

Milena ZAREMBA
Karol ŻMICH*

RECYKLING I ALTERNATYWNE ZASTOSOWANIE BATERII POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH UŻYWANYCH W TRANSPORCIE

Słowa kluczowe: *bateria, akumulator litowo-jonowy, recykling, samochód elektryczny, ekologia*

Przedmiotem referatu jest recykling i alternatywne zastosowanie akumulatorów litowo-jonowych - najbardziej niebezpiecznych z odpadów, jakie pochodzą z samochodów elektrycznych. Autorzy pracy przedstawiają wyniki analizy danych dotyczących najnowszych rozwiązań związanych z wycofanymi bateriami EV (electric vehicles). Najczęściej wykorzystywaną z metod radzenia sobie z problemem przez producentów samochodów elektrycznych jest tworzenie magazynów energii. Innym rozwiązaniem jest utylizacja akumulatora litowo-jonowego, dzięki czemu można odzyskać m.in. lit, mangan i kobalt. Zagadnienie jest niezwykle istotne z ekologicznego i ekonomicznego punktu widzenia w związku ze wzrostem produkcji baterii EV.

1. WPROWADZENIE

Obecnie w większości dziedzin życia kładzie się bardzo duży nacisk na ochronę środowiska. W wyniku tego koncerny motoryzacyjne stają przed wyzwaniem sprostanania normom emisji spalin, by produkowane pojazdy miały jak najmniejszy wpływ na zanieczyszczanie powietrza. Rozwiązaniem, jakie proponują, są samochody elektryczne, które nie emitują szkodliwych substancji do atmosfery. Wydają się być bardzo dobrym pomysłem, lecz w momencie, gdy rozpatrywane są wszystkie fazy istnienia technicznego obiektu oraz sposób pozyskania energii elektrycznej potrzebnej do napędzania samochodów, można zmienić zdanie na ten temat. Baterie wycofane z użycia stanowią odpad niebezpieczny i należy obchodzić się z nimi szczególnie ostrożnie, by nie wpłynęły negatywnie na środowisko. Nadzieją na ocalenie ziemi i przedsiębiorców może być recykling. Według definicji, polega on na wykorzystaniu odpadu w celu wytworzenia nowego produktu, którego przeznaczenie może być takie samo jak pierwotnie lub inne [1]. Daje szansę na odzysk metali zmniejszając zapotrzebowanie na ich wydobycie. Recykling sprawdza się szczególnie, gdy surowiec jest trudno dostępny lub jego wydobycie jest kosztowne.

*Koło Naukowe Logistyka, Politechnika Poznańska

Celem pracy jest przedstawienie rozwiązań stosowanych w obszarze recyklingu baterii oraz zwrócenie uwagi czytelników na ekologiczne i ekonomiczne aspekty takiego postępowania.

