



Metale ziem rzadkich: Strategiczny i naukowy wymiar rynku metali ziem rzadkich

SEKTOR METALI ZIEM RZADKICH

Michał Baranowski
Robert Kostka-Zawadzki
Katarzyna Krok
Paweł Maj
Bartosz Mirowski
Karolina Niedźwiedź

SPIS TREŚCI

Najważniejsze wnioski	3
Wprowadzenie	5
Czym są metale ziem rzadkich?	7
Wymiar strategiczny	15
Rynek metali ziem rzadkich	21
Badania nad metalami ziem rzadkich	33
Perspektywa Polski	43
Podsumowanie i rekomendacje	59
Aneks 1: Źródła danych	65
Aneks 2: Metodologia	69

Najważniejsze wnioski

- **Wydobycie metali ziem rzadkich (REE) jest zdominowane przez Chińską Republikę Ludową**, choć w mniejszym stopniu niż pierwszych dwóch dekadach XXI wieku. Poza tym krajem większe ilości REE wydobywa się w USA, Birmie, Nigerii i Tajlandii. Dużymi zasobami (ale niewielkim wydobyciem) dysponuje Brazylia. Jest to członek MERCOSUR, z którym UE wynegocjowała z końcem 2024 roku umowę o partnerstwie (nie jest jeszcze ratyfikowana)
- Prognozy wskazują na **wzrost popytu** na metale ziem rzadkich w związku ich zastosowaniami w nowoczesnych technologiach
- **Wydobycie i otrzymywanie metali ziem rzadkich ma wymiar strategiczny**, co uzewnętrznia się w strategicznej rywalizacji pomiędzy Stanami Zjednoczonymi a Chinami, choć w UE także dostrzega znaczenie tego zagadnienia
- Wymiar ten znajduje swoje odzwierciedlenie w **dokumentach strategicznych** lub ustawach. W Unii Europejskiej są to dokumenty z 2024 roku: **europejski akt o surowcach krytycznych i rozporządzenie CRMA**
- W marcu 2025 r. KE ogłosiła z **listę 47 projektów strategicznych**, które mają pomóc UE w zwiększeniu wydobycia, przetwarzania i recyklingu surowców krytycznych. **2 projekty pochodzą z Polski**
- W najważniejszym instrumencie prowadzenia polityki B+R w UE programie Horyzont Europa w latach 2023-24 **ogłoszono dwa konkursy** związane z metalami ziem rzadkich
- Analiza bibliometryczna wskazuje **na rosnący trend publikacji naukowych** dotyczących pozyskiwania REE na świecie, choć ich liczba nie jest duża (ok. 1000 artykułów w 2024 roku) Dominującą tematyką jest geochemia ziem rzadkich i procesy chemiczne związane z pozyskiwaniem REE
- Pod względem liczby publikacji – czyli efektu działalności naukowej - dominują Chiny, choć stosunkowo dużo powstaje także w krajach UE. W Polsce także się publikuje (16. miejsce na świecie pod tym względem). **Część polskich publikacji jest efektem badań finansowanych przez NCN, a część NCBR.**
- W ostatnich 10 latach **rośnie też liczba patentów** – związanych z pozyskiwaniem REE i ich wykorzystaniem
- Najbardziej popularne tematyki (według kodów CPC) dotyczą **rafinacji** metali, powiązanych procesów chemicznych, a także ich otrzymywania w ramach **recyklingu**
- Najwięcej patentów skoncentrowanych jest w rękach chińskich instytucji badawczych. **Tylko kilku z nich właścicielami są polskie instytucje**
- Istnieje nurt publikacji naukowych dotyczący **substytucji metali ziem rzadkich**. Artykułów dotyczących tej tematyki jest stosunkowo niedużo. Dotyczą głównie elektromagnetyzmu i powiązanych zastosowań oraz fotoluminescencji. Najwięcej publikacji z tego zakresu pochodzi z krajów UE. Rola finansowania z programów KE jest w tym przypadku mniejsza niż w badaniach dotyczących pozyskiwania REE.
- **W Polsce**, ze względu na praktyczny brak zasobów, **potencjał pozyskiwania metali ziem rzadkich w Polsce to przede wszystkim odzysk ze źródeł wtórnych**
- **Polska importuje stosunkowo niewielkie ilości REE**, czy to w postaci mieszanin czy stopów czy też pod postacią ich związków. W imporcie dominuje cer. W ostatnich latach zwiększył się import związków wybranych lantanowców
- Głównym kierunkiem importu REE do Polski pozostają **Chiny**

- Najważniejszym dokumentem strategicznym odnoszącym się do surowców w Polsce jest Polityka Surowcowa Państwa do 2050 roku.
- Perspektywicznym kierunkiem współpracy w zakresie dostępu do metali ziem rzadkich jest partnerstwo Polski z Mongolią
- W Polsce prowadzi się badania dotyczące tematyki metali ziem rzadkich, ale mają one **ograniczony charakter i dotyczą głównie badań podstawowych**
- W latach 2017-2025 **tematyką tą zajmowały się 33 jednostki naukowe i badawcze**
- Projekty naukowe (177) prowadzone w Polsce są zróżnicowane tematycznie, przede wszystkim dotyczą **wykorzystania REE w nowych materiałach**
- **Projekty stricte powiązane z pozyskaniem metali** ziem rzadkich i tym samym bezpośrednio przyczyniające się ograniczenia zależności od dostawców REE, **są sporadyczne** – dotyczą odzyskiwania i separacji z odpadów pokopalnianych, chemicznych i elektronicznych
- Źródłem finansowania zdecydowanej większości projektów są środki z NCN, co jednoznacznie wskazuje na **eksploracyjny charakter prowadzonych badań**. Projekty **o charakterze aplikacyjnym** - finansowane m.in. za pośrednictwem NCBR **stanowią kilka procent całości**
- W publikacjach znacznie **częściej niż w tematyce projektów badawczych pojawia się zagadnienie pozyskania i separacji** metali ziem rzadkich
- Aktywność patentowa polskich podmiotów (zarówno prywatnych jak i naukowych) w zakresie REE pozostaje na bardzo niskim poziomie
- NCBR w latach 2007-2024 wsparł **5 projektów** związanych z pozyskiwaniem REE. Łączna ich wartość projektów wyniosła **54 mln zł** (z czego 92% przypadało na jeden projekt).

Rekomendacje

- Należy rozważyć uruchomienie programu dotyczącego technologii materiałowych (takiego jak w przeszłości TECHMATSTRATEG), wśród których jednym z tematów będą szeroko rozumiane surowce krytyczne, w tym metale ziem rzadkich
- Należy rozważyć uruchomienie ścieżki lub odrębnego programu, który wspierałby rozwój kadr w zakresie technologii materiałowych ze szczególnym naciskiem na specjalizacje powiązane z surowcami krytycznymi, w tym metalami ziem rzadkich
- W zakresie wspieranych technologii nie należy ograniczać się tylko do recyklingu i odzysku metali ziem rzadkich i innych surowców krytycznych, ale także do tych, na różnych etapach łańcucha wartości (np. wykorzystanie nowych technologii w zakresie identyfikacji złóż, technologii substytucji REE)

UWAGA METODOLOGICZNA:

W raporcie wykorzystano dane z baz patentowych (Espacenet) i bibliometryczne (Web of Science). Do ich przeszukiwania tworzone zapytania, w których możliwie blisko starano się zawęzić zakres tak aby móc przedstawić trendy w omawianych obszarach. Analizując dane warto zwrócić uwagę, że sama liczba patentów czy artykułów naukowych nie stanowi o przewadze technologicznej na danym polu, a tylko jest świadectwem aktywności naukowej lub wynalazczej. Także analizowane bazy mają pewne ograniczenia co może wpływać na przedstawiane dane. Szczegółowy opis zastosowanego podejścia znajduje się w załączniku na końcu niniejszego raportu.

Wprowadzenie

Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój nowoczesnych technologii nie jest możliwy bez dostępu do tzw. surowców krytycznych, w tym również do metali ziem rzadkich.

Rozwój technologiczny wymaga coraz większych zasobów energii, w tym zielonej, półprzewodników a także większej skali integracji i mocy obliczeniowej, wielkich centrów danych. Metale ziem rzadkich odgrywają kluczową rolę w zakresie wielu branż, w szczególności przemysłu samochodowego (elektromobilności), energetycznego (w tym zwłaszcza w zakresie odnawialnych źródeł energii), chemicznego, są ważne w przemyśle elektronicznym, stosuje się je także w medycynie i przemyśle szklarskim. Ze względu na ich wykorzystanie w sektorze obronności bezpośrednio dotyczą kwestii bezpieczeństwa narodowego państw zachodnich. Kwestie związane z dostępem do surowców mają zarówno charakter strategiczny jak i technologiczny, a ich rola w najbliższej przyszłości będzie tylko rosła.

Nowoczesne technologie stają się coraz bardziej złożone. Szacuje się, że chipy komputerowe zawierały 11 pierwiastków pochodzenia mineralnego w latach 80., 15 pierwiastków w latach 90. i potencjalnie do 60 pierwiastków w nadchodzących latach. General Electric szacuje, że w swoich produktach wykorzystuje 70 z pierwszych 83 pierwiastków układu okresowego. Nowe technologie i materiały inżynierskie stwarzają perspektywę szybkiego wzrostu zapotrzebowania na niektóre minerały, które wcześniej były wykorzystywane w stosunkowo niewielkich ilościach³.

Może to oznaczać, że problem surowcowy jest dopiero przed nami, chodzi o coraz **większe i rosące zapotrzebowanie**, które w przypadku niektórych z surowców może nawet oznaczać pojawienie się istotnych niedoborów na rynku. Szczególnie dotyczy to tzw. surowców krytycznych. Z racji tego, że wiele surowców jest wydobywanych na terenie krajów niezbyt przyjaznych, a często wrogo nastawionych do świata Zachodu kwestia surowcowa staje się nierozzerwalnie związana z problemem bezpieczeństwa narodowego. Także powstały negatywny obraz przemysłu wydobywczego **mocno ograniczył dostęp do wysoko wykwalifikowanych kadr**, nie tylko tych bezpośrednio związanych z samym biznesem, ale przede wszystkim kadry naukowej.

Niniejsze opracowanie jest jedną z **analiz sektorowych** przygotowanych przez Sekcję Ewaluacji i Analiz w Dziale Zarządzania Strategicznego NCBR. W niniejszej raporcie przyglądamy się jak podchodzi się do kwestii zapewnienia dostępu do metali ziem rzadkich, dlaczego ten temat jest ważny oraz jak państwa podchodzą do niego poprzez aktywną politykę, w tym politykę surowcową. Nacisk w niej położony jest przede wszystkim na kwestie związane z badaniami, rozwojem i innowacyjnością (B+R+I). Dotyczy to tego gdzie są prowadzone badania, co one obejmują, kto je prowadzi, i kto wdraża (jaka jest też kondycja i uwarunkowania przedsiębiorstw zajmujących się wdrażaniem). Uwzględniona została także polska perspektywa – zarówno na podstawie wywiadów z ekspertami z tego obszaru jak i danych ilościowych oraz źródeł administracyjnych. Przyglądamy się też jakiego typu projekty związane z tematyką były realizowane i co z tego wynika dla Polski i polityki naukowej, badawczej i innowacyjnej w różnych wymiarach (w ramach tzw. analizy PESTEL, obejmującej czynniki polityczne, ekonomiczne, społeczne, prawne, środowiskowe i technologiczne). Sformułowane na tej podstawie rekomendacje dotyczą tego, w jaki sposób można wesprzeć ten obszar.

Czym są metale ziem rzadkich?

Metale ziem rzadkich są surowcami krytycznymi

Metale ziem rzadkich stanowią część większego zbioru tzw. surowców strategicznych, które to z kolei są częścią jeszcze większej grupy tzw. surowców krytycznych.

Spośród 34 zidentyfikowanych surowców krytycznych 17 to tzw. surowce strategiczne przede wszystkim ze względu na ich znaczenie dla sektorów takich jak odnawialne źródła energii, mobilność i technologie cyfrowe. Sześć z nich – kobalt, miedź, lit, grafit, nikiel oraz właśnie grupa metali ziem rzadkich – jest szczególnie istotna dla transformacji energetycznej. Popyt na nie ma rosnąć wykładniczo, a ich produkcja jest złożona, dlatego istnieje wyższe ryzyko wystąpienia problemów z podażą.

Stały się one na tyle ważne, że zaczęto określać je przymiotnikami, które wskazują na bardzo istotne ich znaczenie, wręcz znaczenie strategiczne. Kraje Europy, ale też USA uświadomiły sobie, że ich rozwój gospodarczy, technologiczny nagle może ulec zakłóceniu. Pojawił się dość istotny problem. Okazało się, że bardzo wiele tych surowców wydobywanych jest w krajach o mało przychylnym lub wręcz wrogim nastawieniu do krajów zachodnich.

Wcześniejsze nastawienie krajów zachodnich, które polegało na ochronie swojego środowiska naturalnego, ale i też na szukaniu możliwie jak najniższych kosztów wydobywania, co na koniec prowadziło do „przerzucania” nieraz wręcz całej produkcji górniczej do krajów, w których nie istniały żadne regulacje środowiskowe, do tego dysponujących tanią siłą roboczą, a co najważniejsze będących w posiadaniu złóż i to nieraz bardzo dużych złóż kluczowych dla Zachodu surowców musiało ulec definitywny zmianie.

Materiały są określane jako „krytyczne”, gdy są podatne na zakłócenia w dostawach, a ich wpływ na gospodarkę jest większy niż w przypadku większości innych surowców. Ryzyko związane z dostawami może wynikać z monopolu jednego kraju na dostawę surowca lub z faktu, że główne zasoby surowca znajdują się w regionach politycznie niestabilnych lub w strefach konfliktów.

Przymiotnik „rzadkie” jest dość mylący ponieważ część z tych metali występuje w naturze dość powszechnie. Jest to na przykład lantan, który znajdujemy na naszej planecie częściej niż ołów czy srebro. Problem leży w tym, że pomimo powszechnego występowania bardzo **trudno znaleźć na tyle duże złoża metali ziem rzadkich aby opłacalne było ich wydobycie.**

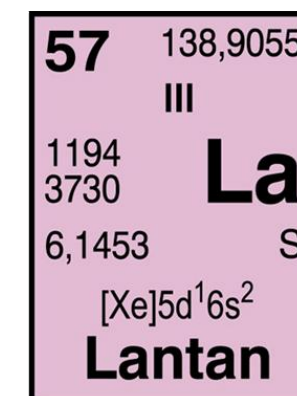
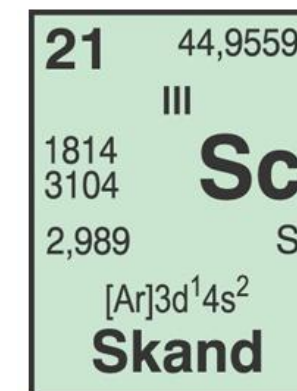
Metale ziem rzadkich (Rare Earth Elements, Rare Earth Metals, skrótowo: REE, REM) to zatem tylko część większego zbioru jakimi są tzw. surowce krytyczne. Tworzą grupę 17 pierwiastków: lantanu (La), ceru (Ce), prazeodymu (Pr), neodymu (Nd), prometu (Pm), samaru (Sm), europu (Eu), gadolinu (Gd), terbu (Tb), dysprozu (Dy), holmu (Ho), erbu (Er), tuliu (Tm), iterbu (Yb), lutetu (Lu), itru (Y) i skandu (Sc).

Ze względu na chemiczne właściwości zwykle dzieli się je na dwie pod-grupy:

1. **skandowce:** czyli skand z liczbą atomową 21 oraz itr z numerem 39.
2. **lantanowce:** pierwiastki od lantanu do lutetu (pierwiastki o liczbie atomowej od 57 do 71).

Można spotkać się również z podziałem na tzw. lekkie pierwiastki ziem rzadkich (LREE) oraz ciężkie pierwiastki ziem rzadkich (HREE).

1. **Lekkie metale ziem rzadkich** (LREM, LREE), występują powszechniej, i mają liczbę atomową 57-63. Są nimi: lantan, cer, prazeodym, neodym, promet, samar, gadolin i europ.
2. **Ciężkie Metale Ziem Rzadkich** (HREM, HREE) występujące rzadziej i mające liczby atomowe 39, 64-71. Są to: itr, terb, dysproz, holm, erb, tul, iterb, lutet.

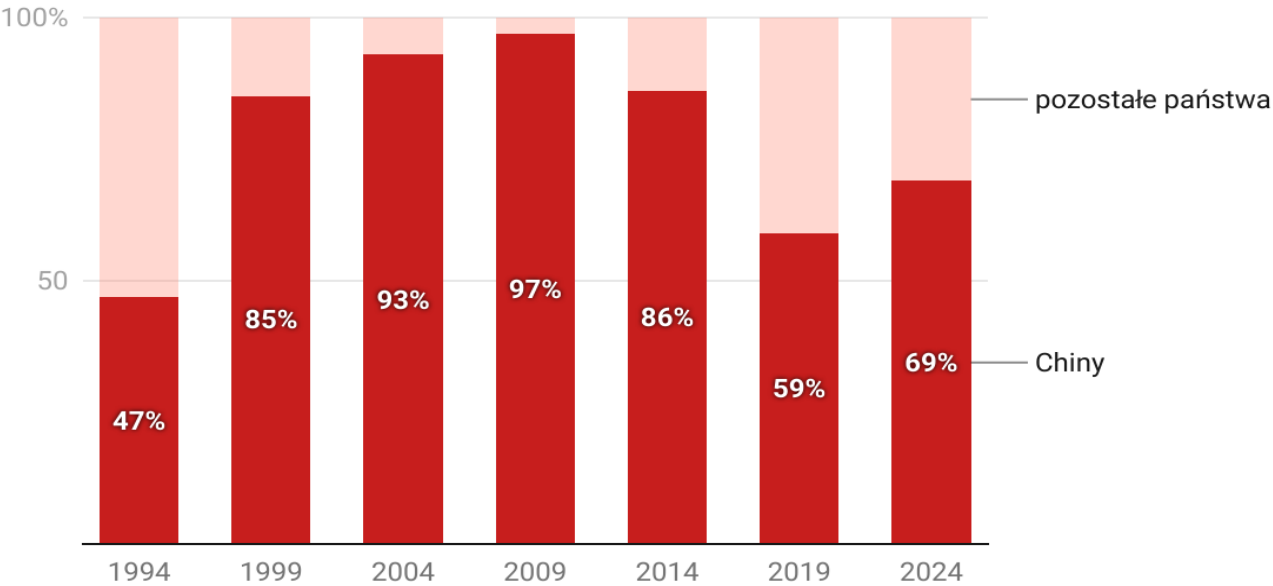


Pomimo szacowanych wysokich zasobów w Brazylii, wydobycie w tym kraju pozostaje na niskim poziomie – zaledwie 20 ton w 2024 roku (przy czym warto zaznaczyć, że pierwszą kopalnię REE w Brazylii - Sierra Verde - otwarto w tym samym roku). Złóża te zawierają m.in. neodym, prazeodym, dysproz i terb wykorzystywane do produkcji magnesów. Przygotowywane są także inne projekty związane z wydobyciem, na rozwój tych inwestycji z tym zakresem w dużej mierze wpływają jednak światowe ceny metali ziem rzadkich i związana z tym opłacalność wydobycia.

Wydobycia nie prowadzi się na Grenlandii, które zasoby oceniane są na 1,5 mln ton. Na niskim poziomie jest też wydobycie w Wietnamie (300 t), podczas gdy zasoby tego kraju szacowane są na 3, 5 mln ton.

Udział Chin w wydobyciu metali ziem rzadkich

w latach 1994-2024, %



Wykres: Mierzony ekwiwalentami tlenków metali ziem rzadkich (REO) • Źródło: opracowanie własne na podstawie danych US Geological Survey • Narzędzie: Datawrapper

Wydobycie REE jest zdominowane przez Chiny, choć w 2024 roku struktura wydobycia różni się od tej w poprzednich dwóch dziesięcioleciach, gdzie mieliśmy do czynienia praktycznie z monopolem tego państwa (udział Chin sięgał 85-97%).

W 2023 r. firma Ramaco ogłosiła odkrycie złóża pierwiastków ziem rzadkich w odkrywkowej kopalni koksowego węgla kamiennego Brook Mine w Stanach Zjednoczonych, na terenie stanu Wyoming. Jest ono na tyle duże, aby zapewnić na długie lata dostawy tych minerałów dla nowoczesnego przemysłu USA i uniezależnić się od ich importu z Chin. Kopalnię tę uznaje się za niekonwencjonalną, ze względu na jej całkiem odmienny charakter geologiczny. Jest to złóżo osadowe w przeciwieństwie do wszystkich innych tego rodzaju złóż związanych ze skałami magmowymi.

Rozpoczęły się także przygotowania do wydobycia rud **w Malawi** w zachodniej Afryce. Szacunki wskazują na **pokaźne rezerwy REE oceniane na 30-50 mln ton**. Kraj ten, nieujęty w statystykach US GS, może mieć jedno z największych złóż metali ziem rzadkich na świecie.

Europa aktywnie szuka złóż REE

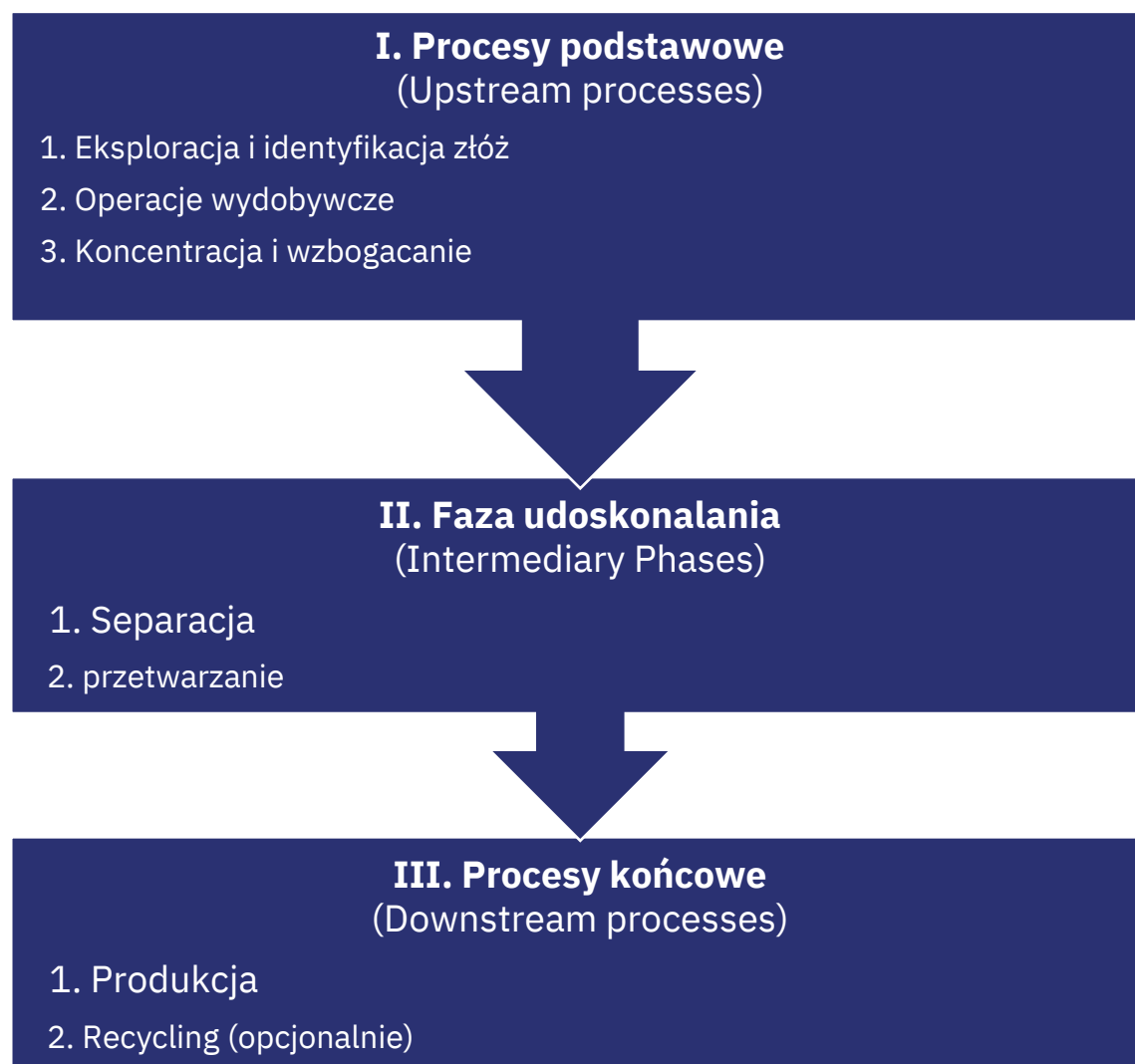
W 2023 r. **w szwedzkiej Kirunie** na obszarze Per Geijer **odkryto złóża metali ziem rzadkich**, w tym ceru, lantanu i neodymu, a ponadto złóża rudy żelaza oraz fosfor. Rok później **na terenie norweskiej gminy Nome odkryto z kolei złóża zawierające prawie dziewięć milionów ton metali ziem rzadkich**, w tym neodym i tlenek prazeodymu. Dzisiaj **norweskie złóża uznawane są za największe w Europie**.

Bogate złóża takich metali jak lantan, cer i skand **posiada również Ukraina**. Na jej terytorium znajdują się złóża 22 z 34 surowców krytycznych z listy UE. Umowa na wydobycie tych surowców stała się jedną z kart przetargowych w trakcie rozmów między Kijowem a administracją Donalda Trumpa w latach 2024-25.

Aby uniezależnić się od dostaw z Chin, Unia Europejska zaczęła szukać innych dostawców surowców krytycznych, prowadząc m.in. **rozmowy z Chile i Australią**, a także **w swoim sąsiedztwie, w tym w Serbii i w Ukrainie**. Nie wszystkie partnerstwa są jednak trwałe. Sytuacja polityczna w zasobnej w surowce Demokratycznej Republice Konga jest niestabilna, a Rwanda, która jeszcze rok temu podpisała z UE porozumienie m.in. o zrównoważonych dostawach surowców krytycznych, jest oskarżana o wspieranie rebeliantów w sąsiedniej DRK. Z tego powodu przyszłość współpracy z Rwandą jest niepewna.

Złożoność łańcucha wartości REE generuje potencjał do innowacji

Operacje związane z metalami ziem rzadkich różnią się od innych operacji wydobywczych (Hurst 2010), na przykład wydobywanie złota jest znacznie prostszą procedurą niż wydobywanie pierwiastków ziem rzadkich, które wymaga szeregu operacji. Łańcuch wartości na rynku REE charakteryzują przede wszystkim dwa czynniki. Łańcuch wartości metali ziem rzadkich można podzielić na siedem odrębnych etapów ujętych w **trzy grupy**.



Pierwszym etapem jest poszukiwanie i eksploracja obszarów bogatych w metale ziem rzadkich. Nierzadko odbywa się za pośrednictwem partnerstw publiczno-prywatnych, w ramach których prowadzone są badania geologiczne. Badania te są punktem wyjścia do wydobywania surowców i rud metali.

[...] muszę Panu powiedzieć, że jeśli chodzi o te metody górnicze, to tak, jeśli chodzi o to wiercenie, to te metody górnicze są tak naprawdę konwencjonalne. To znaczy. Zaczyna się w ten sposób, że geolog idzie z plecakiem, widzi górę, podchodzi, zaczyna patrzeć, co na tej górze rośnie, bo to nie jest bez znaczenia, dlatego że poszczególne rośliny rosną na poszczególnych depozytach.

Do końca to nie jest zbadane, ale na przykład na naszej górze rosną akacje, a na przykład na złożu miedzi nie ma żadnej roślinności. Więc ta roślinność wskazuje na potencjalne, ale tak naprawdę geolog, który stosuje tak zwane powierzchniowe jakiegokolwiek badania, to może i również bierze próbki danej skały i bada to w laboratorium, to już wie, zwłaszcza jeżeli to wychodzi na powierzchnię. Bo nie zawsze tak jest. Ale w takim wypadku zaczyna badać, jeżeli znajdzie tam jakieś metale, to wtedy musi dojść do bardzo skomplikowanych odwiertów. To dzieje się w ten sposób, że na dany depozyt sprowadza wieże wiertnicze i po prostu się wierci. I wierci się według bardzo skomplikowanych zasad. Tak, żeby i teraz Taki odwiert wygląda w ten sposób, że wiertło, które wchodzi do skały, jest puste w środku. W związku z tym w momencie, jak pan przewierca tą skałę, to ten rdzeń wchodzi do tej rury.

(Cytat z wywiadu)

Po wydobywaniu z ziemi rudy i surowce wymagają rafinacji i dalszego przetwarzania, zanim będą mogły zostać bezpośrednio wdrożone do produkcji i produktów użytkownika końcowego. Tę grupę odrębnych faz środkowych można określić jako "procesy udoskonalania" (etapy 3-5).

Podczas wieloetapowego **procesu rafinacji** surowe rudy są oddzielane i przesiewane na użyteczne materiały za pomocą wielu procedur chemicznych i fizycznych, w wyniku których powstaje tak zwany "koncentrat" (materiał użytkowy) i "odpady" (nadmiar/odpady). Koncentracja lub wzbogacanie to proces metalurgii ekstrakcyjnej, który podnosi wartość surowych pierwiastków ziem rzadkich (REE) zawierających rudy mineralne poprzez usunięcie minerałów o niskiej wartości, w wyniku czego powstaje produkt wyższej jakości (tj. koncentrat metali ziem rzadkich).

Metody **wzbogacania fizycznego** obejmują separację grawitacyjną, separację magnetyczną, separację elektrostatyczną, odmulanie i flotację pianową. Flotacja pianowa jest szeroko stosowana w przemyśle metalurgicznym i wydobywczym do koncentracji metali ziem rzadkich. Podmioty zaangażowane w ten proces lub utrzymujące tę zdolność są kluczowym elementem łańcucha dostaw metali ziem rzadkich i wchodzi w ten podstawowy etap rafinacji.

Po przejściu **procesu wzbogacania** (etap 3) ruda poddawana jest procesowi separacji (etap 4). Na tym etapie w wydobywanych koncentratkach dochodzi do separacji metali ziem rzadkich (tzw. tlenki metali ziem rzadkich - REO). Separacja metali ziem rzadkich jest chemicznie intensywna, ponieważ pierwiastki ziem rzadkich są do siebie bardzo podobne chemicznie ze względu na ich bliskie sąsiedztwo w układzie okresowym pierwiastków.

No mamy 17 pierwiastków, które notabene siedzą jeden przy drugim, no ale żeby wykorzystać w odpowiednich technologiach, no to niestety, ale całej grupy nie wrzucimy, musimy sobie je odseparować i tu jest duży problem. Bo o ile lit sobie wydobyjemy, możemy go sobie doczyścić, poddać rafinacji, tak tutaj my poszczególne pierwiastki musimy po prostu oddzielić jeden od drugiego. Bo na przykład w katalizatorach słynna Toyota Prius, no to mamy lantan, neodym, cer. Podobno około 20 kg na egzemplarz. Ale inny pierwiastek jest w katalizatorze, inny w powłokach lusterek, inny w powłokach karoserii itd.

[...] Więc tutaj myślę, że też jest takie niezrozumienie ze strony przedsiębiorstw, że nie można zastosować całej grupy, szczególnie w tych takich, jak my to mówimy, technologiach high-tech. Tylko niestety trzeba jeszcze się posilić i wysilić i to dosyć mocno i kosztownie, bo to kosztuje. Wcześniej Chiny przecież sprzedawały lantanowce po bardzo niskiej cenie, dlatego że nie zwracały uwagi zupełnie na wytyczne i przepisy związane z ochroną środowiska. Teraz mamy sytuację taką, że mamy i kontynent CO2 i mamy ścieki, a ścieki są kwaśne, nierzadko zawierają jeszcze pierwiastki radioaktywne, więc trzeba tutaj to wszystko w tym takim spojrzeniu ekonomicznym brać pod uwagę.

Jeśli chodzi o technologie, to są przede wszystkim dwie. Tu są klasyczne metody, nic się tutaj nie zmienia, nikt tutaj głową z sufitu nie rozbija, bo są metody hydrometalurgiczne i pirometalurgiczne. Pirometalurgiczne, piro oznacza temperaturę, więc wszelkiego rodzaju termolizy, wypalania, wygrzewanie w piecu. A metody hydrometalurgiczne, które stosuje cały świat, to są metody oparte na wylugowywaniu najczęściej kwasami. przy użyciu innych czynników typu utleniaczy czy czynników kompleksujących z minerałów, to tak jak się przerabia rudy metali, tak samo. Czy są to typowe kwasy mineralne, czy są to kwasy utleniające, czy z dodatkiem czynników ługujących tak zwanych ekstrahentów, no to tutaj ja uważam, że ta droga i ta tendencja jest bardzo rozwijana.

(Cytat z wywiadu)

Po separacji REO przechodzą **końcowe przetwarzanie**, podczas którego rozpoczyna się konwersja REO na metale ziem rzadkich, takie jak metaliczny neodym, który można następnie wykorzystać do tworzenia stopów, takich jak NdFeB, przy użyciu procesów metalurgicznych, takich jak spiekanie.

Elektroliza stopionej soli jest konwencjonalnym procesem przekształcania w metale. **Gotowe metale** są następnie wysyłane do producentów, którzy wykorzystują ten materiał do tworzenia produktów dla użytkowników końcowych w różnych branżach. Gdy produkt użytkownika końcowego osiągnie koniec cyklu życia, może zostać poddany recyklingowi i trafić z powrotem do łańcucha dostaw.

Strukturalnie praktycznie nad każdym z etapów łańcucha kontrolę mają Chiny. Najsilniej kontrolowany przez nie etap to rafinacja, podczas której ma miejsce separacja metali ziem rzadkich, najtrudniejszy i najbardziej kosztowny etap prac. Dla porównania: udział Chin na etapie samego wydobycia metali ziem rzadkich szacowany jest na 60-70%, a w przypadku rafinacji uważa się, że Chiny kontrolują rynek nawet na poziomie od 80 do 90%. Oznacza to w praktyce, że jeśli np. amerykańska firma jest zdolna do wydobywania metali ziem rzadkich i tak musi w jakimś zakresie wysyłać koncentrat tych metali do Chin w celu dokonania ich separacji.

Każdy z etapów łańcucha wartości metali ziem rzadkich to potencjalnie olbrzymi obszar do tworzenia innowacji w celu uniezależnienia się zachodniego przemysłu i firm nowych technologii od Chin. **Co oznacza, że pole do innowacji jest tu znacznie szersze niż tylko poszukiwanie zamienników metali ziem rzadkich lub też sposobów ich odzyskiwania i recyklingu.** Badania mogą obejmować praktycznie każdy etap łańcucha tworzenia wartości, a innowacje dotyczyć przyspieszenia lub obniżenia kosztów prowadzenia prac na danym etapie lub zmniejszenia szkodliwego wpływu na środowisko.

Metale ziem rzadkich mają zastosowania w wielu branżach

Metale ziem rzadkich posiadają różne cechy fizyczne i różne zastosowania. Na ogół przyjmuje się, że są one **niezbędnym elementem rozwoju nowoczesnych technologii**, w szczególności z zakresie elektroniki, elektromobilności i odnawialnych źródeł energii. Jest to związane z właściwościami pierwiastków, które nadają im magnetyczne, optyczne i elektryczne parametry, które są trudne do zastąpienia.

Najważniejszym i najbardziej istotnym zastopowaniem jest wykorzystanie w magnesach stałych, które generują większość zapotrzebowania na REE. Magnesy te wykorzystywane są silnikach elektrycznych i do generowania energii elektrycznej, w szczególności **w turbinach wiatrowych i samochodach elektrycznych i hybrydowych**, a także w dyskach HDD oraz głośnikach i mikrofonach stosowanych w telefonach komórkowych i komputerach. Do produkcji magnesów wykorzystuje się neodym lub prazeodym, a dodanie dysprozu i terbu wzmacnia wytrzymałość magnesów.

