

Ogólnoswiatowy rozwój gospodarczy, wzrost liczby ludności oraz postęp technologiczny spowodowały ogromny wzrost globalnego zapotrzebowania na energię. To, w połączeniu z obecnymi niezrównoważonymi metodami produkcji energii opartych o paliwa kopalne, stworzyło poważny kryzys środowiskowy, gdzie naukowcy i decydenci apelują o przejście na bardziej zrównoważone i wydajne energetycznie technologie. Działania te służą złagodzeniu narastającego kryzysu związanego z globalnym ociepleniem. Branże związane z przemysłem ciężkim są odpowiedzialne za największą konsumpcję energii i należą do tych sektorów gospodarki, które należy poddać trwałej „dekarbonizacji”. UE wyznaczyła krajom członkowskim ambitny cel zmniejszenia emisji dwutlenku węgla w sektorze przemysłowym o 42% do 2030 roku. Według szacunków UE sektor przemysłowy odpowiada za 27% całkowitego zużycia energii i za generowanie 30% emisji CO<sub>2</sub> związanej z wytwarzaniem ciepła. Zapotrzebowanie przemysłu na energię ciepłą to prawie 70% całkowitego zapotrzebowania na energię, co stanowi 18,9% całego zapotrzebowania na energię w UE. Procesy termiczne emitują dużą ilość ciepła odpadowego, przy czym prawie jedna piąta (~400 TWh/rok) jest klasyfikowana jako wysokogatunkowa, z dobrym potencjałem do odzysku i ponownego wykorzystania. Odzyskiwanie ciepła odpadowego (WHR) jest zatem jednym z kolejnych światowych priorytetów.

W przypadku magazynowania energii cieplnej (TES) ciepło jest dostarczane do urządzenia magazynującego, celem wykorzystania go w przyszłości. Systemy TES ze względu na swoją uniwersalność i sprawność mogą rozwiązać problemy związane z nieciągłością podaży/popytu, co czyni je obiecującym rozwiązaniem problemów związanych z odzyskiem ciepła odpadowego. Systemy TES są dojrzałą technologią wykorzystywaną szczególnie w przypadku elektrowni słonecznych i przemysłu, gdzie wytwarza się znaczną ilość ciepła odpadowego. Magazynowanie tzw. energii cieplnej utajonej (LHTES) jest najkorzystniejszą metodą spośród różnych dostępnych metod magazynowania. Metoda ta pozwala efektywnie zmagazynować energię przy niewielkich wymaganiach objętościowych, masowych i kosztach instalacji magazynu energii. Technologia LHTES rozwija się dynamicznie, czego wyrazem jest ciągle wzrost liczby publikacji w ostatniej dekadzie, a łączna liczba cytowań tych prac podwoiła się w okresie 2016r.-2019r. Metoda LHTES opiera się na zdolności materiałów do absorbowania lub uwalniania ciepła podczas ich przejścia z jednego stanu do drugiego (najczęściej ze stanu stałego do ciekłego). Materiały te nazywane są materiałami zmiennofazowymi (PCM).

Jednakże, pomimo swoich zalet, materiały PCM mają również kilka wad. Zniwelowanie tych wad jest kluczowe dla modernizacji LHTES celem spełnienia przyszłych, bardziej restrykcyjnych wymagań. Umieszczenie materiału PCM w matrycy ciała stałego może znacznie poprawić ich wydajność. Dzieje się tak, ponieważ wymiana ciepła jest efektywniejsza i bardziej jednorodna w materiałach stałych, a do tego nie wywołują one korozji w materiałach konstrukcyjnych. Powstały materiał nazywany jest kompozytowym PCM (CPCM). Najprostszą i łatwo skalowalną metodą produkcji CPCM jest spiekanie mieszane, które polega na mieszanii PCM z ziarnami ceramiki, węgla lub metalu, ścisaniu mieszanki do pożądanego kształtu. Wytwarzanie CPCM jest jednak procesem złożonym i nawet po 15 latach projektowania tych materiałów, ich porowatość bywa nadal wysoka, a zawartość samego PCM w CPCM jest niewystarczająca. Nie ulega wątpliwości, że pełny potencjał CPCM-ów nie został jeszcze wykorzystany. Istnieje wiele możliwości dalszej poprawy wydajności w zakresie wymiany ciepła poprzez minimalizację porowatości oraz zwiększenie gęstości energii poprzez wzrost zawartości PCM.

Nanocząstki (NPs) to cząstki materii o średnicy od 1 do 100 nanometrów (nm). Natomiast ciecz zawierająca NPs nazywana jest nanofluidem. Udowodniono, że dodanie NPs do cieczy ma znaczący wpływ na poprawę ich właściwości. Spowodowane jest to tym, że porowatość PCM może być modyfikowana poprzez zawieszenie nanocząstek w cieczy, co również finalnie przekłada się na wzrost gęstości energii CPCM. W tym zakresie literatura przedmiotu jest uboga.

Pierwszym celem projektu jest przygotowanie serii nanofluidów łączących PCM z NPs o różnych rozmiarach, kształtach, typach oraz stężeniach. Takie układy zostaną zbadane pod kątem ich właściwości, które są odpowiedzialne za zwiększenie wydajności CPCM. Nanopłyny w dalszej kolejności będą kombinowane z materiałami matrycowymi celem przygotowania kompozytu CPCM. Ich dalsza analiza pozwoli ocenić wydajność całego systemu. Ponadto analiza korelacji właściwości materiału a ich efektywność energetyczna, dostarczy nam relacji pozwalających dobrać efektywnie względem siebie NP, PCM i CPCM, dzięki czemu w dalszej kolejności będzie można przygotować wydajny materiał kompozytowy CPCM o niespotykanej dotąd wydajności cieplnej. Jesteśmy przekonani, że innowacje w zakresie materiałów LHTES odegrają kluczową rolę w projektowaniu wydajniejszych układów do magazynowania energii cieplnej i tym samym wpłyną na zrównoważoną przyszłość energetyczną.

Optymalizacja procesu produkcji CPCM w konsekwencji będzie prowadzić do produkcji efektywniejszych energetycznie i przyjaznych środowisku magazynów energii cieplnej. Jednocześnie, otrzymane w projekcie wyniki korelacyjne umożliwią w przyszłości nie tylko redukcję kosztów związanych z procesem projektowania kompozytów, ale również mogą okazać się cennym źródłem informacji przy projektowaniu katalizatorów, optymalizacji przepływu wód gruntowych przez materiały porowate, rozwiązaniu problemów związanych z wydobyciem ropy i gazu, projektowaniu magazynów CO<sub>2</sub>, jak i również w technikach membranowych i medycznych.