródło ciepła (ENERGA Elektrownie Ostrołęka S.A.) - jedno dla całego miasta,
- sieci przesyłowe wodne,
- węzły ciepłownicze - wyposażone w automatykę pogodową zdalne odczyty i monitoring parametrów pracy,
- komory ciepłownicze - wyposażone w zdalnie sterowaną armaturę regulacyjną i odcinającą.

Sieci wodne: magistralne, rozdzielcze i przyłącza, przesyłają czynnik grzewczy ze źródła ciepła do poszczególnych odbiorców. Zestawienie podstawowych parametrów Sieci ciepłownicza miasta Ostrołęki przedstawiono w tabeli 2.2.

Tabela 2.2. Zestawienie podstawowych parametrów sieci ciepłowniczej miasta Ostrołęki

<i>Sieci kanałowe</i>	<i>Sieci napowietrzne</i>	<i>Sieci preizolowane</i>	<i>Sieci wodne razem:</i>	<i>Pojemność sieci wodnych</i>
<i>km</i>	<i>km</i>	<i>km</i>	<i>km</i>	<i>m³</i>
17,5	7,8	71,6	96,9	5 789,82

W okresie ogrzewania w sieci ciepłowniczej wodnej utrzymywane jest ciśnienie w wysokości do 0,9 MPa w rurociągu zasilającym oraz 0,2 MPa w rurociągu powrotnym. Temperatura wody w rurociągu zasilającym utrzymywana jest zgodnie z zasadami centralnej regulacji jakościowej, w zależności od aktualnej temperatury zewnętrznej. Parametry (temperatury) obliczeniowe wynoszą 120/65°C przy temperaturze zewnętrznej -20°C, Temperatura zasilania ustalana jest przez Dyspozytora Pogotowia Ciepłowniczego ENERGA Ciepło Ostrołęka Sp. z o.o. Poza okresem ogrzewania w sieci ciepłowniczej wodnej utrzymywane jest ciśnienie w wysokości do 0,5-0,6 MPa w rurociągu zasilającym oraz 0,2 MPa w rurociągu powrotnym. Temperatura wody w rurociągu zasilającym utrzymywana jest w wysokości 65°C.

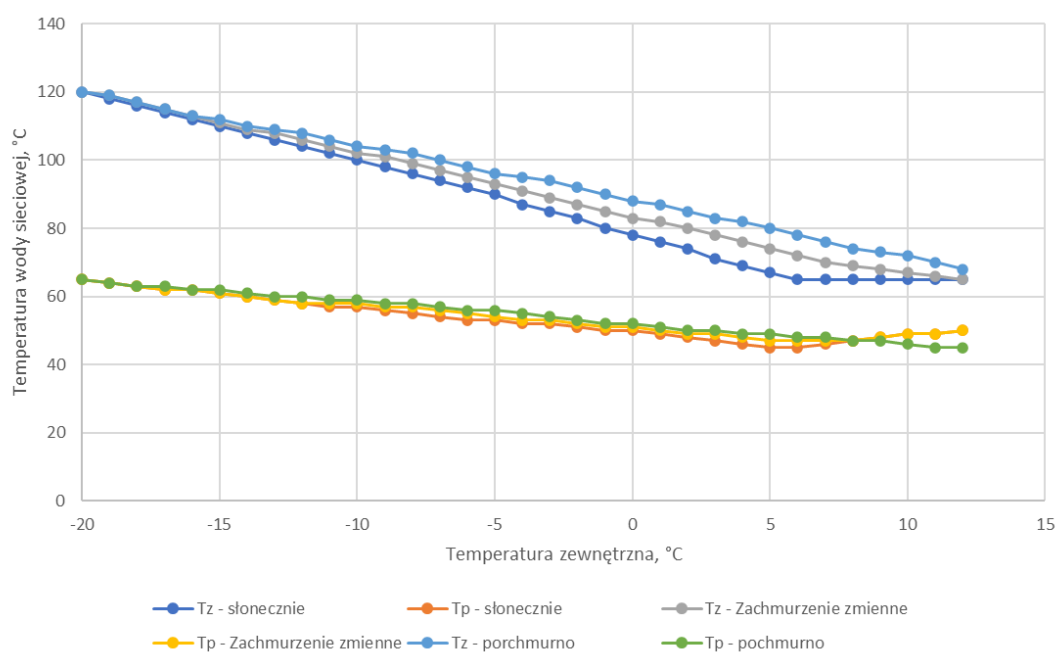
Tabela 2.3. Zestawienie podstawowych parametrów pracy sieci ciepłowniczej Energa Ciepło Ostrołęka

<i>Parametr</i>	<i>Jedn.</i>	<i>Sieć „O”</i>	<i>Sieć „P”</i>
<i>Ciśnienie robocze</i>	<i>MPa</i>	0,9/0,6	0,9/0,6
<i>Ciśnienie nominalne</i>	<i>MPa</i>	1,6	1,6
<i>Temperatura maksymalna</i>	<i>°C</i>	150	150
<i>Przepływ maksymalny</i>	<i>Mg/h</i>	3200	1900
<i>Średnica</i>	<i>mm</i>	600/800	400

W okresie ogrzewania temperatura wody w rurociągu zasilającym ustalana jest przez Dyspozytora Pogotowia Ciepłowniczego ENERGA Ciepło Ostrołęka Sp. z o.o., zgodnie z zasadami centralnej regulacji jakościowej. Tabela regulacyjna temperatury wody sieciowej została opracowana przy następujących założeniach:

- temperatura zasilania $T_z = 120^\circ\text{C}$,

- temperatura powrotu $T_p = 65^\circ\text{C}$,
- w warunkach obliczeniowych przy $U = -20^\circ\text{C}$ i prędkości wiatru do 3 m/s dla dni słonecznych. Minimalna temperatura zasilania wody sieciowej wynosi 65°C przy $t_e = 6^\circ\text{C}$ i wyższej. Udział ciepłej wody w systemie wynosi 19% mocy zamówionej w warunkach obliczeniowych. W tabeli przyjęto dodatki do temperatury zasilania w wysokości 3°C dla dni z zachmurzeniem zmiennym lub prędkości wiatru od 3 m/s do 8 m/s oraz w wysokości 5°C dla dni pochmurnych lub prędkości wiatru powyżej 8 m/s. Tabelę regulacyjną opracowuje się dla temperatury zewnętrznej w przedziale od -20°C do $+12^\circ\text{C}$.



Rys. 2.2. Tabela regulacyjna pracy sieci ciepłowniczej Energa Ciepło Ostrołęka

Uzyskany udział odnawialnych źródeł energii wynosi 100%.

Instalacje centralnego ogrzewania istniejące w Systemie Demonstracyjnym zostały zaprojektowane do zasilania wysokotemperaturowego, tj. czynnikiem grzewczym o temperaturze powyżej 50°C .

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 14/57

3. Projektowanie Technologii Elektrociepłowni

3.1. Wnioski dotyczące modelowania numerycznego zrealizowanego w oprogramowaniu TRNSYS

W modelu numerycznym zmienione zostały parametry paneli fotowoltaicznych (na zmianę uzyskano zgodę Zamawiającego), które odpowiadają rzeczywistym parametrom wykorzystanych urządzeń. Zgodnie z wymaganiami obligatoryjnymi zachowane zostały pozostałe wartości parametrów statycznych narzuconych przez Zamawiającego. W modelowaniu numerycznym przeprowadzonym przez Konsorcjum spełniono wszystkie wymagania obligatoryjne i konkursowe.

3.2. Wnioski dotyczące osiągnięcia Wymagań Obligatoryjnych i Konkursowych

W ramach projektu zaproponowana układ, który spełnia wyżej opisane kryteria. Posiada on:

- źródło energii elektrycznej pogodo zależne (panele PV)
- elektrolizer, który jest w stanie przetwarzać energię z PV na wodór (odnawialne paliwo syntetyczne)
- silnik wodorowy, który wykorzystywany jest generacji energii elektrycznej z odnawialnego paliwa syntetycznego (wodór).

W zaproponowany układzie jest wykorzystywane również ciepło odpadowe generowane w procesie elektrolizy. W opinii autorów współpraca takich układów z sieciami ciepłowniczymi daje możliwość wykorzystania ciepła odpadowego powstającego w procesie transformacji energii elektrycznej na syntetyczne paliwo odnawialne jak również w procesie transformacji syntetycznego paliwa odnawialnego na energię elektryczną.

Zaproponowany układ wymaga dynamicznego zarządzania wielkością produkcji wodoru, oraz później przetwarzanie tego paliwa na energię elektryczną. Zbudowanie takich algorytmów w środowisku TRNSYS nie jest niezmiernie trudne. Autorom nie udało się odtworzyć w pełni założeń takiego układu. Należy zwrócić uwagę również na przyjęte założenia cenowe w arkuszach nie są dostosowane do takiej pracy układu.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 15/57

3.3. Kogeneracja

Obecnie efektywność układów kogeneracyjnych zasilanych paliwami kopalnymi wynika z tego, że zastępują one produkcję energii elektrycznej i ciepła w procesie rozdzielonym na produkcję energii elektrycznej i ciepła w jednym procesie. Dzięki temu proces produkcji takich samych ilości energii elektrycznej i ciepła w układzie kogeneracyjnym posiada znacznie większą sprawność. W przypadku układów kogeneracyjnych zasilanych energią pozyskiwaną z odnawialnych pogodo zależnych źródeł sens kogeneracji się zmienia. Należy założyć w tym przypadku, że alternatywą jest bezpośrednio wykorzystanie energii elektrycznej wytworzonej z pogodo zależnych źródeł na pokrycie potrzeb odbiorców. Pojawia się więc pytanie o sensowność układów kogeneracyjnych w takim przypadku. W opinii autorów w takim przypadku kogeneracja powinna służyć do wykorzystania paliw syntetycznych, wytwarzanych w okresach szczytów energetycznych, do przetwarzania na energię elektryczną. Układy kogeneracyjne pozwalają na zapewnienie procesu transformacji energii z odnawialnych paliw na energię elektryczną z bardzo wysoką sprawnością.

4. Analiza kosztów ciepła

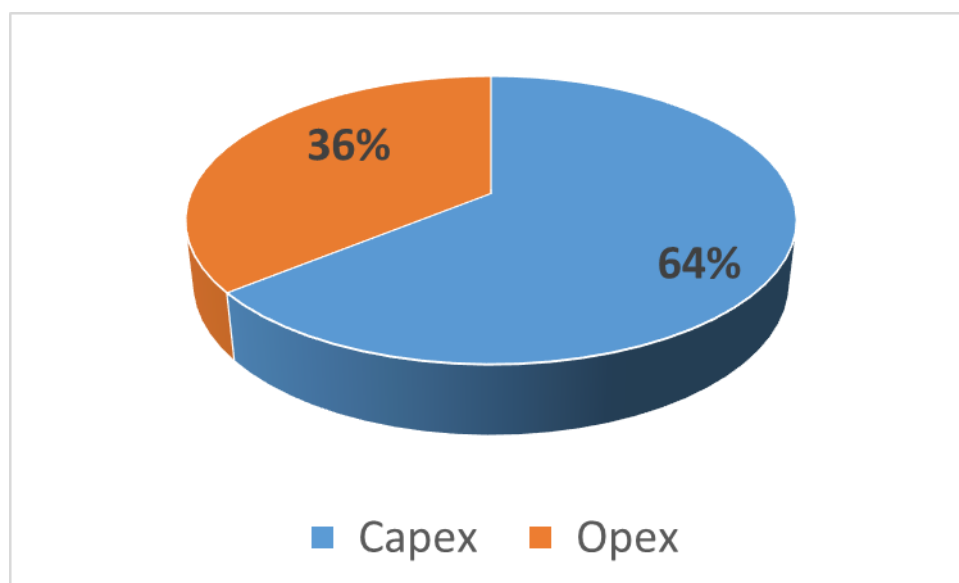
Zaproponowany przez Konsorcjum układ jest nowoczesnym układem kogeneracyjnym wykorzystującym technologie wodorowe. Obecnie technologie te są ciągle kapitałochłonne. W analizach ekonomicznych znana jest zasada aby drogie inwestycyjnie technologie mogły być rentowne albo muszą one mieć duży stopień wykorzystania albo pracować na dużych marżach. W przypadku technologii wodorowych są one przewidywane jest technologie „podszytowe” magazynowania nadmiarów energii z OZE (taki układ został zaproponowany). W związku z tym układy te będą miały relatywnie małe stopnie wykorzystania mocy zainstalowanej więc muszą pracować na dużych marżach. W przypadku analizowanej technologii zysków można upatrywać w dynamicznym zarządzaniu energią elektryczną i wykorzystywanie taniej energii elektrycznej do generacji wodoru po to, aby wykorzystać ją w okresach bardzo drogiej energii elektrycznej. Zgodnie z tym co opisano w rozdziale 3.3 w modelu TRNSYS nie zostało to zamodelowane. W związku z tym utracono główne źródło dochodów dla systemu. Poza tym zaproponowane ceny, a w szczególności różnice cen, bazują na obecnym udziale energii ze

źródeł odnawialnych OZE. Należy się jednak w najbliższym czasie spodziewać istotnego przyrostu źródeł pogodo zależnych co pociągnie za sobą znaczne zróżnicowanie cen pomiędzy szczytami i dolinami.

Głównymi czynnikami mającymi wpływ zarówno na LCOH jak i efektywność ekonomiczną są nakłady inwestycyjne i koszty energii pozyskanej do układu.

4.1. Analiza LCOH

Wartość obliczona LCOH dla okresu 25 letniego wynosi 737 zł/MWh co daje wartość 204 zł. Na poniższym wykresie przedstawiono strukturę kosztów składających się na tą wartość. Z przedstawionego wykresu wynika, że około 64% kosztów to koszty inwestycyjne. Pozostałe koszty to koszty operacyjne w tym jedną z ważniejszych pozycji stanowią koszty zakupu dodatkowej energii na potrzeby Demonstratora. W warunkach rzeczywistych w których prowadzona byłaby instalacja następowałoby dynamiczne zarządzania zakupem i/lub sprzedażą energii elektrycznej w zależności od cen energii elektrycznej na rynku. W ocenie autorów to może spowodować znaczne zmniejszenie kosztów operacyjnych przez co zmniejszenie wartości LCOH. Takie układy dokowo posiadają dużą elastyczność pracy prze co mogą świadczyć usługi dla systemu co powinno stanowić dodatkowe przychody a zaraz obniżenie ceny LCOH, które nie zostały uwzględnione.