2. POJAZDY ELEKTRYCZNE

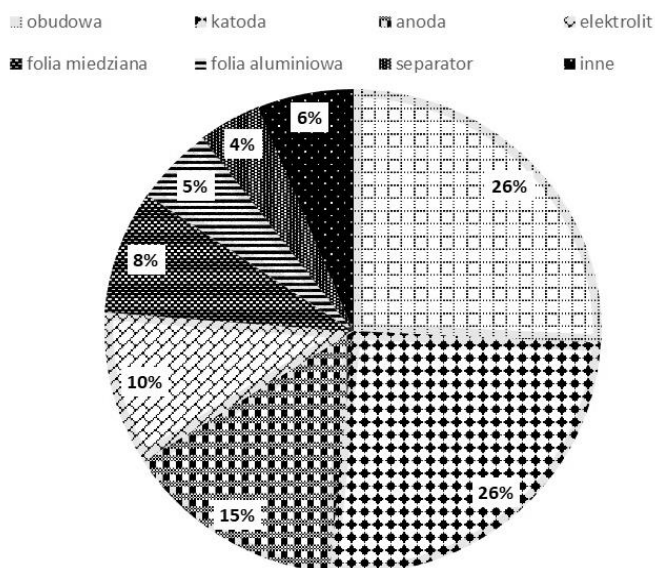
2.1. POJAZDY ELEKTRYCZNE W TRANSPORCIE

Transport, szczególnie samochodowy, pełni w polskiej gospodarce znaczącą rolę. Wraz z rozwojem techniki i zaostreniem uwarunkowań prawnych związanych z emisją spalin, można zauważyć, że pojazdy elektryczne nabierają coraz większego znaczenia. Trend dotyczy zarówno samochodów osobowych, jak również środków transportu zbiorowego. Transport drogowy dalekobieżny obecnie nie korzysta z energii elektrycznej jako paliwa. Wpływa na to stosunkowo mały zasięg oraz waga baterii i ograniczenia dotyczące dopuszczalnej masy całkowitej pojazdu, które wpłynęłyby negatywnie na ładowność samochodu. Kolejnym powodem jest długi czas ładowania baterii, który niekorzystnie odbiłby się na procesach transportowych.

Pojazd elektryczny, według Ustawy z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, wykorzystuje do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania [2]. Do jej gromadzenia w pojeździe używa się akumulatorów. Stanowią więc one źródło energii elektrycznej wytworzonej przez bezpośrednie przetworzenie energii chemicznej. Składają się z jednego lub kilku wtórnych ogniw z możliwością do powtórnego naładowania [1]. Akumulatory pojazdów elektrycznych nazywa się zamiennie bateriami lub bateriami EV (electric vehicles).

2.2. BATERIE POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH

Najbardziej popularnym rodzajem baterii używanych w pojazdach elektrycznych są ogniwa Li-Ion (litowo-jonowe). Akumulatory zbudowane przy ich pomocy, oprócz pierwiastków chemicznych potrzebnych do zamiany energii chemicznej w elektryczną, składają się z obudowy i folii. Skład procentowy akumulatora litowo-jonowego przedstawia rysunek 1. Jego konstrukcja jest skomplikowana i składa się z wielu surowców o różnych właściwościach, co przekłada się na problemy pojawiające się przy jego likwidacji, czyli ostatniej fazie istnienia obiektu technicznego.



Rys. 1. Udział poszczególnych materiałów w budowie akumulatora [1]
 Fig. 1. Participation of various materials in the construction of batteries [4]

Historia akumulatorów litowo-jonowych sięga lat 90. Wtedy po raz pierwszy zostały użyte w elektrycznych urządzeniach przenośnych. Rozwój techniki i szereg zalet wyróżniających je na tle innych baterii (m.in. duża ilość cykli ładowania przy małym spadku sprawności, praca w dużym zakresie temperatur, posiadanie jednej z najwyższych mocy właściwej i energii właściwej) sprawiły że jest to najbardziej pożądany rodzaj akumulatorów.

Wraz z popytem na baterie pojawiło się zapotrzebowanie na surowce niezbędne do ich produkcji. Pozyskać można je na dwa sposoby: poprzez wydobycie lub odzysk. Mając na uwadze układ elektrochemiczny przedstawiony w tabeli 1. i ideę wykorzystania recyklingu można dostrzec liczne zagrożenia związane z bezpieczeństwem przeprowadzania tych działań i ich komplikacją wynikającą ze zróżnicowanych właściwości pierwiastków.

Tabela 1. Układ elektrochemiczny akumulatora litowo-jonowego [1]
 Table. 1. Electrochemical system of lithium-ion battery [1]

Oznaczenie	Układ elektrochemiczny	Pierwiastki używane jako metale bazowe elektrody	Napięcie nominalne [V]
Li-Ion	(+) MLi / elektrolit organiczny / C (-) gdzie dodatkowa litera oznacza metal bazowy elektrody	C – kobalt N – nikiel M – mangan V – wanad T – tytan	3,6 – 3,7

Jednym z głównych ograniczeń, z którymi muszą zmagać się konstruktorzy samochodów elektrycznych są masa i wymiary baterii EV (electric vehicles). Z tego względu ich budowa musi być zwarta, a rozmieszczenie przemyślane ze względu na położenie środka ciężkości.

