



**POLITECHNIKA ŚLĄSKA**

**WYDZIAŁ INŻYNIERII ŚRODOWISKA I ENERGETYKI**

**Dyscyplina naukowa:** inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka

**mgr inż. Arkadiusz Musiał**

**Optymalizacja parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych  
siłowni ORC zasilanej ciepłem odpadowym z procesów  
przemysłowych**

**Promotor: dr hab. inż. Jacek Kalina**

**Promotor pomocniczy: dr inż. Łukasz Antczak**

**Gliwice, 2022**

## Streszczenie

Ciepło odpadowe będące nieuniknionym produktem ubocznym wielu procesów przemysłowych, stanowi stratę, która przy zastosowaniu odpowiednich technologii może zostać użytecznie zagospodarowana.

Powszechnie stosowaną praktyką jest wykorzystanie tej energii jeszcze w tym samym procesie poprzez regeneracyjne i rekuperacyjne wymienniki ciepła, czy też jak ciepło do celów grzewczych. Rozwiązania te napotykają jednak na ograniczenia związane z rozkładem popytu na ciepło w ciągu roku czy ograniczonymi możliwościami jego przesyłania na duże odległości, stąd wzrost zainteresowania technologiami umożliwiającymi przetworzenie ciepła odpadowego do postaci energii elektrycznej.

Jedną z takich technologii jest Organiczny obieg Rankine'a, który stanowi odmianę klasycznego obiegu Clausiusa-Rankine'a. Podstawowa różnica polega na zastosowaniu czynników roboczych innych niż woda, cechujących się zazwyczaj niższą temperaturą wrzenia i/lub entalpią parowania.

Sprawia to, że technologia ta doskonale nadaje się do zagospodarowania źródeł ciepła o niskich parametrach termicznych takich jak geotermia, biomasa, energia słoneczna czy przemysłowa energia odpadowa.

Z drugiej strony duże zróżnicowanie nośników ciepła odpadowego pod względem poziomu temperatury, natężenia przepływu oraz charakteru obciążenia utrudnia projektowanie ustandaryzowanych typoszeregów urządzeń oraz w wielu przypadkach może wymuszać indywidualne podejście w celu doboru optymalnej jednostki.

W niniejszej pracy przedstawiono specyfikę niszy rynkowej jaką jest przemysłowe ciepło odpadowe, identyfikując teoretyczny potencjał ciepła odpadowego w Polsce oraz oszacowano możliwość wdrożenia w różnych gałęziach przemysłu jednostek ORC o łącznej mocy prawie 340 MW.

Omówiono znane, jak i wschodzące rozwiązania konkurencyjne wobec technologii ORC takie jak klasyczny obieg parowy, obieg Kaliny czy odwrócony obieg Barytona. Przewidziano specyfikę technologii ORC, stosowane typy czynników roboczych, struktur technologicznych, wykorzystywane rodzaje ekspanderów.

Przedstawiono opis jednostek ORC dotychczas zbudowanych przez Marani oraz ich główne założenia konstrukcyjne oraz parametry.

Dokonano opisu wykorzystywanej procedury obliczeniowej pozwalającej na ewaluację źródeł ciepła odpadowego pod kątem możliwości zastosowania technologii ORC, doboru znamionowych parametrów układów, obliczenia powierzchni wymiany ciepła, efektów ekologicznych, czasu zwrotu oraz parametrów zaprojektowanych jednostek przy obciążeniu innym niż znamionowe.

Przedstawiono studium przypadku oraz weryfikację wyników uzyskiwanych opracowanymi narzędziami z wynikami uzyskanymi przez Instytut Maszy Przepływowych im. Roberta Szewalskiego w Gdańsku PAN, uzyskując zbieżne wyniki dla niezależnych analiz. W ramach studium wyznaczono dopuszczalny zakres zmienności parametrów nośnika ciepła odpadowego umożliwiających eksploatację układu ORC o dobranych parametrach.

Na podstawie pomiarów układu Marani ORC30 przeprowadzono weryfikację wyników uzyskiwanych opracowanym programem do analiz układów ORC w stanach innego niż nominalne obciążenie.