Rysunek 2. Struktura zdyskontowanych kosztów stanowiących podstawę obliczenia wartości LCOH

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA	 Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Strona: 17/57

4.2. Analiza efektywności ekonomicznej Demonstratora Technologii

Wartość efektywności ekonomicznej określona zgodnie z wymogami konkursu wynosi 519 tys. PLN w okresie trzech lat. Wartość ta wynika z przyjętej metodologii, tzn. jako cenę ciepła przyjęto wartość LCHO indeksowaną zmianą wartości energii elektrycznej. Należy założyć, że ceny tych nośników powinny być jakoś skorelowane. Przy takich założeniach analiza ekonomiczna powinna dać wynik około zera.

5. Uwarunkowania formalno-prawne dotyczące Technologii Elektrociepłowni

5.1. Zidentyfikowane bariery prawne ustalone na przykładzie Demonstratora

Na podstawie przeprowadzonych prac badawczych możliwe stało się określenie technologii elektrociepłowni spełniającej wymogu konkursu i tym samym odpowiadającej na postawiony w projekcie główny problem badawczy. Wyniki przeprowadzonych prac pozwoliły na przygotowanie projektu instalacji demonstracyjnej dopasowanej do wydzielonego systemu ciepłowniczego z systemu ciepłowniczego miasta Ostrołęka. Realizacja prac projektowych oraz procesu wpasowywania opracowanej technologii do uwarunkowań lokalnych wybranego systemu ciepłowniczego pozwoliło na identyfikację szeregu barier prawno - administracyjnych związanych z zabudową przedmiotowej instalacji. Większość ze zidentyfikowanych barier wynika z konieczności posadowienia komponentów technologii, bezpośrednio w terenie zurbanizowanym na rzecz którego technologia ma pracować tj. nieprzygotowanym w pierwotnych założeniach architektonicznych oraz własnościowych do budowy na tym terenie instalacji o podobnym charakterze.

Do głównych barier prawno – administracyjnych ustalonych na przykładzie demonstratora technologii należy zaliczyć:

- ograniczenia wynikające z praw własności w kontekście budowy instalacji wielkopowierzchniowych głównie PV. Instalacje wytwarzania energii elektrycznej oparte na ogniwach fotowoltaicznych charakteryzują się dosyć niską gęstością uzyskiwanej mocy. Stąd

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 18/57

dla zapewnienia wymaganego strumienia energii konieczna jest rozbudowa powierzchni takiej instalacji. W warunkach zurbanizowanych, zabudowy wielorodzinnej przywołana okoliczność nastręcza wielu problemów związanych z uzgodnieniami z dysponentami poszczególnych obiektów budowlanych oraz działek możliwości posadowienia instalacji PV.

- ograniczenia wynikające z praw własności gruntów, na których posadowione będą główne komponenty instalacji takie jak: instalacja magazynowania oraz przetwarzania wodoru, pompy ciepła. Jest to ograniczenie o podobnym charakterze do przywołanego powyżej. Dodatkową trudność np. w przypadku lokalizacji układu kogeneracyjnego może stanowić oddziaływanie tego układu na otoczenie, tj. np. generowanie hałasu;*
- możliwości wyprowadzenia mocy elektrycznej do sieci elektroenergetycznej – ograniczenia wynikające z możliwości przyłączenia instalacji wytwórczej do sieci. Sieć elektroenergetyczna z założenia budowana była w sposób umożliwiający przede wszystkim dostarczenie energii elektrycznej do odbiorców o wymaganej przez nich sumarycznej mocy. Moc ta w zależności od lokalnych uwarunkowań może być znacząco różna od mocy zainstalowanej instalacji wytwórczych. Fakt ten może utrudniać możliwość uzyskania warunków przyłączenia do sieci instalacji wytwórczych opracowanej technologii;*
- ograniczenia wynikające z miejscowych planów zagospodarowania przestrzennego (MPZP), które mogą wprowadzać ograniczenia np. na maksymalną dopuszczalną moc instalacji PV, lub eliminowanie pewnych technologii np. turbin wiatrowych, układów kogeneracyjnych.*
- ograniczenia wynikające z braku jasnych regulacji prawnych związanych zabudową magazynów wodoru z możliwością poboru z nich wodoru przez podmioty zewnętrzne. Dodatkową trudnością jest konieczność lokalizacji takiego magazynu w terenie zurbanizowanym. W aktualnym stanie prawnym nie ma przepisów techniczno-budowlanych określających warunki budowy takich instalacji (Ustawa Prawo budowlane);*

brak jasnych regulacji związanych z zasadami funkcjonowania rynku wodoru i korzystania z infrastruktury przesyłowej związanej z tym rynkiem.

5.2. Wpływ polityki energetycznej Unii Europejskiej z uwzględnieniem taksonomii klimatycznej na wdrażanie Technologii Elektrociepłowni

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 19/57

Jak już wcześniej wspomniano, opracowana technologia pozwala na:

- *stabilne dostarczanie do odbiorców ciepła produkowanego ze źródeł odnawialnych w udziale powyżej 80% w ciągu roku;*
- *wytwarzanie energii elektrycznej w układzie kogeneracyjnym zasilanym paliwem odnawialnym o mocy elektrycznej zainstalowanej powyżej 450 kWe.*

Technologia jest dostosowana do uwarunkowań (klimatycznych i technicznych) panujących w naszym kraju. Jej komercjalizacja przyczyni się do:

- *wzrostu udziału energii odnawialnej w całkowitym wykorzystaniu energii w naszym kraju, w szczególności w sektorze ciepłowniczym;*
- *wzrostu udziału energii elektrycznej produkowanej z odnawialnych źródeł energii;*
- *wzrostu udziału ciepła wytwarzanego w procesach wysokosprawnej kogeneracji;*
- *promowania gospodarki wodorowej;*
- *zmniejszenia wykorzystania paliw kopalnych;*
- *zmniejszenia emisji substancji zanieczyszczających emitowanych do atmosfery ze spalania paliw kopalnych w tym dwutlenku węgla.*

Technologia posiadająca powyższe cechy pozostaje w zgodzie z trendami polityki energetycznej Unii Europejskiej w tym taksonomii klimatycznej. Dla potwierdzenia powyższej tezy w dalszej części raportu przywołano i scharakteryzowano wybrane akty prawne UE prezentujące politykę energetyczną unii.

Zgodnie z regulacjami UE m.in. dyrektywą w sprawie odnawialnych źródeł energii (2009/28/WE) Polska zobowiązała się do realizacji określonych celów w zakresie udziału energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w końcowym zużyciu energii brutto.

Zgodnie z przyjętym „Krajowym planem działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych” (KPD) największy wkład w realizację celów miało wnieść ciepło z OZE (54%), w następnej kolejności energia elektryczna z OZE (25%) oraz biopaliwa i transport elektryczny z OZE (21%). Produkcja energii z OZE miała się przełożyć na określone udziały zużycia energii z OZE w 2020 roku odpowiednio w sektorach ciepła i chłodu (17,1%), energii elektrycznej (19,1%) i transportu (11,4%).

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 20/57

Ciepłownictwo, jest zatem podstawą realizacji przez Polskę celów sektorowych OZE i obowiązkowego celu ogólnego. Niestety Polska zeszła z planowanej ścieżki realizacji celów OZE również w sektorze ciepłownictwa, realizując zbyt wolny wzrost udziału OZE w ciepłownictwie systemowym. W 2017 roku udział OZE w całym ciepłownictwie w Polsce wynosił 14,5%, podczas gdy w ciepłownictwie systemowym zaledwie 9%. Notowany jest zatem rozdźwięk pomiędzy planowaną produkcją ciepła ze źródeł odnawialnych a faktyczną realizacją tych planów. Rozdźwięk ten musi zdaniem autorów niniejszego raportu, rodzić presję na przedsiębiorstwa ciepłownicze na działania modyfikujące ich majątek wytwórczy w kierunku odnawialnych źródeł energii, głównie ciepła (Grzegorz Wiśniewski, Aneta Więcka, Tomasz Kowalak, Paweł Tokarczyk, Dorota Gręda Oze I Magazyny Ciepła W Polskim Ciepłownictwie, Instytut Energii Odnawialnej, 2019)

Europejski Zielony Ład (EU Green Deal)

Istotnym dokumentem rzutującym na przyszłe uwarunkowania sektora energetycznego jest Europejski Zielony Ład stanowiący plan działania na rzecz zrównoważonej gospodarki. Do 2050 r. UE zgodnie z założeniami tego dokumentu ma się stać kontynentem neutralnym dla klimatu. Konsekwencją tego mają być działania pozwalające przekształcić to zobowiązanie polityczne w zobowiązanie prawne oraz umożliwiające pobudzenie inwestycji. W obszarze polityki określonym mianem Czysta Energia zapowiedziano aktualizację w roku 2023 Krajowych Planów na rzecz Energii i Klimatu celem uwzględnienia nowych ambitnych celów klimatycznych. Należy się spodziewać nacisku na coraz szersze odchodzenie od używania węgla, nie tylko do wytwarzania energii elektrycznej, ale także w innych obszarach, w tym w ciepłownictwie.

Polska jest pod bardzo silnym naciskiem odchodzenie od paliw kopalnych. W środowisku ciepłowniczym pojawiają się już sygnały, w których mowa jest o konieczności radykalnej zmiany miksu paliwowego w ciepłownictwie koncesjonowanym, w którym obecnie paliwa węglowe stanowią około 72,5% wsadu, zaś dla ciepła z kogeneracji około 68% ("Energetyka ciepła w liczbach 2018. Urząd Regulacji Energetyki, wrzesień 2019.")

Dodatkowo w kontekście opracowanej technologii należy wspomnieć, że jednym z celów wyznaczonych w Europejskim Zielonym Ładzie jest zapewnienie konkurencyjnego przemysłu o obiegu zamkniętym. Dla

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 21/57

realizacji m.in. tego celu zalecane jest m.in. wykorzystanie wodoru odnawialnego i biomasy, które mogą zastąpić paliwa kopalne.

Dyrektywa RED II

Pod koniec 2018 roku w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej opublikowana została Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych. Dyrektywa ta określa wspólny dla wszystkich państw członkowskich cel, by do roku 2030 udział energii ze źródeł odnawialnych (OZE) w końcowym zużyciu energii brutto w całej Unii wynosił co najmniej 32%. Bez zmian pozostawia natomiast cel określony na rok 2020 przez dyrektywę 2009/28/WE w art. 3 ust. 1, określający na 20 procent udział energii pochodzącej z OZE w unijnym zużyciu energii oraz indywidualne zobowiązania państw członkowskich dotyczące struktury ich bilansu energetycznego do tego roku.

W odróżnieniu od obowiązków określonych do roku 2020, nowe przepisy nie wprowadzają celów częściowych przypisanych poszczególnym krajom w zakresie docelowych udziałów energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii. Miksy energetyczne poszczególnych państw ustalane są przez nie indywidualnie i są sformułowane w zintegrowanych krajowych planach w dziedzinie energii i klimatu. W Polsce taki plan został już przygotowany i opublikowany. W planie tym znajdujemy zapis mówiący że:

„W ramach realizacji ogólnounijnego celu na 2030 r. Polska deklaruje osiągnięcie do 2030 r. 21-23% udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto (zużycie łącznie w elektroenergetyce, ciepłownictwie i chłodnictwie oraz na cele transportowe), przy czym realizacja celu OZE na poziomie 23% będzie możliwa pod warunkiem przyznania Polsce dodatkowych środków unijnych, w tym na sprawiedliwą transformację. Istotny wpływ na skalę wykorzystania OZE będzie mieć postęp technologiczny – zarówno w zakresie aktualnie znanych sposobów wytwarzania energii, jak i w zupełnie nowych technologiach, ale także w technologiach magazynowania energii. **Ocenia się, że w perspektywie 2030 r. udział OZE w ciepłownictwie i chłodnictwie będzie zwiększał się o 1,1 pkt proc. średniorocznie tj. do poziomu ok. 28,4%. W transporcie przewiduje się osiągnięcie 14% udziału energii odnawialnej w 2030 r. Do 2030 r. przewiduje się wzrost udziału OZE do ok. 32% w elektroenergetyce. Na mocy dyrektywy Parlamentu**

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	

Strona:
22/57

Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych Polska została zobowiązana do osiągnięcia minimum 15% udziału energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto do 2020 r. W 2018 r. udział energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu energii brutto w Polsce wyniósł 11%. Mając na uwadze dotychczasowe postępy dotyczące rozwoju OZE, krajowe zobowiązanie na 2030 r. należy uznać za ambitne”.

Jak już wcześniej wspomniano powyżej przytoczone zapisy krajowego planu w dziedzinie energii i klimatu (m.in. w odniesieniu do ciepłownictwa) wywodzą się z zapisów dyrektywy 2018/2001 z 11 grudnia 2018 r (tzw. RED II).

Nowa dyrektywa (tzw. RED II) bowiem w art. 23 wzywa do zwiększania roli OZE w ciepłownictwie. Dyrektywa stawia wymóg ustanowienia przez państwa członkowskie systemów wsparcia: w celu promowania korzystania z OZE każde państwo członkowskie dąży do zwiększenia udziału energii odnawialnej w ciepłownictwie o 1,3 punktu procentowego (roczna średnia wyliczona dla okresów 2021–2025 i 2026–2030), zaczynając od udziału energii odnawialnej w 2020 roku. W przypadku państw członkowskich, w których nie wykorzystuje się ciepła i chłodu odpadowego, to zwiększenie udziału ograniczone jest do 1,1 punktu procentowego. Ponadto (art. 24) państwa członkowskie ustanawiają niezbędne środki zapewniające, by systemy ciepłownicze i chłodnicze przyczyniały się do zwiększenia, o którym mowa w art. 23 dyrektywy (G. Wiśniewski, A. Więcka, T. Kowalak, P. Tokarczyk, and D. Gręda, “Inwestycje w odnawialne źródła energii i magazyny ciepła sposobem na długoterminowe obniżanie kosztów i poprawę konkurencyjności miejskich ciepłowni,” 2019)

W przedmiotowej dyrektywie (dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych) uwzględniony został również rozwój kogeneracji. Dyrektywa RED II, kładzie bowiem nacisk na rozwój efektywnych energetycznie systemów ciepłowniczych.