Firma Tesla, jedna z wiodących marek produkujących samochody elektryczne, swoje baterie tworzy ze standardowych ogniw cylindrycznych o wymiarach 18 mm x 650 mm. Takie postępowanie pozwala stopniowo zmniejszać lub zwiększać wymiary całej baterii o stosunkowo małe wartości. Umożliwia to manipulację i idealne dopasowanie kształtu akumulatora do podwozia.

3. RECYKLING BATERII EV (ELECTRIC VEHICLES)

3.1. DRUGIE ŻYCIE AKUMULATORA LITOWO-JONOWEGO

Akumulatory litowo-jonowe wyróżniają się bardzo długą żywotnością i mogą być eksploatowane przez okres od 4,5 do nawet 14,5 lat, co jest zależne od warunków pracy. W samochodach hybrydowych wykorzystywane są do momentu, w którym ich wydajność nie spadnie poniżej 80% [3]. Według wyliczeń firmy Tesloop, która oferuje przewóz osób Teslami Model X i Model S w Stanach Zjednoczonych, pojazdy, po pokonaniu dystansu około 322 tysięcy kilometrów, pojemności baterii obniżyła się o jedynie o 6% [3]. Niemniej jednak, problem utylizacji wyeksploatowanych akumulatorów i alternatywnych sposobów ich wykorzystania jest aktualnie rozważaną kwestią przez producentów samochodów elektrycznych.

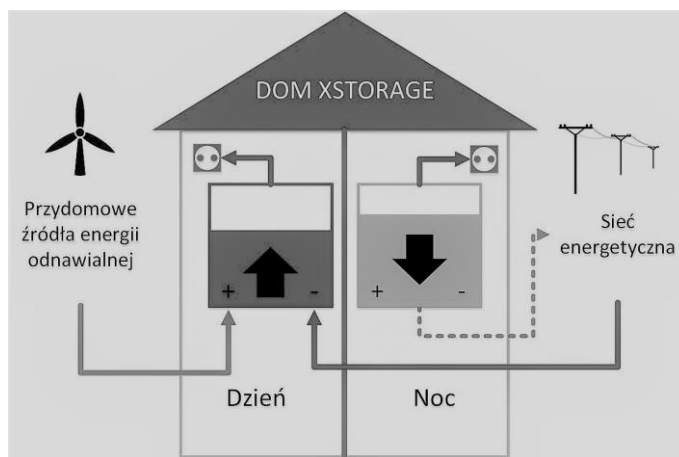
Najpowszechniejszym i stosowanym już pomysłem jest tworzenie magazynów energii. Rozwiązanie polega na wykorzystaniu zasilania z odnawialnych źródeł energii. Można ją zużyć na wiele sposobów, np. jako oświetlenie ogrodu, zasilenie urządzeń w mieszkaniu lub pomocniczo podczas ładowania samochodu elektrycznego, gdy sieć jest przeciążona. Najlepiej działają w połączeniu z zastosowaniem paneli słonecznych.

Przedsiębiorstwo Tesla, o którym już wcześniej wspomniano, zaproponowało rozwiązanie nazywane Powerwall. Jest to urządzenie, które zawiera w sobie akumulatory z pojazdów elektrycznych [3], można postawić je w dowolnym miejscu w domu i służy ono do zbierania i oddawania energii, kiedy jest na nią zapotrzebowanie. Energia pobierana jest z paneli solarnych lub z dachów solarnych samochodów Tesli. W dzień jest magazynowana i przechowywana, by mogła być wykorzystana nocą lub w przypadkach, gdy jej zużycie przewyższa ilość energii wytworzoną przez panele. Powerwall do prawidłowego działania potrzebuje połączenia z Internetem. Dzięki niemu możliwe jest zarządzanie energią oraz aktualizacja urządzenia i wprowadzenie aktualizacji systemowych. Jeśli połączenie zostanie utracone, urządzenie korzysta z najnowszych wprowadzonych na nim

aktualizacji, lecz nie poleca się stosowania go w miejscach z ograniczonym dostępem do Internetu [3].

