



Referat wygłoszony w dniu 19 listopada 2025r. na posiedzeniu Komisji Nauk Geologicznych PAN Oddział w Krakowie

Polska Akademia Nauk
Oddział w Krakowie
Komisja Nauk Geologicznych

Prof. dr hab. inż. Barbara Tora

Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami

Katedra Inżynierii Środowiska

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

e-mail: tora@agh.edu.pl, ORCID: 0000-0001-5472-8214

Perspektywy pozyskania litu ze złóż antropogenicznych

W prezentacji przedstawiono perspektywy pozyskania litu ze złóż antropogenicznych:

- odzysku litu z odpadowych wód złożowych – projekt AGH Comp-lithium,
- odzysk litu z odpadów z kopalni Cinoviec (Czechy),
- odzysk litu z baterii litowo-jonowych – Elementals (Zawiercie).

Lit jest jednym z najważniejszych surowców dla transformacji energetycznej, nazywany bywa „białym złotem„ czy „ropą XXI wieku”. Jest używany do produkcji magazynów energii, baterii napędzających samochody elektryczne i zasilających urządzenia elektroniczne. Jest jednym z najbardziej pożądanых materiałów w światowej gospodarce. Wynika to przede wszystkim z jego bardzo małej gęstości i braku alternatyw. To najłżejszy znany metal, a nowatorskie technologie oparte na innych pierwiastkach, jak krzem czy sód, nie wychodzą na razie poza badania laboratoryjne.

Zasoby światowych złóż litu szacuje się na 98 mln ton. Największe zasoby litu znajdują się w Chile (9,3 mln ton), Argentynie (3,6 mln ton) i Australii (6,3 mln ton), Chinach (3 mln ton) i Stanach Zjednoczonych (1,8 mln ton). W „Trójkącie litowym” (Chile, Boliwia i Argentyna) znajduje się ponad połowa nadającego się do wydobywania surowca. Lit jest odzyskiwany z solanki.

Przewiduje się, że globalne zapotrzebowanie na lit w 2025 roku osiągnie około 1,5 miliona ton ekwiwalentu węglanu litu (LCE), ze względu na rosnący rynek pojazdów elektrycznych (EV) i systemów magazynowania energii (BESS).

Prognozy przewidują, że popyt na lit w 2030 roku osiągnie 4,6 mln ton ekwiwalentu węglanu litu (LCE), w tym 2,4 mln ton z pojazdów elektrycznych (EV), 700 000 ton z autobusów i ciężarówek elektrycznych oraz 1,1 mln ton z BESS. Cena litu (LCE) w październiku 2025 wynosi 65 tys. USD/tonę.

W Europie funkcjonuje wiele fabryk baterii litowo-jonowych: w Niemczech (Tesla, Volkswagen), Polsce (LG Energy Solution), na Węgrzech (CATL, SK On, Samsung), w Szwecji (Northvolt) i we Francji (Verkor, ACC). Polska jest obecnie największym producentem baterii litowo-jonowych w Europie oraz drugim największym na świecie (produkujemy 6% światowej produkcji).

Odzysk litu z odpadowych wód złożowych

Technologia kompleksowego odzysku litu i wody użytkowej z odpadowych wód złożowych jest opracowana w ramach projektu CompLithium. Projekt jest realizowany na Wydziale Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH przez zespół pod kierownictwem dr inż. Ewy Knapik. Celem projektu jest opracowanie technologii odzysku litu i wody użytkowej z odpadowych solanek złożowych na bazie połączonych technik sorpcyjno-membranowych. Proponowane rozwiązanie stanowi innowację procesową w skali kraju i świata.

Elementami nowości są - wysokoporowate sorbenty wytworzone techniką druku 3D do odzysku litu o poprawionej selektywności i pojemności sorpcyjnej oraz membrany do nanofiltracji modyfikowane m.in. eterami koronowymi celem równoczesnej produkcji wody odsolonej i sorpcji resztkowego litu z solanek.

Recykling baterii litowo-jonowych: Polska liderem UE

Akumulatory litowo-jonowe są wykorzystywane w samochodach zwykle nie dłużej niż 15 lat, po czym przez kolejne 5-10 lat mogą służyć jeszcze jako stacjonarne magazyny energii, jednak po ok. 20 latach większość z nich musi trafić do recyklingu.

Do dziś recyklingiem zajmowały się niemal wyłącznie Chiny, USA i Korea Południowa, kraje, gdzie produkuje się baterie i gdzie do recyklingu trafiają ogromne ilości urządzeń akumulatorowych – głównie smartfonów, tabletów i laptopów o krótszym (zwykle 5-letnim) cyklu życia.

Grupa Elemental - globalna grupa kapitałowa – wywodząca się z Polski (założona w 2010 r. w Grodzisku Mazowieckim) zajmuje się recyklingiem i *urban mining*. Grupa zajmuje się odzyskiwaniem platynowców – PGM (palladu, platyny i rodu) ze zużytych katalizatorów samochodowych (SAC). Pozyskuje także m.in. koncentraty złota, srebra i miedzi ze zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (e-waste), płytek drukowanych (PCB) oraz złomu metali nieżelaznych. W 2024 roku Elemental uruchomił nowoczesny zakład do recyklingu baterii litowo-jonowych w Zawierciu.