Te cztery metale są używane do produkcji magnesów, które są, brzmi to banalnie, ale całe przejście energetyczne na świecie polega na rotacyjnej właściwości pola elektromagnetycznego.

I jak powiedział to kiedyś chyba, nie wiem czy nie Einstein, ale powiedział, że za 100 lat wszystko ulegnie absolutnej zmianie technicznej, ale ta właściwość pola elektromagnetycznego zostanie z ludzkością na zawsze. Dlatego, że ta siła rotacyjna pola elektromagnetycznego powoduje ruch. Innymi słowy silniki, na całym świecie, niezależnie od innego użycia, oparte są na tej zasadzie.

To znaczy, żeby powstało pole elektromagnetyczne, musi istnieć magnes, który ma właściwość tysiące razy silniejszą od magnesów, jakie my znamy w codziennym użytku. To znaczy turbina wiatrowa, dlatego się kręci, że jest wiatr, ale z drugiej strony powoduje produkcję elektryczności. Z drugiej strony silnik, na przykład jakikolwiek silnik, który wprawia w ruch na przykład lusterko samochodowe albo fotel, który ma Pan w samochodzie, musi mieć taki magnes. Magnes jest konieczny również do budowy dysków, które stanowią pamięć komputera. Również silnik samochodu elektrycznego oparty jest właśnie na działaniu tego pola elektromagnetycznego powodowanego przez istnienie takiego magnesu.

Aktualnie nie wymyślono żadnej alternatywy oprócz magnesów neodymowo-prazeodymowych. Są jeszcze ferrytowe tak zwane, czyli to źle to skonstruowałem, magnesy ferrytowe również zostały wyprodukowane, ale one charakteryzują się dużo mniejszą wytrzymałością i nie są dotychczas stosowane ze względu na istnienie neodymu i prazeodymu.

(cytat z wywiadu)

Nazwa	Zastosowania	Wykorzystanie	Występowanie (ppm= liczba cząstek na milion w skorupie ziemskiej)
Cer (LREE)	katalizatory samochodowe (60%), proszki polerujące (20%), szkło i ceramika (12%), stopy metali (2%), Baterie NiMH (2%)	Przemysł samochodowy, produkcja baterii	66,5 ppm (bastanazyt, loparyt, monazyt)
Dysproz (HREE)	magnesy NdFeB (100%)	Przemysł samochodowy, energetyka (OZE), energetyka jądrowa	3,9 ppm (ksenotym i ity jonowymienne)
Erb (HREE)	Oświetlenie (26%), barwienie szkła (74%), domieszki do laserów	Produkcja oświetlenia, przemysł szklarski, produkcja światłowodów, produkcja laserów	2,3 ppm
Europ (LREE)	Oświetlenie (10%), inne – 90%	Elektronika (np. monitory CRT), produkcja oświetlenia (np. lampy rtęciowe i energo-oszczędne), energetyka jądrowa, zastosowania w spektroskopii	1 ppm
Gandolin (HREE)	rezonans magnetyczny (40%), stopy metali (10%), magnesy (10%), inne (40%)	Elektronika (np. CRT) zastosowania w medycynie, przemysł metalurgiczny (poprawa właściwości stopów)	4 ppm
Holm, Lutet, Iterb, Tul (HREE)	Holm – ceramika (100%), lutet (- inne 99%) 1 % oświetlenie, Tul – ceramika – 100%, Iterb – ceramika – 100%	lasery, radiografia, obrazowanie molekularne, zastosowania w medycynie	0,52-3,3 ppm
Lantan (LREE)	Katalizatory (60%), katalizatory samochodowe(29%), szkło i ceramika (5%), stop metali (mismetal) (1%), baterie (3%)	Przyrządy optyczne, elektronika, przemysł rafineryjny, zastosowania w medycynie	31 ppm (bastanazyt i monazyt)
Neodym (LREE)	magnesy NdFeB (80%), katalizatory samochodowe (9%), baterie (4%), ceramika (3%), stopy metalurgiczne (2%), domieszka do laserów	Elektronika (np. dyski twarde, głośniki), przemysł samochodowy, przemysł energetyczny (OZE), przemysł maszynowy (np. CNC), produkcja szkła, produkcja laserów.	27 ppm
Prazeodym (LREE)	magnesy (80%) , barwienie szkła (2%), katalizatory samochodowe (5%), proszki polerujące	Elektronika, przemysł samochodowy, przemysł lotniczy, produkcja szkła	7,1 ppm (bastanazyt i monazyt)
Samar (HREE)	Magnesy SmCo, radiografia, domieszka do laserów	Elektronika (np. słuchawki), przemysł maszynowy, radiografia	4,7 ppm – powszechnie występujący (ceryt, gandolin, samarskazyt
Terb (LREE)	stopy magnesów (90%), oświetlenie (1%)	Produkcja lamp fluorescencyjnych, elektronika (np. półprzewodniki) , ogniwa paliwowe	0,7 ppm ksenotym, monazyt i ity jonowymienne
Itr (HREE)	Ceramika (73%), katalizatory samochodowe (9%), metal (7%), szkło 4%), inne – 8%, fosfory (wyświetlacze LCD), nadprzewodniki	Elektronika	21 ppm ksenotym i ity jonowymienne
Skand	Półprzewodnikowe ogniwa paliwowe, stopy aluminium	Przemysł lotniczy, produkcja sprzętu sportowego	22 ppm
Promet	Farby luminescencyjne, baterie jądrowe	Zastosowania niszowe	śladowe wartości, uranit

Źródło: opracowanie własne, na podstawie SCREEN2 factsheet, RARE EARTH ELEMENTS (REE)

W przemyśle elektronicznym wykorzystuje się magnesy w neodymowe do produkcji dysków twardych (stosowanych np. w laptopach), w monitorach (np. w monitorach starszego typu CRT, ale także w ekranach LED i LCD), w głośnikach (np. w słuchawkach, głośnikach w smartfonach). Tzw. fosfory wykorzystuje się także. Tlenek ceru może być wykorzystywany do polerowania szkła w smartfonach. Erb jest wykorzystywany w światłowodach do wzmacniania sygnału świetlnego. Neodym, erb, i iterb są stosowane jako domieszki w laserach. Cer i lantan wykorzystuje się w bateriach NiMH.

W przemyśle chemicznym REE stosowane są w katalizatorach, przede wszystkim w petrochemii - katalizatorach rafinacji ropy (lutet) oraz przy produkcji ceramiki (itr). Wykorzystywane są także przy produkcji oświetlenia, np. w świetłówkach, lampach rtęciowych, lampach LED.

W metalurgii domieszki skandu jako w stopach aluminiowych wzmacniają odporność na korozję i wytrzymałość stopu. Stopy te stosuje się **w przemyśle lotniczym**. Dysproz i terb dodane do magnesów trwałych poprawiają ich odporność na temperaturę.

Dla **energetyki** REE są ważnym elementem w transformacji polegającej na przejściu na odnawialne źródła energii. Są one wykorzystywane przede wszystkim w magnesach w turbinach wiatrowych. W energetyce jądrowej używa się w reaktorach jądrowych jako absorbery, przy kontroli reakcji w rdzeniu (gandolin) oraz jako źródło promieniowania w bateriach jądrowych (promet).

W przemyśle samochodowym metale ziem rzadkich stosuje się w środkach do polerowania (cer), w katalizatorach samochodowych oraz w elektrobilności – w magnesach trwałych stosowanych w pojazdach elektrycznych oraz hybrydowych.

W medycynie gandolin wykorzystuje się jako kontrast w obrazowaniu w rezonansie magnetycznym (MRI), a także w pozytonowej tomografii emisyjnej (PET). Lanatanowce wykorzystuje się także w terapiach nowotworowych, a lasery w stomatologii i dermatologii (w tym także dermatologii estetycznej).

W przemyśle szklarskim metale ziem rzadkich służą do barwienia szkła (prazeodym, neodym, erb), polerowania szkła (cer), poprawy jakości soczewek i parametrów szkła, np. w aparatach fotograficznych (lantan).

W przemyśle obronnym i wojskowym stosuje się skand jako dodatek do stopów w konstrukcjach samolotów wojskowych, powłokach ceramicznych (itr, cer) oraz w laserach w systemach celowniczych, dalmierzach, noktowizorach, systemach obrony przeciwrakietowej, instalacjach radarowych. Magnesy NdFeB wykorzystywane są w także silnikach elektrycznych dronów.

Metale ziem rzadkich stosowane są zatem w produkcji takich rzeczy codziennego użytku jak:

- smartfony
- monitory/ ekrany
- telewizory
- oświetlenie

a także w:

- samolotach
- samochodach elektrycznych
- turbinach wiatrowych
- laserach
- systemach uzbrojenia.

Zużycie poszczególnych pierwiastków różni się w zależności od zastosowań. Szacuje się, że w na produkcję jednej turbiny wiatrowej potrzeba ok. 600 kg REE, samochodu elektrycznego ok 1 kg REE. Z kolei do produkcji myśliwca F35II zużywane jest ok. 420 kg RRE, przy produkcji niszczyciela klasy Arleigh Burke – 2,6 t. REE (Visual Capitalist 2025). Przeciętny smartfon zużywa kilka gram REE, z kolei w oświetleniu LED wykorzystanie REE liczy się w miligramach. Podobnie niewielkie są domieszki stosowane w laserach.

Wymiar strategiczny

Stany Zjednoczone prowadzą aktywną politykę dotyczącą metali ziem rzadkich



Strategiczny wymiar znaczenia pierwiastków ziem rzadkich szczególnie silnie uzewnętrznia się w rywalizacji pomiędzy Stanami Zjednoczonymi, dla których mają one istotne przemysłowe znaczenie, a ich największym dostawcą czyli Chinami.

Metale ziem rzadkich stają się kluczowe w kontekście prowadzonej w 2025 roku wojny handlowej, a ich strategiczne znaczenie podkreśla również wykorzystywanie ich przez Chiny jako broni w rozgrywkach geopolitycznych. **Zastąpienie Chin jako dostawcy pierwiastków ziem rzadkich może zająć lata i spowodować problemy dla kluczowych gałęzi przemysłu.**

Zainteresowanie USA metalami ziem rzadkich ulega zmianom na przestrzeni lat – początkowo skupiano na **zastosowaniach militarnych**, a następnie rozszerzono o **potrzeby przemysłu high-tech i zielonej energii**. Współcześnie rosnąca dominacja Chin na światowym rynku sprawiła, że strategia zabezpieczenia krajowych źródeł tych metali stała się **priorytetem narodowym**, co widoczne jest m.in. w działaniach legislacyjnych i inwestycyjnych mających na celu zwiększenie zdolności wydobywczych oraz technologii recyklingu.

W 2017 r. prezydent USA Donald Trump podpisał **rozporządzenie wykonawcze w sprawie zabezpieczenia dostaw krytycznych pierwiastków**, a w 2020 r. wydał kolejne, **koncentrujące się na dominacji Chin w dostawach metali ziem rzadkich**. Kolejne lata przyniosły następujące akty:

- **Critical Minerals and Materials Act of 2021** - Dokument zapewnia wsparcie dla krajowych dostaw surowców mineralnych, ustala terminy ukończenia oceny oddziaływania na środowisko projektów wydobywania surowców mineralnych na terenach federalnych i ustala powiązane wymogi mające na celu przyspieszenie oceny takich projektów na mocy ustawy o polityce ochrony środowiska z 1969 r. (NEPA).

- **REEShore Act of 2022** Ustawa nakłada m.in. obowiązek włączenia pierwiastków ziem rzadkich i niektórych innych kluczowych minerałów do Narodowych Zapasów Obronnych, a na wykonawców zamówień obronnych obowiązek ujawnienia pochodzenia magnesów trwałych zawierających te pierwiastki lub minerały oraz rozszerza zakazy uniemożliwiające Departamentowi Obrony zaopatrywanie się w towary lub usługi, zawierające te pierwiastki i minerały, od firm powiązanych z Chinami. Rozszerza uprawnienia Prezydenta na mocy Ustawy o produkcji obronnej z 1950 r. w celu wspierania krajowych źródeł tych pierwiastków i minerałów.

- **Rare Earth Magnet Manufacturing Production Tax Credit Act of 2023** Ustawa wprowadziła nowe ulgi podatkowe i zachęty do krajowej produkcji magnesów ziem rzadkich

Administracja Trumpa uczyniła **bezpieczeństwo kluczowych minerałów kluczowym elementem swojej strategii** skoncentrowanej na energii, co przełożyło się na kolejne rozporządzenia wykonawcze mające na celu rozwiązanie amerykańskiego niedoboru w przemyśle wydobywczym:

- EO 14154 - **Uwolnienie amerykańskiej energii**, 29 stycznia 2025 r.
- EO 14156 - **Ogłoszenie krajowego stanu wyjątkowego w zakresie energii**, 29 stycznia 2025 r.
- EO 14213 - **Ustanowienie Krajowej Rady Dominacji Energetycznej**, 20 lutego 2025 r.
- EO 14220 - **Rozwiązanie problemu zagrożenia dla bezpieczeństwa narodowego wynikającego z importu miedzi**, 28 lutego 2025 r.
- EO 14241 - **Natychmiastowe środki mające na celu zwiększenie amerykańskiej produkcji mineralnej**, 25 marca 2025 r.

Stanowią one podstawę kompleksowego podejścia do zwiększenia produkcji minerałów w USA, w tym przyspieszenia i usprawnienia wydawania pozwoleń, ponownego rozważenia niektórych przepisów, mobilizacji dodatkowego finansowania i udostępnienia gruntów federalnych i baz wojskowych na potrzeby wydobywania i przetwarzania.

W ramach działań dążących do zwiększenia wydobycia metali ziem rzadkich prezydent USA wydał w 2025 r. **dekret zatwierdzający zwiększenie wydobycia głębinowego na wodach terytorialnych USA i wodach międzynarodowych.**

Dokument przyspieszy wydawanie nowych pozwoleń i odnawianie tych istniejących także „na obszarach poza narodową jurysdykcją”. Wywołało to **kontrowersje** i zostało określone jako **pogwałcenie prawa międzynarodowego**, ze względu na międzynarodowy status quo i trwające od lat negocjacje pod auspicjami ONZ dotyczące wykorzystania i podziału wód międzynarodowych. Osobną kwestią są **alarmy ekologów**, że górnictwo głębinowe wywoła szkody, które nie ograniczą się wyłącznie do dna oceanów, a wpłyną na cały wodny ekosystem w danym obszarze.

W poszukiwaniu dostępu do metali ziem rzadkich prezydent USA zainicjował współpracę z Ukrainą – do podpisania porozumienia o partnerstwie ekonomicznym i utworzeniu **Amerykańsko-Ukraińskiego Funduszu Inwestycyjnego na rzecz Odbudowy** doszło 30 kwietnia 2025 r.

Kluczową kwestią umowy było przyznanie USA **uprzywilejowanego dostępu do nowych projektów inwestycyjnych w celu rozwoju zasobów naturalnych Ukrainy**, w tym aluminium, grafitu, ropy naftowej i gazu ziemnego oraz zasobów metali ziem rzadkich. Zgodnie z warunkami umowy Stany Zjednoczone miałyby pierwszeństwo w roszczeniach do zysków przekazywanych do specjalnego funduszu inwestycyjnego na odbudowę. Umowa ma częściowo na celu zwrot Stanom Zjednoczonym przyszłej pomocy wojskowej dla Ukrainy. Fundusz będzie finansowany w 50 proc. z przychodów z nowych licencji w projektach dotyczących materiałów krytycznych, ropy naftowej i gazu. Wbrew początkowym żądaniom USA porozumienie nie nakłada na Ukrainę obowiązku spłacenia przeszłej amerykańskiej pomocy wojskowej dochodami z eksploatacji złóż. Ukraińskie złoża surowców mają pozostać też pod "pełną kontrolą i własnością Ukrainy", zaś sam fundusz ma być zarządzany wspólnie przez obie strony.

Kraje lub terytoria w kręgu zainteresowania USA w związku z REE

Grenlandia

Rejon ten ma spore zasoby mineralne - rezerwy rzędu 1,5 mln ton. Z chęcią ich wykorzystania może się wiązać chęć przejęcia kontroli nad Grenlandii przez Donalda Trumpa.

Demokratyczna Republika Konga

Zajmuje najbogatszą w surowce centralną część Afryki. Aktualnie DRK zmaga się z rebeliantami z Rwandy, nad którymi nie jest w stanie zapanować. Prezydent tego kraju zwrócił się do USA o pomoc w ustabilizowaniu tej sytuacji oferując w zamian dostęp do bogatych surowców na terenie swego kraju

Ukraina

Ukraina dysponuje złożami 22 z 34 minerałów (m.in. lantan, cer, neodyn, erb i lit). Zgodnie z danymi Ukraińskiej Służby Geologicznej, kraj ten posiada 5 proc. światowych złóż surowców, w tym 19 mln ton rezerw grafitu, co czyni Ukrainę jednym z pięciu czołowych na świecie producentów tego minerału. Znaczna część ukraińskich złóż minerałów znajduje się na terytorium okupowanym przez Rosję. Szczegółowe dane na ten temat są utajnione.

Komisja Europejska prowadzi szereg działań dotyczących surowców krytycznych...



Znaczenie strategiczne REE ma swój wyraz także w konkretnych dokumentach strategicznych formułowanych przez Państwa lub ugrupowania regionalne. W Unii Europejskiej REE są postrzegane przez pryzmat tzw. surowców strategicznych.

Działania Komisji Europejskiej (KE) mające na celu zabezpieczenie zrównoważonej podaży surowców **Inicjatywa Surowcowa** (Inicjatywa na rzecz surowców – zaspokajanie naszych kluczowych potrzeb w celu stymulowania wzrostu i tworzenia miejsc pracy w Europie) z 2008 roku. Wyzaczyła ona **strategię dotyczącą dostępu do surowców mineralnych w Unii Europejskiej (UE), opartą na trzech filarach**, mających na celu zapewnienie:

- stabilnych dostaw surowców z rynków światowych;
- zrównoważonej podaży surowców mineralnych wewnątrz UE;
- efektywnego wykorzystania zasobów i podaży surowców wtórnych w ramach recyklingu.

W 2019 r. zainicjowano **Europejski Zielony Ład** – unijną strategię wzrostu, która kieruje UE na drogę transformacji ekologicznej, a ostatecznie – ku neutralności klimatycznej, którą ma ona osiągnąć do 2050 roku. Metale ziem rzadkich są uwzględnione jako surowce krytyczne, kluczowe dla transformacji ekologicznej i cyfrowej gospodarki UE.

Plan działania UE określony w ramach w zakresie surowców krytycznych przewiduje:

- rozwój **odpornych łańcuchów wartości** na potrzeby ekosystemów przemysłowych UE;
- **zmniejszenie zależności od pierwotnych surowców krytycznych** poprzez wykorzystanie zasobów w obiegu zamkniętym, zrównoważone produkty i innowacje;
- **wzmocnienie zrównoważonego i odpowiedzialnego krajowego zaopatrzenia w surowce** i przetwarzania ich w UE;

- **zróżnicowanie dostaw dzięki zrównoważonemu i odpowiedzialnemu zaopatrzeniu w państwach trzecich**, wzmocnieniu otwartego handlu surowcami opartego na zasadach i usuwaniu zakłóceń w handlu międzynarodowym.

W marcu 2024 r. Rada Europejska przyjęła **europejski akt o surowcach krytycznych**. Jest on, obok aktu w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie i reformy struktury rynku energii elektrycznej, jedną z **inicjatyw przewodnich planu przemysłowego zielonego Ładu**.

W kwietniu 2024 r. zostało podpisane Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego oraz Rady UE 2024/1252 w sprawie ustanowienia ram na potrzeby zapewnienia bezpiecznych i zrównoważonych dostaw surowców krytycznych (**CRMA, tzw. Akt w sprawie surowców krytycznych**). W dokumencie zawarto wykaz surowców strategicznych oraz surowców krytycznych – w obu tych grupach znalazły się metale ziem rzadkich. Dokument ma wzmocnić wszystkie etapy europejskiego łańcucha wartości surowców krytycznych:

- zdywersyfikować unijny import i zmniejszyć zależności strategiczne;
- zwiększyć zdolność UE do monitorowania i łagodzenia ryzyka zakłóceń w podaży surowców krytycznych;
- ulepszyć obieg zamknięty i zrównoważony rozwój.

UE wyznaczyła sobie następujące cele na 2030 r., aby zmniejszyć zależność od państw trzecich w zakresie dostępu do surowców krytycznych:

- Wydobycie w UE: co najmniej 10% rocznego zużycia w UE ma pochodzić z tego źródła,
- Przetwarzanie w UE: co najmniej 40% rocznego zużycia w UE ma pochodzić z przetwarzania w UE,
- Recykling w UE: co najmniej 25% rocznego zużycia w UE ma pochodzić z wewnętrznego recyklingu,
- Źródła zewnętrzne: z jednego państwa trzeciego ma pochodzić nie więcej niż 65% rocznego zużycia w Unii każdego z surowców strategicznych na odpowiednim etapie przetwarzania.

Rola surowców krytycznych została również wskazana w zaktualizowanej **Strategii przemysłowej Unii Europejskiej** (2021).

Tematyka metali ziem rzadkich pojawia się także w następujących dokumentach Komisji Europejskiej:

- **Stawianie czoła wyzwaniom związanym z rynkami towarowymi i surowcami** - już w 2011 roku wskazywano, że UE jest całkowicie uzależniona od przywozu REE, szczególnie z Chin. Jednocześnie zwracano uwagę, iż nie istnieją opłacalne handlowo procesy recyklingu lub zastąpienia pierwiastków ziem rzadkich.
- **Komunikat KE „Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju”** - dostęp do zasobów określono jako strategiczną kwestię bezpieczeństwa z punktu widzenia europejskiej ambicji zrealizowania Zielonego Ładu.
- **Prognoza dot. surowców krytycznych w odniesieniu do strategicznych technologii i sektorów** - plan działania zakładał m.in. wzmocnienie krajowego zaopatrzenia w surowce, dywersyfikację źródeł zaopatrzenia, a także zmniejszenie zależności przez wykorzystanie zasobów w obiegu zamkniętym.
- **Druga szczegółowa analiza strategicznych zależności Europy** - analiza ta dotyczy pięciu obszarów, w których Europa jest w coraz większym stopniu zależna od państw trzecich, i ma na celu lepsze zrozumienie zagrożeń i możliwości przeciwdziałania tym zależnościom.

Tematykę tę można odnaleźć także w raportach współfinansowanych przez UE jak :

- **„Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action A report by the Rare Earth Magnets and Motors Cluster of the European Raw Materials Alliance”** –przygotowanym przez Europejski Sojusz na rzecz Surowców ERMA raporcie, który zawiera rekomendacje działań w obszarze rynku metali ziem rzadkich.

By lepiej zarządzać odpornością i przygotować się na potencjalne zakłócenia, Komisja Europejska powołała m.in. następujące inicjatywy:

- **Europejska Rada ds. Surowców Krytycznych** - ma gromadzić najlepszą wiedzę fachową, by następnie w stosownych podgrupach prowadzić prace nad koordynacją finansowania projektów strategicznych, wymianę informacji, regularny monitoring sytuacji oraz ocenę ryzyka.
- **Strategiczne partnerstwa surowcowe** - metale ziem rzadkich są uwzględnione jako surowce krytyczne, kluczowe dla transformacji ekologicznej i cyfrowej gospodarki UE
- **Obserwatorium Technologii Krytycznych** - odpowiada za identyfikację technologii kluczowych dla konkurencyjności UE oraz zapewnienie dostaw surowców, półproduktów oraz gotowych dóbr. Powołane w ramach Wspólnego Centrum Badawczego Komisji Europejskiej.
- **Rada ds. Handlu i Technologii** - jest to platforma współpracy Unii Europejskiej ze Stanami Zjednoczonymi zorientowana na równoważenie asymetrii z Chinami.
- **Europejskie Partnerstwo Innowacyjne na Rzecz Surowców** - zrzesza przedstawicieli przemysłu, administracji publicznej, środowisk akademickich i organizacji pozarządowych. Dostarcza KE informacji o wdrażaniu wdrażania innowacyjnych podejść w zakresie łańcucha dostaw surowców.
- **Europejski Sojusz na Rzecz Baterii** - jest inicjatywą zrzeszającą władze publiczne, przemysł i centra badawcze skupioną wokół poprawy funkcjonowania łańcuchów produkcyjnych baterii i akumulatorów.
- **Europejski Sojusz na rzecz Surowców (ERMA)** - jego celem jest m.in. wspieranie inwestycji i innowacji w zakresie surowców oraz identyfikacja barier i szukanie możliwości inwestycyjnych, poprzez Platformę Inwestycji na Rzecz Surowców.

Projekty strategiczne dla UE

LEGENDA

Wydobycie

Obróbka

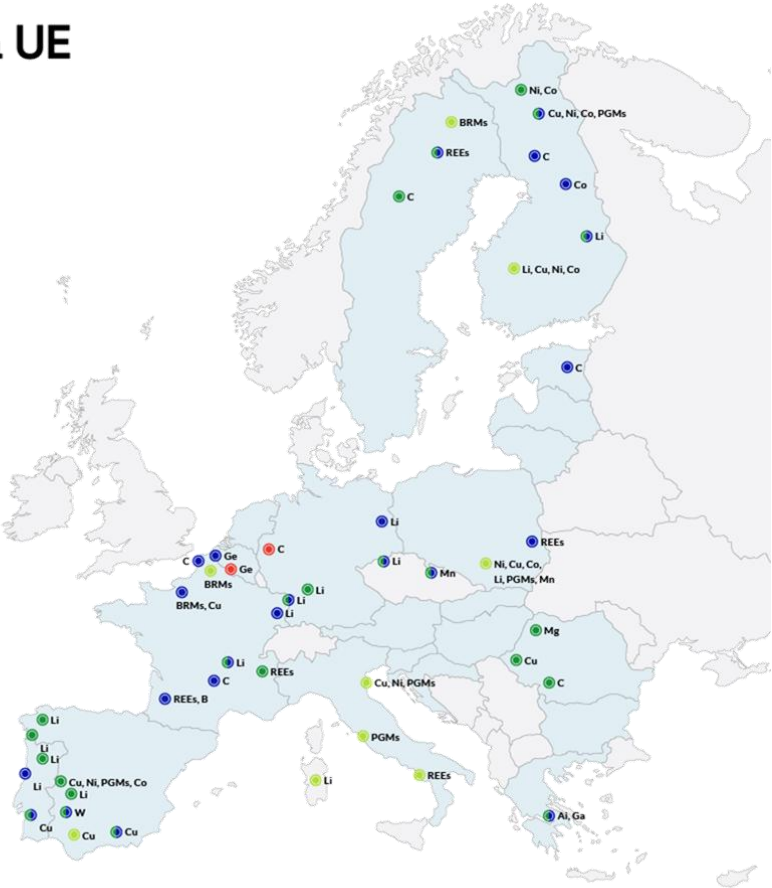
Recykling

Zastąpienie

Al	Aluminium
B	Bor
BRMs	Surowce do produkcji baterii ¹
Co	Kobalt
Cu	Miedź
Ga	Gal
Ge	German
C	Grafit
Li	Lit
Mg	Magnez
Mn	Mangan
Ni	Nikiel
PGMs	Metale z grupy platynowców
REEs	Metale ziem rzadkich
W	Wolfram

¹Battery Raw Materials odnoszą się do litu, kobaltu, niklu, manganu i grafitu

Lokalizacja projektów opiera się na skali regionalnej i nie odzwierciedla ich dokładnych lokalizacji geograficznych
źródło: Komisja Europejska



W puli projektów wskazanych przez KE znalazły się **dwie realizacje z Polski:**

- **Projekt recyklingowy POLVOLT** realizowany przez Elemental Battery Metals ma na celu odzyskiwanie z baterii niklu, miedzi, kobaltu, litu, manganu oraz metali z grupy platynowców.
- **Projekt realizowany w Puławach** przez spółkę Mkango Polska - zakład rafinacji pierwiastków ziem rzadkich ma przyczynić się do zabezpieczenia dostaw surowców takich jak neodym, wykorzystywanych do produkcji magnesów. Umowę na dzierżawę działki pod budowę tego zakładu Mkango Polska zawarło z Zakładami Azotowymi Puławy z Grupy Azoty. Nowa instalacja będzie zajmować się przetwarzaniem surowca pochodzącego głównie z projektowanej kopalni w Malawi.

Osiem projektów KE jest zlokalizowanych we Francji. Dwa z nich dotyczą wydobycia litu – w Allier (Imerys) i w Alzacji (Eramet), dwa recyklingu baterii, dwa recyklingu i rafinacji metali ziem rzadkich oraz rafinacji grafitu. Oprócz projektów wydobywczych, KE uznała również znaczenie recyklingu w obiegu zamkniętym – na odzysku metali strategicznych koncentrują się takie firmy jak Northvolt Revolt (Szwecja) czy Itelyum Regeneration (Włochy). Niemcy i Szwecja planują intensyfikację prac badawczo-rozwojowych, które obejmują opracowywanie nowoczesnych technologii odzysku i ekologicznych metod przetwarzania rud. Z kolei we Francji i Hiszpani realizowane są projekty łączące wysiłki sektora prywatnego i publicznego, mające na celu poprawę technologii przetwórczych oraz zwiększenie udziału krajowych procesów w łańcuchu wartości surowców krytycznych.

Projekty będą mogły korzystać **ze skoordynowanego wsparcia ze strony Komisji, państw członkowskich i instytucji finansowych**, aby rozpocząć działalność. W szczególności w zakresie dostępu do finansowania i wsparcia w celu nawiązania kontaktu z odpowiednimi odbiorcami.

Dodatkowo, KE zamierza znacząco **skrócić czas potrzebny na uzyskanie zezwoleń prawnych potrzebnych, aby otworzyć kopalnię i rozpocząć wydobycie**. Obecnie zajmuje to ponad 10 lat, a celem KE jest aby okres ten wyniósł maksymalnie 27 miesięcy w przypadku kopalni i 15 miesięcy w przypadku zakładów rafinacji i recyklingu.

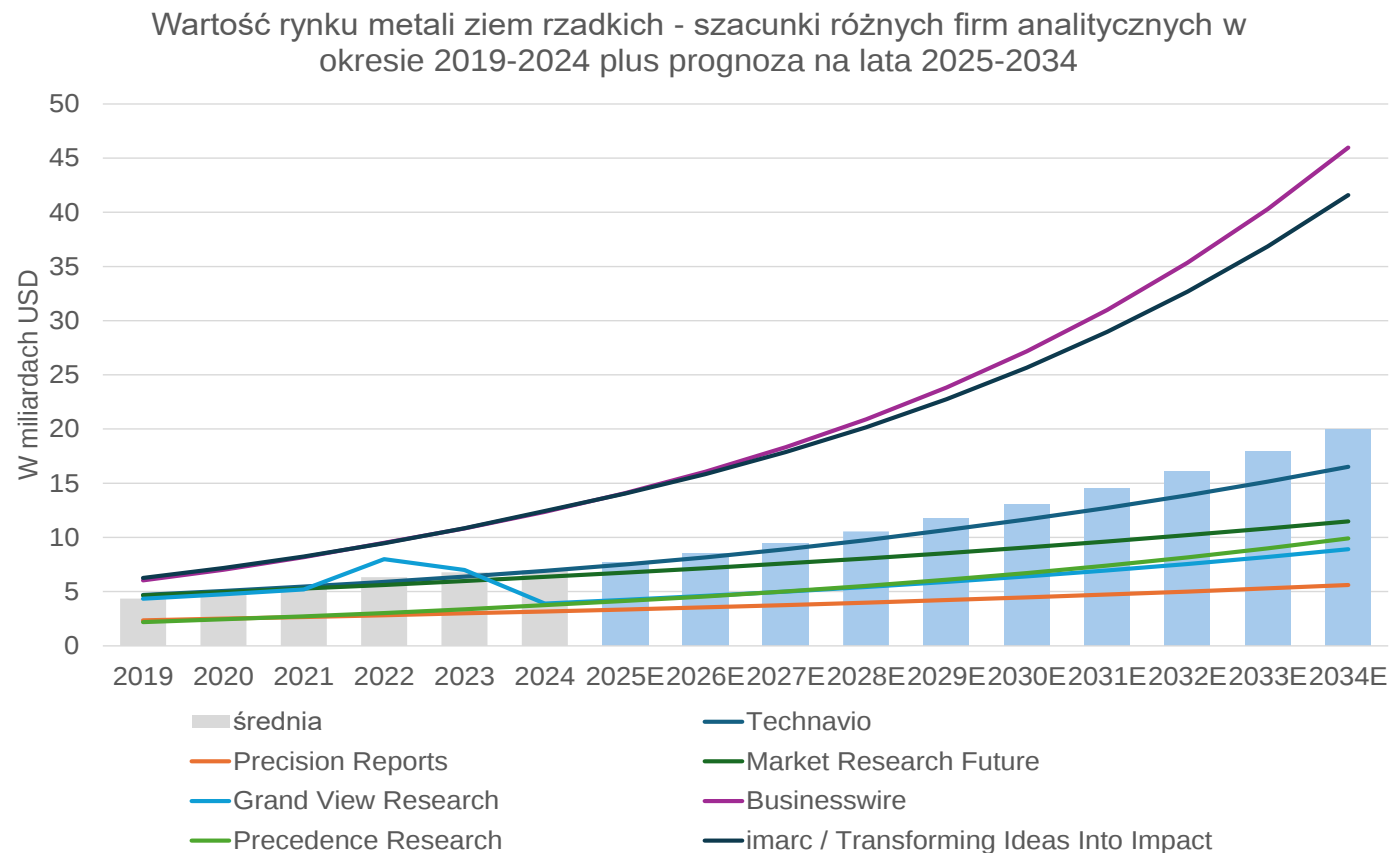
...w tym finansuje projekty strategiczne

Na mocy aktu o surowcach krytycznych Komisja Europejska zaprezentowała w marcu 2025 r. decyzję z **listą 47 projektów strategicznych**, które mają pomóc UE w zwiększeniu wydobycia, przetwarzania i recyklingu surowców krytycznych.

Dzielią się one na **cztery główne sektory przemysłu**: sektor baterii, półprzewodników, energetyczny i obronny. Dotyczą wydobycia, przetwarzanie i recyklingu metali ziem rzadkich i surowców strategicznych. 25 z nich obejmuje działalność wydobywczą, 24 – przetwarzanie, 10 – recykling i 2 – zastępowanie surowców.