Dyrektywa EED

24 grudnia 2018 r. weszła w życie dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z dnia 11 grudnia 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej (dyrektywa EED).

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 23/57

Przywołana dyrektywa wyznacza cel w zakresie efektywności energetycznej na poziomie unijnym, wyrażony w postaci zużycia energii pierwotnej lub końcowej. Zgodnie z tym celem oczekuje się zmniejszenia zużycia energii o co najmniej 32,5 % w roku 2030 r. w stosunku do prognoz tego zużycia realizowanych w roku 2007. Prognozy opracowane w 2007 r. przewidywały zużycie w 2030 r. w wysokości 1 887 Mtoe energii pierwotnej oraz 1 416 Mtoe energii końcowej. Obniżenie o 32,5 % daje wynik w wysokości odpowiednio 1 273 Mtoe oraz 956 Mtoe w roku 2030. W perspektywach do 2030 r. dyrektywa nie wprowadza wiążących celów na poziomie państw członkowskich wychodząc z założenia, że nie należy ograniczać swobody państw członkowskich w określaniu ich wkładów. Państwa członkowskie powinny określić swoje orientacyjne krajowe wkłady w zakresie efektywności energetycznej, biorąc pod uwagę fakt, że unijne zużycie energii do 2030 r. nie może być większe niż 1 273 Mtoe energii pierwotnej lub 956 Mtoe energii końcowej.

Podobnie jak w przypadku dyrektywy EPDP, pewne zobowiązania podjęte przez nasz kraj wynikające z charakteryzowanej w rozdziale dyrektywy EEP można odnaleźć w przywoływanym już wcześniej „Krajowym planach na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030”. W rozdziale tego planu dotyczącym efektywności energetycznej odnajdujemy zapisy mówiące o tym, że:

„Na podstawie analizy efektów i wpływu na PKB oraz potencjału oszczędności, Polska deklaruje na 2030 r. krajowy cel w zakresie poprawy efektywności energetycznej **na poziomie 23% w odniesieniu do zużycia energii pierwotnej w porównaniu do prognozy PRIMES 2007**. Zgodnie z prognozami do niniejszego Krajowego planu na rzecz energii i klimatu zużycie energii pierwotnej w 2030 r. kształtować się będzie na poziomie ok. 91,3 Mtoe, a zatem w wartościach naturalnych ww. cel przekładać się będzie na redukcję zużycia energii pierwotnej o ok. 27,3 Mtoe w porównaniu do prognoz PRIMES 2007 (przewidywanymi na ten rok zużycie energii pierwotnej na poziomie ok. 118,6 Mtoe). Prognozowane zużycie energii finalnej do 2030 r. wynosić będzie ok. 67 Mtoe, zatem działania przewidziane **w Krajowym planie prowadzić będą do redukcji zużycia energii finalnej o ok. 18,4 Mtoe w porównaniu z prognozami PRIMES 2007**. Polska będzie kontynuować w latach 2021-2030 system zobowiązujący do efektywności energetycznej w postaci białych certyfikatów”.

W tym samym rozdziale Krajowego planu odnajdujemy zapisy odnoszące się do oczekiwanego radykalnego zwiększenia udziału efektywnych systemów ciepłowniczych oraz preferowanych dróg osiągnięcia tego celu. Zapisane zostało m.in. że:

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 24/57

„W 2018 r. kryterium systemu efektywnego energetycznie spełnia tylko ok. 20% spośród systemów ciepłowniczych lub chłodniczych, które dostarczają ok. 85% ogólnego wolumenu ciepła systemowego w kraju. Przewiduje się, że w 2030 r. co najmniej 85% spośród systemów ciepłowniczych lub chłodniczych, w których moc zamówiona przekracza 5 MW spełniać będzie kryteria efektywnego energetycznie systemu ciepłowniczego.

Powyższemu celowi będą służyć następujące działania:

- rozwój kogeneracji;**
- ucieplnianie elektrowni;**
- zwiększenie wykorzystania OZE i gazu ziemnego w ciepłownictwie systemowym;**
- zwiększenie wykorzystania odpadów na cele energetyczne;**
- modernizacja i rozbudowa systemu dystrybucji ciepła i chłodu;**
- popularyzacja magazynów ciepła i inteligentnych sieci;**
- popularyzacja inteligentnych sieci;**
- zapewnienie warunków zwiększenia wykorzystania ciepła systemowego zwłaszcza poprzez:**
 - **uproszczenie procedur w obszarze prowadzenia inwestycji w zakresie ciepłowniczej infrastruktury sieciowej;**
 - **zmianę modelu rynku ciepła i polityki taryfowej.**

*Pokrycie potrzeb ciepłych powinno odbywać się przede wszystkim poprzez wykorzystanie ciepła sieciowego. (...) W 2015 r. do sieci ciepłowniczej na obszarach miejskich przyłączonych było 61% gospodarstw domowych - celem jest sukcesywne zwiększanie tego wskaźnika. Jako cel przyjęto osiągnięcie w 2030 r. poziomu 70% gospodarstw domowych przyłączonych do sieci ciepłowniczej w gminach miejskich. **Jako cel na 2040 r. wyznaczono, aby potrzeby ciepłe wszystkich gospodarstw domowych były pokrywane przez ciepło sieciowe oraz przez zero- lub niskoemisyjne źródła ciepła**”.*

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA  Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 25/57

Omawiana dyrektywa z jednej strony wprowadza zapisy mające doprowadzić do ograniczenia zużycia energii, z drugiej zaś odnoszące się do tej dyrektywy plany krajowe mówią o upowszechnianiu ciepła sieciowego w perspektywie najbliższych 20 lat. W planach tych wskazano również pożądane kierunki modernizacji ciepłownictwa.

System EU ETS, handlu uprawnieniami do emisji CO₂

Przedsiębiorstwa ciepłownicze w dużej części, z uwagi na skalę emisji gazów cieplarnianych, podlegają obowiązkowi uczestnictwa w Europejskim Systemie Handlu Uprawnieniami do emisji Gazów Cieplarnianych. Wydatki na nabycie jednostek uprawnień emisyjnych stanowią znaczącą pozycję w kosztach eksploatacji, a są w głównej mierze wynikiem korzystania z paliw kopalnych (węgla kamiennego oraz sieciowego gazu ziemnego). Zastąpienie tych paliw odnawialnymi źródłami energii doprowadzi do ograniczenia emisji CO₂ oraz tym samym ograniczenia konieczności zakupu uprawnień do emisji tego gazu.

Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu

*Ósmego lipca 2020 roku na stronach Komisji Europejskiej opublikowany został dokument pod tytułem „Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu”. Przyjęta strategia ma przyczynić się do dekarbonizacji procesów przemysłowych i osiągnięcie neutralności klimatycznej pod kątem emisji gazów cieplarnianych. UE proponuje wspólne działania na rzecz integracji systemów energetycznych przy założeniu, że główną rolę w tej transformacji odegra wodór – jako surowiec, paliwo lub jako nośnik i magazyn energii. **Podkreślono, że priorytetem UE jest produkcja wodoru odnawialnego – przy wykorzystaniu energii słonecznej i wiatrowej.** Zaprezentowano harmonogram działań w aspekcie wytwarzania wodoru odnawialnego w trzech etapach, łącznie do roku 2050, zakładając w ostatnim okresie (2030–2050) osiągnięcie pełnej dojrzałości technologicznej procesu wodorowego i wdrożenie go na dużą skalę we wszystkich sektorach gospodarki, w których emisyjność gazów cieplarnianych jest trudna do obniżenia (Maria Ciechanowska, Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu, Nafta-Gaz 2020, nr 12, s. 951–954, DOI: 10.18668/NG.2020.12.09)*

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA	 Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Strona: 26/57

Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040

7 grudnia 2021 r. w Monitorze Polskim opublikowana została „Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040” (PSW). Zgodnie z przyjętym dokumentem, wodór będzie stanowił jedno z kluczowych paliw transformacji energetycznej zachodzącej w Unii Europejskiej. Polska Strategia Wodorowa określa konkretne cele budowy gospodarki wodorowej, kładąc podwaliny pod działania związane z jej rozwojem i utrzymaniem konkurencyjności polskiej gospodarki. Realizacja celów PSW umożliwi rozwój poszczególnych regionów Polski m.in. poprzez tworzenie w nich dolin wodorowych, które zapewnią rozwój przemysłowych zastosowań wodoru, integrację sektorów, znalezienie partnerów biznesowych, optymalizację procesów i kosztów.

Zapisy strategii wodorowej umożliwią ekologiczne wytwarzanie wodoru na skalę przemysłową oraz stopniową budowę w Polsce zeroemisyjnej gospodarki poprzez przyspieszenie procesu dekarbonizacji niektórych obszarów. Jednocześnie inwestycje w wodór pomogą w tworzeniu miejsc pracy i zrównoważonego wzrostu gospodarczego (Informacje zawarte na stronie <https://www.gov.pl/web/klimat>. Dostęp marzec 2022).

Taksonomia klimatyczna

Taksonomia to potoczna nazwa nowego aktu prawnego Unii Europejskiej, tj. rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/852 z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie ustanowienia ram ułatwiających zrównoważone inwestycje. Nowe przepisy mają zwiększyć poziom ochrony środowiska poprzez przekierowanie kapitału z inwestycji szkodzących środowisku na bardziej ekologiczne alternatywy. Innymi słowy Taksonomia nie wprowadza zakazu inwestowania w działalności szkodzące środowisku, ale przyznaje dodatkowe preferencje dla ekologicznych rozwiązań (Radosław Maruszkin, Czym jest Taksonomia? O nowym prawie UE dotyczącym klasyfikowania działalności gospodarczej jako zrównoważonej środowiskowo, Biuletynu Euro Info 7/2021).

Aby dane przedsięwzięcie zostało zakwalifikowane jako zrównoważone środowiskowo musi spełniać następujące warunki:

- wносить istotny wkład w realizację co najmniej jednego z sześciu celów środowiskowych;
- nie wyrządzać poważnych szkód dla żadnego z celów środowiskowych;

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 27/57

- być prowadzone zgodnie z minimalnymi gwarancjami;
- spełniać techniczne kryteria kwalifikacji.

Cele środowiskowe Taksonomii to:

- łagodzenie zmian klimatu;
- adaptacja do zmian klimatu;
- zrównoważone wykorzystywanie i ochrona zasobów wodnych i morskich;
- przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym;
- zapobieganie zanieczyszczeniu i jego kontrola;
- ochrona i odbudowa bioróżnorodności i ekosystemów.

Technologia opracowana w ramach programu Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym wnosi istotny wkład co najmniej w następujące cele:

- łagodzenie zmian klimatu;
- zrównoważone wykorzystywanie i ochrona zasobów wodnych i morskich;
- zapobieganie zanieczyszczeniu i jego kontrola;

Nie wyrządza poważnych szkód dla żadnego z obszarów środowiskowych.

Można zatem jednoznacznie stwierdzić, że opracowana technologia zgodna jest z zasadami taksonomii klimatycznej.

Podsumowanie

Analiza przywołanych w rozdziale, wybranych przepisów wpływających na kształtowanie polityki energetycznej UE pozwala na sformułowanie pewnych oczekiwań generalnych w stosunku do ciepłownictwa oraz wynikających z nich kierunków modernizacji. Do najważniejszych postulatów już sformalizowanych zaliczyć należy:

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	Strona: 28/57
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	

- wzrost udziału ciepła i chłodu z OZE w sektorze ogrzewania i chłodzenia o 1,1 punkt procentowy rocznie w latach 2021-2030 (rok bazowy – 2020);
- spełnienie kryterium efektywnego energetycznie systemu ciepłowniczego przez 85% systemów ciepłowniczych lub chłodniczych, w których moc zamówiona przez odbiorców przekracza 5 MW do 2030 r. (**efektywność systemu = źródła odnawialne oraz kogeneracja**);
- wykorzystywanie wodoru m.in. jako sposobu magazynowania energii odnawialnej;
- osiągnięcie poziomu 100% gospodarstw domowych, których potrzeby ciepłne pokrywane są przez ciepło systemowe lub przez zeroemisyjne indywidualne źródła ciepła do 2040 r.

Poza wymienionymi aspektami należy pamiętać również o:

- systematycznie zaostrzanych wymaganiach emisyjnych dla instalacji spalania paliw w tym dla jednostek pracujących w ciepłownictwie. Wystarczy w tym miejscu przywołać dyrektywę o emisjach przemysłowych (IED) czy ostatnie konkluzje BAT;
- spodziewanym trendzie wzrostowym (w dłuższym horyzoncie czasowym) cen uprawnień do emisji CO₂.

Analiza wymienionych aspektów pozwala stwierdzić, że w perspektywie najbliższych lat niepreferowane będzie wytwarzanie ciepła w oparciu o najpowszechniej dotychczas wykorzystywany węgiel. Jednocześnie powinna w dosyć szybkim tempie następować migracja tego wyposażenia w kierunku źródeł odnawialnych oraz źródeł kogeneracyjnych w tym wykorzystujących wodór.

Opracowana technologia, pozwalająca na wytwarzanie i dostarczanie ciepła do odbiorców pochodzącego ze źródeł odnawialnych oraz źródła kogeneracyjnego zasilanego „zielonym” wodorem. Idealnie zatem wpisuje się w oczekiwania płynące z aktów prawnych kształtujących politykę energetyczną UE.

6. Harmonogram budowy instalacji Demonstratora Technologii

Na poniższym rysunku przedstawiono harmonogram budowy instalacji Demonstratora Technologii.