Inną z realizujących ideę magazynowania energii firm jest Renault, gdzie akumulatory z samochodów hybrydowych służą do budowy Powervaulta – urządzenia wielkości zmywarki, w którym można przechowywać energię. Producenci podkreślają, że zastosowanie takiej technologii pomaga zaoszczędzić pieniądze poprzez nocne ładowanie - gdy taryfa jest niższa - i wykorzystanie energii w ciągu dnia. Powervault może zgromadzić tyle energii, by zapewnić korzystanie ze wszystkich sprzętów w mieszkaniu nawet przez dwa dni.

Podobne rozwiązanie do Renaulta stosuje Nissan, który poprzez współpracę z firmą Eaton stworzył rozwiązanie xStorage [3]. Koncepcja daje możliwość ponownego wykorzystania baterii Nissana LEAF.



Rys. 2. Rozwiązanie xStorage w budynku[4]

Fig. 2. xStorage solution in building[4]

Na rysunku 2. widoczne są przepływy prądu jakie umożliwia używanie danego sposobu magazynowania energii. W ciągu dnia domownicy wykorzystują głównie prąd pochodzący z odnawialnych źródeł energii oraz w mniejszym stopniu z sieci trakcyjnej (jeśli zapotrzebowanie jest większe niż ilość energii dostarczanej z naturalnych źródeł). Natomiast w nocy urządzenie zasila dom korzystając z energii zgromadzonej w trakcie dnia, a nadmiar oddawany jest do sieci trakcyjnej. Rozwiązanie xStorage zapewnia więc szerokie spektrum zastosowań [5].

Wykorzystanie zużytych akumulatorów samochodów hybrydowych nie kończy się jednak na tworzeniu banków energii. Nissan zaproponował innowacyjne rozwiązanie polegające na użyciu baterii EV (electric vehicles) do oświetlenia miast, wsi i trudnodostępnych miejsc, choćby miała korzystać z nich jedna osoba. Wygląd lampy przedstawiony jest w kampanii promocyjnej Nissana (rysunek 3.).



Rys. 3. Grafika promocyjna projektu Nissana "The reborn light"[10]

Fig. 3. Promotional graphics of the Nissan project "The reborn light"[10]

Zgodnie z założeniami lampa zbudowana jest z wykorzystaniem części samochodu elektrycznego Nissana LEAF oraz z jego akumulatora. Rozwiązanie jest bezpieczne dla środowiska

Koncepcja nosi nazwę „The reborn light” [3]. Pierwsze testy odbywały się w Namie, Fukushima. Hasło promujące to wydarzenie na stronie producenta brzmi „Reborn Light for a reborn city”, czyli odrodzenie światła dla odrodzonego miasta i nawiązuje do historii. W Fukushimie w 2011 roku doszło do katastrofy nuklearnej i obecnie Namie nie nadaje się do zamieszkania, jednak rząd wiąże nadzieję ze zniesieniem nakazu ewakuacji do 2023 roku [3].

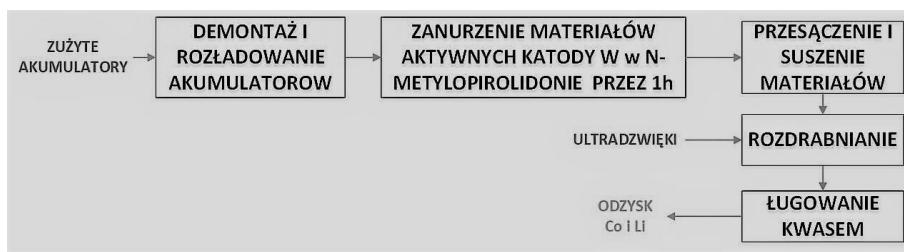
Wskazane w tym podrozdziale rozwiązania zdecydowanie przedłużają czas stosowania baterii, ujawniając obszary, w których można je eksploatować, gdy są mniej wydajne niż jest to wymagane w samochodach hybrydowych. Nie rozwiązuje to jednak problemu w szerszym zakresie. Akumulator nadal jest całością złożoną z różnorodnych materiałów oraz pierwiastków i w przyszłości będzie wymagał odpowiedniej utylizacji.