Projekty realizowane będą **w trzynastu krajach UE**: Belgii, Francji, Włoszech, Niemczech, Hiszpanii, Estonii, Czechach, Grecji, Szwecji, Finlandii, Portugalii, Rumunii oraz Polsce. **Oczekiwana łączna wartość inwestycji kapitałowych wynosi 22,5 mld euro.**

Rynek metali ziem rzadkich

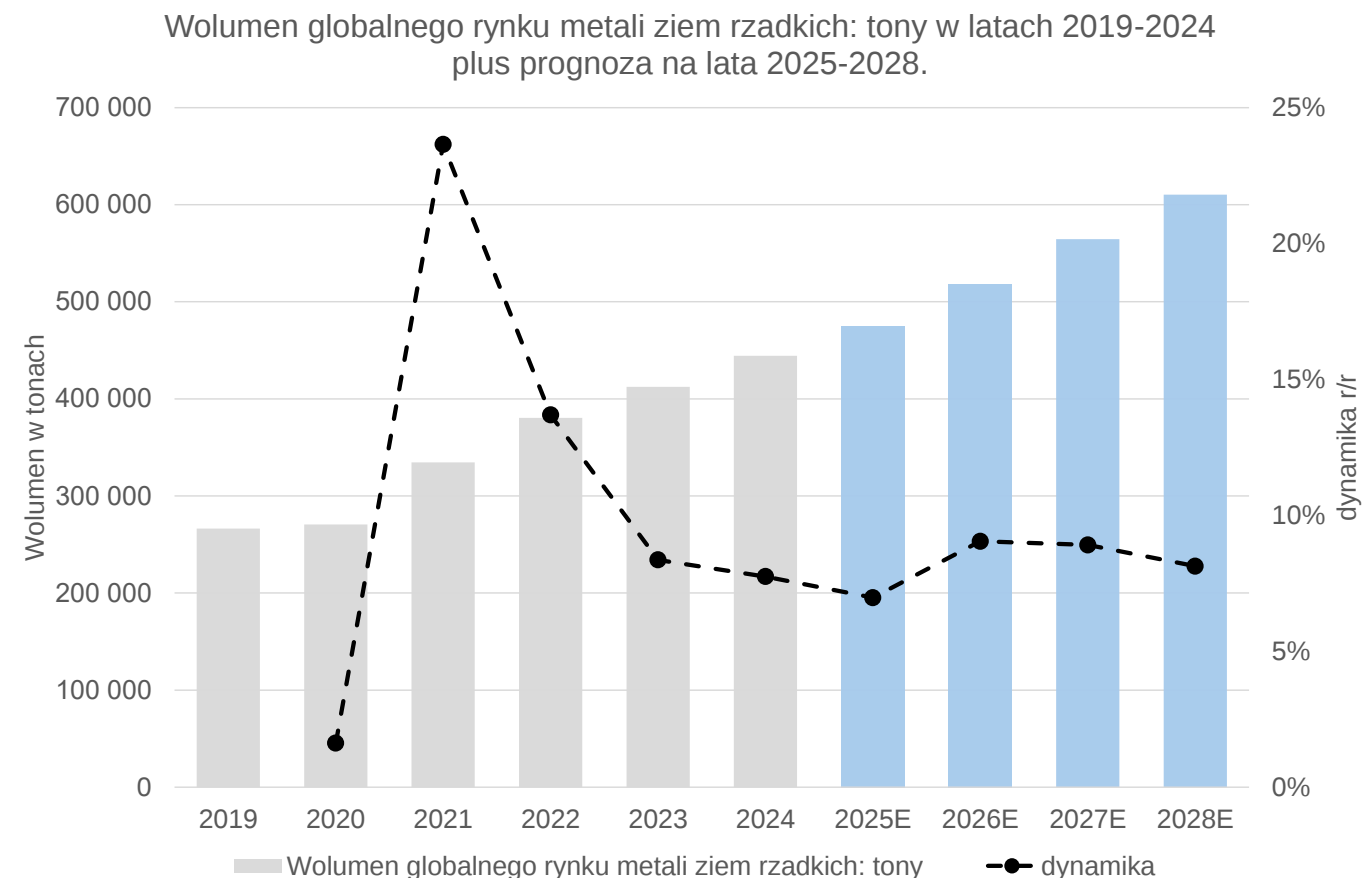


Źródło: Raporty wybranych firm analitycznych dotyczące rynku metali ziem rzadkich

Prognozowany jest znaczny wzrost wartości rynku REE

Wartość rynku, czyli ile jest warta lub będzie warta w kolejnych latach cała światowa sprzedaż **metali rzadkich szacowana jest obecnie od nieco ponad 3 mld USD do ponad 12 mld USD.**

Prognozy i dynamika, z jaką ów rynek ma rosnać w kolejnych latach znacznie się **różnią**: rynek REE w 2034 roku ma być wart od blisko 6 mld USD do nawet blisko 46 mld USD. Natomiast sama dynamika w latach 2025-2034 ma wynosić średnio od 6% do 14% wzrostu r/r.



Źródło: Market Line (marketline.com), Global Rare Earth Metals, styczeń 2025 str. 10 i str.

Na rynek REE można spojrzeć także od strony tzw. wolumenu, czyli obecnie dostępnej ilości na rynku tych metali wynikającej z obecnego zapotrzebowania. Według niektórych źródeł w 2023 roku wynosił ponad 412 tys. ton (MarketLine 2025), zaś inne podają, że 350 tys. ton (US GS 2024). Szacuje się, że w do 2029 roku ich wolumen ma wzrosnąć do 670 tys. ton (MarketLine 2025). Warto pamiętać, że ów wolumen wyrażany jest w tonach tzw. tlenków metali ziem rzadkich (REO).

Kolejna sprawa to kwestia podaży. Zdaniem przedstawiciela firmy MKango, który powołuje się na dane Adamas Intelligence (firmy badającej rynek metali ziem rzadkich) nawet już w tym roku albo w przyszłym **popyt na metale ziem rzadkich ma przekroczyć dostępną podaż**, przynajmniej w Europie.

Jego zdaniem, zakładając nawet, że wszystkie planowane w Europie projekty rafinacji metali ziem rzadkich by się powiodły to i tak nie unikniemy ryzyka **powstania niedoboru** tych metali. Możliwości wszystkich planowanych projektów wynoszą około 10 tys. ton, zaś wysokość deficytu do 2030 roku przewiduje się na 16 tysięcy ton.

Różnice w wartości REE

Nazwa	Wartość rynku (mln USD)	Wartość jednostkowa (USD/kg)
Neodym	3 500	90–110
Prazeodym	1 200	90–110
Dysproz	800	400–500
Terb	600	800–1000
Cer	700	1,5–2,5
Lantan	500	2–3
Itr	150	5–10
Gandolin	150	70–90
Samar	100	50–60
Europ	70	250–300
Skand*	50	1500–2000
Erb	50	90–120
Iterb	30	120–150
Holm	30	80–100
Lutet	20	1500–2000
Tul	10	600–700

* wartość rynku jest szacowana na 50-100 mln USD
Źródło: opracowanie własne na podstawie Discovery Alert • Narzędzie: Datawrapper

Warto też zwrócić uwagę, że mówiąc o rynku REE, nie wszystkie 17 pierwiastków odgrywa na nim równorzędną rolę. Także ich ceny ich tlenków za kilogram znacznie różnią . (Discovery Alert 2025). Przykładowo najpowszechniej występujący cer jest stosunkowo tani (1-2 USD za kg, podczas gdy pierwiastki rzadziej występujące osiągają ceny rzędu 1500-2000 USD za kg (Uwaga, ceny mogą się różnić w zależności od tego czy mamy do czynienia z tlenkami, czy z czystszyimi metalami. Podane na wykresie poziomy cen za kilogram mają charakter orientacyjny, **ceny metali notowane w 2025 roku na giełdzie w Szanghaju mogą być wyższe**). Największe są rynki neodymu, prazeodymu, dysprozu i terbu. Także ocena ekspercka wskazuje, że w najbliższej przyszłości będą one posiadać kluczowe znaczenie.

Rynek metali ziem rzadkich jest wysoce skoncentrowany

Spośród wszystkich surowców krytycznych metale ziem rzadkich charakteryzują się jedną z najwyższych skalą koncentracji rynku, co stanowi jednocześnie o ich wymiarze strategicznym. Chiny nie tylko posiadają najwięcej aktywnych złóż metali ziem rzadkich na świecie, dysponują jednymi z największych ich rezerw, ale też kontrolują 60% światowego wydobycia REE i rafinują 87% globalnej podaży tych minerałów, co czyni je kluczowym graczem w łańcuchu dostaw (Intersos 2022).

Dominacja chińska na rynku metali ziem rzadkich jest wynikiem m.in. ogromnych zmian w polityce w zakresie regulacji; dobrowolnego transferu wiedzy fachowej i własności intelektualnej z krajów Zachodu do Chin oraz do niedawna braku proaktywnej polityki przemysłowej ze strony tych państw.

Surowiec	Wynik HHI	Rodzaj minerału	Ranga
Niob	8,413	Żelazo i metale żelazostopowe	1
REE (pierwiastki ziem rzadkich)	7,219	Metale nieżelazne	2
Piaski roponośne	6,871	Paliwa mineralne	3
Wolfram	6,828	Żelazo i metale żelazostopowe	4
Platyna	5,383	Metale szlachetne	5
Grafit	4,990	Minerały przemysłowe	6
Azbest	3,738	Minerały przemysłowe	7
Wandium	3,573	Żelazo i metale żelazostopowe	8
Węgiel do smażenia	3,423	Paliwa mineralne	9
Kobalt	3,184	Żelazo i metale żelazostopowe	10

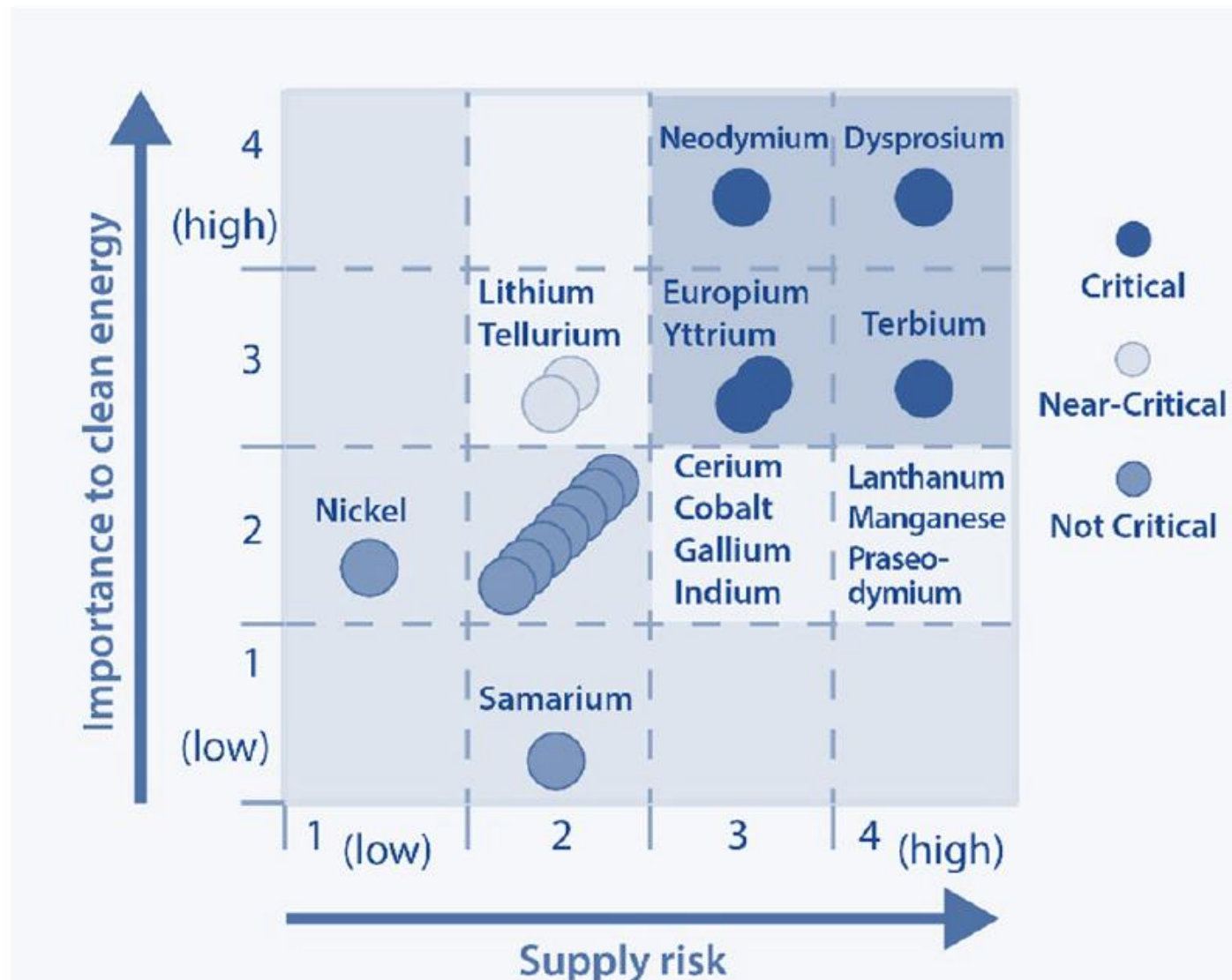
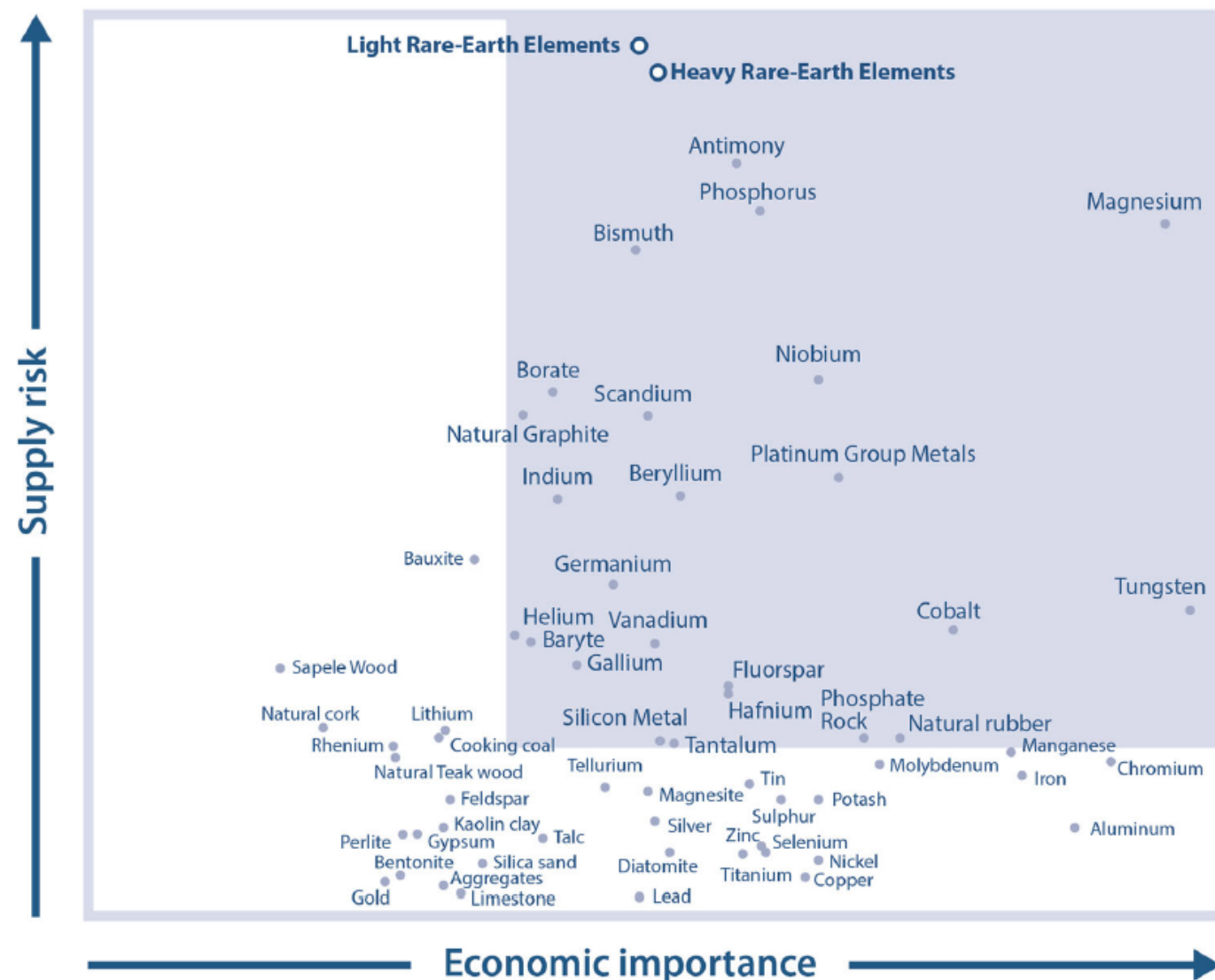
Z wynikiem HHI wynoszącym 7 219, branżę REE można sklasyfikować jako wysoce skoncentrowany rynek zagrożony monopolizacją.

Do pomiaru koncentracji rynku używa się m.in tzw. **indeksu Herfindahla-Hirschmana (HHI)**. Wskaźnik HHI bierze pod uwagę względny rozkład wielkości firm na rynku. Indeks zbliża się do zera, gdy rynek jest zajęty przez dużą liczbę firm o stosunkowo równej wielkości i osiąga maksimum 10 000 punktów, gdy rynek jest kontrolowany przez jedną firmę. Wskaźnik HHI wzrasta zarówno wraz ze spadkiem liczby firm na rynku, jak i ze wzrostem różnic w wielkości między tymi firmami. HHI poniżej 1 500: oznacza konkurencyjny rynek HHI między 1,500 – 2,500: umiarkowanie skoncentrowany rynek, a HHI na poziomie 2 500 lub większym - wysoce skoncentrowany rynek (Intersos 2022)

Na strategiczne znaczenie metali ziem rzadkich zwracają uwagę Binemans Jones Muller i Yurramendi (2018). Autorzy wskazują na narastający problem braku równowagi między podażą (w tym naturalną dostępnością) poszczególnych pierwiastków, a ich strategicznym znaczeniem. Ryzyko związane z podażą jest największe w przypadku REE, i w szczególności dotyczy to tzw. ciężkich metali rzadkich). Ponadto zmiany technologiczne wpływają na strukturę popytu, a co za tym idzie np. wzrost znaczenia neodymu i dysprozu kluczowego dla magnesów,

a spadek w przypadku np. ceru używanego w bateriach i katalizatorach czy terbu stosowanego w lampach fluorescencyjnych.

Głównym motorem popytu na REE będzie rozwój elektromobilności i energetyki wiatrowej. Ze względu na zastosowania w tym obszarze **największym ryzykiem dostaw obarczone są neodym, dysproz, europ, itr i terb.**



Źródło: Koen Binnemans, Peter Tom Jones, Torsten Muller, Lourdes Yurramendi, *Rare Earths and the Balance Problem: How to Deal with Changing Markets?*, Journal of Sustainable Metallurgy 2018

Spadają przychody najważniejszych przedsiębiorstw na rynku REE

Na rynek metali ziem rzadkich można również spojrzeć od strony **głównych graczy, czyli przedsiębiorstw, które prowadzą działalność na tym rynku**. Pewien obraz tego rynku pokazuje analiza wyników finansowych wybranych firm na podstawie dostępnych danych w bazie EMIS¹⁵ za okres 2020-2024 (niestety nie wszystkie firmy udostępniły dane za cały ten okres).

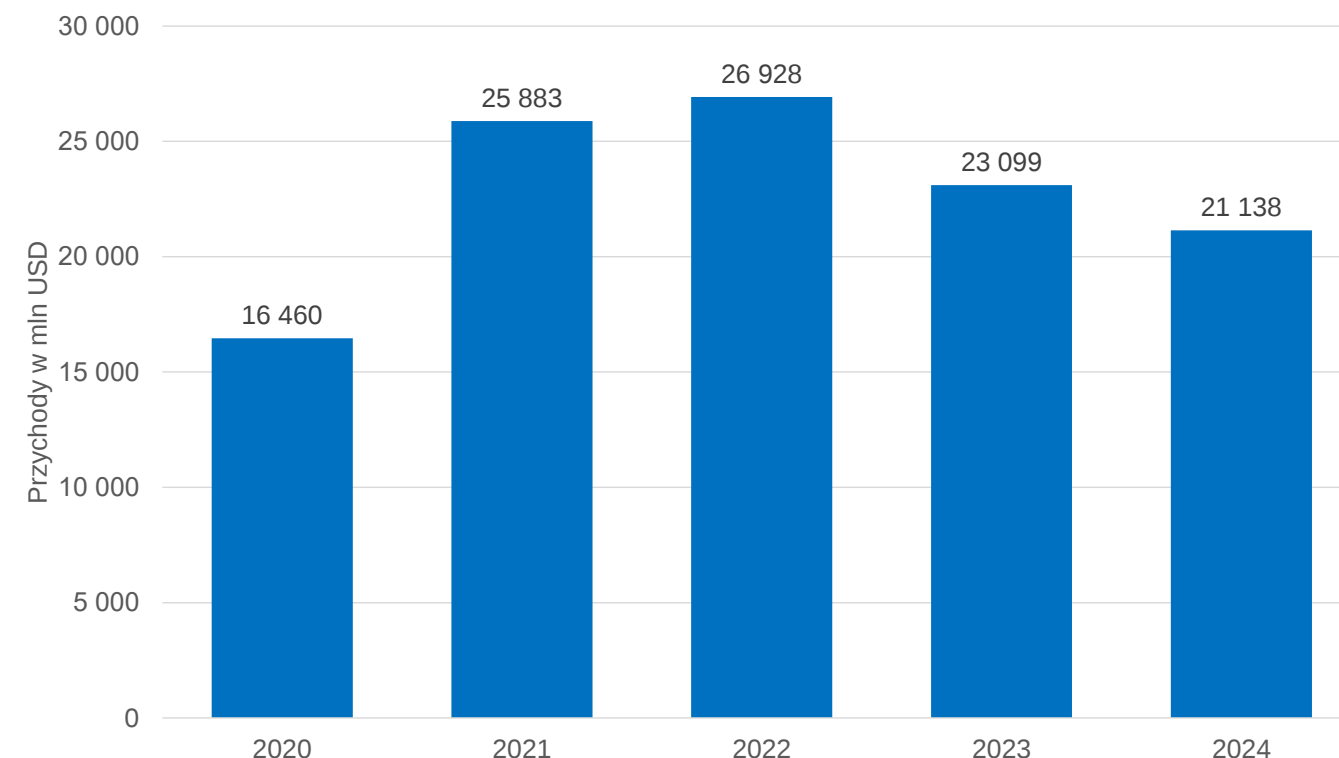
Do analizy wykorzystano dane finansowe ponad 20 przedsiębiorstw. Są wśród nich takie, które w swojej działalności skoncentrowane są przede wszystkim na rynku metali ziem rzadkich, ale także i te, które traktują rynek metali ziem rzadkich jedynie jako jedną z form działalności. Do analizy włączono zarówno firmy o wysokich przychodach, które działają na tym rynku od lat prowadząc działalność wydobywczą, jak i te, które są na początku drogi i które mają niewielkie przychody albo nie mają ich wcale.

Patrzyliśmy zarówno na firmy stricte wydobywcze, jak również na takie, które zajmują się recyklingiem lub odzyskiem REE z różnego rodzaju surowców wtórnych. W końcu uwzględniliśmy pochodzenie firm, czyli analizowaliśmy firmy chińskie, australijskie, kanadyjskie, amerykańskie. **Przyjrzelśmy się wynikom również dwóch firm z Polski.**

Jeśli popatrzymy na roczne przychody wszystkich uwzględnionych w analizie przedsiębiorstw to widoczna jest stopniowy wzrost ich przychodów z 16 mld USD w 2020 roku do blisko 27 mld. USD w 2022 roku, a następnie ich stopniowy spadek w kolejnych dwóch latach.

Baza EMIS (Emerging Markets Information Service) zawiera kompleksowe informacje o wielu rynkach, branżach i firmach na całym świecie. zapewnia dostęp do informacji o ponad 11 milionach spółek globalnie, w tym ponad 770 000 z Polski. Firma gromadzi dane opierające się przede wszystkim na sprawozdaniach finansowych przedsiębiorstw (w bazie są dane dotyczące zarówno firm notowanych na giełdach, jak też tam nie dostępnych). Poza tym oferuję, aktualizowane informacje dotyczące poszczególnych rynków, na temat fuzji i przejęć, raporty analityczne dotyczące branż i inne opracowania

Przychody wybranych firm (przychody firm chińskich i zachodnich łącznie) działających na rynki metali ziem rzadkich w mln USD w okresie 2020-2024 w mln USD



Źródło: EMIS, obliczenia własne

Warto zauważyć, że wśród podawanych wcześniej szacunkach wartości całego rynku metali ziem rzadkich nie było widać w badanym okresie takich wahań.

Tylko jedna firma, która szacowała ów rynek uwzględniła istotny wzrost wartości rynku w tym roku. Oznacza to, że pomimo silniejszej kontroli tego rynku przez Chiny również i tu możemy mieć do czynienia z silnymi wahaniami cen w wyniku zmian niektórych warunków brzegowych.

Lata 2021–2022 charakteryzowały się gwałtownym wzrostem popytu na Neodym (Nd) i inne metale rzadkie, za którym stał rozwój elektromobilności i inwestycje w energetykę odnawialną (turbiny wiatrowe i stosowane w nich magnesy).

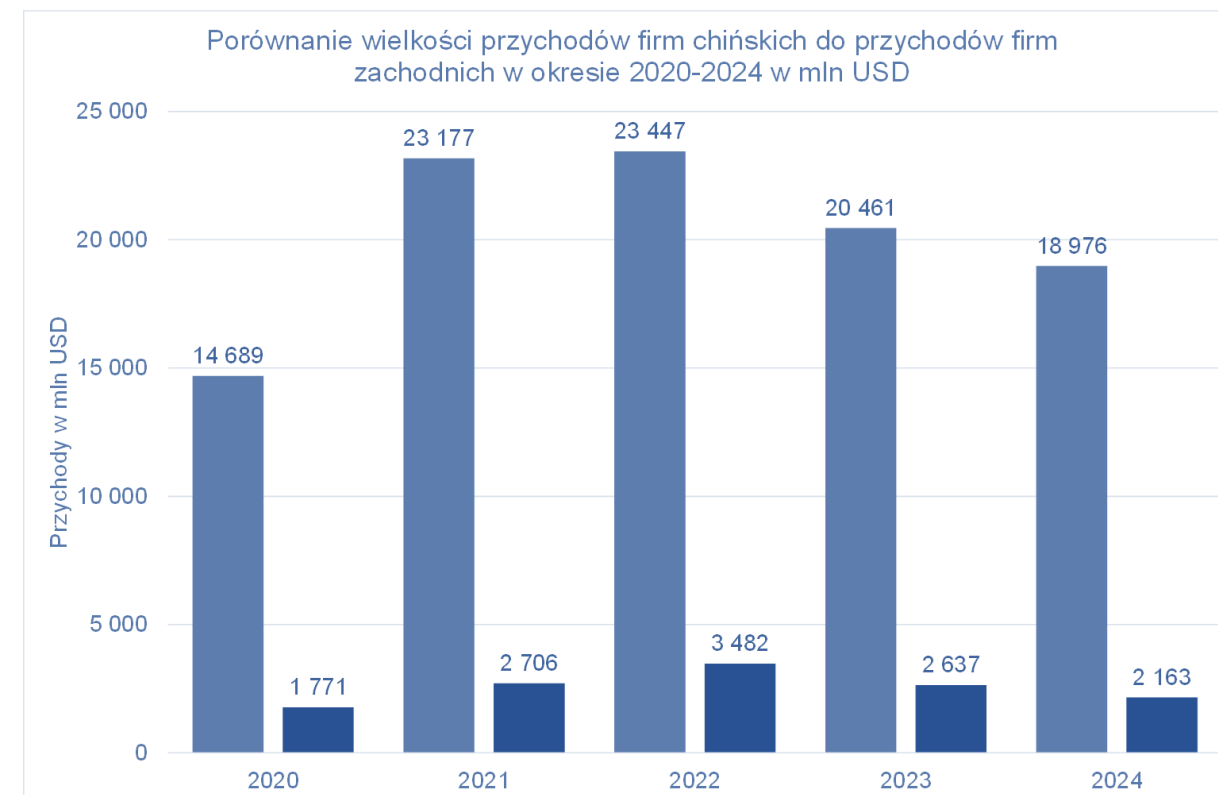
Ten silny popyt był konsekwencją ożywienia gospodarczego, które narastało właśnie w końcowym okresie pandemii COVID-19. Zwiększające zapotrzebowanie na te technologie. We wcześniejszym okresie pandemia spowodowała bardzo silne zawirowania w obrębie łańcuchów wartości wielu rynków, w tym także na rynku metali ziem rzadkich. Istotny spadek podaży doprowadził do silnego wzrostu cen chociażby neodymu, które osiągnęły szczyty (100–150 tys. CNY/tonę) w 2022 r. Przełożyło się na wyższe przychody spółek w 2022 roku.

Zmiana ceny neodymu w latach 2021-2025 (CNY/t)



Źródło: Trading Economics, por. <https://tradingeconomics.com/commodities>

W tym samym czasie wzrosły także ceny innych metali ziem rzadkich np. dysprozu, ale również pozostałych surowców krytycznych, jak niklu, czy litu. Miało to wpływ na wzrost przychodów badanych firm, bowiem część z nich prócz wydobywania metali ziem rzadkich zajmuje się wydobywaniem także innych surowców.



Źródło: EMIS, obliczenia własne

Przedsiębiorstwa chińskie dominują na rynku

Przychody chińskich spółek są średnio 7-krotnie większe niż firm zachodnich. Chińskie firmy w analizowanym okresie osiągały przychody od blisko 15 mld USD w 2020 roku do ponad 23 mld USD w 2022 roku, co daje średnią w tym okresie na poziomie ponad 20 mld USD. Przychody przedsiębiorstw spoza Chin (amerykańskich, australijskich i europejskich) w badanym okresie wahały się od nieco ponad 1,7 mld USD do 3,4 mld USD w 2022 roku. Tempo wzrostu przychodów obu grup firm było zbliżone i wyniosło średnio blisko 7% r/r.

Tak duże przychody osiągnęły zaledwie cztery chińskie przedsiębiorstwa. Wszystkie z nich to najważniejsi gracze na światowym rynku metali ziem rzadkich. Są to firmy, jak: China Rare Earth Holdings, China Northern Rare Earth (Group), Inner Mongolia Baotou Steel Union i Xiamen Tungsten. Największe przychody w 2024 roku zanotowała Inner Mongolia Baotou Steel Union, druga w kolejności pod względem uzyskanych przychodów była Xiamen Tungsten, zaś trzecie i czwarte miejsce osiągnęły firmy China Northern Rare Earth (Group), China Rare Earth Holdings.

Przychody w mln USD analizowanych firm

I.p.	Kraj pochodzenia	Nazwa spółki	2020	2021	2022	2023	2024
1	Chiny	Inner Mongolia Baotou Steel Union Co	8 608	13 366	10 695	10 025	9 359
2	Chiny	Xiamen Tungsten Co	2 760	4 952	7 165	5 606	4 975
3	Chiny	China Northern Rare Earth (Group)	3 179	4 703	5 483	4 743	4 642
4	Chiny	China Rare Earth Holdings	143	156	103	88	
		Suma przychodów / w mln USD/	14 689	23 177	23 447	20 461	18 976

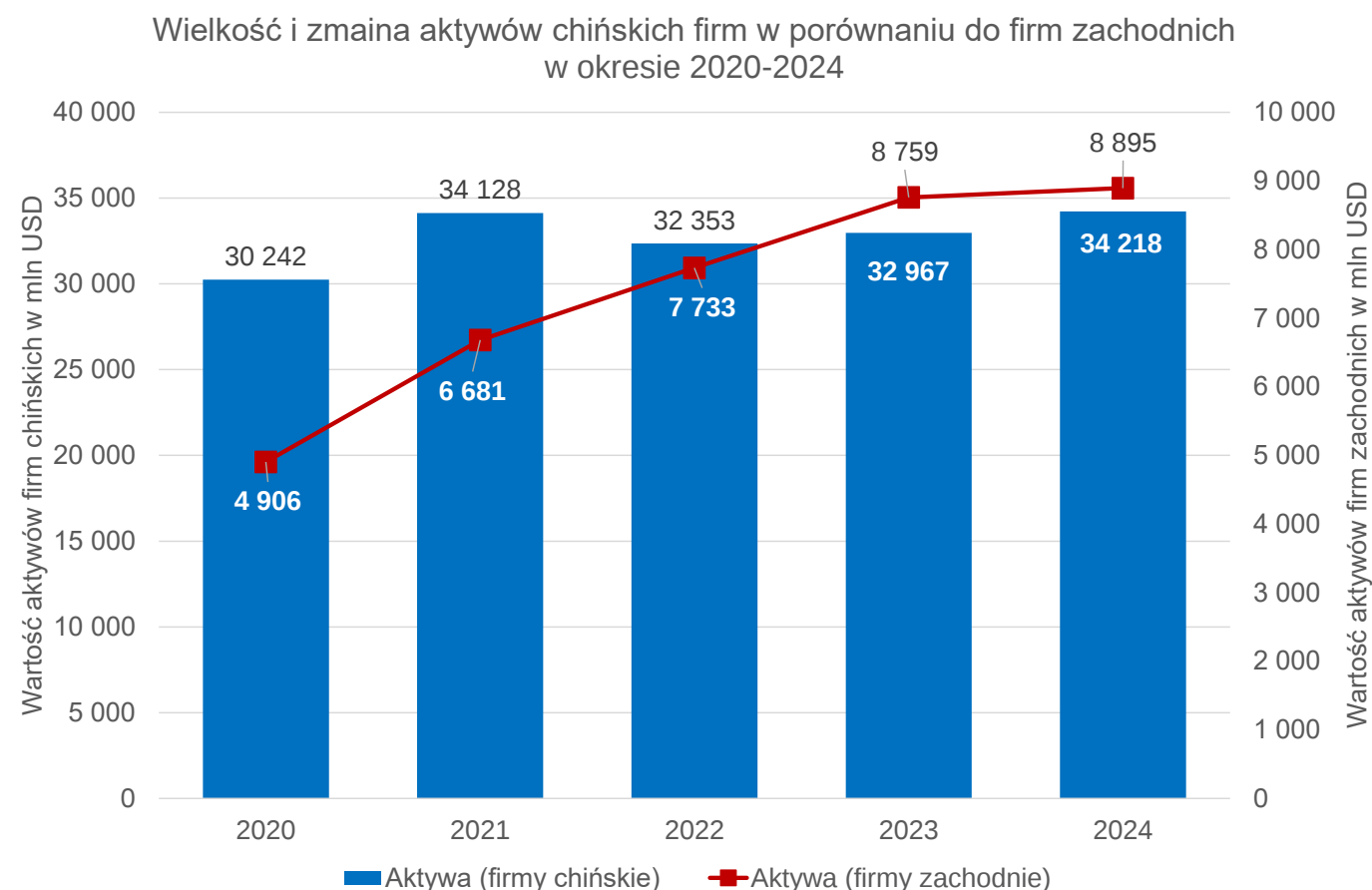
I.p.	Kraj pochodzenia	Nazwa spółki	2020	2021	2022	2023	2024
1	Australia	Iluka Resources Ltd	751	1 192	1 219	875	787
2	Kanada	Neo Performance Materials Inc	347	543	643	569	474
3	USA	Clean Energy Fuels Corp	292	255	420	425	389
4	Australia	Lynas Rare Earths	205	366	668	497	304
5	USA	MP Materials Corp	134	332	528	253	204
6	Australia	Arafura Rare Earths	0	0	0	0	2
7	Australia	Ionic Rare Earths Ltd	0	0	0	2	1
8	Kanada	Canada Rare Earth Corp	0	1	0	4	1
9	Australia	Victory Metals Ltd	15	0	0	0	1
10	Australia /przejęta prz	Peak Rare Earths Ltd	7	0	0	0	0
11	Australia	American Rare Earths	2	2	2	0	0
12	Kanada	Aclara Resources Inc					0
13	Wielka Brytania	Rainbow Rare Earths Ltd	0	1	0	0	0
14	Kanada	Ucore Rare Metals Inc	0	0	0	0	0
15	Brazylia	Brazilian Rare Earths Ltd			0	0	0
16	Kanada	MKango Resources Ltd	0	0	0	0	0
17	Polska	Alpinus Chemia	17	9		8	
18	Polska	Elemental Strategic Metals		5	2	4	
19	Kanada	Defense Metals Corp					
		Suma przychodów / w mln USD/	1 771	2 706	3 482	2 637	2 163

Analizowana grupa przedsiębiorstw spoza Chin liczy 19 różnych spółek. Na obecną chwilę pod względem wielkości przychodów liczą się tylko cztery z nich. Te cztery spółki łącznie zanotowały w 2024 roku 2,2 mld. USD przychodów, pozostałe natomiast osiągnęły w analogicznym roku przychody w wysokości zaledwie blisko 5,5 mln. USD.

Największe przychody spośród nich w 2024 roku osiągnęła Iluka Resources, australijska firma wydobywcza, która zajmuje się wydobyciem nie tylko metali rzadkich. To jeden z największych na świecie producentów minerałów tytanowych wykorzystywanych do pigmentów i produktów wysokiej technologii. Jej główne działania obejmują wydobycie, koncentrację i separację piasków mineralnych, produkcję ilmenitu, rutylu i innych koncentratów tytanowo-żelazowych, cyrkonu, monacytu, wapna kamionkowego, węgla, cyny i miedzi oraz sprzedaż tych produktów na całym świecie, a także wydobycie, przetwarzanie i marketing diatomitu.