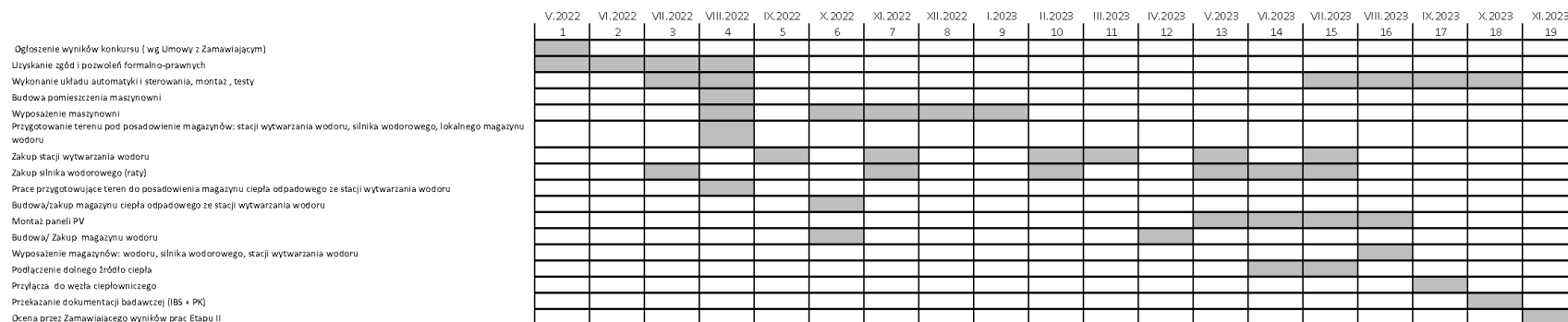
Zamówienie stanowi część realizowanego przez NCBR projektu pozakonkursowego pn. Podniesienie poziomu innowacyjności gospodarki poprzez wdrożenie nowego modelu finansowania przełomowych projektów badawczych i jest współfinansowane ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, w ramach poddziałania 4.1.3 Innowacyjne metody zarządzania badaniami Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, zgodnie z umową o dofinansowanie z dnia 12 kwietnia 2017 r. nr POIR.04.01.03-00-0001/16

Wykres Gantta

Tytuł projektu: „Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym”

Numer etapu: II

Czas trwania: 19 miesięcy



 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 30/57

7. Skalowalność i replikowalność Technologii Elektrociepłowni

7.1. Skalowalność

Opracowana technologia produkcji ciepła i energii elektrycznej ze źródeł OZE na potrzeby lokalnych odbiorców posiada podatność na jej skalowanie w szerokim zakresie mocy. O skalowalności technologii decydują dwa aspekty. Po pierwsze skalowalność może być rozpatrywana w zakresie możliwości technicznych komponentów stanowiących daną technologię. Po drugie na ocenę przedmiotowego parametru wpływ również ma możliwość zabudowy elementów stanowiących technologię w miejscu jej wykorzystania (infrastruktura miejska). Rozpatrując pierwszy z przywołanych czynników skalowalności, należy zauważyć, że opracowana technologia składa się m.in. z następujących głównych komponentów:

- paneli fotowoltaicznych;
- elektrolizera do produkcji wodoru z pozyskanej energii odnawialnej;
- magazynu wodoru;
- układu kogeneracyjnego opartego na silniku spalania wewnętrznego przystosowanego do spalania 100% wodoru;
- pomp ciepła zasilanych w energię elektryczną m.in. z układu kogeneracyjnego;

Każdy z głównych komponentów instalacji:

- posiada budowę modułową, jak bateria paneli PV czy zbiornikowe magazyny wodoru, przez co jego skalowalność jest prosta od strony technicznej;

lub

- dostępny jest w wykonaniu handlowym w szerokim zakresie mocy:
 - pompy ciepła dostępne są na rynku w zakresie mocy od kilku kilowatów do nawet 35 MW,
 - moce dostępnych elektrolizerów osiągają wartości nawet dziesiątek megawatów,

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 31/57

- *moce silników gotowych do spalania czystego wodoru dostępnych obecnie na rynku wynoszą ok 1 MW. Największe koncerny światowe zajmujące się budowa i dostawą silnikowych układów kogeneracyjnych (np. Jenbacher) deklarują, że w ciągu najbliższych 2-3 lat będą w stanie oferować silniki o mocach kilku megawatów przygotowanych do zasilania czystym wodorem.*

Od strony komponentów wchodzących w skład opracowanej technologii nie identyfikuje się zatem problemów ze skalowalnością instalacji.

W zakresie możliwości posadowienia instalacji na terenie podsystemu energetycznego, dla którego instalacja jest projektowana oczywiście istnieje zależność pomiędzy wielkością instalacji a wymaganą wielkością poszczególnych jej komponentów (wymaganą powierzchnią terenu). Aspekt ten dla każdej lokalizacji powinien być ostatecznie zweryfikowany dla uwarunkowań danej lokalizacji. Możliwość posadowienia instalacji zależna jest bowiem od:

- *powierzchni dachów budynków w stosunku do ich powierzchni użytkowej (wysokość budynków);*
- *formy zabudowy miejskiej (zagęszczenia budynków) tj. wielkości powierzchni użytkowej w stosunku do powierzchni zabudowanej działki;*
- *charakterystyki energetycznej budynków;*
- *stopnia zajętości terenu przez infrastrukturę towarzyszącą (np. parkingi).*

Z doświadczeń nabytych przy realizacji prac badawczych w niniejszym projekcie wynika jednak, że w warunkach zabudowy wielorodzinnej o charakterystyce obiektu rozważań, istnieje możliwość znalezienia wymaganej powierzchni do zabudowy poszczególnych komponentów opracowanej technologii.

Należy zatem pozytywnie ocenić możliwości skalowalności opracowanej w ramach niniejszego projektu technologii.

7.2. Replikowalność

Opracowana technologia dedykowana jest do jej wykorzystania w warunkach zabudowy wielorodzinnej. Może zostać wykorzystana do zaspokojenia potrzeb cieplnych odbiorców

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA  Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 32/57

zamieszkujących tereny zurbanizowane. Ze względu na stosunkowo niewielkie różnice klimatyczne występujące na obszarze kraju, nie ma przeszkód zastosowania opracowanej technologii w innych lokalizacjach na obszarze Rzeczypospolitej Polskiej. Dla jej poprawnego wdrożenia spełnione powinny być jednak następujące warunki:

- intensywność zabudowy nie powinna przekraczać wartości progowej równiej 1. Czym wyższa wartość intensywności zabudowy tym wyższa wartość relacji pomiędzy zapotrzebowaniem energetycznym odbiorców a dostępnością terenu pod zabudowę układów wytwórczych (instalacje PV) oraz instalacji przetwarzania i magazynowania energii;
- dachy budynków dla których system jest budowany, nie mogą być zacieniane przez drzewa lub inne obiekty z okolicy;
- musi istnieć możliwość posadowienia na terenie wydzielonego podsystemu energetycznego, pozostałych komponentów technologii jak: elektrolizer, magazyn wodoru, silnikowy układ kogeneracyjnych zasilany wodorem, pompa ciepła. Szczególnie istotne w kwestii posadowienia są:
 - silnik kogeneracyjny – ze względu na możliwość generowania hałasu powinien być możliwie oddalony od budynków mieszkalnych;
 - magazyn wodoru – musi być posadowiony zgodnie z przepisami określającymi strefę bezpieczeństwa dla tego typu instalacji. Magazyn musi mieć też możliwość dobrej komunikacji samochodowej z otoczeniem. Konieczne jest bowiem cykliczne uzupełnianie magazynu lub dostarczanie do magazynu wodoru z zewnątrz. Magazyn stacjonarny w opracowanej technologii jest bowiem magazynem krótkoterminowym. Magazyn długoterminowy, który jest niewątpliwie konieczny dla prawidłowego działania instalacji, zgodnie z zaproponowaną koncepcją jest magazynem „rozporoszonym”, „mobilnym”.

Do zidentyfikowanych ograniczeń technicznych skalowalności i replikowalności technologii należy ponadto zaliczyć:

- temperaturę zasilania odbiorców ciepła – korzystniej jest z punktu widzenia sprawności systemu aby temperatura ta w warunkach obliczeniowych nie przekraczała wartości 60°C;

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 33/57

- konieczność zapewnienia odpowiednich warunków przyłączenia instalacji do sieci elektroenergetycznej. Musi istnieć możliwość wyprowadzenia mocy do sieci z instalacji PV jak i poboru energii z sieci w okresach braku podaży jej z PV o co najmniej takiej samej mocy. Ponadto do sieci będzie wyprowadzana energia elektryczna z układu kogeneracyjnego. W zależności od lokalizacji łączna moc przyłącza może wahać się od kilkuset kilowatów do nawet kilku megawatów;
- konieczne jest zapewnienie pomieszczenia technicznego pozwalającego na lokalizację w nim wybranych komponentów systemu jak pompy ciepła.

Odrębną kwestią wchodzącą w pakiet uwarunkowań lokalnych wpływających na replikowalność układu, jest dolne źródło ciepła dla pompy ciepła. W każdej sytuacji należy rozważyć w tym zakresie wykorzystanie możliwie najkorzystniejszego rozwiązania. Jako dolne źródła ciepła dla pomp ciepła pracujących w układach ciepłowniczych wykorzystywane są zazwyczaj:

- ciepło zawarte w wodzie – lokalne ciekły lub zbiorniki wodne, ścieki oczyszczone z oczyszczalni ścieków, ciepło odpadowe zawarte w wodzie np. chłodzenie kondensatora;
- ciepło zawarte w gruncie – odwierty celem pozyskania ciepła gruntu;
- ciepło zawarte w powietrzu.

Dolne źródło ciepła korzystnie powinno się charakteryzować:

- możliwie wysoką temperaturą;
- odpowiednią mocą;
- łatwością pozyskania;
- stabilnością parametrów w ciągu roku.

W procesie replikowalności opracowanej technologii należy zawsze w pierwszej kolejności rozpoznać możliwość wykorzystania źródeł ciepła odpadowego, ciepła zawartego w wodzie. W przypadku braku takiej możliwości w dalszej kolejności należy wykorzystać ciepło gruntu. Jako najmniej preferowane dolne źródło ciepła dla pompy ciepła jest ciepło zawarte w powietrzu.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 34/57

7.3. *Potencjał dostosowania Demonstratora Technologii do zmian na rynku energii i ciepła*

19 czerwca 2018 r. w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej opublikowano dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/844 z 30 maja 2018 r. zmieniającą dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej. Jest to trzecia wersja dyrektywy Parlamentu Europejskiego dotycząca poprawy efektywności energetycznej budynków (**tzwm. III EPBD**). Nowa dyrektywa weszła w życie 9 lipca 2018 r. Od tego dnia państwa członkowskie Unii Europejskiej miały 20 miesięcy, a więc do 10 marca 2020 r., na jej transpozycję do swoich systemów prawnych (K. Witczak, „Nowa dyrektywa EPBD dotycząca efektywności energetycznej budynków,” *Mater. Bud.*, vol. 1, no. 557, 2019.)).

Najnowsza dyrektywa EPBD wybiega swoimi założeniami do 2050 r., uwzględniając w nich oprócz tradycyjnej termomodernizacji budynków, wiele technologicznych nowości, know – how, które dopiero są w fazie rozwoju i testowania. Dyrektywa EPBD promuje budynki zrównoważone, oszczędne i komfortowe dla jego mieszkańców. Wprowadza wskaźnik gotowości Smart SRI (Smart Readiness Indicator).

Wydaje się, że osiągnięcie celów stawianych w dyrektywie wymagało będzie dynamicznego zwiększenia tempa termomodernizacji istniejących budynków, ale też powszechnego stosowania odnawialnych źródeł energii, a także zmiany struktury wykorzystywanych dotychczasowych źródeł ciepła, w kierunku źródeł odnawialnych.

Wszystkie te działania mogą powodować m.in. zmniejszanie zapotrzebowania na ciepło systemowe.

Pewne zobowiązania podjęte przez nasz kraj wynikające m.in. z charakteryzowanej w rozdziale dyrektywy można odnaleźć w przywoływanym już wcześniej „Krajowym planach na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030”. W rozdziale tego planu dotyczącym efektywności energetycznej odnajdujemy zapisy mówiące o tym, że w wyniku wdrożenia długoterminowej strategii renowacji krajowych zasobów budynków mieszkalnych i użytkowych „przewidywana wartość docelowa oszczędności energii na lata 2021-2030, związana z podjęciem działań poprawiających charakterystykę energetyczną budynków powinna wynieść 43 440,1 MWh”.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 35/57

Zgodnie z zapisami przywołanego planu udział ocieplonych budynków mieszkalnych w całości zasobów mieszkaniowych wyniesie 70% w 2030 roku (w porównaniu z 58,8% w 2015).

W załączniku do komunikatu w sprawie Europejskiego Zielonego Ładu znajduje się plan działania, który ww. cele ma pomóc osiągnąć. Jedną z takich inicjatyw jest „fala renowacji” w sektorze budowlanym.

Strategia renowacji promuje w szczególności renowacje redukujące zużycie energii, ograniczające emisje gazów cieplarnianych, zwiększające efektywność środowiskową budynków oraz generujące oszczędności. Państwa członkowskie podkreślają, że punktem wyjścia do renowacji powinna być opłacalna redukcja zapotrzebowania na energię oraz zastąpienie wysokoemisyjnych lub nieefektywnych energetycznie technologii ogrzewania i chłodzenia. Powinno to iść w parze z integracją rozwiązań energooszczędnych oraz z wykorzystaniem energii odnawialnej i ciepła lub chłodu odpadowego.

Zgodnie z założeniami dokumentu pożądaną jest zatem ograniczenie zapotrzebowania na energię w tym na ciepło budynków mieszkalnych objętych oddziaływaniem opracowanej technologii.

Opracowana technologia składa się z zestawu komponentów odpowiedzialnych za:

- *pozyskiwanie energii ze źródeł z OZE – ogniwa PV, pompy ciepła;*
- *magazynowanie energii z OZE – magazyn wodoru;*
- *przetwarzanie energii z OZE na ciepło (pompy ciepła);*
- *dostarczanie ciepła pochodzącego z odnawialnych źródeł energii do odbiorców końcowych;*
- *przetwarzania energii z OZE w energię chemiczną paliwa (wodór);*
- *przetwarzanie energii chemicznej paliwa (wodoru) w energię elektryczną i ciepło (silnik gazowy).*

Nad całością pracy układu czuwa system sterowania zapewniający maksymalizację udziału źródeł OZE w wytwarzanym strumieniu ciepła w reakcji na bieżące uwarunkowania klimatyczne warunkujące podaż energii z OZE jak i na aktualne zapotrzebowanie na ciepło odbiorców.

