

Wraz z dynamicznym rozwojem technologii, rośnie zapotrzebowanie na zapewnienie stabilnych i niezawodnych źródeł energii. Ograniczone zasoby paliw kopalnych wpływają na rozwój technologii opartych na odnawialnych źródłach energii, takich jak słońce, wiatr czy pływy. Jednakże, ze względu na brak ciągłości produkcji energii ze źródeł niekonwencjonalnych, głównym problemem staje się opracowanie systemów magazynowania energii elektrycznej zapewniających stabilność oraz kontrolę nad systemem elektroenergetycznym. Jednym z najpowszechniej stosowanych rozwiązań w obszarze magazynowania energii są ogniwa litowo-jonowe (*Li-ion*) stosowane między innymi w szerokiej gamie elektronicznych urządzeń przenośnych, motoryzacji oraz małych i wielkoskalowych magazynach energii. Ogniwa *Li-ion* zawdzięczają swoją popularność wielu niewątpliwym zaletom, takim jak wysoka gęstość zgromadzonej energii oraz wysoka sprawność jej magazynowania, niezawodność, żywotność, dowolność kształtów i rozmiarów, cicha praca oraz brak zanieczyszczania środowiska. Nie są one jednak pozbawione wad, a największą z nich jest fakt, że ograniczone zasoby litu rozmieszczone są na Ziemi nierównomiernie, przy czym największa ich dostępność przypada na rejony często niestabilne politycznie i gospodarczo, co zagraża ciągłości dostaw tego pierwiastka.

Na przestrzeni kilku ostatnich lat coraz większą uwagę poświęcano ogniwom *Na-ion*, których działanie opiera się na procesie interkalacji elektrochemicznej sodu do związków metali przejściowych, analogicznie jak w ich litowych odpowiednikach. W czasie pracy tego typu ogniwa jony sodu Na^+ są wyprowadzane z materiału anodowego i przemieszczają się przez elektrolit, by następnie wbudować się w strukturę materiału katodowego. Jednocześnie obwodem zewnętrznym płyną w tym samym kierunku elektrony, czyli prąd elektryczny. Ogromną zaletą sodu jest jego powszechna dostępność w przyrodzie, chociażby w wodzie morskiej. Jednocześnie większy promień jonowy, większa masa oraz wyższy potencjał standardowy od litu powodują, że osiągnięcie porównywalnej do ogniw *Li-ion* gęstości mocy i energii staje się dużym wyzwaniem. Na całym świecie opracowywane są nowe grupy materiałów dla tej technologii. Kompleksowo badane są zwłaszcza katody, ze względu na fakt, że to ich potencjał względem $\text{Na}|\text{Na}^+$ oraz pojemność przekładają się w decydującym stopniu na gęstość zgromadzonej w ogniwie energii. Duże zainteresowanie wywołują wysokonapięciowe materiały katodowe oparte o warstwowy tlenek metalu przejściowego Na_xMnO_2 ($0 < x \leq 1$).

Celem niniejszego projektu są szeroko zakrojone prace badawcze nad grupą materiałów o ogólnym wzorze stechiometrycznym $\text{Na}_x\text{M}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_2$ ($\text{M}=\text{Li}, \text{Mg}, \text{Al}; 0 \leq y < 0,3$). Materiały te, poza wysokim napięciem, charakteryzują się także nietypowym mechanizmem interkalacji, w czasie której nie tylko metal przejściowy, ale także tlen zmienia swój stopień utlenienia. Zjawisko to może wpływać na znaczne zwiększenie pojemności. Planowane badania mają na celu zrozumienie jak dotąd nie w pełni wyjaśnionego mechanizmu interkalacji w tych materiałach, a także powiązanie składu chemicznego i poszczególnych podstawień (Li^+ , Mg^{2+} i Al^{3+}) z własnościami strukturalnymi i transportowymi. Opracowana zostanie optymalna metoda syntezy przy uwzględnieniu wysokotemperaturowej reakcji w fazie stałej i metod zol-żel, a najbardziej obiecujące materiały zostaną wykorzystane do skonstruowania ogniw w komorze rękawicowej w atmosferze argonu. Ich weryfikacja odbędzie się poprzez poznanie struktury krystalicznej dzięki metodzie dyfraktometrii rentgenowskiej (*XRD*), morfologii poprzez badanie skaningowym mikroskopem elektronowym (*SEM*) oraz stabilności termicznej w oparciu o termogravimetrię (*TG*) i skaningową kalorymetrię różnicową (*DSC*). Niezbędne do określenia mechanizmu transportu ładunku będą badania właściwości transportowych: przewodnictwa elektrycznego metodą spektroskopii impedancyjnej (*EIS*) oraz siły termoelektrycznej przy wykorzystaniu metody dynamicznej. Testy elektrochemiczne, w tym: cykliczne ładowanie i rozładowanie ogniw pod różnym obciążeniem prądowym, wyznaczenie charakterystyk prądowo-napięciowych przy pomocy woltamperometrii cyklicznej oraz testy odwracalności procesów elektrochemicznych pozwolą na wyznaczenie pojemności i żywotności ogniw. Analiza składu chemicznego oraz stopni utlenienia jonów metali przejściowych w badanych materiałach dzięki metodzie spektroskopii fotoelektronów w zakresie promieniowania rentgenowskiego (*XPS*) przyczynią się do zrozumienia natury zjawiska zmiany stopnia utlenienia tlenu. Wyniki pomiarów uzupełnione zostaną o teoretyczne obliczenia struktury elektronowej przy wykorzystaniu oprogramowania Medea[®] wraz z programem VASP. Kompleksowe badania wpłyną na uzupełnienie oraz uporządkowanie dotychczasowej wiedzy w zakresie badanych materiałów, przyczyniając się do rozwoju technologii ogniw sodowych.