W drugiej kolejności jest kanadyjska firma Neo Performance Materials, która jest producentem rzadkich proszków magnetycznych i magnezów neodymowych. Produkuje ona i dystrybuuje również szeroką gamę lekkich i ciężkich produktów z oddzielonych pierwiastków lantanowców, zarówno jako osobne materiały, jak i też jako związki. Na kolejnych miejscach wśród zachodnich przedsiębiorstw mamy dwie amerykańskie spółki Clean Energy Fuels Corp i MP Materials Corp oraz australijską spółkę Lynas Rare Earths.

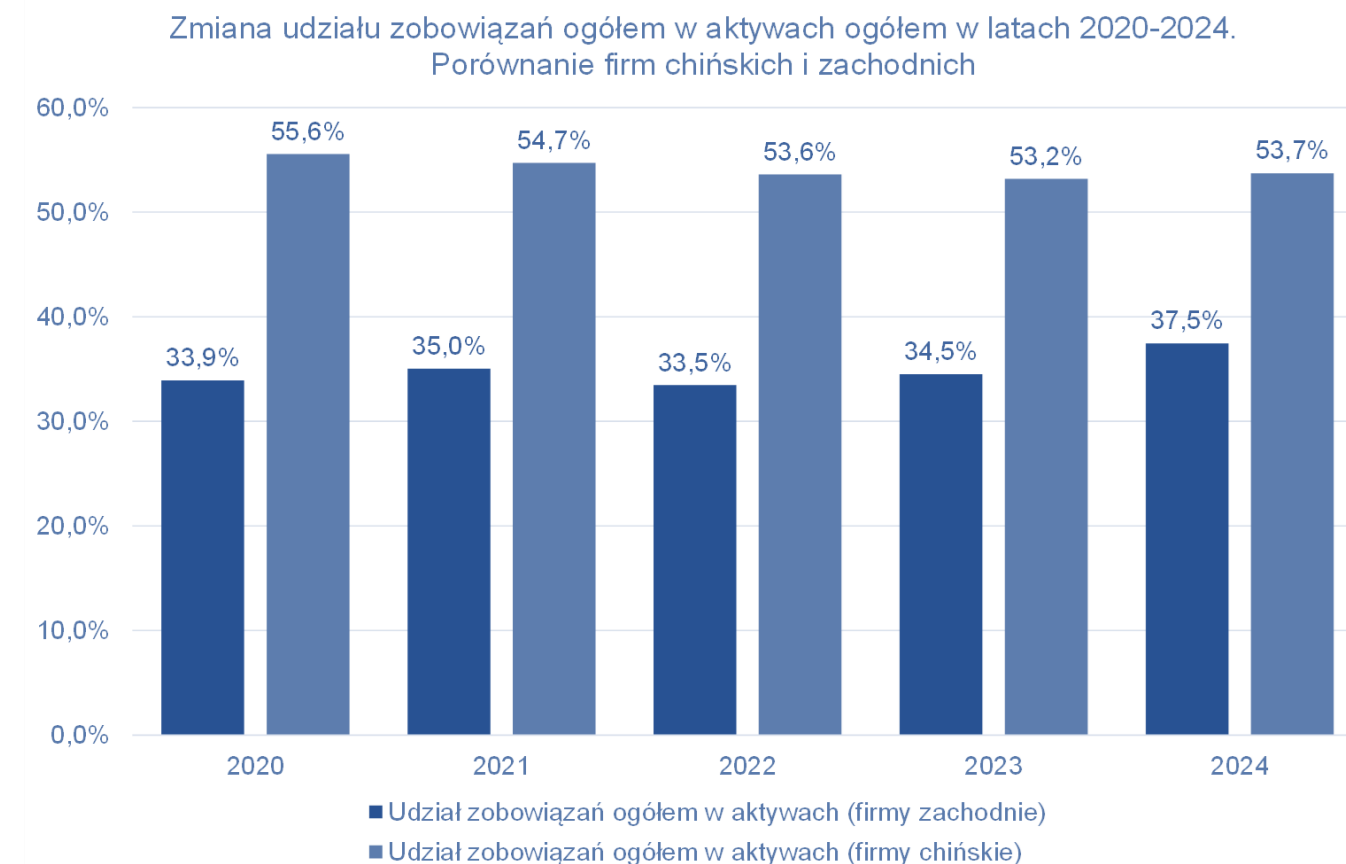
Źródło: EMIS, obliczenia własne



Źródło: EMIS, obliczenia własne

Przedsiębiorstwa chińskie mają wyższe aktywa i zadłużenie

Również pod względem wielkości aktywów **spółki chińskie mają wyraźną przewagę na firmami zachodnimi** (spoza Chin, w tej grupie są przedsiębiorstwa z Ameryki Południowej, Północnej, Europy i Australii). Choć należy też zauważyć, że ich przewaga pod tym względem w kolejnych latach malała. Jeszcze w 2020 roku łączna wartość aktywów wszystkich firm chińskich wynosiła 30 miliardów USD, zaś spółek zachodnich – jedynie 5 miliardów USD. Oznacza to, że aktywa tych pierwszych były wówczas ponad pięciokrotnie większe w porównaniu do tych drugich. Niemniej już w 2024 roku firmy chińskie zwiększyły swoje aktywa do ponad 34 miliardów dolarów, zaś spółki zachodnie do blisko 9 miliardów USD. Aktywa spółek zachodnich wzrosły w tym okresie o 81%, zaś



Źródło: EMIS, obliczenia własne

chińskich jedynie o 13%, co oznacza, że wartość aktywów pierwszej grupy firm pod względem wielkości aktywów była już jedynie 3-krotnie większa w porównaniu do drugiej grupy firm.

Dane dotyczące zadłużenia pokazują wyraźnie, że mimo olbrzymiej przewagi pod względem przychodów, jak i też aktywów **chińskie firmy są też jednocześnie bardziej zadłużone niż spółki zachodnie**. Udział tzw. zobowiązań ogółem w ogólnej wartości aktywów chińskich firm w 2024 roku wyniósł 53,7%, zaś firm zachodnich – 37,5%. Jednak w porównaniu do 2020 roku zadłużenie tych pierwszych spadło (spadek z 55,6% do 53,7%), zaś tych drugich wzrosło (z 33,9% do 37,5%).

Jednostki z największą liczbą patentów

Nazwa jednostki	Kraj	Liczba patentów
Jiangxi University of Science and Technology		162
Panasonic Intellectual Property Management Co.		92
Baotou Rare Earth Research Institute		68
Central South University		61
Ganjiang Institute of Innovation, Chinese Academy of Sciences		51
Institute of Process Engineering, Chinese Academy of Sciences		47
Nanchang Hangkong University		44
Northeastern University		44
Sumitomo Metal Mining Co. Ltd.		46
China ENFI Engineering Corp		36
Xiamen Institute of Rare Earth Materials, Chinese Academy of Sciences		35
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives		33
Grirem Advanced Materials Co.,Ltd.		37
Inner Mongolia University of Science and Technology		32
Rhodia Operations		25

Źródło: Opracowanie własne na podstawie EPO (espacenet) • Narzędzie: Datawrapper

Najwięcej patentów związanych z pozyskiwaniem REE posiadają chińskie instytucje badawcze...

Analizy patentów związanych z pozyskiwaniem REE pokazują dużą aktywność podmiotów chińskich. Najwięcej patentów skoncentrowanych jest w rękach chińskich instytucji badawczych. Są to uniwersytety takie jak politechnika w Jangxi specjalizująca się w metalurgii, górnictwie i materiałoznawstwie, czy też wyspecjalizowane w tematyce metali ziem rzadkich instytuty: Instytut Materiałów Ziem Rzadkich Chińskiej Akademii Nauk w Xianmen (powstał w 2012 roku) czy Instytut Badań nad Metalami Ziem Rzadkich w Baotou - obecnie: Instytut Nowych Materiałów Magnetycznych w Bautou (Monogolia Wewnętrzna).

Na liście znajdują się także kilka przedsiębiorstw pochodzących z tego kraju, nieomawiane wcześniej: China ENFI Engineering Corporation (która wcześniej była instytutem badawczym zajmującym się metalami nieżelaznymi) i Grirem Advaced Materials Co. , spółka technologiczna zajmująca się prowadzeniem badań w zakresie metali ziem rzadkich.

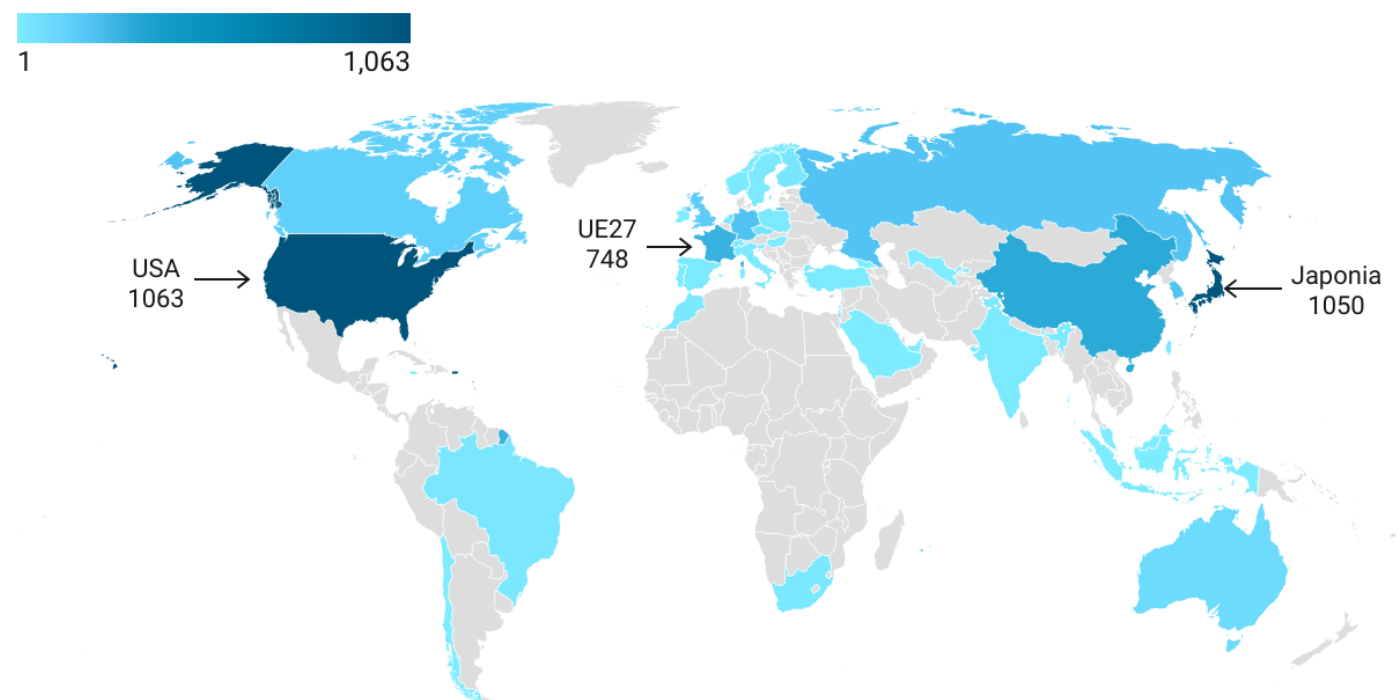
Spoza Chin można największą liczbę patentów posiadają przedsiębiorstwa japońskie - spółka korporacji Panasonic, czy przedsiębiorstwo metalurgiczne Sumitomo. Podmiotami spoza Azji, które posiadają najwięcej patentów są francuskie CEA - Komisariat do spraw Energii Atomowej i Alternatywnych Źródeł Energii oraz Rhodia Oprerations będąca częścią koncernu chemicznego Solvay.

Z Polski właścicielami patentów są Uniwersytet Śląski, Uniwersytet Warszawski, AGH w Krakowie. Jeden z patentów powstał we współpracy z badaczami ze Szwecji. Jeden patent został zgłoszony przez osobę prywatną (prezesa przedsiębiorstwa – Golden Dust Mining House – w którą zainwestował jeden z funduszy VC wpieranych przez NCBR.

Żaden z wynalazców z Polski nie uczestniczył w opracowywaniu patentu dla podmiotu spoza kraju. Patenty z Polski dotyczą procesów chemicznych związanych z pozyskiwaniem REE, separacji metali i wartościowych minerałów, syntezy chemicznej oraz luminoforów.

Kraje pochodzenia jednostek patentujących

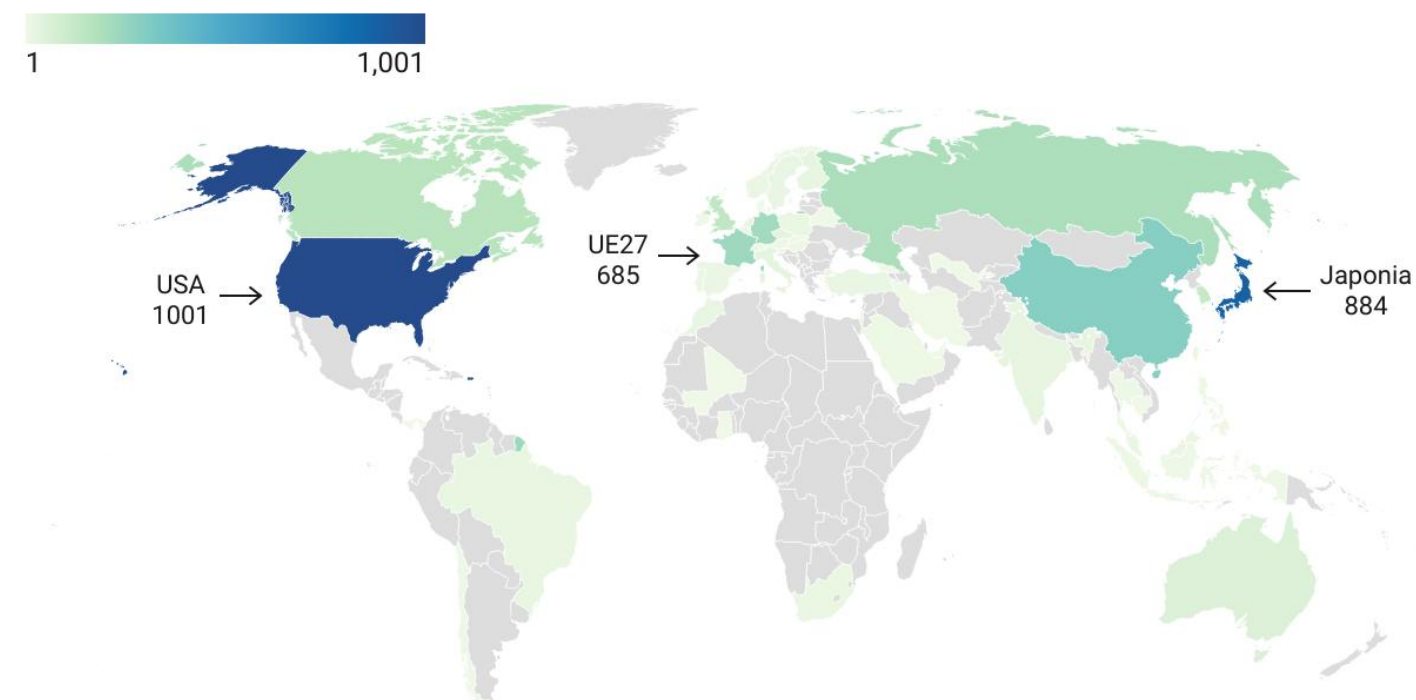
osób fizycznych lub prawnych patentujących poza Chińską Republiką Ludową (liczba jednostek)



Source: Opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Created with Datawrapper

Kraje pochodzenia wynalazców

według ich liczby



Source: Opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Created with Datawrapper

...ale patentują głównie wewnątrz

Podmioty pochodzące z Chin generalnie dużo patentują w zakresie pozyskiwania REE, choć głównie wewnątrz. W danych wyszukiwarki Espacenet widoczna jest duża liczba patentów składanych wyłącznie w Chinach, nie uwzględniających ochrony poza granicami tego kraju. Choć generalnie *najwięcej* patentów przyznawanych jest podmiotom i wynalazcom pochodzącym z Chin, to rzadko oni patentują za granicą (314 podmiotów, 123 patenty). Na mapie - ze względu na strukturę dostępnych danych - przedstawiono tylko patenty poza chińskim systemem patentowym. W takim układzie najbardziej aktywne były podmioty z USA (337 patentów) i Japonii (290 patentów).

Na mapie świata widoczne są także podmioty z Unii Europejskiej. Łącznie było ich 748 (189 patentów). Z Polski o ochronę patentową wystąpiło skutecznie 21 osób (fizycznych lub prawnych).

Pod względem krajów pochodzenia wynalazców układ ten w zasadzie jest zbieżny. Najwięcej osób pochodziło ze Stanów Zjednoczonych, Japonii oraz krajów Unii Europejskiej.

Z Polski pochodziło tylko 20 wynalazców (8. miejsce w UE).

Poza Europą, Ameryką Północną i Azją tematyka ta rozwijana jest przede wszystkim w krajach dysponujących znacznymi zasobami kopalin, takimi jak Australia, Republika Południowej Afryki i Brazylia.

Przewaga przedsiębiorstw chińskich jest efektem skali działalności i polityki państwa...

Dane te pokazują, że chińskie firmy działające na rynku metali ziem rzadkich mają dużą przewagę na firmami zachodnimi. Również ich potencjał rozwojowy i możliwości inwestycyjne są znacznie większe niż spółek zachodnich. Jednak widać, że te ostatnie szybciej wzmacniają swoje aktywa, jak i też pozyskują znacznie gwałtowniej środki finansowe na rozwój, co może oznaczać, że ich potencjał rozwojowy w przyszłości może rosnać szybciej niż firm chińskich.

Tak istotna **przewaga chińskich firm** wynika z kilku przyczyn:

- Aktywne złoża metali ziem rzadkich są w Chinach znacznie większe niż te, które są w posiadaniu spółek zachodnich.
- Koszty wydobycia są znacznie niższe niż w przypadku kopalni prowadzonych przez firmy zachodnie (np. poprzez brak regulacji środowiskowych, efekt skali, integrację łańcuchów dostaw, niższe standardy bezpieczeństwa).
- Znaczna przewaga Chin pod względem zasobów pozwala w dużym stopniu na kontrolę cen metali ziem rzadkich, co ma wpływ na wielkość i stabilność przychodów spółek zachodnich, jak i ich rentowność.
- Chińskie spółki mimo, że w większości funkcjonują, jako spółki publiczne (notowane na chińskich giełdach) są bardzo silnie wspierane, ale i też kontrolowane przez państwo. Oznacza to, że są w znacznie większym stopniu dotowane finansowo (co chociaż pokazuje ich większe zadłużenie) niż firmy zachodnie.
- Co równie istotne **są silnie powiązane z ważnymi ośrodkami naukowymi i badawczymi w kraju** prócz tego **samodzielnie prowadzą prace badawczo-rozwojowe** dotyczące całego łańcucha wartości metali ziem rzadkich również w zakresie nowych technologii odzysku i recyklingu tych metali.
- Prowadzą też aktywną działalność w zakresie **tworzenia i wspierania kadr naukowych i biznesowych** w kontekście tego rynku.



...oraz strategii samych spółek

Prócz tego, że niektóre chińskie firmy wydobywają także inne surowce (dywersyfikując przez to swoją działalność) **wszystkie operują na całym łańcuchu wartości metali rzadkich**: poczynając od wydobycia, rafinacji, przez produkcję szerokiej gamy produktów z metali ziem rzadkich (koncentraty, węglany, tlenki i sole ziem rzadkich), materiałów funkcjonalnych ziem rzadkich (materiały polerujące, materiały do magazynowania wodoru, materiały magnetyczne, materiały luminescencyjne, materiały katalityczne) aż po produkty do zastosowań ziem rzadkich (akumulatory niklowo-wodorowe, urządzenia do obrazowania metodą rezonansu magnetycznego).

Grupa firm zachodnich pod względem stopnia rozwoju i zakresu działalności jest zdecydowanie bardziej zróżnicowana. Takie firmy, jak Lynas i Iluka (Australia) znajdują się w fazie dojrzałości, z elementami wzrostu. Amerykańska MP Materials, czy polska Elemental są na etapie wyraźnego wzrostu (rosnące aktywa, jak i też dostęp do finansowania: MP Materials (wsparcie ze strony amerykańskiego rządu, Elemental – projekt uznany za strategiczny przez UE + finansowanie). **Znaczna część zachodnich spółek znajduje się jednak na wczesnym etapie rozwojowym**, prowadzi pracę eksploracyjną lub pozyskują finansowanie na inwestycje w zakresie rozwoju nowych technologii związanych z pozyskiwaniem lub recyklingiem metali ziem rzadkich lub innych surowców krytycznych.

Mimo, że część firm zachodnich albo prowadzi wydobycie albo też jest na etapie rozpoczęcia takiego wydobycia to niektóre z nich również wchodzi na kolejne etapy łańcucha wartości metali ziem rzadkich. Wspomniana wcześniej amerykańska spółka MP Materials nie tylko obecnie eksploruje złoża metali ziem rzadkich w Mountain Pass w Kalifornii i dzięki temu jest w posiadaniu około 15% globalnych dostaw pierwiastków ziem rzadkich. Opracowuje ona także koncepcje recyklingu o obiegu zamkniętym po zakończeniu cyklu życia i otrzymała kontrakty Departamentu Obrony na przywrócenie krajowego łańcucha dostaw pierwiastków ziem rzadkich. Firma ma długoterminową umowę z General Motors na dostawę materiałów ziem rzadkich, stopów i gotowych magnesów do silników elektrycznych pochodzących z USA i wyprodukowanych w tym kraju. Z kolei w australijskiej spółce Arafura Rare Earths udziały wykupiły dwie duże amerykańskie firmy, jak: General Electric i General Motors.

Takie spółki, jak Rainbow, Defense, Mkango, Victory, Ucore prócz tego, że są skoncentrowane na rynku REE, znajdują się dopiero w fazie eksploracji/deweloperskiej. Rainbow prowadzi odzysk dysprozu i terbu z gipsowych składowisk odpadów. Inne wchodzi także na obszar recyklingu, jak Mkango (HyProMag - recykling magnesów neodymowych), czy Ucore (będąca w posiadaniu autorskiej technologii - RapidSX™). Poza tym Mkango podpisało właśnie umowę z Grupą Azoty na budowę dużej rafinerii metali ziem rzadkich (drugi polski projekt w tym zakresie uznany przez UE o znaczeniu strategicznym).

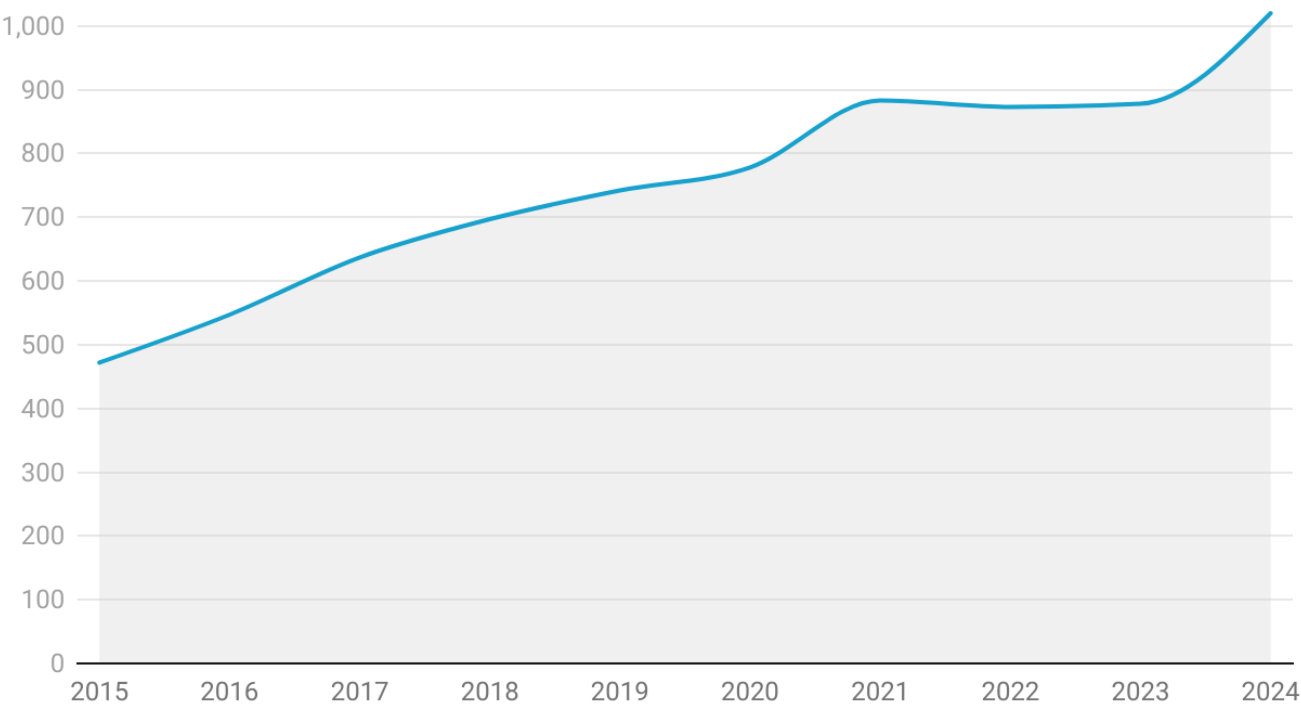
Natomiast dwie polskie spółki Elemental i Alpinus prowadzą przede wszystkim recykling i przetwórstwo i to też głównie w zakresie pozyskiwania innych surowców krytycznych niż metali ziem rzadkich (powód: ich zdaniem działalność na rynku ziem rzadkich na obecnym etapie jest nieopłacalna).

Chińskie firmy dominują pod względem skali działalności, ale też zakresu integracji poszczególnych obszarów łańcuch wartości i wsparciem państwa. Spółki zachodnie są nadal mniejsze pod względem przychodów, aktywów i skali działalności. Z czasem jednak mogą uzyskać dość istotne przewagi nad chińskimi firmami, a to za sprawą dywersyfikacji w zakresie chociażby samej lokalizacji (operują na złożach w Australii, USA, Kanadzie), wprowadzanych i rozwijanych innowacjach RapidSX™ (Ucore), odzysk i recykling (Rainbow, Elemental). Ich potencjał może istotnie wzrosnąć w ciągu 10–20 lat, jeśli: zrealizują nowe projekty, rozwiną technologie (recykling, separacja) i nadal będą wspierane finansowe przez rządy swoich krajów, czy inne podmioty.

Badania nad metalami ziem rzadkich

Publikacje naukowe związane z pozyskiwaniem REE

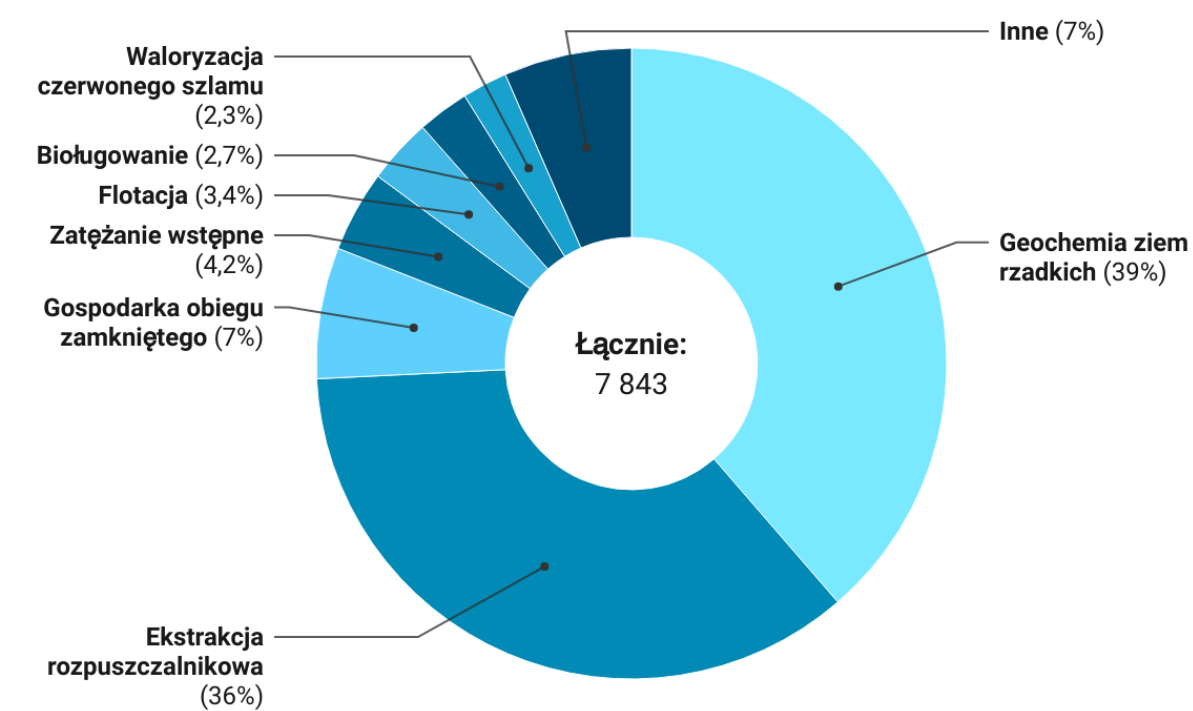
w latach 2015-2024



Source: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science • Created with Datawrapper

Najpopularniejsze tematy badań

na poziomie mezo w artykułach dotyczących pozyskiwania REE, 2015-2025



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Aktywność publikacyjna w zakresie pozyskiwania REE jest niska, ale rośnie

Badania poświęcone tematyce ziem rzadkich, w tym pozyskiwania i ich substytucji są intensywnie prowadzone. Informacje o wybranych wynikach, ze względu na wagę tematyki, niejednokrotnie są podejmowane przez media, także w Polsce. W niniejszym podejściu skupiono się głównie na danych bibliometrycznych i patentowych. Szczegółowa metodologia i zastosowane podejście znajduje się w załączniku do raportu.

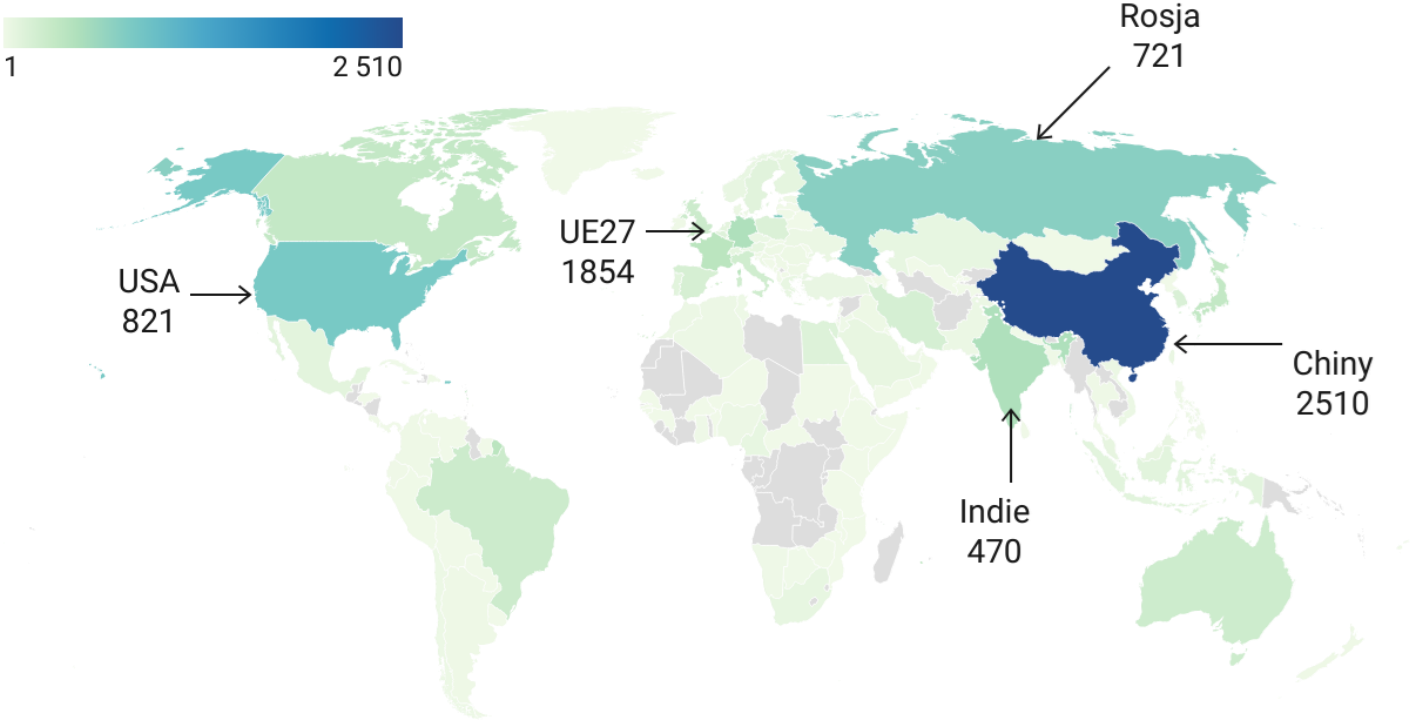
Łącznie w latach 2015-2024 opublikowano około 8 tys. publikacji naukowych (artykułów, rozdziałów w książkach, proceeding papers), które można przypisać do pozyskiwania REE na podstawie przyporządkowanych kodów tematycznych stosowanych w bazie Web of Science.

Na przestrzeni ostatniej dekady ich roczna liczba wzrosła blisko dwukrotnie, choć nadal w pewnej mierze jest to temat niszowy. W 2024 roku stanowiło to ok. 0,03% wszystkich publikacji z tego roku w bazie.

Najpopularniejszą tematyką jest geochemia ziem rzadkich, zajmująca się badaniem występowania, zachowania i cykli tych pierwiastków w skałach, glebach, wodach i atmosferze. Równie istotne są procesy chemiczne związane z pozyskiwaniem REE – ekstrakcja rozpuszczalnikowa, zatężanie wstępne, flotacja. Bioługowanie z kolei to proces, w którym stosuje się właściwości mikroorganizmów w celu wyekstrahowania pierwiastków z ubogich rud metali. Pewna część tematyki związana jest z recyklingiem, w tym waloryzacją czerwonego szlamu, który jest odpadem przemysłowym powstającym w wyniku produkcji aluminium.

Liczba artykułów naukowych w podziale na kraje

dotyczących pozyskiwania REE, 2015-2025



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Blisko jedna trzecia (32%) artykułów z tej tematyki została opublikowana przez autorów pochodzących z Chin. Drugie w kolejności były Stany Zjednoczone (10,5%), a trzecia Federacja Rosyjska (9%).

Autorzy z krajów członkowskich Unii Europejskiej (EU27) odpowiadali za 24% artykułów tej tematyki. W tej liczbie znajduje się Polska ze 153 artykułami. W zestawieniu krajów daje to 16 miejsce na świecie.

Praktycznie wszystkie indeksowane publikacje były w języku angielskim (98%).

Agencje finansujące artykuły dotyczące pozyskiwania REE

w latach 2015-25

Agencje finansujące lub źródła finansowania	Kraj	Artykuły
Chińska Narodowa Fundacja Nauk Przyrodniczych (NSFC)		1 621
Unia Europejska		517
Narodowy Program Badań i Rozwoju nad Kluczowymi Technologiami		424
Japońskie Towarzystwo na rzecz Promocji Nauki (JSPS)		289
Departament Energii Stanów Zjednoczonych (DOE)		267
Narodowa Fundacja Nauki (NSF)		213
Krajowa Rada Rozwoju Naukowego i Technicznego (CNPQ)		171
Ministerstwo Edukacji, Kultury, Sportu, Nauki i Technologii (MEXT)		161
Fundusze na badania podstawowe dla uniwersytetów centralnych		157
Kanadyjska Rada ds. Badań w Dziedzinie Nauk Przyrodniczych i Inżynierii (NSERC)		156

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Struktura geograficzna ma swoje odzwierciedlenie także w źródłach finansowania. W Chinach najbardziej popularnymi są granty Chińskiej Narodowej Fundacji Nauk Przyrodniczych (NSFC). Jest to działająca na dużą skalę agencja, której celem jest wspieranie projektów naukowych z zakresu badań podstawowych. Kolejnym źródłem jest Narodowy Program Badań nad Kluczowymi Projektami, jeden z sześciu tego typu programów z zakresu nauki i techniki (N+T) pod auspicjami Ministerstwa Nauki i Technologii ChRL. Trzecim są fundusze przyznawane na badania podstawowe uniwersytetom.