Wszystkie główne komponenty technologii opracowanej w ramach programu mają budowę modułową przez co wykazują się pełną i szeroką skalowalnością. Nie identyfikuje się zatem zagrożenia

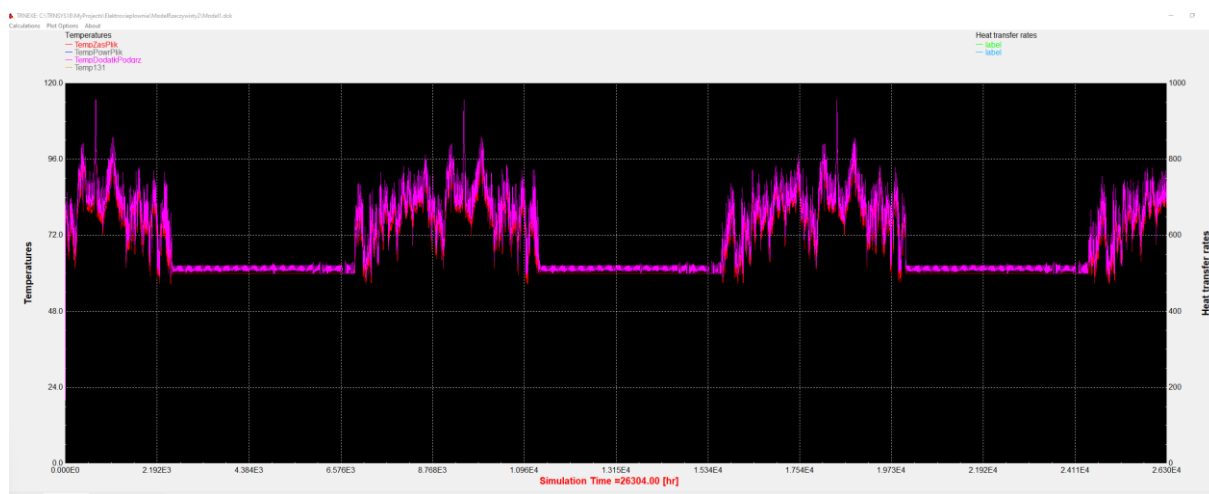
 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 36/57

wynikającego z potencjalnie obniżonego zapotrzebowania na ciepło dla nowo projektowanych układów.

Ze względu na charakter zmienności zapotrzebowania na ciepło w warunkach naszego kraju odznaczający się dużą dynamiką zmienności, zarówno w okresach dobowych jak i sezonowych (sezon zimowy, sezon letni) opracowana technologia musi posiadać możliwość zmiany obciążenia w bardzo szerokim zakresie. Taka też możliwość została zapewniona w przypadku instalacji demonstracyjnej. Potencjalne zatem ograniczenie zapotrzebowania na ciepło wynikające z przedmiotowych uregulowań pozostanie bez negatywnego wpływu na sposób oraz jednostkowe koszty operacyjne funkcjonowania opracowanej technologii (demonstratora).

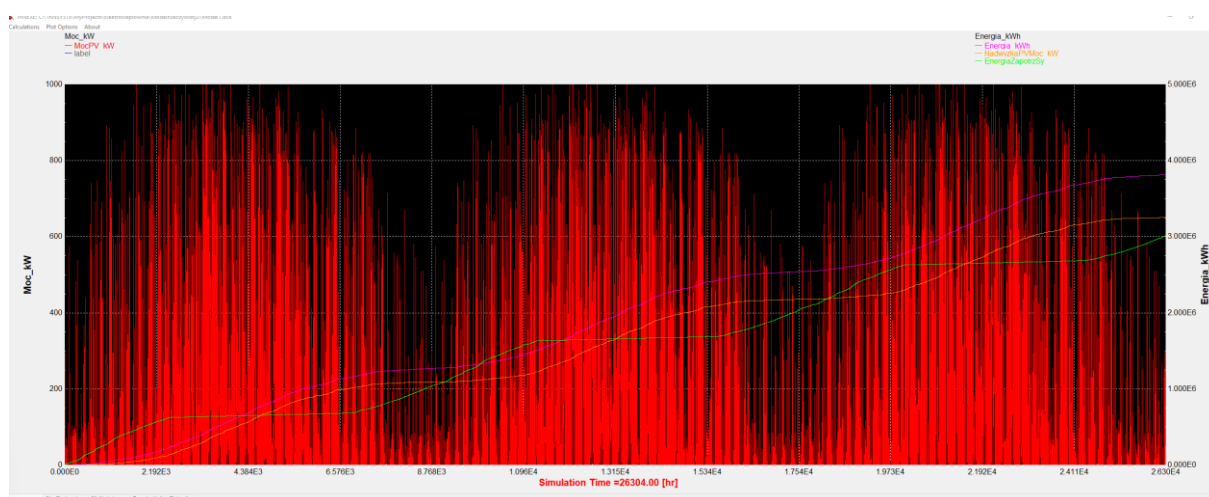
8. Obliczenia

W ramach numerowanie numerycznego w programie TRNSYS przeprowadzono symulację pracy demonstratora ciepłowni dla trzech lat. Opracowano model hydrauliczny, instalacji PV, elektrolizera, silnika kogeneracyjnego oraz sterowania całego układu przy wykorzystaniu komponentu TYPE169 umożliwiającego wykorzystanie Pythona do zapisania skryptu sterowania układem. Dla pomp ciepła opracowano pliki zawierające wartości mocy grzewczej i zużycia energii elektrycznej przez sprężarkę w zależności od temperatury dolnego i górnego źródła ciepła. Podczas modelowania szczególną uwagę zwrócono na dotrzymanie wymaganych parametrów sieci, które wynoszą 60/50 °C w okresie letnim oraz 115/65 °C w okresie zimowym. W demonstratorze technologii planowane jest zastosowanie w układzie dwustopniowej sprężarkowej pompy ciepła o mocy 1 023 kW. W sezonie letnim pompa ciepła stanowi jedynie zabezpieczenie do pracy układu. W okresie zimowym pompa ciepła umożliwia uzyskanie temperatury wody zasilającej na poziomie 95 °C. Wyniki symulacji z przebiegiem temperatury sieci pokazano na rysunku 1. Aktualna temperatura sieci oznaczona jest linią różową, natomiast wymagana linią czerwoną. Symulacja pokazuje, że rzeczywista temperatura jest powyżej temperatury wymaganej.



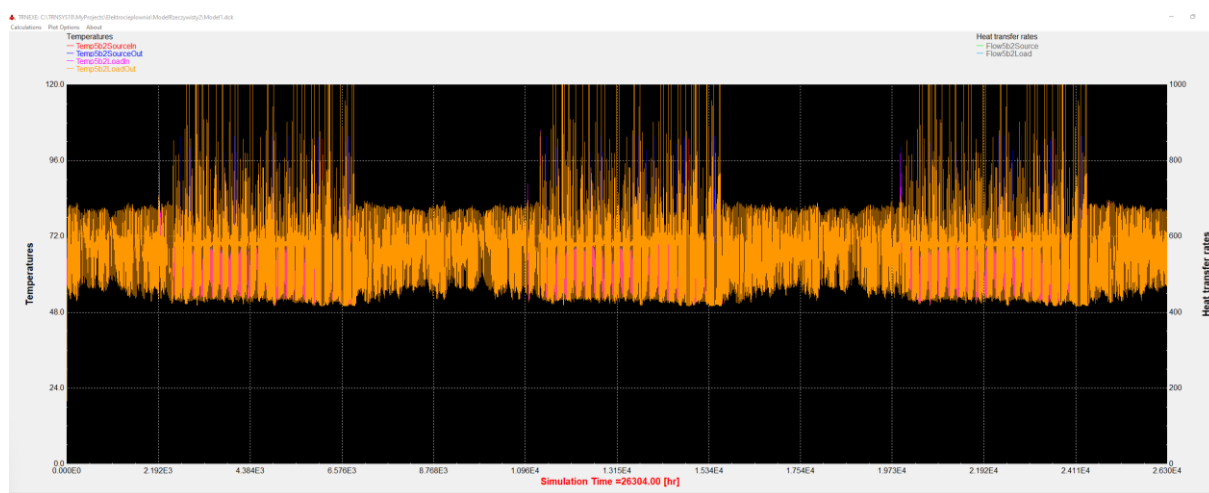
Rys. Przebieg temperatury aktualnej i wymaganej sieci w ciągu trzech lat obliczeniowych.

Istotnym elementem jest również praca instalacji PV. W trakcie symulacji zwracano uwagę na ilość energii elektrycznej wyprodukowanej przez panele PV co miało istotne znaczenie w przypadku wyznaczania nadwyżki, która z kolei wykorzystywana była do produkcji wodoru w elektrolizerze. Wyniki symulacji pracy instalacji fotowoltaicznej dla zadanych warunków pogodowych pokazano na poniższym rysunku.



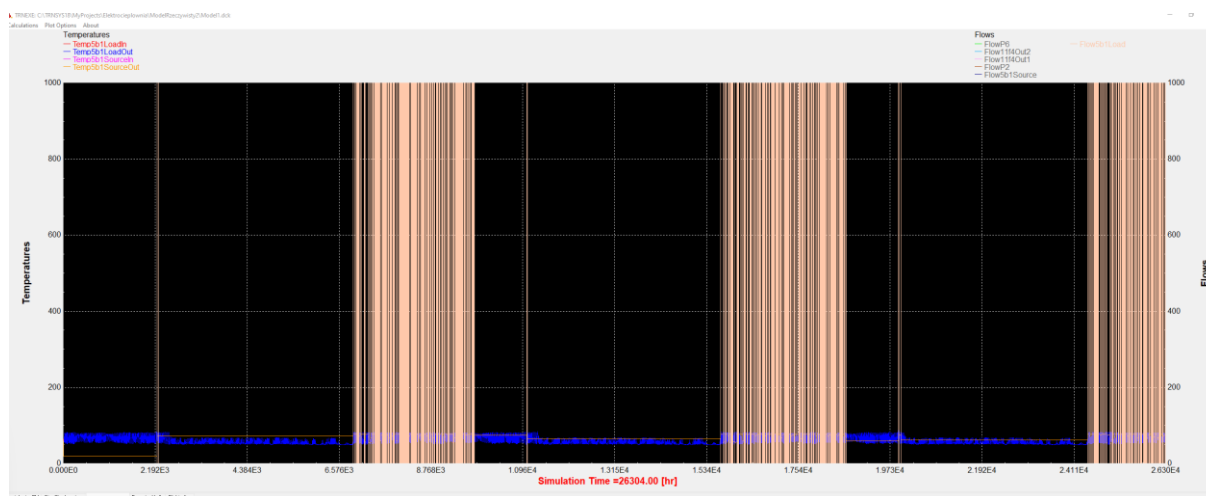
Rys. Wyniki pracy instalacji PV w okresie obliczeniowym.

Na rysunku poniżej pokazano temperatury na wymienniku pomiędzy siecią a elektrolizerem wschodzącego w skład układu odzysku ciepła z elektrolizera. Elektrolizer zasilany jest wyłącznie nadwyżką energii elektrycznej produkowaną przez instalację PV.



Rys. Wyniki pracy instalacji odzysku ciepła z elektrolizera

Część wyprodukowanego wodoru w procesie elektrolizy w czasie nadwyżki energii elektrycznej w sezonie letnim zmagazynowana zostanie w magazynie lokalnym, a pozostała ilość zostanie sprzedana odbiorcom zewnętrznym (magazyn mobilny). W czasie zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną (i ciepłą) w sezonie zimowym, kiedy ilość energii elektrycznej wyprodukowanej przez panele PV będzie niewystarczająca, wodór zostanie odkupiony w takiej samej ilości i wykorzystany do produkcji energii elektrycznej na potrzeby zasilania Demonstratora Technologii. W celu produkcji energii elektrycznej wykorzystany został agregat kogeneracyjny zasilany czystym wodorem.



Rys. Załączanie i wyłączanie agregatu kogeneracyjnego w okresie obliczeniowym.

Na rysunku powyżej przedstawiony został kolorem zielonym proces załączania i wyłączania agregatu zasilanego wodorem.

Wnioski dotyczące wyników symulacji

Komputerowe wspomaganie projektowania instalacji opartych na źródłach OZE oraz symulacji ich dynamicznego działania stanowi obecnie istotny aspekt badań i procesu projektowania. Najważniejszymi zaletami zastosowania oprogramowania TRNSYS podczas tworzenia modelu numerycznego demonstratora technologii ciepłowni przyszłości jest:

- możliwość przeprowadzania obliczeń i symulacji pokazujący pracę systemu w danym okresie,
- możliwość przeprowadzania obliczeń dla różnych scenariuszy przy użyciu rzeczywistych danych pomiarowych,
- możliwość zmiany elementów składowych instalacji oraz optymalizacji ich parametrów pracy.

Zastosowanie na etapie projektowania instalacji może istotnie pomóc w wyłapywaniu i eliminacji potencjalnych błędów i problemów, a w konsekwencji pozwoli zapewnić długotrwałą eksploatację instalacji ciepłowniczej. W celu oceny wiarygodności wyników przeprowadzonych obliczeń należy

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 40/57

określić błędy występujące w procesie modelowania. Uzyskane wyniki należy poddać walidacji. Jakość uzyskanych wyników w dużej mierze zależy będzie od jakości danych wprowadzonych do systemu. Ponadto należy uwzględnić błędy wpływające na jakość opracowanego modelu numerycznego, w tym błąd wartości przyjętych współczynników, błąd zaokrągleń, itd.

Podczas procesu budowy modelu numerycznego i prowadzenia symulacji komputerowych wystąpiły problemy, które znacznie wydłużyły te etapy. Najtrudniejsze do rozwiązania zagadnienia przedstawiają się następująco:

- Type169 zapewniający możliwość wykorzystania języka Python do sterowania pracą układu nie pozwala na bezpośrednie podpięcie powyżej 27 sygnałów sterujących. „Przepuszczenie” sygnałów przez kalkulator rozwiązuje problem. Znalezienie tego rozwiązania zajęło dużo czasu.
- Brak możliwości zastosowania w sterowaniu pętli, co uniemożliwiało zastosowanie iteracyjnych obliczeń wybranych parametrów.
- Przeprowadzone symulacje pokazują, że w przypadku nieustalonych zagadnień o dużym stopniu złożoności symulacja jest niestabilna i występują problemy z uzyskaniem zbieżności.