3.2. ODZYSK METALI Z BATERII EV (ELECTRIC VEHICLES)

Na rynku wyróżnić można dwie podstawowe metody recyklingu akumulatorów litowo-jonowych oparte na procesach hydro- i pirometalurgicznych. Na ich podstawie opracowywane są też metody mieszane, które pochodzą z połączenia obu podstawowych.

Najczęściej wykorzystywanym procesem recyklingu baterii EV są procesy hydrometalurgiczne, oparte na ługowaniu metali kwasami nieorganicznymi, m.in. HCl, H₂SO₄. Obecnie trwają prace nad udoskonaleniem metody i sprawdzane są możliwości stosowania kwasów organicznych (np. cytrynowego) w celu uniknięcia tzw. zanieczyszczeń wtórnych. W celu wzmocnienia efektu ługowania, pro-

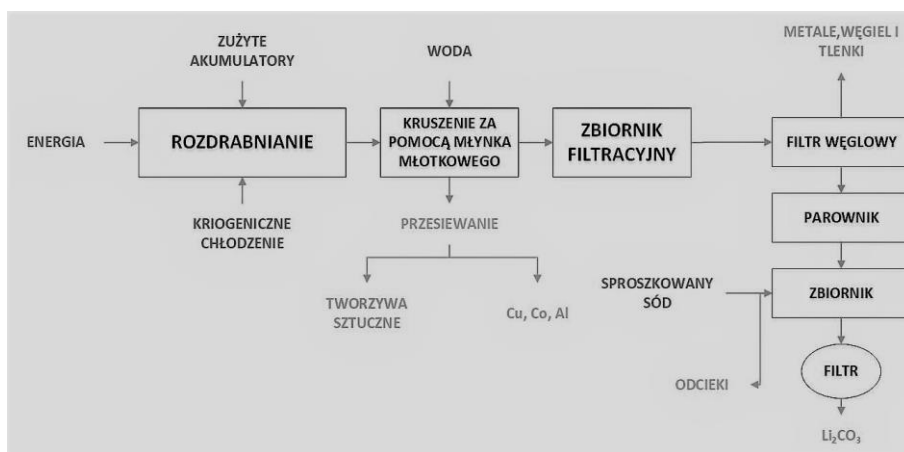
ces wspomaga się ultradźwiękami. Metoda ta pozwala odzyskać ponad 96% kobaltu i ponad 98% litu. Schemat procesu przedstawiony jest na rysunku 4.



Rys. 4. Proces ługowania kwasem z zastosowaniem ultradźwięków[4]

Fig. 4. Acid leaching with application of ultrasonic [4]

W Stanach Zjednoczonych stosowana jest metoda pirometarulgiczna TOXCO, która wyróżnia się odzyskiem litu na poziomie 15÷26%. Najważniejszym elementem procesu jest kriogeniczne schłodzenie akumulatorów przy użyciu ciekłego azotu w temperaturze -196°C . Przebieg procesu przedstawia schemat na rysunku 5. Przeprowadzany jest on w szczelnej obudowie w atmosferze argonu i CO_2 by zapobiec gwałtownej reakcji litu z powietrzem [4].



Rys. 5. Recykling akumulatorów litowo-jonowych za pomocą procesu TOXCO [4]

Fig. 5. Recycling of lithium-ion batteries by means of TOXCO process [4]

W marcu 2019 roku firma Fortum [3] ogłosiła innowacyjne rozwiązanie w zakresie utylizacji, które pozwoli odzyskać aż 80% surowców z wyeksploatowanych baterii EV. Jest to bardzo duże osiągnięcie biorąc pod uwagę, że do tej pory recykling akumulatorów litowo-jonowych jest na poziomie co najwyżej 50%. Dzięki dobrze zaprojektowanemu procesowi przedsiębiorstwo może odzyskać z akumulatora mangan, lit i nikiel i przekazać je producentom baterii, by mogły

być wykorzystane przy produkcji nowych ogniw. Bateria EV jest specjalnie przygotowywana przed rozpoczęciem procesu poprzez usunięcie z niej plastiku, aluminium i miedzi. Elementy oddzielone mechanicznie są osobno poddawane recyklingowi.