Z kolei Komisja Europejska i jej programy badawcze (Horyzont, Marie Curie Actions, ERC) odgrywają drugą co do istotności rolę jeśli chodzi o finansowanie badań. W krajach UE widoczna jest duża dywersyfikacja jeśli chodzi o źródła finansowania, bowiem duża część badań była sfinansowana z programów lub dotacji pochodzących ze środków wyasygnowanych przez państwa członkowskie (czy to na działalność podstawową czy w postaci programów). Istotnym źródłem finansowania są także japońskie: MEXT (japońskie superministerstwo odpowiedzialne za kilka obszarów rozwoju społecznego) i podlegająca jemu finansująca badania naukowe agencja JSPS (Japońskie Towarzystwo na rzecz Promocji Nauki). W Stanach Zjednoczonych największym źródłem środków na badania jest Departament Energii i Narodowa Fundacja Nauki (agencja, której zadaniem jest finansowanie badań podstawowych i zleconych). Uwagę zwraca także obecność brazylijskiego CPNq, rządowej agencji, której celem jest wspieranie N+T.

Źródła finansowania (programy lub agencje) kierowane są zarówno na badania podstawowe jak i aplikacyjne.

Polskie instytucje finansujące badania, których wyniki zostały przedstawione w publikacjach to m.in. Narodowe Centrum Nauki (25) i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (14) i FNP (3). Przy tej okazji warto jednak zaznaczyć, że nie musi to być pełna liczba artykułów – nazwy poszczególnych instytucji często są wpisywane na kilka różnych sposobów.

Przykłady projektów dotyczących pozyskiwania REE:

ACME-REVIVE - wydobywanie i odzyskiwanie pierwiastków ziem rzadkich i innych krytycznych materiałów z węgla, odpadów węglowych i węglowych produktów ubocznych (USA)

BIORECOVER - biotechnologiczne procesy pozyskiwania wybranych surowców krytycznych (UE, H2020)

REECOVER – odzyskiwanie pierwiastków ziem rzadkich z odpadów magnetycznych w przemyśle recyklingu ZSEE i odpadów z przemysłu rud żelaza (UE, FP7)

SecREEs – zrównoważone wydobycie z europejskich źródeł apatytu wykorzystywanych w produkcji nawozów (UE, H2020)

REE w programach ramowych KE

Komisja Europejska w ramach programów zorganizowała następujące konkursy (calls) poświęcone tematyce metali ziem rzadkich:

2024 - Rare Earth and magnets innovation hubs (IA) (HORIZON-CL4-2024-RESILIENCE-01) - Wyniki projektów umożliwią osiągnięcie oczekiwanych skutków przeznaczenia poprzez zwiększenie dostępu do surowców pierwotnych i surowców wtórnych, w szczególności surowców krytycznych dla unijnych przemysłowych łańcuchów wartości i sektorów strategicznych (2 projekty)

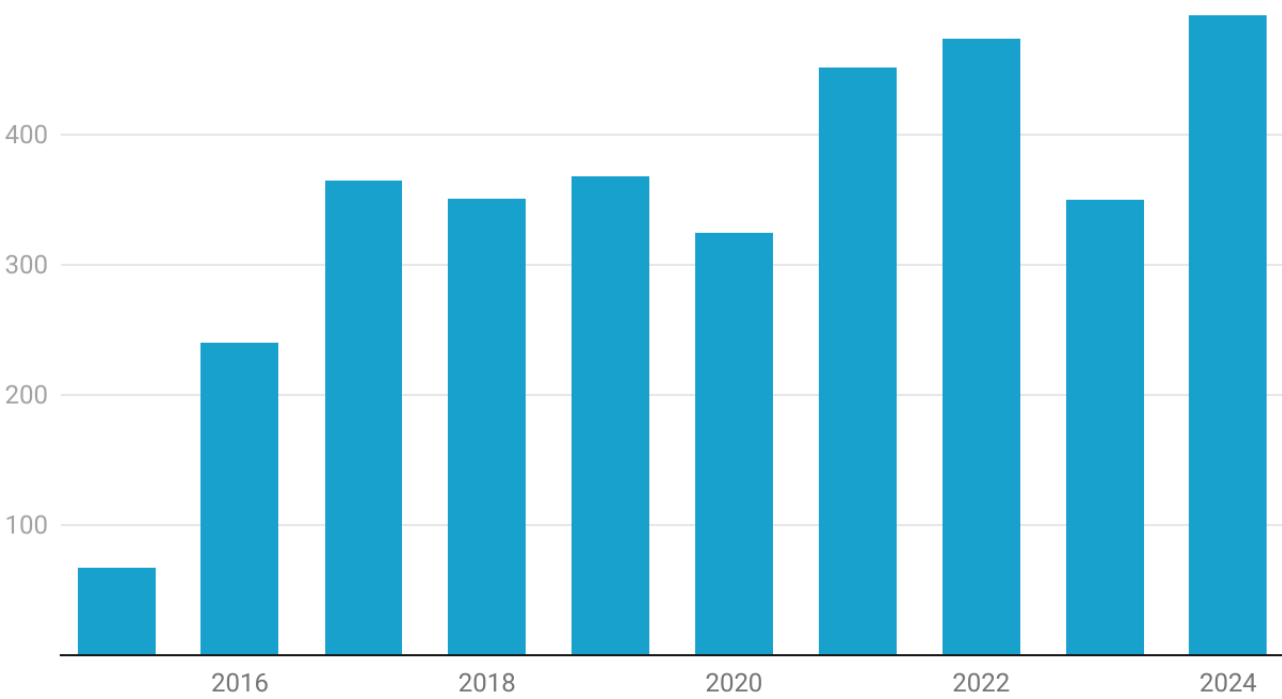
2023- Recyclability and resource efficiency of Rare Earth based magnets (IA) HORIZON-CL4-2023-RESILIENCE-01-09 - celem jest zwiększona autonomia w kluczowych strategicznych łańcuchach wartości na rzecz odpornego przemysłu (2 projekty)

Wyszukiwanie po nazwie „rare earth” w tytule projektu zwraca 61 projektów finansowanych w latach 1987-2025, z czego najwięcej w ramach Horyzontu 2020. 8 projektów mieści się w kategorii „górnictwa i przetwarzania metali. Tematyka projektów jest dotyczy m.in. recyklingu, wytwarzania magnezów, substytucji REE w ich produkcji.

Projektów dotyczących REE finansowanych przez KE jest więcej (patrz tabela obok), natomiast ze względu na brak opisów projektów możliwe jest tylko wyszukiwanie po tytule.

Liczba patentów związanych z pozyskiwaniem REE

Z dwóch działów klasyfikacji patentowej CPC: C01F 17/00, C22B 59/00, data publikacji



Source: opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Created with Datawrapper

Liczba patentów związanych z pozyskiwaniem REE po 2018 roku rośnie powoli

Badania mają także swój materialny wymiar w ochrony własności przemysłowej. Łącznie w latach 2015-2024 opublikowano 3731 patentów (rodzin patentowych) oznaczonych kodami z dwóch działów klasyfikacji patentowej (CPC) powiązanych z otrzymywaniem REE. W ostatniej dekadzie utrzymywał się wzrostowy trend jeśli chodzi o ich liczbę, aczkolwiek można zaobserwować niewielką ich stagnację na poziomie około 350 patentów rocznie w latach 2017-2020 roku i ich wzrost do poziomu ok. 500 rocznie po 2021 roku (z przerwą na spadek w 2023 r.).

Kod CPC	Nazwa	Liczba
C22B59/00	Otrzymywanie lub rafinacja metali: otrzymywanie metali ziem rzadkich	3 054
Y02P10/20	Technologia recyklingu związana z przetwarzaniem metali	2 502
C22B3/44	Otrzymywanie lub rafinacja metali w procesach chemicznych	475
C22B7/007	Przerabianie surowców innych niż rudy, np. złomu, w celu uzyskania metali nieżelaznych lub ich związków - ługowanie kwasem	443
C22B7/006	Przerabianie surowców innych niż rudy, np. złomu, w celu uzyskania metali nieżelaznych lub ich związków: ługowanie alkaliczne lub amoniakalne	376
C22B3/02	Ekstrakcja związków metali z rud lub koncentratów w procesach mokrych. Urządzenia do tego celu	307
C22B1/02	Obróbka wstępna rud lub złomu. Procesy prażenia	263
C01F17/10	Otrzymywanie związków metali ziem rzadkich. Przygotowanie lub obróbka, np. oddzielanie lub oczyszczanie	243
C22B3/08	Ekstrakcja związków metali z rud lub koncentratów w procesach mokrych przez ługowanie kwasu siarkowego	228
C01F17/36	Otrzymywanie związków metali ziem rzadkich. Związki zawierające metale ziem rzadkich i co najmniej jeden pierwiastek inny niż metal ziem rzadkich, tlen lub wodór, np. La4S3Br6. halogen będący jedynym anionem, np. NaYF4	225

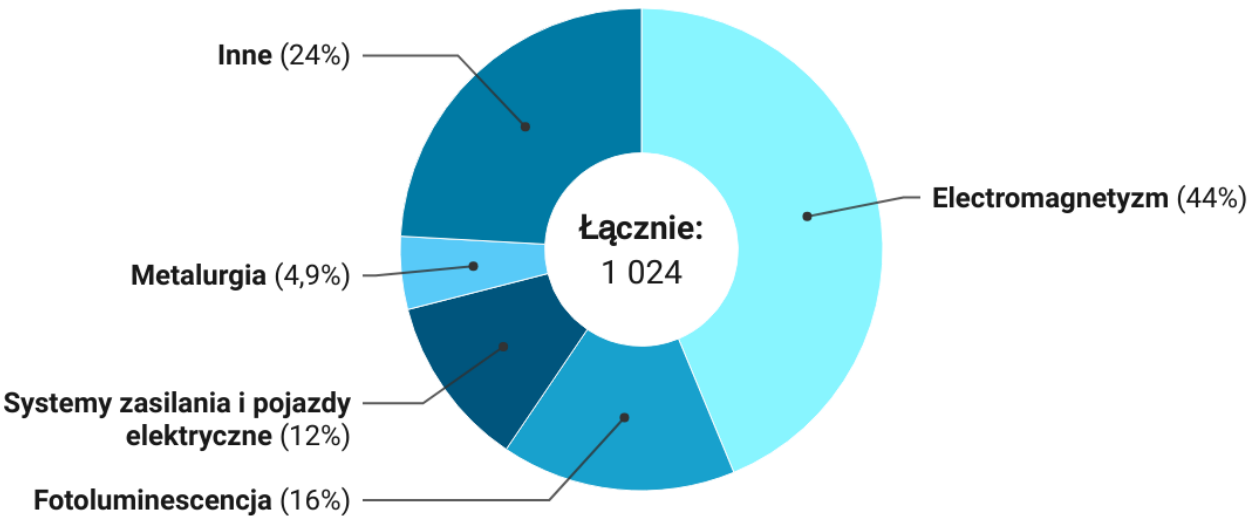
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Narzędzie: Datawrapper

Najczęściej patentowane technologie związane są z technologiami recyklingu związanego z przetwarzaniem metali oraz chemicznymi procesami obróbki rud lub złomu – w tym zwłaszcza ługowaniem (procesem w którym metale są rozpuszczane za pomocą specjalnych roztworów (ługów), aby można było je następnie odzyskiwać.

Dane pochodzące ze statystyk patentowych należy traktować jako orientacyjne, pokazujące trendy lub zależności. Liczba patentów krajowych zależy od wielu czynników takich jak np. regulacje prawne, poziom rozwoju gospodarczego, sprawność systemu sądownictwa, normy kulturowe itp.

Najpopularniejsze tematy badań

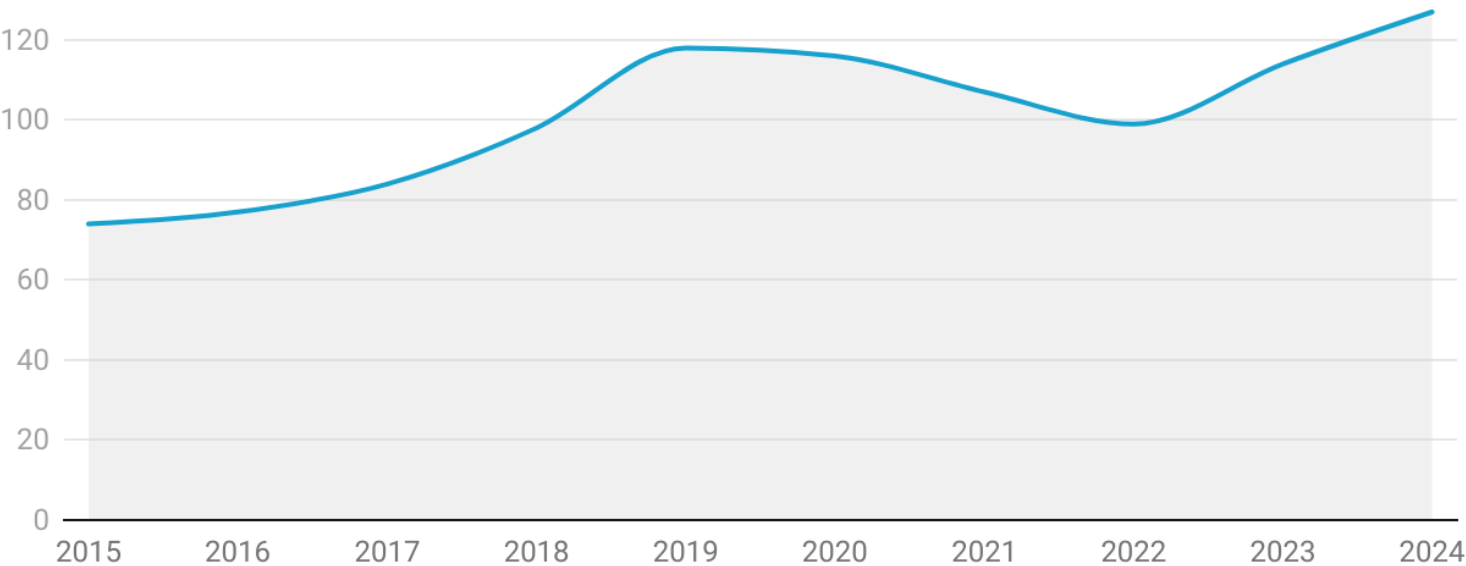
na poziomie mezo w artykułach dotyczących substytucji REE, 2015-2025



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Liczba publikacji naukowych związanych z substytutami REE

w latach 2015-2024



Source: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science • Created with Datawrapper

Liczba artykułów dotyczących tego tematu lekko się zwiększała w ostatnich latach, przy czym generalnie nie jest duża – z ok. 70 artykułów rocznie w 2015 roku wzrosła do 120 w roku 2024. Trudno jednak mówić o gwałtownym wzroście zainteresowania tą tematyką.

Jeśli chodzi o potencjalne substytuty metali ziem rzadkich, to prowadzone są prace badawcze i projekty poświęcone np. wykorzystaniu tetratenitu, minerału niewystępującego na Ziemi, a obecnego w niektórych meteorytach. Jego pozyskanie jest bardzo trudne w warunkach laboratoryjnych. Posiada on lepsze właściwości ferromagnetyczne niż np. neodym stosowany w magnesach, a jednocześnie jest bardziej odporny na temperaturę.

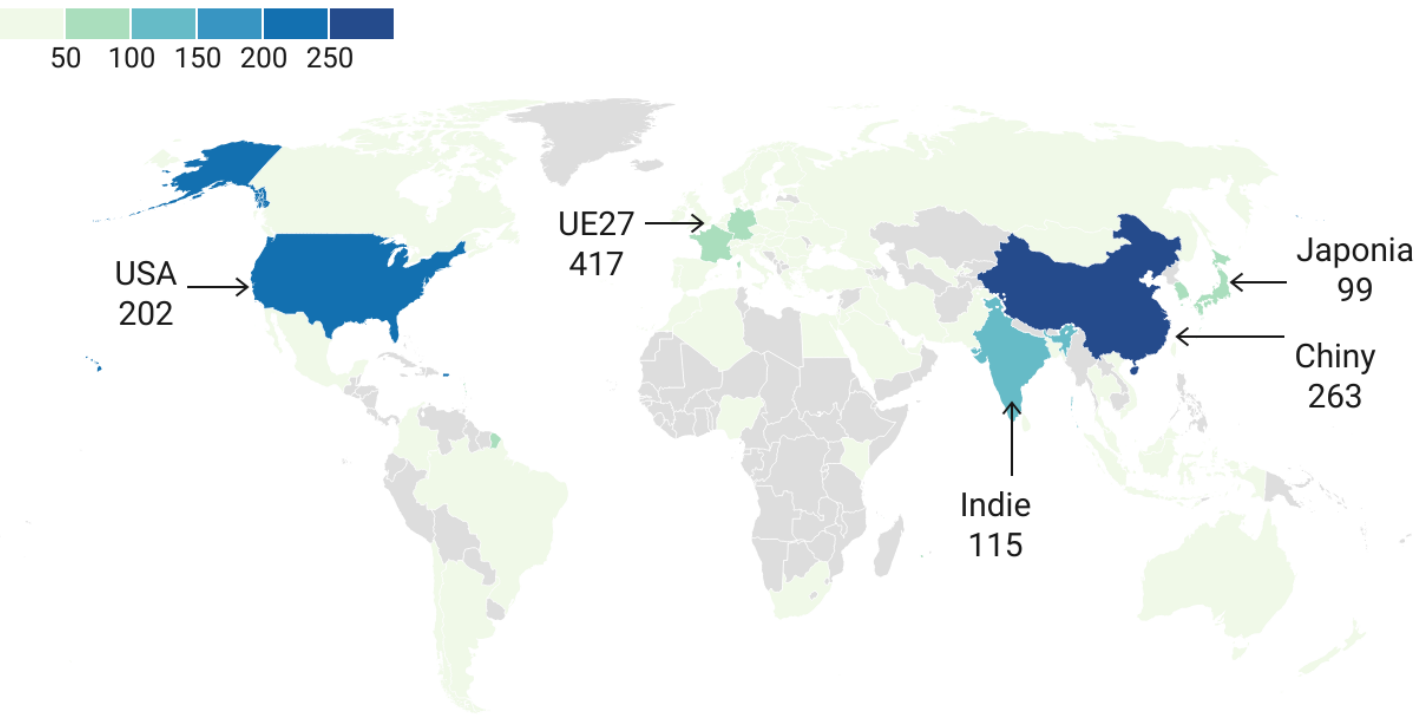
Nazwa ta pojawia się jednak w zaledwie 16 patentach, z czego tylko trzy (dwa amerykańskie z 2017, 2016 roku, jeden japoński - 2013) dotyczą jego produkcji. W przypadku publikacji naukowych można odnaleźć 181 artykułów naukowych, z czego większość związana jest z astronomią (badaniem meteorytów), a ok. 60 dotyczy chemii fizycznej lub elektromagnetyzmu.

Badania nad substytutami metali ziem rzadkich dotyczą głównie ich właściwości magnetycznych

Warto zaznaczyć, że są prowadzone prace także nad zastosowaniami z pominięciem metali ziem rzadkich. Analiza bibliomoteryczna pokazuje, że artykułów, w których pojawia się fraza „REE-free” lub „rare earth free” jest ok. 1000. Są one związane głównie z właściwościami magnetycznymi materiałów (44%) i powiązanymi zastosowaniami w systemach zasilania i pojazdami elektrycznymi (12%). Pozostałe popularne tematy badań dotyczą ich właściwości fotoluminescencyjnych (16%) oraz zastosowań w metalurgii (5%).

Liczba artykułów naukowych w podziale na kraje

zawierających frazy "REE-free" lub "rare earth free", 2015-2025



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Źródła finansowania wskazują na podstawowy charakter opublikowanych wyników prac badawczych

Były one publikowane głównie w Chinach (263) i USA (202). W ujęciu regionalnym ok. 41% pochodziło z krajów Unii Europejskiej (417), w tym 11 artykułów pochodziło z Polski.

- Przykłady zagranicznych projektów dotyczących substytucji REE:
- BREM - Beyond Rare Earth Metals (USA, DoE)
 - GSECARS (Univ. Of Chicago, USA, NSF)
 - ReFreeDrive (Hiszpania, Horyzont 2020)
 - REFREEPERMAG - Rare earth free permanent magnets (UE, FP7)

Agencje finansujące artykuły dotyczące substytucji REE

w latach 2015-25

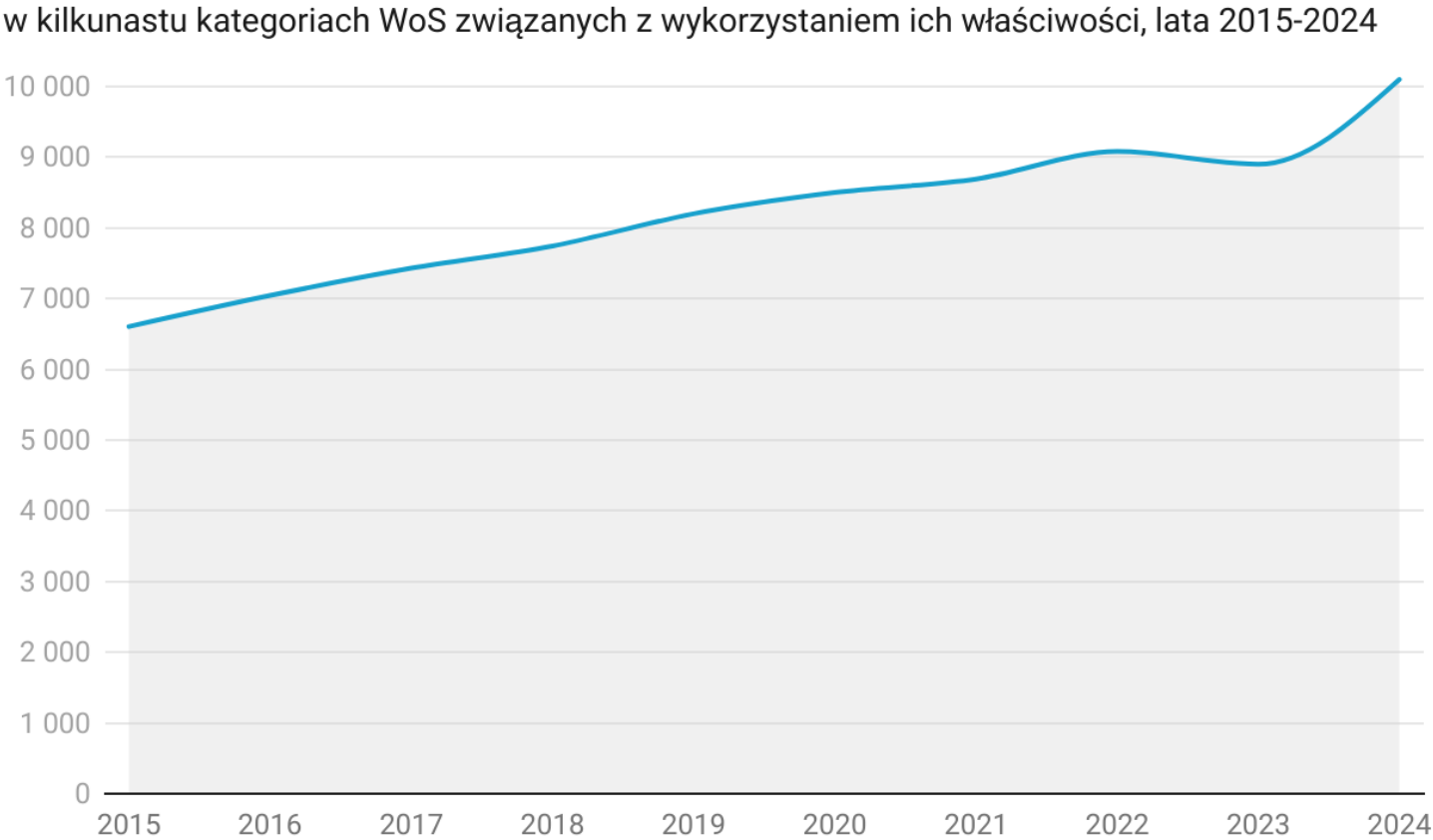
Agencje finansujące lub źródła finansowania	Kraj	Artykuły
Chińska Narodowa Fundacja Nauk Przyrodniczych (NSFC)		174
Narodowa Fundacja Nauki (NSF)		104
Departament Energii Stanów Zjednoczonych (DOE)		97
Unia Europejska		81
Japońskie Towarzystwo na rzecz Promocji Nauki (JSPS)		75
Ministerstwo Edukacji, Kultury, Sportu, Nauki i Technologii (MEXT)		48
Koreańska Narodowa Fundacja Badawcza		47
Fundusze na badania podstawowe dla uniwersytetów centralnych		31
Niemiecka Wspólnota Badawcza DFG		28

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Badania finansowały przede wszystkim narodowe agencje zajmujące się ich wspieraniem. Największą ich liczbę finansowała chińska agencja zajmująca się finansowaniem nauk przyrodniczych. Po stronie amerykańskiej prace były prowadzone ze środków NSF oraz Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych (DOE). W ramach prac tego departamentu jest realizowany m.in. Projekt BREM- Beyond Rare Earth Metals. 81 artykułów zostało sfinansowane dzięki wsparciu Unii Europejskiej, m.in. Poprzez program ramowy Horyzont 2020, Marie-Curie Actions, European Research Council.

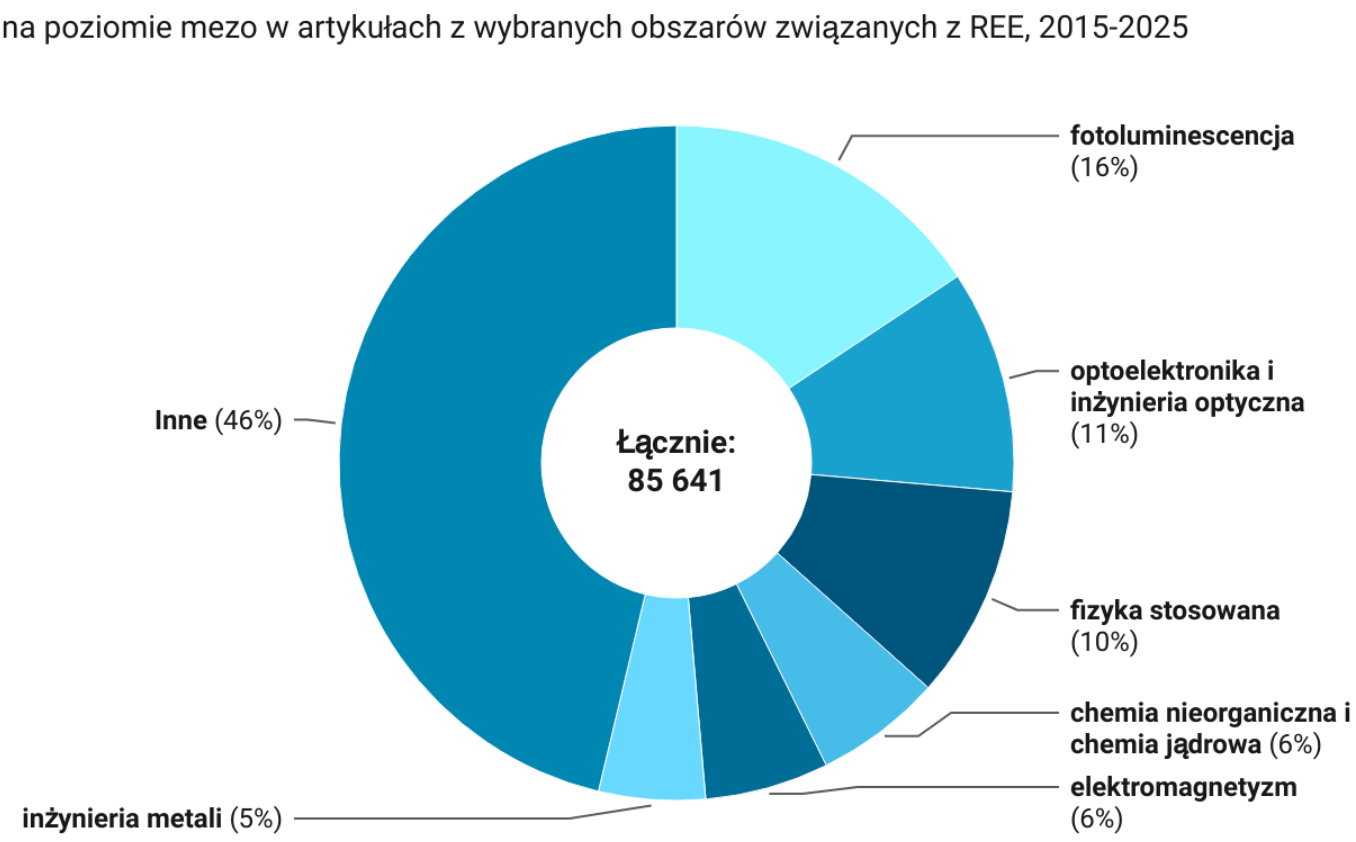
Jeśli chodzi o Polskę to 4 artykuły zostały opublikowane dzięki wsparciu Narodowego Centrum Nauki. Jedna publikacja powstała w ramach grantu z programu Homing Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

Publikacje naukowe związane z REE



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

Najpopularniejsze tematy badań



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Web of Science • Narzędzie: Datawrapper

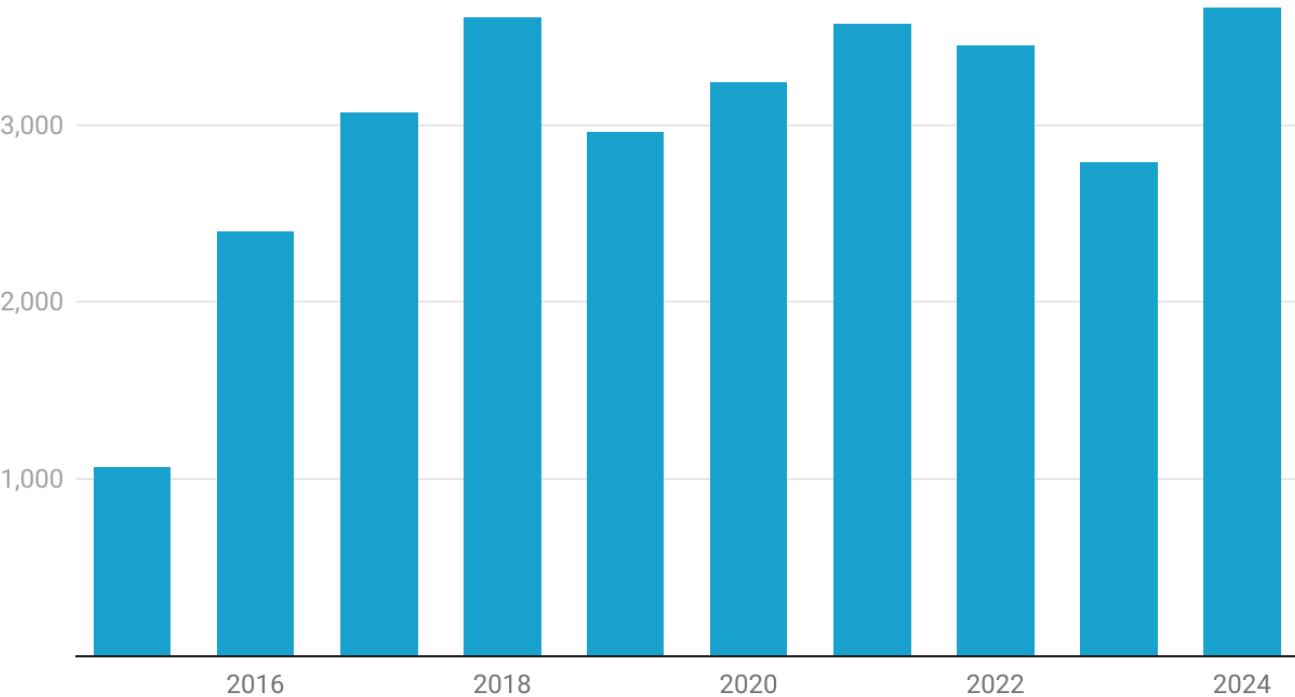
Tematyka związana z tak rozumianymi zastosowaniami jest dość rozproszona i ogólnie scharakteryzowana odniesieniami do kategorii z zakresu fizyki i chemii, związanymi z właściwościami REE. Odpowiednio są to: fotoluminescencja, optoelektronika i inżynieria optyczna, fizyka stosowana oraz chemia nieorganiczna i jądrowa do których odnosi się ok. 45% publikacji. Mniejszy udział mają bardziej praktyczne elektromagnetyzm, inżynieria metali, katalizatory, nadprzewodnictwo, fotokataliza.

Powolny wzrost publikacji dotyczących zastosowań metali ziem rzadkich

Do wyszukiwania artykułów odnoszących się do zastosowań metali ziem rzadkich posłużono się podobnym zapytaniem jak, ograniczając jednak wybór do kilkunastu – właściwych merytorycznie - kategorii Web of Science. Liczba publikacji jest znacznie wyższa niż w przypadku pozyskiwania REE, i w przeciągu ostatnich lat w sposób praktycznie nieprzerwany rośnie (z lekkim spadkiem w 2023 roku). W 2024 ukazało się ich ponad 10 tys., a łącznie w okresie 2015-2025 (do maja 2025) ponad 85 tys. Dynamika ich przyrostu jest niższa niż w przypadku pozyskiwania REE.

Liczba patentów przetwarzaniem/wytwarzaniem z REE

Z kilkunastu działów i podgrup klasyfikacji patentowej CPC związanych z metalami ziem rzadkich (REE)



Source: opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Created with Datawrapper

Patenty koncentrują się wokół metalurgii i procesów chemicznych

Łącznie w latach 2015-2024 opublikowano 32 tys. patentów (rodzin patentowych) oznaczonych kodami z kilku działów klasyfikacji patentowej CPC powiązanych z przetwarzaniem/ wykorzystaniem REE (łącznie 13 kodów patentowych, w których wprost pada odwołanie do stosowania metali ziem rzadkich).

Liczba tak ujętych patentów rosła do 2018 roku z poziomu ok. 1 tys. do ok. 4 tys. rocznie. Po tej dacie ich przyrost ustabilizował się i oscyluje wokół 3 tys. patentów rocznie.