Ponadto zastosowanie oprogramowania TRNSYS posiada następujące wady:

- Archaiczny, nieintuicyjny interfejs, który utrudnia opracowywanie modelu oraz analizę wyników,
- Słabe wsparcie producenta,
- Uboga, często nieaktualna dokumentacja techniczna,
- Znikoma dostępność dokumentacji, podręczników, poradników itp. ,
- Błędy w komponentach (np. jednostki),
- Niezrozumiałe ograniczenia poszczególnych elementów (np. możliwość zastosowania tylko jednego elementu danego typu),
- Niestabilność obliczeń (zależność od kolejności ustawienia elementów, wrażliwość na niewielkie zmiany parametrów itp.),
- Niezrozumiałe komunikaty o błędach, które nie umożliwiają diagnostyki problemu.

Bilans ciepła Demonstratora Technologii w ujęciu rocznym



Projekt:

Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym

Zamawiający:

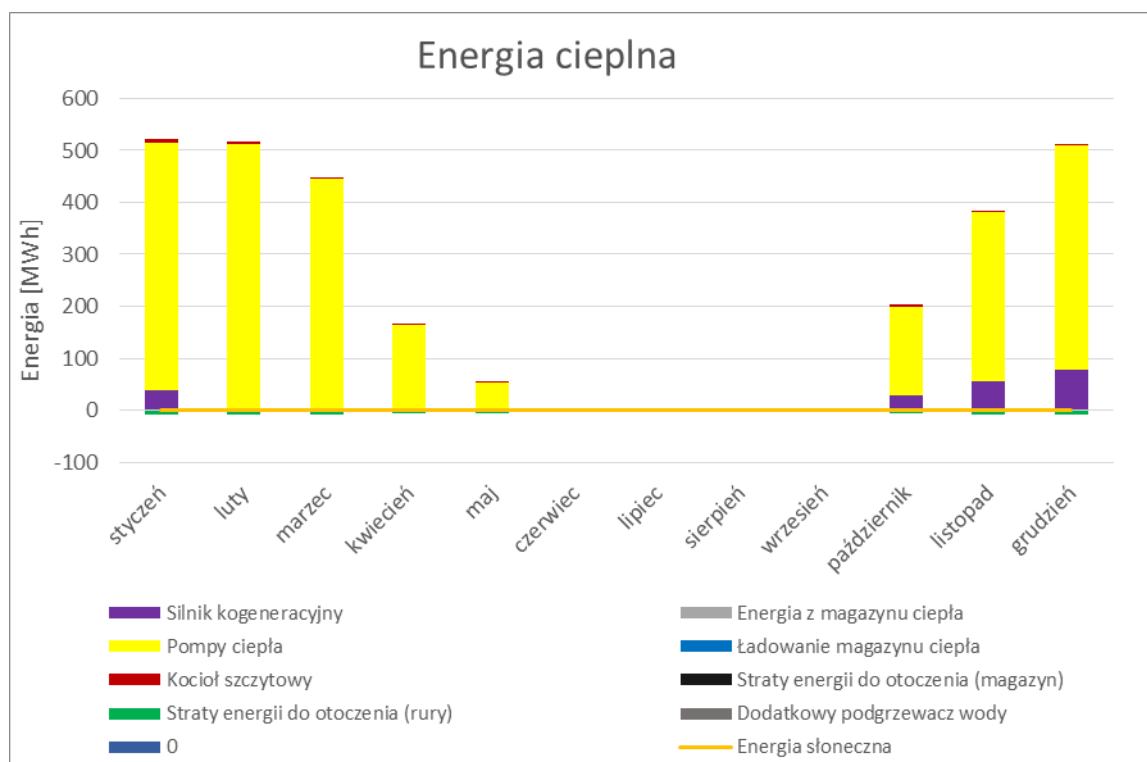
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Strona:

41/57

Parametr	Jednostka	Miesiąc												Cały rok (Suma)	Cały rok (Średnia)
		styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień		
1 Energia słoneczna	MWh													0.00	#DZIEL/01
2 Energia z magazynu ciepła	MWh													0.00	#DZIEL/01
3 Ładowanie magazynu ciepła	MWh													0.00	#DZIEL/01
4 Pompy ciepła	MWh	475.80	511.38	444.83	162.36	53.16	0.00	0.00	0.00	0.00	169.88	324.53	429.33	2571.27	214.27
5 Kocioł szczytowy	MWh	7.96	4.96	0.02	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.04	3.42	0.04	0.11	16.75	1.40
6 Silnik kogeneracyjny	MWh	38.75	0.00	0.00	2.25	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	29.64	55.58	79.36	205.91	17.16
7 Straty energii do otoczenia (magazyn)	MWh													0.00	#DZIEL/01
8 Straty energii do otoczenia (rury)	MWh	7.98	7.29	7.70	5.83	6.36	4.00	4.06	4.08	4.25	6.01	7.44	7.88	72.89	6.07
9 Dodatkowy podgrzewacz wody	MWh													0.00	#DZIEL/01
10 Stan naładowania magazynu ciepła na koniec miesiąca	MWh													0.00	#DZIEL/01
11 Maksymalna temperatura w magazynie na koniec miesiąca	°C													-	#DZIEL/01
12 Stan naład. magazynu energii elektr. na koniec miesiąca	MWh													-	#DZIEL/01
13 Średni uzytek kolektorów słonecznych	%													-	#DZIEL/01
14 Średnie COP pomp ciepła	-	2.90	2.90	2.90	2.90	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	2.90	2.90	-	1.773550649

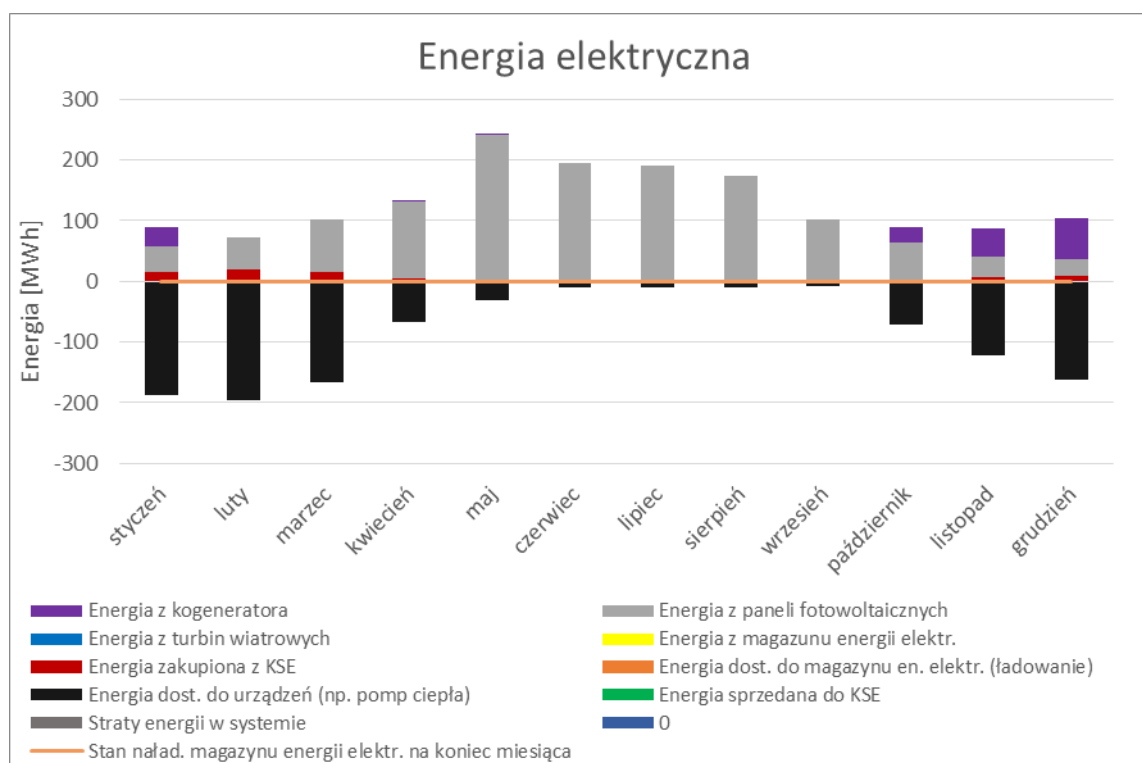
UWAGA: Wszystkie wartości w polach w kolorze jasnoniebieskim powinny być podawane jako wartości dodatnie!



Bilans energii elektrycznej Demonstratora Technologii w ujęciu rocznym

4.4.1 Energia elektryczna - wyniki		Miesiąc												Cały rok (Suma)	Cały rok (Średnia)
		styczeń	luty	marzec	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	październik	listopad	grudzień		
1	1. Energia z kogeneracji	33.41	0.00	0.00	1.93	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	25.44	47.81	68.31	177.19	14.77
2	2. Energia z paneli fotowoltaicznych	41.82	51.17	86.95	125.46	241.09	194.18	189.69	173.55	102.50	60.14	32.12	27.17	1325.83	110.49
3	3. Energia z turbin wiatrowych													0.00	#DZIEL/01
4	4. Energia z magazynu energii elektr.													0.00	#DZIEL/01
5	5. Energia zakupiona z KSE	14.89	20.28	14.42	5.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.05	7.58	9.20	74.95	6.25
6	6. Energia dost. do magazynu en. elektr. (ładowanie)													0.00	#DZIEL/01
7	7. Energia dost. do urządzeń (np. pomp ciepła)	186.57	196.01	166.84	66.35	31.53	9.86	9.97	9.29	8.11	70.99	122.89	161.78	1040.17	86.68
8	8. Energia sprzedana do KSE													0.00	#DZIEL/01
9	9. Straty energii w systemie													0.00	#DZIEL/01
10	10. Stan naładowania magazynu ciepła na koniec miesiąca													-	#DZIEL/01
11	11. Maksymalna temperatura w magazynie na koniec miesiąca													-	#DZIEL/01
12	12. Stan naład. magazynu energii elektr. na koniec miesiąca													-	#DZIEL/01
13	13. Średni uzytek kolektorów słonecznych													-	#DZIEL/01
14	14. Średnie COP pomp ciepła	2.90	2.90	2.90	2.90	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	2.91	2.90	2.90	-	1.773550649

UWAGA: Wszystkie wartości w polach w kolorze jasnoniebieskim powinny być podawane jako wartości dodatnie!



Udział odnawialnych źródeł energii w Demonstratorze technologii

Proponowany Demonstrator Technologii zasilany będzie energią pochodzącą z następujących źródeł odnawialnych:

- promieniowania słonecznego
- ciepło odpadowe z kondensatora elektrowni.

W układzie pracować będzie kogenerator, który zasilany będzie wyłącznie energią OZE.

Planowany jest zakup energii elektrycznej OZE w ilości nie przekraczającej 15% ogólnej ilości energii wprowadzonej do Demonstratora Technologii. Pozostała ilość energii koniecznej do zakupu (ponad 15%) ujęta zostanie w bilansie OZE jako energia „CZARNA”.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA	 Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Strona: 43/57

Bilans energii z uwzględnieniem ilości energii wprowadzonej do Demonstratora Technologii w miejscu jej pierwszego pojawienia się w Demonstratorze Technologii w formie energii elektrycznej i ciepła przedstawia się następująco:

- Energia uzyskana z PV: **$OZE_{PV} = 1272 \text{ MWh}$**
- Energia pobrana z dolnego źródła: **$OZE_{dolne} = 2599 \text{ MWh}$**
- Energia wprowadzana do magazynu: **$DOMAGAZYNU = 0 \text{ MWh}$**
- Energia kupiona: **$KUPIONA = 758 \text{ MWh}$**
- Energia w wodorze: **$OZE_{wodór} = 531 \text{ MWh}$**
- Energia pobrana z magazynu sezonowego: **$ZMAGAZYNU = 0 \text{ MWh}$**

Suma zakupionej energii elektrycznej OZE od dostawców zewnętrznych i sklasyfikowanej jako pochodząca z odnawialnych źródeł energii w rozumieniu ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii - z gwarancją lub świadectwem pochodzenia w rozumieniu tej ustawy wyliczana jest następująco:

$$OZE_{zakup} = 0,15 * (OZE + ZMAGAZYNU + CZARNA) = 0,15 * (OZE_{PV} + OZE_{dolne} + OZE_{wodór} + ZMAGAZYNU + KUPIONA - DOMAGAZYNU) = 774 \text{ MWh}$$

Wprowadzona do Demonstratora Technologii energia nie będąca energią OZE wynosi:

$$CZARNA = KUPIONA - OZE_{zakup} = 0 \text{ MWh}$$

Suma wszystkich energii OZE wprowadzonych do Demonstratora Technologii, z wyłączeniem energii wprowadzonej do magazynu sezonowego ciepła wynosi:

$$OZE = OZE_{zakup} + OZE_{dolne} + OZE_{PV} - DOMAGAZYNU = 5160 \text{ MWh}$$

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 44/57

Współczynnik procentowy Udziału Odnawialnych Źródeł Energii w Demonstratorze Technologii wynosi:

$$\%OZE = 100 * (OZE + ZMAGAZYNU) / (OZE + ZMAGAZYNU + CZARNA) = 100 \%$$

Obliczenia przeprowadzone zostały za okres dwunastomiesięczny, rozpoczynający się 1 stycznia, a kończący 31 grudnia.

9. Bezpieczeństwo

Opracowana technologia została skonfigurowana w sposób mający maksymalizować udział energii odnawialnej w produkcji ciepła dostarczanego do odbiorców. Przy projektowaniu oraz optymalizacji instalacji posługiwano się najlepszymi dostępnymi źródłami informacji w zakresie przewidywanej podaży ciepła ze źródeł OZE (wieloletnie dane historyczne). Niemniej należy zdawać sobie sprawę, że podaż ciepła z OZE (głównie PV), ma charakter stochastyczny i nie jest do końca przewidywalna w szczególności jeżeli rozpatrujemy krótkie okresy danego roku.

