

W ostatnich latach na świecie odnotowywany jest ciągły wzrost zapotrzebowania na akumulatory typu Li-ion, który spowodowany jest zwiększonym popytem na samochody elektryczne, przenośną elektronikę użytkową oraz systemy magazynowania energii oparte na energii odnawialnej. Znaczącą rolę w powyższej sytuacji odgrywa przemysł samochodowy, skierowany na produkcję pojazdów hybrydowych i elektrycznych, tym samym obniżając emisję dwutlenku węgla. Ponadto na świecie powstaje coraz więcej instalacji opartych na wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii, takich jak wiatr czy energia słoneczna, które wymagają użycia wydajnych magazynów energii elektrycznej. We wszystkich powyższych przypadkach obecnie używane są ogniwa typu Li-ion ze względu na wysoką gęstość energii (zarówno grawimetryczną, jak i wolumetryczną), a także długość życia pojedynczego ogniwa, w odniesieniu do innych technologii magazynowania energii. Co więcej, światowa gospodarka coraz częściej opiera się na bardziej czystych oraz zrównoważonych rozwiązaniach energetycznych, a co za tym idzie – przewidywanym rezultatem w niedalekiej przyszłości jest zwiększenie popytu na technologię Li-ion. Taka sytuacja sprawia, że pojawiają się nowe wyzwania związane głównie z dostępnością surowców na materiały potrzebne do produkcji powyższych ogniw. W związku z tym rozważa się częściowe zastąpienie technologii Li-ion ogniwami Na-ion, w których sód, mający podobne właściwości fizykochemiczne do litu, posiada szeroko dostępne złoża surowców na świecie, co przekłada się bezpośrednio na ich niższą cenę. Jednakże, technologia ogniw sodowych ma też swoje wady. Ze względu na większy promień jonowy sodu w porównaniu do litu, ogniwa typu Na-ion odznaczają się niższą gęstością energii i mocy. W celu przeciwstawienia się temu problemowi, badane i rozwijane są materiały o zmodyfikowanej strukturze krystalicznej, umożliwiające wysoką odwracalność procesów ładowania/rozładowania, która pozwoli na dłuższy cykl życia ogniwa, jednocześnie minimalizując koszty. W związku z powyższym, wiele ostatnich prac badawczych skupia się na możliwościach zastosowania technologii Na-ion w wielkoskalowych magazynach energii, których celem jest bilansowanie zapotrzebowania na energię elektryczną produkowaną przez elektrownie konwencjonalne oraz bazujące na odnawialnych źródłach energii.

Na charakterystykę elektrochemiczną ogniwa wpływa odpowiedni dobór uprzednio testowanych materiałów elektrodowych oraz elektrolitu. Biorąc pod uwagę fakt, że materiał katodowy stanowi ok. 30% kosztów całego ogniwa, niniejszy projekt koncentruje się na otrzymaniu oraz badaniu właściwości fizykochemicznych i elektrochemicznych polianionowych związków o strukturze NASICON-u oraz *alluaudite*, które mogą być potencjalnymi katodami dla ogniw typu Na-ion. Materiały te wykazują bardzo wysoką stabilność termiczną i chemiczną, co bezpośrednio przekłada się na bezpieczeństwo użytkowania. Pośród materiałów scharakteryzowanych i opisanych w dostępnej literaturze, materiały NASICON- $\text{Na}_3\text{M}_2(\text{PO}_4)_3$ oraz *alluaudite*- $\text{Na}_2\text{M}_3(\text{PO}_4)_3$ (M = metal 3d) wydają się być dobrymi kandydatami. Pomimo, że materiały te posiadają wspomnianą wyżej stabilną strukturę krystaliczną, ich rozwój jest hamowany przez niskie przewodnictwo elektryczne. W dostępnej literaturze wciąż brakuje wielu informacji, w zakresie doboru odpowiednich pierwiastków w podsieci M, wyboru najkorzystniejszego elektrolitu, a także optymalizacji i poprawy właściwości transportowych i elektrochemicznych poprzez podstawienia w podsieciach anionu PO_4 oraz sodu.

Naukowym celem projektu jest zbadanie jak kompozycja chemiczna oraz struktura krystaliczna wpływają na właściwości fizykochemiczne trójwymiarowych materiałów katodowych (NASICON, *alluaudite* i pochodne) dla ogniw typu Na-ion nowej generacji o wysokiej wydajności, które będą mogły częściowo zastąpić baterie Li-ion. W tym celu do badań wybrane zostały następujące materiały:

- o strukturze NASICON-u i wzorze ogólnym: $\text{Na}_{3-x}\text{K}_x\text{M}_2(\text{PO}_4)_3$ oraz $\text{Na}_{3-x}\text{K}_x\text{M}_2(\text{PO}_4)_{3-y}\text{F}_y$ (M = metal 3d: V, Fe, Mn, Cu, itp.);
- o strukturze *alluaudite* i wzorze ogólnym: $\text{Na}_{2-x}\text{K}_x\text{M}_3(\text{PO}_4)_3$ oraz $\text{Na}_{2-x}\text{K}_x\text{M}_3(\text{PO}_4)_{3-y}\text{F}_y$ (M = metal 3d: V, Fe, Mn, Cu, itp.).

Autor projektu planuje przeprowadzić syntezy oraz kompleksową analizę powyżej wymienionych materiałów. Prace badawcze obejmą szeroką gamę zaawansowanych technik eksperymentalnych, które skoncentrują się na poznaniu aspektów strukturalnych omawianych materiałów, ich wpływu na przewodnictwo elektryczne, współczynnik dyfuzji sodu, właściwości elektrochemiczne ogniw na ich bazie. Pomiaru właściwości transportowych i elektrochemicznych będą połączone z analizą strukturalną, której celem będzie określenie mechanizmu pracy podczas procesów ładowania/rozładowania skonstruowanych ogniw.