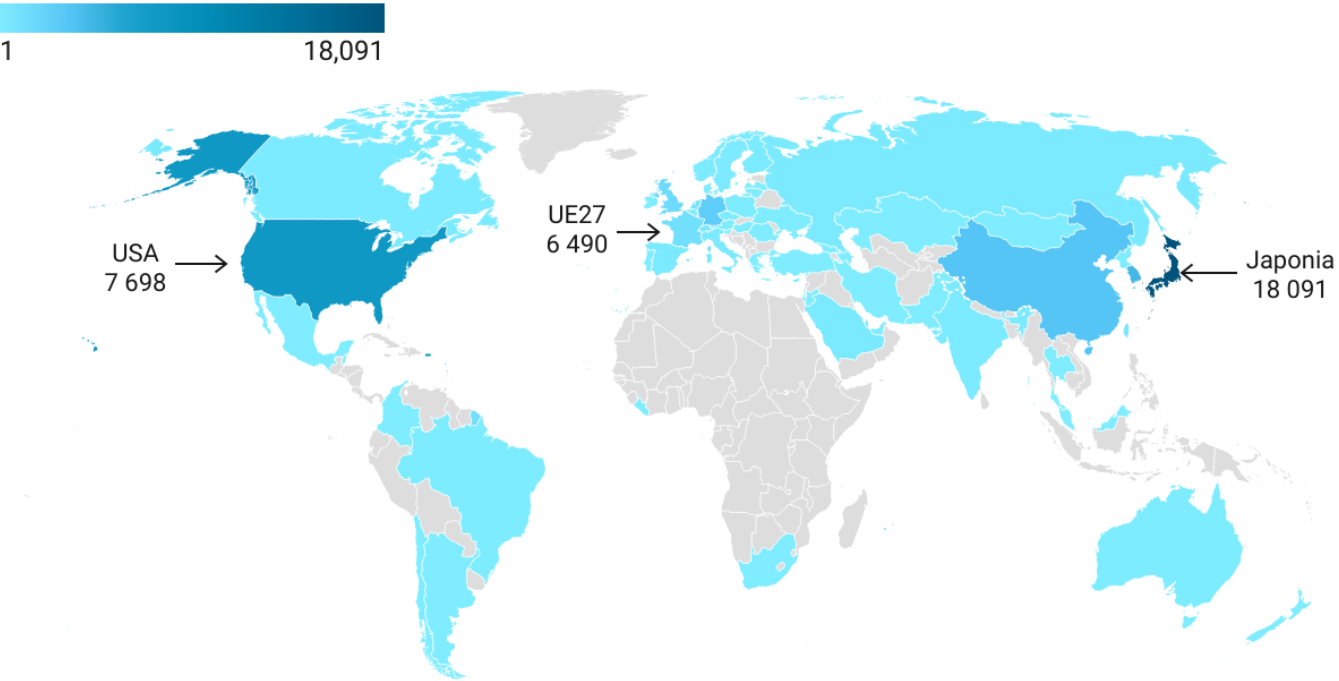
Kod CPC	Opis	Liczba
C22C38/005	Otrzymywanie stopów: stopy żelaza, np. stopy stali zawierające metale ziem rzadkich	6 926
C22C38/02	Otrzymywanie stopów: stopy żelaza, np. stopy stali zawierające krzem	5 071
C22C38/04	Otrzymywanie stopów: stopy żelaza, np. stopy stali zawierające mangan	4 672
C22C38/06	Otrzymywanie stopów: stopy żelaza, np. stopy stali zawierające aluminium	3 921
C22C38/002	Otrzymywanie stopów: stopy żelaza, np. stopy stali zawierające ind, magnez i inne nie uwzględnione wcześniej pierwiastki	3 903
B01J23/83	Katalizatory zawierające metale, tlenki lubwodorotlenki metali żelazowców lub miedzi z związkach z metalami ziem rzadkich lub aktynowcami	3 334
B01J23/10	Katalizatory zawierające metale ziem rzadkich	3 224
B01J23/002	Katalizatory zawierające tlenki mieszane inne niż spinele, np. perowskit	2 902
B01J23/63	Katalizatory zawierające metale, tlenki lub wodorotlenki arsenu, antymonu, bizmutu, wanadu, niobu, tantal, polonu, chromu, molibdenu, wolframu, manganu,technetu lub renu w związkach z metalami ziem rzadkich lub aktynowcami	2 541
B01J2523/00	Katalizatory. Konstytutywne pierwiastki chemiczne katalizatorów heterogenicznych	2 445

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Narzędzie: Datawrapper

Najpopularniejsze technologie opisywane podgrupami kodów CPC związane są z otrzymywaniem stopów stali. Pozostałe kody opisujące patenty są dość rozproszone (brak wyraźniej dominacji). Wyróżniającą się grupą są technologie związane z katalizatorami w procesach chemicznych, które zawierają metale ziem rzadkich lub ich związki. Na dalszych miejscach (poza tabelą) są kody związane z magnesami, urządzeniami półprzewodnikowymi, metalurgią, nieorganicznymi urządzeniami półprzewodnikowymi emitującymi światło, ceramiką, technologiami związanymi z przeciwdziałaniem zmianom klimatu, specyficznymi zastosowaniami lub aplikacjami nanostruktur.

Kraje pochodzenia jednostek patentujących

osób fizycznych lub prawnych patentujących poza Chińską Republiką Ludową (liczba)



Source: Opracowanie własne na podstawie danych EPO (espacenet) • Created with Datawrapper

Podobnie jak w przypadku wytwarzania REE statystyki związane z krajem pochodzenia jednostek patentujących nie uwzględniają patentów wyłącznie chińskich - dane dotyczące tego kraju pokazują patenty złożone przez chińskie podmioty (osoby fizyczne lub prywatne) za granicą. Najwięcej takich podmiotów jest w Japonii (18 tys. z 4,3 tys. patentami). Na drugim miejscu znajdują się Stany Zjednoczone (7,7 tys. z 1,9 tys. patentów). Na trzecim miejscu spośród krajów znajduje się Korea Południowa (4,3 tys. z 1641 patentami). W Unii Europejskiej jest ponad 6,5 tys. podmiotów posiadających łącznie 1657 patentów. Z Polski pochodzą 74 podmioty patentujące z 38 patentami.

Analogiczne statystyki dla wynalazców pokazują wiodącą rolę krajów tzw. Dalekiego Wschodu, USA i Europy: największa liczba wynalazców pochodziła z Japonii (ponad 15 tys.). Drugie w kolejności były Stany Zjednoczone (7,3 tys.). Wyróżniają się także Chiny (3,3 tys.) i Niemcy (3 tys.). Z Unii Europejskiej łącznie pochodziło natomiast 6,8 tys. wynalazców, w tym 98 z Polski.

Jednostki z największą liczbą patentów

Przetwarzanie i wytwarzanie z REE

nazwa jednostki	kraj	liczba patentów
Nippon Steel Corporation		585
JFE Steel		549
Toyota Motor Corporation		497
Nippon Steel Corporation		496
China Petrochemical Corporation		474
BASF SE		325
Baotou Iron and Steel Group		298
Dalian Institute of Chemical Physics, Chinese Academy of Sciences		280
LG Chem Ltd.		227
TDK Corporation		217
Nichia Corporation		214
Nanjing Tech University		212
Kunming University of Science and Technology		200
Cataler Corporation		171

Źródło: Opracowanie własne na podstawie EPO (espacenet) • Narzędzie: Datawrapper

Najwięcej patentów skoncentrowanych jest w rękach korporacji działających w wytwarzaniu stali i przemyśle chemicznym. Są to głównie japońskie przedsiębiorstwa, w szczególności działające w przemyśle metalurgicznym (Nippon Steel Corp., JFE Steel) samochodowym (Toyota), produkcji luminoforów (Nichia), elektroniki (TDK). Podmioty chińskie na liście są głównie jednostkami naukowymi. Na liście są też obecne korporacje chemiczne z Niemiec (BASF SE) i z Korei Południowej (LG Chem).

Perspektywa Polski

Potencjał pozyskiwania metali ziem rzadkich w Polsce to przede wszystkim odzysk ze źródeł wtórnych

W Polsce **stężenie REE w minerałach jest raczej niskie**; ich wpływ na gospodarkę narodową jest niewielki. Ograniczone zasoby naturalne pierwiastków ziem rzadkich zidentyfikowano w Polsce w kilku miejscach: w masywie Ełku, piaskach bałtyckich, okolicy Szklarskiej Poręby i Michałowic (masyw Karkonoszy), okolicach Bogatyni (Sudety)

Według Państwowego Instytutu Geologicznego (PIG 2020) **jedynie w Sudetach mogą występować złoża o marginalnym znaczeniu gospodarczym**, jednakże, **zasoby te dalece odbiegają od zasobów złóż będących przedmiotem eksploatacji na świecie** m.in. ze względu na głębokość ich występowania, zmienność okruszczenia i niską zawartość REE. Badania pozostałych miejsc występowania wykazały, że zawartość REE w tych utworach jest śladowo nieistotna. Metale ziem rzadkich występują jako pierwiastki towarzyszące w rudach, przede wszystkim **w złożach rud miedzi i srebra** na monoklinie przedsudeckiej i w niecce północnosudeckiej.

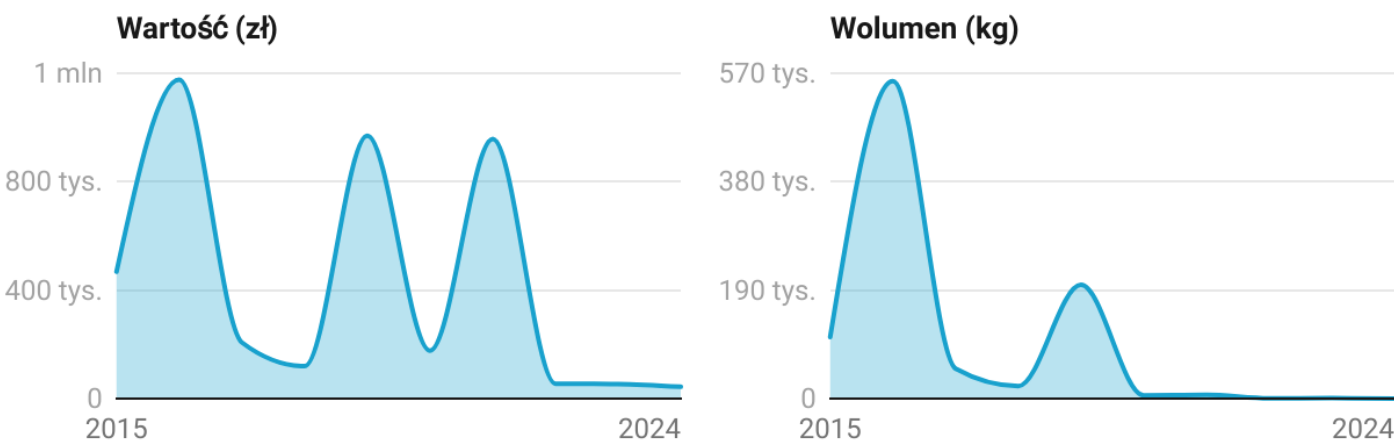
Według Bilansu zasobów kopalin w Polsce. opracowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny PIB w 2024 roku (PIG 2024) **największe zasoby metali ziem rzadkich występują w nieeksploatowanych złożach rud miedzi i srebra koło Nowej Soli (szacowane zasoby to 30,11 tys. t)** Są one jednak wykazane jako zasoby pozabilansowe, a więc niespełniające granicznych wartości parametrów definiujących złoża.

Potencjalnymi źródłami metali są materiały wtórne oraz zużyty sprzęt elektryczny i elektroniczny. Perspektywnym kierunkiem pozyskiwania REE z krajowych zasobów może być pozyskiwanie metali ziem rzadkich z :

- 1. Uranowych odpadów poflotacyjnych.** Pozostałości po wydobyciu uranu w Polsce były badane w ramach różnych projektów wykazujących obecność REE i możliwość ich wydobycia. Badania przeprowadzono w regionie Sudetów - Kowary (sztolnia i sortownia), Radoniów (mała i duża hałda), Kopaniec (hałda) oraz na złożu siarczku żelaza w Rudkach (kopalnia „Staszic”) w Górach Świętokrzyskich
- 2. Procesu produkcji nawozów fosforowych;** fosforany, fosfogips i kwas fosforowy. Odpady fosfogipsowe powstające w procesie produkcji kwasu fosforowego w Polsce składowane są na hałdach w Policach, Wizowie i Wiślince koło Gdańska. _Pozyskiwanie REE z tego źródła jest wskazane przez PIG PIB jako **jeden z najbardziej perspektywicznych obszarów dla odzysku** (PIG 2020)
- 3. Popiołu lotnego ze spalania węgla w elektrowniach konwencjonalnych.** W popiele lotnym wyodrębniono ponad 80 metali, w tym REE, których stężenie jest znacznie wyższe (3-4 krotnie) niż w surowcu pierwotnym. Średnie stężenie lantanowców w węglu kamiennym i brunatnym nie jest bardzo wysokie (w polskim stałym paliwie kopalnym wynosi około 100 ppm Ln),
- 4. Zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.** Metale ziem rzadkich stosowane w urządzeniach elektronicznych stanowią cenne źródło różnych metali, w tym także metali szlachetnych i metali ziem rzadkich. Odzyskiwanie i separacja tych metali (przede wszystkim magnezów) wiąże się z wykorzystaniem procesów chemicznych i metalurgicznych.

Import do Polski

metali ziem rzadkich, mieszanin lub stopów w latach 2015-2024



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS • Narzędzie: Datawrapper

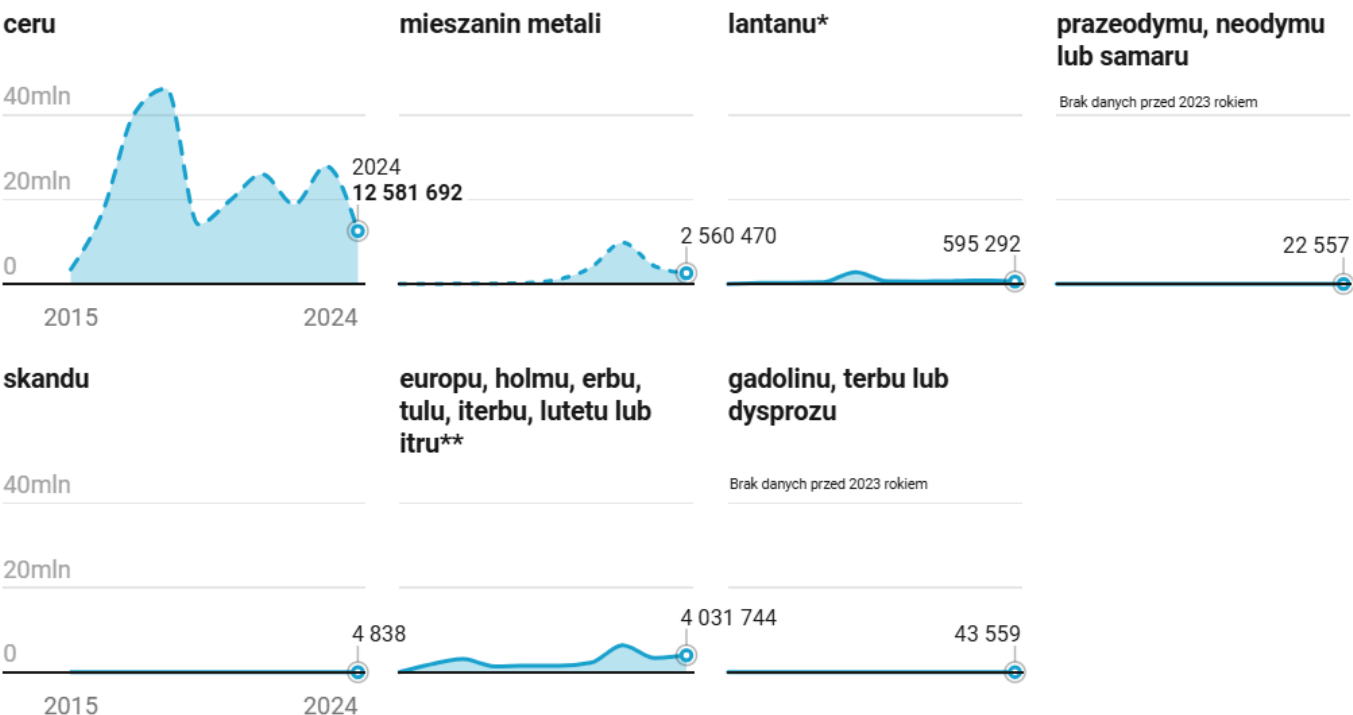
Zapotrzebowanie w Polsce na metale ziem rzadkich i ich związki jest niewielkie

W związku z brakiem eksploatacji REE z zasobów własnych w Polsce o krajowym zapotrzebowaniu na nie zaświadcza ich import. Dane GUS wskazują, że w latach 2015-2024 import metali ziem rzadkich (w tym mieszanin lub stopów) miał charakter nieregularny, o stosunkowo niewielkim wolumenie i wartości i podlegał dużym wahaniom. Jednocześnie generalnie na przestrzeni dekady wykazywał tendencję spadkową. Wolumen importu REE w 2023 roku wyniósł ok. 800 kg przy deklarowanej wartości 53 tys. zł, a ostatnim roku - 2024 – miał charakter śladowy, wyniósł tylko 5 kg (!) o wartości 43 tys. zł.

Co ciekawe dane wskazują, że Polska jest także eksporterem metali ziem rzadkich, choć ma on charakter sporadyczny i najprawdopodobniej jest to reeksport. Na ogół są to bardzo nieznaczne ilości: w 2024 wyeksportowała 1 kg REE za 634 zł do Szwajcarii, w 2022 roku 51 kg za 40 tys. zł (do Szwajcarii i Ukrainy).

Import związków metali ziem rzadkich do Polski

związki nieorganiczne lub organiczne w podziale na podkategorie, wartość importu w zł



* przed 2022 rokiem w tej kategorii był uwzględniony prazeodyzm, neodym i samar

** przed 2022 rokiem w tej kategorii był uwzględniony gadolin, terb i dysproz

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS • Narzędzie: Datawrapper

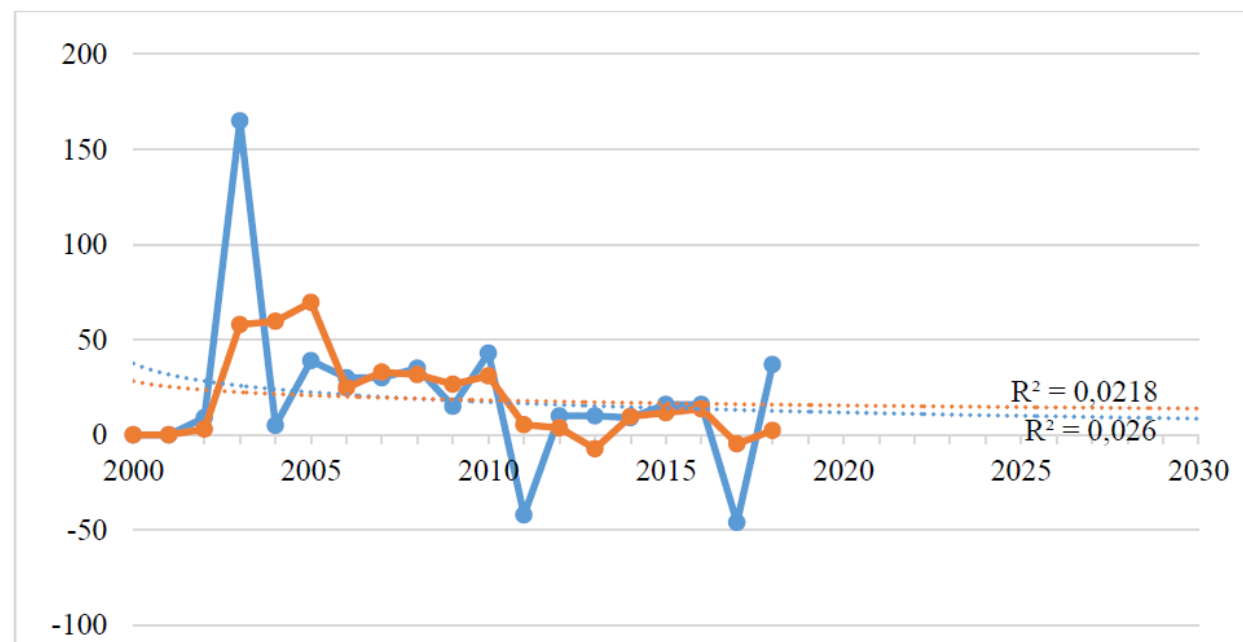
Polska importowała w 2024 roku ok. 520 ton związków nieorganicznych lub organicznych metali ziem rzadkich, itru i skandu lub mieszanin tych metali. Ich wartość wyniosła 20 mln zł.

Główną pozycję stanowi cer (435 ton, 12, 6 mln zł) – który stosowany jest głównie przy produkcji katalizatorów, proszków do polerowania, szkła i produkcji ceramiki. Można zaobserwować, że na przestrzeni ostatnich lat eksport związków ceru uległ zmniejszeniu.

W danych (pomimo rozbicia kategorii na bardziej szczegółowe od 2023 roku) widoczny jest nieznaczny wzrost importu europu, holmu, erbu, tulu, iterbu, lutetu i itru (4 mln zł w 2024 roku), które wykorzystywane są np. w laserach, magnesach, katalizatorach. Może to świadczyć o zwiększonym zapotrzebowaniu na te związki ze strony gałęzi przemysłu, w których się je wykorzystuje.

Prognoza zapotrzebowania do roku 2030 (t):

na pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand w postaci związków

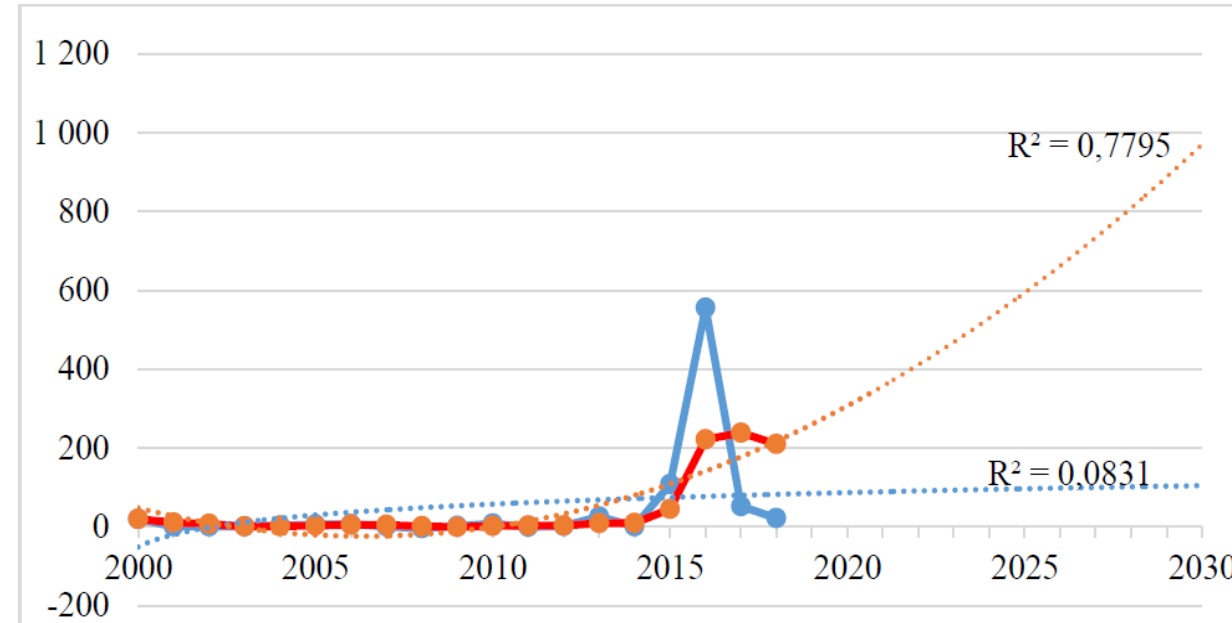


niebieska linia – zużycie pozorne w danym roku, czerwona linia – zużycie pozorne z uwzględnieniem średniej ruchomej za 3 okresy. Źródło: Polityka Surowcowa Państwa

Ten trend jest zgodny z przewidywaniami zamieszczonymi w Polityce Surowcowej Państwa (2022). Zawarta tam jest ocena zużycia oraz prognoza zapotrzebowania na surowce strategiczne i krytyczne dla polskiej gospodarki, wyróżniająca m.in. pierwiastki ziem rzadkich (metale i związki). Według analizy wykorzystanie pierwiastków ziem rzadkich w formie tlenków i innych stopów dotyczy w szczególności przemysłu szklarskiego, optycznego, petrochemii i ceramiki. Obecny poziom zapotrzebowania na pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand w postaci związków był zróżnicowany na przestrzeni lat i charakteryzował się wieloma fluktuacjami zużycia, choć generalnie widoczny był trend malejący. Poziom zapotrzebowania na pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand w postaci związków jest w Polsce stosunkowo niewielki i nie wykazuje wyraźnych trendów i zmian. Jego zużycie jest rozproszone wśród wielu branż, które w Polsce mają stabilną pozycję.

Prognoza zapotrzebowania do roku 2030 (t):

na pierwiastki ziem rzadkich, itr i skand w postaci metali



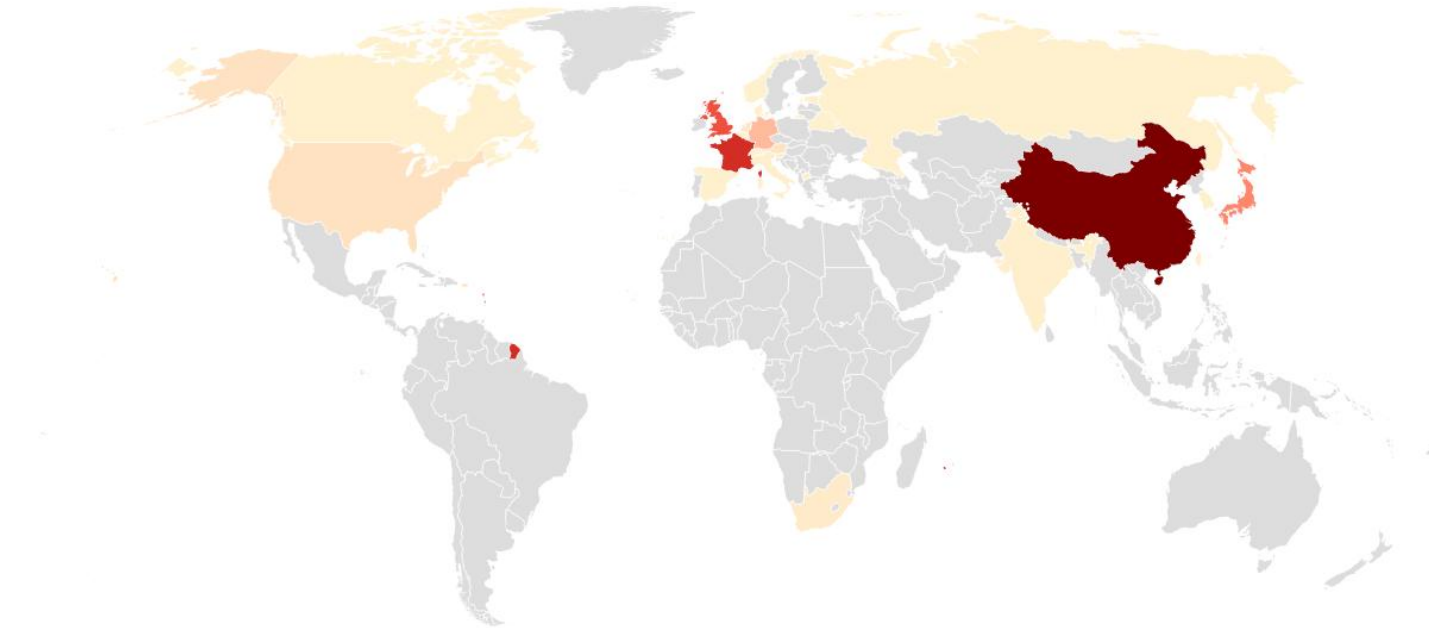
niebieska linia – zużycie pozorne w danym roku, czerwona linia – zużycie pozorne z uwzględnieniem średniej ruchomej za 3 okresy. Źródło: Polityka Surowcowa Państwa

Biorąc pod uwagę globalne i europejskie trendy w dziedzinie rozwoju elektromobilności, **szacuje się, że również w Polsce zapotrzebowanie na pierwiastki ziem rzadkich w perspektywie długoterminowej będzie wykazywało tendencje wzrostową.** Niemniej jednak prawdopodobnie do 2030 r. wzrost ten będzie raczej mało dynamiczny. **Szybsze tempo wzrostu prognozowane jest dopiero po roku 2030**, kiedy to rozwój elektromobilności w Polsce ma wejść w decydującą fazę. Sprzyjać temu będzie fakt, że coraz częściej międzynarodowe koncerny samochodowe wybierają Polskę jako lokalizację swoich zakładów produkcyjnych. Na zapotrzebowanie to mogą wpłynąć też planowane inwestycje związane z OZE, co powinno wpłynąć na zapotrzebowanie na komponenty zawierające metale ziem rzadkich.

Kierunki importu związków metali ziem rzadkich

w latach 2015-2024, wartość eksportu w zł

11K 105M

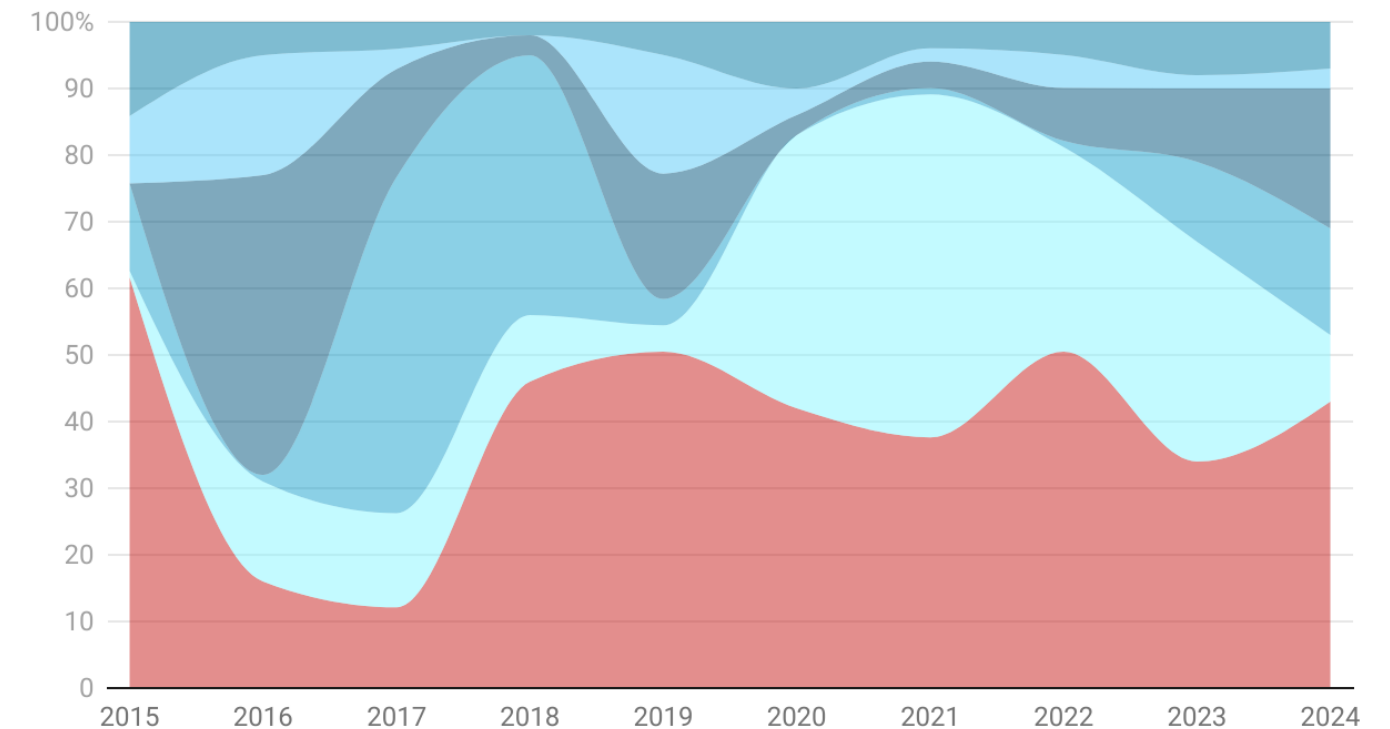


Source: Opracowanie własne na podstawie danych GUS • Created with Datawrapper

W przypadku surowców krytycznych (w tym REE) Unia Europejska w dużym stopniu jest uzależniona od eksportu z Chin. W latach 2016-2020 w zakresie ciężkich metali ziem rzadkich (HREE) udział surowców z Chin wyniósł 100%, a w zakresie lekkich metali ziem rzadkich (LREE) 85% (Sierocińska Michalski 2024). W przypadku Polski import związków REE do Polski w latach 2015-2024 był stosunkowo zróżnicowany geograficznie, co jednak najprawdopodobniej wiązało się z reeksportem z innych krajów europejskich. Większość importu pochodziła z Chin - 37%, z Francji pochodziło 23%, a 18% z Wielkiej Brytanii. Spoza tych krajów importowano REE z Japonii, Niemiec, USA, Austrii, Holandii i Republiki Południowej Afryki.

Struktura geograficzna importu związków REE do Polski

Chiny Francja Wielka Brytania Japonia Niemcy Pozostałe



Source: Obliczenia własne na podstawie danych GUS • Created with Datawrapper

Ze względu na niewielkie i zmienne wartości importu jego struktura w poszczególnych latach zmieniała się. Przejściowo w latach 2016-2017 nastąpił spadek udziału importu z Chin, a wzrost z krajów europejskich. Obecnie z ChRL importujemy ok. 40% związków REE (w latach 2016-2020 produkowały one 68% REE na świecie). Pomimo pozornego braku uzależnienia od importu z jednego źródła warto pamiętać, że **cały rynek jest jednak w dużym stopniu uzależniony od polityki głównego producenta czyli Chin**, a to wpływa także na podaż i ceny komponentów zawierających REE.

Tematyka REE w dokumentach strategicznych Polski jest tylko wzmiankowana

Niski stopień zapotrzebowania i nikłe zasoby powodują, że w polskich dokumentach strategicznych znaleźć można jedynie wzmianki o rynku metali ziem rzadkich – na ten moment nie są one uwzględnione w strategicznych kierunkach rozwoju kraju, jedynie wspomniane w częściach diagnostycznych lub zaakcentowane jako potencjalne kwestie problemowe w przyszłości.

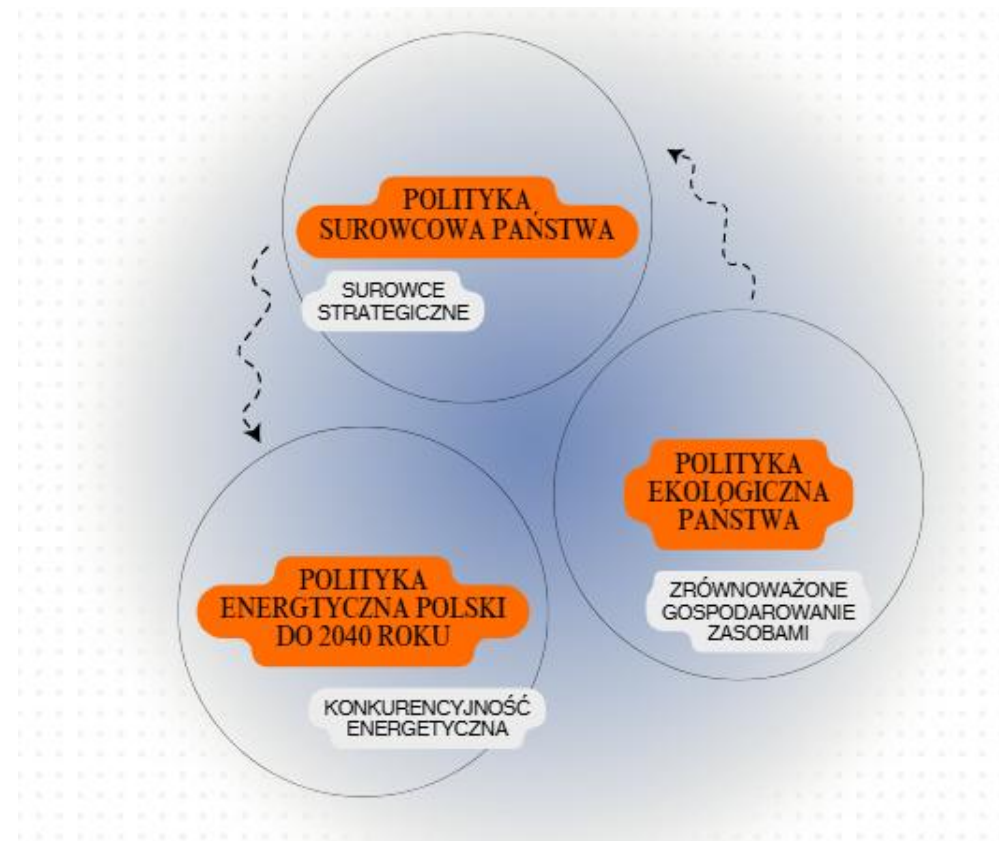
Dokumenty, w których pojawiają się wzmianki o metalach ziem rzadkich



Źródło: opracowanie własne

Współpraca na płaszczyźnie technologicznej jest kluczowa także ze względu na brak suwerenności technologicznej tak Polski, jak i UE, ponieważ wiele znaczących technologii wytwarzanych jest poza Europą. W tym kontekście znaczące będzie m.in. zapewnienie dostępu do kurczących się złóż metali ziem rzadkich, których zasobów Polska nie posiada. Będzie to trudne, ponieważ znacząca część tych złóż znajduje się pod kontrolą państw niedemokratycznych.