Pamiętając jednocześnie o konieczności zapewnienia ciepła odbiorcom końcowym niezależnie od aktualnych, chwilowych warunków klimatycznych (nawet odbiegających od wieloletnich średnich) konieczne było przewidzenie rozwiązań awaryjnych.

W będącej przedmiotem niniejszego raportu instalacji demonstracyjnej za takie rozwiązanie służy instalacja kogeneracyjna współpracująca z magazynem „rozproszonym”, „mobilnym”. W sytuacjach awaryjnych istnieje możliwość zakupu wodoru w ilości większej od wyprodukowanej w elektrolizerze przynależnym do instalacji i czasowe zmagazynowanie go w magazynie krótkoterminowym, stacjonarnym. W takiej sytuacji do instalacji elektrociepłowni dostarczona zostanie dodatkowa, zewnętrzna porcja energii, która w ramach instalacji może zostać przetworzona w ciepło w cyklu przemian wynikających ze współpracy silnika kogeneracyjnego z pompą ciepła.

Dodatkowym zabezpieczeniem na wypadek nieprzewidzianych zdarzeń jest pozostawienie połączenia odbiorców mających być zasilanymi w ciepło z instalacji demonstracyjnej z węzłem cieplnym zasilanym z sieci ciepłowniczej. Zgodnie z założeniami projektu ciepło z sieci ciepłowniczej w czasie normalnej

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 45/57

eksploatacji nie będzie wykorzystywane. Jest to tylko rozwiązanie na czas występowania stanów awaryjnych lub stanów związanych z występowaniem skrajnie niekorzystnych długotrwałych

10. Dane Wykonawcy

Raport może zawierać informacje identyfikujące Wykonawcę i specjalistów w poniższym zakresie:

10.1. Dane adresowe oraz rejestrowe

Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki w Krakowie

jednostka naukowa (organizacja prowadząca badania i upowszechniająca wiedzę)

ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

Tel: +12 628 35 54 mail: Jan.taler@pk.edu.pl

NIP: 6750006257 REGON: 000001560

Osoba reprezentująca: Prof. dr hab. inż. Dariusz Bogdał, Prorektor ds. Nauki

Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o.

ul. St. Noakowskiego 18/20 00-668 Warszawa

Tel: +48 22 234 70 52 mail: biuro.ibs@pw.edu.pl

NIP: 7010360620 REGON: 146402159

Osoba reprezentująca: Prezes Zarządu prof. dr hab. inż. Janusz Lewandowski

FHU Urządzenia Chłodnicze Marek Czamara

działalność gospodarcza na podstawie wpisu do CEiDG

ul. Ceglarska 27, 34-600 Limanowa

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 46/57

Tel: +48 531 306 706 mail: biuro@czamara.net.pl

NIP: 7371310715 REGON: 490238928

Osoba reprezentująca: Prezes Marek Czamara

10.2. *Opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie działalności badawczo-rozwojowej*

Zespół Politechniki Krakowskiej posiada duże doświadczenie w zakresie działalności badawczo-rozwojowej i realizacji projektów B+R. Tylko w ostatnich pięciu latach zrealizowane zostały następujące projekty:

- Wysokosprawny system konwersji energii słonecznej na ciepłą i elektryczną dla budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, 1.10.2017- 30.09.2020, budżet: 1587300 zł. (NCBiR). Przedmiotem projektu było stworzenie nowego produktu: wysokosprawnego systemu konwersji energii słonecznej na ciepłą i elektryczną dla budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.
- Prace B+R wykonanie i finansowanie projektu w Programie "BLOKI 200+", 07.06.2018 - 30.08.2019 (Faza II), budżet: 1114387 zł (NCBiR). Celem projektu było opracowanie rozwiązań pozwalających na zwiększenie elastyczności bloków energetycznych.
- RESHeat - RENEWABLE ENERGY SYSTEM FOR RESIDENTIAL BUILDING HEATING AND ELECTRICITY PRODUCTION realizowany w ramach programu ramowego Horyzont 2020, 01.12.2020 – 30.11.2024, budżet: € 2 865 250 (Politechnika Krakowska € 338 750). RESHeat jest systemem trigeneracji energii, a więc wykorzystującym OZE do produkcji energii elektrycznej, ciepłej oraz chłodu na potrzeby budynków mieszkalnych lub użyteczności publicznej.

Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej (IBS PW) jest jednostką łączącą potencjał badawczy Politechniki Warszawskiej przy zadaniach interdyscyplinarnych. IBS PW bazuje na kadrze PW i wykorzystuje ich wiedzę. Specjalizuje się on w realizacji badań na rzecz przemysłu. Doświadczenie w

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 47/57

zakresie działalności badawczo-rozwojowej IBS PW jest szerokie i obejmuje realizację kilkudziesięciu prac. Wybrane projekty zrealizowane bezpośrednio przez IBS PW.

- Usługa badawcza w zakresie opracowania algorytmów prognostycznych dla źródeł wytwórczych energii odnawialnej małych mocy dla Tauron Ekoenergia sp. z o.o., Innogy Stoen Operator, 23018
- Analiza rzeczywistego zapotrzebowania na moc dla budynków mieszkalnych i mieszkalno-usługowych na podstawie danych z układów, Innogy Stoen Operator, 2008
- Wykonanie ekspertyzy modułów fotowoltaicznych na farmach fotowoltaicznych Wałcz I-IX, IMASD ENERGIAS SL ESB13479902, 2020
- Usługa badawcza – wykonanie obliczeń weryfikacyjnych i optymalizacyjnych dla opracowanych koncepcji elementów układu grzewczego z wykorzystaniem modelowania matematycznego opartego o numeryczną mechanikę płynów, Globe Green Energy Sp. z o.o., 2020
- Opracowanie wytycznych dla odkrytych parkingów Parkuj i Jedź, w zakresie budownictwa energooszczędnego oraz zastosowania odnawialnych źródeł energii, Miasto Stołeczne Warszawa, 2020

Firma F.H.U. Urządzenia Chłodnicze Marek Czamara w latach 2017 – 2020 wzięła udział w projekcie pt. „Wysokosprawny system konwersji energii słonecznej na ciepłą i elektryczną dla budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej” (HYSOL) finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach II konkursu „Polsko-niemieckiej współpracy na rzecz zrównoważonego rozwoju – STAIR”. W skład konsorcjum weszła Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki; ELFRAN – Franciszek Ścisłowicz; F.H.U. Czamara s.c. Marek Czamara, Piotr Czamara; Techniczny Uniwersytet Hamburg (Niemcy), Perpendo Energie- und Verfahrenstechnik GmbH (Niemcy). Głównym celem projektu było stworzenie nowatorskiego hybrydowego układu paneli ELFRAN HYBRID PRO oraz przetestowanie nowego systemu chłodzenia paneli hybrydowych. W efekcie została opracowana konstrukcja uniwersalnego modułu chłodzącego dla różnego typu paneli PV. Ponadto zaproponowane rozwiązania zostały wykorzystane w pilotażowej instalacji w budynku Komendy Głównej Straży Pożarnej w Oświęcimiu. W pilotażowej instalacji badawczej zaproponowany układ chłodzenia współpracuje z pompą ciepła, co przyczyniło się do znacznej poprawy sprawności instalacji.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 48/57

W latach 2018 – 2021 Firma CZAMARA wzięła udział w Programie Operacyjnym Inteligentny Rozwój 2014-2020. Przedmiotem projektu było stworzenie nowego produktu: SOPSAR - zeroemisyjnego niskotemperaturowego systemu ogrzewania i produkcji energii elektrycznej. System jest dedykowany dla odbiorców przemysłowych, branży hotelarskiej, osiedli domów jednorodzinnych. Opracowany system zaopatruje w całość budynku w energię ciepłą, a ponadto jest źródłem energii elektrycznej. Energia słoneczna zasila kolektory słoneczne oraz panele fotowoltaiczne, a jej nadmiar kierowany jest do podziemnych akumulatorów ciepła oraz oddawany do sieci elektrycznej. Elementem wspomagającym jest pompa ciepła. Opisany powyżej system w 2020 roku uzyskał prawa patentowe o nr P.434913. Wśród uczestników projektu należy wymienić instytucje jak Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki; Politechnika Warszawska; ELFRAN – Franciszek Ścisłowicz.

Obecnie, od roku 2020 firma Czamara uczestniczy w kolejnym projekcie o nazwie RESHeat. Jest to projekt badawczy polegający na stworzeniu innowacyjnego zeroemisyjnego i autonomicznego systemu energetycznego, opartego tylko na instalacjach wykorzystujących Odnawialne Źródła Energii zdobył finansowanie w ramach Programu Ramowego Unii Europejskiej Horyzont 2020.

RESHeat jest systemem trigeneracji energii, a więc wykorzystującym OZE do produkcji energii elektrycznej, ciepłej i chłodu na potrzeby budynków mieszkalnych lub użyteczności publicznej. Podstawowe możliwości zaproponowanego rozwiązania to: wykorzystanie energii słonecznej jako głównego źródła energii odnawialnej, wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej za pomocą modułów PVT (fotowoltaika termiczna) nowej konstrukcji, wykorzystywanie modułów PVT oraz rurowych próżniowych kolektorów wyposażonych w układy nadążne w celu zwiększenia pozyskiwania energii słonecznej, sezonowe magazynowanie energii ciepłej w podziemnych magazynach, regeneracja gruntu za pomocą ciepła odpadowego z ogniw PVT, ogrzewanie i chłodzenie budynku za pomocą pompy ciepła.

Proponowane rozwiązanie RESHeat będzie oparte na konfiguracji opracowanej w Limanowej. Dwie instalacje demonstracyjne, działające już w Oświęcimiu (Polska) i Limanowej (Polska), potwierdzają, że RESHeat działa dobrze i wytwarza zarówno ogrzewanie, ciepłą wodę użytkową, jak i energię elektryczną co najmniej na 70% całkowitego zapotrzebowania na energię. Jednak witryny demonstracyjne są obecnie przeznaczone tylko dla fabryk i budynków użyteczności publicznej. Dlatego RESHeat planuje przenieść się w stronę wielorodzinnych budynków mieszkalnych i przedstawić

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 49/57

demonstrację dla trzech różnych budynków, w których zapotrzebowanie na energię znacznie się różni. Jako lokalizację brane są pod uwagę mieszkania wielomieszkaniowe w Rzymie (Włochy), Limanowej (Polska) i Krakowie (Polska). W Rzymie jako budynek demonstracyjny proponowany jest budynek mieszkalny z 12 (dwunastoma) mieszkaniami, w Limanowej planowany jest budynek mieszkalny z 7 (siedmioma) mieszkaniami, zaś w Krakowie budynek mieszkalny z 20 (dwadzieścia) mieszkaniami. Koordynatorem projektu jest Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, pozostali uczestnicy to: ATER Provincia di Roma (Włochy); OILON (Finlandia); ELFRAN Franciszek Ścisłowicz (Polska); Uniwersytet La Sapienza w Rzymie (Włochy); Politechnika w Brnie (Republika Czeska); Zarząd Budynków Komunalnych w Krakowie (Polska)

10.3. Opis doświadczenia Wykonawcy w zakresie branży ciepłowniczej

Zespół Politechniki Krakowskiej posiada duże doświadczenie w zakresie realizacji projektów z branży ciepłowniczej. Przez zespół z PK zrealizowane zostały między innymi następujące projekty:

- Wysokosprawny system konwersji energii słonecznej na ciepłą i elektryczną dla budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej, 1.10.2017- 30.09.2020, budżet: 1587300 zł. (NCBiR). Przedmiotem projektu było stworzenie nowego produktu: wysokosprawnego systemu konwersji energii słonecznej na ciepłą i elektryczną dla budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej.
- RESHeat - RENEWABLE ENERGY SYSTEM FOR RESIDENTIAL BUILDING HEATING AND ELECTRICITY PRODUCTION realizowany w ramach programu ramowego Horyzont 2020, 01.12.2020 – 30.11.2024, budżet: € 2 865 250 (Politechnika Krakowska € 338 750). RESHeat jest systemem trigeneracji energii, a więc wykorzystującym OZE do produkcji energii elektrycznej, ciepłej oraz chłodu na potrzeby budynków mieszkalnych lub użyteczności publicznej.

Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej (IBS PW) jak już zostało wspomniane wyżej specjalizuje się w realizacji prac badawczych na rzecz przemysłu. Szereg z prac realizowanych przez IBS PW dotyczy tematyki ciepłowniczej. Poniżej wymieniono kilka z nich:

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 50/57

- Analiza rzeczywistego zapotrzebowania na moc dla budynków mieszkalnych i mieszkalno-usługowych na podstawie danych z układów, Innogy Stoen Operator, 2008
- Opracowanie - Uwarunkowania sieci ciepłowniczej miasta Lublina w kontekście wzrostu zapotrzebowania na ciepło i planów źródeł ciepła, Lubelskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A., 2016
- Analiza możliwości zwiększenia osiągalnej mocy elektrycznej jednostek kogeneracyjnych, w wyniku wzrostu możliwości pracy w trybie pseudokondensacji, Polskie Towarzystwo Elektrociepłowni Zawodowych, 2016
- Analiza wielkości mocy maksymalnej źródeł należących do EDF oraz analiza możliwości wykorzystania akumulacji ciepła do zwiększenia tej mocy, EDF Polska S.A., 2016
- Przeprowadzenie szkolenia dla pracowników ZEC z zakresu podstaw teoretycznych energetyki ciepłej, Zakład Energetyki Ciepłej, 2019
- Analiza ustalania obliczeniowego natężenia przepływu w Veolia Energia Warszawa S.A., VEOLIA ENERGIA WARSZAWA S.A., 2018
- Opracowania pod nazwą „Miasto z klimatem | Neutralny klimatycznie system ciepłowniczy w dużym mieście”, Forum Energii, 2022

Firma FHU Urządzenia Chłodnicze Marek Czamara od wielu lat uczestniczy w projektowaniu oraz instalowaniu systemów ciepłych, głównie systemów odzysku i magazynowania ciepła odpadowego z różnego rodzaju instalacji przemysłowych. Odzyskane ciepło przeznaczone jest głównie na potrzeby c.w.u. oraz ogrzewania budynków. Najważniejsze realizacje wykonane przez firmę Czamara to:

- ZM Skłodowscy, Łotwa, odzysk i magazynowanie ciepła – 2021 r.
- ZM Skłodowscy, Nienauły-Szymany, odzysk ciepła z urządzeń produkcyjnych – 2020 r.
- PPHU BIELA Stanisław Biela, Stare Bystre, system odzysku ciepła oraz inst. hydrauliczne – 2020 r.
- Crownpol Sp. z o.o., Namysłów, system odzysku ciepła – 2019 r.
- Polkon Sp. z o.o. Zakład Przetwórstwa Owoców i Warzyw, system odzysku ciepła – 2018 r.
- Agro Marko s.r.o., Słowacja, Hotel - Spa and Wellness, kompleksowy projekt ogrzewania budynku i basenów z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii, paneli fotowoltaicznych, obrotowych kolektorów słonecznych oraz pompy ciepła – realizacja od roku 2017.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 51/57

- Star meat Sp. J., Aleksandrów Łódzki, wykonanie systemu odzysku ciepła – 2016 r.
- MTM Food Sp. z o.o., Kamion, system odzysku ciepła – 2014 r.