Dziś w Europie odzyskuje się z baterii jedynie miedź, aluminium i plastik. Czarna masa z najcenniejszymi minerałami jest sprzedawana firmom z Chin, Korei, Kanady czy USA. Dzięki zakładowi w Zawierciu, w Polsce odzyskiwany będzie z niej lit. Firma inwestuje także w instalację do odzysku niklu, manganu i kobaltu. Będzie to pierwsza instalacja przemysłowa w Europie. Wybudowany za blisko 1 mld zł zakład recyklingu baterii litowo-jonowych w Zawierciu jest pierwszym tak dużym obiektem w Europie, zaplanowano przerób roczny 4 tys. ton ogniw litowo-jonowych.

Z akumulatorów Li-Ion odzyskiwane są w Zawierciu osobno plastik, miedź, aluminium i czarna masa, a więc mieszanka grafitu (z anody) z niklem, manganem i kobaltem (z katody) oraz związkami litu (który w pracującym ogniwie przemieszcza się między katodą a anodą).

W 2025 roku, w Zawierciu ruszy także kolejna instalacja, do wydzielania z czarnej masy osobno litu oraz MHP (ang. *mixed hydroxide precipitation*), czyli samych metali mangan-nikiel-kobalt.

Najtrudniejsza w recyklingu ogniw litowo-jonowych jest ekstrakcja wodorotlenku litu, ma ona jednak bardzo duże uzasadnienie ekonomiczne. Po jego ekstrakcji uzyskuje się czyste towary handlowe. Pozyskiwanie tych metali w Europie jest dla naszego kontynentu kluczowe, gdyż dziś większość ogniw litowo-jonowych powstaje w Chinach, z pierwiastków wydobywanych w Azji, Australii, obu Amerykach i Afryce. Odzyskując je z ogniw litowo-jonowych można uzyskać metale i grafit niezbędne do budowy nowych ogniw na miejscu, choćby w największej w Europie fabryce ogniw Li-Ion, zbudowanej pod Wrocławiem przez LG Energy.

Na razie jednak samo MHP (nikiel-mangan-kobalt) trafiać będzie jeszcze poza Europę. Ekstrakcja pojedynczych metali odbywa się dziś praktycznie wyłącznie w Chinach, Kanadzie, USA i Korei Południowej. Planuje się, że w ciągu 2-3 lat uda się uruchomić pierwszą w Europie instalację do ich odzysku. Poza metalami i grafitem, z ogniw odzyskuje się także płynny elektrolit, najpierw odparowuje się elektrolit z ogniw w suszarni, a następnie skrapla.

Cinovec (Krusne hory) – odzysk litu w starym zagłębiu górniczym

W odległości około 100 kilometrów od czeskiej stolicy, Pragi, w malowniczej miejscowości Cinovec, znajdują się największe złoża litu na terenie Europy. Szacunki wskazują, że złoża te mogą stanowić od 3 do 5 % globalnych zasobów tego pierwiastka. Wydobycie rud w Cinovcu, na granicy czesko-niemieckiej datuje się od XIII w. Sto lat temu wydobywano tam cynę i wolfram. Teraz wydobywany będzie lit. Technologię wzbogacania opracowali pracownicy VSB Technical University w Ostrawie we współpracy z AGH. Eksploatację prowadzi European Metals Holdings (EMH) będący spółką należącą w 51% do CEZ (Ceskie Elektro Zavody) i w 49% do EMH. Zawartość Li_2O wynosi od 0,43 do 0,62%. Roczne wydobycie wyniesie 2,25 miliona ton rudy, z której będzie się produkować 30 tysięcy ton wodorotlenku litu. Kolejnym starym czeskim zagłębiem górniczym gdzie możliwa jest eksploatacja litu jest Horny Stankov.

LITERATURA

United States Geological Survey <https://www.usgs.gov/> (dostęp 6.10.2025)

<https://www.elemental.biz/pl/ascend-elements-and-elemental-strategic-metals-establish-ae-elemental-an-electric-vehicle-battery-recycling-jv-in-poland/2728/> (dostęp 6.10.2025)

<https://wysokienapiecie.pl/101824-recykling-baterii-litowo-jonowych-polska-liderem-ue/> (dostęp 6.10.2025)

https://complithium.agh.edu.pl/?page_id=52 (dostęp 6.10.2025)

<https://www.europeanmet.com/cinovec-project-overview/> (dostęp 6.10.2025)

<https://www.money.pl/gielda/swiat-liczy-na-ten-surowiec-nasi-sasiedzi-zwietrzyli-swoja-szanse-6979365826800608a.html> (dostęp 6.10.2025)

<https://www.europeanmet.com/cinovec-project-overview/>

Stankova H., Cernota P., Cablik V., TORA B. Forecast extraction and processing of lithium and tin from the Cinovec deposit, Czech Republic w: Mineral deposits safeguarding as a basis of mineral raw materials safety: MEERI PAS, 2022. s. 59–60. online: <https://safemin4europe.eu/pliki/2022>

Tora B., Olkusi T. *et al.* (2023): Recykling odpadów zawierających lit z rejonu Krusne Hory w Czechach. Prezentacja podczas konferencji KOMIEKO 2023, Szczyrk, 27-29 marca 2023 r.