Źródło: projekt Koncepcji Rozwoju Kraju 2050



Oddziaływania między wybranymi politykami

Źródło: opracowanie własne na podstawie: *Polityka Surowcowa Państwa, Warszawa 2022, s.6-7*

Najważniejszym polskim dokumentem strategicznym w zakresie budowy sprawnego i efektywnego systemu zarządzania i gospodarowania wszystkimi rodzajami kopalin i surowców mineralnych w całym łańcuchu wartości oraz posiadanymi przez Polskę ich zasobami jest **Polityka Surowcowa Państwa do 2050 roku**, przyjęta uchwałą Rady Ministrów 1 marca 2022 r. jest bezpośrednio związana z Polityką Energetyczną Polski do 2040 roku, jak również Polityką Ekologiczną Państwa 2030.

Polityka Surowcowa Państwa określa **surowce strategiczne i krytyczne dla krajowej gospodarki**, uwzględniając jej indywidualną specyfikę. Przy dodatkowym uwzględnieniu surowców krytycznych dla Unii Europejskiej, wskazuje, które surowce są niezbędne dla realizacji wyznaczonych krajowych i europejskich celów gospodarczych.

W 2025 roku rozpoczęto przygotowywanie rozwiązań prawnych, których celem jest wzmocnienie bezpieczeństwa surowcowego Polski i UE. Jest to ustawa, która wdraża na grunt polski rozwiązania zapisy unijnego rozporządzenia CRMA. Ustawa ma na celu lepszą harmonizację zadań, monitorowanie ryzyka dostaw surowców krytycznych, opracowanie wieloletniego programu ich poszukiwań, a także utworzenie Centrum Analiz Surowcowych (PAP 2025).

Zadania związane z pozyskiwaniem REE realizuje Państwowy Instytut Geologiczny PIB

Brak koncentracji na REE nie oznacza jednak, że w Polsce nie podejmuje się działań w tym zakresie. Na przestrzeni ostatnich lat Państwowa służba geologiczna realizowała lub rozpoczęła kilku działań związanych z tym tematem. Były to odpowiednio:

1. **Ocena możliwości udokumentowania zasobów REE w wybranych perspektywicznych utworach osadowych obrzeżenia Gór Świętokrzyskich** (01.01.2022 - 31.03.2025).
2. **Opracowanie budowy geologicznej i ewolucji rejonu lubelskiego wraz z obszarami sąsiednimi** (strefą mazowiecką, blokiem Radom-Kraśnik, NE częścią wyniesienia górnego Sanu) **na podstawie zintegrowanej analizy danych geologicznych i geofizycznych** – etap I: kwerenda i integracja kluczowych danych (01.01.2024 - 31.12.2024).
3. **Bilans Zasobów Antropogenicznych Polski** – etap I (termin realizacji styczeń – grudzień 2024 r.) - celem realizacji zadania było rozpoczęcie bilansowania zasobów antropogenicznych zdeponowanych na hałdach i zwalówiskach pogórnich dla potrzeb Gospodarki Obiegu Zamkniętego, poprzez przeprowadzenie badań pilotażowych w wybranym województwie (śląskim), wybranym na podstawie analizy wielokryterialnej.
4. **Ocena możliwości pozyskiwania surowców rzadkich** (w szczególności niektórych metali) **z obszarów i złóż do tej pory nie rozpoznawanych pod tym kątem** (06.12.2018 – 21.01.2021). Celem było zbadanie możliwości występowania pierwiastków takich jak kobalt, wanad, bizmut, tellur w kilku zarzuconych złożach w Polsce. Stwierdzono, że jedynie złoża siarczków złota występujące w Sudetach można traktować jako potencjalne źródło pierwiastków śladowych (bizmutu czy telluru).

5. **Ocena potencjału złożowego REE w Polsce** (06.12.2018 – 22.01.2021). Celem było podsumowanie obecnego stanu wiedzy na temat występowania REE w Polsce oraz dokonanie pilotażowej oceny perspektyw ich nagromadzeń. Stwierdzono, że największe zawartości pierwiastków ziem rzadkich występują w koncentratkach minerałów ciężkich z piasków bałtyckich, w fosfogipsach z Wizowa i w otworze Niektłań PIG-1.
6. **Weryfikacja próbek geologicznych pod kątem zawartości LREE i HREE i niektórych pierwiastków promieniotwórczych oraz niektórych innych pierwiastków** (06.12.2018-22.01.2021). Celem była ocena zawartości REE, uranu, toru, hafnu i cyrkonu w rdzeniach wiertniczych pochodzących ze skał osadowych z terytorium Polski z wyłączeniem obszaru Polski północno-wschodniej. Stwierdzono istnienie jedynie nieznacznych wzbogaceń w metale ziem rzadkich i tor.

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy został założony w 1919 roku i pełni rolę państwowej służby geologicznej. W instytucie zatrudnionych jest ok. 900 osób. Główna siedziba znajduje się w Warszawie, posiada także siedem oddziałów regionalnych. Instytut prowadzi aktywną działalność badawczo-rozwojową oraz współpracę krajową i międzynarodową w zakresie nauk o Ziemi.

Trzy kluczowe obszary działalności instytutu to energia, surowce i środowisko. Filar związany z surowcami obejmuje m.in. rozpoznawanie zasobów kopalin i warunków ich eksploatacji. PIG-PIB jest realizatorem działań wskazanych w Polityce Surowcowej Państwa.

Współpraca międzynarodowa Polski w zakresie geologii i surowców

obowiązujące porozumienia (2025)



Źródło: Ministerstwo Klimatu i Środowiska • Narzędzie: Datawrapper

Współpraca międzynarodowa Polski w zakresie REE dotyczy przede wszystkim Mongolii

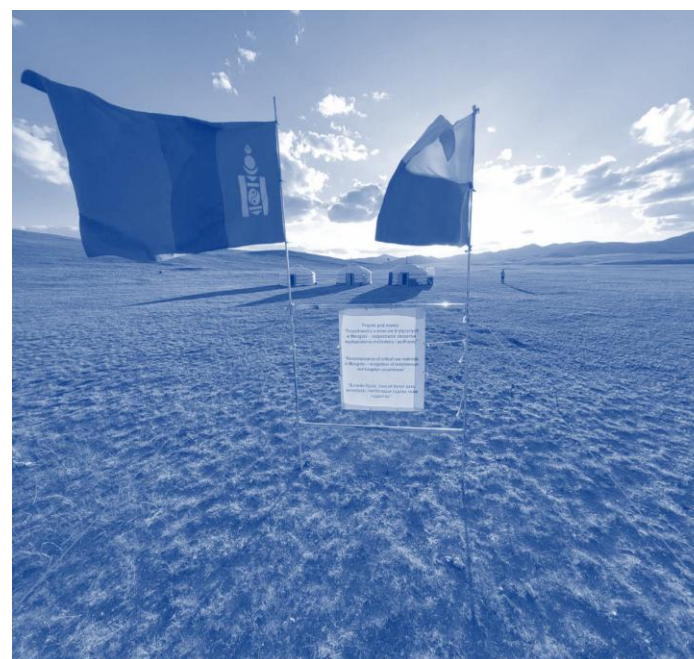
Jednym z ważnych elementów realizacji Polityki Surowcowej Państwa jest **współpraca międzynarodowa w celu tworzenia właściwych ram współpracy oraz zawierania partnerstw surowcowych z krajami będącymi w posiadaniu zasobów surowców naturalnych, których brakuje w kraju.**

Jedną z najdłuższych współprac w zakresie dostępu do metali ziem rzadkich było **partnerstwo Polski z Mongolią**, która posiada relatywnie duże złoża REE. **Pierwsza polska ekspedycja do Mongolii oraz pierwsza umowa o współpracy sięgają 1961 roku.** Następnie, pod koniec lat 80. realizowany był projekt dotyczący poszukiwania metali ziem rzadkich w Mongolii. W 2011 r., w 50-tą rocznicę tej współpracy delegacja mongolska odwiedziła

Państwowy Instytut Geologiczny. Podczas spotkania omówiono wyniki prac geologicznych w projekcie oceny zasobów surowców metalicznych w rejonie Hsagth, koordynowanych przez PIG-PIB zgodnie z Porozumieniem wykonawczym do umowy polsko-mongolskiej.

Z kolei w 2014 roku w Ułan Bator odbyło się **polsko-mongolskie Forum Gospodarcze** z udziałem około 40 polskich firm. Głównym tematem spotkania było **potencjalne wykorzystanie ogromnych złóż metali ziem rzadkich** zalegających pod powierzchnią Mongolii.

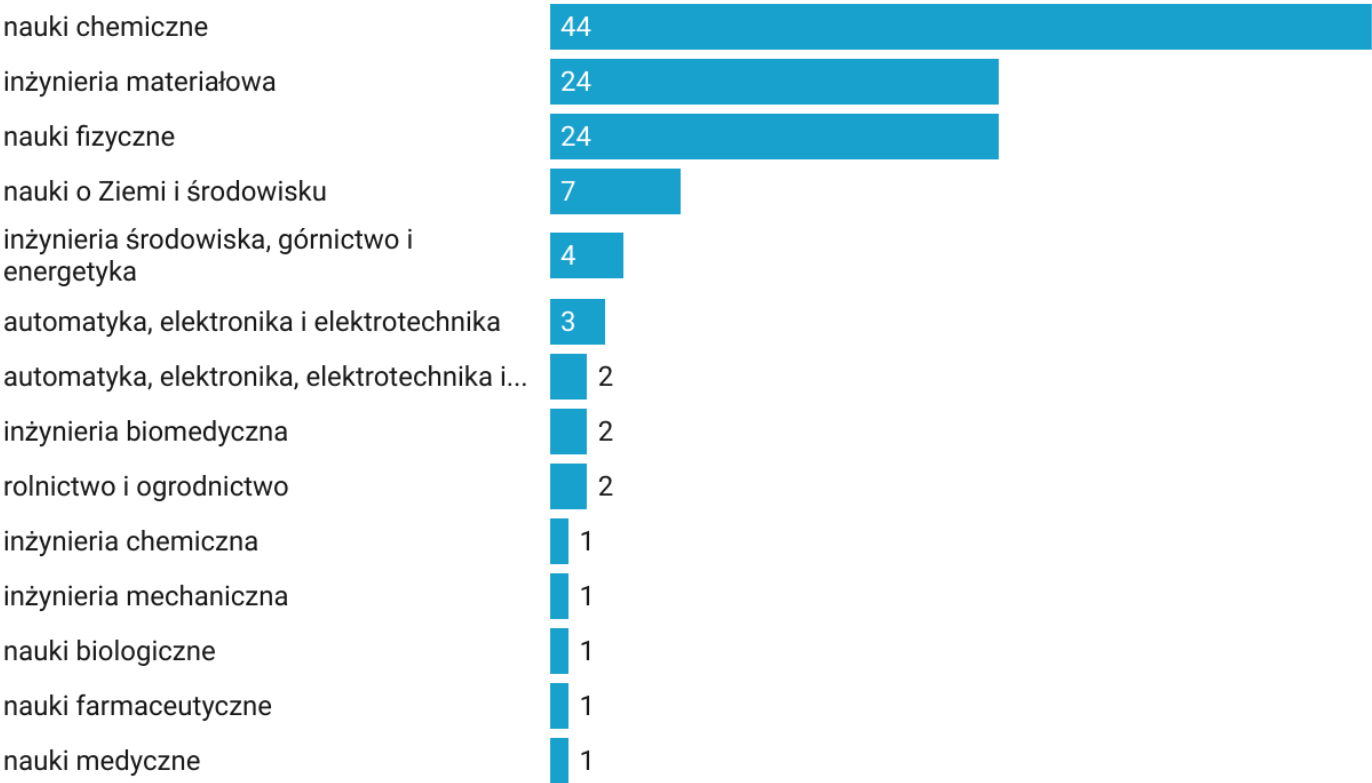
Temat powrócił w 2023 r. przy okazji Polsko-Mongolskiego Forum Gospodarczego. W wydarzeniu wzięło zorganizowanym przez Polską Agencję Inwestycji i Handlu oraz Mongolską Agencję Inwestycji i Handlu udział ponad 200 firm oraz liczni przedstawiciele instytucji rządowych i organizacji wsparcia biznesu z obu krajów. Podczas forum **o współpracy polsko-mongolskiej rozmawiali Prezydent RP Andrzej Duda oraz Prezydent Mongolii Uchnagijn Churelsuch.**



Podpisanie w 2022 r. Memorandum z Mongolią umożliwiło rozpoczęcie planowanego zadania państwa wykonywanego przez państwową służbę geologiczną - "Poszukiwania surowców krytycznych w Azji (Mongolia)". Realizacja zadania przewidziana jest do 30.04.2026. Zadanie ma na celu rozpoznanie i ocenę geologiczną danych z różnych regionów Mongolii pod kątem wydobywania surowców krytycznych oraz analizę i interpretację wyników badań (PIG 2023).

Projekty naukowe z Polski związane z REE według dziedzin

za lata 2017-2025



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z RAD-on • Narzędzie: Datawrapper

Projekty naukowe związane z REE to głównie badania podstawowe

Oprócz działań o charakterze praktycznym w Polsce prowadzi się także badania dotyczące tematyki metali ziem rzadkich. W bazie RADon za lata 2017-2025 znajduje się **117 projektów** naukowych lub badawczych dotyczących metali ziem rzadkich realizowanych przez 33 unikatowe podmioty nauki polskiej. Projekty były bardzo zróżnicowane pod względem zakresu tematycznego, dziedzin nauk i samego potencjalnego zastosowania wyników. Łączna wartość projektów to **85 mln zł**, z czego **aż 85%** przypadało na 3 dziedziny: nauki chemiczne, inżynierię materiałową i nauki fizyczne.

Źródłem finansowania zdecydowanej większości projektów są środki z NCN, co jednoznacznie wskazuje na **eksploracyjny charakter prowadzonych badań**. Projekty o **charakterze aplikacyjnym** - finansowane m.in. za pośrednictwem NCBR **stanowią kilka procent** ich ogólnej liczby. W latach 2017-2025 **33 jednostki naukowe i badawcze** zajmowały się tematyka metali ziem rzadkich. Zdecydowana **większość** projektów **realizowana jest samodzielnie**. Projekty w konsorcjum stanowią mniej niż 10%.

Jednostki naukowe z największą liczbą projektów dotyczących REE

Etykiety wierszy	Liczba projektów	Środki przyznane na realizację projektu OGÓŁEM (PLN)
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. Włodzimierza Trzebiatowskiego Polskiej Akademii Nauk	17	18 970 556,0
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	12	9 050 221,0
Uniwersytet Warszawski	8	6 844 766,0
Narodowe Centrum Badań Jądrowych	3	5 603 200,0
Politechnika Wrocławska	5	5 039 035,5
Instytut Fizyki Molekularnej Polskiej Akademii Nauk	5	4 982 740,0
Akademia Górniczo-Hutnicza im, Stanisława Staszica w Krakowie	8	4 082 310,4
Politechnika Białostocka	7	4 006 250,0
Politechnika Częstochowska	2	3 309 557,2
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych	1	3 126 236,3

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RAD-on

Analiza projektów wskazuje, że mamy do czynienia z ograniczoną ich koncentracją – **13** jednostek naukowych realizowało **tylko jeden projekt**, co może świadczyć o marginalnym znaczeniu tej tematyki z punktu widzenia ogółu prowadzonych prac badawczych.

Z drugiej strony **16 jednostek** realizowało **przynajmniej 3 projekty**. **Rekordzistą jest Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN** z 17 projektami, ich wartość stanowi około 1/5 wartości wszystkich projektów w tym temacie, a także **Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z 12 projektami** na łączną kwotę około 9 mln zł.

Wyróżniającym się projektem (pod względem wartości oraz składu konsorcjum badawczego) jest **projekt METALLICO realizowany przez Sieć Łukasiewicza - Instytut Metali Nieżelaznych w ramach programu Horyzont**, którego łączna wartość to ponad 55 mln zł, z czego IMN otrzymał ponad 3 mln zł. Głównym celem projektu METALLICO jest opracowanie technologii odzysku metali bateryjnych – Li, Co, Cu, Mn i Ni ale projekt ma też potencjał do wykorzystania w odzysku REE.

Najbardziej aktywne jednostki naukowe i tematyka ich projektów związanych z REE

Instytut Fizyki Molekularnej - PAN	• materiały magnetyczne • stopy metali • magnesy • symulacje komputerowe
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	• chemia • ftoluminescencja • materiały funkcjonalne
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych - PAN	• nanokryształy • luminescencja, mechanizmy luminescencji • fotoprzewodnictwo, emisja fotonów, • czujniki

Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu	• chemia • nanomateriały • luminescencja • fotonika
Akademia Górniczo – Hutnicza w Krakowie	• bioszklą • luminescencja • ceramika • inżynieria tkankowa • medycyna regeneracyjna • materiały magnetyczne
Uniwersytet Warszawski	• nanaocząsteczki • luminescencja • magnetyzm • mineraologia
Politechnika Białostocka	• bioszklą • luminescencja • światłowody
Politechnika Śląska	• stopy metali • materiały hybrydowe • kompozyty • spektroskopia
Politechnika Wrocławska	• związki metali • powłoki • odzysk metali • markery chemiczne • obrazowanie

W polskich projektach naukowych dominuje tematyka związana z zastosowaniami REE...

Projekty naukowe prowadzone w Polsce są zróżnicowane tematycznie, przede wszystkim dotyczą **wykorzystania REE w nowych materiałach**:

1. Materiały optoelektroniczne i fotonika

- Szkła i ceramiki luminescencyjne;
- Synteza i charakterystyka nanomateriałów do zastosowań w optoelektronice,
- Termometry optyczne;

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: wyświetlacze, diody LED, czujniki narzędzia obrazowania; w różnych gałęziach przemysłu

2. Materiały magnetyczne i ich zastosowania

- Poszukiwanie zamienników dla magnesów trwałych
- Badanie właściwości magnetycznych,
- Nowe materiały magnetyczne i magnetokaloryczne, nanomagnes molekularne

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: magnesy wykorzystywane w różnych gałęziach przemysłu np. motoryzacji, elektronice, energetyce wiatrowej; przechowywanie danych; nowoczesne systemy chłodzenia

3. Materiały bioaktywne i biomedyczne

- Bioszkła wielofunkcyjne
- Nanomateriały do bioobrazowania
- Badania nad właściwościami stopów, metali z domieszkami REE

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: medycyna regeneracyjna, ortopedia i stomatologia; diagnostyka i leczenie nowotworów i innych chorób;

4. Technologie katalityczne i chemiczne

- Badania nad nowymi efektywnymi katalizatorami
- Badania nad procesami utleniania

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: katalizatory, szczególnie na potrzeby przemysłu chemicznego, energetyki i ochrony środowiska np. oczyszczenie wody

5. Materiały do magazynowania i konwersji energii

- Badania nad materiałami do ogniw paliwowych
- Superprzewodniki
- Materiały do magazynowania tlenu

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: magazynowanie energii, produkcja energii. medycyna – badania rezonansowe., transport

6. Technologie odzyskiwania i recyklingu

- Technologie odzyskiwania pierwiastków ziem rzadkich z odpadów elektronicznych
- Technologia odzyskiwania pierwiastków ziem rzadkich z popiołów

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: recykling i odzysk materiałów krytycznych; gospodarka o obiegu zamkniętym w różnych gałęziach przemysłu

7. Inżynieria materiałowa i nowe technologie

- Opracowanie powłok ochronnych
- Badania nad nowymi materiałami kompozytowymi
- Synteza i charakterystyka nanomateriałów o różnych zastosowaniach
- Badania struktury i właściwości materiałów, w tym spektroskopia

Potencjalne zastosowanie wyników w praktyce: powłoki odporne na korozję, wysoką temperaturę itd.; nowe materiały kompozytowe w konstrukcjach, budownictwie i nowe nanomateriały do zastosowań w różnych gałęziach przemysłu

8. Badania mineralogiczne i geochemiczne

- Badania nad minerałami zawierającymi pierwiastki ziem rzadkich
- Mechanizmy przeobrażeń minerałów
- Bioakumulacja pierwiastków ziem rzadkich w roślinach

9. Badania ekologiczne i środowiskowe

- Badania nad zanieczyszczeniem środowiska pierwiastkami ziem rzadkich i ich wpływem na organizmy
- Wpływ na organizmy wodne i lądowe

Przykłady konferencji, z których pochodzą publikacje pokonferencyjne artykułów polskich naukowców

8th Scientific-Technical Conference on Material Problems in Civil Engineering (MATBUD'2018; 2018; Polska)
NanoCon2019: 11th International Conference on Nanomaterials - Research & Application: 2019, Czechy
METAL 2023: 32st International Conference on Metallurgy and Materials, Czechy
XIV Konferencja Naukowa Technologia Elektronowa ELTE 2023, 2023; Polska

...a pozyskiwanie REE pojawia się sporadycznie

Projekty stricte powiązane z pozyskaniem metali ziem rzadkich i tym samym bezpośrednio przyczyniające się ograniczenia zależności od dostawców REE, **są sporadyczne** –dotyczą odzyskiwania i separacji z odpadów pokopalnianych, chemicznych i elektronicznych

Przeważają projekty dotyczące procesów, procedur chemicznych – otrzymania nowych materiałów, powłok, mieszanin z wykorzystaniem jonów metali rzadkich do różnych zastosowań. W tej grupie zauważalna liczba projektów eksploracyjnych, w których nie określono lub nie doprecyzowano potencjalnego zastosowania otrzymanych wyników. Projekty te w pośredni sposób mogą (nie muszą) wpływać na uniezależnienie się od źródeł dostaw REE m.in. przez opracowanie mniej zasadochłonnych (metalochłonnych) technologii lub procedur, które mogą zastąpić wykorzystywane obecnie.

Prowadzone w Polsce badania naukowe związane z wykorzystaniem, zastosowaniem lub pozyskaniem metali ziem rzadkich w największym stopniu mogą znaleźć zastosowanie praktyczne w dziedzinie medycyny/zdrowia; energetyce/magazynowaniu energii; optoelektronice; inżynierii materiałowej oraz ochronie środowiska.

Przykłady projektów:

Odzyskiwanie lantanowców i innych metali ze zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE) - (ERA-NET; Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN)

MOHMARER - Nowoczesne hybrydowe materiały przeznaczone do odzysku pierwiastków ziem rzadkich z popiołów lotnych pochodzących ze spalania węgla (Program Polsko-Norweskiej Współpracy Badawczej; Politechnika Śląska)

METALLICO - Demonstracja odzysku metali akumulatorowych z pierwotnych i wtórnych zasobów dzięki zrównoważonej metodologii przetwarzania (UE, HORYZONT; Instytut Metali Nieżelaznych - SBŁ)

Modelowanie hydrometalurgicznych procesów odzysku metali z polimetalicznych odpadów chemicznych (NCN, Politechnika Wrocławska)

Kompozyty na bazie alginianu jako perspektywa odzysku pierwiastków ziem rzadkich - surowców krytycznych (NCN, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie)

Czasopisma według liczby zamieszczonych artykułów o tematyce REE

Tytuł czasopisma	liczba publikacji
Minerals	17
Journal of Alloys and Compounds	14
Materials	13
Journal of Luminescence	12
Polyhedron	11
MOLECULES	9
Optical Materials	9
LITHOS	8
Przemysł Chemiczny	8
Energies	7
CHEMOSPHERE	6
Science of the Total Environment	6
Scientific Reports	6
CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL	5
Mining Machines	5
ORE GEOLOGY REVIEWS	5
Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining Conference Proceedings	5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RAD-on

Polscy naukowcy także publikują w tej tematyce

W bazie RADon za lata 2017-2025 znajduje się **500 publikacji** polskich naukowców o tematyce metali ziem rzadkich. Zdecydowana większość z nich – ponad 85% to publikacje angielskojęzyczne, niecałe 15% opublikowane zostały w języku polskim. Większość - **464 publikacji to artykuły**; 35 –to rozdziały.

Jeśli chodzi o samo **pozyskiwanie REE** to analiza danych z innego źródła - Web of Science - (przy zastosowaniu innych słów kluczowych) pokazuje, że z Polsce w latach 2015-2025 można przypisać 153 artykuły naukowe indeksowane w tej bazie. Polskie instytucje finansujące badania, których wyniki zostały przedstawione w publikacjach to m.in. Narodowe Centrum Nauki (25) i **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (14)** i FNP (3). Przy tej okazji warto jednak zaznaczyć, że nie musi to być pełna liczba artykułów – nazwy poszczególnych instytucji często są wpisywane na kilka różnych sposobów.

Najpopularniejsza tematyka publikacji to charakterystyka i separacja REE, ich właściwości fizykochemiczne oraz zastosowania technologiczne

W publikacjach znacznie **częściej niż w tematyce projektów badawczych pojawia się zagadnienie pozyskania i separacji** metali ziem rzadkich. Artykuły te mają często **charakter eksploracyjny**. Prezentują nową wiedzę **wymagającą dalszych badań nad możliwymi zastosowaniami** (np. analizy chemicznej i geochemicznej próbek zawierających pierwiastki ziem rzadkich; wyniki badań składu chemicznego, rozkładu pierwiastków oraz ich związków z minerałami i matrycami geologicznymi).

Istotną część publikacji polskich naukowców stanowią te dotyczące **procesów i procedur chemicznych związanych z właściwościami i zachowaniami** metali ziem rzadkich w różnych środowiskach lub właściwościami różnorodnych materiałów/ związków zawierających REE.

Wśród **kluczowych właściwości metali ziem rzadkich** opisywanych w analizowanych publikacjach **na pierwsze miejsce wysuwają się właściwości magnetyczne, optyczne i luminescencyjne**. W tym przypadku **właściwości te opisywane są pod kątem ich praktycznego zastosowania** w technologiach i produktach, przede wszystkim z obszaru elektroniki, energetyki i medycyny.

W ostatnich latach pojawia się także (na razie nieliczna) **grupa publikacji dotycząca wykorzystania nowoczesnych technologii, szczególnie AI na potrzeby modelowania i symulacji** procesów związanych z pierwiastkami ziem rzadkich, w tym optymalizacji procesów separacji.

Generalnie tematykę publikacji można podzielić na trzy grupy:

POZYSKANIE METALI ZIEM RZADKICH I ICH WŁAŚCIWOŚCI

1. Charakterystyka i separacja pierwiastków ziem rzadkich –

metody separacji i analizy pierwiastków ziem rzadkich oraz innych metali, z wykorzystaniem technik chromatograficznych i spektrometrycznych.

opracowywanie nowych metod analitycznych, optymalizacji istniejących procesów

badania właściwości chemicznych i fizycznych pierwiastków ziem rzadkich

2. Procesy hydrometalurgiczne i odzysk metali

procesy hydrometalurgiczne,

odzysku metali z różnych źródeł, takich jak baterie NiMH, popioły lotne i magnesy neodymowe

metody ługowania, ekstrakcji rozpuszczalnikowej inne techniki separacji i odzysku metali ziem rzadkich i innych cennych pierwiastków

ZASTOSOWANIA METALI ZIEM RZADKICH

1. Zastosowania i właściwości materiałów zawierających metale

różne zastosowania i właściwości materiałów zawierających metale ziem rzadkich, w tym magnesy trwałe, minerały akcesoryczne oraz ceramiki

wpływ metali ziem rzadkich na właściwości mechaniczne, magnetyczne i chemiczne materiałów

potencjalne zastosowania w przemyśle i technologii

mechanizmy degradacji, zmiany strukturalne i chemiczne oraz ich wpływ na właściwości materiałów.

2. Właściwości luminescencyjne i elektroluminescencyjne

właściwości luminescencyjne i elektroluminescencyjne różnych materiałów zawierających metale ziem rzadkich, takich jak tlenki glinu, kompleksy polimerowe, nanomateriały i inne.

analiza emisji światła, mechanizmy luminescencji

potencjalne zastosowaniach w technologii oświetleniowej i optoelektronice

WPŁYW ŚRODOWISKA NA MATERIAŁY ZAWIERAJĄCE METALE ZIEM RZADKICH

wpływ różnych warunków środowiskowych, takich jak starzenie, zmiany hydrotermalne i inne procesy geologiczne, na materiały zawierające metale ziem rzadkich

wpływ metali ziem rzadkich na zdrowie ludzkie i stan środowiska

Polskie jednostki naukowe zgłaszające do ochrony wynalazki związane z metalami ziem rzadkich

Jednostka	liczba zgłoszeń
Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki	7
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie	6
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych o PAN	5
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu	3
Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie	3
Narodowe Centrum Badań Jądrowych	2
Politechnika Wrocławska	2
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie	2
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej	1
Instytut Fizyki Polskiej Akademii Nauk	1
Instytut Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera PAN	1
Politechnika Łódzka	1
Politechnika Warszawska	1
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych	1
Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki	1
Sieć Badawcza Łukasiewicz - PORT Polski Ośrodek Rozwoju Technologii	1
Uniwersytet Gdański	1
Uniwersytet Jana Długosza w Częstochowie	1
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie	1
Uniwersytet Śląski w Katowicach	1
Uniwersytet Wrocławski	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych RAD-on

Polskie podmioty rzadko patentują w tematyce REE

Polskie jednostki naukowe w okresie 2016 – 2024 dokonały **42 zgłoszeń patentowych na wynalazek i 1 zgłoszenie ochronne na wzór użytkowy**. Dwa zgłoszenia dotyczyły ochrony na terenie innym niż Polska – USA oraz kraje należące do Europejskiego Urzędu Patentowego (EPO, European Patent Office). Zgłoszenia te dotyczyły jednego wynalazku Instytutu Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN (źródło światła białego, w którym elementem optycznie aktywnym jest matryca tlenkowa domieszkowana jonami ziem rzadkich) Zgłoszenia patentowe pochodzą z 21 jednostek naukowych i badawczych w Polsce.

Zdecydowana większość zgłoszeń pochodzi z jednej jednostki, 5 zgłoszeń zgłosiło więcej niż jedna jednostka. **Ponad połowa zgłoszeń wywodzi się z nauk chemicznych** – m.in.. nowych nanomateriałów i roztwory lub metod ich uzyskania. **Tylko 2 wynalazki związane są bezpośrednio z odzyskiem metali ziem rzadkich** dotyczą sposobu hydrometalurgicznego odzysku neodymu ze złomu magnesów neodymowych oraz sposobu odzysku metali ziem rzadkich z popiołów lotnych. Dodatkowo jedno zgłoszenie dotyczy biosorpcji REE roztworów wodnych. Wśród zgłoszeń praktycznych zastosowań wynalazków dominowały te z zakresu luminescencji i zastosowań w materiałach optycznych lub materiałach magnetycznych.

Tematyka patentów w poszczególnych obszarach jest następująca:

- 1. Chemia** - Materiały, Nanomateriały, Synteza chemiczna
- 2. Fizyka** - Źródła światła, Materiały optyczne i magnetooptyczne
- 3. Inżynieria** – Katalizatory, Szkła, Stopy metali, Odzysk metali
- 4. Biotechnologia** - Biosorpcja REE
- 5. Medycyna** - Radioizotopy – odzysk i separacja
- 6. Inne** - Zabezpieczanie odpadów promieniotwórczych

Biosorpcja REE to innowacyjna, ekologiczna metoda wykorzystująca materiały biologiczne (zarówno żywe jak i martwe, np. algi, bakterie, biomasę) do selektywnego wiązania i usuwania pierwiastków metali ziem rzadkich z roztworów wodnych, takich jak odpady przemysłowe czy zasoby naturalne i łączenia ich z biomasą. Metoda ta jest alternatywą dla energochłonnej i zanieczyszczającej środowisko tradycyjnej ekstrakcji tych metali.

Także dane z bazy EPO - Espacenet, uwzględniające także polskie przedsiębiorstwa, pokazują bardzo niewielką skalę udzielanej ochrony patentowej wynalazkom związanym z o zastosowaniem/ wykorzystaniem REE.

Jednostki z Polski posiadające więcej niż 1 patent

nazwa jednostki	kraj	liczba patentów
Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych PAN		7
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu		4
Wrocławskie Centrum Badań EIT+ Sp. z o.o.		4
Politechnika Warszawska		3
Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie		3
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie		2
Politechnika Białostocka		2
Uniwersytet Gdański		2
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny		2
Uniwersytet Śląski		2
Nano-Tech Polska" sp. z o.o. sp. k		2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie EPO (espacenet) • Narzędzie: Datawrapper

Według bazy Espacenet polskie instytucje łącznie posiadają 38 patentów (rodzin patentowych). Ich liczba nieznacznie zwiększyła się w ostatnich latach (z poziomu 1-3 patentów) do 5-8 rocznie w ostatnich trzech latach. Patentują głównie jednostki naukowe. Przedsiębiorstwa patentujące to min: Azoty Puławy, Synthos, Nano-Tech Polska, Univect, Lumekko. Dr hab. Agata Szczeszak, która jest pracownikiem UAM i współzałożycielką Lumekko jest autorką 4 patentów.

Z Polski właścicielami patentów są Uniwersytet Śląski, Uniwersytet Warszawski, AGH w Krakowie. Jeden z patentów powstał we współpracy z badaczami ze Szwecji. Jeden patent został zgłoszony przez osobę prywatną (prezesa przedsiębiorstwa – Golden Dust Mining House , spółki w którą zainwestował jeden z funduszy VC wpieranych przez NCBR).

Żaden z wynalazców z Polski nie uczestniczył w opracowywaniu patentu dla podmiotu spoza kraju.

W takim ujęciu tematyka patentów z Polski dotyczy **procesów chemicznych związanych z pozyskiwaniem REE, separacji metali i wartościowych minerałów, syntezy chemicznej oraz luminoforów.**

Lumekko sp. z o.o. jest założonym w 2020 roku białostockim startupem. Oferuje on produkty – nanomateriały występujące w postaci ciała stałego lub w formie ciekłej, które umieszczone w innych materiałach nadają im cechę świecenia o przestrajalnej barwie. Materiały te mogą posłużyć do różnego typu zabezpieczeń chroniących produkty i dokumenty przed podrabianiem, świecą po aktywacji światłem ultrafioletowym lub podczerwonym.

Patent zgłoszony przez Lumekko dotyczy produkcji materiałów polimerowych zawierających nanokryształy domieszkowany jonami lantanowców.

Tylko pięć projektów dofinansowanych przez NCBR dotyczyło pozyskiwania REE

Projekty badawcze o charakterze aplikacyjnym, które dotyczą metali ziem rzadkich także są finansowane przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. W ujęciu szerokim Centrum w latach 2007-2024 dofinansowało kilkaset projektów, dotyczących technologii w których ważną rolę odgrywają pierwiastki metali ziem rzadkich. W szczególności dotyczyło to technologii opartych na: **wykorzystaniu laserów** (181 projektów) i **odnawialnych źródeł energii opartych na fotowoltaice i turbinach wiatrowych** (105 projektów).

Jednak tylko 5 projektów badawczych dotyczyło bezpośrednio **sposobów pozyskiwania REE**, głównie na drodze recyklingu. Projekty były realizowane w ramach Programu Badań Rozwojowych, ERA NET LAC, Program Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (POIG) i Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (POIR).

Trzy z nich było realizowanych w instytutach badawczych, a 2 w przedsiębiorstwach łączna wartość projektów **wyniosła 54 mln zł, z czego 92% przypadało na jeden projekt** (z którego realizacji ostatecznie odstąpiono).