4. UTYLIZACJA AKUMULATORÓW LITOWO-JONOWYCH Z PUNKTU WIDZENIA EKONOMICZNEGO I EKOLOGICZNEGO

Baterie litowo-jonowe, zależnie od intensywności użytkowania, wycofuje się z użycia po około 10 latach. W związku z tym, że są stosowane od 30 lat warto rozważyć i wdrożyć ich utylizację, aby odciążyć środowisko od powstających przez ich składowanie zanieczyszczeń. Oprócz aspektów ekologicznych przesłanką do podejmowania takich działań mogą być względy ekonomiczne.

Odpad w postaci wycofanych akumulatorów to potencjalne źródło pierwiastków i metali ziem rzadkich potrzebnych do produkcji nowych ogniw. Jak pokazują badania [4], uzyskany w procesie recyklingu kobalt czy nikiel może być tańszy do pozyskania od tego wydobywanego w kopalniach. W 2018 cena tony kobaltu, zależnie od regionu w którym był wydobywany, wahała się od 15 000\$ do 80 000\$ za tonę [5]. Są to bardzo wysokie ceny, biorąc pod uwagę fakt, że wiodący producent samochodów elektrycznych zużywa na budowę jednego samochodu ponad 22 kilogramy kobaltu [6]. W Chinach przemysł zajmujący się recyklingiem jest w stanie odzyskać ponad 50 000 ton pierwiastków używanych do budowy akumulatorów litowo-jonowych. W 2017 roku recykling stanowił 9% całkowitej podaży litu do budowy baterii, a recykling kobaltu prawie 20%. Warto również wspomnieć, że w Chinach ponad 66% akumulatorów litowo-jonowych jest poddawanych recyklingowi.

Gdy rozważany jest recykling baterii na całym świecie sytuacja prezentuje się już słabiej. Większość statystyk podaje, że poddawanych temu procesowi jest niewiele ponad 5% baterii. Tak mała wartość może wynikać z faktu, że opierają się na raportach z 2010 roku. Nowe badania z 2018 roku wskazują, że do przerobu I ponownego użycia zostało skierowane około 100 000 ton zużytych baterii, co stanowi około połowę z tych które zostały wycofane, biorąc pod uwagę czas użytkowania. Różnica pomiędzy wartością może wynikać również z pewnego niedoszacowania. Możliwe, że baterie zasilają urządzenia dłużej niż zadeklarował producent i te zamiast zostać wyrzucone na wysypisko, po prostu dalej działały i zasilają np. pojazdy.

Na całym świecie istnieje ponad 50 firm, które bez większych przeszkód są w stanie odzyskać w procesie recyklingu 90% metali ziem rzadkich. Metody hydrometalurgiczne, używane w procesach odzysku materiałów, są dobrą podstawą uzyskania wysokiej czystości komponentów do produkcji. Większość z tego typu

procesów odbywa się w krajach azjatyckich takich jak Chiny czy Korea Południowa.

Wspomniany wyżej raport z 2018 roku stanowi, że firmy mają większą zdolność produkcyjną, niż są w stanie wykorzystać w tej chwili. Problemem zatem nie jest już sposób przerobu odpadów, a ich selektywnej zbiórki [4].

Warto również poruszyć temat wpływu na środowisko. Proces utylizacji pochłania energię i emituje do atmosfery zanieczyszczenia, głównie CO₂. Poziomy emisji uzależnione są od współczynnika odzysku, czyli zastosowanej technologii recyklingu. Ponadto, do hydrometalurgicznej metody recyklingu, potrzebne są podczas procesu ługowania spore ilości kwasów, których szlam również trzeba również przetworzyć do ponownego wykorzystania albo unieszkodliwić. Trzeba jednak pamiętać że wydobycie metali ze złóż naturalnych również niesie ze sobą zarówno emisję jak i koszty związane z dostarczeniem energii do maszyn i urządzeń wydobywczych. Poniżej, w tabeli 2., przedstawiono porównanie dla trzech typów baterii litowo-jonowych czy pod względem ekonomicznym i ekologicznym lepsze jest wydobycie czy recykling [10].