10.4. Informacje o Zespole Projektowym

Dr hab. inż. Marcin Trojan, prof. PK (Politechnika Krakowska)

Kierownik projektu

Marcin Trojan zajmuje się zagadnieniami związanymi z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii. Uczestniczy w pracach związanych z realizacją dwóch projektów (wykonawca) dotyczących wykorzystania OZE do bezemisijnego ogrzewania i produkcji energii elektrycznej oraz uczestniczył w realizacji kilkunastu projektów w Katedrze Energetyki. Główne obszary działalności to wymiana ciepła, elektrownie ciepłowne, dynamika kotłów, pompy ciepła, wymienniki ciepła. Zajmuje się także projektowaniem oraz przygotowaniem dokumentacji technicznej urządzeń, aparatury przemysłowej, wybranych elementów kotłów energetycznych i instalacji rurowych. Posiada doświadczenie naukowe w przeprowadzaniu pomiarów, badań jak i projektowe na poziomie kierownika zespołu projektowego.

Miejsce pracy i zajmowane stanowiska

- adiunkt naukowo-dydaktyczny Katedra Energetyki Politechniki Krakowskiej (2018)
- Profesor Uczelni (od 2019r)

Kierownik prac w ramach zlecenia: Opracowanie systemu komputerowego monitorującego i określającego on-line sprawność energetyczną ZTPO.

Prof. dr hab. inż. Jan Taler (Politechnika Krakowska)

Dyrektor Katedry Energetyki na Wydziale Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Krakowskiej. Główne obszary działalności to wymiana ciepła, elektrownie ciepłowne, dynamika kotłów parowych, zagadnienia odwrotne przewodzenia ciepła i naprężeń cieplnych, wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w układach zintegrowanych, pompy ciepła, wymienniki ciepła. Prof. Jan Taler jest autorem licznych publikacji naukowych w postaci książek (Springer, VDI, Ossolineum, WNT), rozdziałów w

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 52/57

książkach (Nova Science Wydawca NY) i artykułów opublikowanych w najbardziej prestiżowych czasopismach krajowych i zagr. Ponadto był liderem lub wykonawcą w ok. 100 projektach krajowych i międzynarodowych (COST). Posiada 5 patentów.

Miejsce pracy i zajmowane stanowiska:

- 2 lata v-ce dyrektor Instytutu Aparatury Przemysłowej i Energetyki (1991-1993)
- Dyrektor Instytutu Aparatury Przemysłowej i Energetyki (1993-2009)
- Kierownik Katedry Maszyn i Urządzeń Energetycznych (2009-2012)
- Dyrektor Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych (2012-2019)
- Kierownik Katedry Energetyki (od 01.05.2019r)

Prof. dr hab. inż. Dawid Taler (Politechnika Krakowska)

Miejsce pracy i zajmowane stanowiska:

- asystent naukowo-dydaktyczny, od 1 października 1999 roku do 4 czerwca 2002 roku, w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie,
- adiunkt naukowo-dydaktyczny, od 5 czerwca 2002 roku do 30 września 2011 roku, w Katedrze Maszyn i Urządzeń Energetycznych na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie,
- profesor nadzwyczajny Politechniki Krakowskiej od 1 października 2011 roku do 2017 roku, w Instytucie Inżynierii Ciepłej i Ochrony Powietrza na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Krakowskiej,
- profesor tytularny od marca 2017 roku,
- Kierownik Katedry Katedra Procesów Ciepłych, Ochrony Powietrza i Utylizacji Odpadów od września 2017 roku do chwili obecnej

Prof. dr hab. inż. Bohdan Węglowski (Politechnika Krakowska)

Główny obszar badań to opracowanie metod bazujących na rozwiązywaniu odwrotnych zagadnień przewodzenia ciepła oraz modelowanie procesów przepływowo-ciepłych, opracowanie programów

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 53/57

do identyfikacji pracy elementów ciśnieniowych kotłów energetycznych w stanach nieustalonych i w trakcie ustalonej pracy oraz ich weryfikacja na stanowiskach doświadczalnych i na elementach kotłów pracujących w elektrowniach krajowych opracowanie układu do obliczania stopnia zużycia krytycznych elementów kotłów, umożliwiającego określenie bezpiecznego czasu dalszej eksploatacji.

dr hab. inż. Piotr Dzierwa, prof. PK (Politechnika Krakowska)

Miejsce pracy i zajmowane stanowiska:

- Asystent Katedry Maszyn i Urządzeń Energetycznych (2009-2012)
- adiunkt naukowo-dydaktyczny Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych (2017-2018)
- Profesor Uczelni (od 01.10.2018r)
- Opiekun specjalności: Modelowanie komputerowe w Energetyce na WM PK.

Działalność naukowa dr hab. inż. Piotra Dzierwy, prof. PK związana jest z zagadnieniami energetyki cieplnej. Prowadzi badania w obszarach związanych z modelowaniem procesów przepływowo-ciepłnych, analizą cieplnowytrzymałościową maszyn i urządzeń energetycznych, optymalizacją rozruchów bloków energetycznych, oraz monitorowaniem urządzeń energetycznych.

Prof. dr hab. inż. Janusz Lewandowski (Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o)

Prof. dr hab. inż. Janusz Lewandowski jest prezesem Zarządu Instytutu Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o. o. oraz pracownikiem naukowym Instytutu Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej. Główna tematyka badawcza to: zastosowanie modelowania matematycznego w projektowaniu i eksploatacji turbin ciepłych, modelowanie matematyczne procesów nieustalonych w maszynach i urządzeniach energetycznych, systemy nadzoru eksploatacji bloków energetycznych, doskonalenie ekonomiki ruchu w elektrowniach i elektrociepłowniach, prace studialne nad nowymi technologiami w energetyce, programowanie rozwoju energetyki w warunkach radykalnych ograniczeń emisyjnych.

Zajmowane stanowiska

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
 CZAMARA	 Instytut Badań Stosowanych POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ SP. Z O.O.	Strona: 54/57

- Prezes Zarządu Instytutu Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o. 2012 – dzisiaj
- Dyrektor Instytutu techniki Ciepłej PW 1993 – 2012
- Dyrektor Uczelnianego Centrum Badawczego Energetyki i Ochrony Środowiska PW 2002 – 2016
- Kierownik Zespołu Niezależnych Ekspertów przy Izbie Gospodarczej Energetyki i Ochrony Środowiska 1996 - dzisiaj

Dr hab. inż. Wojciech Bujalski (Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o.)

Dr hab. inż. Wojciech Bujalski, Dyrektor Instytutu Techniki Ciepłej Politechniki Warszawskiej, licencjonowany project manager (International Project Management Association). Główne obszary badawcze to magazynowanie ciepła, nowoczesne systemy ciepłownicze, optymalizacja układów energotechnologicznych. Posiada doświadczenie zawodowo w pracy w przedsiębiorstwie ciepłowniczym (2003 – 2007) jako analityk systemowy. Zrealizował wiele projektów badawczych zakresu ciepłownictwa i magazynowania ciepła jak również kierował wieloma projektami zrealizowanymi na rzecz przemysłu. Jednym z ważniejszych projektów było wdrożenie systemu doradczego do Optymalizacji pracy największego w Polsce zasobnika ciepła w EC Siekirki zrealizowanego dla Vateenfall. Największym uznaniem za działalność dotycząc rozwoju akumulacji było otrzymanie w roku 2015 prestiżowej Nagrody Naukowej Siemensu wraz z prof. Krzysztofem Badydą i dr hab. Ryszardem Zwierchowski za „Opracowanie i wdrożenie naukowych podstaw projektowania i optymalizacji sterowania pracy zasobników ciepła w systemach ciepłowniczych”.

Dr hab. inż. Piotr Krawczyk (Instytut Badań Stosowanych Politechniki Warszawskiej Sp. z o.o.)

Dr hab. inż. Piotr Krawczyk jest zatrudniony na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej od 2008 roku, obecnie na stanowisku profesora uczelni. Jego sylwetkę charakteryzuje:

- duży dorobek naukowy (ok 100 publikacji);
- duży dorobek w zakresie realizacji i kierowania pracami o charakterze aplikacyjnym (ok 80 ekspertyz i prac na zlecenie przemysłu w tym z sektora ciepłowniczego);

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 55/57

- duże doświadczenie w realizacji i kierowaniu projektami badawczymi (15 projektów z NCBiR, w sześciu z nich pełnił rolę kierownika);
- aktywna współpraca międzynarodowa.

Pełnił rolę promotora w 62 pracach dyplomowych. Jest obecnie promotorem 4 doktorantów oraz promotorem pomocniczym w 2 postępowaniach doktorskich. Jest laureatem: m.in. pięciu nagród JM Rektora Politechniki Warszawskiej. Jest autorem i współautorem 11 patentów.

Marek Czamara (FHU Urządzenia Chłodnicze Czamara)

Pan Marek Czamara posiada bogate, ponad 25 letnie doświadczenie kierownicze. Jako właściciel kieruje firmą i zarządzał zespołami składającym się z ponad 20 osób. Kierował zespołami technologicznymi i konstrukcyjnymi. Posiada doświadczenie we wprowadzaniu nowego asortymentu do produkcji jak również w zakresie inwestycji. Zdobył doświadczenie w projektach dużym poziomie skomplikowania oraz o krótkim terminie realizacji.

Zarządzał dwoma projektami badawczo rozwojowymi w okresie 2017-2021. Obecnie zarządza projektem RESHeat w części realizowanej przez F.H.U. Urządzenia Chłodnicze realizowanym w ramach konsorcjum międzynarodowego nadzorowanego bezpośrednio przez Komisję Europejską w ramach programu ramowego Horyzont 2020.

Piotr Czamara (FHU Urządzenia Chłodnicze Czamara)

Pan Piotr Czamara ukończył studia inżynierskie w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Nowym Sączu na kierunku Zarządzanie i Inżynieria Produkcji. Od 16 lat pracuje w branży chłodniczej oraz grzewczej. Od 2012 roku jest współwłaścicielem firmy F.H.U. Czamara s.c. i posiada bogate doświadczenie w koordynacji projektów, inwestycji oraz nadzorowaniu montażu wykonywanych instalacji.

Michał Franczak (FHU Urządzenia Chłodnicze Czamara)

Pan Michał Franczak ukończył studia magisterskie na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na wydziale Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej w zakresie Ogrzewnictwa

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 56/57

i Klimatyzacji. Od 4 lat pracuje w firmie FHU Urządzenia Chłodnicze na stanowisku Inżyniera-Specjalisty energii odnawialnych. Posiada bogate doświadczenie w wykonywaniu doborów instalacji fotowoltaicznych, pomp ciepła, nadzorowania montażu wykonywanych instalacji, dokonywaniu zgłoszeń instalacji PV itp. Pełnił funkcję inżyniera - badacza w trakcie prowadzonych przez firmę projektów badawczo- rozwojowych.

Jacek Drab (FHU Urządzenia Chłodnicze Czamara)

Pan Jacek Drab ukończył studia inżynierskie na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na kierunku Automatyka i Robotyka. Od 5 lat pracuje w firmie FHU Urządzenia Chłodnicze na stanowisku automatyk / programista. Posiada duże doświadczenie w zakresie tworzenia systemów sterowania , zarządzania produkcją ciepła / chłodu za pomocą systemów automatyki przemysłowej. Pełnił funkcję specjalisty -informatyka w trakcie prowadzonych przez firmę projektów badawczo-rozwojowych.

Agnieszka Drzyzga (FHU Urządzenia Chłodnicze Czamara)

Pani Agnieszka Drzyzga ukończyła studia magisterskie na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie na wydziale Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska. Przez 9 lat pracowała w Przedsiębiorstwie Geologicznym we Wrocławiu PROXIMA S.A. Posiada uprawnienia geologiczne nr VIII-0171. Od 4 lat pracuje w firmie FHU Urządzenia Chłodnicze. Uczestniczyła w realizacji projektów badawczo-rozwojowych.

Grażyna Szubryt (FHU Urządzenia Chłodnicze Czamara)

Pani Grażyna Szubryt ukończyła studia licencjackie w Państwowej Wyższej Szkole Zawodowej w Nowym Sączu na kierunku Administracja i Finanse Sektora Publicznego. Od 14 lat pracuje w firmie FHU Urządzenia Chłodnicze na stanowisku Kierownik Administracyjny. Jest zaangażowana we wszystkie większe zlecenia i realizacje firmy, które współnadzoruje, dokumentuje i rozlicza. Posiada doświadczenie w koordynacji dużych projektów, w tym projektów badawczo-rozwojowych oraz zarządzaniu kadrą.

 Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki  	Projekt: Elektrociepłownia w lokalnym systemie energetycznym	
	Zamawiający: Narodowe Centrum Badań i Rozwoju	Strona: 57/57

11. Załączniki

Model numeryczny Demonstratora Technologii:

- arkusz kalkulacyjny z zestawieniem danych liczbowych opisujących System Demonstracyjny,
- szczegółowy opis Technologii Elektrociepłowni.