Chrolologicznie pierwszy projekt dotyczył otrzymywania skandu. Był realizowany przez Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w latach 2009-2012 i był stosunkowo niedużej wartości (300 tys. zł). Dotyczył **otrzymywania beznosnikowego skandu-47** - radionuklidu dla radiofarmaceutyków terapeutycznych. Badanie potwierdziło, że istnieje możliwość otrzymywania w przewidziany sposób (naświetlanie neutronami) terapeutycznych ilości Sc47.

Projekt dotyczący odzyskiwania lantanowców i innych metali ze zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego (ZSEE) był realizowany w latach 2010-2014 przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów (PIAP). Zastosowanie reaktora plazmowego umiało umożliwić odzysk metali szlachetnych i metali ziem rzadkich z wybranych odpadów elektrycznych i elektronicznych. Projekt otrzymał nagrodę w konkursie Panteon polskiej ekologii.

Trzeci projekt także dotyczył **pozyskiwania REE z materiałów odpadowych**. W tym przypadku chodziło o pozyskiwanie lantanowców z odpadowych fosfogipsów.

Realizowała go spółka giełdowa Skotan S.A, której działalność skupia się wokół zdrowia (w 2022 roku spółka przeszła rebranding i jej obecna nazwa to onesano). Dofinansowany był ze środków Funduszy Europejskich w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka. Wartość projektu to 50,2 mln zł, a faktycznie poniesione w nim wydatki wyniosły ok. 9,5 mln zł. Projekt rozpoczął się w 2012 roku, w 2015 roku odstąpiono od jego realizacji. Powodem był brak możliwości opracowania opłacalnej ekonomicznie technologii łączącej odzyskiwanie lantanowców i zagospodarowującej pozostałości poprodukcyjne. Odstąpiono tym samym od budowy instalacji pilotażowej do wyodrębniania metali ziem rzadkich ze zlokalizowanej w Wizowie hałdy fosfogipsu.

Z tematyką odzysku był związany także kolejny projekt, tym razem realizowany w latach 2017-2020 przez Instytut Niskich Temperatur i Badań Strukturalnych im. W. Trzebiatowskiego PAN. Jego celem było opracowanie **procesu ekstrakcji metali z elektroodpadów**, przede wszystkim lantanowców, np. pyłu luminoforu pozyskiwanego ze świetlówek. Środki w wysokości 341 tys. zł pochodziły z międzynarodowego programu EraNet.

Także ze środków europejskich (z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój) był realizowany ostatni jak dotąd projekt w tej tematyce. Podobnie jak poprzednie dotyczył **technologii odzysku**. Odzyskane metale ziem rzadkich i metale szlachetne miały posłużyć do produkcji elementów węglanowych ogniwo paliwowych. Wartość projektu to 1,2 mln zł, beneficjentem była Agencja Ochrony Środowiska Ekopark s.j., a podwykonawcą Wydział Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej.

Otrzymane wyniki w badaniach nie znalazły zastosowania przemysłowego. Powodem był albo eksperymentalny charakter prac, kwestia regulacji prawnych z zakresu ochrony środowiska, które wymagają przeprowadzenia oceny oddziaływania na środowisko albo złożoność procesu i stosunkowo niewielkiej skali odzyskiwanego materiału. Nawet w przypadku otrzymania założonych wyników na przeszkodzie stawał najważniejszy fakt - **ekonomiczna opłacalność opracowanych technologii**. Jedną z deklarowanych przyczyn braku opłacalności były m.in. wahania cen na rynku metali ziem rzadkich, w danym momencie warunkowane postępowaniem metod recyklingowych w obszarze pierwiastków rzadkich oraz zmniejszeniem popytu spekulacyjnego.

Podsumowanie i rekomendacje

Polska może pełnić bardziej aktywną rolę niż dotychczas

Tematykę metali ziem rzadkich, można rozpatrywać w kilku wymiarach.

W wymiarze politycznym, strategicznym podkreśla się rolę Chin przez i ich możliwości korzystania z pozycji monopolisty, w tym kontroli podaży tych metali.

Łączy się to z **wymiarem ekonomicznym**, w którym obniżanie przez Chiny ich cen może prowadzić do tego aby z jednej strony ich własna działalność nadal była rentowna (mogą sobie na to pozwolić z tego powodu, że są w posiadaniu olbrzymich złóż tych metali, a przez to ich skala działalności jest znacznie większa niż producentów zachodnich), a jednocześnie na tyle niska aby prowadzenie kopalni albo też działalność związana z recyklingiem dla firm zachodnich była na granicy opłacalności albo wręcz prowadziła do generowania strat. Skutkiem tego m.in. jest to, że firmy zajmujące się recyklingiem koncentrują się na innych surowcach krytycznych a nie na metalach ziem rzadkich (taki kierunek obrał np. polski Elemental, który zajmuje się przede wszystkim recyklingiem platynowców, miedzi, czy złota z prostego powodu, bo recykling metali ziem rzadkich jest bardzo skomplikowany, ale i bardzo kosztowny, a w efekcie nieopłacalny ekonomicznie).

Wymiar ekonomiczny wiąże się też ze środowiskowym i regulacyjnym. **Regulacje środowiskowe** stanowią jedną z podstawowych barier (poza kosztem pozyskania surowców potrzebnych do badań w zakresie odzyskania, czy recyklingu) do rozwoju pozyskiwania REE w Polsce.

Fakt, że w Polsce nie ma u nas żadnych znaczących nie tylko złóż tych metali ale także prawdopodobnie i samych rezerw, skutkuje tym, że **w zakresie technologii** w Polsce prowadzi się u nas badania przede wszystkim nad odzyskiwaniem, czy recyklingiem tych metali. Prowadzi się je w wielu ośrodkach naukowych, takich prób podejmowały się także firmy, ale ich komercjalizacja jak dotychczas kończyła się niepowodzeniem.

Wyzwania na rynku metali ziem rzadkich są znacznie większe niż w przypadku innych rynków surowców krytycznych, ale jednocześnie do wygrania jest tu znacznie więcej. W myśl zasady, że tam gdzie istnieje bardzo duże ryzyko niepowodzenia istnieje też największy potencjał do osiągnięcia bardzo dużego zysku.

Ze względu na wagę nie tylko strategiczną (geopolityczną), ale także **gospodarcze społeczne znaczenie metali ziem rzadkich**, które wykorzystywane są w transformacji energetycznej, w przemyśle chemicznym, samochodowym, sektorze zbrojeniowym, zastosowaniach medycznych) uczestnictwo lub finansowanie projektów, których celem jest zapewnienie suwerenności w tym zakresie należy uznać za ważne. W związku z tym warto:

- rozważyć uruchomienie programu dotyczącego technologii materiałowych (takiego jak w przeszłości TECHMATSTRATEG), wśród których jednym z tematów będą szeroko rozumiane surowce krytyczne, w tym metale ziem rzadkich
- rozważyć uruchomienie ścieżki lub odrębnego programu, który wspierałby rozwój kadr w zakresie technologii materiałowych ze szczególnym naciskiem na specjalizacji powiązane z surowcami krytycznymi w tym metalami ziem rzadkich.
- w zakresie wspieranych technologii nie ograniczać się tylko do recyklingiem i odzyskiem metali ziem rzadkich i innych surowców krytycznych, ale także do tych, na różnych etapach łańcucha wartości (np. wykorzystanie nowych technologii w zakresie identyfikacji złóż, technologii substytucji REE).

Polska nie powinna być tylko odbiorcą gotowych produktów nowoczesnych technologii, w tym również surowców potrzebnych do ich produkcji. Pomimo niszowego charakteru badań może pełnić bardziej aktywną i niezależną rolę w tym zakresie niż dotychczas.



CZYNNIK POLITYCZNY	WPŁYW
Wydobycie metali ziem rzadkich (REE) jak i ich przetwarzanie jest zdominowane przez Chińską Republikę Ludową	Wpływ dominacji i ewentualnych restrykcji na Polskę ma charakter pośredni i może dotyczyć dostępności i cen komponentów dla przemysłu elektronicznego (np. magnezów), chemicznego (katalizatorów) czy samochodowego (ceru).
Wydobycie i otrzymywanie metali ziem rzadkich ma wymiar strategiczny, uzewnętrznia się w strategicznej rywalizacji pomiędzy Stanami Zjednoczonymi a Chinami gdzie kwestia REE jest traktowana jako narzędzie nacisku w stosunkach międzynarodowych. Polityka surowcowa jest także częścią działań Unii Europejskiej.	Przekłada się to na wzrost finansowania dla projektów o charakterze strategicznym, w ramach których prowadzone są prace B+R, a których celem jest tzw. suwerenność technologiczna. W UE dotyczy to zarówno projektów strategicznych (z których dwa są zlokalizowane w Polsce) jak i B+R (wybrane konkursy w ramach programu Horyzont).
W polskich dokumentach strategicznych znaleźć można jedynie wzmianki o rynku metali ziem rzadkich, nie są one uwzględnione w strategicznych kierunkach rozwoju kraju, jedynie wspomniane w częściach diagnostycznych lub zaakcentowane jako potencjalne kwestie problemowe w przyszłości. Przygotowywana jest ustawa o zapewnieniu gospodarcze dostępu do surowców, w tym surowców krytycznych.	Niska waga przykładana przez Państwo do tej tematyki przekładała się na niewielką aktywność (poza działaniami państwowej służby geologicznej), w tym także w zakresie B+R+I. Sytuację może zmienić przygotowana ustawa, wdrażająca zapisy CRMA, w ramach której m.in. ma powstać Centrum Analiz Surowcowych.
CZYNNIK EKONOMICZNY	WPŁYW
Prognozuje się, że wartość rynku REE w przyszłych latach będzie znacząco rosła. Związane jest to w dużym stopniu z transformacją energetyczną w stronę OZE.	Wraz z rosnącym zapotrzebowaniem i ograniczoną (lub zagrożoną restrykcjami) podażą będzie rosła rola: 1) eksploatacji nowych źródeł REE, w tym także technologii związanych z wykrywaniem nowych złóż 2) technologii przetwórstwa rud spełniających wymogi kosztowe i środowiskowe 2) technologii związanych z odzyskiwaniem/ recyklingiem REE .
Rynkowe ceny metali ziem rzadkich podlegają znacznym wahaniom	Ryzyko z tym związane wpływa na podejmowanie decyzji dotyczących realizacji inwestycji w zakresie alternatywnego pozyskiwania REE i powodzenia ich wdrażanie. Projekty inwestycyjne w tym obszarze są projektami kosztochłonnymi i wieloletnimi, a kwestią kluczową jest opłacalność implementacji nowych technologii w przedsiębiorstwach. Teoretycznie opłacalność wdrożeń mogą zapewnić instrumenty lub rozwiązania zmniejszające ekspozycję na to ryzyko (np. ceny gwarantowane, co jednak jest utrudnione ze względu na mały popyt wewnętrzny).
Dominującą pozycję na rynku posiadają przedsiębiorstwa chińskie.	Przekłada się to na stopień i intensywność badań, w tym aplikacyjnych, które prowadzone są w Chinach, w tym także przez jednostki naukowe, które wyłącznie zajmują się tematyką metali ziem rzadkich.

Zapotrzebowanie na REE i ich związki w Polsce jest niewielkie mierząc je poziomem importu rud i ich tlenków zza granicy. W ostatnich latach wzrósł eksport lantanowców, (choć nadal jest na niskim poziomie)	Polski przemysł najprawdopodobniej korzysta z komponentów zawierających REE, np. magnezów neodymowych, które także produkowane są w Azji. Wzrost zapotrzebowania na lantanowce ciężkie, może świadczyć o zapotrzebowaniu związanym z rozwojem nowoczesnych technologii (elektronika, lasery radiografia, zastosowania w medycynie)
CZYNNIK ŚRODOWISKOWY	WPŁYW
Wydobycie i przetwórstwo metali ziem rzadkich są procesami degradującymi środowisko naturalne. Powoduje to, że rafinacja jest prowadzona w krajach, a których są niskie normy środowiskowe, lub następuje outsourcing.	Przy ewentualnym wsparciu warto uwzględnić nurt badań dotyczących zmniejszenia szkodliwego wpływu na środowisko, w tym przy ekstrakcji i rafinacji. Potencjalnie wspierane technologie powinny także ograniczać negatywny wpływ środowiskowy (jak np. biosorpcja).
CZYNNIKI PRAWNE	WPŁYW
Normy środowiskowe stanowią jedną z barier w zakresie pozyskiwania metali ziem rzadkich w Polsce. Były poddawane także jako jedne z przyczyn braku wdrożenia projektów dofinansowanych przez Centrum.	Kwestie i ryzyko regulacji należy uwzględnić w ocenie możliwości wdrożeń w ramach finansowanych projektów związanych w otrzymywaniem surowców.
Uzyskanie zezwoleń prawnych potrzebnych, aby otworzyć kopalnię i rozpocząć wydobywanie zajmuje w UE ponad 10 lat. Celem Komisji Europejskiej jest aby okres ten wyniósł maksymalnie 27 miesięcy w przypadku kopalni i 15 miesięcy w przypadku zakładów rafinacji i recyklingu.	Skrócenie czasu potrzebnego na zwiększa szansę na możliwość wdrożeń w ramach projektów dotyczących pozyskiwania REE.
CZYNNIKI SPOŁECZNE	WPŁYW
Metale ziem rzadkich znajdują zastosowanie w takich ważnych społecznie obszarach jak transformacja energetyczna, walka ze zmianami klimatu, bezpieczeństwo i obronność oraz zdrowie i medycyna. Tematyka dostępności metali ziem rzadkich, potencjalnych zagrożeń związanych z ich wymiarem strategicznym budzi zainteresowanie mediów i opinii publicznej.	Potencjalnie dofinansowanie tego typu projektów i ich realizacja zakończona sukcesem mogłaby stworzyć możliwość promocji, opartej na podkreślaniu wagi tej tematyki dla życia zwykłych ludzi (na ogół niedostrzeganego).

CZYNNIKI TECHNOLOGICZNE	WPŁYW
W Polsce, ze względu na brak zasobów, potencjał pozyskiwania metali ziem rzadkich w Polsce to przede wszystkim odzysk ze źródeł wtórnych. Technologie odzyskiwania i recyklingu są jednym z nurtów badań dotyczących REE w Polsce. Zdecydowana większość projektów finansowanych w NCBR dotyczyła właśnie tego obszaru. Żaden z projektów nie został wdrożony na skalę przemysłową. Przeszkodą były głównie czynniki ekonomiczne, nieopłacalność wdrożenia.	Badania nakierowane na otrzymywanie REE w ilościach przemysłowych powinny wpisywać się w nurt związany z odzyskiem ze źródeł wtórnych. Ze względu na ograniczone możliwości wdrożenia technologii szansą na przełamanie tej bariery jest realizacja badań we współpracy międzynarodowej w ramach np. konsorcjów w programach europejskich, takich jak np. Horyzont, albo w ramach projektów strategicznych Unii Europejskiej.
Badanie prowadzone w Polsce w tym zakresie mają głównie charakter badań podstawowych, m.in. ze względu na brak odpowiedniej bazy przemysłowej	Szansę na stworzenie odpowiedniej bazy dają dwa projekty strategiczne dofinansowane przez Komisję Europejską, tj. projekt recyklingowy POLVOLT, ale przede wszystkim projekt realizowany w Puławach przez spółkę Mkango Polska. Rozwijana tematyka może jednak wychodzić poza kwestie związane z posykiwaniem/ odzyskiwaniem/ recyklingiem REE, a dotyczyć kwestii na każdym etapie łańcucha wartości na tym rynku (np. wykorzystanie nowych technologii w zakresie identyfikacji złóż, substytucji, nowych zastosowań REE, technologii przyjaznych środowisku).
Na świecie badania dotyczące substytutów metali ziem rzadkich lub tworzenia produktów bez ich użycia mają charakter niszowy.	Badania tego typu mają potencjalnie strategiczne znaczenie dla państw lub bloków gospodarczych. Niszowy charakter stwarza szanse na opracowanie potencjalnie przełomowych technologii w tym zakresie. Rozwój tych technologii jest obarczony ryzykiem braku wdrożenia do produkcji i ryzykiem niskiej cenowej konkurencyjności wobec tradycyjnych technologii.
Badania nad zastosowaniami REE mają charakter międzysektorowy (przemysł chemiczny, samochodowy, energetyczny, technologie materiałowe, ochrona środowiska)	Badania takie powinny być dofinansowane w ramach dotychczasowej oferty programowej Centrum. Zmiany cen kosztów materiałów w samych badaniach nie powinny stwarzać problemów w ich realizacji (do specjalistycznych zastosowań potrzebne są małe ilości REE), potencjalnym problemem może być ich dostępność na rynku w związku z restrykcjami chińskimi na eksport wprowadzonymi w 2025 roku.

Lp	OBSZAR	WNIOSEK	REKOMENDACJA
1	zakres wsparcia publicznego	Tematyka metali ziem rzadkich ma charakter strategiczny, co wynika z ich znaczenia dla rozwoju nowoczesnych technologii (w tym zielonych) w państwach Zachodu (dla Polski wymiar ten ma znaczenie pośrednie). Jednocześnie na kwestie dostępu do surowców silnie rzutują czynniki polityczne.. W tej chwili w Polsce nie ma istotnego potencjału naukowego w zakresie pozyskiwania metali ziem rzadkich, choć obecnie mamy początki potencjalnie poważnej działalności w tym zakresie (por. podpisanie umowy między Grupą Azoty, a kanadyjską firmą MKango na budowę rafinerii metali ziem rzadkich w Puławach). Ze względu na strategiczny wymiar zagadnienia może wymagać wsparcia w zakresie wypracowania własnych rozwiązań B+R.	Należy rozważyć uruchomienie programu dotyczącego technologii materiałowych (takiego jak w przeszłości TECHMATSTRATEG), wśród których jednym z tematów będą szeroko rozumiane surowce krytyczne, w tym metale ziem rzadkich.
2	kadry B+R	Profesjonalne kadry, czy to naukowe i biznesowe, są niezbędne do tworzenia innowacji na rynku.	Należy rozważyć uruchomienie ścieżki lub odrębnego programu, który wspierałby rozwój kadr w zakresie technologii materiałowych ze szczególnym naciskiem na specjalizacje powiązane z surowcami krytycznymi w tym metalami ziem rzadkich. Przed uruchomieniem należy też sporządzić analizę dotyczącą zapotrzebowania rynkowego (w tym potencjalnego zapotrzebowania) na kadry o określonych kompetencjach.
3	technologie	W Polsce tematyka pozyskiwania metali ziem rzadkich koncentruje się wokół odzysku ze źródeł wtórnych. Projekty finansowane w NCBR dotyczyła właśnie tego obszaru, choć ich wyniki nie zostały wdrożone na skalę przemysłową. Na świecie prowadzi się badania naukowe nie tylko w zakresie identyfikacji, wydobycia i rafinacji, ale także substytucji REE. Poza pozyskiwaniem REE w Polsce na dużo większą skalę prowadzone są badania związane z zastosowaniami REE.	Programy takie mogą dotyczyć różnych obszarów, czy to badań nad recyklingiem i odzyskiem metali ziem rzadkich i innych surowców krytycznych, czy związanych właśnie z poszczególnymi elementami łańcucha wartości na tym rynku (chociażby poszukiwanie wykorzystanie nowych technologii w zakresie identyfikacji złóż, substytucją, nowymi zastosowaniami REE). Badania te powinny być prowadzone możliwie jak najbliżej rynku, żeby miały rzeczywisty wymiar aplikacyjny.

ANEKS 1: Źródła danych

Bibliografia

Bazy danych

Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat>

Web of Science: <https://www.webofscience.com/>

Główny Urząd Statystyczny – dziedzinowe bazy danych: <https://dbw.stat.gov.pl/>

Statista: <https://www.statista.com>

Espacenet: <https://worldwide.espacenet.com/>

EU Funding & Tenders Portal <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/>

RADon: <https://radon.nauka.gov.pl/>

Baza danych EMIS: <https://www.emis.com/pl>

Dokumenty

Polska

Polityka Surowcowa Państwa

Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.).

Polityka Energetyczna Polski do 2040 r.

Polityka Ekologiczna Państwa 2030

Strategia Produktywności 2030

projekt Koncepcji Rozwoju Kraju 2050 (maj 2024)

Unia Europejska

Inicjatywa Surowcowa (Inicjatywa na rzecz surowców – zaspokajanie naszych kluczowych potrzeb w celu stymulowania wzrostu i tworzenia miejsc pracy w Europie) (EU Raw Materials Initiative) (2008)

Strategia Europa 2020 (Europe 2020 Strategy) (2010)

Stawianie czoła wyzwaniom związanym z rynkami towarowymi i surowcami (Tackling the challenges in commodity markets and on raw materials) (2011)

Europejski Zielony Ład (European Green Deal) (2019)

Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów pt. „Odporność w zakresie surowców krytycznych: wytyczanie drogi do większego bezpieczeństwa i bardziej zrównoważonego rozwoju” (2020)

Europejska Strategia Przemysłowa (2020)

Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-społecznego i Komitetu Regionów „Nowy plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym na rzecz czystszej i bardziej konkurencyjnej Europy” (2020)

„Rare Earth Magnets and Motors: A European Call for Action A report by the Rare Earth Magnets and Motors Cluster of the European Raw Materials Alliance” (2021)

Druga Szczegółowa Analiza Strategicznych Zależności Europy (2022)

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady UE 2024/1252 w sprawie ustanowienia ram na potrzeby zapewnienia bezpiecznych i zrównoważonych dostaw surowców krytycznych (CRMA, tzw. Akt w sprawie surowców krytycznych) (2024)

Decyzja Komisji (UE) 2025/840 z dnia 25 marca 2025 r. uznająca niektóre projekty dotyczące surowców krytycznych za projekty strategiczne na podstawie rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1252 (2025)

USA

General Mining Act of 1872

Mineral Leasing Act of 1920

Materials Act of 1947

Critical Minerals and Materials Act of 2021

REEShore Act of 2022

Rare Earth Magnet Manufacturing Production Tax Credit Act of 2023

EO 14154 (Uwolnienie amerykańskiej energii, 29 stycznia 2025 r.)

EO 14156 (Ogłoszenie krajowego stanu wyjątkowego w zakresie energii, 29 stycznia 2025 r.)

EO 14213 (Ustanowienie Krajowej Rady Dominacji Energetycznej, 20 lutego 2025 r.)

EO 14220 (Rozwiązanie problemu zagrożenia dla bezpieczeństwa narodowego wynikającego z importu miedzi, 28 lutego 2025 r.)

EO 14241 (Natychmiastowe środki mające na celu zwiększenie amerykańskiej produkcji mineralnej, 25 marca 2025 r.)

Critical Minerals and Materials for Selected Energy Technologies

Coroczne raporty USGS - Mineral Commodity Summaries

Lista Critical Minerals List i Lista Critical Materials List

Emergency Access to Strategic and Critical Materials: The National Defense

Critical Mineral Resources: The U.S. Geological Survey (USGS) Role in Research and Analysis)

Infrastructure Investment and Jobs Act

National Cooperative Geologic Mapping Program

National Geological and Geophysical Data Preservation Program

Raporty

Kopiński, D. (2023), *Afrykańskie surowce krytyczne i bezpieczeństwo ekonomiczne Unii Europejskiej*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa.

Sierocińska, K., Michalski, B. (2024) *Surowce krytyczne Ameryki Łacińskiej i bezpieczeństwo ekonomiczne Unii Europejskiej*, Polski Instytut Ekonomiczny, Warszawa

Market Line 2015, Global Rare Earth Metals, styczeń 2025 str. 10 i str.

U.S. Geological Survey , Mineral Commodity Summaries, January 2024

Critical Raw Materials EU Guide <https://www.arup.com/insights/critical-raw-materials-guide/>

Critical Minerals and the Future of the U.S. Economy <https://www.csis.org/analysis/critical-minerals-and-future-us-economy>

Center for Strategic and International Studies (CSIS), Critical Minerals Security Program. <https://www.csis.org/programs/critical-minerals-security-program>

Chinese Rare Earth Elements (REE) & Metals Dominance Analysis, Interos, kwiecień 2022 <https://www.interos.ai/wp-content/uploads/2022/04/Interos-Report-Explores-Concentration-Risk-of-Rare-Earth-Minerals-and-China.pdf>

U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, styczeń 2024

Precision Reports <https://www.precisionreports.co/>

Grand View Research <https://www.grandviewresearch.com/>

Businesswire <https://www.businesswire.com/>

Precedence Research <https://www.precedenceresearch.com/>

Technavio <https://www.technavio.com>

Future Market Insights <https://www.futuremarketinsights.com>

Market Research Future (MRFR) <https://www.marketresearchfuture.com>

imarc / Transforming Ideas Into Impact <https://www.imarcgroup.com/>

MINING /mining.com/

INN /Investing News Network/ investingnews.com

PIG (2020) Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski, według stanu na 31.12. 2018 r, Państwowy Instytut Geologiczny - PIB, Warszawa 2020

PIG (2024) Bilans zasobów kopalin w Polsce. wg stanu na 31 XII 2023, Państwowy Instytut Geologiczny - PIB, Warszawa 2024

The Coming Boom in Rare Earths The U.S., Australia, and Canada are jumpstarting a global resurgence in rare-earth processing, <https://spectrum.ieee.org/rare-earth-elements-2666461932>

Artykuły on-line (dostęp 1.06.2025)

Jean-Baptiste Fressoz, *There has never been a true 'transition' away from coal, oil – or even wood*, <https://www.dezeen.com/2025/04/22/energy-transition-jean-baptiste-fressoz-opinion/>

<https://www.pgi.gov.pl/drogi/aktualnosci/660-pig-pib/nowosci-pig-calosc/aktualnosci-pig-pib/3609-polsko-mongolska-wspopraca-w-dziedzinie-geologii.html>

<https://www.forbes.pl/wiadomosci/polska-stara-sie-o-metale-ziem-rzadkich-z-mongolii/zxwltw6>

<https://energetyka24.com/mongolskie-metale-ziem-rzadkich-dla-polski>

<https://www.money.pl/gospodarka/mongolia-stawia-na-polske-nieograniczona-perspektywa-7134731878857344a.html>

<https://www.cire.pl/artykuly/serwis-informacyjny-cire-24/176984-jsw-przystapila-do-europejskiego-sojuszu-na-rzecz-surowcow-krytycznych>

https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-industrial-strategy/second-depth-review-strategic-areas-europes-interests_pl

<https://www.consilium.europa.eu/pl/infographics/critical-raw-materials/#0>

<https://xyz.pl/unia-europejska-chce-otwierac-kopalnie-metali-ziem-rzadkich-polska-na-mapie-strategicznym-projektow/>

<https://www.portalsamorzadowy.pl/finanse/ue-jak-unia-chce-zwiekszyc-niezaleznosc-w-obszarze-metali-ziem-rzadkich,603925.html?mp=promo>

<https://pl.aroundus.com/p/5609222-mountain-pass-rare-earth-mine>

<https://www.tvp.info/86364464/usa-dekret-zwiekszajacy-glebinowe-wydobycie-metali-ziem-rzadkich-na-wodach-amerykanskich-i-miedzynarodowych-kontrowersyjne-przepisy-wbrew-negocjacom-w-onz-i-ekologom>

<https://www.mpmaterials.com/>

<https://biznesalert.pl/usa-chiny-pierwiastki-ziem-rzadkich-odkrycie-oze-rozwoj-oze/>

<https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/2637>

<https://www.congress.gov/bill/117th-congress/house-bill/8272>

<https://www.congress.gov/bill/118th-congress/house-bill/2849>

<https://www2.deloitte.com/us/en/insights/industry/public-sector/critical-minerals-strategy.html>

<https://dnarynkow.pl/inwestowanie-w-surowce-przyszlosci-metale-ziem-rzadkich-to-dobry-pomysl/>

https://300gospodarka.pl/news/surowce-pierwiastki-minerale-metale-ziem-rzadkich-wartosc-rynku#google_vignette

<https://gt-bt.com/raport-lat-dwudziestych/jak-usa-chce-przelamac-chinska-dominacje-w-ziemiach-rzadkich>

<https://biznes.interia.pl/gospodarka/news-chiny-spowoduja-paraliz-globalnej-gospodarki-nowa-odslona-wo,nId,7968624>

<https://www.mining.com/web/chinas-rare-earths-grip-gives-xi-leverage-in-us-trade-duel/>

<https://biznes.pap.pl/wiadomosci/gospodarka/powstanie-rejestr-dostawcow-surowcow-krytycznych-i-centrum-analiz-surowcowych>

<https://businessinsider.com.pl/wiadomosci/usa-i-ukraina-podpisaly-umowe-w-sprawie-surowcow-jasny-sygnal-dla-rosji/mcztmng>

<https://wiadomosci.onet.pl/swiat/metale-ziem-rzadkich-wcale-nie-sa-rzadkie-sa-cenne-z-innego-powodu/sd7bj0m>

<https://biznesalert.pl/stany-zjednoczone-energetyka-surowce-gospodarka/>

<https://www.usgs.gov/programs/mineral-resources-program>

<https://www.portalsamorzadowy.pl/finanse/usa-trump-chiny-dostarcza-nam-metale-ziem-rzadkich-cla-ustanowimy-na-55-proc,616075.html?mp=promo>

<https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/14616-pig-pib-rozpoczal-poszukiwania-surowcow-krytycznych-w-mongolii.html>

Inne

Blondel, E., & Kleijn, R. (Eds.). (2024). *Critical materials, green energy and geopolitics: A complex mix*. TU Delft OPEN Books. <https://doi.org/10.59490/mg.118>

Koen Binnemans, Peter Tom Jones, Torsten Muller, Lourdes Yurramendi, Rare Earths and the Balance Problem: How to Deal with Changing Markets? ,Journal of Sustainable Metallurgy (2018)

Hurst C. (2010), China's Rare Earth Elements Industry: What Can the West Learn?, ResearchGate, marzec 2010

Pitron G. (2020) *Wojna o metale rzadkie. Ukryte oblicze transformacji energetycznej i cyfrowej*, Wydawnictwo Kogut, 2020

Fressoz J-B. *More and more and more. An All-Consuming History Energy*, Penguin Random House, 2024

Defense Metals /North America’s Most Advanced Rare Earths Developer / <https://www.defensemets.com/>

Ucore / <https://ucore.com/>

Ionic Rare Earths / <https://ionice.com/>

Victory Metals / <https://www.victorymetalsaustralia.com/>

Mkango <https://mkango.ca/>

Wywiad z Jamesem Litinskym, prezesem i dyrektorem generalnym MP Materials <https://www.fortress.com/media/2022-04-07-magnetizing-our-electric-future-a-talk-with-james-litinsky-chairman-and-ceo-of-mp-materials>

Wywiad z Davidem Abrahamem, autorem książki The Elements of Power: Gadgets, Guns, and the Struggle for a Sustainable Future in the Rare Metal Age. <https://www.davidsabraham.com/>

David S. Abraham „The Elements of Power: Gadgets, Guns, and the Struggle for a Sustainable Future in the Rare Metal Age”, Yale University Press, 25 kwiecień 2017

Wywiad z Melissą „Mel” Sanderson , członkinią zarządu i konsultantką w American Rare Earths <https://spectrum.ieee.org/rare-earth-elements-266461932>

W ramach badania przeprowadzono także wywiady z: **członkiem zarządu firmy Elemental Strategic Metals**, naukowcami z **Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu** i **Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej**, **przedstawicielem kanadyjskiej firmy Mkango**.

ANEKS 2: Metodologia

Metodologia

Dane patentowe

Do analizie wykorzystano bazę Espacenet Europejskiego Urzędu Patentowego (EPO). Wykorzystano w niej klasyfikację patentową CPC (Cooperative Patent Classification), wspólna system klasyfikacji EPO i Urzędu Patentowego Stanów Zjednoczonych (USPTO).

Dla otrzymywania i produkcji metali ziem rzadkich korzystano z następujących kodów klasyfikacji: 1. C01F 17/00 - Sposoby wytwarzania: związki metali ziem rzadkich, tzn. skandu, itru, lantanu lub grupy lantanowców, 2. C22B 59/00 - Otrzymywanie lub rafinacja metali: otrzymywanie metali ziem rzadkich.

Dla produktów/materiałów przetworzonych zawierające metale ziem rzadkich 1. C22C 38/005 - otrzymywanie stopów: stopy żelaza, np. stopy stali zawierające metale ziem rzadkich; 2. C22C 23/06 Stopy oparte na magnezie z metalem ziem rzadkich jako następnym istotnym składnikiem; 3. C08F 4/52 Metale; Wodorki metali; Związki metalo lub ganiczne; Ich zastosowanie jako półproduktów do wyrobu katalizatorów dobrane spośród boru, glinu, galu, indu, talu, lub metali ziem rzadkich; 4. C08G 63/84 - Polikondensacja w stanie stałym znanym stosowanym katalizatorem borem, glinem, galem, indem, talem, metalami ziem rzadkich lub ich związkami; 5. C30B 29/24 29/28 Monokryształy lub jednorodny materiał polikrystaliczny o określonej strukturze znamienne materiałem lub kształtem z udziałem metali ziem rzadkich; 6. B01J 23/10 - Katalizatory zawierające metale ziem rzadkich 23/63 23/83 w związkach z metalami ziem rzadkich; 7. C09K 11/08 Materiały luminescencyjne, np. elektroluminescencyjne, chemiluminescencyjne zawierające: nieorganiczne materiały luminescencyjne (metale ziem rzadkich) lub metale ziem rzadkich (kilka kategorii); 8. C04B 35/00 - Formowane wyroby ceramiczne znamienne składem; Kompozycje ceramiczne oparte na związkach metali ziem rzadkich; 9. H01F 1/035 - Magnes lub materiały magnetyczne znamienne zastosowanym materiałem magnetycznym - zawierające metale ziem rzadkich (kilka podkategorii), procesy formowania w tym obróbka sproszkowanych związków nieorganicznych (zawierających metale ziem rzadkich); 10. H01F 10/10 10/22 Cienkie warstwy magnetyczne, np. o strukturze jednodomenowej znamienne składem (wybrane metale ziem rzadkich); 11. H01F 41/0293 Urządzenia lub sposoby specjalnie przystosowane do wytwarzania lub montażu urządzeń objętych niniejszą podklasą do wytwarzania rdzeni, cewek lub magnesów; 12. H01L 21/02156. Wytwarzanie lub obróbka przyrządów półprzewodnikowych lub ich części zawierających co najmniej jeden

pierwiastek ziem rzadkich 21/02192 lub materiał go zawierający 21/02581; 13. H01L 2924/011052 Materiały półprzewodnikowe zawierające wyłącznie materiały domieszkowe lub inne domieszki tylko materiałów półprzewodnikowych nieorganicznych nie przewidzianych w grupach – metale ziem rzadkich.

Analiza bibliometryczna

W analizie prac naukowych korzystano z jednej z dwóch największych baz tekstów naukowych Web of Science.

- Wyszukiwano po frazach: Rare earth, REE, LREE, HREE, Scandium, Yttrium, Lanthanum, Cerium, Praseodymium, Neodymium, Promethium, Samarium, Europium, Gadolinium, Terbium, Dysprosium, Holmium, Erbium, Thulium, Ytterbium, Lutetium w kategoriach tematycznych 7.229 Mineral & Metal Processing, 2.209 Spectrometry & Separation, 6.115 Sustainability Science, 8.8.1641 Rare Earth Geochemistry.
- W przypadku przetwarzania i wytwarzania z REE z wyszukiwania wykluczono kategoriach tematyczne 7.229 Mineral & Metal Processing, 2.209 Spectrometry & Separation, 6.115 Sustainability Science, 8.8.1641 Rare Earth Geochemistry.
- W przypadku substytutów wykorzystywano frazy REE-free lub Rare earth free

Analiza projektów H2020

- W analizie projektów w programie Horyzont 2020 skorzystano z dashboardu z EU Funding & Tenders Portal

Analiza danych o nauce - Baza RAD-on

- metale ziem rzadkich”; „metale rzadkie”; „pierwiastki ziem rzadkich” „kationy metali ziem” „rare-earth elements”; REE; LREE; HREE, Skand, Lantan, CER; Prazeodym; Neodym, Promet, Samar, Europ, Itr, Gadolin, Terb, Dysproz, Holm, Erb, Tul, Iterb, Lautet; lantanowce
- zagadnienia do wyszukiwania we frazach: rafinacja, odzyskiwanie, wydobywanie, separacja