Tabela 2. Porównanie opłacalności i wpływu na środowisko ze względu na rodzaj ogniw[6]

Table 2. Comparison of profitability and environmental impact by type of cells [6]

Rodzaj ogniw	Opłacalność	Wpływ na środowisko
NMC	Koszt recyklingu porównywalny z wytworzeniem nowej baterii	lepszy wpływ na środowisko ma recykling niż wydobycie i produkcja nowych baterii
NCA	Koszt recyklingu porównywalny z wytworzeniem nowej baterii	lepszy wpływ na środowisko ma recykling niż wydobycie i produkcja nowych baterii
LFP	N/D	gorszy wpływ na środowisko ma recykling niż wydobycie i produkcja nowych baterii

Z analizy informacji zawartych w tabeli 2. wynika, że technologia stosowane w recykling jest na bardzo wysokim poziomie i pozwala często w bezpieczny dla środowiska sposób przetwarzać odpady. Na podstawie danych można spostrzec, że przy porównywalnych kosztach można wytworzyć nowe ogniwa bez ingerencji w środowisko naturalne. A także stwierdzić, że recykling akumulatorów pojazdów elektrycznych jest wysoce ekologicznym rozwiązaniem.

Źródła metali ziem rzadkich nie są odnawialne, a ich pozyskiwanie jest nie tylko trudne, ale również ma negatywny wpływ na środowisko. Prędzej czy później przemysł pojazdów elektrycznych, będzie zmuszony do korzystania z materiałów pozyskanych w skutek ponownego przerobienia. To powoduje, że metody recyklingu będą dalej rozwijane i poszerzane, a co za tym idzie tańsze i bardziej przyjazne środowisku.

5. PODSUMOWANIE

Wynalezienie baterii elektrycznych i pomysł napędzania nimi samochodów zrewolucjonizował świat. Świadomość społeczna dotycząca emisji gazów cieplarnianych sprzyja rozwiązaniom ekologicznym, mającym poprawić poziom życia i uchronić przyszłe pokolenia przed znacznym jego pogorszeniem z powodu zmian klimatycznych, zgodnie z założeniami strategii zrównoważonego rozwoju. Niestety ogniwa litowo-jonowe używane w samochodach elektrycznych, zbudowane są z metali ziem rzadkich, a ich pozyskanie nie jest ani łatwe, ani bezpieczne dla środowiska. Odpad w postaci zużytych akumulatorów jest szkodliwy i może stać się powodem katastrof ekologicznych, jeśli nie będzie się zachowywać odpowiedniego postępowania z nim.

Na szczęście problem eksploatacji, recyklingu i utylizacji akumulatorów pojazdów elektrycznych jest obiektem rozważań koncernów motoryzacyjnych. Baterie mogą zostać ponownie wykorzystane jako magazyny energii w domach lub budynkach użyteczności publicznej. Pojawiają się również inne pomysły eksploatacji baterii EV (electric vehicles) w połączeniu z panelami solarnymi, np. oświetlenie miast i trudno dostępnych miejsc. Jest to niezwykła idea, która zdaniem autorów może wpłynąć na diametralne zmiany w infrastrukturze miejskiej w przyszłości.

Niemniej, ciekawym obszarem rozwoju jest przetwarzanie zużytych ogniw, które pozwala na odzysk pierwiastków wchodzących w skład akumulatorów i ponowne ich wykorzystanie do produkcji nowych ogniw. Wiąże się z to z porównywalnymi kosztami do wytwarzania nowych baterii, więc ma szansę bytu wśród producentów. Dotychczas zostało już opracowanych kilka technologii odzysku, ale badania nadal trwają. Daje to nadzieję na obniżenie kosztów i rozpowszechnianie ekologicznego postępowania, ochrony ziemi.

Świat jest przygotowany na problem związany z utylizacją baterii. Z pewnością następne lata pozytywnie wpłyną na bilans ekologiczny samochodów elektrycznych. Istotne w opinii autorów opracowania jest to, że obecnie nie musimy się obawiać o zanieczyszczenia środowiska w związku z rozkładającymi się i zalegającymi akumulatorami, gdyż ich selektywna zbiórka i recykling jest opłacalny i powoli wdrażany przez producentów.

LITERATURA

- [1] Encyklopedia PWN: <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/recykling;3966517.html>, (dostęp: 31.10.2019 r.).
- [2] Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2018 poz. 317, Rodział I, Art.2 pkt 12).
- [3] Wytyczne techniczne dla baterii i akumulatorów w zakresie ich podlegania przepisom ustawy z dnia 24 kwietnia 2009 r. o bateriach i akumulatorach (Dz. U. Nr 79, poz. 666).

- [4] Wójcik M., Pawłowska B., Stachowicz F, Przegląd technologii recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych, *Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej* 295, *Mechanika* 89, *RUT-Mech*, t. XXXIV, z. 89 (2/17), kwiecień-czerwiec 2017, s. 107-120.
- [5] Artykuł na stronie electromobilitypoland.pl, electromobilitypoland.pl/ekologia/drugiezyciebaterii-czyli-pomysly-na-recykling-zuzytych-baterii-samochodowych/ (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [6] Artykuł na stronie www.green-projects.pl, <https://www.green-projects.pl/baterie-akumulatory-litowo-jonowe/> (dostęp: 29.10.2019 r.).
- [7] Materiały informacyjne firmy Tesla, https://www.tesla.com/en_EU/powerwall (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [8] Materiały informacyjne firmy Nissan, <https://www.nissan.co.uk/experience-nissan/electric-vehicle-leadership/storage-solutions.html> (dostęp: 28.10.2019r.).
- [9] Materiały informacyjne firmy Nissan: <https://www.nissan.ie/experience-nissan/electric-vehicle-leadership/xstorage-by-nissan.html> (dostęp: 28.10.2019r.).
- [10] Materiały informacyjne firmy Nissan, <https://www.nissan.co.jp/THEREBORNLIGHT/EN/> (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [11] DEBCZAK A, How Nissan is Using Old Batteries to Light a Town Hit By the Fukushima Disaster, <http://mentalfloss.com/article/537462/how-nissan-using-old-batteries-light-town-hit-fukushima-disaster> (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [12] Komunikat prasowy firmy Fortum, <https://www.fortum.pl/media/2019/03/skuteczny-recykling-baterii-samochodow-elektrycznych> (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [13] MAISCH M., „Lithium-ion recycling rates far higher than some statistics suggest”, <https://www.pv-magazine.com/2019/07/12/lithium-ion-recycling-rates-far-higher-than-some-statistics-suggest/> (dostęp: 28.10.2019 r.).
- [14] PAGLIARO M., MENEGUZZO F., „Lithium battery reusing and recycling: A circular economy in-sight”, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6582158/> (dostęp: 29.10.2019 r.).
- [15] MEDOŃ S., „Recykling baterii aut elektrycznych – jak wpływa na środowisko i czy się opłaca?”, <https://smoglab.pl/recykling-baterii-aut-elektrycznych-jak-wplywa-na-srodowisko-i-czy-sie-oplaca/> (dostęp: 28.10.2019 r.).

RECYCLING AND ALTERNATIVE USE OF BATTERIES FROM ELECTRIC VEHICLES USED IN TRANSPORTATION

Key words: *battery, lithium-ion battery, recycling, electric car, ecology*

The subject of this paper is the recycling and alternative use of lithium-ion batteries – the most dangerous waste from electric cars. Authors present research data concerning the latest solutions used in this area. When dealing with this problem, the most frequently used method is creating energy storages. The other solution is reprocessing lithium-ion batteries, which allows to recover, among others, lithium, manganese and cobalt. This problem is crucial from ecological and economic point of view due to the increase of EV batteries production.

